

보안과제(), 일반과제(O)

관리번호 309012-2

발간등록번호

11-1541000-001056-01

고구마 신수요 창출을 위한 가공기술 및 제품 개발

(Development of the products and processing technology with sweet potato for creating the new demand of consumption)

한 국 식 품 연 구 원

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “고구마 신수요 창출을 위한 가공기술 및 제품개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2011 년 4 월 9 일

주관연구기관명 : 한국식품연구원

주관연구책임자 : 김 성 수

세부연구책임자 : 한 찬 규

세부연구책임자 : 최 희 돈

협동연구기관명 : 전남대학교

협동연구책임자 : 신 말 식

협동연구기관명 : 경원대학교

협동연구책임자 : 이 영 택

협동연구기관명 : 농협식품안전연구원

협동연구책임자 : 권 혜 순

협동연구기관명 : (주)에프엔피

협동연구책임자 : 박 보 하

요 약 문

I. 제 목

고구마 신수요 창출을 위한 가공기술 및 제품개발

II. 연구개발의 목적

국내에서 생산되는 고구마의 품종별 품질특성과 가공적성을 조사하고, 그 특성을 이용한 다양한 고구마 가공제품이나 중간소재 및 기능성 식품 소재를 융·복합기술을 접목하여 산업화, 상품화하고, 고구마가 가진 원래의 건강기능적 특성과 효능을 과학적으로 구명하여 소비자들의 신뢰를 강화함으로써 고구마 소비를 촉진하고 대량의 새로운 수요를 창출하고자 함.

III. 연구개발 내용 및 범위

- ▶ 고구마 품종별 품질특성과 가공적성 조사
 - 밤고구마, 호박고구마, 자색고구마의 성분 및 품질특성 조사
 - 품종별, 가공방법별 품질변화 및 가공적성 조사
- ▶ 고구마 품종별 신소재 탐색, 발굴 및 기능성 소재나 제품 개발
 - 식이섬유, 알라핀, 안토시아닌 색소 등 소재의 추출, 정량 및 농축기술 개발
 - 홍국발효 기법을 이용한 건강기능성 식품 개발 및 상품화
- ▶ 고구마의 주요 건강기능성 효과에 대한 검증 실험
 - 변비예방, 배변촉진 및 다이어트 효과 관련 도움실험
 - 홍국 고구마 제품에 대한 혈류 및 고지혈증 개선 효과 관련 동물실험
- ▶ 고구마 품종별 특성을 이용한 다양한 가공제품 개발
 - 처리방법별 분말화 기술과 그 특성 평가 및 베이커리용 제품 및 프리믹스 제품 개발
 - 고구마의 색소와 식이섬유가 강조된 청징 및 혼탁형 음료제품 개발
 - 고구마 유산균 발효 음료 및 동결건조 분말제품 개발
 - 감압유탕형 고구마칩 제품 개발 및 퓨레의 물성조절기술 개발
 - 즉석 조리형 냉동 균고구마 제품 및 냉동 고구마 튀김 제품 개발

IV. 연구개발결과

1. 고구마 현탁형 음료, 유산균 발효 음료 및 동결건조 분말제품 개발

- 고구마의 첨가는 요구르트 제조 시 젖산균의 생육을 촉진시키는 것으로 사료된다.
- 고구마 함량별 유산균 접종 후 발효액의 pH는 시간에 따라 감소하였고 산도는 증가하였으며,

동결건조 후 발효물의 생균수는 약 10^9 CFU/g의 범위를 나타내었다.

- 고구마 유산균 음료의 관능평가 결과 찐고구마보다 군고구마 처리구의 기호도가 더 우수하게 평가되었다.
- 고구마 품종별, 처리방법별 pH의 차이는 크게 나타나지 않았으며, 살균, 접종 과정을 거치면서 감소하는 경향을 보였고, 산도는 증가하는 경향을 보였다. 또한 발효시간이 지남에 따라 pH의 감소 경향과 산도의 증가경향을 나타내었다.
- 일반세균은 발효 48시간째의 측정 결과가 발효 24시간째보다 약간 증가한 결과를 보였고, 동결건조 후 동결건조 전보다 1 log정도의 수만큼 감소한 경향을 보였다.
- 50% 고구마 발효 동결건조물을 이용하여 polydextrose, 곤약분말, 비타민 A, B₂, B₁₂, C, E를 혼합하여 tablet 형태와 과립 형태로 제조하여 건강 기능성 제품으로 개발하였다. tablet 1정 및 과립 10 g 섭취 시 비타민 1일권장량의 40~60%를 충족할 수 있도록 하였다.
- 고구마 혼탁음료용 품종별 전처리 시험결과 밤고구마의 구운 처리구를 동결건조하여 분말화 하는 것이 가장 적합한 것으로 판단되었다.
- 고구마 분말의 초미세 분쇄의 적정 방법은 효율성 측면에서 습식분쇄가 적합한 것으로 판단되었다.
- 습식분쇄 후 전분액화효소 α -amylase로 반응시키면 당도 증가 및 질감 개선 효과를 가져올 수 있음을 확인하였다.
- 적정 공정을 거쳐 고구마 분말을 이용한 현탁음료 제품 및 배합된 분말 자체를 스틱형 제품으로 개발하는 것이 가능하다고 판단하였다.
- 한편 고구마 분말이 아닌 기호도의 증진을 위하여 군고구마를 직접 습식분쇄하여 제조하는 방식의 현탁음료 개발이 가능한 것으로 판단되었다. 이때 군고구마의 적정 함량은 10%, 설탕은 6%를 첨가하는 것이 가장 적합하였다.
- 본 제품은 95℃에서 약 5분간 살균할 경우 매우 안정한 것으로 드러났고, 분말 사용 음료와 달리 고구마를 직접 습식분쇄함으로써 층분리가 거의 일어나지 않음을 확인하였다.
- 고구마 현탁음료의 적정 제조공정은 습식분쇄→효소반응→여과→부재료 혼합→균질화→살균→병입→냉각의 순으로 확립되었다.

2. 품종별 고구마 식품소재의 품질특성 및 가공적성조사

- 국내에서 생산되는 자색고구마, 호박(주황색)고구마, 일반 밤고구마를 해남, 여주, 무안의 산지에 따른 특성을 비교한 결과 재배과정 중 품종구분이 명확하지 않아 고구마의 가공을 위한 품종 특성은 정확한 품종을 보존하는 국립식량과학원의 시료를 사용하였다. 국내산 품종 중 가공적성이 우수한 고구마 8품종(자색고구마, 신자미, 보라미; 호박고구마, 주황미, 신황미; 일반 밤고구마, 신율미, 신천미, 연황미, 증미)을 선발하여 이화학적, 호화 및 기능적 특성을 조사하고 다양한 식품소재를 개발하여 쌀가루와 복합기술로 gluten-free 베이커리제품, 조청, 고추장 등의 제품을 개발하였다.

- 고구마의 조단백질과 지방 함량은 신자미와 보라미가 높았고 총전분과 손상전분 함량은 품종간 유의적인 차이가 있었는데($p < 0.05$) 밤고구마가 높은 총전분함량(61.89-70.46%)을 보이고 그 중 신천미(70.46%)가 가장 높았으며 주황색고구마가 낮은 값(48.87와 49.53%)을 나타냈다. 물결합능력은 연황미, 평윤력과 용해도는 신율미(각각 174.70%, 25.54 and 87.49%)가 높았다($p < 0.05$). 그러나 유지흡수력은 신율미와 신천미가 낮았고 모든 고구마 분말의 결정성은 A형이었다. 고구마 분말은 RVA에 의해 매우 낮은 호화양상을 보였는데 이는 생고구마 분말에 함유된 전분분해효소의 작용임을 확인하였다. 고구마의 기능적 특성을 조사한 결과 알코올불용성고형분, 총식이섬유, 안토시아닌, 카로티노이드, 페놀성화합물,은 품종에 따라 차이를 보여 유의적이었다($p < 0.05$). 총식이섬유와 안토시아닌, 총페놀화합물은 자색고구마가 가장 높았으며(각각 10.11-10.87%, 2.43-3.35 mg/g, 454.13-638.79%) 일반 밤고구마가 가장 낮았다. 카로티노이드는 주황색고구마가 높았는데 주황미가 신황미보다 높은 값을 유지하였다 색차는 자색고구마가 3-4배 높았으며 EDA로 측정된 항산화활성은 주황색고구마가 높았다.
- 고구마 8품종으로 개발한 식품소재는 생고구마와 브랜칭한 고구마를 채나 슬라이스로 말린 것, 육면체로 잘라 당절임, 굽기, 찌기, 삶기를 이용한 패이스트, 생분말, 호화 패이스트로 호화분말, 패이스트로 양금과 고구마 전분이었다. 생고구마분말은 가공 중 전분분해효소 작용에 의해 가공적성이 달라지고 안토시아닌은 산화와 열에 비교적 안정하나 카로티노이드는 쉽게 산화되므로 용도에 따라 적합한 품종과 소재를 선택하는 것이 중요함을 확인하였다. 최근 세계적으로 gluten-free 식품개발에 관심이 증가하는데 고구마 식품소재와 쌀가루를 이용한 다양한 식품의 기능성 gluten-free 제품개발이 가능함을 확인 하였다.

3. 고구마 이용 고품질 베이커리 가공제품의 개발

- 일반고구마와 유색고구마로서 주황색, 자색고구마를 다양한 처리 조건으로 건조하여 분말화 하였고, 고구마 종류별로 전분을 분리하여 고구마 분말과 전분의 종류별 특성을 분석하였다. 일반고구마, 주황색고구마, 자색고구마는 건조 전 각각 60.11, 64.57, 69.51%의 수분함량을 나타냈고, 분말 제조 시 건조온도에 따라 건조시간을 달리하여 건조한 결과 건조 종료 후 60, 70, 80, 90℃ 건조한 모든 고구마의 수분함량은 5% 이하로 낮아졌으며, 50℃ 건조한 고구마의 경우도 10% 이하의 수분함량을 보였다. 수분함량이 13% 이내에 도달하는 시간을 측정한 결과 열풍온도 50℃에서 약 12시간, 60℃ 6시간, 70℃ 4시간, 80℃와 90℃에서 2시간 정도 소요되는 것으로 나타났다.
- 갈변방지제 처리에 의한 일반고구마, 주황색고구마, 자색고구마의 색도는 NaHSO_3 , citric acid, vitamin C 용액의 농도와 침지시간, 침지 후 물 수세시간 등의 조건에 따라 다양한 결과를 나타내 일반고구마와 주황색고구마는 NaHSO_3 단독 처리, 자색구마는 NaHSO_3 와 citric acid 복합 처리로 육질색이 안정되는 것으로 나타났다. 동결건조와 열풍건조의 건조방법에 따라서도 색도의 차이를 나타냈다.

- 고구마 분말의 수분함량은 2.50~4.35%로 나타났으며, 조단백과 조회분은 자색고구마가 6.65, 3.7%로 가장 높았으며, 조지방과 전분 함량은 주황색고구마가 2.33, 46.37%로 가장 높은 결과를 나타냈다. 또한 고구마 분말의 식이섬유 함량은 자색고구마 분말이 가장 높게 분석되었다. 고구마 종류별 고구마 분말의 carotenoid 함량을 측정한 결과 carotenoid 중 β -carotene 함량은 주황색고구마가 4237.10 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 가장 높았으며, 일반고구마 107.95 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 자색고구마 31.11 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 함량의 차이가 큰 것으로 분석되었다. Lutein, zeaxanthin, α -carotene 등의 함량도 주황색고구마가 일반고구마와 자색고구마의 함량보다 높게 측정되었다.
- 고구마 분말의 입자크기는 주황색고구마 분말에서 가장 큰 것으로 나타났다. 주황색고구마 분말의 평균 입자크기는 동결 건조의 경우 46.84 μm , 열풍 건조한 경우 90.77 μm 로 건조방법에 따라 같은 종류의 고구마 분말에서도 차이를 나타냈다. 고구마 분말의 입자 형태는 일반고구마는 둥근형이나 다각형의 모양이고 건조 방법에 따른 특징이 구별되지 않았다. 주황색고구마는 동결 건조한 분말이 열풍 건조한 분말보다 둥근 모양으로 보이며 일반고구마보다 입자 크기가 큰 것으로 나타났다. 자색고구마 분말의 형태는 주황색고구마와 유사하나 입자 크기는 자색고구마 분말이 작은 것으로 보여졌다.
- 고구마 분말의 수분흡수지수(WAI)와 수분용해도지수(WSI)는 동일한 고구마에서도 건조 방법에 따른 차이를 보였다. 수분흡수지수는 열풍 건조한 일반고구마 분말이 1.70 g/g으로 가장 높고, 열풍 건조한 주황색고구마 분말이 1.43 g/g으로 가장 낮았다. 수분용해도지수는 주황색고구마 분말 중 열풍 건조한 분말이 28.65~30.65%로 가장 높은 수치를 나타내고, 자색고구마>일반고구마 순으로 높은 수분용해도지수를 보였다. Oil 흡수력은 모든 고구마에서 동결 건조한 분말에서 열풍 건조한 분말이 높은 수치를 나타냈다.
- Differential Scanning Calorimeter(DSC)에 의한 고구마 분말의 특성 중 호화개시온도와 최고온도는 일반고구마 분말이 다소 높았으나 다른 분말과의 차이는 크지 않았다. 호화엔탈피는 자색고구마 분말이 7.40~7.71 cal/g으로 가장 높았으며 주황색고구마 분말은 2.68~4.19 cal/g으로 가장 낮았다. 고구마 분말의 *in vitro* 가수분해에 따른 maltose 함량은 열처리에 의해 증가하는 것으로 나타났으며, 조리 방법에 따른 가열처리별 결과를 보여 오븐 및 전자레인지로 가열한 고구마로 제조한 고구마 분말의 가수분해력이 높은 것으로 나타났다.
- 고구마 전분의 수분함량은 12.65~13.80% 범위로 고구마 종류별로 큰 차이가 없었고, 조단백, 조지방 및 조회분 함량은 자색고구마 전분이 다른 고구마 전분보다 다소 높았으며, amylose 함량은 모든 전분에서 유사하였다. 고구마 전분의 색도는 고구마 종류별로 크게 차이를 보이지 않았다. 주사전자현미경으로 관찰한 고구마 전분의 입자 형태는 둥근형과 다각형이 혼합되어 있는 것으로 나타났으며 주황색고구마 전분의 입자는 둥근형보다 다각형이 더 많은 것으로 분석되었다. 고구마 전분의 입자크기는 고구마 분말의 경우와 같이 주황색고구마의 평균 입자크기가 22.96 μm 로 가장 컸으며 일반고구마 전분의 입자

크기와 유사하였다. 고구마 전분의 X-선 회절도는 일반, 주황색, 자색고구마 모두 유사한 회절각도를 보였다. 15.12~15.20 , 17.22~17.30 , 23.14~23.28 에서 강한 peak를 나타내 Ca형으로 판단되었다. 고구마 전분의 팽윤력은 주황색고구마와 자색고구마 전분이 30, 50, 70, 90℃ 모든 온도에서 높게 나타났고, 일반고구마 전분이 모든 온도에서 가장 낮은 팽윤력을 나타냈다. 용해도는 90℃에서 자색고구마 전분이 가장 높았으며 30℃에서의 용해도 보다 80배 가량 증가하여 증가폭이 가장 컸다.

- 고구마 전분의 Differential Scanning Calorimeter(DSC)에 의한 특성 중 호화개시온도는 자색고구마 전분이 가장 높았으며, 호화최고온도와 호화엔탈피는 일반고구마 전분이 가장 높은 결과를 보여주었다. Rapid Visco-Analyzer(RVA)에 의한 고구마 전분의 호화 특성 중 호화개시온도는 일반고구마 전분이 76.9℃로 가장 높았고, peak점도와 breakdown 점도는 주황색고구마가, final 점도와 setback 점도는 자색고구마 전분이 가장 높았다. 고구마 전분의 *in vitro* 가수분해에 의한 maltose 함량은 열처리에 의해 증가하는 결과를 나타냈다. 열처리 후 가수분해한 결과 가수분해 0~5분 까지 급격히 maltose 함량이 증가하였고 분해 60분까지는 완만한 증가세를 보였다.
- 일반고구마와 유색고구마로서 주황색고구마와 자색고구마로부터 분말을 제조하여 이들 고구마 분말을 첨가한 식빵, 케이크, 쿠키, 머핀과 같은 베이커리 제품의 품질 특성을 조사하였다.
- 밀가루에 고구마 분말을 0~30% 대체한 혼합분 반죽의 Mixograph 특성에서 고구마 분말을 첨가한 복합분의 peak time은 대조구에 비해 감소하는 경향을 주었다. 특히 주황색 고구마 분말을 첨가한 복합분에서 peak time의 감소 정도가 가장 크게 나타났으며 반죽의 안정성이 떨어지며 반죽의 물성이 약화됨을 보여주었다. 밀가루(강력분)에 고구마 분말을 10~30% 첨가함에 따른 제빵 특성을 조사하였다. 반죽의 수분흡수율은 일반고구마와 주황색고구마 분말의 첨가량이 증가함에 따라 감소한 반면 자색고구마 분말의 첨가에 의해서는 증가하는 추세를 나타냈다. 고구마 분말 첨가량이 증가할수록 전반적으로 식빵의 부피가 현저하게 감소하였으며 자색고구마 첨가 식빵에서 가장 급격한 부피의 감소를 초래하였다. 고구마 분말 첨가 빵의 특성분석 결과 일반고구마와 주황색고구마 분말의 적정 첨가 수준은 10%인 것으로 판단되었으며 자색고구마 분말은 10% 이내로 첨가하는 것이 바람직한 것으로 사료되었다.
- 밀가루(박력분)에 고구마 분말을 10~30% 첨가함에 따른 white layer 케이크 특성을 조사하였다. 케이크의 부피는 대조구에 비해 고구마 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하였으며 케이크의 경도는 증가하는 추세였으나 20% 첨가 수준까지는 케이크의 품질에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 평가되었다.
- 밀가루에 고구마 분말을 10~30% 첨가하여 제조한 쿠키의 특성을 조사하였다. 고구마 분말을 넣지 않은 대조구 쿠키에 비해 고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 쿠키 지름의 크기는 감소하고 높이는 증가하였으며, 이에 따라 고구마 분말의 첨가량이 증가함에 따라

쿠키의 퍼짐성이 일반고구마 2.47~2.27, 주황색고구마 2.61~2.31, 자색고구마 2.52~2.11로 점차 감소하였다.

- 밀가루에 고구마 분말을 10~30% 첨가하여 제조한 머핀의 특성을 조사하였다. 고구마 분말을 첨가한 머핀의 부피는 대조구와 비교하여 일반고구마 첨가구에서 약간 높은 반면 주황색고구마와 자색고구마 첨가구에서 약간 낮았지만 대조구와 유의적인 차이가 없었다. 머핀의 내부(interior) 색은 고구마 분말의 첨가에 의해 감소하는 경향이었으며 머핀의 경도는 일반고구마와 주황색고구마 첨가 머핀은 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 머핀의 경우 고구마 분말의 첨가는 부피에 큰 영향을 주지 않았으며 색도의 차이와 내부 기공의 특성이 떨어지는 결과 등 특성차이를 보여주었지만 20% 첨가 수준 범위에서 부피에 큰 영향을 주지 않았으며 머핀의 품질에 크게 부정적이지 않은 것으로 평가되었다.
- 고구마 분말을 대체한 베이커리 제품의 품질개선을 위해 유화제와 검류의 첨가시험을 한 결과 유화제 SSL, 검류인 타라검, 구아검, 로커스트콩검 등에서 비용적과 경도가 개선되어 좋은 효과를 보인 것으로 나타났다. 제빵실험을 통해 확립된 고구마 식빵 프리믹스의 기본 formula와 사용방법을 확립하였으며 기 확립된 프리믹스를 가정용 제빵기를 사용한 제빵 제조 가능성을 분석하였다.

4. 유색 고구마 이용 기능성 음료제품 개발

- 고구마의 이화학적 성분분석
고구마의 이화학적 특성을 알아보기 위하여 수분, 회분, 조단백, 조지방, 식이섬유등을 분석한 결과 수분은 62-66%, 조단백은 1.47-1.52%, 식이섬유는 1.5-1.8%정도로 유색 고구마에 식이섬유가 일반고구마나 호박고구마에 비하여 많이 함유되어있는 것으로 나타남
- 유색고구마 색소추출 실험
유색고구마를 세절하여 10배의 0.1% 구연산을 첨가한 20% 에탄올용액을 용매에 침지하여 저온에서 24시간 추출후 필터링하여 감압농축(40℃)하여 제조한 유색고구마의 추출액을 얻을수 있었으며 이때 추출색소의 고형분함량(Brix)은 29.44이었음
- 고구마 원료의 전처리 공정
고구마를 증숙처리한 후 0.05% α -amylase를 첨가하여 90℃에서 4시간동안 반응시킨후 0.01% glucoamylase를 혼합하여 50℃에서 4시간 동안 다시 당화반응을 시키고 여과한후 원심분리하여 50Brix로 농축하여 제조하였으며 음료개발 시료로 이용하였음
- 유색고구마 음료 개발
가. 유색고구마 추출액을 이용한 음료개발
유색고구마 음료를 제조하기 위하여 유색고구마 추출액 및 고구마 농축액 원료를 이용하여 시제품을 제조한 결과 유색고구마 추출액은 시제품의 색상과 맛을 좋게 하지만 고구마농축액은 음료의 맛을 저하하므로 유색 고구마추출액을 시제품의 원료로 사용하였으며 또한

사과 및 산수유 시료도 시제품의 맛을 좋게하는 원료였음. 저장성 실험결과 45℃에서 5주간 저장기간 동안 품질에 큰 변화가 없어 음료 유통기간인 1년간 상온 보관이 가능한 것으로 나타났음

나. 식이섬유 및 콜라겐을 첨가한 음료개발

유색고구마 추출액을 이용한 음료개발 결과 우수한 시제품 배합비율에 식이섬유 및 콜라겐을 첨가하여 실험한 결과 0.5% 첨가한 시제품이 가장 우수하였으며 제조된 시제품을 45℃에서 5주동안 저장하여 일반분석, 미생물검사 및 관능검사 결과 저장중 변화가 거의 없는 것으로 나타나 저장안정성이 있는 시제품으로 개발하였음

5. 홍국과 고구마를 이용한 건강제품의 배변촉진 및 혈액순환 개선 효능 검증

- 6주동안 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 4주동안 고구마(일반, 홍국, 자색)분말 5%첨가식이를 급여한 결과 실험 전기간(10주) 고지방대조식을 급여한 대조군(A)에 비해 배변량은 C군(홍국고구마)이 유의하게 증가하였고, 분변중 TC함량은 홍국고구마(C)군이 자색고구마(E)군에 비해 통계적인 차이가 있었고($p < 0.05$), TG함량은 C군이 A군과 E군에 비해 각각 22%, 26% 높았다. 장통과시간과 갈색지방량 및 혈청중 인슐린, 렙틴과 혈당농도는 E군(자색고구마)이 유의하게 낮았으며, 혈청 지질중 TC, LDL-콜레스테롤, TG농도 및 백혈구와 혈소판수는 B군(일반고구마)에서 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 향후 상기 고구마(3종)의 혈액순환개선효능과 관련한 추가적인 확인실험이 필요한 것으로 사료된다.
- 실험1기(4주)동안 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 실험2기(4주)동안 홍국제품분말첨가식이를 급여한 결과 배변량은 C군이 가장 많았고, E군이 가장 적었다($p < 0.05$). 장통과시간은 홍국군미파우더첨가군 보다 선식분말첨가군이 통계적으로 단축되었다($p < 0.05$). 분변중 총콜레스테롤(TC)함량은 홍국군미파우더첨가군(B, C)이 선식분말첨가군(D, E)에 비해서 통계적으로 높았고($p < 0.05$), 분변을 통한 TG배설량은 C군이 다른 실험군 보다 평균 40% 더 높았다. 실험2기의 혈청 TC농도는 C군이 가장 낮았고, E군이 가장 높았던 반면, TG농도는 C군이 가장 높았고, E군이 가장 낮았다($p < 0.05$). 혈액응고활성(PTT)는 고지방식이대조군 보다 홍국제품군에서 통계적으로 유의하게 짧은 것으로 나타났다($p < 0.05$).

6. 홍국 고구마를 이용한 배변촉진, 혈액순환개선 건강기능식품 개발

- 홍국고구마의 대량 생산체계 확립 : 고구마와 현미를 1:2 비율로 혼합하여 121℃에서 1시간 멸균 후 10%의 홍국균을 접종하여 40일간 배양함으로써 2,250mg/kg의 monacolin-K를 함유하는 홍국고구마를 안정적으로 대량생산 가능함
- 홍국고구마를 이용한 건강기능식품 개발 : 홍국고구마를 이용해 monacolin-K 하루 권장섭취량인 4~8mg에 적합하도록 ‘홍국 그래놀’과 ‘홍국 캡슐’ 시제품 제작 및 일본의 시장 반응 파악결과 제품의 안정성은 확보되었으나 시제품의 일일 섭취량이 다소 많은 것으로 평가됨

7. 고구마를 이용한 감압유탕 스낵 및 재성형 냉동제품 개발

- 다양한 가공기술을 이용한 즉석조리 및 간식용 고구마 신제품(감압유탕스낵, 재성형냉동제품, 푸딩)이 개발되었다. 감압유탕 스낵은 상압유탕 스낵에 비해 낮은 수분함량과 지방함량을 나타내고 높은 기능성 성분함량을 나타내어 기능성 및 영양적인 면에서 우수할 뿐만 아니라 기호적으로도 우수한 것으로 나타났다. 또한 관능적으로 우수한 감압유탕 스낵을 제조하기 위한 적정 전처리 및 감압유탕 조건이 확립되었다. 자색 고구마는 수용성의 안토시아닌이 풍부하여 전처리 및 감압유탕시 안토시아닌이 많이 소실되기 때문에 안토시아닌의 소실을 최소화하기 위한 방법이 요구된다. 본 연구에서는 기존의 감압유탕 공정에 비해 안토시아닌의 소실을 크게 감소시킬 수 있는 열처리 및 당침방법을 개발하였다. 스팀처리와 감압당침은 기존의 블랜칭과 상압당침에 비해 안토시아닌의 소실을 최소화할 수 있으며 이러한 공정을 통해 기존의 스낵에 비해 약 1.9배 높은 안토시아닌 함량을 갖는 자색 고구마 스낵을 제조할 수 있었다. 생과로 사용되기 어려운 품질과 크기를 갖거나 또는 수확후 단기간 내에 가공되어야 할 고구마를 활용하여 고구마의 부가가치를 높일 수 있는 다양한 가공제품(고구마 튀김, 군고구마, 푸딩)을 제조하고자 할 경우 품질 및 크기 등의 문제로 인해 우수한 품질의 가공제품을 제조할 수 없는 문제가 발생하기 때문에 본 연구에서는 고구마 푸레를 이용하여 재성형함으로써 고구마튀김과 군고구마를 제조하였다. 그러나 고구마 푸레 제조시 고구마의 조직은 크게 손상받기 때문에 이를 재성형하여 제조한 제품의 조직감이 고구마 생과를 가공한 제품의 조직감을 기대하기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 재성형 제품의 조직감이 생과를 가공한 제품의 조직감과 유사하도록 하기 위한 고구마 전처리 및 고구마 푸레의 물성조절기술을 개발하고자 하였다. 고구마 푸레 제조시 예비 열처리 및 biopolymer와 칼슘염의 반응에 의해 기존 방법에 비해 월등히 견고하고 치밀한 조직감을 갖고 관능적으로 우수한 푸레 및 가공제품을 개발할 수 있었다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

- 우수한 가공적성의 고구마 품종관리 및 보급을 통한 고품질 가공제품 개발이 가능해 짐
- 과잉 생산되는 고구마의 새로운 수요 창출과 저등급 고구마의 고부가가치 식품소재화
- 고구마는 품종에 따라 저장성이 낮으므로 수확 후 단기간에 생과로 판매하는 것 이외에는 중간 식품 소재화하여 고부가가치의 다양한 가공제품으로 경제 활성화
- 융·복합기술 이용 고기능성 수출전략형 농산식품으로 경쟁력 향상
- 고구마의 건강과 관련된 효능을 동물실험을 통하여 과학적으로 구명하여 소비촉진 유도
- 융복합기술을 이용한 고구마 식품소재 프리믹스를 개발하여 수출전략형 농산식품으로 경쟁력 향상

- 고구마를 건강기능식품 원료로 사용하여 고구마의 수요 창출 및 농가 소득 증대
- 홍국고구마를 원료로 한 “홍국그레놀”, “홍국바” 시제품 개발
- 배변촉진 및 혈액순환개선 건강기능식품 개발 및 출시
- 고구마 기능성 소재 및 관련제품의 수출가능성 제고
- 건강기능식품으로서 고품질 개발의 원천기술 확보
- 개발된 기술은 특허출원 및 등록을 통한 기술 선점력 확보
- 개발된 다양한 기술과 제품은 참여업체에 즉시 기술이전하여 산업화, 상품화 추진
- 연구과정에서 나온 기초데이터는 국내외 유명 학술회의에 발표하고, 학술지에 논문 게재하여 고구마의 소비촉진과 상품의 판매에 홍보자료로 이용
- 본 연구를 통하여 발생하는 경제적 기대성과는 연구가 완료 후 산업화, 상품화 및 판매가 본격적으로 시작되는 3년 후 부터 원료, 중간소재, 가공제품 합하여 300억원 이상의 매출액 달성 추정함

SUMMARY

I. Title

Development of the products and processing technology with sweet potato for creating the new demand of consumption

II. Development of the cloudy beverage, lactic fermentation beverage and its freeze-dried powder products with sweet potato

- The lactic fermentation beverage added with the sweet potato promotes growth of the lactic acid.
- The pH according to species and treatment methods of sweet potato is similar in experiment group, and pH was decreased and acidity was increased with sterilization, inoculation, fermentation.
- The health functional foods of tablet or granular form was developed by using freeze-dried powder products of sweet potato
- The cloudy beverage with sweet potato go through various processes of wet grinding, enzyme reaction, filtration, mixing of material, homogenization, sterilization, pouring with hot-filling, cooling by using roasted sweet potato.

III. Quality characteristics and processing quality of food biomaterials from Korean sweet potatoes with different varieties

- The properties of purple fleshed, orange fleshed, and white/cream fleshed dry type sweet potatoes with different production areas, Haenam, Yeosu, Muju were investigated. There were ambiguous results to apply for making food biomaterials with different sweet potato varieties, because most sweet potatoes have been hybridized. Therefore, confident Korean sweet potato varieties were obtained by Rural Development Administration, National Institute of Crop Science. Eight varieties of Korean sweet potatoes, purple fleshed (Shinjami and Borami), orange fleshed (Juwhangmi and Shinwhangmi), and white/cream fleshed dry type (Shinyulmi, Shinchunmi, Yeonwhangmi, and Jeungmi) were used to develop processing food biomaterials. Physicochemical, pasting, and functional properties of sweet potatoes with different varieties were investigated, various food biomaterials were developed using sweet potatoes, and complex technology

between sweet potato biomaterials and rice flours was used to make gluten-free bakery products, starch syrup and Gochujang, and etc.

- Crude protein and lipid contents of Shinjami and Borami were higher than those of other varieties. Lightness of raw sweet potato flesh was the highest value in Shinchunmi, but the lowest value in Shinjami. Using color difference (ΔE), color similarity compared to white plate were as following order; purple-fleshed > orange-fleshed > commercial dry sweet potatoes. The total and damaged starch contents were significantly different ($p < 0.05$). Total starch contents of sweet potatoes were higher in commercial dry sweet potatoes (61.89–70.46%), especially Shinchunmi (70.46%) and lower in orange-fleshed sweet potato (48.87 and 49.53%). Water binding capacity of Yeonwhangmi, swelling power and solubility of Shinyulmi were the highest values (174.70, 25.54 and 87.49%, respectively) among them ($p < 0.05$). But oil absorptions of Shinyulmi and Shinchunmi showed lower values (97.08 and 97.54%). All sweet potato powders had A type x-ray diffraction pattern. Initial pasting temperature of sweet potato powders were ranged from 69.50 to 75.95°C and amyolytic enzyme of sweet potato powder affected lowering pasting viscosities.
- AIS, total dietary fiber, anthocyanin, carotenoids, and phenolic compound contents of SP powders were significantly different ($p < 0.05$) with different varieties. The total dietary fiber, anthocyanin, and total phenolic compounds of SP were the highest values in purple fleshed SP (10.11–10.87%, 2.43–3.35 mg/g, 454.13–638.79%, respectively) and the lowest values in white/cream fleshed dry type SP. The carotenoids of orange fleshed SP were higher in Juwhangmi than in Shinwhangmi. The color differences of purple fleshed SP were 3–4 times higher than those of others. The antioxidant activities by EDA of orange fleshed SP were higher than those of other SPs.
- Food biomaterials developed from eight Korean sweet potatoes were dried slice and julienne, sugaring of raw sweet potatoes, pastes using baking, steaming, and boiling methods, powders of raw and cooked sweet potatoes, ann, and starch. The powder from raw sweet potato showed much lower pasting viscosities than that of same starch, because amyolytic enzyme activity of raw sweet potato powder. Anthocyanins from purple fleshed sweet potatoes were stable in air and heating treatment, but carotenoids from orange fleshed sweet potatoes were easily oxidizable. The properties of food biomaterials from sweet potato varieties were important factors to apply for making processed food as use. It is

suggested that the mixes of food biomaterials from sweet potato varieties and rice flours could be used for developing gluten-free and functional food products

IV. Development of high quality bakery products using sweet potato flours

- Flours were prepared from sweet potatoes with varying flesh colors such as white/yellow(general sweet potato), yellow/orange(orange-fleshed sweet potato), and purple(purple-fleshed sweet potato), and their physicochemical properties were investigated.
- Sweet potatoes were treated with antibrowning agents such as NaHSO₃, vitamin C, and citric acid, and dried to appropriate moisture contents. Two different drying methods prior to grinding, freeze drying and hot-air drying, were employed to produce sweet potato flours.
- Sweet potato flours with varying flesh colors showed differences in proximate composition, starch, and dietary fiber contents. β -Carotene content of orange-fleshed sweet potato flour was higher than those of the other sweet potato flours. Particle size of orange-fleshed sweet potato flour was higher than those of general or purple-fleshed sweet potato flour. Both water absorption index(WAI) and oil absorption of flours prepared from sweet potatoes by hot-air drying were higher than those from sweet potatoes by freeze drying. Differential Scanning Calorimetry(DSC) results showed that the enthalpy of purple-fleshed sweet potato flour was higher than those of the other sweet potato flours. Heat treatments increased the degree of *in vitro* starch hydrolysis of sweet potato flours.
- Starches were isolated from sweet potatoes with varying flesh colors, and their physicochemical properties were investigated. Slight differences were found in proximate composition and amylose content of starches from different sweet potatoes. Scanning electron micrograph(SEM) results showed that the sweet potato starch granules were round and polygonal. Average granule size of the starch isolated from orange-fleshed sweet potato was higher than those from general and purple-fleshed sweet potatoes. X-ray diffraction patterns demonstrated that all the starch samples were appeared to be Ca crystalline type. Swelling power and solubility of orange and purple-fleshed sweet potato starches were higher than those of general sweet potato starch. Differential Scanning Calorimetry(DSC) results showed that the enthalpy of general sweet potato starch higher than the other sweet potato starches. Different sweet potato starches produced somewhat different RVA pasting properties. Degree of *in vitro* starch

hydrolysis was similar among the different sweet potatoes.

- For the development of bakery products containing sweet potato flour, flours were prepared from sweet potatoes with different flesh color (white, yellow/orange and purple). Sweet potatoes were soaked in solutions of antibrowning agents such as sodium metabisulfite (NaHSO_3) and citric acid, and hot air-dried prior to grinding to produce sweet potato flours. Sweet potato flours with different flesh colors showed differences in proximate composition, starch, amylose, and dietary fiber contents. Total carotenoid content (5.4 mg/100 g) of yellow/orange-fleshed sweet potato flour was higher than those of the other sweet potato flours. Total anthocyanin content was the highest (59.9 mg/100 g) in purple-fleshed sweet potato flour.
- Replacement of wheat flour by 10, 20, 30% sweet potato flour was tested for the effects on bread-, white layer cake-, cookie- and muffin-making properties. Increasing proportions of sweet potato flours significantly decreased the loaf volume, and the highest decrease in loaf volume was found in the bread containing purple-fleshed sweet potato flour. Increasing levels of sweet potato flours decreased specific volume and tended to increase cake hardness. However, it was suggested that sweet potato flour could be substituted for wheat flour at levels up to 20%. Increasing levels of sweet potato flour substitution reduced cookie spread and lightness. The physical properties indicated that sweet potato flour could be added to muffin at replacement levels up to 20% without a large adverse effect on muffin quality.
- The effects of adding gums and emulsifiers on baking quality were examined. Breads supplemented with SSL demonstrated better loaf volume and lowered crumb hardness during storage. Among gums tested, tara, guar, and locust bean gum produced better specific loaf volume and crumb texture. Bakery premixes containing sweet potato flours were developed, and the changes in premix properties were studied during storage.
- Basic research results obtained from this research were used for presenting in scientific society and publishing in scientific journals. A part of the research results was submitted for patent. Newly developed rice bakery products will be transferred to industry for commercial production.

V. Development of functional drinks using purple sweet potato

- Physicochemical analysis of sweet potato
By analyzing moisture, ash, crude protein, crude fat and dietary fiber in order to find

out physicochemical properties of sweet potatoes it was found out that purple sweet potatoes contain 62–66% of moisture, 1.47–1.52 % of crude fat, 1.5–1.8% of dietary fiber, which means purple sweet potatoes contain more dietary fiber than normal sweet potatoes and pumpkin sweet potatoes.

○ Experiments for extraction of purple sweet potatoes' color pigment

By soaking sliced sweet potatoes in a solvent of 20% ethanol which contains 10 times volume of 0.1% citric acid, extracting it for 24 hours under low temperature, filtering and vacuum evaporating at 40°C we can obtain extracted solutions of purple sweet potatoes and extracted pigment's Brix was 29.44.

○ Pre-processing procedures of raw material of sweet potatoes

After steaming sweet potatoes 0.05% α-amylase was added, and was reacted for 4 hours under 90°C. After that 0.01% glucoamylase was mixed and was kept in sugaring reaction for 4 hours under 50°C, filtered and centrifuged. By those processes we obtained raw material of sweet potatoes of 50 Brix and used it as testing samples for development of drinks.

○ Development of drinks of purple sweet potatoes

- Development of drinks using extracted solutions of purple sweet potatoes

In order to develop purple sweet potato drinks we produced prototypical drinks using extracted solutions of purple sweet potato solutions and raw material of condensed solutions of sweet potatoes. We used extracted solutions of purple sweet potatoes as raw material for prototypical drinks since extracted solutions of purple sweet potatoes improves the color and taste of prototypical drinks, and on the other hand condensed solutions of sweet potatoes degrade the taste of drinks. We found out that testing samples of apple and cornus also improves the taste of prototypical drinks. By way of experiments for storage stability we found that the quality was maintained during 5 weeks under temperature of 45°C. So purple sweet potato drinks can be stored at room temperature during one year which is expiration date of normal distribution.

- Development of drinks which contain dietary fiber and collagen

By experiments adding dietary fiber and collagen with mixture proportion of optimum prototypical drinks we found that the prototypical drinks which contain 0.5% of them were the best. We stored the prototypical drinks during 5 weeks at temperature of 45°C and executed normal analysis, microbiological tests and sensory evaluation, and we didn't notice any slight change at storage and could develop prototypical drinks that have good storage stability.

VI. Development and its effectiveness evaluation of the functional foods aims for improving of defecation and blood circulation using a Red Yeast Rice and sweet potato

- This study was performed to investigate the effects of diet added with red yeast rice and sweet potato on the defecation, body fat and serum lipid levels in Sprague-Dawley male rats fed a high fat diet for 10 weeks. Rats were fed a high fat diet(15% fat) with additional lard(7%) and cholesterol(1%) to AIN-93G basal diet(7%) for 6 weeks on first phase. In terms of second phase for 4 weeks, rats divided into five experimental groups which were composed of a high fat diet group(A), a high fat diet with 5% general sweet potato powder-supplemental group(B), a high fat diet with 5% Red Yeast Sweet potato powder-supplemental group(C), a high fat diet with 10% Red Yeast Sweet potato powder-supplemental group(D) and a high fat diet with 5% purple sweet potato powder-supplemental group(D). Total dietary fiber content of experimental diet was shown 16.59~19.73%. Body weight gain and food efficiency ratio(FER) was not different among the experimental group. The feces amount of the group C for second phase increased significantly compared to the other groups ($p<0.05$). The fecal total-cholesterol content of group C were higher than that of group E($p<0.05$). Triglyceride content of the group C were 22% and 26% higher in group A(positive control as a high fat diet) and the group E. The serum contents of insulin, leptin and glucose were significantly lower in group E among the experimental diet ($p<0.05$). These results indicate that supplementation with red yeast rice and sweet potato seemed to be effective in improving constipation and fecal lipid excretion in rats fed a high fat diet.
- This study was performed to investigate the effects of the products supplemented with red yeast rice on the defecation, body fat and serum lipid levels in Sprague-Dawley male rats fed a high fat diet for 8 weeks. Rats were fed a high fat diet(D12492, 45kcal fat) for 4 weeks on first phase. In terms of second phase for 4 weeks, rats divided into five experimental groups which were composed of a high fat diet with 7.5% Red Yeast Sweet potato powder-supplemental group(A), a high fat diet with 15% Red Yeast Rice powder-supplemental group(B), a high fat diet with 30% Red Yeast Rice powder-supplemental of group(C), a high fat diet with 15% Red Yeast Sunsik powder-supplemental group(D) and a high fat diet with 30% Red Yeast Sunsik powder-supplemental group(D). Total dietary fiber content of experimental diet was shown 6.95~8.29%. Body weight gain and

food efficiency ratio(FER) was not different among the experimental group. The feces amount of the group C for second phase increased significantly compared to the other groups($p<0.05$). The intestinal transit time of the groups D and E was significantly faster than that of the groups B and C ($p<0.05$). The fecal total- cholesterol content of groups B and C were higher than that of groups D and E($p<0.05$), while those values for triglyceride of group C was on a average of 40% higher than the other groups. The serum total-cholesterol contents for second phase was significantly lower in group C, but triglyceride content was the lowest in group E($p<0.05$). The activated partial thromboplastin time(PTT) of the supplemented red yeast rice groups tended to decreased significantly compared to a high fat diet as control($p<0.05$). From the findings, the supplementation with red yeast rice seemed to be effective in improving constipation, lipid metabolism and anticoagulation activity in rats fed a high fat diet.

VII. Development of health functional foods that aids improving of defecation and improvement of blood circulation with Red Yeast Sweet potato

To increase of effective utilization of domestically produced sweet potato, we investigated to development of sweet potato health functional foods combine to the Red Yeast Rice.

1. Established for mass production system through optimization of fermentation conditions such as type of raw materials, duration of fermentation as well as biological and environmental conditions of fermentation.
2. Red Yeast Sweet potato stably produces 2,250mg/kg of monacolin-K from mass production system, and contains no contained citrinin, bacteria and coliform bacteria.
3. Developed new health functional food the type of granule and capsule using Red Yeast Sweet potato contained high concentration of monacolin-K.

Newly developed Red Yeast Sweet potato granule and capsule as health functional food should be increase household income by creative new request of sweet potato.

VIII. Development of vacuum fried snacks and restructured frozen products using sweet potatoes

Using a variety of processing technology, new products of sweet potatoes (vacuum fried snacks, restructured frozen products, pudding) for ready-to-eat and between meals were developed. Compared to the atmospheric fried snacks, vacuum fried snacks represented lower moisture and fat content and higher content of functional components like carotenoid and anthocyanin, indicating they were excellent in terms of functional and nutritional quality. And they also showed good results in sensory evaluation. And the optimal pretreatment and vacuum frying conditions were established to prepare vacuum fried snacks excellent in sensory quality. Because purple-fleshed sweet potatoes are rich in anthocyanins, soluble in water, a lot of methods to minimize the loss of anthocyanins are required during pretreatment and vacuum frying. In this study, the heat treatment and sugar steeping methods to dramatically reduce the loss of anthocyanins were developed compared to conventional vacuum frying process. Steam treatment and sugar steeping in vacuum minimized the loss of anthocyanins in vacuum fried snacks compared to conventional blanching and sugar steeping in the atmospheric pressure, and through this process, we could prepare purple-fleshed sweet potato snacks which were approximately 1.9 times higher in anthocyanin content. In addition this study was designed for development of the fried sweet potatoes and roasted sweet potatoes by restructuring purees in order to enhance the added value of low-quality sweet potatoes. But it is difficult to expect that the texture of processed products manufactured with purees is similar to that of processed products manufactured with fresh sweet potatoes because the texture of sweet potatoes receive significant damage in preparation of purees. Therefore in this study, we tried to develop technologies of pretreatment and rheology control of sweet potato purees to make the texture of restructured products to be similar to that of processed products manufactured with fresh sweet potatoes. Sweet potato puree and processed products that showed excellently solid, voluptuous texture and good sensory evaluation compared to those prepared by conventional method were developed by preheating and the reaction of biopolymers with calcium salt in preparation of purees.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	22
Section 1. The Objective of Study	22
Section 2. The Contents of Study	22
Section 3. The Final Aims and Major Contents of Study	22
Section 4. The Implementational Strategies · Methods and System	24
Chapter 2. Current State of Domestic and Foreign Technologies	29
Chapter 3. Contents and Results	45
Section 1. Development of the cloudy beverage, lactic fermentation beverage and its freeze-dried powder products with sweet potato	45
Section 2. Quality characteristics and processing quality of food biomaterials from Korean sweet potatoes with different varieties	77
Section 3. Development of high quality bakery products using sweet potato flours	131
Section 4. Development of functional drinks using purple sweet potato	221
Section 5. Development and its effectiveness evaluation of the functional foods aims for improving of defecation and blood circulation using a Red Yeast Rice and sweet potato	265
Section 6. Development of health functional foods that aids improving of defecation and improvement of blood circulation with Red Yeast Sweet potato ..	289
Section 7. Development of vacuum fried snacks and restructured frozen products using sweet potatoes	321
Chapter 4. Accomplishment of Objects and Contribution for the Related Fields	367
Chapter 5. Outcomes and Applications of the Results	371

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	22
제 1 절 연구목적	22
제 2 절 연구내용	22
제 3 절 연구개발 최종목표 및 주요내용	22
제 4 절 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계	24
제 2 장 국내외 기술개발 현황	29
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	45
제 1 절 고구마 현탁형 음료, 유산균 발효 음료 및 동결건조 분말제품 개발	45
제 2 절 품종별 고구마 식품소재의 품질특성 및 가공적성조사	77
제 3 절 고구마 이용 고품질 베이커리 가공제품의 개발	131
제 4 절 유색 고구마 이용 기능성 음료제품 개발	221
제 5 절 홍국과 고구마를 이용한 건강제품의 배변촉진 및 혈액순환 개선 효능 검증 ..	265
제 6 절 홍국 고구마를 이용한 배변촉진, 혈액순환개선 건강기능식품 개발	289
제 7 절 고구마를 이용한 감압유탕 스낵 및 재성형 냉동제품 개발	321
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	367
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	371

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구목적

국내에서 생산되는 고구마의 품종별 품질특성과 가공적성을 조사하고, 그 특성을 이용한 다양한 고구마 가공제품이나 중간소재 및 기능성 식품 소재를 융·복합기술을 접목하여 산업화, 상품화하고, 고구마가 가진 원래의 건강기능적 특성과 효능을 과학적으로 구명하여 소비자들의 신뢰를 강화함으로써 고구마 소비를 촉진하고 대량의 새로운 수요를 창출하고자 함.

제 2 절 연구내용

- ▶ 고구마 품종별 품질특성과 가공적성 조사
 - 밤고구마, 호박고구마, 자색고구마의 성분 및 품질특성 조사
 - 품종별, 가공방법별 품질변화 및 가공적성 조사
- ▶ 고구마 품종별 신소재 탐색, 발굴 및 기능성 소재나 제품 개발
 - 식이섬유, 알라틴, 안토시아닌 색소 등 소재의 추출, 정량 및 농축기술 개발
 - 홍국발효 기법을 이용한 건강기능성 식품 개발 및 상품화
- ▶ 고구마의 주요 건강기능성 효과에 대한 검증 실험
 - 변비예방, 배변촉진 및 다이어트 효과 관련 도움실험
 - 홍국 고구마 제품에 대한 혈류 및 고지혈증 개선 효과 관련 동물실험
- ▶ 고구마 품종별 특성을 이용한 다양한 가공제품 개발
 - 처리방법별 분말화 기술과 그 특성 평가 및 베이커리용 제품 및 프리믹스 제품 개발
 - 고구마의 색소와 식이섬유가 강조된 청징 및 혼탁형 음료제품 개발
 - 고구마 유산균 발효 음료 및 동결건조 분말제품 개발
 - 감압유탕형 고구마칩 제품 개발 및 푸레의 물성조절기술 개발
 - 즉석 조리형 냉동 균고구마 제품 및 냉동 고구마 튀김 제품 개발

제 3 절 연구개발 최종목표 및 주요내용

- 1) 고구마 품종별 품질특성과 가공적성 조사 및 적정 가공용 품종 선발
 - 가) 품종별(밤고구마, 호박고구마, 자색고구마 등) 성분 및 품질특성 조사
 - 국내외 사용되는 고구마 식품소재 및 특성 조사
 - 식품소재 개발을 위한 품종별 고구마 관능적 및 객관적 품질평가

- 가공용 식품소재 종류(건조, 당장, 증숙, 건열구이, 분말, 앙금 및 전분분리 등)에 적합한 품종 선별과 전처리 조건 확립
- 나) 품종별, 가공방법별 품질변화 및 가공적성 조사
 - 고구마 품종별 식품소재 개발 및 품질 특성 평가
 - 식품소재의 기능성 검토
 - 개발된 품종별 식품소재로 가공적성 평가
 - 융복합 기술을 이용한 고부가가치 식품신소재 및 제품개발
 - 개발 소재 및 제품의 산업 기반 구축
- 2) 고구마 품종별 신소재 탐색, 발굴 및 기능성 소재나 제품 개발
 - 가) 식이섬유, 알라틴, 안토시아닌 색소 등 소재의 추출, 정량 및 농축기술 개발
 - 나) 홍국발효 기법을 이용한 건강기능성 식품 개발 및 상품화
 - 고구마 배양 및 Monacolin-K 함량 분석
 - 우수 품종 고구마 선정 및 배양 조건 최적화
 - 홍국고구마를 원료로 건강기능식품 시제품 2종 이상 제작
 - 시제품의 기능성과 안정성 및 건강기능식품의 기준 규격 검증
 - 홍국 고구마 대량생산 체계 구축 및 대량 생산
 - 혈액순환개선 건강기능식품 개발 및 출시
- 3) 고구마의 주요 건강기능성 효과에 대한 검증 실험
 - 가) 변비예방, 배변촉진 및 다이어트 효과 관련 동물실험
 - 나) 홍국 고구마 제품에 대한 혈류 및 고지혈증 개선 효과 관련 동물실험
- 4) 고구마 품종별 특성을 이용한 다양한 가공제품 개발
 - 가) 처리방법별 분말화 기술과 그 특성 평가 및 베이커리용 제품 및 프리믹스 제품 개발
 - 고구마 전처리, 건조 및 분쇄방법의 확립
 - 고구마 분말 및 전분의 특성연구
 - 고구마 분말의 베이커리 가공적성 검토
 - 다양한 고구마 베이커리 제품의 개발
 - 품질향상을 위한 혼합부재료 및 첨가재의 개발
 - 베이커리 프리믹스의 개발 및 저장성 연구
 - 나) 고구마의 색소와 식이섬유가 강조된 청징 및 현탁형 기능성 음료제품 개발
 - 색소와 식이섬유 등 기능성성분의 최대 추출조건 조사(청징음료)
 - 고구마의 초미세분쇄 방법 및 고압균질화 기술 개발(현탁음료)
 - 현탁음료의 동결건조 분말제품 개발
 - 유색고구마 이용 청징음료, 현탁형 음료 제품 개발
 - 다) 고구마 유산균 발효 음료 및 동결건조 분말제품 개발
 - 품종별 적정 유산균 발효 조건 확립

- 유산균 발효 제품의 제형화와 상품화
- 라) 즉석조리 및 간식용 고구마 신제품을 개발
 - 감압유탕 고구마 스낵 개발
 - 재성형 냉동제품 제조를 위한 푸레의 물성조절기술 확립
 - 냉동 군고구마 제품 개발
 - 냉동 고구마 튀김 제품 개발

제 4 절 연구개발의 추진전략 · 방법 및 추진체계

가. 추진전략 및 방법

- 국내외 사용되는 고구마 식품소재 및 특성 조사
 - 고구마 가공기술이 앞선 일본 가고시마현의 고구마 제품 현황을 파악하였고 식품소재의 특성과 제품과의 관련성을 검토하여 고구마 특성과 소재 개발에 대한 근거 마련
- 지역과 품종에 따른 고구마의 식품소재 가능성 검색
 - 현재 생산되는 고구마의 품종을 추적 확인하고 고구마별 소재의 종류 선정
- 식품소재 개발을 위한 품종별 고구마 특성 검색
 - 순수품종과 지역의 다 생산 고구마를 선택하여 가공용 특성 검색
- 가공용 식품소재 종류에 적합한 품종 선별과 전처리 조건 확립
 - 고구마 소재개발을 위해 고구마 자체의 전처리 조건 확립
 - 큐어링, 가공용 선별, 수세, 박피, 갈색화 억제 등의 공정 조건
 - 고구마는 품종에 따라 함유된 전분함량, 식이섬유함량, 페놀물질, 효소 기타 성분과 조직의 구조 차이가 있어 이를 검토(건조, 당장, 증숙, 건열구이, 분말, 앙금 및 전분 분리 등)
- 고구마 품종별 식품소재 개발 및 품질 특성 평가
 - 품종에 따라 성분이나 물성특성이 다르므로 각각에 대한 성분분석, 이화학적, 기능성, 효소 활성 등 평가
- 개발된 품종별 식품소재로 가공적성 평가
 - 고구마의 종류별 식품소재의 열처리에 의한 변화(호화, 겔화, 노화 특성), 가공적성, 저장, 유통 중의 변화를 평가
 - 고구마 식품소재를 혼합하여 적합한 가공적성을 갖는 소재 개발
- 식품소재로 융복합 기술을 이용한 가공기술 및 제품 개발
 - 고구마 식품소재는 전분을 함유하고 있어 다양한 형태 제품으로 개발할 수 있으며 베타카로틴, 안토시아닌 색소가 제품에 천연 색소소재로 첨가하면 기능성 식품으로 관능적 효과를 만족할 수 있는 제품개발이 가능

- 고구마도 글루텐을 함유하지 않아 gluten-free diet 용의 프리믹스나 제품 개발에 사용이 가능하며 쌀가루와 복합적인 기술로 고부가가치 제품 개발에 활용 가능함
- 고구마 분말의 입자크기 조절과 고구마 전분(앙금)의 사용으로 개발 제품의 다양성 확보
- Monacolin-K 고함유 홍국고구마를 생산하기 위해 홍국과 우수한 조화를 이루는 고구마 품종(호박, 밤, 자색 고구마)을 선발하고 고구마의 영양분을 홍국이 고루 섭취할 수 있도록 다양한 형태(통고구마, 고구마 절편, 고구마 + 쌀)로 배양 생산함으로써 Monacolin-K 2,000 ppm 이상을 함유한 홍국고구마를 생산하고자 함
 - 고구마 품종별(호박, 밤, 자색 고구마) 배양 후 Monacolin-K 함량 분석
 - 고구마 형태별 배양 후 배양 일수에 따른 Monacolin-K 함량 분석
 - 원료곡의 형태를 고려 평균이 균일하게 퍼질 수 있도록 2회 이상 배양 중 교반 실시
 - 배양 일수별 Monacolin-K 함량을 분석하여 최적 배양 일수 선정
- (주)에프엔피에서는 고구마를 배양 생산하여 'Granule', 'Bar' 형태의 시제품을 제작한 경험이 있으며 부재료의 혼합 비율을 통해 맛과 물성 등을 개선하여 소비자의 기호도가 우수한 제품을 제작하고자 함
 - 건강기능식품 “홍국그라놀” 시제품 제작
 - 건강기능식품 “홍국바” 시제품 제작
 - 시제품의 관능평가 후 맛과 물성 개선
- 배양생산된 홍국고구마는 제 2세부과제내 협조를 얻어 동물실험을 통한 배변촉진 및 혈액순환개선 효과를 검증하여 기능성이 입증된 제품을 개발하고자 함
 - 동물실험을 통한 홍국고구마의 배변촉진 및 혈액순환개선 기능성 입증
 - 대량 생산을 통한 건강기능식품 원료로 공급
 - 제품별 총 Monacolin-K의 함량이 일일섭취량(4~8mg)을 섭취할 수 있도록 개발
- 고구마 이용 고품질 베이커리 가공제품의 개발에 관한 세부과제는 제분기술 및 제과/제빵 기술에 대하여 다년간 연구경험을 축적한 경원대학교 연구팀과 협동연구로 진행하며, 본 과제에서 개발된 고구마 분말화기술 및 베이커리 가공제품은 참여기업과의 긴밀한 협력하에 상품화에 활용하도록 하며 기술이전과 함께 상품으로 연결, 생산화할 수 있도록 추진함.
- 국내산 고구마의 종류별 전처리 방법, 건조방법 및 건조조건, 분쇄방법, 분급방법 등에 따른 분말화 기술을 확립함. 고구마 분말은 열풍건조, 드럼건조, 또는 동결건조기술을 이용하여 건조하며, Pin mill, Hammer mill, Jet mill 등 다양한 분쇄기를 이용하여 제조함. 고구마 분말의 가공적성을 파악하기 위해 일반성분, 식이섬유, carotenoids, anthocyanin, *in vitro* digestibility, 색도, 전분손상도, 용해성, 보수력, 미세구조, 입도 등 특성을 분석함. 고구마 분말의 이화학적 특성을 분석한 결과는 고구마 가공제품을

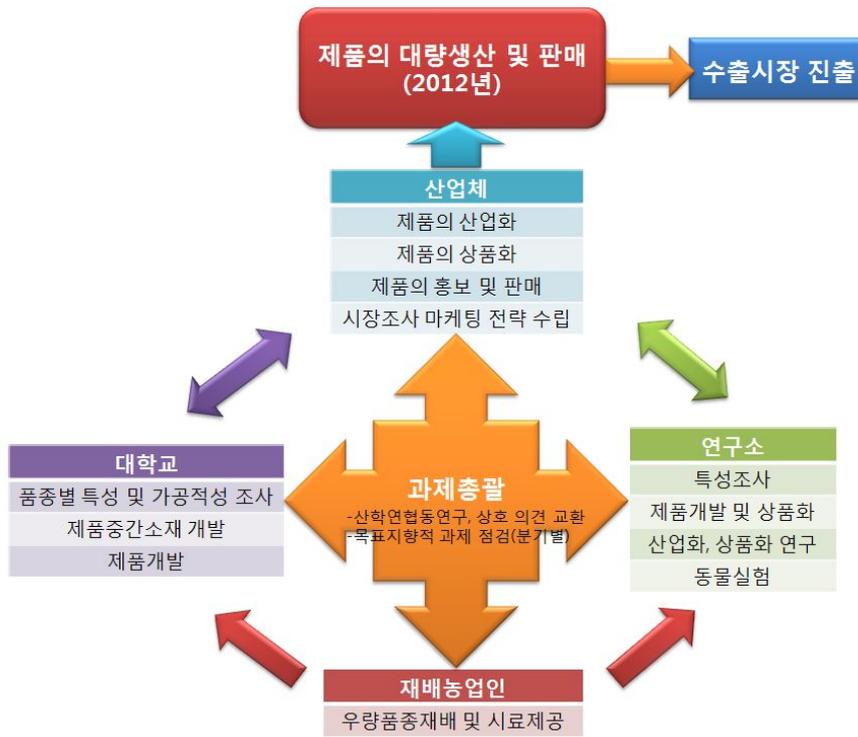
위한 최적 분말화 방법을 확립할 수 있도록 feedback함. 고구마 분말의 베이커리 가공 적성을 검토하기 위하여 Amylograph, Mixograph, Farinograph, 신속점도계(RVA) 등 물성기기를 사용하여 테스트함.

- 본 연구에서는 고구마 베이커리 제품의 물성 및 맛 등 기호성의 개선에 중점을 두어 협동연구기관의 제빵/제과 연구시설을 이용하여 추진함. 반응표면분석법(Response Surface Methodology)을 사용하며 고구마 빵, 케이크, 머핀, 베이글, gluten-free products 등 다양한 베이커리 제품 원료 배합의 최적화 연구를 수행함. 고구마 분말 첨가에 따른 호화특성, 반죽의 물성, 제품의 텍스처를 신속점도측정기(RVA), Mixograph, Farinograph, Texture analyzer로 측정하며 관능검사는 훈련된 패널을 대상으로 품질인자를 평가함. 고구마 베이커리의 품질을 개량하기위한 방안으로 다양한 식품검류(food gums) 또는 계면활성제를 사용하며 반죽의 물성 및 베이커리 제품 특성을 조사하여 첨가재로서의 효용성을 평가하도록 함. 고구마 베이커리 제품의 노화 지연 효과는 유화제, 효소제, 당알코올, 올리고당, 변성전분 등을 첨가하여 조사하며 제품의 저장중 경도변화를 측정하고 DSC의 열적특성을 분석함으로써 그 효과를 분석함.
- 고구마 분말 베이커리 제품의 품질향상을 위한 혼합부재료 및 첨가재를 이용하여 새로운 고구마 베이커리 premix를 개발함. 최적 배합비에 의해 고구마 베이커리 premix를 제조하고 premix의 사용방법을 확립하여 간편하게 사용할 수 있도록 함. 특히 premix의 제품성을 평가하여 기존의 고구마 베이커리 제품보다 품질이 향상된 제품의 개발에 역점을 두어 연구를 추진함. 또한 고구마 베이커리 premix의 저장조건에 따른 premix의 이화학적 특성, 품질특성, 노화지연효과를 평가하여 저장성에 대한 연구를 수행함.
- 고구마 소비확대와 판매 활성화를 위한 신기술 고구마 가공제품의 개발 및 산업화
- 고구마의 품질특성 및 가공제품과 관련한 문헌조사 및 개발시제품의 산업화 방법 검토 관련 국내,외 문헌들을 조사하고 수집하여 성분 및 특성, 생리적 효과, 가공적성등 특성을 규명하고 산업화 할수 있는 방법을 검토한다. 산업화를 위한 적절한 제품과 제조공정을 조사하고 가장 경제적이면서도 제품의 품질을 높이고 상품화가 용이한 방법 등을 선정함
- 고구마를 이용한 제품의 concept을 정하여 주원료와 잘 어울리는 부원료를 선정하고 제조공정은 전처리공정, 제조공정연구, 배합 및 혼합공정, 살균 및 충전공정 연구 등을 통하여 최적의 제조방법을 선정함. 제품품질의 주요 측정인자는 기호성과 간편성, 기능성으로 하고 실험실 규모의 적정 제조방법을 확립함.
- 간편하고 기호성이 높은 고구마 가공제품을 개발하고 현재 고구마의 좋지못한 점을 개선하여 고품질의 영양강화 제품을 개발함.
- 여러 가지 제조공정 중 품질의 측정을 위하여 일반 이화학적 분석과 미량성분 및 영양성분을 조사하기 위하여 GC, GC/MS, HPLC등의 기기분석을 행한다. 관능검사에 의한 품질평가로는 색상, 조직감, 향, 맛, 외관등을 측정하여 비교 분석하고 또한 이화학적

분석과 비교검토 한다.

- 실험실 규모의 시제품 제조후 무작위 소비자들을 대상으로 기호도 검사를 실시하고 동시에 시장조사도 실시한다. 소비자 기호도 조사에서 좋지않은 결과가 나오면 다시 feedback하여 실험실에서 제조공정을 달리하여 실험하여 시제품을 만든후 다시 소비자 기호도조사를 실시한다. 기호도가 좋은 최종제품이 나올 때 까지 반복 한다.
- 최종 소비자 기호도가 우수한 시제품이 선정되면 공장적용 시험을 행한다. 공장의 시설 및 설비 검토를 실시하고 원료조달과 전처리 방법등을 검토한 후 제조공정 실험을 행한다. 공장규모의 시제품이 나오면 소비자 기호도 조사 및 시장조사를 행하고 문제점이 있으면 다시 feedback하여 시제품 제조실험을 행한 후 최종제품을 선정하고 원료처리 및 제조공정을 확립한다.
- 제품의 원재료비, 감가상각비, 수용비 및 노무비등을 고려한 판매가격을 결정하고 국내 및 수출을 위한 단가를 산정하고 제품의 포장방법, 표시사항, 포장 디자인등 여러가지 상품화를 위한 검토를 수행하며 판로개척을 위하여 내수시장의 동향과 수출길도 모색 해본다.
- 고구마를 이용한 감압유탕 스낵과 재성형 냉동제품의 개발은 주관연구기관인 한국식품 연구원에서 진행하고, 관련제품의 산업적 생산 공정 확립은 참여기업와 함께 긴밀히 협의하여 현장에서 생산할 수 있는 기술개발에 힘씀.
- 제1세부과제에서 조사된 고구마의 식품학적 특성과 가공제품 개발을 위한 가공적성 등의 연구결과를 감압유탕 스낵과 재성형 냉동제품 등의 가공제품 개발에 기초자료로 활용하기 위하여 연구자간 유기적인 협의 체계를 유지함.
- 감압유탕 고구마 스낵을 개발하기 위하여 품종별 고구마의 스낵 가공적성을 조사하고, 감압유탕을 위한 적정 전처리 조건과 감압유탕 조건을 확립하고 또한 기호성을 높이기 위한 조미기술 개발 및 현장적용을 위한 공정을 검토하고자 함.
- 그리고 균일한 품질의 재성형 냉동제품(균고구마 및 고구마튀김)을 개발하기 위한 기초 기술을 확보하기 위해 먼저 푸레의 적정 열처리 기술과 gum류와 염처리에 의한 푸레의 물성조절기술을 확립함. 냉동 균고구마 제품을 개발하기 위하여 확보한 물성조절기술을 토대로 조직감과 향미를 증진시킬 수 있는 기술을 개마하고 현장적용을 위한 공정을 검토하고자 함. 냉동 고구마 튀김 제품도 확보한 물성조절기술을 토대로 조직감과 향미의 기호도를 증진시키는 공정과 유지흡수 저감 기술 및 적정 튀김조건을 확립하고 현장적용을 위한 공정을 검토하고자 함.
- 농식품부 과제활용담당관, ARPC 담당간사, 관계전문가 등으로 자문위원회를 구성하여 반기별로 연구협의회를 개최할 예정임

나. 추진체계



연구개발 추진 체계도

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 본 연구관련 국내외 기술수준 비교

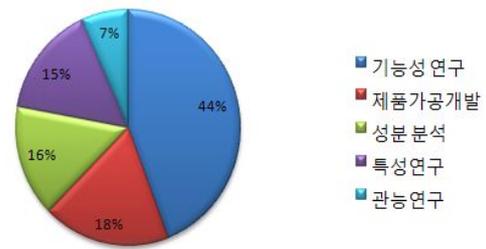
개발기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		기술개발 목표수준	비고
		우리나라	연구신청팀		
고구마 가공기술 및 제품개발	일본	40	80	90	
고구마 건강기능성 구명 및 제품	일본	30	70	80	

고구마 관련 유효특허



고구마 관련 종류별 유효특허

고구마 관련 유효논문



고구마 관련 종류별 유효 논문

2. 특허분석

가. 특허분석 범위

대상국가	국내, 국외(미국, 일본, 유럽)
특허 DB	특허정보원 DB(www.kipris.or.kr), Aureka DB
검색기간	최근 10년간
검색범위	제목 및 초록

나. 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명		sweet potato processing study	고구마 가공 연구	고구마의 생리활성 기능
Keyword		sweet potato	고구마, 가공	고구마, Sweet potato
검색건수		843	856	1856
유효특허건수		59	52	한국: 858, 미국 55, 유럽 12, 일본: 896, 국제: 35
핵심특허 및 관련성	특허명	Method for producing anthocyanin-containing low calorie lactic acid bacteria beverage.	갈변이 저해된 고구마 분말의 제조방법 및 그에 의해 제조된 고구마 분말	혼합생약추출물을 유효성분으로 포함하는 조성물 및 이의제조방법
	보유국	일본	한국	대한민국
	등록년도	2006	2007	2007
	관련성(%)	60	60	85
	유사점	고구마의 안토시아닌 성분을 추출하여 저칼로리 음료 개발	갈변저해제 전처리를 통해 색택이 유지된 고구마 분말의 제조방법	고구마를 이용하여 비만 및 변비예방 기능성 식품의 개발
	차이점	유색고구마의 색소를 추출하여 안정화하고 기타 수용성 식이섬유 등을 배합한 기능성 음료	고구마 분말의 제조를 위해 건조방법 및 분쇄방법의 다양화를 통해 고구마 베이커리 제품의 가공적성에 부합하는 고구마 분말의 가공 및 제품화	본 발명은 고구마 추출물을 주성분으로 포함하고, 콩, 쌀, 울무 및 보리로부터 선택된 하나 이상의 추출물을 부가적으로 포함하는 조성물 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 수득된 혼합생약추출물을 포함하는 비만 및 변비의 예방 및 개선용 조성물에 관한 것임

3. 논문분석

가. 논문분석 범위

대상국가	미국, 일본, 유럽
논문 DB	Aureka DB, pubmed DB(www.ncbi.nlm.nih.gov), 국회도서관(www.nanet.go.kr)
검색기간	최근 10년간
검색범위	제목, 초록 및 키워드

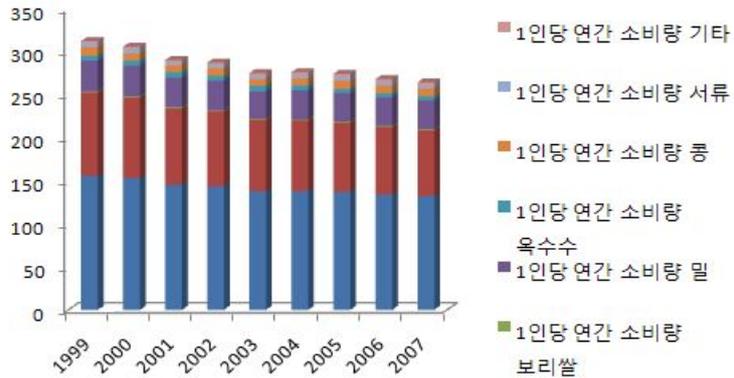
나. 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명		고구마 색소이용 기술	고구마 가공기술	고구마의 생리활성 기능
Keyword		sweet potato	sweet potato, processing	고구마, Sweet potato, 생리활성 기능
검색건수		해외:896, 국내:268	93	3518
유효논문건수		해외:106, 국내:43	9	저널:3143, 프로시딩: 국내: 464, 해외 2603, 중국 194 일본 29
핵심논문 및 관련성	논문명	Physiological functionality of purple-fleshed sweetpotatoes containing anthocyanins and their utilization in foods	Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different dry techniques	고구마의 품종별 항산화성과 항미생물 특성
	학술지명	JARQ	Lebensm. Wiss. Technol	한국식품과학회지
	저자	Suda, I., Tomoyki, O., Masuda, M., Kobayashi, M.	Yadar R, Guha M, Tharanathan RN, Ramteke RS	이향희 ; 강성국 ; 임중환
	게재년도	2003	2006	1999
	관련성(%)	50	50	60%
	유사점	자색고구마의 유효성분(안토시아닌)을 이용한 제품 개발 및 기능성 연구	고구마 건조방법에 따른 분말소재의 특성에 관한 연구	고구마의 생리활성 기능을 이용하여 복합건강기능식품 개발
	차이점	색소의 안정화 기술과 색소이용 기술에서 차이점이 있음	국내산 고구마의 종류별 전처리, 건조, 분쇄방법을 달리하여 적정 분말화기술을 연구하며 이를 이용한 고품질 베이커리 제품을 개발	고구마의 항산화성은 자색고구마와 황색고구마가 가장 높았으며, 외관적인 곰팡이의 발생률과 표면세균 및 곰팡이의 수는 유색고구마인 자색고구마와 황색고구마가 미황색고구마나 일반고구마에 비해 뚜렷하게 낮음

4. 제품 및 시장 분석

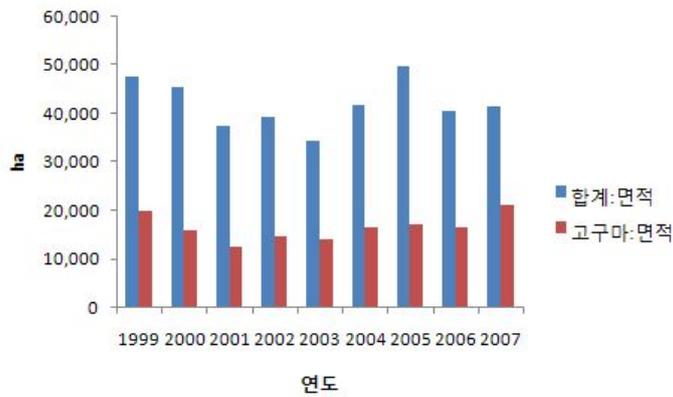
가. 생산 및 시장현황

1) 국내 제품생산 및 시장 현황



출처:농림수산식품정책팀

1인당 연간 농산물 소비량



출처:농림수산식품정책팀

고구마 총 생산량

- 1인당 연간 농산물 종류별 소비량 중 서류는 총 소비량비에 점차 증가하는 추세임.
- 총 농산물 생산 면적에 비해 고구마 생산 면적이 증가하는 추세임.



고구마 관련 한국제품

- 고구마를 이용한 제품은 과자류, 케이크류, 전분류 등 총 100여 종이 있음.
- 요즘 자색고구마를 이용한 건강식품들이 주를 이루고 있음.

- 가공원재료로의 고구마의 TARGET 시장현황

구분	시장규모		시장현황	비고
	기준년도	시장규모		
베이커리	2006년	2.1조	· 케이크류등 베이커리 전반에 걸쳐 수재화 및 신제품 개발중	
제과	2005년	1.1조	· 웰빙, 자연건강식품 선호도 증가에 따라 오리온닥터유, 해태마더스핑크, 롯데뷰티스타일 등 천연자연소재류의 사용 대폭증가 추세	
떡	2007년	3천억	· 점진적으로 소재화 증가 추세	
선식	2007년	2천억	· 선식원재료 30-40여 종류중에 하나로 사용량 증가	
죽 및 스프류	2006년	6백억	· 드립드라이 등 생스프시장 개발 진행 중	
기타식품		2천억	· 기타 기능성 식품 소재화	
계				

※ 산출근거 ① daum의 해피컴퍼스(2008. 2.11)
 ② 사단법인 떡식품류 가공협회(2007. 08. 02)
 ③ 문화일보(2007. 05. 06)
 ④ 글로벌 information inc

- 국내 식품업계에 Well-being 선호현상과 자연소재류 제품화 계획에 고구마 소재화가 다양하게 개발되고 있음.
- 특히 기능적 소재로의 특성을 기반으로 베이커리, 제과, 선식 등에서 사용범위가 확대되고 있는 추세임.

- 홍국 관련 시중 제품

제 품 명	유 형	규 격	섭취방법	용 량	특 징	유 통
REDYEAST RICE (NATURE'S BOUNTY, USA)	건강기능 식품	600mg×60캡셀	1일2캡셀/식사 후 섭취 (최대 4정까지 섭취 가능)	1개월	Red Yeast Rice (<i>Monascus purpureus</i> Extract) 1200mg 22,000원	Open Market
닥터스초이스 홍국 디클레스 (Doctor'sChoice)	건강기능 식품	500mg×100캡셀 ×2개	1일 3회, 1회 1캡셀	2개월	2.15 mg/1 캡셀 79,000원	Open Market
제이씨 메가홍국100 (오스트레일리아)	건강기능 식품	500mg×60캡셀	1일1회, 1회1캡셀	2개월	4.5 mg/1 캡셀 30,000원	Open Market
높은형질콜레스테롤 수치 개선에 도움을 주는 홍국 (한국마이코젠(주)/비타민하우스(주))	건강기능 식품	440mg×120캡셀	1일2회, 1회2캡셀	1개월	2.5 mg/2 캡셀 49,000원	Open Market
바이오맥스 뉴홍국 (바이오맥스)	건강기능 식품	440mg×120캡셀	1일2회, 1회2캡셀	1개월	78,000원	Open Market
바이오맥스 뉴홍국 (바이오맥스)	건강기능 식품	440mg×240캡셀	1일2회, 1회2캡셀	2개월	98,000원	Open Market
태양홍국	건강기능 식품	250mg×630정	1일3회, 1회7정	1개월	58,000원	Open Market
일동후디스 홍국 플러스	건강기능 식품	500mg×120캡셀 ×2병	1일2회, 1회1캡셀	4개월	3.5 mg/1 캡셀 52,000원	Open Market
콜레스틴	건강기능 식품	630mg×120캡셀	1일2회, 1회2캡셀	1개월	곡류효소 함유제품, 88,000원	Net-work
홍국-W		250mg×90캡셀			77,000원	Open Market

- 최근 혈액순환 개선을 원하는 사람들이 약물이나 의료 기술보다는 상대적으로 유용성과 안전성이 입증된 식품을 선호하면서 이 분야 식품연구·개발이 지속적인 활기를 띠고 있음
- 국내에서는 천연물을 검색하는 연구가 중심을 이루고 있으며, 홍국(모나콜린K), 식물성 스테롤, 옥타코사놀, 해조류추출물, 감귤껍질 (비타민P), 알로에추출물 (베타시토스테롤), 낫토키나제 등의 콜레스테롤을 저하시키는 건강기능식품이 제품화 되었음
- 기능성 쌀로 잘 알려진 홍국미는 쌀을 원료로 세척한 후 멸균하여 이것에 홍국균을 접종하여 10일 이상 일정한 배양조건에서 가공된 쌀로서 현재 4개 정도의 벤처기업에서 제품을 생산, 개발하고 있으나 그 시장점유율은 미미한 실정 (표 3)
- 본사는 우수한 기술력을 바탕으로 홍국을 이용한 국내 시장 진출은 물론 식품으로 진입이 어려운 일본 시장 까지 진출하여 외화 획득에 성공한 경험과 노하우를 가지고 있음
- 최근 고구마는 소비자들에게 웰빙식품으로 알려져 고구마 도넛, 고구마 피자, 고구마 케이크 등 고구마가 든 제품이 출시되고 있음
- 이러한 웰빙트렌드에 발 맞추어 고구마의 맛과 홍국의 기능성을 접목한 복합 기능성 건강기능식품 개발이 필요

국내의 홍국제품 생산 및 판매 현황

출처: (콜레스테롤저하 식품 시장동향, 보건산업기술동향/2003)

업체	생산.판매 현황	연구개발의 활용현황
대덕바이오	균주개발 및 소규모생산 판매	제품화 되었으나 매출저조
바이오팜	균주 및 상품 개발 판매	제품화 되었으나 매출 저조
미농바이오	소규모 생산 판매	시장진출 실패 후 품목변경
한스바이오	연구개발.소규모 생산	제품화 되었으나 매출저조

2) 국외 제품생산 및 시장 현황





고구마 관련 국외제품

- 해외 시장에서 고구마를 이용한 제품의 종류로는 과자류, 음료류, 잼류, 초코렛류, 식초류, 케이크류, 전분류, 유기농 제품류 등 200여 종이 있음.
- 최근 건강기능성을 강화 시킨 제품류로 생산이 증가하는 추세임.



고구마 관련 건강기능성 제품

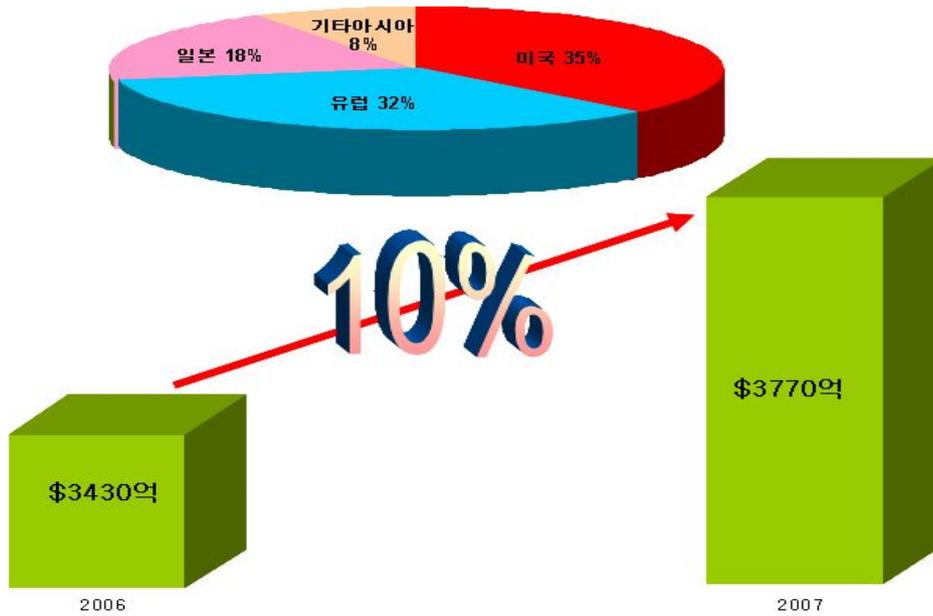
- 고구마의 기능성 성분을 추출하여 약품으로 출시된 제품임.
- 주로 장기능 개선 및 다이어트 제품임.

국가별 고구마의 주요 용도

(단위:%)

국가별	식용	전분 원료용	알콜 원료용	사료용	식품 가공용	종자용	기타
한국	60	21	3	2	2	6	6
중국	12	40	5	30	1	6	6
일본	40	30	5	8	5	6	6

- 국가별 고구마 주요 용도는 한국이 일본과 비슷한 경향을 가졌다.
- 한국과 일본에서는 식용이 다른 용도에 비해 큰 비중을 차지했다.
- 독일에서는 은행잎으로부터 혈액순환장애 치료제를 개발하여 연간 20억불(약 2조 4천 억원) 이상 매출액을 달성
- 일본의 SANKYO 제약사에서는 미생물로부터 혈중콜레스테롤 저해제 “Compactin(mevastatin)”을 개발하여 연간 1,000억엔 (약 1조원)이상 수출
- 콜레스테롤 저하와 관련된 기술은 미국, 유럽 그리고 일본의 기술은 의약기술이 압도적으로 차지하고, 유기화합물 관련기술 유전자공학 기술 식품관련기술이 뒤를 이음
- 콜레스테롤 저하와 관련된 기술은 미국이 다른 국가에 비해 월등히 높으며 개발의 시기도 한국, 일본, 유럽에 비해 가장 이른 시기에 시작이 되었음
- 세계 건강기능식품 시장은 매년 10%이상 성장하고 있으며 미국·유럽·일본이 약 85%의 점유율을 차지하고 있음



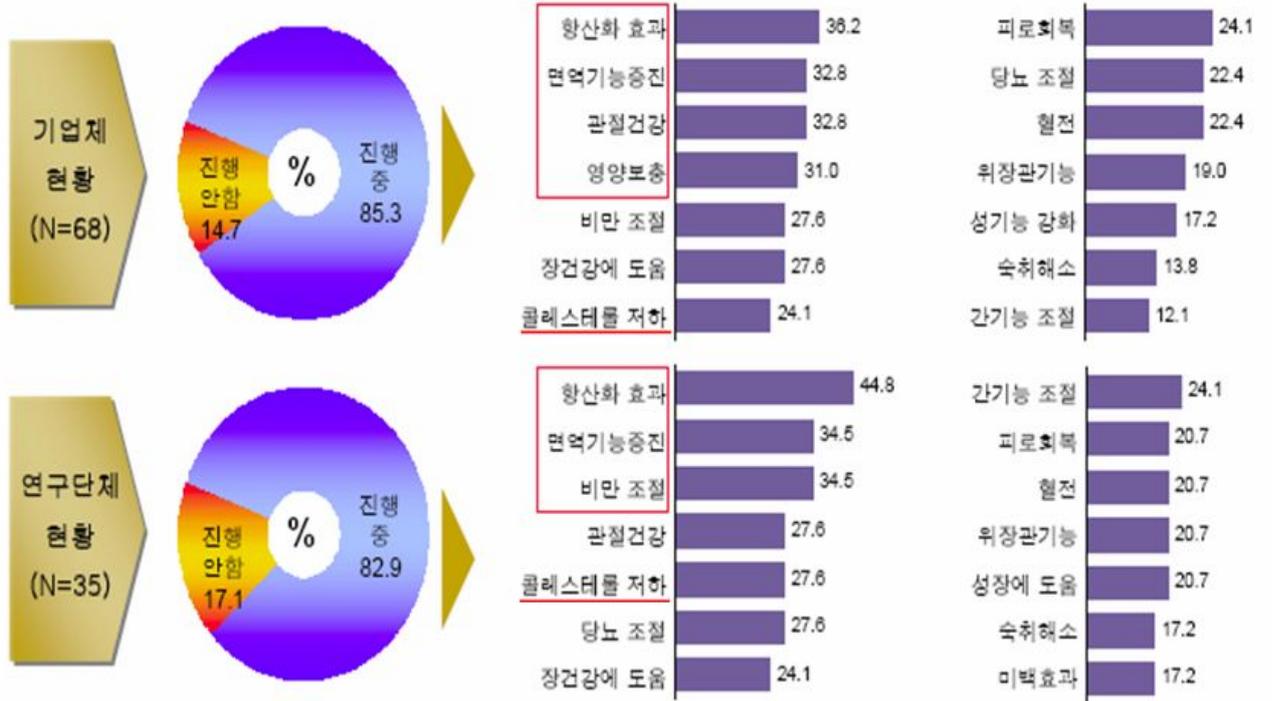
출처 : 식음료신문(2006년 12월 21일)

세계 건강기능식품 현황

- 국내외 건강기능식품 시장 규모는 매년 뚜렷한 성장세를 나타내고 있으며 2008년 건강기능식품 개정에 따라 건강기능식품의 다양화로 소비자의 수요와 인지도가 향상될 것임
- 건강기능식품에 대한 연구현황을 살펴보면 항산화 효과, 면역기능증진, 관절건강 등에 대한 기능성 연구가 주를 이루고 있음
- 국내 시장의 경우 바이오 벤처기업 중심으로 연구개발이 진행되고 있으나 소비자 인식 부족, 유통망 확보 등에 어려움이 있음

개별 단위의 건강기능식품 연구 진행 현황 (%)

현재 연구 중인 건강기능식품 분야 (%)



건강기능식품 연구현황

출처 : 바이오푸드네트워크사업단, 국내 바이오식품 산업의 수요도조사

- (주)에프앤피는 홍국미 및 홍국선식 등 다양한 제품의 안정적인 판로를 확보 지속적인 매출을 달성하였음
- 최근 웰빙 바람을 타고 고구마를 이용한 제품이 속속 출시되고 있으나 대부분 고구마의 우수한 기능성 보다는 맛을 우선시하여 제품에 적용 판매하는 실정임
- 따라서 고구마의 2차 가공을 통해 맛과 기능성이 우수한 복합기능성 건강기능식품으로 개발하여 고구마의 신수요 창출 및 매출 증대를 이루고자 함

나. 개발된 고구마 제품의 산업화 방향 및 기대효과

- 고구마 품종별 특성에 따라 개발된 제품은 그 품질 특성이 기존의 제품들에 비하여 차별화되고 고품질을 추구함
- 품종별, 지역별 고구마의 특성을 감안하여 가공제품의 원료를 확보하고 중간소재화 제품, 그것을 이용한 완제품으로 구분하여 산업화를 추진하며 판매전략도 중간소재 공급과 완제품의 판매에 따라 수립해야 함
- 연령층별 기호도와 편의성을 충분히 고려한 제품개발 및 생산 추구
- 연구개발이 완료되면 고구마의 품종별 특성이 밝혀지고, 그 특성별 가공적성을 살린 가

공제품들이 개발될 것이며, 개발제품들이 산업화되어 본격적으로 시중 판매에 돌입하는 3년 후 정도에는 판매금액 300억원 정도의 효과가 기대됨

다. 홍국 고구마 제품의 산업화 방향 및 기대효과

1) 산업화 방향(제품의 특징, 대상 등)

- 국민소득 수준이 향상됨에 따라 예방 및 실버세대를 위한 제품 출시로 관절염 개선 건강식품의 경쟁에 이어 혈액순환개선 건강기능성 식품 시장이 치열해 질 것으로 전망됨에 따라 소비자의 needs 분석에 의한 맞춤형 제품 개발
- 홍국은 예로부터 혈액순환을 촉진하고 소화기능을 튼튼히 한다고 알려져 있으며, 현재 건강기능식품 공전에 “홍국은 높은 혈중 콜레스테롤 수치 개선에 도움이 된다” 는 기능성이 등재되어 있음
- (주)에프앤피에서 생산하는 홍국은 홍국의 유효성분인 Monacolin-k 를 고농도 함유함과 동시에 순수 고체발효과정에서 바로 효과를 나타내는 활성물질(acid form)로 이미 대부분 전환되어 부작용이 없음
- 고구마는 식이섬유, 비타민, 무기질이 풍부하며 활성산소를 제거하는 항산화작용, 발암물질 작용 억제, 혈액순환을 촉진 등 높은 생리활성 기능을 함유한 것으로 알려져 있음
- 따라서, 이러한 기능성을 함유한 고구마에 홍국을 배양하여 복합기능성 건강기능식품 원료로 개발 혈액순환개선 건강기능식품으로 개발하고자 함

2) 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

항 목	산업화 기준					
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과 ¹⁾	200	600	1,000	2,000	2,000	5,800
경제적 파급효과 ²⁾	40	120	200	400	400	1,160
부가가치 창출액 ³⁾	40	120	200	400	400	1,160
합 계	280	840	1,400	2,800	2,800	8,120

¹⁾ : 국내 콜레스테롤 관련 건강기능식품 시장 2,000억원 중 당사에서는 개발 1차년도에는 총 시장의 0.1%, 2차년도는 0.3%, 3차 년도는 1%, 4차년도는 2%, 5차년도는 3%의 점유율을 달성할 것임

²⁾ : (매출 1억원시 사용되는 고구마 소비량 (1 ton)) X (고구마 도매 가격 (20,000/10kg))

³⁾ : 당사의 제품은 일본시장에 진출 전체 매출의 40%를 차지하고 있음. 이를 바탕으로 신제품 수출시 국내 매출의 20%의 수출효과를 얻을 수 있음

5. 3P(특허,논문,제품)분석을 통한 연구추진계획

가. 분석결과 향후 연구계획(특허, 논문, 제품 측면에서 연구방향 제시)

1) 특허분석 측면

- 고구마와 관련된 특허등록 현황을 보면 최근 10년간 국내외에서 1500여건이 있으며 일본이 다양한 분야에 특허를 가장 많이 등록하였으며, 나머지 한국, 미국의 순으로 등록이 많았음
- 고구마 이용에 관한 특허로 색소이용, 분말이용, 중간소재, 발효기술 등등 다양한 가공 기술을 이용한 제품에 대한 특허가 매우 많이 등록되어 있음
- 이러한 특허를 이용한 다양한 제품(그림 9, 10, 11)들이 일부는 상품화되어 시판되고 있음
- 최근 건강에 대한 관심이 높아지면서 건강식품으로써 고구마의 기능성 부분이 잘 알려지면서 고구마의 소비는 점차 증가되고 있음
- 지금까지 국내의 고구마 소비는 굽거나 찌서 먹는 단순소비 형태가 대부분으로 다양한 형태의 제품개발을 통하여 소비자의 욕구를 충족시킬 수 있는 기호성과 편의성을 동시에 만족시키는 제품들의 개발이 절실히 요구됨
- 따라서 본 연구에서는 영양학적, 식품학적 및 건강기능성에 대한 과학적 근거 위에 외국제품의 모방이 아닌 차별화된 기술로 우리의 기호에 적합하고 조리 편의성 등을 충족시키는 다양한 고구마 소재나 제품을 개발하고 특허도 등록할 예정임
- 나아가서 개발제품에 대하여 동물실험과 임상실험을 직접 실시하여 그 효능을 입증하고 건강기능식품으로 발전시켜 나갈 예정임
- 혈액순환 개선에 대한 해외 특허는 의약품관련 기술, 유기화합물관련 기술이 발달되었으므로, 국내에서는 기능성식품 대한 투자가 이루어질 전망임
- 콜레스테롤을 의약품, 유기화합물을 통해 저하시키는 메커니즘은 미국, 유럽, 일본, 국내에 이미 많은 기술이 발전해왔으므로, 앞으로는 식품관련 기술을 이용해 콜레스테롤을 저하시키는 기술에 많은 연구가 이루어질 것이라 유추함
- 홍국과 고구마는 우수한 기능성에 대해 많은 연구가 이루어졌으며 그 기능성을 포함하는 식품으로 개발하려는 시도가 지속적으로 이루어지고 있음
- 제2세부과제에서는 혈액순환 개선 및 콜레스테롤저하 기능을 이용하여 질병예방 건강기능성식품으로 개발하고자 함
- 이렇게 개발된 제품을 기존의 제품들과 가공기술과 품질에서 차별화하여 시장을 점유해 간다면 고구마를 이용한 일반 제품이나 기능성 제품의 소비자 신뢰도도 높아지고 국내 시장이 확대될 것이며 그 기반으로 일본이나 미국 등의 해외 시장에 적극적으로

진출하여 수출을 확대해 나가야 한다고 생각함

2) 논문분석 측면

- 고구마와 관련한 연구논문을 검색한 결과 고구마 품종별 이화학적 특성조사, 고구마의 색소에 관한 연구, 고구마의 기능성 연구, 고구마의 가공기술에 관한 연구가 해외 896편, 국내 268편으로 상당히 많은 연구결과가 보고되어 있음
- 국내산 고구마의 표준 품종별 특성이나 가공적성에 관한 연구논문은 아직 미흡한 수준으로 본 연구를 통하여 기초자료들이 얻어지면 학술지에 논문으로 발표하여 향후 제품개발, 가공용 품종개발 및 정책자료 등에 활용이 가능할 것임
- 고구마의 기능성 연구관련 논문을 전반적으로 검토해보면 유색고구마의 색소와 베타카로틴의 항산화성, 항고혈압, 고지혈증개선, 항혈관질환, 간기능개선 등이 보고되어 있음
- 본 연구에서는 고구마의 식이섬유의 특성을 조사하고 이들이 체내의 배변을 원활하게 하여 변비예방효과가 있는지를 우선 동물실험을 통하여 구명하여 국내외 학술지에 발표함으로써 고구마의 소비를 크게 촉진하고자 함
- 또한 고구마에 홍국균을 이용하여 발효하는 기술을 개발하여 홍국균이 생산하는 색소인 Monacolin-K의 고지혈증 및 콜레스테롤 수치 개선에 대한 시험결과를 국내외 유명 학술지에 발표, 게재하고자 함
- 홍국의 유효성분인 Monacolin-K는 기능성과 안전성이 입증되어 있으며 고구마의 생리활성 기능은 식품으로 이용가치가 매우 높음
- 국내에서는 천연물을 검색하는 연구가 중심을 이루고 있으나, 아직까지 새로운 작용기전을 표적으로 한 신약의 연구개발은 없음
- 지단백질 대사와 관련된 여러 유전자 가운데 활발히 연구되고 있는 대상은 체내 콜레스테롤 생합성과 저장에 관여하는 HMG-CoA reductase와 ACAT 유전자, 혈장 LDL-콜레스테롤의 조직유입을 매개하는 LDL receptor 유전자 및 장내 콜레스테롤 흡수에 관여하는 pCEase 유전자들로 이들은 체내 콜레스테롤 항상성에 의해 그 발현이 조절됨
- 혈중 LDL-콜레스테롤 수준을 30-40%까지 저하시킬 수 있는 HMG-CoA reductase 저해제로 Monacolin-K를 대량 생산할 수 있는 기술을 이용해 성인병의 치료를 예방할 수 있는 건강기능성 식품으로 활용
- (주)에프앤피는 기능성물질인 홍국과 관련된 기술 (홍국균주 개발 및 이의 이용 관련 특허 1건, 대량 생산 공정 관련특허 1건)을 개발하였음
- 기능성물질을 함유한 홍국과 고구마를 이용 기능성과 기호성을 높인 건강기능식품을 개발하여 소비자의 기호를 충족시키고자 함

- 품종별 다양한 가공제품 개발, 중간소재 개발 등의 연구에서 달성되는 모든 결과는 특허출원이나 학회 발표를 통하여 홍보하고 기술을 선점하고자 함

3) 제품 및 시장분석 측면

- 최근 사회적으로 웰빙 분위기가 고조되면서 고구마는 무공해의 건강지향적 천연식품으로 인식되어 소비가 점차 증가하는 추세를 보이고 있음
- 그러나 국내의 고구마 소비형태는 대부분 단순 조리형태의 찌거나 굽는 고구마로 가정에서 소비되고 있음
- 현재 국내외적으로 시판되고 있는 제품들은 상당히 다양화 되고 있는 편임
- 이러한 추세에 따라 고구마의 이용가공 형태를 소비자의 요구에 부응하는 고품질의 다양한 제품으로 개발하여 산업화한다면 고구마 산업이 더욱 활성화되고 고구마 제품 시장이 크게 확대될 것으로 예측됨

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절

고구마 현탁형 음료, 유산균 발효 음료 및 동결건조 분말제품 개발

Development of the Cloudy Beverage, Lactic Fermentation Beverage and its Freeze-Dried Powder Products with Sweet Potato

연구책임자

한국식품연구원

박 사 김 성 수

목 차

가. 개 요	49
(1차년도) 고구마 유산균 발효음료 및 동결건조 분말제품 개발	50
나. 재료 및 방법	50
1. 재료	50
2. 실험방법	51
(1) 고구마 시료 제조 및 품질특성 조사	51
(2) 우수 유산균 균주 선별	51
(3) 선발된 유산균주에 의한 고구마 마쇄물의 발효 시험	51
(4) 고구마 발효물의 pH, 총산도 및 생균수	51
(5) 관능평가	51
(6) 고구마 발효물 분말의 재형화	51
다. 결과 및 고찰	52
1. 고구마의 일반성분 분석	52
2. 밤 고구마 시료 전처리 시험 및 품질특성 조사	52
3. 유산균주 선발	53
4. 고구마 첨가가 유산균의 생육에 미치는 영향	53
5. 고구마 첨가가 유산균 발효액의 pH에 미치는 영향	53
6. 고구마 첨가가 유산균 발효액의 pH, 산도 및 생균수에 미치는 영향	54
7. 고구마 유산균 발효물의 관능평가	55
8. 고구마 품종별, 처리방법별 유산균 발효액의 pH, 산도 및 일반세균수	56
9. 고구마 발효물 분말의 재형화	59
(2차년도) 고구마 이용 현탁형 음료제품 개발	62
라. 재료 및 방법	62
1. 재료	62
2. 실험방법	62
(1) 일반성분 분석	62
(2) 당도 측정	62

(3) pH 측정	62
(4) 점도 측정	62
(5) 색도 측정	62
(6) 미생물검사	63
(7) 관능평가	63
마. 결과 및 고찰	63
1. 고구마의 일반성분 분석	63
2. 밤 고구마 시료 전처리 시험 및 품질특성 조사	64
3. 고구마의 건조 방법별 품질 비교	64
4. 고구마 분말의 초미세 분쇄 방법 조사	65
5. 고구마 품종별 습식분쇄 후 효소 반응 조사	65
6. 고구마 현탁음료의 적정 배합비	66
7. 고구마 분말화 과정 생략한 현탁음료 제품 개발	69
8. 제조된 음료의 살균 시험	71
9. 살균처리 후 층분리 정도 조사	72
10. 시제품의 이화학적 특성 조사	72
11. 제조공정 확립	73
12. 산업적 생산을 위한 기계, 설비 검토	73
바. 결과 요약	74
사. 참고문헌	75

가. 개 요

- 국내 고구마 생산량은 계속적으로 증가하고 있음
- 또한 다양한 특성을 가진 품종들이 개발되어 판매되고 있음
- 대부분의 고구마는 그대로 삶거나 구워서 섭취하고 있음
- 더하여 고구마의 다이어트 등에 대한 기능성은 소비자들에게 잘 홍보되어 고구마의 소비를 촉진하고 있음
- 그러나 고구마의 생산량이 증가하는 추세로 볼 때 과잉생산이 우려되고 있음
- 국내의 고구마 가공제품은 매우 미흡하며 반면 일본의 경우 다양한 가공제품을 판매하고 있음
- 따라서 고구마의 품종특성에 적합한 가공기술을 적용한 다양한 가공제품의 개발이 매우 절실하게 요구되고 있음
- 본 연구에서는 고구마 품종별 특성을 이용한 다양한 가공제품 개발 중 고구마의 색소와 식이섬유가 강조된 혼탁형 음료제품 개발 및 고구마 유산균 발효 음료 및 동결건조 분말 제품 개발을 수행하고자 하였다.

- 1차년도

‘고구마 유산균 발효음료 및 동결건조 분말제품 개발’

나. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 고구마는 해남산 밤고구마, 호박고구마, 자색고구마를 현지에서 구입하여 시료로 사용하였다.

고구마의 유산균 발효를 위하여 사용된 유산균주는 (주)메디오젠에서 보관중인 27종의 유산균 (표1)을 사용하였으며 균주는 MRS agar배지 (Difco, Maryland, USA)에 배양하여 4 °C에서 냉장 보관하면서 3주마다 계대하면서 사용하였다. 또한 균주는 멸균된 20% glycerol (Shinyo chem. Japan)에 배양액을 현탁하여 -70 °C (Operon-128c, Korea)에서 장기보관하였다.

표1. 고구마 유산균 발효 선발시험에 사용한 유산균주

<i>Lactobacillus spp.</i>	<i>Lactobacillus spp.</i>	<i>Streptococcus/ Enterococcus spp.</i>	<i>Leuconostoc/ Lactococcus spp.</i>	<i>Bifidobacterium spp.</i>
<i>L.brevis</i> (MG19)	<i>L.reuteri</i> (MG505A)	<i>S.faecalis</i> (MG511)	<i>Leu.citreum</i> (MG210)	<i>B.longum</i> (MG723)
<i>L.reuteri</i> (MG505C)	<i>L.reuteri</i> (MG505B)	<i>E.faecium</i> (MG89)	<i>Lac.lactis</i> (MG530)	<i>B.longum</i> (MG723A)
<i>L.plantarum</i> (MG208)	<i>L.bulgaricus</i> (MG515)	<i>E.faecium</i> (MG89A)		<i>B.thermophilus</i> (MG731)
<i>L.casei</i> (MG311)	<i>L.sporogenes</i> (MG520)	<i>S.thermophilus</i> (MG510)		
<i>L.rhamnosus</i> (MG315)	<i>L.gasseri</i> (MG560)			
<i>L.acidophilus</i> (MG501)	<i>L.gohnsonii</i> (MG570)			
<i>L.acidophilus</i> (MG501A)	<i>L.fermentum</i> (MG590)			
<i>L.acidophilus</i> (MG501B)	<i>L.fermentum</i> (MG590-A)			
<i>L.acidophilus</i> (MG501C)	<i>L.salivarius</i> (MG580)			

2. 실험방법

(1) 고구마 시료 제조 및 품질특성 조사

밤고구마에 대하여 생 것, 찢 것, 구운 것의 열처리 방법에 따른 품질특성을 조사하였다.

(2) 우수 유산균 균주 선별

상기한 27 종의 유산균을 이용하여 전 처리된 고구마 시료를 첨가한 배지에서 배양하여 생균수가 1.0×10^8 cfu/ml 이상인 균주를 고구마 마쇄물을 잘 이용할 수 있는 우수 유산균주로서 선발하고 이후 실험에 이용하였다

(3) 선발된 유산균주에 의한 고구마 마쇄물의 발효 시험

고구마 세척 후 껍질제거 ---> 전용용기에 적당히 잘라 넣고 시수를 혼합하여 핸드믹서로 chopping(입자직경 2~3mm) ---> 105℃에서 30분 살균 ---> 세 균주 중간배양액 각 2% 접종 ---> 발효(37℃, 24hr) ---> 1차분석(검경, pH, 산도, 생균수측정) ---> 추가발효(37℃, 24hr) ---> 2차분석 ---> 동결건조 ---> 동결건조물 생균수 측정

(4) 고구마 발효물의 pH, 총산도 및 생균수

시료의 pH는 pH meter를 이용하여 측정하였고, 총산도는 식품공전 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 균질화된 시료 9g 에 동량의 증류수를 가하여 1% Phenolphthalein alcohol 0.5ml를 가한 후 0.1N NaOH용액으로 적정하여 옅은 홍색이 30초 유지되는 시점에서의 소비량을 측정하고, {Total activity = 0.1N NaOH(ml) × 0.1N NaOH의 factor × 0.9/ 시료의 중량}으로 환산하였다. 또한 총균수 측정은 시료 1ml를 멸균 생리식염수 9 ml에 희석하고 잘 혼합한 후 단계희석 한 다음 1ml을 취하여 *Lactobacillus*속 및 *Enterococcus*속은 glucose함량을 1%로 높인 BCP plate count agar에 접종하여 잘 혼합하고 *Bifidobacterium* 속은 BL agar배지에 접종하여 도말 한 후 혐기성 상자 (BBL Gas Pak Anaerobic System)에 넣고 37 ℃에서 48시간 배양 후 생성된 집락수를 계측하고 그 평균집락수에 희석배수를 곱하여 배양액 ml당 생균수를 산출하였다.

(5) 관능평가

제조된 고구마 유산균음료에 대하여 색깔, 맛, 향 및 종합적기호도의 관능특성을 9점 기호척도법으로 평가하였다.

(6) 고구마 발효물 분말의 재형화

제조된 고구마 유산균음료 중 50% 고구마 발효제품을 동결건조하여 분말화 한 후 수용성 식이섬유인 polydextrose, 곤약분말 그리고 비타민 A, B₂, B₁₂, C, E를 혼합하여 각각 tablet 형태와 과립 형태로 제조하였다. 배합비에 맞게 성형 후 50℃에서 24시간 열풍건조하여 완성하였다.

다. 결과 및 고찰

1. 고구마의 일반성분 분석

본 실험에 사용한 3가지 품종 고구마의 일반성분 분석 결과는 표2와 같다. 수분함량은 68.5~70.4%의 범위를 나타내었으며, 조단백은 0.71~0.78%, 조지방은 모두 0.14~0.18%, 회분은 0.93~0.98%, 탄수화물이 25.3~29.59%의 범위를 나타내었다.

표 2. 품종별 고구마의 일반성분 (%)

성분	밤고구마	호박고구마	자색고구마
수분	68.5	70.4	69.5
조단백질	0.78	0.71	0.75
조지방	0.18	0.15	0.14
회분	0.95	0.98	0.93
탄수화물	29.59	25.3	25.7

2. 밤 고구마 시료 전처리 시험 및 품질특성 조사

밤고구마 생 것, 찢 것, 구운 것의 열처리 방법에 따른 품질특성을 조사한 결과는 표 3과 같다. 수분함량은 45.9~68.5%의 범위를 나타내었으며, 조단백은 0.76~1.35%, 조지방은 모두 0.15~0.20%, 회분은 0.94~1.21%, 탄수화물이 29.59~52.34%의 범위를 나타내었다. 고구마의 열처리 방법에 따라 성분의 함량변화가 있었으며 특히 수분의 차이가 구운 고구마에서 크게 줄어들면서 상대적으로 다른 성분들이 증가하였다. 열처리에 따른 향미의 기호도는 구운 고구마가 가장 양호하였다.

표 3. 밤고구마 전처리 방법별 일반성분 (%)

성분	밤고구마(생 것)	찜 것	구운 것
수분	68.5	68.1	45.9
조단백질	0.78	0.76	1.35
조지방	0.18	0.15	0.20
회분	0.95	0.94	1.21
탄수화물	29.59	30.05	52.34

3. 유산균주 선발

표 1의 27 종의 유산균을 이용하여 전 처리된 고구마 시료를 첨가한 배지에서 배양한 결과 생균수가 1.0×10^8 cfu/ml 이상인 균주를 고구마 마쇄물을 잘 이용할 수 있는 우수 유산균주로서 선발한 결과는 표4와 같이 유산균 3종을 선발하였다.

표 4. 고구마 첨가 배지에서 선발된 유산균 3종

<i>Lactobacillus spp.</i>	<i>Streptococcus spp.</i>
<i>L.plantarum</i>	<i>S.thermophilus</i>
<i>L.paracasei</i>	

4. 고구마 첨가가 유산균의 생육에 미치는 영향

고구마 발효 유산균 선발실험을 통해 결정한 3종의 혼합 유산균주를 이용하여 고구마 첨가 배지에서 발효했을 때 유산균의 생균수는 접종 후 6시간까지 급격한 증가를 보이며 12시간에는 정상기에 도달하여 그 이후에는 완만한 증가를 보였다. 시험구 간에는 고구마 첨가량이 증가할수록 발효초기의 생균수 증가가 빨랐다. 이는 고구마 단백질이 *Bifidobacterium*나 일부 *Lactobacillus*의 생육촉진 효과가 있다고 보고하여, 고구마의 첨가는 요구르트 제조 시 젖산균의 생육을 촉진시키는 것으로 사료된다.

5. 고구마 첨가가 유산균 발효액의 pH에 미치는 영향

젖산균을 40℃에서 배양하면서 pH의 변화를 경시적으로 측정하였다. pH변화는 모든 처리군에

서 접종 후 6시간 까지 급격히 떨어지다가 12시간 이후에는 완만히 저하하였으며, 모든 처리구에서 pH 4.5 미만의 산성을 나타냈다. 고구마를 첨가하지 않은 대조군에 비해 고구마의 첨가는 발효 후 배양액의 pH를 다소 높였으나 유의적인 차이는 없었다. pH 는 유산균 발효로 인해 생성된 여러 가지 유기산의 영향으로 급격히 감소한 것으로 생각되며 유산균 종류, 고구마 첨가 여부 및 첨가 농도에 의해 크게 영향을 받지 않았다.

6. 고구마 첨가가 유산균 발효액의 pH, 산도 및 생균수에 미치는 영향

표5, 6, 7은 고구마 첨가가 유산균 발효액의 pH, 산도 및 생균수에 미치는 영향을 나타내었다.

표 5. 고구마 함량별 살균 및 접종 후 초기 pH

	분쇄원액	보정	살균	접종
고구마 20%	6.50	-	6.30	5.35
고구마 30%	6.53	-	6.27	5.42
고구마 40%	6.43	-	5.95	5.26
고구마 50%	6.50	-	5.98	5.43

표 6. 고구마 함량별 발효 시 pH, 산도 및 생균수의 변화

	0hr	24hr	48hr
pH	5.35	3.38	3.22
고구마 20% 산도	0.02	0.43	0.74
생균수(cfu/ml)	n.t	1.2×10^9	1.3×10^9
pH	5.42	3.69	3.31
고구마 30% 산도	n.t	1.50	2.80
생균수(cfu/ml)	n.t	2.2×10^9	2.1×10^9
pH	5.26	3.46	3.35
고구마 40% 산도	0.27	2.40	2.90
생균수(cfu/ml)	n.t	2.7×10^9	2.7×10^9
pH	5.43	3.53	3.40
고구마 50% 산도	0.26	1.80	3.00
생균수(cfu/ml)	n.t	3.5×10^9	2.6×10^9

표 7. 고구마 함량별 발효물의 동결건조 후 미생물

	발효액(L)	동결건조물(g)	생균수(cfu/g)	일반세균(cfu/g)
고구마 20%	1	65.5	1.5×10^9	5.8×10^4
고구마 30%	1	110.0	4.2×10^9	8.4×10^4
고구마 40%	2	245.0	4.7×10^9	2.0×10^3
고구마 50%	2	310.0	2.9×10^9	6.4×10^5



그림 1. 고구마 유산균 발효 동결건조 분말

7. 고구마 유산균 발효물의 관능평가

고구마 유산균 발효물의 관능평가 결과는 표 8과 같다.

표 8. 고구마 유산균 발효물의 관능평가

관능특성	찐고구마	균고구마
색깔	6.6 ± 0.5	7.6 ± 0.3 ,
맛	7.1 ± 0.4	7.3 ± 0.5
향	6.4 ± 0.4	7.5 ± 0.5
종합적 기호도	6.8 ± 0.5	7.4 ± 0.4

표5 에서 고구마 유산균 음료의 9점 기호척도법 관능평가 결과 찢고구마 유산균 음료는 색깔 6.6 ± 0.5 , 맛 7.1 ± 0.4 , 향 6.4 ± 0.4 , 종합적 기호도 6.8 ± 0.5 으로 비교적 좋게 평가되었으며, 군고구마 처리구는 색깔 7.6 ± 0.3 , 맛 7.3 ± 0.5 , 향 7.5 ± 0.5 , 종합적 기호도 7.4 ± 0.4 으로 아주 좋게 평가되어 상품화 가능성을 보여 주었다.

8. 고구마 품종별, 처리방법별 유산균 발효액의 pH, 산도 및 일반세균수

고구마 중 밤고구마, 호박고구마, 자색고구마의 3품종을 각각 생 것, 찢 것, 구운 것으로 처리하여 고구마 50%의 함량으로 분쇄, 발효한 후 유산균 발효액의 pH, 산도, 일반세균수를 측정하여 표 9,10에 나타내었다.

표 9. 고구마 품종별, 처리방법별 살균 및 접종 후 초기 pH, 산도

		분쇄원액	살균	접종	
밤고구마	생것	pH	5.51	5.30	5.01
		산도	0.18	0.17	0.23
	찢것	pH	5.62	5.42	5.15
		산도	0.13	0.15	0.20
	구운것	pH	5.68	5.48	5.28
		산도	0.12	0.18	0.23
호박고구마	생것	pH	5.56	5.49	5.16
		산도	0.25	0.25	0.27
	찢것	pH	5.46	5.44	5.24
		산도	0.20	0.20	0.22
	구운것	pH	5.53	5.48	5.37
		산도	0.32	0.36	0.35
자색고구마	생것	pH	5.59	5.50	5.23
		산도	0.16	0.17	0.20
	찢것	pH	5.43	5.32	5.00
		산도	0.17	0.20	0.25
	구운것	pH	5.53	5.55	5.25
		산도	0.26	0.24	0.29

표9에서 고구마 품종별, 처리방법별 pH의 차이는 크게 나타나지 않았으며 전반적으로 pH 5~5.5 내외의 값을 나타내었다. 또한 분쇄원액보다 살균 후의 pH가 전반적으로 더 낮았으며 살균 후 보다 접종 후의 pH가 전반적으로 더 낮았다. 산도는 이와 반대로 살균, 접종 과정을 거치면서 전반적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

표 10. 고구마 품종별, 처리방법별 발효 시 pH, 산도 및 일반세균의 변화

		0hr	24hr	48hr
생것	pH	5.01	3.79	3.59
	산도	0.23	0.84	1.07
	일반세균(cfu/g)	n.t	2.2×10^6	1.1×10^8
밤고구마	pH	5.15	4.01	3.81
	산도	0.20	0.78	0.96
	일반세균(cfu/g)	n.t	1.3×10^5	2.0×10^6
구운것	pH	5.28	3.91	3.73
	산도	0.23	0.90	1.16
	일반세균(cfu/g)	n.t	1.0×10^7	5.5×10^7
생것	pH	5.16	3.88	3.70
	산도	0.27	1.16	1.46
	일반세균(cfu/g)	n.t	8.5×10^5	3.0×10^6
호박고구마	pH	5.24	3.89	3.78
	산도	0.22	0.96	1.19
	일반세균(cfu/g)	n.t	6.0×10^5	1.5×10^8
구운것	pH	5.37	4.05	3.88
	산도	0.35	1.36	1.63
	일반세균(cfu/g)	n.t	1.6×10^5	2.4×10^7
생것	pH	5.23	3.76	3.63
	산도	0.20	0.96	1.21
	일반세균(cfu/g)	n.t	4.3×10^5	5.7×10^7
자색고구마	pH	5.00	3.88	3.71
	산도	0.25	0.77	0.94
	일반세균(cfu/g)	n.t	2.3×10^5	1.5×10^7
구운것	pH	5.25	3.94	3.78
	산도	0.29	1.09	1.37
	일반세균(cfu/g)	n.t	7.5×10^6	1.1×10^7

표10에서 확인할 수 있듯이 발효시간이 지남에 따라 전반적인 pH의 감소 경향과 산도의 증가경향을 나타내었다. 일반세균의 경우 발효 48시간째의 측정 결과 $10^6 \sim 10^8$ 의 범위를 나타내어 발효 24시간째보다 약간씩 증가한 결과를 보여주었다.



그림 2. 고구마 품종별, 처리방법별 유산균 발효물

표 11. 고구마 품종별, 처리방법별 발효물의 동결건조 후 미생물

		동결건조 수율(%)	일반세균(cfu/g)
밤고구마	생것	18.8	1.2×10^5
	찜것	17.3	2.0×10^4
	구운것	23.4	8.1×10^3
호박고구마	생것	16.1	7.7×10^4
	찜것	13.9	3.0×10^4
	구운것	23.5	4.5×10^3
자색고구마	생것	16.8	1.3×10^5
	찜것	18.1	4.1×10^3
	구운것	21.9	1.6×10^3

표 11에서 동결건조 수율은 16~23%의 결과를 보였고 구운것의 경우 가장 높은 수율을 나타내었다. 일반세균의 경우 전반적으로 $10^3 \sim 10^5$ 내외의 결과를 보여 동결건조 전보다 다소 감소한 경향을 나타내었다.



그림 3. 고구마 품종별, 처리방법별 유산균 발효물 동결건조 분말

9. 고구마 발효물 분말의 재형화

50% 고구마 발효 동결건조물을 이용하여 수용성 식이섬유인 polydextrose, 곤약분말 그리고 비타민 A, B₂, B₁₂, C, E를 혼합하여 각각 tablet 형태와 과립 형태로 제조하여 건강 기능성 제품으로 개발하고자 하였다. 각 제품별 재료배합비는 표12, 13에 각각 나타내었다.

표 12. 고구마 발효물 tablet 형태 제품 재료 배합비(1정(0.8g) 기준)

재료명	첨가량
50% 고구마 발효 동결건조 분말	0.6g
물	0.15g
polydextrose	0.11g
곤약분말	0.05g
비타민 A	225 μ g
비타민 B ₂	0.6mg
비타민 B ₁₂	1 μ g
비타민 C	40mg
비타민 E	4mg

위와 같이 배합하여 tablet 제조기에 성형한 후 50℃에서 24시간 열풍건조하여 제조하였다. tablet 1정 섭취 시 비타민의 경우 1일권장량의 40~60%를 충족할 수 있도록 하였다.



그림 4. 고구마 유산균 발효물 tablet 형태 제품

표 13. 고구마 발효물 과립 형태 제품 재료 배합비(10g 기준)

재료명	첨가량
50% 고구마 발효 동결건조 분말	7.8g
물	0.66g
polydextrose	1.39g
곤약분말	0.73g
비타민 A	225 μ g
비타민 B ₂	0.6mg
비타민 B ₁₂	1 μ g
비타민 C	40mg
비타민 E	4mg

과립 제조시 위와 같은 배합비로 배합하고 믹서기로 균질화한 후 과립형태로 성형하여 50℃에서 24시간 열풍건조하여 제조하였다. 과립 10g 기준시 비타민 1일권장량의 40~60%를 충족할 수 있도록 하였다.



그림 5. 고구마 유산균 발효물 과립 형태 제품

- 2차년도

‘고구마 이용 현탁형 음료제품 개발’

라. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 고구마는 해남산 밤고구마, 호박고구마, 자색고구마를 현지에서 구입하여 시료로 사용하였으며, 음료제품 제조에 필요한 각종 부재료들은 (주)두리두리에서 제공받아 사용하였다.

2. 실험방법

(1) 일반성분 분석

고구마의 품종별 일반성분 분석은 AOAC 방법에 준하여 측정하였다.

(2) 당도 측정

음료시료 중 일부를 취하여 굴절당도계(ATAGO Digital Refractometer, Japan)를 사용하여 °Brix로 측정하였다.

(3) pH 측정

고구마 음료의 pH는 pH meter(HANNA Instrument, Italy)를 사용하여 측정하였다.

(4) 점도 측정

점도계(RVDVE E8487679, Brookfield Engineering Lab. Inc., USA)로 10rpm에서 점도를 측정하였다. 이때, RV spindle O6를 장착하여 60초 후의 점도를 측정하였다.

(5) 색도 측정

표준백판 (L=92.68, a=0.81, b=0.86)으로 보정된 Spectrocolorimeter (Color QUEST

II, Hunter Lab Co., USA)를 사용하여 표면색도 값인 L(Lightness), a(redness/greenness), b(yellowness/blueness)를 5회 반복 측정하여 평균값으로 표기하였다.

(6) 미생물검사

시료 1 mL을 취하여 멸균생리식염수를 이용한 10배 희석법으로 희석하고 일반세균용과 대장균용 건조필름배지(Petri film, 3M, USA)에 각각 도말한 후 37°C에서 배양한 다음 나타난 colony를 계수하여 CFU/mL로 나타내었다.

(7) 관능평가

훈련된 관능요원 10명을 대상으로 하여 색깔, 향, 맛, 종합적 기호도 등에 대해 9점 기호척도법으로 평가하였다.

마. 결과 및 고찰

1. 고구마의 일반성분 분석

본 실험에 사용한 3가지 품종 고구마의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 수분함량은 68.5~70.4%의 범위를 나타내었으며, 조단백은 0.71~0.78%, 조지방은 모두 0.14~0.18%, 회분은 0.93~0.98%, 탄수화물이 25.3~29.59%의 범위를 나타내었다. 밤고구마의 경우 수분함량은 가장 낮지만 단백질, 지방, 탄수화물의 함량은 다른 품종 고구마에 비해 상대적으로 높은 결과를 보였다.

Table 1. 품종별 고구마의 일반성분 (%)

성분	밤고구마	호박고구마	자색고구마
수분	68.5	70.4	69.5
조단백질	0.78	0.71	0.75
조지방	0.18	0.15	0.14
회분	0.95	0.98	0.93
탄수화물	29.59	25.3	25.7

2. 밤 고구마 시료 전처리 시험 및 품질특성 조사

영양적으로 가장 우수하다고 판단된 밤고구마의 생 것, 찢 것, 구운 것의 열처리 방법에 따른 품질특성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 수분함량은 45.9~68.5%의 범위를 나타내었으며, 조단백은 0.76~1.35%, 조지방은 모두 0.15~0.20%, 회분은 0.94~1.21%, 탄수화물이 29.59~52.34%의 범위를 나타내었다. 고구마의 열처리 방법에 따라 성분의 함량변화가 있었으며 특히 수분함량이 구운 고구마에서 크게 줄어들면서 상대적으로 다른 성분들이 높아진 결과를 보였다. 열처리에 따른 향미의 기호도는 구운 고구마가 가장 양호하였다.

Table 2 . 밤고구마 전처리 방법별 일반성분 (%)

성분	밤고구마(생 것)	찢 것	구운 것
수분	68.5	68.1	45.9
조단백질	0.78	0.76	1.35
조지방	0.18	0.15	0.20
회분	0.95	0.94	1.21
탄수화물	29.59	30.05	52.34

3. 고구마의 건조 방법별 품질 비교

관능적으로 가장 우수한 것으로 판단된 군고구마의 열풍건조 후 분말화한 처리구와 동결건조 후 분말화한 처리구의 관능특성을 비교한 결과는 Table 3에 나타내었다. 열풍건조 처리구의 경우 색깔 및 향미의 기호도 저하로 인하여 음료용 원료로는 적합하지 않다고 판단되었다. 따라서 혼탁음료 제조 시 군고구마의 동결건조 분말을 원료로 사용하는 것이 좋다고 판단하였다. 한편, Fig. 1에 고구마 품종별 구운 처리구의 동결건조 분말 모습을 나타내었다.

Table 3. 군고구마의 건조 방법별 관능평가 결과

성분	색깔	향	맛	종합적 기호도
열풍건조 분말	6.2	5.7	6.7	6.4
동결건조 분말	7.5	6.8	6.9	7.2



Fig. 1. 군고구마 동결건조 분말 시료

4. 고구마 분말의 초미세 분쇄 방법 조사

동결건조 후 1차분쇄한 고구마 분말 시료의 초미세 분쇄 방법을 조사하고자 분말을 직접 분쇄하는 건식분쇄 방법과 분말을 물과 혼합하여 분쇄하는 습식분쇄 방법을 시험하였다. 분쇄 시 믹서기(Hamilton Beach, USA)를 사용하여 각각 2분, 5분, 10분간 분쇄한 후 체의 망목 크기별 여과 정도를 조사한 결과는 Table 4에 제시하였다. 습식분쇄 시에는 시료 분말과 10배 중량의 물을 혼합하여 위의 조건으로 분쇄하였다. 시험 결과 10분간 분쇄 시 건식분쇄의 경우 200 mesh에서 여과가 가능하였고 그 이상의 mesh에서는 극미량만 여과되어 여과가 어려운 것을 확인하였으며, 습식분쇄의 경우 325 mesh에서 여과가 가능하였고 그 이상의 mesh에서는 미량만 여과되어 여과에 적합지 않음을 확인하였다. 따라서 효율성 측면을 고려하여 습식분쇄 방법이 적합한 것으로 판단되었다.

Table 4. 고구마 분말의 분쇄 시간별 여과 가능한 체의 망목 크기

	여과 가능한 체 망목 크기 (mesh)		
	2분	5분	10분
건식분쇄	160	200	200
습식분쇄	200	270	325

5. 고구마 품종별 습식분쇄 후 효소 반응 조사

습식분쇄 후 여과 수율을 높이고자 전분 액화 효소를 사용하여 습식분쇄된 고구마 현탁액에 효소반응을 시켰을 때 고구마 품종별 반응시간에 따른 당도변화는 Fig. 2에 제시하였다. 효소는 중온성 액화효소인 α -amylase(Spezyme LT300, Bision Corp., Korea)를 사용하여 75°C에서 반응시켰으며, 효소 첨가량은 고구마분말 중량의 0.02%를 사용하였다.

전반적으로 0~10분 사이에 급격한 당도 증가경향을 보였으며, 약 60분 경과하였을 때 더 이상 당도의 증가가 일어나지 않았다. 호박고구마의 경우 반응 초기 당도와 반응 완료 후 당도에서 3품종 중 가장 높은 결과를 보였으며, 군고구마 동결건조 분말이 아닌 고구마 농축액 분말을 사용할 경우 상대적으로 더 높은 당도를 보였으나 효소반응에 따른 당도 증가 곡선은 오히려 완만한 경향을 나타내었다.

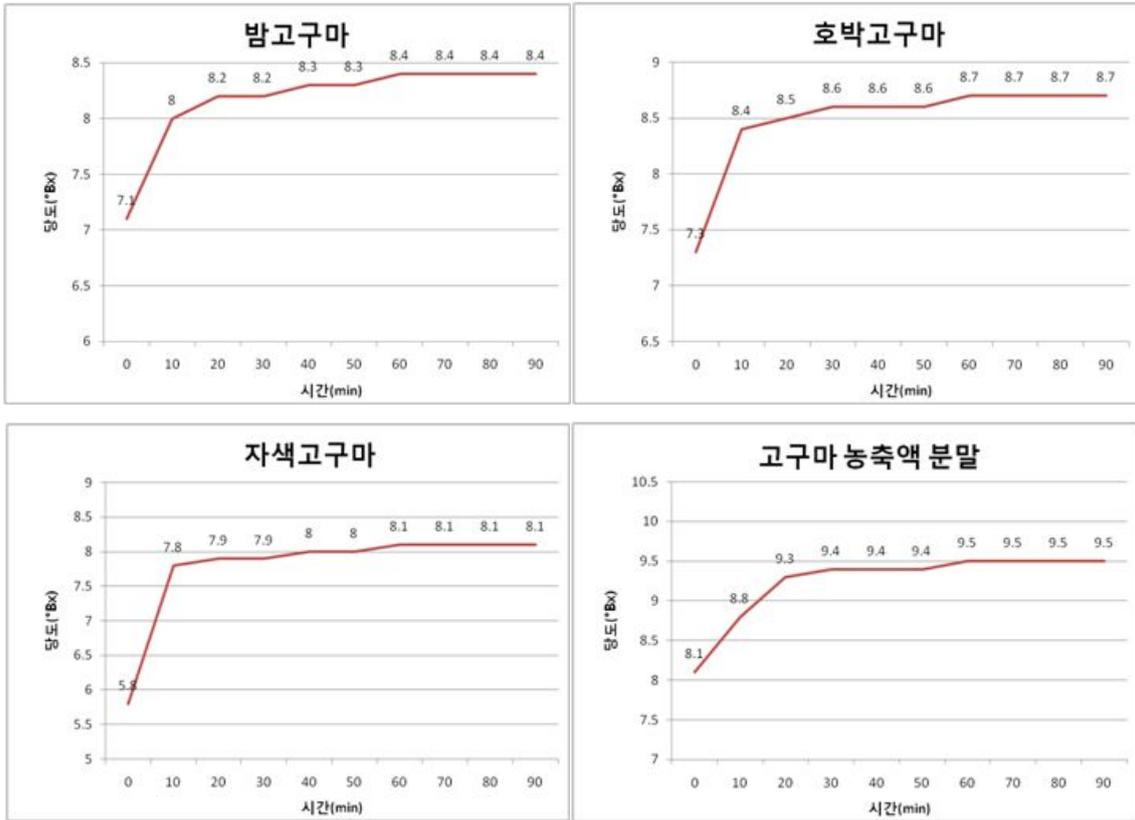


Fig. 2. 고구마 품종별 효소반응 시 시간에 따른 당도변화

6. 고구마 현탁음료의 적정 배합비

고구마 분말을 사용한 현탁음료의 적정 배합비는 Table 5에 제시하였다. 고구마 동결건조 분말만을 주원료로 사용하는 배합비와 이 원료와 고구마 농축액분말을 함께 사용하여 제조한 배합비를 제시하였으며, 배합 1의 경우 물성이 다소 강한 특성을 지니고 있어 기호에 따라 부재료의 함량을 약간 줄이고 물의 양을 다소 늘려 물성을 연하게 한 배합 2를 제시하였다. 따라서 원하는 물성에 따라 배합 1과 2를 선택할 수 있도록 하였으며, 고구마 농축액 분말을 첨가할 경우 여과 수율을 높이고 동결건조에 따른 비용절감의 효과를 가져올 수 있도록 하였다.

Table 5. 고구마 현탁음료의 적정 배합비 (분말 사용시)

재료명	함량 (%)			
	고구마분말 사용		고구마분말 + 고구마 농축액분말 사용	
	배합 1	배합 2	배합 1	배합 2
동결건조 고구마분말	6.3	6.6	3.6	3.6
고구마 농축액분말	-	-	2.8	2.2
물	88.4	89.5	88.1	90.3
밤분말	0.8	0.3	0.8	0.3
현미분	0.8	0.3	0.8	0.3
감자분	0.4	0.2	0.5	0.2
구아검	0.02	0.02	0.02	0.02
대두단백	0.66	0.36	0.76	0.36
정백당	1.8	1.8	1.8	1.8
균고구마향	0.7	0.8	0.7	0.8
이산화규소	0.02	0.02	0.02	0.02
정제염	0.1	0.1	0.1	0.1
계	100	100	100	100

Fig. 3에 고구마 품종별 현탁음료 샘플의 모습을 나타내었다.



Fig. 3. 고구마 품종별 현탁음료 샘플

한편, 중소기업 단위에서 생산이 가능하도록 비용 절감의 측면을 고려할 때 병입형 음료 제품이 아닌 스틱형 분말 제품으로도 제조가 가능할 것으로 판단되었다. 이때 효소반응 과정은 생략되며 배합된 분말에 일정량의 냉온수를 부어 바로 음용할 수 있도록 제조된 제품이므로 상품성이 매우 뛰어난 제품이 될 수 있다고 생각된다. Table 6에 고구마 현탁음료 스틱형 분말제품의 적정 배합비를 제시하였으며, 1회 적정 분량은 제품 분말 8.6 g에 냉수 또는 온수 80 ml을 부어 잘 녹인 후 음용하는 것이 바람직한 것으로 드러났다.

Table 6. 고구마 현탁음료 스틱형 분말제품의 적정 배합비

재료명	함량 (%)
동결건조 고구마분말	37.1
고구마 농축액분말	22.7
밤분말	3.1
현미분	3.1
감자분	2.0
구아검	0.2
대두단백	3.7
정백당	18.6
균고구마향	8.3
이산화규소	0.2
정제염	1.0
계	100



Fig. 3. 고구마 현탁음료 스틱형 분말 시제품

7. 고구마 분말화 과정 생략한 현탁음료 제품 개발

동결건조에 따른 시간 및 비용 절감의 효과를 위해 공정상의 간소화와, 고구마 분말화에 따른 다소간의 품질 저하 개선 및 음용 시 물성의 기호도 증대를 위해 부재료의 사용을 대폭 줄이고 균고구마를 직접 물과 혼합하여 제조하는 방식의 현탁음료를 개발하고자 하였다. 이때의 제조 공정은 균고구마와 물을 혼합하여 10분간 믹서로 분쇄한 후 1시간 동안 효소반응하여 액화한 다음, 325 mesh 체에 여과하고 부재료를 혼합하여 균질화, 살균, 병입, 냉각 과정을 거쳐 완성하였다. Table 7에 균고구마의 습식분쇄 시 고구마와 물의 함량별 품질특성 및 물성에 대한 기호도 관능평가 결과를 제시하였으며, Table 8에 음료의 당도 조정을 위한 설탕 첨가량별 당도의 변화를 제시하였다.

Table 7. 균고구마 습식분쇄 시 고구마 함량별 품질특성 및 물성 기호도 관능 결과

균고구마(%)	물(%)	당도(°Bx)	점도(mPa·s)	물성 기호도
5	95	3.4	3.8 (물성 약한편)	5.2
7	93	4.0	5.8 (물성 약한편)	6.3
10	90	4.9	7.8 (물성 적당)	7.0

Table 8. 당도조정을 위한 설탕 첨가량 별 당도

균고구마(%)	설탕(%)	물(%)	당도(°Bx)
5	6	89	8.2
	8	87	10.0
	10	85	12.5
7	6	87	9.0
	7	86	10.1
	10	83	13.5
10	4	86	8.0
	6	84	10.2
	10	80	14.0

균고구마의 함량은 10%였을 때 물성의 정도가 가장 적절한 것으로 판단되었고, 기호도가 7.0점으로 가장 높아 음료 제조시 고구마의 적정 함량이 될 수 있을 것으로 판단하였으며, 균

고구마 함량 10% 첨가시, 설탕 함량은 6%를 첨가하였을 때 10 °Bx 내외의 당도를 나타내 음료로서의 당도로 적합한 상태를 보였다. 다음으로 군고구마 5%, 설탕 8% 첨가 처리구, 군고구마 7%, 설탕 7% 첨가 처리구, 군고구마 10%, 설탕 6% 첨가 처리구의 관능특성을 비교하여 당도가 약 10 °Bx로 같을 때 고구마의 적정 함량을 결정하고자 하였다. Table 9에 제시된 바와 같이 군고구마 10% 첨가시의 관능특성이 가장 우수한 것으로 드러났다.

Table 9. 고구마의 적정 함량 결정을 위한 관능평가 결과

군고구마 함량 (%)	색깔	향	맛	종합적 기호도
5	6.1	6.3	6.4	5.2
7	6.3	6.4	6.4	6.9
10	7.2	6.8	6.9	7.5

군고구마를 10% 첨가하였을 때 체의 망목 크기 별로 여과 정도를 측정한 결과 Table 10과 같이 325 mesh 통과 시 수율이 68%로 가장 낮았지만 미세입자일수록 균질화의 정도가 높게 되는 것을 감안하여 여과 적정 망목 크기는 325 mesh가 가장 적합할 것으로 판단되었다. 또한 여과 후 남은 고구마는 다시 건조하여 분말원료로 재사용할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 10. 군고구마 10% 첨가 시 mesh별 여과 수율

체 망목 크기(mesh)	여과 후 수율(%)
100	93
140	82
200	74
270	70
325	68

Table 11에 고구마 현탁음료 최종 배합비를 제시하였다. 기호도 증진을 위하여 군고구마 향(액상)을 0.3% 첨가하여 향미를 강화시켰다. Fig. 4는 고구마 현탁음료 개발 시제품의 모습을 나타낸 것이다.

Table 11. 고구마 현탁음료 최종 배합비

재료명	함량(%)
균고구마	10
물	84
설탕	5.7
균고구마향	0.3
계	100



Fig. 4. 고구마 현탁음료 개발시제품

8. 제조된 음료의 살균 시험

음료 제조 시 적정 살균 조건을 규명하기 위하여 제조된 시제품을 95℃에서 5분간 살균한 후 미생물의 변화정도를 측정하였다. Table 12에 37℃ 저장기간별 일반세균 및 대장균군의 수의 변화를 나타내었다. 본 시험결과, 일반세균 및 대장균군이 검출되지 않아 95℃에서 약 5분간 살균하는 것이 적정 살균 조건이 될 수 있을 것으로 판단되었다. 하지만 본 제품의 pH는 6 내외로서 보다 안전한 살균을 위해서는 레토르트 살균(121℃ 살균)이 필요할 것으로 보인다.

Table 12. 살균후 제품의 미생물 시험 결과

	초기	3일	7일
일반세균(CFU/mL)	ND*	ND	ND
대장균군(CFU/mL)	ND	ND	ND

*ND : Not Detected.

9. 살균처리 후 층분리 정도 조사

살균처리 후 상온 또는 냉장 보관 시 음료의 층분리 정도를 조사한 결과 Table 13에서 보는 바와 같이 저장 기간별 층분리 현상이 일어나지 않았다. 이것은 분말 사용 음료와 달리 고구마를 직접 습식분쇄한 것에 따른 제품의 큰 이점이 될 수 있을 것으로 생각한다. 분말 사용 음료의 경우 고압균질 과정(homogenizing)을 거쳐 층분리를 방지 할 수 있을 것으로 본다.

Table 13. 살균후 제품의 층분리 정도 조사

보관기간	1일	3일	5일	7일
층분리 정도	일어나지 않음	일어나지 않음	일어나지 않음	일어나지 않음

10. 시제품의 이화학적 특성 조사

습식분쇄를 이용한 고구마 현탁음료 제품 중 고구마 동결건조 분말을 사용한 제품과 균고구마를 직접 습식분쇄한 제품의 이화학적 특성을 Table 14에 제시하였다. 당도 및 pH는 처리구별 큰 차이를 보이지 않았으나 색도의 경우 고구마 분말을 사용한 음료보다 균고구마를 직접 사용한 음료의 백색도와 황색도가 높아 더욱 밝고 노란 빛깔이 강하다는 것을 확인할 수 있었고, 그에 따른 기호도 역시 더 우수한 것을 확인하였다.

Table 14. 고구마 처리 방법별 현탁음료의 이화학적 특성

고구마 처리 형태	사용 품종	당도 (°Bx)	pH	색도		
				L	a	b
	밤고구마	11.8	6.30	44.06	2.70	25.31
고구마 동결건조 분말 사용	호박고구마	11.8	6.15	33.99	6.19	32.76
	자색고구마	11.6	6.25	9.51	21.41	14.04
	밤고구마+ 농축액분말	12.2	6.19	45.71	1.55	30.58
균고구마 직접 사용	밤고구마	12.3	6.43	73.58	-3.71	33.25

11. 제조공정 확립

군고구마를 직접 습식분쇄하여 제조한 현탁음료의 적정 제조공정을 Fig. 5에 제시하였다.



Fig. 5. 고구마 현탁음료의 적정 제조 공정

12. 산업적 생산을 위한 기계, 설비 검토

제품의 산업적 생산을 위하여 요구되는 기계 및 설비를 검토하여 Table 15에 제시하였다. 본 제품은 개발 즉시 산업체에 기술이전하여 상품화를 추진할 예정이다.

Table 15. 산업적 생산을 위한 기계 및 설비 목록

사용 기계 및 설비
세척기
절단기
습식분쇄기
균질기
살균기
병입기
캡핑기
필러기
상표부착기

바. 결과 요약

- 고구마의 첨가는 요구르트 제조 시 젖산균의 생육을 촉진시키는 것으로 사료된다.
- 고구마 함량별 유산균 접종 후 발효액의 pH는 시간에 따라 감소하였고 산도는 증가하였으며, 동결건조 후 발효물의 생균수는 약 10^9 CFU/g의 범위를 나타내었다.
- 고구마 유산균 음료의 관능평가 결과 찐고구마보다 군고구마 처리구의 기호도가 더 우수하게 평가되었다.
- 고구마 품종별, 처리방법별 pH의 차이는 크게 나타나지 않았으며, 살균, 접종 과정을 거치면서 감소하는 경향을 보였고, 산도는 증가하는 경향을 보였다. 또한 발효시간이 지남에 따라 pH의 감소 경향과 산도의 증가경향을 나타내었다.
- 일반세균은 발효 48시간째의 측정 결과가 발효 24시간째보다 약간 증가한 결과를 보였고, 동결건조 후 동결건조 전보다 1 log정도의 수만큼 감소한 경향을 보였다.
- 50% 고구마 발효 동결건조물을 이용하여 polydextrose, 곤약분말, 비타민 A, B₂, B₁₂, C, E를 혼합하여 tablet 형태와 과립 형태로 제조하여 건강 기능성 제품으로 개발하였다. tablet 1정 및 과립 10 g 섭취 시 비타민 1일권장량의 40~60%를 충족할 수 있도록 하였다.
- 고구마 현탁음료용 품종별 전처리 시험결과 밤고구마의 구운 처리구를 동결건조하여 분말화 하는 것이 가장 적합한 것으로 판단되었다.
- 고구마 분말의 초미세 분쇄의 적정 방법은 효율성 측면에서 습식분쇄가 적합한 것으로 판단되었다.
- 습식분쇄 후 전분액화효소 α -amylase로 반응시키면 당도 증가 및 질감 개선 효과를 가져올 수 있음을 확인하였다.
- 적정 공정을 거쳐 고구마 분말을 이용한 현탁음료 제품 및 배합된 분말 자체를 스틱형 제품으로 개발하는 것이 가능하다고 판단하였다.
- 한편 고구마 분말이 아닌 기호도의 증진을 위하여 군고구마를 직접 습식분쇄하여 제조하는 방식의 현탁음료 개발이 가능한 것으로 판단되었다. 이때 군고구마의 적정 함량은 10%, 설탕은 6%를 첨가하는 것이 가장 적합하였다.
- 본 제품은 95℃에서 약 5분간 살균할 경우 매우 안정한 것으로 드러났고, 분말 사용 음료와 달리 고구마를 직접 습식분쇄함으로써 층분리가 거의 일어나지 않음을 확인하였다.
- 고구마 현탁음료의 적정 제조공정은 습식분쇄→효소반응→여과→부재료 혼합→균질화→살균→병입→냉각의 순으로 확립되었다.

사. 참고문헌

- 1) 김정수: 전남지역 주산물 고구마의 산업화에 관한 종합적 개발 연구. 광주 전남 지역 개발 협의회, p.9(1992)
- 2) 농촌진흥청 농촌 영양개선 연수원 : 식품 성분표. 농촌진흥청, p.38(1986)
- 3) Makki, H.M., Abdel-Rahman, A. Y., Khalil, M. K. M. and Mohamed, M. S. : Chemical composition of Egyptian sweet potato. *Food Chem.*, 20, 39(1986)
- 4) 김효식, 이춘영, 김재욱, 이서래, 이계호, 전재근 : 고구마의 저장 및 이용에 관한 연구. 한국농화학회지, 11, 123(1969)
- 5) 이현우, 석호문, 허우덕 : 서류를 이용한 대용식 개발 연구-한국산 고구마의 칩 가공특성에 관한 연구. 식농, p39(1981)
- 6) 이인수, 석호문, 남영중 : 고구마 이용가공에 관한 연구(고구마 flake 제조시험). 식농, p.129(1978)
- 7) 이현우, 목철균, 남영중 : 고구마 이용가공에 관한 연구(고구마를 이용한 제조시험). 식농, p.142(1978)
- 8) 이서래 : 고구마와 콩을 이용한 이유 식품 제조에 관한 연구. 한국식품과학회지, 2, 2(1970)
- 9) 신용성, 이갑상, 김동한 : 고구마와 호박을 첨가한 요구르트 제조에 관한 연구. 한국식품과학회지, 25, 666(1993)
- 10) 손영구, 윤인화, 한관주 : 서류가공저장시험. 농기연, p.725(1981)
- 11) 윤인화, 손영구 : 서류가공에 관한 시험. 농공이용연구소, p.439(1978)
- 12) Trowell, H. C. : Ischaemic heart disease and fiber. *Am. J. Clin. Nutr.*, 25, 26(1972)
- 13) Kritchevski, D. : Dietary fiber. *Ann. Rev. Nutr.*, 8, 301(1988)
- 14) Prosky, L. and Devries, J. W. : Incontrolling dietary fiber in food products. Van Nostrand Reinhold, New York, p.14(1992)
- 15) A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.(1984)
- 16) Nelson, N. : A photometric adaption of the somogyi method the determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, 153, 375(1944)
- 17) 주현규, 조광연, 박충균, 조규성, 채수규, 마상조 : 식품 분석법. 유림문화사, 서울, p.94(1989)

제 2 절

품종별 고구마 식품소재의 품질특성 및 가공적성조사

Quality Characteristics and Processing Quality of Food Biomaterials from
Korean Sweet Potatoes with Different Varieties

연구책임자

전남대학교

교 수 신 말 식

목 차

I. 개요	81
II. 연구수행 방법	81
1. 품종별, 지역별 고구마 특성조사 결과	81
1) 재료	81
2) 연구방법	81
(1) 고구마 분말과 고구마 전분의 제조	81
(2) 일반성분 분석	82
(3) 고구마의 기능성 분석	82
(4) 가공적성	83
(5) 고구마 가공적성 관능평가	84
2. 8품종별 고구마의 특성 조사	85
1) 재료	85
2) 연구방법	85
(1) 고구마 분말 제조	85
(2) 일반성분 분석	85
(3) 고구마의 기능성 분석	85
(4) 가공적성	87
III. 연구수행 결과	90
1. 품종별, 지역별 고구마 특성조사 결과	90
1) 품종별, 지역별 고구마 특성조사 결과	90
2) 가공적성을 위한 기본 연구 결과	93
(1) 품종별, 지역별 가공적성 결과	93
2. 8품종별 고구마 특성 조사 결과	112
1) 결과	112
(1) 고구마 형태 및 단면	112
(2) 일반성분 분석	112
(3) SEM을 이용한 형태관찰	114
(4) 고구마의 기능적 특성	115
(5) 가공적성 결과	119

(6) 제품개발 부분	122
IV. 연구 성과 및 성과활용 계획	127
V. 참고문헌	129

I. 개요

- 가공용 고구마 품종 선발 및 식품소재 개발
- 품종별 고구마의 특성 검색 및 가공용 품종 선정
- 가공용 식품소재 개발
- 개발된 고구마 식품소재의 품질 특성 및 가공적성 조사
- 고구마의 기능성 및 가공성 확인
- 고부가가치 식품신소재 및 제품개발

II. 연구수행방법

1. 품종별, 지역별 고구마 특성조사 결과

1) 재료

가공용 고구마 품종 선발을 위해 품종별 일반적인 특성과 가공적성 검사를 알아보기 위해 일반 식용 고구마 품종으로 율미, 신건미, 헬씨미, 신율미, 연황미, 고건미, 진홍미, 연미, 신천미, 증미, 건미 11품종과 자색고구마인 신자미, 보라미 2품종 주황색을 가진 주황미, 신황미 2품종에 대해 목포 작물시험장에서 재배한 고구마를 사용하였다.

지역별 다 생산 고구마의 일반적인 특성과 가공적성 검사를 위해 해남고구마(호박, 밤, 자미)를 이레유통 사업단에서 구입하였고 여주 고구마(호박, 밤, 자미) 여주군 진상명품에서 구입하였다.

2) 연구방법

(1) 고구마 분말과 고구마 전분의 제조

선발된 고구마 품종들은 실험을 위해 생고구마를 동결건조한 후 마쇄하여 100 mesh 표준체에 내려 분말화 하였고, 고구마 전분은 고구마를 수침하여 알칼리 침지법으로 분리하였다. 고구마를 믹서에 넣고 0.2% NaOH 용액으로 반복하여 씻었다. 단백질을 제거하기 위해 0.2% NaOH로 반복적으로 씻어 상징액의 노란색이 사라지고 뷰렛반응이 나타나지 않으면 증류수로 씻고 1 N HCl용액을 사용하여 pH 7.0으로 중화시켜 증류수로 3회 씻은 후 원심분리 하였다. 분리된 전분은 실온에서 풍건하였으며 건조된 전분은 분쇄기를 이용하여 분쇄한 후 100 mesh 체에 통과 시켜 시료로 사용하였다.

(2) 일반성분 분석

고구마의 일반성분은 AOAC 방법(2000)으로 수분, 회분, 단백질, 조지질 함량을 측정하였다. 수분은 상압건조법, 회분은 550℃ 회화로를 이용한 직접회화법, 단백질은 마이크로 켈달법(질소계수 6.25), 조지질은 에틸 에테르를 용매로 하여 속시렛법, 색차계를 이용하여 색도를 측정하였다.

(3) 고구마의 기능성 분석

가. 총식이섬유 함량 측정

고구마의 총식이섬유 함량은 AOAC 방법에 따라 측정하였다. 1.0 g의 시료에 40 mL의 MES-Tris 완충용액을 넣어 잘 분산시키고 heat stable α -amylase 0.1 mL를 넣어 끓는 수조(100℃)에서 저어주면서 15분간 반응시킨 후 바로 실온으로 냉각시켰다. 여기에 protease 0.1 mL를 넣고 60℃ 항온 진탕기에서 30분간 반응시키고 0.567 N HCl 5mL를 넣어 pH 4.6이 되도록 조정하고 다음 amyloglucosidase 0.1 mL를 가하고 계속 60℃에서 30분간 반응시켰다. 반응을 멈추기 위해 총 알코올 농도 80%가 되도록 95% 에탄올을 첨가하고 1시간 이상 방치한 다음, celite를 넣은 glass filter로 여과하였다. 95%, 78% 에탄올과 아세톤으로 씻고 불용성 잔사를 105℃ 오븐에서 항량이 될 때까지 건조시켜 무게를 측정하여 계산하였다.

나. Polyphenol oxidase 활성 측정

고구마의 polyphenol oxidase 활성을 정의 방법(1988)을 이용하여 측정하였다. 측정방법은 다음과 같았다. 고구마 50 g에 차가운 0.03 M 아스코르빈산과 0.5% 폴리에틸렌 글리콜이 함유된 0.1 M 인산완충용액(pH 6.2) 80 mL를 넣고 믹서기로 1분 30초간 분쇄한 후 흡인 여과(Whatman No. 1)하였다. 여과액을 5,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 후 상등액을 모아 조효소액으로 사용하였다.

조효소액의 활성은 다음과 같은 방법으로 측정하였다. 0.1 M 카테콜이 함유된 0.1 M 인산완충용액 (pH 6.2) 2.9 mL에 조효소액 0.1 mL을 넣고 30℃에서 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하여 1분간의 흡광도 변화로 효소 활성도를 나타냈다. blank는 증류수를 사용하였다.

다. amylolytic enzyme 활성 측정

고구마의 amylolytic enzyme 활성은 신의 방법을 이용하여 측정하였으며 분석방법은 다음과 같았다. 생고구마 20 g에 0.02 M 인산완충용액(pH 6.0) 80 mL을 넣어 균질기로 마쇄한 후 흡인 여과(Whatman No. 1)하였다. 0.02 M 인산완충용액(pH 6.0)으로 깔대기 위의 잔사를 반복해서 씻은 후 여과액을 모아 100 mL로 정용하여 조효소액으로 사용하였다.

조효소의 활성도는 다음과 같이 측정하였다. 1% 가용성 전분 1 mL를 끓는 물에 10 분간 중탕하여 조효소액 0.25 mL을 넣고 65℃ 항온수조에서 15분 반응시킨 후 DNS 시약 1.25 mL를 넣고 100℃에서 5분간 반응시켰다. 반응액 0.1 mL에 증류수 0.9 mL를 넣어 희석시킨 후 540 nm에서 측정하였다. 효소반응 후 생성된 환원당의 농도로 효소활성을 나타냈으며 표준물질은 말토오스로 표준곡선을 작성하여 계산하였다. 표준곡선 식은 $Y \text{ (mg/mL)} = 1.0001X + 0.0393$ 였고 $R^2 = 0.99$ 였다.

라. 안토시아닌 함량 측정

고구마의 안토시아닌 함량은 정 등의 방법(1996)으로 측정하였다. 고구마 분말 1 g에 1% HCl-methanol 20 mL를 넣고 냉암소에서 24시간동안 교반한 후 여과지(Advantor No. 2)에 걸렸다. 1% HCl-methanol 20 mL를 넣고 교반하는 과정을 3회 반복한 후 여과액을 100 mL 용량플라스크에 정용하였고 분광광도계로 535 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준곡선식을 이용하여 안토시아닌 함량을 계산하였다.

마. 카로티노이드 함량 측정

고구마의 카로티노이드 함량은 식품공전의 β -카로틴 분석방법을 이용하여 측정하였다. 고구마 동결건조 분말 0.1 g에 클로로포름 5 mL를 넣고 냉암소에서 30분간 교반한 후 3,000 rpm 으로 원심분리하였다. 상등액을 455 nm에서 흡광도를 측정한 후 β -카로틴 표준곡선식을 이용하여 카로티노이드 함량을 계산하였다. β -카로틴 표준곡선식은 $Y \text{ (mg/mL)} = 87.1X - 0.0023$ 이었고 $R^2=0.99$ 였다.

바. 고구마의 DPPH 자유 라디칼 소거능 측정

고구마 분말의 항산화 활성 측정은 hydrazyl에 불안정한 상태의 질소원자가 수소원자를 받아들이는 성질을 이용해 항산화물질과 반응하여 자체의 정색성을 소실하는 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)의 환원력을 이용하는 방법을 이용하였다. 고구마 분말의 메탄올 추출액 0.8 mL를 취하여 여기에 0.4 mM DPPH 0.4 mL를 넣어 30초동안 진탕한 후 암소에서 30분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조군은 시료대신 동량의 메탄올을 첨가하여 얻은 값으로 사용하였다. DPPH의 전자공여능 (electron donating ability, EDA)은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{EDA (\%)} &= (1-A/B) \times 100 \\ A &= 517 \text{ nm에서 시료의 흡광도} \\ B &= 517 \text{ nm에서 대조군의 흡광도} \end{aligned}$$

각 시료의 EDA (%)를 바탕으로 흡광도를 50% 감소시키는데 필요한 시료의 양 EDA_{50} (mg/mL)를 구하였다.

(4) 가공적성

가. 총전분 함량 측정

고구마 분말의 총전분 함량을 Total starch assay kit(K-TSTA, Megazyme, Ireland)를 이용하여 매뉴얼에 따라 AOAC method 996.11과 AACC method 76.13, ICC standard method No. 168에 준하는 방법으로 측정하였다. 분말 100 mg을 80% 에탄올 0.2ml에 적신 후 MOPS buffer에 포함된 α -amylase를 3 mL 넣고 끓는 물에서 6분간 교반하면서 반응시켰다. 50°C 수조에 옮겨 0.2 M acetate buffer(pH 4.5) 4 mL과 amyloglucosidase 0.1 mL를 넣고 30분간 교반시키면서 반응시켰다. 반응액 1 mL를 9 mL의 증류수로 희석하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액 0.1 mL에 3 mL GOPOD 시약을 넣고 50°C에서 20분간 반응시켰다. 510 nm에서 흡광도를 측정하여 총전분 함량을 계산하였다.

나. 물 결합능력

물 결합 능력은 Medcalf와 Gilles방법에 의해 측정하였다. 50 mL 원심분리관에 시료 0.5 g (건물당), 증류수 20 mL를 넣고 마그네틱바를 이용하여 실온에서 1시간 동안 분산시켰다. 이 현탁액을 원심분리기로 3000 rpm에서 30분 동안 원심분리 한 후 상정액을 제거하고 침전된 가루 무게를 측정하여 처음 시료와 중량비로부터 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{물결합능력(\%)} = \frac{\text{침전된 시료의 무게(g)} - \text{처음 시료의 무게(g)}}{\text{처음 시료의 무게(g)}} \times 100$$

다. 팽윤력과 용해도

팽윤력과 용해도를 Schoch방법에 의해 80°C에서 시료 0.25 g과 증류수 20 mL을 50 mL 원심분리관에 넣고 마그네틱바를 넣어 30분 동안 교반시킨 후 찬물로 냉각시켰다. 원심관을 3000 rpm에서 40분간 원심분리한 후 상정액은 미리 항량하여 건조시킨 은박접시에서 취하여 105°C에서 건조시킨 후 다음 식으로 용해도를 계산하였고, 팽윤력은 침전된 신료의 무게로부터 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{용해도(\%)} = \frac{\text{상정액의 건조 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력} = \frac{\text{침전된 가루의 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)} \times (100 - \% \text{용해도})} \times 100$$

라. 유리당 함량 측정

고구마 분말 0.1 g에 80% 에탄올 20 mL를 넣고 1시간동안 분산시킨 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상정액을 취하여 페놀-황산법으로 총당을 측정하여 유리당 함량을 계산하였다.

마. 신속점도 측정기에 의한 호화 양상 측정

고구마의 호화특성은 신속점도 측정기(Rapid Viscosity Analyzer, RVA, model 3D, Newport Scientific Pty, Ltd, Narrabeen, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료 3 g(수분 함량 12% 기준)에 증류수 25 mL을 가하여 0~1분간은 50°C, 1.0~4.45분은 95°C까지 상승, 4.45~7.15분은 95°C로 유지, 7.15~11.06분은 50°C까지 냉각, 11.06~12.30분은 50°C를 유지 하면서 점도를 측정하였다. 신속 점도계의 측정치는 초기호화개시온도(initial pasting temperature), 최고점도(peak viscosity, P), trough viscosity (T), 50°C에서의 냉각점도(cold viscosity, C)를 나타냈고, total setback (C-T), breakdown (P-T) viscosity를 계산하였다.

(5) 고구마 가공적성 관능평가

고구마의 용도별 고구마 식품소재개발을 위한 품종선발을 위해 관능평가는 고구마의 특성을 설명하고 평가방법을 훈련시킨 10명의 관능검사 요원을 대상으로 실시하였다. 평가방법을 9점 채점법으로 나누어 1점에서 최고 9점까지 특성이 강할수록 높은 점수를 주도록 하였다. 평가

항목은 외관, 향, 맛, 텍스처에 대하여 작은값에 1점 높은값에 9점으로 하였다. 선호도 조사를 위해 외관, 향, 맛, 텍스처, 전반적 품질에 대하여 가장 좋다에 9점 가장 나쁘다에 1점을 주도록 하였다. 증숙과 튀김용 품종 선발을 위해 평가될 고구마는 뚜껑이 있는 관능평가 용기에 가로, 세로 2cm크기의 정사각형으로 1개를 주었으며, 고구마 양금비율 관능평가를 위해 용기에 2 g 담아 순서별로 평가하도록 하였다.

2. 8품종별 고구마의 특성 조사

1) 재료

가공용 고구마 품종 선발을 위해 품종별 일반적인 특성과 가공적성 검사를 알아보기 위해 국립식량과학원 바이오에너지작물센터(무안, 전남)에서 8품종의 고구마를 선정하였는데 자색고구마로는 신자미와 보라미, 주황색고구마로는 주황미와 신황미, 밤고구마인 일반고구마는 신을미, 신천미, 증미, 연황미를 구하였다.

2) 연구방법

(1) 고구마 분말 제조

선발된 고구마 품종들은 실험을 위해 생고구마를 동결건조한 후 마쇄하여 100 mesh 표준체에 내려 분말화 하여 사용하였다.

(2) 일반성분 분석

고구마의 일반성분은 AOAC 방법(2000)으로 수분, 회분, 단백질, 조지질 함량을 측정하였다. 수분은 상압건조법, 회분은 550°C 회화로를 이용한 직접회화법, 단백질은 마이크로 켈달법(질소계수 6.25), 조지질은 에틸 에테르를 용매로 하여 속시렛법 방법, 색차계를 이용하여 색도를 측정하였다.

(3) 고구마의 기능성 분석

가. 총식이섬유 함량 측정

고구마의 총식이섬유 함량은 AOAC 방법에 따라 측정하였다. 1.0 g의 시료에 40 mL의 MES-Tris 완충용액을 넣어 잘 분산시키고 heat stable α -amylase 0.1 mL를 넣어 끓는 수조(100°C)에서 저어주면서 15분간 반응시킨 후 바로 실온으로 냉각시켰다. 여기에 protease 0.1 mL를 넣고 60°C 항온 진탕기에서 30분간 반응시키고 0.567N HCl 5 mL를 넣어 pH 4.6이 되도록 조정하고 다음 amyloglucosidase 0.1 mL를 가하고 계속 60°C에서 30분간 반응시켰다. 반응을 멈추기 위해 총 알코올 농도 80%가 되도록 95% 에탄올을 첨가하고 1시간 이상 방치한 다음, celite를 넣은 glass filter로 여과하였다. 95%, 78% 에탄올과 아세톤으로 씻고 불용성 잔사를 105°C 오븐에서 항량이 될 때까지 건조시켜 무게를 측정하여 계산하였다.

나. 알코올 불용성 고형분 측정

알코올 불용성 고형분(alcohol insoluble solid, AIS)은 Manbe의 방법을 변형하여 분리하였다. 동결했던 샘플 20 g을 상온에서 해동시키고 80% 에탄올 60 mL와 혼합하여 균질기로 10 분간 마쇄한 후 5000 rpm에서 30분간 원심분리하였고 침전물(AIS)를 40℃의 Dry oven에서 48시간 건조하였다. 수분 함량은 AACC 방법(2000)인 상압가열건조법을 이용했다. AIS 중의 전분 함량은 Kattan 등과 Sistrunk 등의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다. AIS 0.5 g에 증류수 20 mL를 가하고 끓는 물에서 15분간 소화시킨 다음, 1% 디아스타아제 2 mL를 가하고 55℃ 항온수조에서 1시간 가수분해 시키고 에탄올 농도가 70% 되도록 에탄올을 가하였다. 이것을 Whatman No.2 여과지를 사용하여 흡인 여과하였다. 그리고 40℃의 dry oven에서 하루 밤 동안 건조하여 중량 감소로부터 전분함량을 구하였다.

다. Amylolytic enzyme 활성

고구마의 amylolytic enzyme 활성은 신의 방법을 이용하여 측정하였으며 분석방법은 다음과 같았다. 생고구마 20 g에 0.02 M 인산완충용액(pH 6.0) 80 mL를 넣어 균질기로 마쇄한 후 흡인 여과(Whatman No. 1)하였다. 0.02 M 인산완충용액(pH 6.0)으로 깔대기 위의 잔사를 반복해서 씻은 후 여과액을 모아 100 mL로 정용하여 조효소액으로 사용하였다.

조효소의 활성도는 다음과 같이 측정하였다. 1% 가용성 전분 1 mL를 끓는 물에 10 분간 증탕하여 조효소액 0.25 mL를 넣고 65℃ 항온수조에서 15분 반응시킨 후 DNS 시약 1.25 mL를 넣고 100℃에서 5분간 반응시켰다. 반응액 0.1 mL에 증류수 0.9 mL를 넣어 희석시킨 후 540 nm에서 측정하였다. 효소반응 후 생성된 환원당의 농도로 효소활성을 나타냈으며 표준물질은 말토오스로 표준곡선을 작성하여 계산하였다. 표준곡선 식은 $Y \text{ (mg/mL)} = 1.0001X + 0.0393$ 였고 $R^2=0.99$ 였다.

라. 유리당 함량 측정

고구마 분말 0.1 g에 80% 에탄올 20 mL를 넣고 1시간동안 분산시킨 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상등액을 취하여 페놀-황산법으로 총당을 측정하여 유리당 함량을 계산하였다.

마. 안토시아닌 함량 측정

고구마의 안토시아닌 함량은 정 등의 방법(1996)으로 측정하였다. 고구마 분말 1 g에 1% HCl-methanol 20 mL를 넣고 냉암소에서 24시간동안 교반한 후 여과지(Advantore No. 2)에 걸렸다. 1% HCl-methanol 20 mL를 넣고 교반하는 과정을 3회 반복한 후 여과액을 100 mL 용량플라스크에 정용하였고 분광광도계로 535 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준곡선식을 이용하여 안토시아닌 함량을 계산하였다.

바. 카로티노이드 함량 측정

고구마의 카로티노이드 함량은 식품공전의 β-카로틴 분석방법을 이용하여 측정하였다. 고구마 동결건조 분말 0.1 g에 클로로포름 5mL를 넣고 냉암소에서 30분간 교반한 후 3,000 rpm으로 원심분리하였다. 상등액을 455 nm에서 흡광도를 측정한 후 β-카로틴 표준곡선식을 이용하여 카로티노이드 함량을 계산하였다. β-카로틴 표준곡선식은 $Y \text{ (mg/mL)} = 87.1X - 0.0023$ 이었고 $R^2=0.99$ 였다.

사. 총 페놀화합물 함량 분석

추출시료 용액 0.5 mL에 증류수 4.5 mL를 첨가한 후 Folin & Ciocalteu's phenol reagent 0.5 mL를 넣고 혼합하여 실온에서 5분간 반응 시켰다. 반응용액에 7% Na₂CO₃용액 5 mL를 넣어 다시 혼합한 다음 90분 동안 정치 한 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 gallic acid를 이용하여 작성된 검량선으로 총 페놀 화합물 함량을 계산하였다 (Kim et al., 2003).

아. 고구마의 DPPH 자유 라디칼 소거능 측정

고구마 분말의 항산화 활성 측정은 hydrazyl에 불안정한 상태의 질소원자가 수소원자를 받아들이는 성질을 이용해 항산화물질과 반응하여 자체의 정색성을 소실하는 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)의 환원력을 이용하는 방법을 이용하였다. 고구마 분말의 메탄올 추출액 0.8 mL를 취하여 여기에 0.4 mM DPPH 0.4 mL를 넣어 30초동안 진탕한 후 암소에서 30분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조군은 시료대신 동량의 메탄올을 첨가하여 얻은 값으로 사용하였다. DPPH의 전자공여능 (electron donating ability, EDA)은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$EDA (\%) = (1-A/B) \times 100$$

A = 517 nm에서 시료의 흡광도

B = 517 nm에서 대조군의 흡광도

각 시료의 EDA (%)를 바탕으로 흡광도를 50% 감소시키는데 필요한 시료의 양 EDA₅₀ (mg/mL)를 구하였다.

(4) 가공적성

가. 총전분 함량 측정

고구마 분말의 총전분 함량을 Total starch assay kit(K-TSTA, Megazyme, Ireland)를 이용하여 매뉴얼에 따라 AOAC method 996.11과 AACC method 76.13, ICC standard method No. 168에 준하는 방법으로 측정하였다. 분말 100 mg을 80% 에탄올 0.2ml에 적신 후 MOPS buffer에 포함된 α-amylase를 3 mL 넣고 끓는 물에서 6분간 교반하면서 반응시켰다. 50℃ 수조에 옮겨 0.2 M acetate buffer(pH 4.5) 4 mL과 amyloglucosidase 0.1 mL를 넣고 30분간 교반시키면서 반응시켰다. 반응액 1 mL를 9 mL의 증류수로 희석하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액 0.1 mL에 3 mL GOPOD 시약을 넣고 50℃에서 20분간 반응시켰다. 510 nm에서 흡광도를 측정하여 총전분 함량을 계산하였다.

나. 손상전분 함량 측정

고구마 분말의 손상전분 함량은 AACC 방법 76-31에 따라 측정하였다(Evers AD와 Stevens DJ 1985). 시료 100 mg을 원심관에 담아 40℃의 항온수조에서 5분간 예열하였고, fungal α-amylase solution(50 U/mL)은 40℃에서 5분간 예열하였다. 각 시료 원심관에 예열된 fungal α-amylase solution(50 U/mL) 1.0 mL을 넣어 vortex mixer로 5초간 저어준 다음

40℃에서 10분간 반응시켰다. 정확히 10분 반응 후 0.2%(v/v) 황산 용액 8 mL을 넣어 반응을 정지시켰고, 1,000 × g로 5분간 원심분리 하였다. 원심 분리한 상정액 0.1 mL과 glucose standard 및 blank(증류수) 0.1 mL을 취해 0.1 mL의 amyloglucosidase solution(2 U)을 가하여 40℃ 항온수조에서 10분간 반응시켰다. 각 시험관에 GOPOD reagent 용액 4.0 mL을 넣고 40℃에서 20분간 반응시켜 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

측정한 흡광도를 이용하여 다음 식에 의해 손상전분 함량을 계산하였다.

$$\text{Starch damage (\%)} = \Delta E \times \frac{F}{W \text{ (mg)}} \times 8.1$$

이때 ΔE는 blank와 시료의 흡광도 차, F는 150(μg of glucose)/glucose 150 μg의 흡광도, W는 시료의 무게(mg)이었다.

다. 물 결합능력

물 결합 능력은 Medcalf와 Gilles방법에 의해 측정하였다. 50 mL 원심분리관에 시료 0.5 g (건물당), 증류수 20 mL를 넣고 마그네틱바를 이용하여 실온에서 1시간 동안 분산시켰다. 이 현탁액을 원심분리기로 3000 rpm에서 30분 동안 원심분리 한 후 상정액을 제거하고 침전된 가루 무게를 측정하여 처음 시료와 중량비로부터 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{물결합능력(\%)} = \frac{\text{침전된 시료의 무게(g)} - \text{처음 시료의 무게(g)}}{\text{처음 시료의 무게(g)}} \times 100$$

라. 팽윤력과 용해도

팽윤력과 용해도를 Schoch방법에 의해 80℃에서 시료 0.25g과 증류수 20 mL을 50 mL 원심분리관에 넣고 마그네틱바를 넣어 30분 동안 교반시킨 후 찬물로 냉각시켰다. 원심관을 3000 rpm에서 40분간 원심분리한 후 상정액은 미리 항량하여 건조시킨 은박접시에서 취하여 105℃에서 건조시킨 후 다음 식으로 용해도를 계산하였고, 팽윤력은 침전된 신료의 무게로부터 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{용해도(\%)} = \frac{\text{상정액의 건조 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력} = \frac{\text{침전된 가루의 무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)} \times (100 - \% \text{용해도})} \times 100$$

마. 고구마 분말의 Oil 흡수력 측정

고구마 분말의 Oil 흡수력은 Lin MJ 등(1974)의 방법에 의하여 측정하였다. 즉 시료 0.5 g 에 대두유(해표식용유, 사조해표) 5 mL를 원심분리용 시험관에 넣고 30분 동안 10분 간격으로 30초씩 저어준 후 10,000 rpm에서 25분간 원심분리 후 기름을 제거한 다음 무게를 측정하여 Oil 흡수력을 %로 산출하였다.

바. 신속점도 측정기에 의한 호화 양상 측정

고구마의 호화특성은 신속점도 측정기(Rapid Viscosity Analyzer, RVA, model 3D, Newport Scientific Pty, Ltd, Narrabeen, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료 3 g(수분 함량 12% 기준)에 증류수 25 mL을 가하여 0~1분간은 50℃, 1.0~4.45분은 95℃까지 상승, 4.45~7.15분은 95℃로 유지, 7.15~11.06분은 50℃까지 냉각, 11.06~12.30분은 50℃를 유지 하면서 점도를 측정하였다. 신속 점도계의 측정치는 초기호화개시온도(initial pasting temperature), 최고점도(peak viscosity, P), trough viscosity (T), 50℃에서의 냉각점도(cold viscosity, C)를 나타냈고, total setback (C-T), breakdown (P-T) viscosity를 계산하였다.

Ⅲ. 연구수행결과

1. 품종별, 지역별 고구마 특성조사 결과

1) 품종별, 지역별 고구마 특성조사 결과

일반 식용 고구마 품종으로 울미, 신건미, 헬씨미, 신울미, 연황미, 고건미, 진홍미, 연미, 신천미, 증미, 건미 11품종과 자색고구마인 신자미, 보라미 2품종 주황색을 가진 주황미, 신황미 2품종에 대해 특성 조사 결과 고구마의 형태와 크기 및 단면 색깔은 그림 1과 같다. 대부분의 품종이 분질을 나타냈으며 울미, 연미는 중간질, 연황미는 점질 특성을 가지고 있다. 주황미, 신황미는 중간질의 특성이 보이며 자색고구마인 신자미는 분질, 보라미는 점질의 특성을 가지고 있다. 품종별 증숙 고구마의 당도 실험 결과 표 1과 같이 울미, 헬씨미, 연황미, 고건미, 건미는 16.4~17.8Brix°%로 낮았으며, 신건미, 연황미, 고건미, 연미, 신천미, 증미는 18.5~20.0Brix°%로 높았다. 주황색 고구마의 경우 신황미가 12.4 Brix°%로 조금 높은 당도를 가졌고 자색고구마의 경우 보라미에 비해 신자미의 당도가 18.0 Brix°% 높은 결과를 보였다. 가공용 고구마 품종 평가결과 및 특징은 표2와 같다. 신울미 품종은 황색을 가지며 전분함량이 높고 밤맛을 보여 가공용(생과, 가공, 앙금)으로 적합하며 주황미 품종은 물기가 많고 주황색을 가지고 있어 색소용으로 사용가능하며 신황미품종은 주황미보다 전분 함량이 높아 고구마 스틱, 쫄면, 다이스형의 당절임, 색소용등으로 활용가치가 높게 보인다. 신자미 품종은 진한 자색을 가지고 있어 안토시아닌 색소를 가진 기능성 생과용, 자색분말, 음료등으로 가공가능성이 높게 평가된다.

Table 1. The sweetness of sweet potatoes with different cultivars

품종명	당도(증숙) Brix°%	품종명	당도(증숙) Brix°%	품종명	당도(증숙) Brix°%
울 미	17.8	고건미	17.0	건미	16.4
신건미	20.0	진홍미	19.5	주황미	12.2
헬씨미	17.4	연 미	18.5	신황미	12.4
신울미	18.9	신천미	18.6	신자미	18.0
연황미	17.4	증 미	19.2	보라미	11.9



올미



신건미



헬씨미



신율미



연황미



고건미



진홍미



연미



신천미



증미



건미



주황미



신황미



신자미



보라미

Fig. 1. Whole shape and cross section of sweet potatoes with different varieties.

Table 2. Evaluation results and characteristics of sweet potato's at different cultivars

품종명	평가결과 및 특징
율미	갈변이 적고 전분함량이 중간이며 밤고구마의 맛을 가진 품종 생과를 이용하는 가공용으로 적합
신건미	전분함량이 많고 수지성분이 많아 갈변이 빠름 전분을 이용한 가공용 활용(양금, 중숙 고구마, 조청, 엿, 술, 식초 등)
헬씨미	중심이 흰색으로 전분함량이 많은 편, 단맛이 있음 갈변이 잘되나 전분을 이용한 가공용이 가능
신율미	황색을 띠며 전분함량이 높고 밤 맛을 보여 가공용(생과, 가공, 양금)
연황미	노란빛을 띠며 구운 후 촉촉한 밤고구마 맛(우수한 생과로 가공)
고건미	가장 흰색으로 단단하며 구운 후 단맛이 적고 딱딱하지 않는 분질성 양금이나 전분이용 가공용
진홍미	연한 노란빛을 띠며 전분함량이 많아 구운 후 딱딱함(전분용 가공)
연미	고운 황색을 띠며 중간 정도의 특성을 보임 구운 후 맛이 좋음(고구마 스틱, 집, 당절임용 등)
신천미	밤고구마로 보이거나 밤처럼 포근한 맛이 없음 딱딱하고 맛이 안 좋음
증미	과육색이 좋은 밤성이며 촉촉한 맛이 적음, 전분 함량이용
신황미	주황색이 주황미보다 연함, 전분함량이 높아 생과나 가공용이 가능 고구마스티크, 쫄드기, 다이스형의 당절임, 색소용
주황미	주황색이 진하며 당근과 유사한 냄새를 가짐 구운 후 물기가 많고 전분이 없는 채소 맛을 나타냄 (생과로 채소용, 색소용)
건미	갈변이 적고 분질성을 나타내 가공용으로 좋음, 생과로 맛도 좋음 페이스트, 양금, 분말용으로 고루 사용가능
신자미	신자미 색이 자미와 유사하게 진한 자색이며 구운 후 맛이 촉촉함(색소나 일반 가공용)
보라미	신자미보다 밝은 보라색으로 섬유질이 많으며 갈변이 일어남 전분이 적어 질퍽하고 맛이 좋지 않음(색소용)

2) 가공적성을 위한 기본 연구 결과

(1) 품종별, 지역별 가공적성 결과

가공적성 조사결과 적정가공용 품종으로 밤고구마 특성을 가진 신율미와 고구마 산진로 알려진 해남 지역에서 많이 생산되는 밤고구마 품종이 수 2품종과 호박고구마 특성을 가진 주황미, 신황미 2품종 자색고구마 품종 신자미, 보라미 2품종으로 고구마의 식품소재개발을 위한 품종으로 선발 한 후 품종에 대한 실험 실시하였으며 품종별 고구마는 목포 작물시험장에서 2009년 수확한 것을 사용하였다. 품종별 고구마의 형태와 크기 및 과육의 단면 색깔은 그림 2와 같다. 지역별 고구마 가공적성 실험을 위해 국내 고구마 최대 생산지인 여주지역과 해남 지역의 자색고구마, 호박고구마, 밤고구마를 구입하여 생고구마를 동결건조한 후 마쇄하여 분말로 사용하였다. 지역별 고구마의 형태와 크기 및 과육의 단면은 그림 3과 같다.

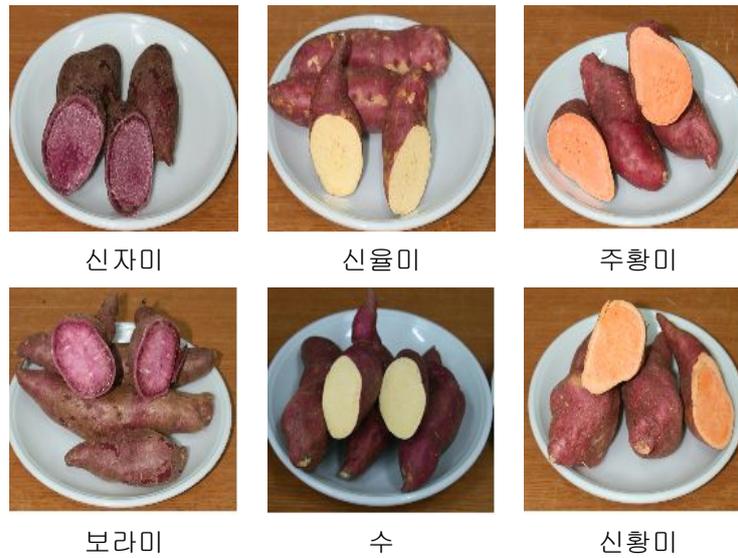


Fig. 2. Whole shape and cross section of sweet potatoes with different varieties.



Fig. 3. Whole shape and cross section of sweet potatoes with different regions.

① 일반성분

품종별 고구마의 일반성분 결과는 표3과 같다. 동결건조 분말의 수분함량은 8.00 ~ 15.36%로, 점질성을 가진 신황미가 15.36%로 가장 높은 값을 가졌으며 주황미 12.82%로 점질성을 가지고 있는 품종이 높은 수분함량을 가지고 있으며 회분, 지질함량결과 주황미 품종이 다른 품종에 비해 높은 값을 가졌으며 자색고구마품종의 경우 보라미고구마에 비해 신자미 고구마가 2배 이상의 지질함량을 가지고 있다. 신율미 고구마가 0.27% 가장 낮은 지질함량을 가지고 있으며 수, 신자미, 신황미 고구마의 단백질 함량이 각각 7.39, 6.87, 6.70% 높은 결과를 보였으며 신율미 고구마가 2.73%로 가장 낮은 값을 가졌다. 단백질, 지질, 회분 함량결과 같은 특성의 유색, 점질, 분질특성을 가졌지만 품종별로 차이가 있는 것을 확인할 수 있다.

Table3. Componential analysis of freeze-dried powders from sweet potatoes

Cultivars	Moisture content(%)	Crude ash(%)	Crude lipids(%)	Protein content(%)
신자미	8.95±0.00	3.53±0.05	1.03±0.00	6.87±0.33
보라미	8.00±0.13	3.36±0.11	0.52±0.01	5.34±0.13
주황미	12.82±0.28	4.60±0.02	1.27±0.01	4.50±0.04
신황미	15.36±0.06	3.38±0.03	0.61±0.03	6.70±0.07
신율미	9.20±0.35	3.04±0.16	0.27±0.02	2.73±0.02
수	10.40±0.25	2.90±0.02	0.69±0.02	7.39±0.01

품종별 고구마 전분의 일반성분 분석 결과는 표4와 같다. 생 분말에서는 점질성을 가진 품종에서 높은 수분함량을 가지고 있지만 전분에서는 유색을 띄고 있는 신자미, 보라미품종에서 높은 수분함량을 가지고 있으며 보라미, 신황미 고구마의 회분, 지질 함량이 다른 품종에 비해 조금 높은 편이며 야채에 가까운 특성을 가진 주황미 전분의 지질함량은 0.01% 가장 낮은 값을 보였다. 수 품종에서 단백질 함량이 0.14%로 다른 품종에 비해 전분 자체에 높은 단백질 함량을 가지고 있는 것을 볼 수 있다.

Table 4. Componential analysis of sweet potato starches with different varieties

Varieties	Moisture content (%)	Ash (%)	Crude lipids (%)	Protein content (%)
신자미	19.78±0.07	0.24±0.00	0.01±0.00	0.04±0.02
보라미	19.25±0.10	0.38±0.11	0.08±0.01	0.02±0.02
주황미	17.94±0.10	0.11±0.13	0.01±0.00	0.04±0.01
신황미	17.05±0.16	0.28±0.09	0.09±0.05	0.03±0.01
신율미	15.60±0.04	0.19±0.07	0.03±0.04	0.02±0.05
수	16.61±0.17	0.14±0.05	0.02±0.01	0.14±0.03

품종별 생고구마의 단면 색도 결과를 표 5와 같다. 명도를 나타내는 L값은 신율미 86.11 수 고구마 85.18로 높은 값을 가지며 적색도를 나타내는 a값은 신자미 고구마가 32.41로 가장 높은 값을 가졌으며 황색도인 b값은 점질성이며 호박고구마 특성인 주황미 43.03 신황미 45.36으로 높은 값을 가지며 신자미 고구마가 -2.48로 가장 낮은 값을 나타냈다.

Table 5. Hunter color values of raw sweet potatoes with different varieties

Varieties	L	a	b
신자미	24.89 ± 0.29	32.41 ± 1.20	-2.48 ± 0.53
보라미	56.62 ± 0.88	21.71 ± 0.46	10.00 ± 0.74
주황미	71.06 ± 1.14	23.79 ± 1.70	43.03 ± 1.81
신황미	71.13 ± 1.06	23.81 ± 1.66	45.36 ± 2.18
신율미	86.11 ± 0.43	-1.41 ± 0.76	40.86 ± 1.16
수	85.18 ± 0.63	-3.80 ± 0.45	35.03 ± 1.04

품종별 동결건조 분말의 색도 결과는 표 6과 같다. 명도인 L값은 수 고구마가 90.80으로 가장 높은 값을 가지며 신자미, 보라미 고구마는 낮은 값을 가지며 생고구마에서 동결건조 분말과 비교해보면 신자미 고구마의 경우 L값이 2배이상 증가하였으며 건조 후 색이 밝아지는 것을 볼수 있다. 적색도인 a값은 전반적으로 적색도가 약해졌지만 주황미의 경우 적색도가 -0.62로 가장 많이 감소하는 것을 볼수 있다. b값의 결과도 전반적으로 감소하였다.

Table 6. Hunter color values of sweet potato powders with different varieties

Varieties	L	a	b
신자미	50.45 ± 0.03	23.97 ± 0.02	-11.86 ± 0.01
보라미	65.88 ± 0.02	10.03 ± 0.02	4.79 ± 0.01
주황미	86.14 ± 0.01	-0.62 ± 0.01	17.35 ± 0.02
신황미	77.77 ± 0.00	9.67 ± 0.02	23.74 ± 0.02
신율미	85.82 ± 0.01	-0.69 ± 0.01	12.53 ± 0.01
수	90.80 ± 0.02	-1.54 ± 0.01	11.06 ± 0.01

품종별 동결건조 후 분말의 색상은 그림 4와 같으며 신자미 고구마 분말은 선명한 보라색을 가지며 그에 반해 보라미의 경우 약한 보라색에 갈색 빛이 도는 것을 볼수 있다. 주황미의 경우 분말상태에서도 선명한 주황색을 가지며 신율미 고구마 분말은 밝은 아이보리색상의 가지고 있다. 이러한 분말의 색도 특성을 가지고 천연색소 소재로 품종별 다양한 응용가능성을 볼수 있다.



Fig. 4. Color of sweet potato powders with different varieties.

지역별 자색, 호박, 밤 고구마의 일반성분 분석 결과는 표7과 같다. 수분 함량의 경우 지역 간에 커다란 차이를 보이지는 않지만 해남밤 분말이 다른 품종에 비해 9.09% 높은 값을 나타냈다. 해남신자미의 회분함량이 여주지역의 고구마에 비해 3.53%로 높은 결과를 가지며 해남

신자미 고구마의 지질, 단백질 함량이 여주 신자미에 비해 높은 값을 가지며 다른 품종의 경우 지역 간에 커다란 차이를 보이지는 않는다.

Table 7. Compositional analysis of sweet potato powders with different regions

Varieties	Moisture content (%)	Ash (%)	Crude lipids (%)	Protein content (%)
해남신자미	8.95±0.00	3.53±0.05	0.80±0.06	5.23±0.09
해남호박	8.26±0.41	2.93±0.01	0.54±0.08	5.93±0.02
해남밤	9.09±0.15	2.53±0.02	0.65±0.05	4.61±0.03
여주신자미	8.35±0.27	2.76±0.04	0.68±0.06	4.20±0.01
여주호박	8.77±0.21	2.42±0.04	0.55±0.03	4.15±0.01
여주밤	8.47±0.49	2.35±0.04	0.74±0.04	4.06±0.04

지역별 고구마 전분의 일반성분 분석 결과는 표 8과 같다. 수분 함량의 경우 지역 간에 커다란 차이가 없다. 회분결과 해남 지역에 비해 여주지역의 고구마 전분의 회분함량이 높게 나타났으며 단백질 함량은 지역 간에 많은 차이를 보이는데 특히 밤고구마 전분의 경우 여주밤 전분이 해남 밤 전분에 비해 훨씬 높은 나타냈다. 또한 여주밤 전분은 0.11%로 다른 품종에 비해 가장 높은 값을 보였다. 신자미전분의 단백질 함량은 해남밤 전분이 여주밤 전분에 비해 높았고, 반대로 호박 고구마 전분의 단백질 함량은 여주호박 전분이 해남호박 전분에 비해 높은 값을 가졌다.

Table 8. Compositional analysis of sweet potato starches with different regions

Varieties	Moisture content (%)	Ash (%)	Crude lipids (%)	Protein content (%)
해남신자미	19.78±0.07	0.14±0.01	0.01±0.00	0.04±0.02
해남호박	20.39±0.14	0.27±0.01	0.03±0.01	0.01±0.02
해남밤	19.60±0.16	0.15±0.09	0.11±0.00	0.04±0.01
여주신자미	19.83±0.34	0.29±0.06	0.04±0.00	0.01±0.00
여주호박	20.41±0.34	0.46±0.08	0.09±0.01	0.04±0.02
여주밤	19.76±0.38	0.37±0.06	0.03±0.02	0.11±0.02

지역별 생 고구마의 색도는 표 9에 나타냈다. L 값은 해남지역에 비해 여주지역의 고구마가 조금 높은 값을 가졌으며 적색도에서는 여주지역에 비해 해남 지역의 고구마가 높은 적색도를 보였으며 황색도인 b값에서는 호박품종은 유사한 결과를 보이며 밤 고구마는 해남지역의 고구마가 높은 황색도를 가지고 있었으며 지역에 다른 재배환경 등에 영향을 받을 수 있을 것이라 사료된다.

Table 9. Hunter color values of raw sweet potato starches at different regions

Varieties	L	a	b
해남신자미	34.45 ± 0.86	43.55 ± 0.55	-9.93 ± 0.67
해남호박	82.54 ± 0.37	4.18 ± 0.77	32.83 ± 0.84
해남밤	86.10 ± 0.42	32.83 ± 0.16	33.24 ± 0.08
여주신자미	34.52 ± 0.67	27.38 ± 1.27	-1.17 ± 0.47
여주호박	83.12 ± 0.74	4.70 ± 0.99	32.95 ± 2.46
여주밤	88.20 ± 0.73	-1.47 ± 0.31	14.95 ± 1.21

지역별 고구마의 동결건조 후 분말의 색도는 표 10에 나타냈다. L 값에서 자색고구마 품종에서 생고구마에 비해 높은 결과 값으로 증가하는 것을 볼수 있으며 호박, 밤 고구마의 명도는 크게 변화지 않는 것으로 보인다. 적색도에서는 해남 밤고구마가 크게 감소하는 것을 보이며 전반적으로 적색도가 건조하는 과정에서 감소하는 것을 볼수 있다. 황색도에서는 여주밤 고구마의 경우 증가하는 것을 볼수 있으며 다른 고구마에서는 감소하는 반대 경향을 보였다.

Table 10. Hunter color values of sweet potato starched with different regions

Varieties	L	a	b
해남신자미	50.45±0.03	23.97±0.02	-11.86±0.01
해남호박	87.25±0.45	-1.02±0.04	23.60±0.17
해남밤	87.97±0.02	-2.68±0.02	21.40±0.14
여주신자미	56.93±0.02	19.82±0.02	-6.41±0.01
여주호박	86.89±0.01	0.20±0.02	24.38±0.01
여주밤	89.77±0.01	-2.08±0.00	16.18±0.01



Fig. 5. Color of sweet potato powders with different regions.

지역별 고구마 동결건조 후에 색상은 그림 5와 같다. 자색고구마의 경우 해남 지역의 고구마가 더 선명한 보라색을 가지고 있으며 호박고구마와 밤고구마에서도 해남 지역의 고구마가 더 선명한 황색을 띄고 있는 것을 볼수 있다. 같은 품종에서 건조분말 색상의 차이를 보이는 것은 고구마가 재배되는 토질이나 환경 등이 고구마 색상영향을 주는 것으로 보인다.

② 고구마 기능성 성분분석 결과

가. 총식이섬유 함량

고구마분말의 식이섬유 함량은 표11과 같다. 주황미와 신황미가 각각 18.83, 17.37%로 높은 값을 보였고 그 뒤를 이어 신자미와 수도 다른 고구마에 비해 식이섬유 함량이 많았다. 주황빛의 고운 색을 가진 고구마인 주황미와 신황미는 흔히들 호박고구마로 알려져 있어 소비자들의 선호도가 높는데 식이섬유의 함량이 다른 품종에 비해 많아 식이섬유 섭취에도 도움을 줄 수 있을 것이라고 생각된다. 지역별 식이섬유함량은 호박고구마의 함량이 해남호박고구마 14.46%, 여주호박 14.52%로 밤고구마에 비해 높게 나타났으며 품종별 고구마의 주황빛의 고운색을 가진 고구마 품종에서 높은 식이섬유 함량을 결과에서 보듯이 주황미와 신황미는 흔히들 호박고구마로 알려져 있어 소비자들의 선호도가 높는데 식이섬유의 함량이 다른 품종에 비해 높아 쉽게 구할수 있는 식이섬유원이라고 할수 있다.

Table 11. Total dietary fiber contents of sweet potatoes

Samples	Total dietary fiber(%)	Samples	Total dietary fiber(%)
신자미	14.63±0.19	해남자미	15.94±0.03
보라미	13.12±0.08	해남호박	14.46±0.24
주황미	18.83±0.37	해남 밤	1106±0.18
신황미	17.37±0.50	여주자미	14.79±0.01
신율미	10.69±0.03	여주호박	14.52±0.17
수	14.06±0.18	여주밤	12.23±0.18

나. Polyphenol oxidase 활성

Polyphenol oxidase(PPO)는 식품에서 효소적 갈변반응을 유발하는 효소이다. 고구마에 존재하는 PPO도 고구마를 깎았을 때 고구마 자체에 존재하는 폴리페놀을 산화시켜 갈색물질을 생성하므로 고구마 가공을 제한하는 가장 큰 문제점이라고 할 수 있다. 이번 연구에서는 고구마 품종별 6종의 PPO 활성을 측정하여 가공에 적합한 고구마를 선별에 이용하고자 하였으며 그 결과는 그림6과 같았다. 6종의 고구마 중 신자미의 PPO 활성이 가장 높아 고구마의 껍질을 제거한 후 갈변이 가장 빠르게 일어나는 것을 알 수 있었다. 고구마의 효소적 갈변이 가공에 바람직하지 않으나 생성물에 생리활성 효과가 있으므로 건강기능식품 개발 등 다른 분야에서 활용할수 있을 것이다. 반면 주황미, 신율미, 수는 PPO 활성이 낮아 갈변이 비교적 적게 일어나므로 고구마의 색을 살려야 하는 제품에 응용하면 좋은 효과를 볼 수 있을 것이다.

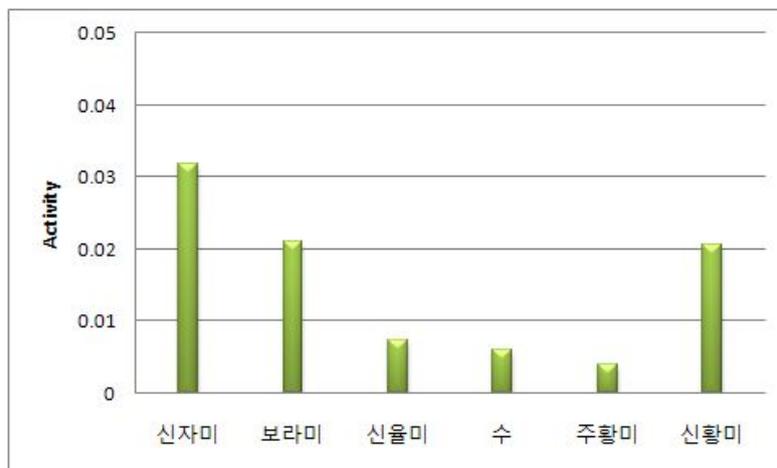


Fig. 6. Polyphenol oxidase activity of sweet potatoes.

다. Amylolytic enzyme 활성

고구마에 함유된 β -amylase는 열 처리에 의해 활성화 되므로 생고구마보다 익은 고구마에서 단맛이 증가된다. 6개 품종의 고구마로부터 β -amylase 조효소액을 추출하여 효소 활성을 측정한 결과는 그림 7과 같이 신황미의 β -amylase활성이 가장 높은 것을 알 수 있었다. 고구마의 가열과정 중에 고구마의 maltoxe 함량이 증가하는 것은 고구마의 β -amylase 활성화에 기인 할 것으로 조리시 β -amylase가 반응할 수 있는 충분한 시간을 주는 것이 기호도에 영향을 줄수 있으며 β -amylase활성으로 인해 증가된 단맛은 찌거나 구워먹을 때에는 좋은 맛을 줄 수 있지만 가공되는 제품에 따라 효소에 의해 생성된 당이 끈적거림의 원인이 될 수 있다. 따라서 β -amylase활성이 낮은 고구마는 만들고자 하는 제품에 따라 다른 방법으로 사용될 수 있을 것이다. 따라서 β -amylase 활성이 낮은 고구마는 쿠키와 같이 끈적임이 적고 바삭거리 는 제품에 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

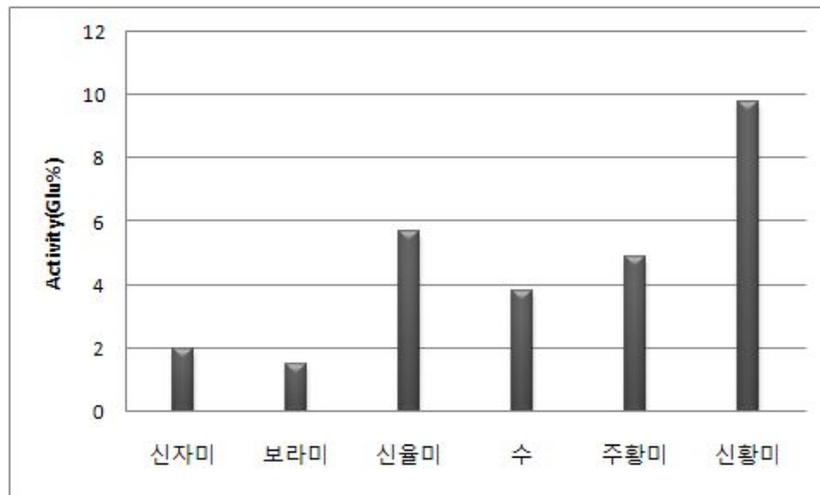


Fig. 7. Amylolytic enzyme activity of raw sweet potatoes.

라. 안토시아닌 함량

안토시아닌 색소는 식물성 수용성 색소로서 식품에서 적색 내지 자색을 띤다. 원래 고구마에는 안토시아닌 색소가 거의 없지만 자색 고구마의 개발로 자색색소인 안토시아닌을 함유한 고구마들이 생산이 되고 있다. 이번 연구에서는 품종별 고구마 분말의 안토시아닌 함량을 측정하였고 결과는 그림8과 같았다. 고구마의 안토시아닌 함량은 신자미에서 가장 높았으며 보라미에서도 높게 나타났다. 신자미의 자색은 보라미 품종에 비해 색이 보라색이 진하고 선명하므로 천연색소로서 이용성이 매우 높을 것이다.

지역별 안토시아닌 함량 비교 결과는 그림 9과 같이 여주 지역에 비해 해남 지역의 자미에서 더 높게 함량을 가지고 있는 것을 볼 수 있다.

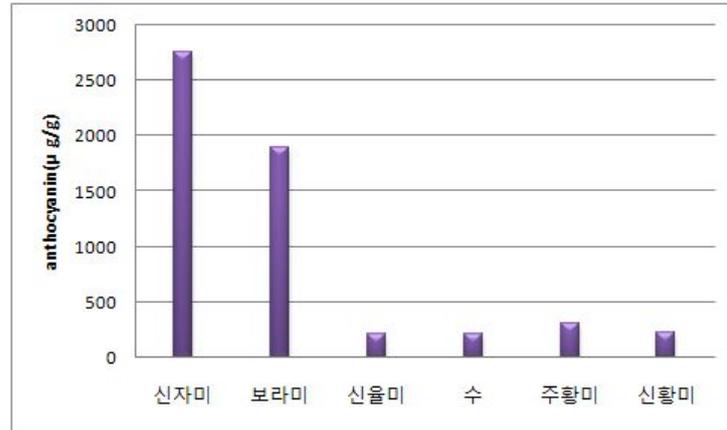


Fig. 8. Anthocyanin contents ($\mu\text{g/g}$) of sweet potato powders with different varieties.

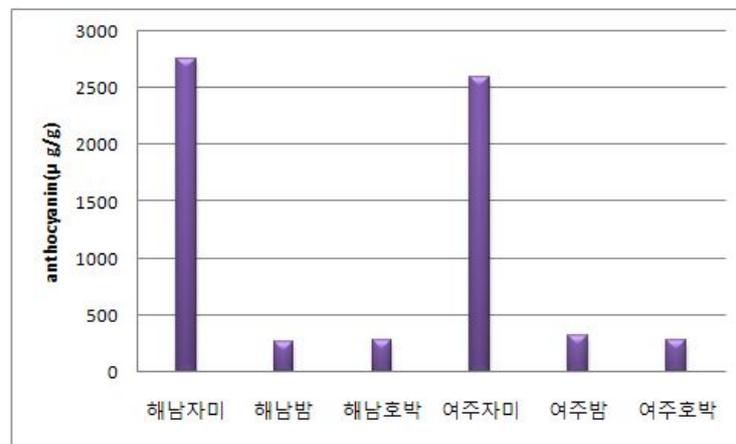


Fig. 9. Anthocyanin contents ($\mu\text{g/g}$) of sweet potato powders with different regions.

마. 카로티노이드 함량

카로티노이드는 식물성 식품에서 주황색이나 적색을 띠는 색소로서 점질성을 띠는 고구마인 주황미, 신황미와 분질성 고구마인 수, 신율미의 베타카로틴 함량을 측정하였다. 고구마 분말의 베타카로틴 함량은 그림 10과 같이 주황미가 가장 높았으며 신황미, 신율미 순서였고 베타카로틴 함량은 색도 결과와 매우 상관성이 높았다. 카로티노이드 함량을 분석한 결과 색차계를 사용하여 Hunter a 값을 측정하므로써 황색고구마의 색소함량을 간접적으로 측정할 수 있으며 황색도가 높은 고구마는 당근보다는 카로티노이드 함량이 낮으나 천연색소로서 이용 가능성이 있으며 특히 이번 연구에서 주황미는 주황색이 선명하고 진하므로 주황색으로 착색시키고자 하는 제품 가공에 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 또한 성장기에 베타카로틴이 부족하면 야맹증을 유발할 수 있으므로 성장기 어린이의 영양식 제조시 좋은 베타카로틴 공급원이 될 수 있다.

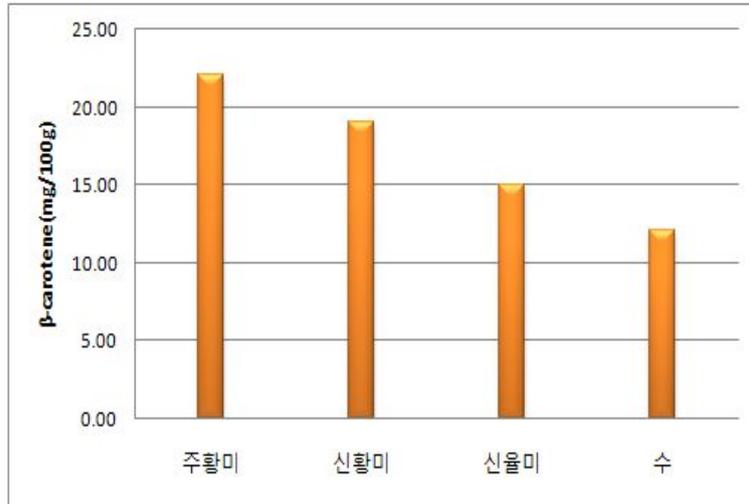


Fig. 10. Carotenoid contents of sweet potato powders.

바. 고구마의 DPPH 자유 라디칼 소거능

고구마의 DPPH 자유 라디칼 소거능을 측정하였다. 그림 11과 같이 DPPH 시약을 이용하여 시약의 환원되는 정도를 EDA(%)로 나타냈다. 고구마 시료에서 모두 항산화 활성이 나타났으며 특히 안토시아닌 함량이 높은 신자미가 가장 높은 DPPH 자유 라디칼 소거능을 나타냈다. 자색고구마인 보라미에서도 높은 결과를 보였다. 카로티노이드 색소가 많은 고구마 중에서는 카로티노이드 함량이 가장 높은 주황미에서 높은 항산화활성을 가지고 있으며 신자미, 보라미, 주황미는 고구마의 색이 선명하고 고와 제품 가공 시 색소로서 이용될 수 있으며 항산화활성과 같은 생리활성이 있으므로 가공용 원료로서 가치가 매우 높다고 사료된다.

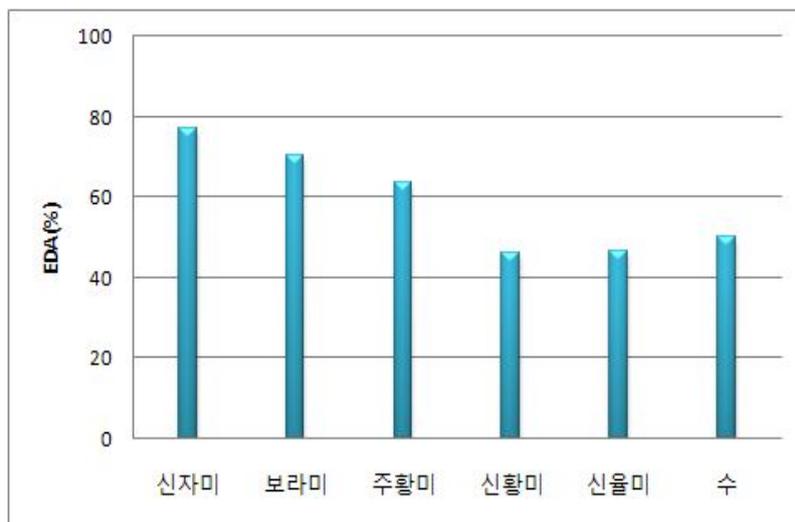


Fig. 11. EDA(%) of sweet potato at different varieties.

③ 가공적성 결과

가. 총 전분 함량

품종별, 지역별 고구마 총전분 함량결과는 표 12와 같다. 고구마는 질감에 따라 밤같은 성질의 분질고구마와 수분이 많고 끈적한 점질고구마로 분류한다. 전분함량이 보다 높은 분질 고구마는 포근포근한 질감으로 가공용으로 이용될 수 있고 전분함량이 비교적 낮은 점질고구마는 수분이 많고 단맛이 강해 그냥 찌거나 구워 먹는 용도로 많이 이용되고 있다. 품종별에서 신울미가 68.69%로 높게 나타났으며 점질성인 주황미와 신황미가 낮은 전분함량을 가지고 있다. 유색을 가진 신자미에서도 50.65% 전분함량을 확인할 수 있다. 지역별 고구마의 결과에서는 여주 자미고구마가 해남지역의 고구마보다 높은 전분함량을 가지고 있으며 전분 함량이 더 많기 때문에 자색의 색상에도 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

Table 12. Total starch content (%) of sweet potato powders

Samples	Total starch (%)	Samples	Total starch (%)
신자미	50.65±2.53	해남 자미	50.65±2.53
보라미	66.60±0.04	해남 호박	69.09±2.69
주황미	23.57±1.71	해남밤	72.37±2.28
신황미	20.46±0.08	여주 자미	61.31±1.67
신울미	68.69±1.30	여주 호박	64.54±3.40
수	62.81±5.87	여주 밤	71.61±1.12

나. 물결합 능력 및 팽윤력과 용해도

품종별 고구마 분말의 품종별 이화학적 특성 분석 결과는 표 13과 같다. 물결합력의 경우 같은 색계열 고구마 간에 차이를 보였다. 자색 고구마의 경우 보라미가 신자미에 비해 높은 값을 보였고, 신황미는 주황미에 비해 훨씬 높은 값을 보였다. 특히 주황미는 다른 품종에 비해 높은 물 결합력을 갖고 있음을 알 수 있다. 팽윤력에서는 주황색 고구마 간에 차이를 보이는데 주황미가 신황미에 비해 높은 값을 나타냈다. 용해도는 같은 색 고구마 간에 커다란 차이를 보이고 있다. 신자미, 주황미 그리고 수는 같은 색 계열에 있는 보라미, 신황미 그리고 신울미에 비해 높은 용해도를 나타냈다.

Table 13. Physicochemical characteristics of sweet potato powders with different varieties

Varieties	Water binding capacity (%)	Swelling power at 80°C	Solubility at 80°C (%)
신자미	156.05±0.19	17.87±0.69	68.26±4.38
보라미	187.14±4.08	17.29±1.04	48.17±2.49
주황미	207.46±3.70	18.75±0.29	74.66±0.01
신황미	152.97±2.50	10.93±0.11	40.95±0.53
신율미	166.77±2.65	22.72±0.22	63.84±3.67
수	151.74±0.34	20.32±0.91	85.05±0.14

고구마 전분의 품종별 이화학적 특성 분석 결과는 표 14와 같다. 물결합능력에서는 다른 품종에 비해 신자미 고구마전분에 물결합 능력이 낮은 결과를 보였다. 신자미의 경우 전분자체에 물결합능력이 다른 품종에 비해 약하기 때문에 앙금용이나 전분자체를 이용하는 제품보다는 색소로써의 이용가치가 있을 것이다. 신율미 품종에서 팽윤력 용해도값이 다른 품종에 비해 높은 결과를 보이며 이런 특성을 살려 신율미 품종을 앙금용으로 사용가능성을 볼 수 있다.

Table 14. Physicochemical properties of sweet potato starches with different varieties

Varieties	Water binding capacity (%)	Swelling power at 80°C	Solubility at 80°C (%)
신자미	82.28±2.41	15.43±0.00	9.44±0.28
보라미	96.08±3.52	17.86±0.18	9.97±0.30
주황미	95.76±1.64	18.26±0.50	9.79±0.08
신황미	87.15±3.48	13.68±0.14	5.44±0.09
신율미	97.42±1.36	24.43±2.58	11.26±0.39
수	91.51±3.09	16.11±0.79	9.91±0.70

지역별 고구마 분말의 이화학적 특성 분석 결과는 표15와 같다. 물결합력, 팽윤력 그리고 용해도에서 지역 간에 차이를 보이고 있다. 물결합력의 경우 여주신자미, 여주호박, 해남밤 분말이 동일 품종에 비해 높은 값을 보였다. 팽윤력에서는 여주호박, 여주밤 분말이 해남호박, 해남밤 분말에 비해 높은 값을 나타냈다. 용해도에서는 해남신자미가 여주신자미에 비해 훨씬 높은 값을 보였고, 여주밤 분말은 해남밤 분말에 비해 높은 용해도 값을 나타냈다.

Table 15. Physicochemical properties of sweet potato powders with different regions

Varieties	Water binding capacity (%)	Swelling power at 80°C	Solubility at 80°C (%)
해남신자미	156.38±1.07	17.67±0.41	67.66±0.11
해남호박	153.40±3.07	22.19±0.60	87.93±0.15
해남밤	176.50±1.88	21.97±0.27	81.51±0.29
여주신자미	183.82±1.82	17.03±0.26	41.91±0.33
여주호박	160.46±0.58	26.95±4.19	87.85±0.36
여주밤	162.34±4.18	24.69±1.66	85.86±0.16

고구마 전분의 지역별 이화학적 특성 분석 결과는 표 16과 같다. 물결합력의 경우 여주지역에 있는 고구마 전분이 해남지역에 있는 고구마 전분에 비해 훨씬 높은 값을 나타냈다. 팽윤력의 경우도 지역 간에 차이를 보이는데 해남호박, 해남밤 그리고 여주신자미 전분이 상대 지역에 비해 높은 값을 보였다. 용해도의 경우도 지역 간에 차이를 보이는데 여주신자미, 해남호박 그리고 해남밤 고구마 전분이 상대 지역보다 높은 용해도 값을 나타냈다.

Table 16. Physicochemical properties of sweet potato starches with different regions

Varieties	Water binding capacity (%)	Swelling power at 80°C	Solubility at 80°C (%)
해남신자미	76.66±1.56	15.62±0.44	9.88±0.18
해남호박	97.62±1.81	18.02±0.02	12.68±0.02
해남밤	95.23±6.58	19.44±0.54	11.14±0.35
여주신자미	128.96±2.12	18.31±0.46	10.44±0.57
여주호박	104.91±1.00	15.39±0.36	9.90±0.23
여주밤	156.77±1.17	15.33±0.04	10.16±0.08

다. 유리당 함량

고구마 분말의 유리당 함량을 측정한 결과 표 17과 같다. 유리당은 가열하지 않은 고구마의 당 함량을 나타내며 주황미에서 29.64로 가장 높았고 신황미, 수, 신율미 순서로 높았으며 자색을 가진 신자미와 보라미 고구마는 낮은 당 함량을 가지고 있다. 점질성인 주황미와 신황미 고구마의 높은 당함량은 밤고구마와 자색고구마에 비해 호박고구마의 단맛에 영향을 주는 것으로 보인다.

Table 17. Free sugar contents of sweet potato powders

Samples	Free sugar (mg/g)	Samples	Free sugar (mg/g)
신자미	12.89 ± 0.41	보라미	10.18 ± 0.89
주황미	29.64 ± 1.09	신황미	27.48 ± 1.39
신율미	22.52 ± 1.74	수	25.41 ± 0.38

라. 신속점도 측정기에 의한 고구마의 호화특성

신속점도 측정기(RVA, Rapid Viscosity Analyzer)를 이용하여 품종이 다른 고구마의 호화 특성을 측정 결과는 그림12 과 표18 과 같다. 모든 Viscosity 값에서 신율미와 수 고구마가 가장 높은 값을 보였고, 주황미와 신황미의 값이 가장 낮았다. 이는 점질 고구마와 분질 고구마의 특성 차이로 분질 고구마 내의 전분 입자의 호화가 잘 이뤄졌음을 알 수 있었다. 이는 고구마의 총 전분의 함량의 결과와 마찬가지로 총 전분의 함량이 많을수록 viscosity 값이 높음을 알 수 있었다.

지역이 다른 고구마의 호화특성 측정 결과는 그림 13 과 표 19에 나타내었다. 지역 간의 호화양상의 차이는 보이지 않았고, 품종별 호화양상의 차이만을 보였다.

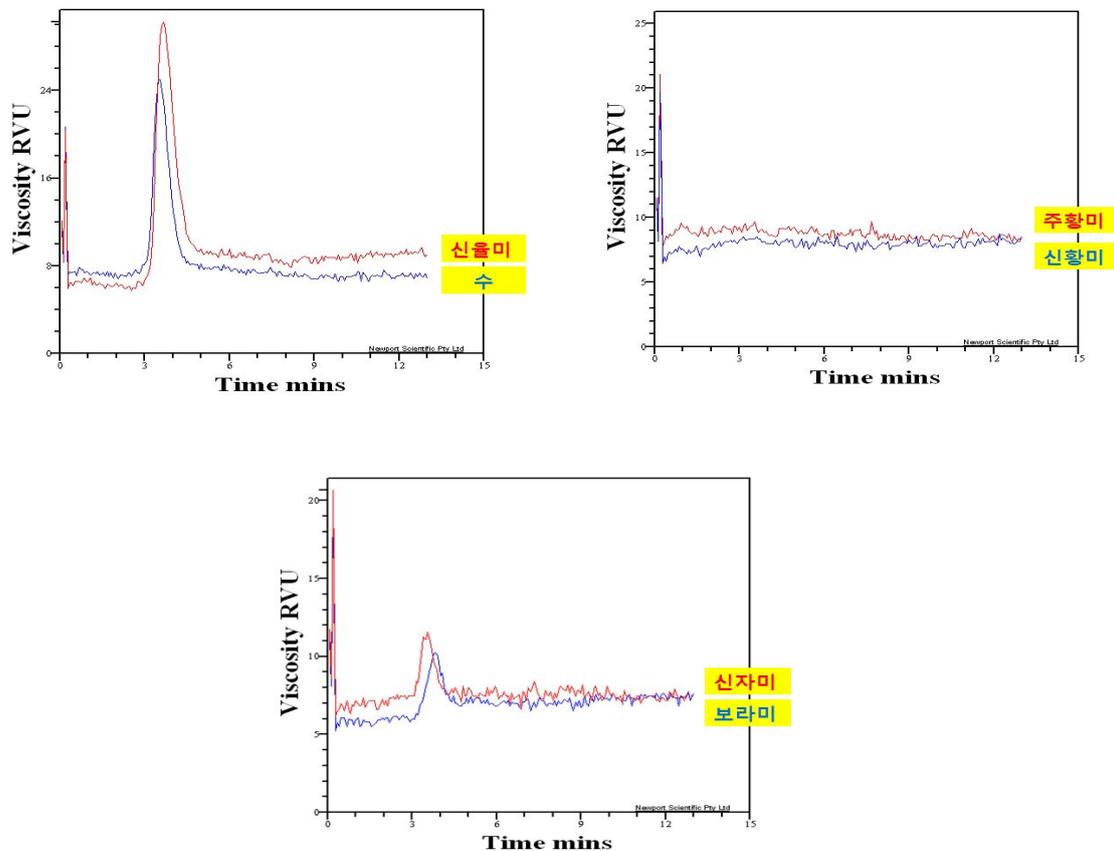


Fig. 12. Pasting curves of sweet potato powders with different varieties.

Table 18. Pasting characteristics of sweet potato powders with different varieties

Samples	Viscosity (RVU)				
	Peak	Trough	Final	Breakdown	Setback
신울미	30.25	7.83	9.08	22.42	1.25
수	25.00	6.58	6.83	18.42	0.25
주황미	9.67	7.83	8.58	1.83	0.75
신황미	8.50	7.33	8.33	1.17	1.00
신자미	11.58	6.58	7.42	5.00	0.83
보라미	11.40	7.57	7.98	3.83	0.41

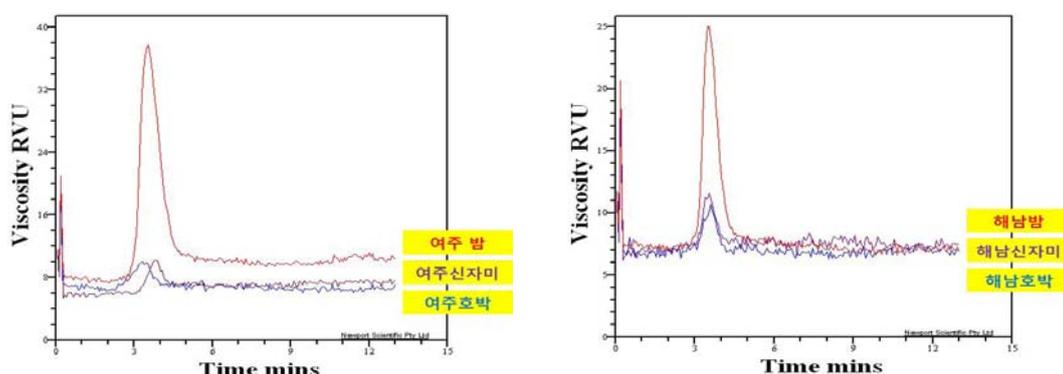


Fig. 13. Pasting curves of sweet potato powders with different regions.

Table 19. Pasting characteristics of sweet potato powders with different regions

Samples	Viscosity (RVU)				
	Peak	Trough	Final	Breakdown	Setback
해남신자미	11.58	6.58	7.42	5.00	0.83
해남호박	10.75	6.25	7.17	4.50	0.92
해남밤	25.00	6.58	6.83	18.42	0.25
여주신자미	11.40	7.57	7.98	3.83	0.41
여주호박	10.00	6.08	7.17	3.92	1.08
여주밤	37.75	9.33	10.33	28.42	0.25

④ 고구마 가공 적성 관능평가 결과

가. 조리방법을 달리 한 고구마의 관능평가

생산 지역이 다른 고구마 3품종(밤, 호박, 자색)을 이용하여 가장 대중적으로 이용되는 고구마 조리방법인 증숙(찜), 유탕(튀김) 처리한 후 관능평가를 실시하였다. 그 결과 표 20에 나타난 바와 같이 증숙 처리를 한 경우 해남지역의 고구마가 여주지역의 고구마보다 색, 구수한 향이 더 높은 값을 보였으며, 단 맛의 경우 여주와 해남 지역 모두 호박고구마에서 가장 높은 값을 보였다. 또한 밤 맛과 같은 고구마 특유의 맛 평가에서 증숙 처리한 해남 자색고구마가 여주 자색고구마보다 매우 높은 값을 보였다. 유탕 처리한 고구마의 관능평가 결과 외관의 색은 증숙 처리한 고구마보다 전반적으로 높은 값을 보였고, 자색고구마의 경우 여주와 해남지역 모두 증숙 처리한 고구마보다 유탕처리 하였을 때, 단맛, 밤 맛의 값이 증가함을 보였다.

증숙, 유탕 처리한 고구마의 선호도 조사를 실시한 결과는 표 21에 나타내었다. 고구마의 외관 선호도는 유탕 처리한 호박고구마와 증숙 해남고구마가 높은 값을 보였고, 향은 증숙 처리한 것 보다 유탕 처리한 고구마의 값이 높았다. 맛 선호도 평가 결과 여주 고구마의 경우 증숙 처리보다 유탕 처리한 고구마를 더 선호하였으며, 자색고구마는 전반적인 품질 선호도에 있어 증숙 처리 보다 유탕 처리하였을 때 보다 높은 선호도를 보였다.

Table 20. Sensory evaluation data for difference test of cooked sweet potatoes prepared from different varieties by steaming and frying

		Color	Delicate flavor	Off flavor	Sweet -ness	Chestnut taste	Hard -ness	Soft -ness	After taste	
증	여주	밥	3.7±1.3	2.2±0.8	5.1±2.3	4.2±2.1	6.1±1.8	3.1±1.8	6.4±1.9	6.1±2.0
		호박	4.5±0.9	4.0±1.1	2.0±0.8	5.8±2.3	6.0±1.4	4.0±2.2	7.1±1.3	6.6±1.5
		자색	4.0±1.7	3.1±1.5	3.3±1.8	3.0±1.6	2.8±1.2	3.9±1.6	4.9±1.8	5.6±1.6
숙	해남	밥	5.1±1.6	4.7±1.7	2.6±1.6	5.0±1.6	5.1±1.7	5.0±1.2	5.7±1.6	5.1±1.4
		호박	6.6±1.7	6.2±1.0	2.0±1.1	5.7±1.8	6.0±1.9	4.9±1.7	7.0±1.8	5.6±1.6
		자색	6.0±1.6	3.3±1.1	3.2±1.6	4.8±1.4	5.0±1.7	4.1±1.5	6.6±1.3	5.4±1.6
유	여주	밥	4.8±1.7	6.1±1.8	3.7±2.4	5.8±1.4	5.0±1.9	4.8±1.7	5.0±1.9	5.1±1.4
		호박	6.8±1.4	6.0±2.1	1.8±0.8	5.4±1.5	4.8±1.7	5.9±1.5	5.0±1.5	5.8±1.3
		자색	4.4±1.3	5.5±1.4	3.3±2.1	3.7±1.7	3.4±1.9	6.0±1.3	4.2±1.8	4.7±1.8
탕	해남	밥	7.0±1.5	6.8±1.6	2.6±0.9	5.3±1.1	4.0±1.5	5.6±1.2	5.2±1.0	5.0±1.4
		호박	7.7±1.3	7.1±1.2	2.7±0.9	5.9±1.4	4.4±1.6	4.8±1.4	5.1±1.6	4.7±1.3
		자색	4.5±1.6	4.5±1.3	2.3±1.2	5.3±1.6	4.2±1.2	5.1±1.5	5.3±1.5	5.6±1.3

Table 21. Sensory evaluation data for preference test of cooked sweet potatoes prepared from different varieties by steaming and frying

		Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall quality	
증	여주	밥	4.4±1.7	3.3±1.7	4.8±1.4	6.4±1.9	4.4±1.4
		호박	5.7±1.6	4.9±1.3	6.3±1.7	6.5±1.9	6.6±0.8
		자색	5.3±1.8	3.8±1.3	4.1±1.2	5.6±1.7	5.0±1.6
숙	해남	밥	5.9±1.3	5.6±1.8	6.0±1.2	6.0±1.3	5.6±1.1
		호박	7.0±1.8	6.0±1.8	6.8±1.4	6.5±1.4	6.7±1.5
		자색	5.6±1.5	3.7±1.2	4.8±1.3	5.8±1.3	4.7±0.8
유	여주	밥	5.4±1.9	6.3±1.6	6.1±1.6	5.4±1.7	6.3±1.0
		호박	7.1±1.2	7.0±1.5	5.3±1.5	5.7±1.3	6.6±1.3
		자색	4.9±1.8	5.5±1.6	4.7±1.7	4.6±1.6	5.2±1.0
탕	해남	밥	5.9±1.8	7.3±1.4	5.7±1.4	5.8±0.9	6.3±1.1
		호박	8.0±0.9	7.0±0.8	6.4±1.2	6.0±1.1	6.9±0.9
		자색	4.6±1.2	4.1±1.5	4.6±1.0	5.8±1.3	5.2±1.4

나. 고구마 앙금의 관능평가 결과

해남지역의 세 품종(밤, 호박, 자색)고구마를 증숙하여 페이스트를 만든 후 시판 중인 흰 앙금(동부앙금, 대두식품)에 페이스트 비율이 10%, 30%, 60%, 90% (페이스트:앙금=1:9, 3:7, 6:4, 9:1)로 혼합하여 그림14와 같이 고구마앙금을 제조하였다. 제조한 고구마앙금의 관능평가 결과는 표 22, 23에 나타내었다.

고구마 앙금의 관능평가 결과 세 품종 모두 고구마 페이스트 혼합비율이 증가할수록 앙금의 색의 값은 증가하는 양상을 보였고, 구수한 향, 고구마 맛의 값은 증가하였으나 앙금의 단맛은 페이스트 비율이 증가할수록 감소하였다. 고구마 앙금의 텍스처인 부드러움성, 씹은 후 목 넘김은 혼합 비율이 증가할수록 값이 감소하였다.

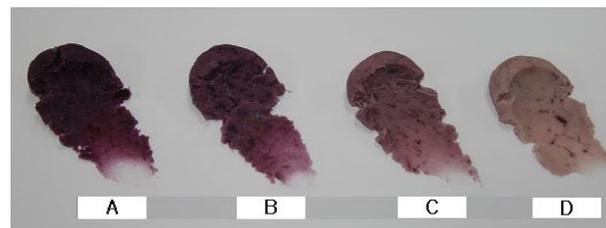
고구마앙금의 선호도조사 결과 밤고구마의 경우 외관이나 향은 60%, 90% 비율이 높은 값을 보였으나 텍스처나 전반적인 품질에서는 10%, 30% 첨가한 앙금이 높은 값을 보였다. 호박 고구마 앙금은 모든 평가 항목에 있어서 60%, 90% 첨가한 앙금이 전반적으로 높은 선호도를 보였다. 자색고구마앙금의 선호도평가 결과 10% 첨가한 앙금이 맛, 텍스처, 전반적 품질에 있어 높은 값을 보였다.

Table 22. Sensory evaluation data for difference test of sweet potato ann prepared from different mixing ratio

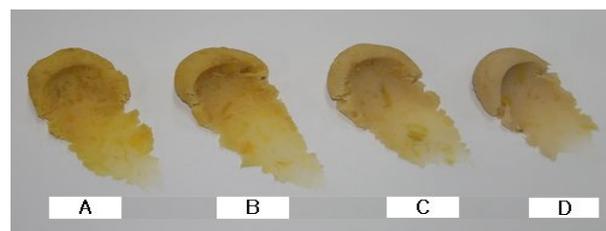
	Mixing ratio	Color	Delicate flavor	Sweet-ness	Sweet-potato taste	Soft-ness	After taste	Spread-ness
밤	10	5.4±1.7	4.1±1.8	8.1±0.7	2.4±1.1	8.2±0.8	7.5±0.8	7.9±0.7
	30	5.7±1.5	4.6±1.5	7.7±1.1	3.7±1.6	7.5±1.1	7.0±1.1	7.1±1.0
	60	5.9±1.6	4.3±1.5	7.1±1.4	4.0±1.3	7.0±1.1	6.1±1.3	6.3±1.4
	90	7.1±1.4	6.4±1.5	4.5±1.4	6.8±1.4	5.0±1.4	5.3±1.4	4.8±1.4
호박	10	4.8±1.4	2.8±1.2	8.6±0.7	3.0±1.4	8.0±1.2	7.8±0.8	7.8±0.8
	30	4.8±1.5	2.8±1.5	8.0±0.9	4.6±1.5	8.1±1.0	7.9±0.9	7.9±0.9
	60	6.8±1.3	5.0±1.7	6.9±1.3	5.8±1.6	7.5±1.5	7.5±0.8	7.1±0.8
	90	7.8±1.3	5.3±1.6	6.0±1.5	6.4±1.7	7.3±0.7	7.1±1.2	6.9±1.3
자색	10	5.4±1.7	2.4±1.0	8.3±0.7	2.1±1.6	7.9±1.0	7.5±0.8	6.9±1.4
	30	5.4±1.3	3.4±1.1	7.6±1.3	3.0±1.4	7.7±1.2	7.3±1.1	6.7±1.8
	60	6.1±2.2	3.9±1.6	5.8±1.8	6.3±1.5	5.9±0.7	5.8±1.2	5.2±1.2
	90	6.3±1.6	4.4±1.4	6.3±1.3	5.7±1.3	7.0±1.2	6.5±0.7	6.2±1.2

Table 23. Sensory evaluation data for preference test of sweet potato ann prepared from different mixing ratio

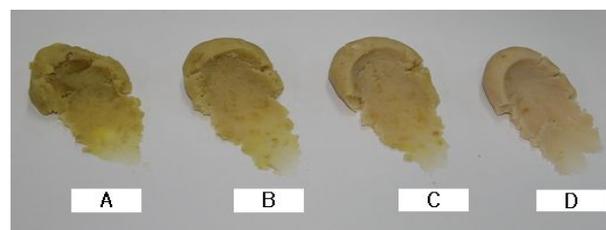
	Mixing ratio	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall quality
밤	10	5.0±1.8	3.8±1.5	5.6±2.5	7.7±1.1	6.2±2.1
	30	5.8±1.5	4.5±1.5	6.5±1.6	7.0±1.4	6.1±1.8
	60	6.4±1.6	5.0±1.7	5.8±1.8	5.8±1.8	5.1±1.7
	90	7.1±1.4	5.1±0.9	6.0±1.5	4.7±1.3	5.6±1.0
호박	10	5.3±1.7	4.3±1.6	5.0±2.1	6.9±1.2	5.7±1.9
	30	5.0±1.7	4.0±1.7	5.3±1.3	7.1±1.3	5.1±1.6
	60	6.9±1.0	5.6±1.6	7.4±1.3	7.6±1.1	6.6±1.5
	90	7.7±1.3	6.0±1.6	5.8±1.6	6.8±0.9	6.9±1.0
자색	10	5.5±1.9	3.9±1.8	7.2±1.3	7.4±1.7	6.8±1.2
	30	5.3±1.5	4.3±1.6	6.8±1.8	7.2±1.7	6.1±1.7
	60	5.6±1.8	4.6±1.5	6.2±1.4	6.4±1.4	5.8±1.6
	90	6.5±1.4	5.4±1.3	6.9±0.9	7.0±1.2	6.1±1.1



자미고구마 앙금



호박고구마 앙금



밤 고구마 앙금

Fig. 14. Shape of sweetpotato ann prepared from different mixing ratio

A: sweetpotato paste 90%

B: sweetpotato paste 60%

C: sweetpotato paste 30%

D: sweetpotato paste 10%

2. 8품종별 고구마 특성 조사 결과

1) 결과

(1) 고구마 형태 및 단면

품종별 고구마의 형태와 크기 및 과육의 단면 색깔은 그림 1과 같고, 동결건조한 분말은 그림 2와 같다.



Fig 1. Whole shape and cross section of sweet potatoes with different varieties.



Fig. 2. Color of sweet potato powders at different varieties.

(2) 일반성분 분석

품종별 고구마의 일반성분 결과는 표1과 같다. 수분함량에서 신황미, 주황미, 보라미가 각각 2.31, 2.53, 2.64%로 높은 수분함량을 가지고 있으며 보라색을 띄고 있는 신자미와 보라미가 다른 품종에 비해 높은 단백질과 지질 함량을 나타냈다.

Table 1. Compositional analysis of sweet potato powders with different varieties

Sweet potato varieties	Moisture content (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
Juwhangmi	2.53±0.14 ^{a1)}	4.44±0.05 ^d	0.73±0.03 ^c	4.02±0.04 ^c
Shinwhangmi	2.31±0.17 ^a	4.21±0.00 ^e	0.46±0.02 ^d	4.46±0.01 ^b
Shinjami	1.95±0.18 ^b	5.52±0.03 ^b	1.42±0.06 ^a	3.14±0.03 ^{de}
Borami	2.64±0.05 ^a	5.90±0.04 ^a	1.03±0.04 ^b	4.98±0.14 ^a
Shinyulmi	1.18±0.13 ^c	2.72±0.00 ^h	0.36±0.02 ^e	3.26±0.00 ^d
Shinchunmi	1.44±0.14 ^c	3.38±0.02 ^f	0.46±0.08 ^{de}	3.05±0.01 ^e
Yeonwhangmi	1.49±0.21 ^c	4.88±0.01 ^c	0.44±0.06 ^{de}	3.95±0.07 ^c
Jeungmi	1.35±0.03 ^c	3.15±0.02 ^g	0.37±0.02 ^e	3.06±0.07 ^e

고구마의 색도 결과는 표 2, 3과 같다. 표 2는 생 고구마의 색도를 나타낸 것으로 명도를 나타내는 L 값은 신천미에서 87.86으로 가장 높게 나타나 가장 밝은 색을 띠다고 할 수 있으며 적색도인 a값은 보라미 품종에서 높게 값을 가지며 황색도인 b 값은 점질성 특성을 가진 주황미, 신황미 품종이 각각 43.03, 45.36으로 높게 나타났다. 표 3은 동결건조한 분말의 색도를 측정된 값이다. 동결 건조한 분말에서는 연황미의 L 값이 90.08로 가장 밝은 색을 띄었고 신자미가 48.99로 가장 어두운 색을 나타냈다. a 값은 신자미와 보라미가 가장 높은 값을 나타내 붉은색이 강하다는 것을 확인할 수 있었다.

Table 2. Hunter L, a, b values of different raw sweet potatoes

Sweet potato varieties	Hunter Lab color values			
	L (lightness)	±a (redness /greenness)	±b (yellowness /blueness)	ΔE
Juwhangmi	71.06±1.14 ^{d1)}	23.79±1.70 ^c	43.03±1.81 ^b	54.09
Shinwhangmi	71.13±1.06 ^d	23.79±1.66 ^c	45.36±2.18 ^a	55.74
Shinjami	24.89±0.29 ^f	32.41±1.20 ^b	-2.48±0.53 ^e	78.73
Borami	34.23±1.30 ^e	41.93±0.58 ^a	-4.69±0.67 ^e	75.35
Shinyulmi	86.11±0.43 ^b	-1.41±0.76 ^d	40.86±1.16 ^c	40.36
Shinchunmi	87.86±0.76 ^a	-1.80±0.47 ^d	24.47±0.76 ^d	24.25
Yeonwhangmi	84.30±0.50 ^c	-0.55±0.49 ^d	39.37±0.69 ^c	39.42
Jeungmi	86.23±0.47 ^b	-1.32±0.40 ^d	40.69±0.72 ^c	40.17

Table 3. Color values of sweet potato powders with different Korean varieties

Sweet potato varieties	L (lightness)	±a (redness/greenness)	±b (yellowness/blueness)	ΔE
Juwhangmi	88.29±0.21 ^{a1)}	-0.34±0.07 ^f	12.4±0.13 ^f	13.36±0.03 ^g
Shinwhangmi	86.37±0.22 ^d	0.05±0.02 ^{de}	13.40±0.12 ^e	15.35±0.18 ^f
Shinjami	45.13±0.29 ^g	19.28±0.15 ^a	-14.1±0.05 ^h	57.17±0.32 ^a
Borami	52.46±0.08 ^f	16.68±0.04 ^a	-5.26±0.01 ^g	47.65±0.09 ^b
Shinyulmi	88.45±0.02 ^a	0.01±0.01 ^e	17.03±0.07 ^b	17.16±0.07 ^d
Shinchunmi	87.98±0.05 ^b	-0.95±0.01 ^g	15.42±0.05 ^d	16.04±0.06 ^e
Yeonwhangmi	87.18±0.1 ^c	0.22±0.02 ^c	17.43±0.17 ^a	18.13±0.19 ^c
Jeungmi	85.86±0.02 ^e	0.14±0.01 ^{cd}	16.43±0.04 ^c	18.03±0.03 ^c

(3) SEM을 이용한 형태관찰

주사전자현미경으로 관찰한 고구마 분말의 입자 형태를 500배로 확대하여 본 결과는 Fig. 3과 같다. 그림에서 보는 것과 같이 고구마 분말에 고구마 전분입자가 존재함을 관찰할 수 있었다. 고구마의 전분입자는 대부분 둥글고, 타원형 모양을 하고 있었으며 일부 다면체 입자를 확인할 수 있었다. 고구마 품종에 따른 전분 함량이 차이를 보이는 것과 같이 분말에서 차지하는 전분입자의 비율도 차이를 보여 주황색고구마와 자색고구마에는 전분입자 외에 작은 조각들이 많이 분포하였다. 분말에는 전분입자를 함유하는 세포와 전분입자 세포물질들이 한꺼번에 관찰되었고 그 크기도 차이를 보여 신천미가 큰 입자형태로 구성됨을 알 수 있었다.

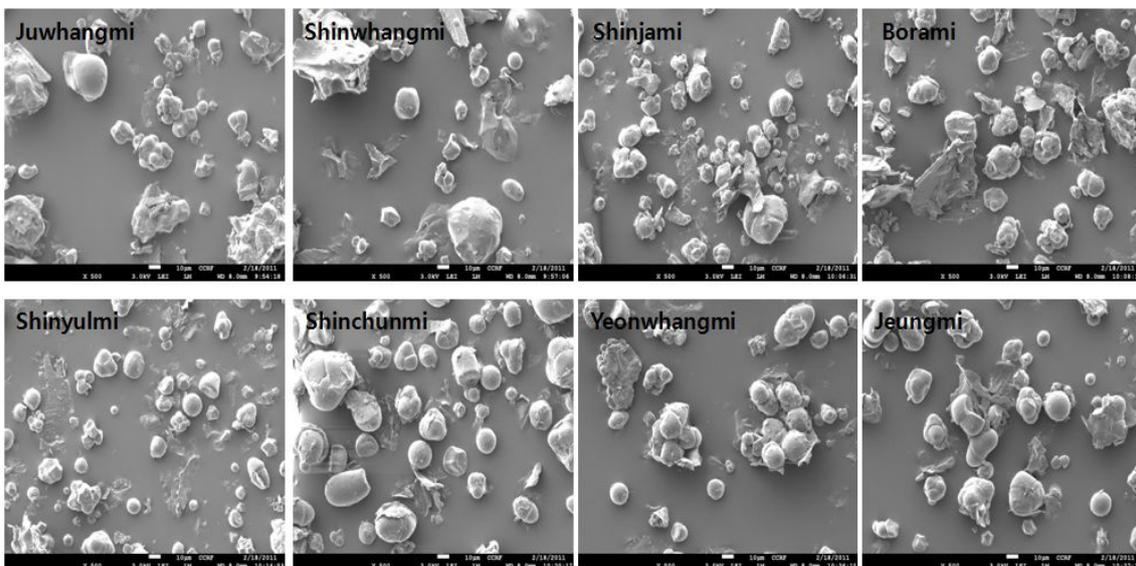


Fig. 3. Scanning electron microphotographs of sweet potato powders with different Korean varieties. The magnification was used ×500

(4) 고구마의 기능적 특성

가. 총 식이섬유 함량

고구마 분말의 총 식이섬유 함량은 Table 4와 같다. 자색고구마인 보라미와 신자미 분말이 각각 10.87%와 10.11%로 높은 값을 보였다. 또한 일반고구마 품종이 유색 고구마 품종(자색, 주황색)보다 더 낮은 식이섬유를 함유한 것으로 나타났다. 김과 유(4)는 자색고구마의 총 식이섬유가 열은 황색고구마보다 총 식이섬유 함량이 높았다고 하였으나 이는 품종에 따라 다를 것이라 생각하였으며, Yadav 등(2006)은 drum, hot-dry 와 같은 건조 방법에 따라 고구마 분말의 총 식이섬유 함량이 17.2~17.6%로 본 연구 결과 보다 높은 함량을 나타내었다. 또한 Shih 등의 연구(2009) 결과에서도 노란색을 띠는 고구마와 주황색을 띠는 고구마 품종의 총 식이섬유 함량이 각각 14.48~15.91%, 13.59~18.76%로 본 실험에서 사용된 고구마 분말이 7.20~10.87%를 나타낸 것과 비교하면 높은 함량을 보여주었다. 식이섬유는 인간의 소화기관에서 분비되는 효소에 의해 분해되지 않은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 펙틴 및 검류와 비탄수화물성 물질인 리그닌의 합으로 정의되며 특히 고구마는 쉽게 구할 수 있는 식이 섬유공급원이라고 할 수 있다.

나. 알코올 불용성 고형분(Alcohol Insoluble Solid, AIS)

고구마의 알코올 불용성 고형분 측정 결과는 Table 4과 같다. 생고구마의 수분함량은 주황미와 신황미가 각각 82.16%, 81.36%로 가장 높은 수분 함량을 보였고 알코올에 용해되지 않은 고형분 AIS의 함량은 일반 고구마 품종인 신율미, 신천미, 증미가 높은 값을 보인 반면 주황색 고구마인 주황미와 신황미가 16.21%, 17.11%로 낮은 값을 보였다. AIS 중 전분함량은 분질 고구마인 신천미와 증미가 각각 31.50%와 30.04%로 가장 높았고 점질 고구마인 주황미, 신황미, 신자미, 보라미가 가장 낮았다.

Table 4. Alcohol insoluble solid and total dietary fiber contents of SPF with different varieties

Sweet potato varieties	AIS content (%)	Total dietary fiber content (%)
Juwhangmi	16.21±0.00 ^d	9.27±0.07 ^b
Shinwhangmi	17.11±0.02 ^d	8.44±0.51 ^c
Shinjami	26.54±0.03 ^b	10.87±0.03 ^a
Borami	17.48±0.01 ^d	10.11±0.21 ^a
Shinyulmi	32.70±0.01 ^a	7.20±0.57 ^d
Shinchunmi	36.27±0.01 ^a	7.22±0.59 ^d
Yeonwhangmi	21.61±0.02 ^c	7.99±0.00 ^{cd}
Jeungmi	33.77±0.01 ^a	8.11±0.06 ^c

다. Amylolytic enzyme 활성

고구마는 자연식품 중에 β -amylase를 많이 함유하여 효소를 고구마로부터 추출하여 사용하기도 하며 삶거나 구운 고구마의 단맛이 증가하는 것은 β -amylase의 작용으로 알려지고 있다. 고구마는 함유된 전분 함량이나 효소 함량에 따라 가열 후 단맛의 증가정도가 달라지며 텍스처에도 영향을 주므로 품질을 결정하는데 α 나 β -amylase 활성은 중요한 역할을 하는 요소 중에 하나이다. 8개 품종의 고구마로부터 추출한 조효소액의 amylolytic 효소활성을 측정한 결과 고구마 품종에 따라 차이를 보였다($p < 0.05$). 이 중 증미의 amylolytic 활성이 6.61 mg/g SP 로 가장 높았으며 보라미와 연황미가 낮은 활성을 나타냈다. 가열 후 앙금으로 사용할 때는 초기의 당 함량이나 가열과정에서 전분의 분해가 적으로 것이 바람직한 것으로 생각되므로 보라미나 연황미가 적당할 것으로 보이나 신천미나 증미도 가능한 리올로지를 보이는 것으로 보아 단백질의 첨가나 패이스트 처리조건을 조절하면 고구마만으로도 가능할 것으로 생각되었다.

라. 유리당 함량

고구마의 유리당 함량은 생고구마에 함유된 당 함량으로 생고구마의 맛과 가열 후 고구마 맛에 영향을 준다. 유리당은 자당과 포도당, 과당으로 구성되어 있는데 Table 5과 같이 신황미에서 21.00%로 가장 높았고 주황미, 보라미, 신자미 순서이었으며 신천미에서 7.00%로 가장 낮은 당 함량을 보였다.

Table 5. Free sugar content and amylolytic enzyme activity of eight different Korean sweet potatoes

Sweet potato varieties	Free sugar content (mg/g SPF)	Amylolytic enzyme activity ¹⁾ (glucose mg/g SP)
Juwhangmi	14.93 ± 0.38 ^{b2)}	4.58 ± 0.04 ^d
Shinwhangmi	21.00 ± 0.27 ^a	3.80 ± 0.00 ^e
Shinjami	9.66 ± 0.33 ^d	3.60 ± 0.01 ^f
Borami	10.50 ± 0.03 ^c	2.41 ± 0.03 ^g
Shinyulmi	8.10 ± 0.02 ^e	6.30 ± 0.01 ^b
Shinchunmi	7.00 ± 0.07 ^g	5.41 ± 0.01 ^c
Yeonwhangmi	8.04 ± 0.06 ^e	2.47 ± 0.03 ^g
Jeungmi	7.50 ± 0.14 ^f	6.61 ± 0.06 ^a

¹⁾Amylolytic enzyme activity was predicted from amount of reducing sugar content liberated from the soluble starch reacted with crude enzyme extracted from SP.

마. 안토시아닌 함량

동결 건조 고구마 분말의 안토시아닌 함량을 측정한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 고구마의 안토시아닌 함량은 자색 고구마인 신자미와 보라미가 3354.31과 2433.68 $\mu\text{g/g}$ 으로 높은 함량

을 가졌으나 다른 고구마는 안토시아닌 색소를 거의 함유하지 않고 있음을 확인하였다. 안토시아닌 색소는 식물성 수용성 색소로서 원래 고구마에는 안토시아닌 색소가 함유되어 있지 않지만 안토시아닌의 기능성이 높다는 결과로부터 안토시아닌을 함유한 자색 고구마가 개발되어 그 수요가 증가하고 있다. 초기 개발된 자미에는 높은 안토시아닌을 함유하였으나 자색을 더하면서도 맛과 품질을 개선한 품종으로 안토시아닌을 함유한 신자미와 보라미 품종이 개발되어 가공용으로 색소활용이나 기능성을 갖는 고구마를 소재로 활용하는데 매우 우수한 것으로 생각되었다. 이는 다른 식물에 함유된 안토시아닌에 비해 비교적 열과 광선에 안정하여 색소로서, 기능성 효능으로 좋음이 알려져 있다. 안토시아닌이 풍부한 자색 고구마를 이용하여 천연기능성 색소로 이용 할 수 있을 뿐 만 아니라 기능성 식품 소재로서 활용 가능성이 높을 것으로 생각되었다.

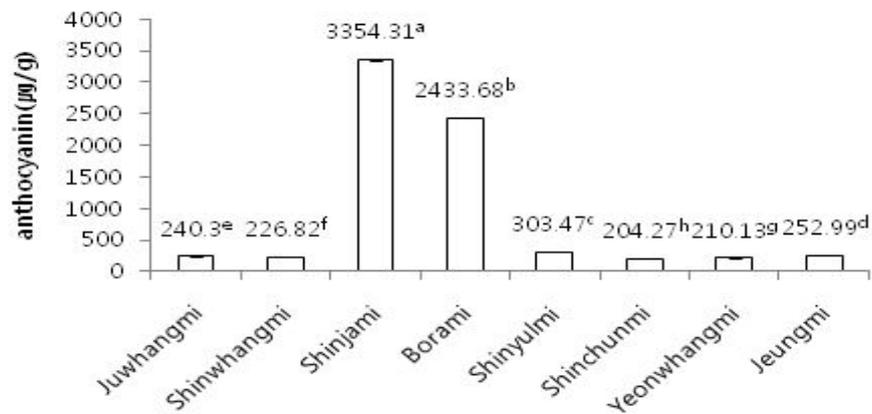


Fig. 4. Anthocyanin contents (µg/g) of sweet potato powders with different Korean varieties

바. 카로티노이드 함량

동결건조한 고구마 분말의 카로티노이드 함량은 8가지 품종에 따라 차이를 보였으며 ($p < 0.05$), 오렌지색 고구마인 주황미, 신황미는 20.5와 19.28 mg/100 g 함유되어 있다(Fig. 5). 분질형의 일반 고구마 중 육질색이 노란색을 띤 신율미와 연황미는 15.16과 15.94 mg/100 g으로 그 다음 순이며 신천미와 증미는 육질색이 하얀 고구마로 9.48과 8.53 mg/100 g을 나타냈다. 자색고구마에는 낮은 카로티노이드를 함유하고 있으며 특히 보라미는 0.52 mg/100 g으로 거의 함유되어 있지 않았다.

고구마에 함유된 안토시아닌은 열이나 공기 중에서 비교적 안정하나 카로티노이드는 산소와 빛에 의해 쉽게 분해되어 탈색이 일어나기 때문에 매우 불안정하여 분말로 제조하였을 때 색소소재로 사용하기에는 어려운 점이 있음을 확인하였다.

고구마를 굽기, 찌기, 삶기의 방법으로 호화시킨 다음에 페이스트 상태로 냉동보관하거나 빛과 산소가 차단된 상태로 보관해야 카로티노이드 색소의 색소나 기능성을 활용할 수 있었다.

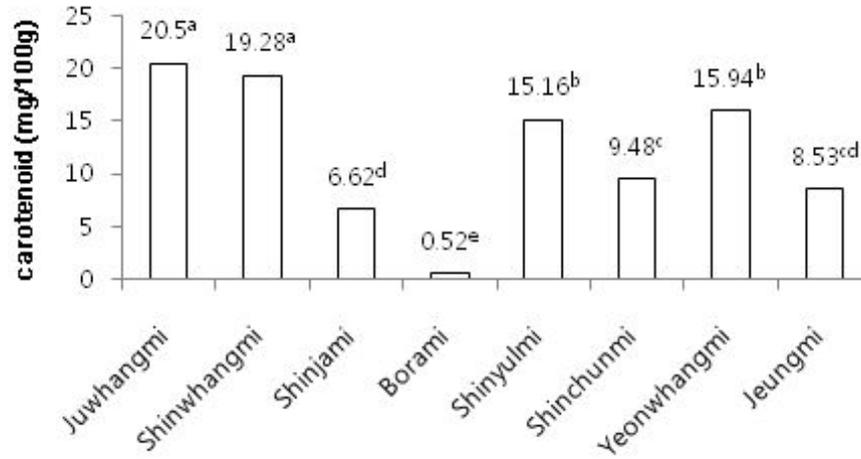


Fig. 5. Carotenoid contents ($\mu\text{g/g}$) of sweet potato powders with different Korean varieties

사. 총 페놀화합물 함량

고구마 품종별 총 페놀화합물을 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. 보라미와 신자미 품종의 총 페놀화합물 함량이 각각 $638.79 \mu\text{g/g}$ 과 $454.13 \mu\text{g/g}$ 으로 높았으며, 다른 품종에 비해 증미는 $15.89 \mu\text{g/g}$ 으로 낮은 페놀화합물을 포함했다. 자색고구마 > 주황색 고구마 > 일반고구마 순으로 페놀 함량이 높음을 확인할 수 있었다.

Table 6 . Total phenolics contents in sweet potatoes powders

Sweet potato varieties	Total phenolics ($\mu\text{g/g}$)
Juwhangmi	$55.23 \pm 0.74^{\text{c1}}$
Shinwhangmi	$44.79 \pm 0.17^{\text{d}}$
Shinjami	$454.13 \pm 3.73^{\text{b}}$
Borami	$638.79 \pm 1.30^{\text{a}}$
Shinyulmi	$22.29 \pm 0.08^{\text{f}}$
Shinchunmi	$26.96 \pm 1.25^{\text{e}}$
Yeonwhangmi	$22.72 \pm 0.28^{\text{f}}$
Jeungmi	$15.89 \pm 0.64^{\text{g}}$

아. DPPH 자유 라디칼 소거능

고구마의 DPPH 자유 라디칼 소거능은 고구마로부터 추출한 용액에 DPPH 시약을 이용하여 시약이 환원되는 정도를 EDA(%)로 표시하여 항산화활성을 나타낸다. 고구마 품종별 DPPH 자유라디칼 소거능을 측정한 결과는 Fig. 6와 같았다. 8가지 고구마 시료에서 항산화 활성이 나타났으며 카로티노이드 함량이 높은 주황미가 가장 높은 항산화 활성을 보였으며 신황미, 자색 고구마인 신자미와 보라미 품종도 비교적 높은 항산화 활성을 보였다. 이것은 자색 고구마에 들어있는 높은 페놀화합물과 안토시아닌 색소가 라디칼 소거 활성의 주요 물질이었을 것이라 생각된다.

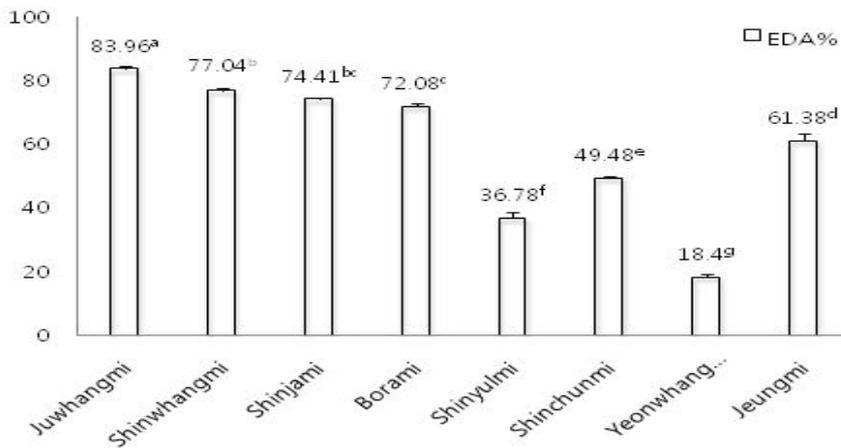


Fig. 6. EDA(%) of sweet potato powders with different Korean varieties

(5) 가공적성 결과

가. 총 전분 함량

품종별 고구마 총 전분 함량 결과는 표 4와 같다. 생고구마에 칼로 깎아서 단면을 자를 때 전분함량이 많은 밤고구마는 매우 단단한 조직을 가지고 있어 쉽게 잘라지지 않으나 점질성의 물고구마는 수분함량이 높고 전분함량이 낮아 칼에 쉽게 잘라지게 된다. 또한 밤 같은 성질의 분질고구마는 밀도가 높고 갈변화 효소와 기질인 페놀성물질이 많이 함유되어 갈변이 잘 일어나는 것이 일반적이고 알라핀이라는 수지로 인해 끈적한 하얀 액이 나오면서 빠르게 갈변화 과정이 진행된다. 이에 비해 수분이 많은 점질고구마는 육질을 단면으로 자를 때 쉽게 칼이 들어가고 갈변이 상대적으로 적게 일어난다. 실제 밤 또는 물고구마의 구분은 생고구마보다는 가열 후 익은 고구마로 구분이 쉬운데 단단하고 밤과 같이 포송한 딱 찬 느낌의 고구마인 밤고구마와 손으로 쉽게 들어가면서 단물이 고구마에 남아있고 질퍽한 텍스처를 가지는 물고구마로 구분한다.

전분함량, 또는 알코올 불용성고형분 함량이 높은 것이 분질 고구마로 포근포근한 질감으로 전분 활용성이 많은 제품에 이용성이 좋으며 고물, 양금 등의 가공용으로 이용될 수 있고 전분함량이 비교적 낮은 점질고구마는 수분이 많고 단맛이 강해 그냥 찌거나 구워 먹는 용도로 많이 이용되고 있다. 품종별에서 신천미가 70.76%로 높게 나타났으며 점질성인 주황미와 신황미가 낮은 전분함량을 가지고 있었다. 유색을 가진 신자미와 보라미에서도 각각 57.37%, 49.30%의 전분함량을 확인할 수 있었다.

나. 손상 전분 함량

품종별 고구마의 손상 전분 함량 결과는 표 4와 같다. 손상전분 함량은 매우 낮으며 0.91%의 값을 가진 신천미에서 가장 낮은 손상전분 함량을 보였고, 보라미가 3.09%로 8가지 품종 중 손상전분 함량이 가장 많았다. 손상전분이 많으면 전분분해효소 작용이 용이하여 쉽게 당용액으로 변화되는 현상 즉 쉽게 물러지거나 수분 흡수가 많은 느낌을 주게 되므로 페이스트를 만들었을 때나 분말로 제조시 품질의 변화와 관련성이 높다.

Table 7. Total and damage starches of freeze-dried powders from sweet potatoes

Sweet potato varieties	Total starch content (%)	Damaged starch content (%)
Juwhangmi	49.53±0.32 ^{fg1)}	1.51±0.07 ^d
Shinwhangmi	48.87±0.60 ^g	2.61±0.01 ^{bc}
Shinjami	59.31±0.43 ^e	2.18±0.37 ^c
Borami	50.50±0.19 ^f	3.09±0.29 ^a
Shinyulmi	61.89±0.08 ^d	1.37±0.06 ^d
Shinchunmi	70.46±0.05 ^a	0.91±0.22 ^e
Yeonwhangmi	66.14±0.18 ^b	2.76±0.14 ^{ab}
Jeungmi	63.68±1.57 ^c	1.49±0.01 ^d

다. 물 결합능력 및 팽윤력과 용해도

품종별 고구마 분말의 품종별 이화학적 특성 분석 결과는 표 8와 같다. 자색 고구마의 경우 보라미가 신자미에 비해 높은 값을 보였고, 신허미와 주황미는 각각 132.79% 와 135.57%로 비슷한 물 결합능력을 보였다. 특히 보라미는 169.92%로 다른 품종에 비해 높은 물 결합능력을 갖고 있음을 알 수 있다. 팽윤력에서는 주황색 고구마 간에 차이를 보이는데 신허미가 주황미에 비해 높은 값을 나타냈다. 용해도에서는 같은 자색 고구마 임에도 불구하고 보라미는 68.11% 신자미는 83.19%로 두 품종 간에 차이를 보였다.

라. Oil 흡수력

고구마 분말의 Oil 흡수력은 주황색 고구마인 신허미와 보라색 고구마인 보라미가 각각 149.25%와 143.49%로 높은 흡수력을 보였고, 신율미와 신천미 분말이 97.08과 97.54%로 Oil 흡수력이 낮았다. 김 등(2010)의 결과에서 보면 고구마 분말의 Oil 흡수력은 고구마의 건조방법에 따라 차이를 나타내 모든 육질색 종류의 고구마에서 동결건조 한 분말보다 열풍건조 한 분말의 Oil 흡수력이 유의적으로 높게 나타났다고 보고하였고, 동결건조 한 분말 중 주황색 고구마 분말이 가장 높은 수치를 보였다고 하였다. 고구마분말이나 고구마를 기름을 이용하여 가공처리할 때 신천미와 신율미가 Oil 흡수력이 낮아 건강에 도움을 줄 수 있으며 주황색 고구마의 베타 카로틴의 흡수는 Oil 흡수력이 높은 것이 도움을 줄 것으로 생각되었다. 즉 고구마는 육질색이나 품종에 따라 그 특성이 달라지므로 가공 목적으로 사용할 때 특성을 고려하여 가공 조건에 맞는 품종을 선발하는 것이 품질유지와 관리에 중요할 것으로 생각되었다.

Table 8. Physicochemical characteristics of freeze-dried powders from sweet potatoes

Sweet potato varieties	Water binding capacity (%)	Swelling power at 80°C	Solubility at 80°C (%)	Oil absorption (%)
Juwhangmi	132.35±2.41 ^f	21.27±1.87 ^{abcd}	81.83±0.06 ^{cd}	126.03±4.96 ^c
Shinwhangmi	138.38±0.21 ^{ef}	22.24±0.50 ^{abc}	83.35±0.20 ^{bc}	149.25±0.75 ^a
Shinjami	144.23±5.05 ^{de}	18.96±0.68 ^{bcd}	80.03±0.37 ^d	132.59±3.68 ^b
Borami	159.82±0.76 ^b	17.38±0.91 ^d	71.81±1.62 ^e	143.49±0.37 ^a
Shinyulmi	150.93±1.25 ^{cd}	25.54±4.30 ^a	87.49±1.14 ^a	97.08±0.04 ^d
Shinchunmi	154.36±0.42 ^{bc}	18.20±0.51 ^{cd}	43.04±1.47 ^f	97.54±0.26 ^d
Yeonwhangmi	174.70±4.77 ^a	22.67±0.32 ^{ab}	85.32±0.31 ^{ab}	132.48±2.04 ^b
Jeungmi	167.18±3.44 ^a	22.34±0.34 ^{abc}	86.24±0.60 ^a	120.23±2.78 ^c

마. 호화 특성

신속점도 측정기를 이용하여 고구마의 분말의 호화양상을 측정된 결과는 Table 9에 나타내었다. 고구마 분말에는 50-70%의 전분을 함유하고 있기 때문에 전분과 유사한 호화양상을 보일 것으로 생각되었으나 Table 5와 같이 매우 낮은 점도를 나타내었다. 초기 전분이 호화되기 시작하는 호화개시온도는 69.50~75.95°C 범위에서 나타났으며 전체적으로 점도 상승이 되지 않고 신천미와 연황미를 제외하고는 최고점도도 10 RVU에 미치지 못하였다. 낮은 호화점도를 보이는 고구마 분말도 품종에 따라 차이를 보여($p < 0.05$) 주황색 고구마는 더 낮은 최고 점도와 breakdown viscosity를 나타냈다. 고구마 분말의 RVA에 의한 호화 양상이 고구마 전분과는 완전히 다른 양상을 보이고 있는데 이를 확인하기 위해 자색, 주황색, 일반 분질 고구마 중에서 한가지씩 분리된 전분의 호화양상을 검토해본 결과 신자미, 신황미와 신율미전분의 최고 점도는 각각 437.9, 441.7과 424.1 RVU로 고구마 분말의 8.62, 7.44와 8.78 RVU와는 큰 차이를 보임을 확인하였다. 또한 고구마 전분에 신자미 분말을 5와 10% 첨가시 각각 170.0와 110.0 RVU를 나타내어 고구마 분말의 전분분해효소가 가열 중에 호화된 전분에 작용하여 점도를 낮추는 것을 확인하였다.

Table 9. Pasting characteristics of sweet potato powders with different Korean varieties

Sample	Initial pasting temperature (°C)	Viscosity(RVU)				
		Peak(P)	Trough(T)	Final(F)	Breakdown (P-T)	Setback (F-T)
Juwhangmi	69.50±0.00 ^{e1)}	6.08±0.17 ^e	4.60±0.08 ^{bc}	5.28±0.11 ^{bc}	1.48±0.09 ^d	0.68±0.03 ^c
Shinwhangmi	73.00±0.28 ^c	7.44±0.02 ^{de}	5.15±0.04 ^b	6.06±0.03 ^b	2.29±0.06 ^d	0.91±0.01 ^{bc}
Shinjami	73.80±0.28 ^c	8.62±0.12 ^{cd}	4.38±0.00 ^{cd}	5.16±0.01 ^{bc}	4.24±0.12 ^c	0.78±0.01 ^c
Borami	69.90±0.28 ^e	10.22±0.06 ^c	4.91±0.02 ^{bc}	6.12±0.04 ^b	5.31±0.08 ^c	1.12±0.02 ^b
Shinyulmi	75.95±0.78 ^a	8.78±0.71 ^{cd}	3.44±0.10 ^e	4.14±0.17 ^d	5.35±0.61 ^c	0.70±0.07 ^c
Shinchunmi	73.70±0.00 ^c	26.23±2.09 ^a	6.28±0.54 ^a	7.99±0.92 ^a	19.95±1.54 ^a	1.72±0.37 ^a
Yeonwhangmi	72.05±0.49 ^d	14.07±1.84 ^b	4.76±0.46 ^{bc}	5.65±0.61 ^b	9.94±1.38 ^b	0.89±0.15 ^{bc}
Jeungmi	74.90±0.00 ^b	8.98±0.05 ^{cd}	3.87±0.04 ^{de}	4.59±0.05 ^{cd}	5.11±0.00 ^c	0.72±0.01 ^c

(6) 제품개발 부분

한국산 고구마 품종을 이용한 가공용 소재 개발

1) 고구마 당절임

고구마 껍질을 벗기고 일정한 크기로 자른 후 주황색고구마는 블랜칭시킨 다음 설탕시럽을 이용하여 당절임을 하였고 밤고구마는 부분적으로 갈변현상이 나타나 황설탕을 이용한 시럽에 당절임을 하였다. 저장용 병에 담아 완전히 밀봉하지 않은 상태에서 끓는 물에서 살균하고 커낸 후 뚜껑을 단단히 막아 실온에 보관하였다.

고구마 당절임은 제빵이나 제과용에 작게 또는 그대로 사용하여 첨가함으로써 씹은 맛을 느낄 수 있으면서 고구마 제품인 것을 확실하게 할 수 있는 소재로 사용할 수 있으며 샐러드나 드레싱을 제조할 때에도 사용할 수 있다. 시럽의 농도와 고구마 종류 및 크기에 따라 적절하게 응용이 가능하기 때문에 생고구마의 맛을 그대로 살릴 수 있는 우수한 소재 제품으로 생각되었다.



2) 고구마 조청 및 고추장 제조

조청을 쌀을 원료로 만들어 왔지만 고구마도 전분을 함유하고 있어 전분을 호화시키고 여기에 고구마와 엿기름의 β -amylase 작용을 시키면 전분이 maltose로 분해되면서 고구마 향을 갖는 말토오스의 농축액, 조청을 만들 수 있다. 보리를 발아하여 효소 활성을 높이고 엿기름을 물에 담가 효소를 분리하여 가장 좋은 온도조건에서 활성화를 시키면 조청의 수율을 증가할 수 있다. 45-55℃로 효소액을 추출한 다음 이를 익힌 고구마에 넣어 온도를 유지하면서 효소작용을 시키고 건더기를 걸러내어 가열하면서 졸인다. 이렇게 만든 조청은 독특한 고구마 향을 갖는 조청이 만들어지며 이를 이용하여 고추장을 만들거나 한과, 엿, 음식에 감미료로 사용할 수 있다.



고구마 조청

고구마 조청 고추장(위)과 조청 및 찹쌀고추장(아래)

3) 건조고구마 채 및 슬라이스 건조 고구마 제조



건조고구마는 주황색(호박)고구마를 사용하여 만드는 것이 적합하며 만든 건조 고구마 채는 제과, 샐러드, 다양한 제품에 사용이 가능하며 씹는 맛이 고소하여 안주로 사용하거나 고품료 사용할 수 있다.

4) 고구마 이용 제과제빵

고구마 당절임, 건조 고구마 채나 건조 고구마 슬라이스 등을 첨가하여 제조하기도 하며 가장 쉽게는 고구마 페이스트와 당절임을 이용하여 색깔 양갱을 만들 수 있다.

고구마도 글루텐이 포함되어 있지 않아 쌀가루와 함께 글루텐 무첨가 식품을 제조할 때 매우 유리한 원료나 소재로 사용할 수 있다. 고구마 분말을 90%까지 사용하여 쌀가루 혼합으로 치즈케이크나 스펀지 케이크 등 일반적인 케이크를 제조할 수 있다.

최근에 식사대용으로 많이 먹는 팬케이크나 와플에도 쌀가루와 생고구마 분말, 호화분말을 혼합하여 더 달고 맛이 우수한 글루텐이나 유화제 등의 첨가제를 거의 사용하지 않는 제품들을 제조할 수 있다.



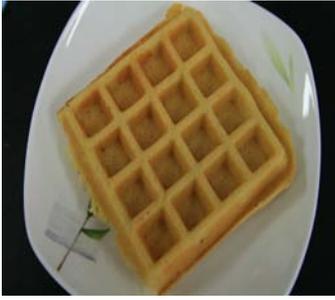
치즈케이크



고구마 롤케이크



고구마 카스테라



고구마 와플



고구마 구움과자



고구마 앙금롤

고구마 구움과자는 고구마의 껍질이 없는 상태로 뜨겁게 또는 냉동된 상태로 보관하여 차게, 전자렌지를 사용하여 데워 먹을 수 있는 고구마이다. 자색, 주황색, 신율미 같은 노란색이나 흰색의 고구마 페이스트에 맛을 보완하기 위해 호화된 쌀가루, 앙금 등을 혼합하거나 페이스트를 그자체로 육면체 모양을 만들어 호화 찹쌀가루나 전 처리한 찹쌀가루를 묻혀 구워내고 이를 냉동시켜 보관한다.

손쉽게 구운 고구마와 같은 맛을 즐길 수 있으며 다른 것들의 혼합 비율을 낮추게 되면 천연의 고구마를 간편하게 먹을 수 있는 식품으로 매우 적당하다.

고구마 분말을 생가루로 사용하면 가열과정 중에 수분이 있을 때 호화된 전분을 가수분해시켜 전체적인 식품의 텍스처를 저하시킬 수 있게 되기 때문에 쌀가루로 만든 과자류에 첨가할 때는 호화분말을 첨가함으로써 쌀가루가 갖는 부슬부슬한 맛을 전체적으로 감싸게 되어 맛과 텍스처를 향상하게 된다. 자색고구마 분말은 색상을 그대로 유지할 수 있어 바람직하며 너무 강하지 않도록 40%에 쌀가루 60%를 첨가하였으며 일반 또는 주황색고구마 분말은 50%까지 첨가해도 품질이 향상된 좋은 맛을 나타내게 되어 쌀가루와 고구마 분말을 혼합한 제품으로 다양한 제품 개발이 무궁할 것으로 생각되었다.

전병은 얇게 만들고 쌀가루를 넣으면서 당의 함량을 1/3으로 줄여 저열량 제품이며 색도 고울뿐만 아니라 고구마 향과 맛을 가지고 있어 다양한 연령층에서 선호하고 있다. 찹케이크는 오븐이 없거나 전통적인 맛을 즐기는 소비자에게 만들어 제공하면 좋은 제품으로 어린이나 노인의 간식용으로도 바람직하다. 냉동쿠키는 뽀뽀한 텍스처를 고구마 분말로 부드럽고 응집성이 있도록 만들어 품질이 매우 우수하다는 평을 받은 제품이다.



전병 (자미, 밤고구마 분말)



냉동쿠키



하트쿠키



찜케이크

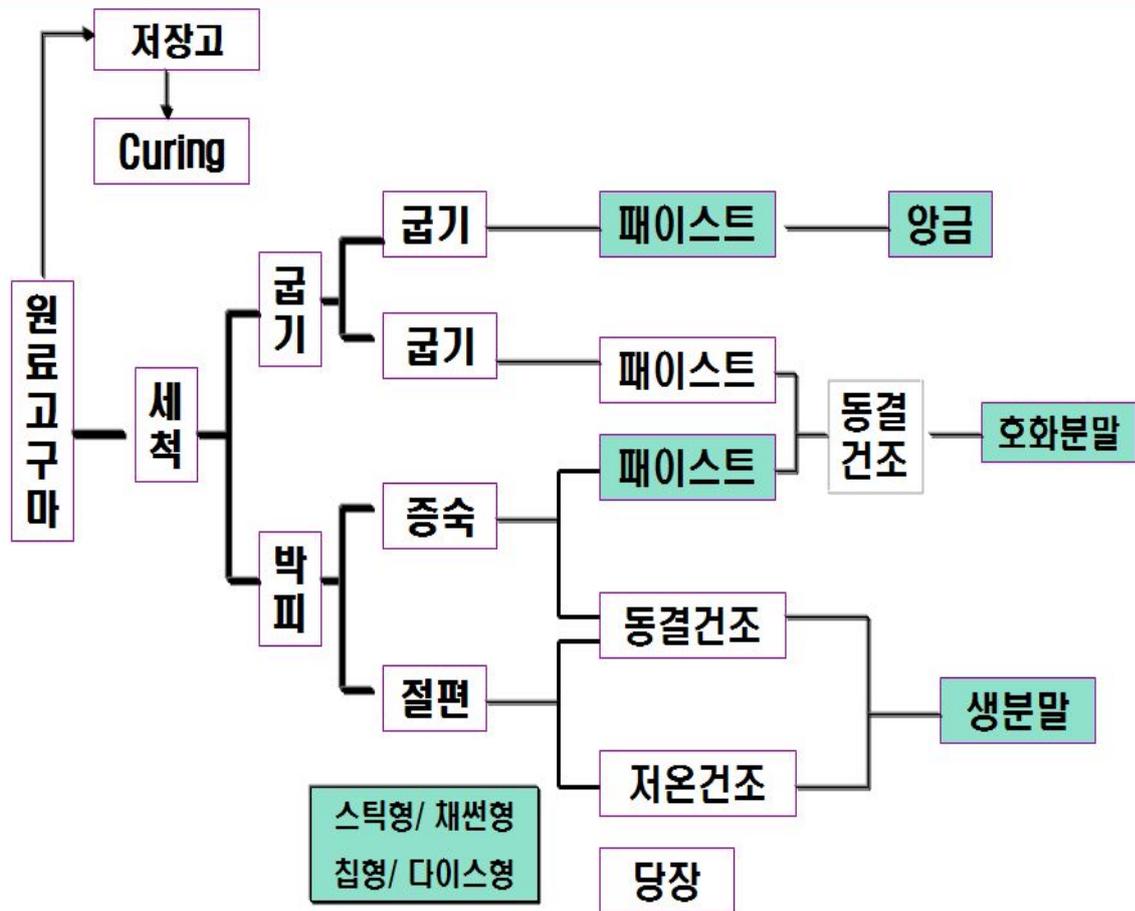


상투과자

원료인 고구마에는 색소의 종류, 전분함량, 수분함량, 함유된 페놀성물질, 갈변화 또는 전분 가수분해효소 등이 품종에 따라 차이를 보이며 특히 고구마는 지역의 토양, 기후조건에 따라서도 다른 특성을 보이게 된다. 단위면적당 수확량이 많아 구황식물로서도 알려져 있는 고구마는 뿌리채소로 다른 농산자원보다 비료나 농약의 사용이 적은 친환경적인 식품이다. 여러 연구를 통하여 실질적으로 식품산업에 활용할 수 있도록 용도에 따른 적품종을 선발하여 혼입되지 않은 상태로 단일품종으로 재배할 수 있도록 하게 되면 가공 식품이나 소재의 품질을 모두 관리할 수 있기 때문에 같은 품종의 단지화가 필요하다.

식품의 가공 원료 소재로 사용할 수 있는 재료를 제조할 수 있는 방안을 도식으로 나타내면 다음과 같다. 원료고구마를 보관하기위하여는 우선 고온에서 curing 처리를 하여 병내성을 갖도록 해야 한다. curing도 장기간의 보관을 쉽지 않으므로 생과로 판매할 수 있는 것들을 제외한 고구마를 굵기, 박피 후 찌기, 절편으로 증숙 또는 건조하여 생고구마 분말, 호화고구마 분말, 호화 페이스트, 고구마 전분, 고구마 자채를 채나 슬라이스하여 건조, 당절임 등으로 만들어 저장성을 높이면 가공원료로 다양하게 사용할 수 있는 소재가 가능하게 되어 소재와 제품으로 판매할 수 있다.

고구마 원료의 가공소재의 제조



IV. 연구 성과 및 성과활용 계획

1. 연구성과

가. 학술지

게재연 도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저 자				
2011년	한국산 8품종 고구마 분말 특성				한국식품 조리과학 회	제 27권 제2호	국내	

나. 학술발표

한국식품과학회(2건)

2010. 6. 16 ~ 18



다. 특허출원 및 등록

고구마 식품소재와 쌀가루를 이용한 gluten-free 기능성 식품의 특허 출원을 준비하고 있음

라. 인력양성

본 과제에 참여한 석사과정 학생이 학위 논문을 준비하고 있으며 참여한 석, 박사과정 대학원생이 국내학회 발표는 물론 국내 및 국외 학술지에 논문 게재를 준비하고 있음

마. 홍보

교육청-쌀과 함께하는 건강생활 프로젝트 전국 시,도 순회교육
FACT 농업기술실용화재단 “참살이 우리농식품 전시 행사2010. 9. 8. (코엑스)
2010 산학협력 EXPO 2010. 11.4~6 (일산 Kintex)

2. 성과활용 계획

본 연구과제의 수행 결과 얻어진 과제는 다음과 같이 활용할 계획이다.

가. 국내외 전문 학술지 논문 게재

본 과제를 통해 지속적인 결과를 전문 학술지에 투고할 예정임

- Physical properties and molecular structure of sweet potato and mung bean starches (Food Chemistry에 투고 함)
- Functional Properties of Sweet Potatoes with Different Korean Varieties (Food Science and Biotechnology에 투고 예정)
- Physicochemical properties of Korean sweet potato starches (Starch에 투고 예정)

나. 관련기술의 기업체 기술이전 추진

- 고구마 식품소재 자체와 고구마 분말과 쌀가루를 이용한 gluten-free 제품의 특허 출원 후 기업체 기술 이전을 추진할 예정임

V. 참고 문헌

1. AACC. 2000. Approved Methods of the American Association Cereal Chemists, 10th ed., The Association, St. Paul, MN, USA
2. Ahmed M, Akter MS, Eun JB. 2010. Peeling, drying temperatures, and sulfite-treatment affect physicochemical properties and nutritional quality of sweet potato flour. Food Chem 121:112-118
3. AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA. Method 991.43
4. Bovell-Benjamin AC. 2007. Sweet potato: A review of its past, present, and future role in human nutrition. Advances in Food Nutri Res 52:1-59
5. Evers AD, Stevens DJ. 1985. Starch damage in advances in cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists Inc. Vol. II pp 321-349
6. Greene JL, Bovell-Benjamin AC. 2004. Macroscopic and sensory evaluation of bread supplemented with sweet-potato flour. J Food Sci 69(4): SNQ167-173
7. Greenwood CT, Machenzie S. 1963. An investigation of the starch of the fruit of the potato (*Solanum tuberosum*). Starch/Stärke 15:251-255
8. Huang AS, Tanudjaja L, Lum D. 1999. Content of alpha-, beta-carotene, and dietary fiber in 18 sweetpotato varieties grown in Hawaii. J Food Composit Anal 12:147-151
9. Kim KE, Kim SS, Lee YT. 2010. Physicochemical properties of flours prepared from sweet potatoes with different flesh colors. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(10):1476-1480
10. Kulp K, Lorenz K. 1981. Heat-moisture treatment of starches I. Physico-chemical properties. Cereal Chem 58:46-52
11. Lee KA, Shin MS, Ahn SY. 1985. The changes of pectic substances in sweet potato cultivars during baking. Korean J Food Sci Technol 17: 421-425
12. Lin MJ, Humbert ES, Sosulski FW. 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. J Food Sci 39:368-370
13. Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. Cereal Chem 36:534-544.
14. Madamba LSP, Bustrillos AR, San pedro EL. 1975. Sweet potato starch: physicochemical properties of the whole starch. Philippine Agriculturist 58: 338-350
15. McCleary BV, Gibson TS, Mugford DC. 1997. Collaborative evaluation of a simplified assay for total starch in cereal products. Cereal Foods World 42:476-480
16. Medcalf F, Gilles KA. 1965. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. Cereal Chem 42:558-568

17. Reddy NN, Sistrunk WA. 1980. Effect of cultivar, size, storage, and cooking method on carbohydrates and some nutrients of sweet potatoes. *J Food Sci* 45:682-684
18. Rumbaoa RGO, Cornago DF, Geronimo IM. 2009. Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. *Food Chem* 113:1133-1138
19. Schoch TJ, Leach W. 1964. Whole starches and modified starches. In: *Methods in Carbohydrate Chemistry Vol. II* pp 106-108. Whistler RL. (ed). Academic Press. NY, USA
20. Shin MS, Ahn SY. 1986. Action of crude amylolytic enzyme extracted from sweet potatoes and amylolytic enzymes on the sweet potato starches. *Korean J Food Sci Technol* 18(6):431-436
21. Shin MS, Ahn SY. 1987. Textural properties of dry and moist type sweet potatoes. *J Korean Agric Chem Soc* 30(4):315-322
22. Shin MS, Ahn SY. 1988. Characteristics of dry and moist type sweet potato starches. *Korean J Food Sci Technol* 20(3):412-418
23. Sistrunk WA. 1971. Carbohydrate transformations, color and firmness of canned sweet potatoes as influenced by variety storage pH and treatment. *J Food Sci* 36:39-42
24. Teow CC, Truong V, McFeeters RF, Thompson RL, Pecoto KV, Yencho GC. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem* 103:829-838

제 3 절

고구마 이용 고품질 베이커리 가공제품의 개발

Development of High Quality Bakery Products Using Sweet Potato Flours

연구책임자

경원대학교

교 수 이 영 택

목 차

1. 개요	137
2. 재료 및 방법	137
가. 고구마의 분말화 기술방법	137
(1) 재료	137
(2) 고구마 분말의 제조	137
(가) 갈변방지제의 처리	137
(나) 동결건조	137
(다) 열풍건조	137
(라) 고구마의 분말화	138
(마) 고구마 분말의 분급	138
(3) 고구마 분말의 이화학적 특성분석	138
(가) 일반성분	138
(나) 전분 및 식이섬유 함량	138
(다) Carotenoids 분석	138
(라) 입도분석	139
(마) 미세구조	139
(바) 색도	139
(사) 수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 Oil흡수율	139
(아) 분산성	139
(자) Differential Scanning Calorimeter (DSC) 측정	139
(차) 고구마 분말의 in vitro 가수분해율	140
(카) α -amylase 활성	140
(4) 고구마 전분의 이화학적 특성 분석	140
(가) 고구마 전분의 제조	140
(나) 일반성분	140
(다) 색도	140
(라) 미세구조 및 입자크기	141
(마) X-선 회절도	141
(바) 팽윤력 및 용해도	141
(사) Differential Scanning Calorimeter (DSC) 측정	141
(아) Rapid Visco- analyzer (RVA) 측정	141

(자) 전분의 in vitro 가수분해율	142
(5) 고구마 분말의 베이커리 가공적성	142
(가) 고구마분말을 첨가한 밀가루의 Mixograph 측정	142
(나) 고구마분말을 첨가한 밀가루의 Rapid Visco-Analyzer 측정	142
나. 고품질 베이커리 제품의 개발	143
(1) 재료	143
(2) 고구마 분말의 제조	143
(3) 고구마 분말의 이화학적 특성 분석	143
(가) 일반성분	143
(나) 전분 및 아밀로오스 함량	143
(다) Carotenoid 분석	144
(라) Anthocyanin 분석	144
(마) 색도	145
(사) 수분흡수지수(WAI), 수분용해지수(WSI) 및 Oil 흡수율	145
(4) 고구마 분말 첨가 식빵의 제조방법	145
(5) 식빵의 물리적 특성 측정	145
(6) 식빵의 텍스처 측정	146
(7) 고구마 분말 첨가 White layer cake의 제조방법	146
(8) 케이크의 물리적 특성 측정	147
(9) 케이크의 텍스처 측정	147
(10) 고구마 분말 첨가 sugar-snap cookie 제조	148
(11) 쿠키의 물리적 특성측정	148
(12) 고구마 분말 첨가 머핀제조	149
(13) 머핀의 물리적 특성 측정	149
3. 연구결과	150
가. 고구마의 분말화 기술개발	150
(1) 고구마 종류별 건조조건의 확립	150
(2) 갈변방지제 처리조건에 따른 고구마 분말의 특성	152
(3) 분쇄방법과 분급에 따른 고구마 분말의 특성	159
(4) 고구마 종류별 분말의 이화학적 특성	160
(가) 일반성분	160
(나) 전분함량	160
(다) 식이섬유 함량	161

(라) carotenoid 함량	161
(마) 입도분석	162
(바) 미세구조	163
(사) 색도	164
(아) 수분흡수지수(WAI), 수분용해지수(WSI) 및 Oil 흡수율	165
(자) Differential Scanning Calorimeter (DSC) 특성	166
(차) 고구마 분말의 in vitro 가수분해율	167
(카) 고구마 분말의 α -amylase 활성	169
(5) 고구마의 종류별 전분의 이화학적 특성	169
(가) 일반성분	169
(나) 색도	170
(다) 미세구조	170
(라) 입자크기	171
(마) X-선 회절도	171
(바) 팽윤력 및 용해도	172
(사) Differential Scanning Calorimeter(DSC) 측정	173
(아) Rapid Visco-Analyzer (RVA) 측정	173
(자) 전분의 in vitro 가수분해율	175
(6) 고구마 분말의 베이커리 가공적성	176
(가) 고구마분말 첨가에 의한 밀가루 Mixograph 특성	176
(나) 고구마분말 첨가에 의한 밀가루의 RVA 특성	177
나. 고품질 베이커리 제품의 개발	178
(1) 고구마 종류별 분말의 이화학적 특성	178
(가) 일반성분	178
(나) 전분 및 아밀로오스 함량	179
(다) 총 Carotenoid 및 총 anthocyanin 함량	180
(라) 입도분석	180
(마) 색도	181
(바) 수분흡수지수(WAI), 수분용해지수(WSI) 및 Oil 흡수율	181
(2) 고구마 베이커리 제품의 제조 및 품질특성	182
(가) 고구마 분말 첨가에 따른 제빵특성	182
(나) 고구마 분말 첨가에 따른 White layer cake의 특성	188
(다) 고구마 분말 첨가에 따른 쿠키의 특성	195
(라) 고구마 분말 첨가에 따른 머핀의 특성	201

(3) 혼합부재료 및 첨가제의 시험	206
(가) 유화제 첨가에 의한 식빵의 품질	206
(나) 식품검류에 의한 식빵의 품질	206
(4) 고구마 베이커리 프리믹스의 개발	208
(가) 제빵용 고구마 프리믹스 제품의 개발	208
(나) Premix formula의 제빵특성 및 저장성	211
4. 연구성과 및 성과활용 계획	213
5. 참고문헌	214

1. 개 요

1) 국내산 고구마의 분말화 기술 개발 및 가공적성 연구

- 고구마 전처리, 건조 및 분쇄방법의 확립
- 고구마 분말 및 전분의 특성연구
- 고구마 분말의 베이커리 가공적성 검토

2) 고품질 고구마 베이커리 제품의 개발

- 다양한 고구마 베이커리 제품의 개발
- 품질향상을 위한 혼합부재료 및 첨가제의 개발
- 베이커리 프리믹스의 개발 및 저장성 연구

2. 재료 및 방법

가. 고구마의 분말화 기술 개발

(1) 재료

본 실험에 사용한 고구마는 일반고구마(white/yellow-fleshed; general sweet potato)와 주황색고구마(yellow/orange-fleshed; orange sweet potato) 및 자색고구마(purple-fleshed; purple sweet potato) 등 유색고구마를 시중에서 구입하여 사용하였다. 고구마는 서늘한 저장고(Esh-455c, Hanbaek Scientific Co., Korea)에 보관하면서 수세, 절단하여 실험하였다.

(2) 고구마 분말의 제조

(가) 갈변방지제의 처리

고구마를 세척하여 껍질을 벗기고 자른 후, 건조 중 고구마의 변색을 방지하기 위하여 갈변방지제의 종류(NaHSO_3 , citric acid, vitamin C), 용액의 농도(0.1~5.0%), 침지시간(0.5~30분), 침지 후 물 수세시간(0~120분) 등 조건을 달리하여 처리하였다.

(나) 동결건조

고구마를 세척하여 껍질을 벗기고 자른 후, 동결건조기(Bondiro, Ilshin Lab Co., Korea)를 사용하여 48시간 동안 동결건조하였다.

(다) 열풍건조

고구마를 세척하여 껍질을 벗기고 자른 후, 열풍건조기(FO-600M, Jeio-Tech, Korea)의 온도 50~90℃에서 열풍건조하였다.

(라) 고구마의 분말화

분쇄기로 Cyclotec Sample mill (Tecator Co., Sweden), pim mill을 사용하여 분쇄하였다.

(마) 고구마 분말의 분급

고구마 분말을 standard sieve(US Tylor Co., 60~325 mesh)를 사용하여 Ro-Tap sieve shaker에서 20분 동안 체질하여 고구마분말을 분급하였다.

(3) 고구마 분말의 이화학적 특성 분석

(가) 일반성분

일반성분은 AACC 방법(1983)에 의해 수분함량은 105℃ 오븐 건조방법(AACC 44-15A)에 의해 측정하였고, 회분함량은 직접회화법(AACC 08-01)에 의해 분석하였으며, 조지방은 Soxhlet법(A.O.A.C. 1984)으로 측정하였다. 조단백질은 Kjeltac auto sampler system 1035 Analyzer(Tecator Co., Sweden)를 사용하여 Automicro Kjeldahl법(AACC 46-13)으로 측정된 질소량에 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였다.

(나) 전분 및 식이섬유 함량

고구마 시료의 전분 함량은 starch-glucosamylase 방법(AACC 76-11))에 의하여 측정하였다. 고구마의 수용성 식이섬유(soluble dietary fiber : SDF), 불용성 식이섬유(insoluble dietary fiber : IDF), 총 식이섬유(total dietary fiber : TDF) 함량은 Prosky 등(1988)의 방법에 따라 측정하였다.

(다) Carotenoids 분석

고구마 분말 시료 600 mg을 15 mL 튜브에 넣고 ethanol 용액을 3 mL 가한 후 water bath에서 5분간 추출하여 80% KOH 0.12 mL를 가하고 water bath에서 10분간 반응시킨 다음 바로 ice bath에 넣어주어 반응을 정지시켰다. Cold water 1.5 mL와 hexane 1.5 mL를 넣고 vortexing 후 4℃, 1,200 rpm으로 5분 동안 원심 분리하고 상층액(hexane층)만 덜어내었다. 다시 hexane 1.5 mL를 넣고 원심 분리하여 상층액만 덜어내는 것을 2회 반복하였다. 덜어낸 hexane층(액 4.5 mL)을 질소 gas로 날린 후 건조된 vial에 methanol : dichloromethane = 50 : 50(v/v) 250 µL 넣어 HPLC(Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. HPLC 분석 시 detector는 PDA-detector(450 nm)를, 이동상 A는 10 mM ammonium acetate를 포함하는 92% methanol, B는 100% methyl tert-butyl ether를 사용하였다. Flowing program은 70% A/30% B (23 min), 59% A/41% B (29 min), 30% A/70% B (35 min), 30% A/70% B (40 min), 83% A/17% B (44 min), 83% A/17% B (55 min)으로 하였고, flow rate는 1.0 mL/min, column 온도는 40℃로 하였다.

(라) 입도분석

고구마 분말의 입도분석은 입도분석기(CILAS 1064, France)를 사용하여 측정하였다. 분산 용매는 ethanol을 사용하였다.

(마) 미세구조

고구마 분말의 미세구조는 백금으로 도금한 후 주사전자현미경(model JSM-5400, JEOL Ltd., Japan)을 이용하여 분석하였다.

(바) 색도

고구마 분말을 원통형용기(지름×높이, 4 cm×1 cm)에 담아 색차계(CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness) 및 b(yellowness)값을 측정하였다.

(사) 수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 oil 흡수율

고구마 분말의 수분흡수지수(Water absorption index: WAI)와 수분용해도지수(Water solubility index: WSI)는 Anderson 등(1969)의 방법에 의해 측정하였다. 고구마 분말 2.5 g과 30 mL 증류수를 50 mL 원심분리 튜브에 넣고 분산시킨 후 가끔 흔들어주면서 30°C에서 30분간 방치한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하였다. 상등액 전부를 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 담아 105°C에서 하룻밤 건조하여 남은 고형분량을 측정하여 2.5 g 시료에 대한 백분율로서 수분용해도지수를 산출하였다. 수분흡수지수는 원심 분리하여 침전된 침전물의 무게를 측정하여 건조시료 1 g에 함유된 수분함량 g으로 계산하였다.

Oil 흡수력은 Lin 등의 방법에 의하여 측정하였다. 즉 시료 0.5 g과 corn oil(백설유, CJ) 5 mL를 원심분리용 시험관에 넣고 30분 동안 10분 간격으로 30초씩 저어준 후 10,000 rpm에서 25분간 원심분리 후 oil을 제거한 다음 무게를 측정하여 % oil 흡수력을 산출하였다.

(아) 분산성

고구마 분말 5 g을 50 mL의 증류수에 넣고 stirrer로 30초간 저은후 (200 rpm) 20 mesh 체로 여과하여 통과한 고형분의 무게로 측정하여 %로 표시하였다.

(자) Differential Scanning Calorimeter(DSC) 측정

고구마 분말의 Differential Scanning Calorimeter(DSC)에 의한 상전이 특성은 DSC(DSC-7 series, Perkin Elmer Co., USA)에 의해 측정하였다. 시료를 aluminium sample pan에 취하고 2배량에 해당하는 증류수를 microsyringe로 넣었다. DSC를 작동하기 전에 뚜껑을 덮은 시료 팬을 2시간 동안 상온에서 방치하였으며 10°C/min의 속도로 20°C부터 130°C까지 가열하였다.

(차) 고구마 분말의 *in vitro* 가수분해율

고구마 분말 시료의 *in vitro* α -amylase 전분가수분해율은 Xue 등의 방법(1996)을 변형하여 측정하였다. 시료 1 g에 0.04%(w/v) NaCl을 포함하는 0.05 M sodium phosphate buffer(pH 6.9) 용액 50 mL를 넣고 37°C 항온수조에 넣어 10분간 유지시켰으며 이 용액에 0.2 mL α -amylase(504 U/mL)를 넣어 37°C에서 반응시켰다. α -Amylase 효소액은 porcine pancreatic α -amylase(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)로부터 조제하였다. 효소반응 중 0, 30, 60분의 간격으로 0.2 mL 용액을 취하여 생성된 환원당을 3,5-dinitrosalicylic acid 시약을 사용한 비색법(DNS 법)으로 흡광도를 측정하였다. 표준당으로 maltose를 사용하였으며 전분의 가수분해정도는 standard curve로부터 환산된 maltose 함량 (mg)으로 계산하였다.

(카) α -Amylase 활성

고구마 분말의 α -amylase 활성은 α -amylase assay kit (Megazyme, Ireland)를 사용하여 McCleary와 Sheehan의 Ceralpha 방법으로 측정하였다.

(4) 고구마 전분의 이화학적 특성 분석

(가) 고구마 전분의 제조

고구마 전분의 조제는 알칼리침지법에 의해 실시하였다. 껍질을 제거하여 잘게 자른 고구마 300 g에 0.2% NaOH 용액 1,500 mL를 가하고 waring blender(HGB 25E1, Waring commercial, USA)에서 2분간 마쇄한 후 100(150 μ m)과 200(75 μ m) mesh 체를 차례로 통과시킨 후 얻은 침전물 위에 노란층이 없어지고 뷰렛반응이 나타나지 않을 때까지 침전물을 0.2% NaOH 용액으로 2회 반복 처리한 다음 증류수로 중성이 될 때까지 씻어 정제된 전분을 얻었다. 전분은 실온에서 2일간 건조한 후 분쇄하여 100(150 μ m) mesh 체를 통과시켰다.

(나) 일반성분

일반성분은 AACC 방법(1983)에 의해 수분함량은 105°C 오븐 건조방법(AACC 44-15A)으로 측정하였고, 회분함량은 직접회화법(AACC 08-01)에 의해 분석하였으며, 조지방은 Soxhlet 법(AOAC, 1984)으로 측정하였다. 조단백질은 Kjeltac auto sampler system 1035 Analyzer(Tecator Co., Sweden)를 사용하여 Automicro Kjeldahl법(AACC 46-13)으로 측정된 질소량에 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였다. 고구마 전분의 amylose 함량은 Juliano 등(1981)에 의한 iodine colorimetry 방법에 의해 측정하였다.

(다) 색도

고구마 전분을 원통형용기(지름×높이, 4 cm×1 cm)에 담아 색차계(CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness) 및 b(yellowness)값을 측정하였다.

(라) 미세구조 및 입자크기

고구마 전분의 미세구조는 백금으로 도금한 후 주사전자현미경(JSM-5400, JEOL Ltd., Japan)을 이용하여 2000배로 확대하여 관찰하였다. 고구마 전분의 입자크기는 particle size analyzer(CILAS, model 1064L, France)를 사용하여 측정하였다.

(마) X-선 회절도

고구마 전분의 X-선 회절도는 X-ray diffractometer(Rigaku D/Max-2200V)를 사용하여 분석하였다.

(바) 팽윤력 및 용해도

고구마 전분의 팽윤력은 Schoch 방법(1964)을 이용하였는데, 시료 0.4 g을 원심 분리관에 넣고 증류수 40 mL에 잘 분산시킨 다음 30~90°C 온도에서 교반기로 30분간 저은 후 5,000 rpm에서 30분간 원심분리하고 상정액을 제거한 다음 침전된 무게로부터 계산하였다. 용해도는 원심분리한 후의 상정액을 페놀-황산법으로 총당을 측정하여 구하였다.

팽윤력 = [침전물의 무게/시료의 무게(건량기준) × (100 - % 용해도)] × 100

% 용해도 = 상정액의 총당 함량 / 시료의 무게(건량기준) × 100

(사) Differential Scanning Calorimeter(DSC) 측정

고구마 전분의 Differential Scanning Calorimeter(DSC)에 의한 상전이 특성은 DSC(DSC-7 series, Perkin Elmer Co., USA)에 의해 측정하였다. 시료를 aluminium sample pan에 취하고 2배량에 해당하는 증류수를 microsyringe로 넣었다. DSC를 작동하기 전에 뚜껑을 덮은 시료 팬을 2시간 동안 상온에서 방치하였으며 10°C/min의 속도로 20°C부터 130°C까지 가열하였다. DSC thermogram으로부터 고구마 분말의 상변화에 흡수된 열량(enthalpy, cal/g)과 호화개시온도, 호화최고온도 및 호화종결온도를 Lund의 방법(1987)에 의하여 산출하였다.

(아) Rapid Visco-analyzer(RVA) 측정

고구마 전분의 호화 양상은 AACC 76-21(AACC, 2000)의 방법에 준하여 Rapid Visco-Analyzer(RVA, Newport Sci., Australia)를 사용하여 측정하였다. 시료 2.0 g(14% moisture basis)을 증류수 25 mL(±0.1 mL)에 분산시킨 후 50°C에서 1분간 유지한 후 3분 45초 동안 95°C까지 증가시켰으며 95°C에서 2분 30초간 유지 후 다시 3분 45초 동안 50°C로 냉각시켜 50°C에서 2분 30초 동안 유지하여 점도의 변화를 측정하였다. 이로부터 호화개시온도, 최고점도, 95°C에서 2분 30초 후의 점도, 50°C로 냉각 후의 최종 점도를 측정하였다.

(자) 전분의 *in vitro* 가수분해율

시료 1 g을 100 mL E-flask에 넣고 0.04%(w/v) NaCl을 포함하는 0.05 M sodium phosphate buffer(pH 6.9) 용액 50 mL를 넣은 후 37°C 항온수조에 넣어 10분간 유지시켰다. 이 용액에 0.2 mL α -amylase(504 U/mL)를 넣고 37°C에서 반응시켰다. α -amylase 효소액은 porcine pancreatic α -amylase(A-6255, Sigma Co., St. Louis, MO, USA) (27 mg of protein/mL and 1,260 U/mg)로부터 조제하였다. 반응 중 0, 5, 60분에 0.2 mL 용액을 취하여 환원당을 측정하였다. 생성된 환원당의 측정은 3,5-dinitrosalicylic acid를 사용하여 흡광도로 측정하였다. Maltose가 표준당으로 사용되었으며 전분의 가수분해정도는 standard curve로부터 환산된 maltose 함량으로 계산하였다.

(5) 고구마 분말의 베이커리 가공적성

(가) 고구마 분말을 첨가한 밀가루의 Mixograph 측정

밀가루(강력분)에 고구마 분말(10~30%)을 첨가한 복합분의 반죽특성을 AACC 방법(54-40A)에 따라 10-g Mixograph(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)를 사용하여 측정하였다.

(나) 고구마 분말을 첨가한 밀가루의 Rapid Visco-Analyzer 측정

밀가루(강력분)에 고구마 분말(10~30%)을 첨가한 복합분의 호화양상을 AACC 76-21(AACC, 2000)의 방법에 준하여 Rapid Visco-Analyzer(RVA, Newport Sci., Australia)를 사용하여 측정하였다. 시료 3.5 g(14% moisture basis)을 증류수 25 mL(\pm 0.1 mL)에 분산시킨 후 50°C에서 1분간 유지한 후 3분 45초 동안 95°C까지 증가시켰으며 95°C에서 2분 30초간 유지 후 다시 3분 45초 동안 50°C로 냉각시켜 50°C에서 2분 30초 동안 유지하여 점도의 변화를 측정하였다. 이로부터 호화개시온도, 최고점도, 95°C에서 2분 30초 후의 점도, 50°C로 냉각 후의 최종 점도를 측정하였다.

나. 고품질 베이커리 제품의 개발

(1) 재료

본 실험에 사용한 고구마는 일반고구마(white-fleshed sweet potato)와 유색고구마인 주황색 고구마(yellow/orange-fleshed sweet potato) 및 자색고구마(purple-fleshed sweet potato)를 전남 해남 땅끝마을영농조합에서 구입하여 사용하였다. 식빵 제조용 밀가루는 대한제분(주)의 강력분 1급품을 사용하였고, 쿠키, 머핀 및 케이크 제조용 밀가루는 대한제분(주)의 박력분 1급품을 사용하였다.

(2) 고구마 분말의 제조

고구마를 세척하여 껍질을 벗기고 slice 모양으로 세절하였으며 고구마의 변색을 방지하기 위한 방법으로 NaHSO₃와 citric acid 용액에 침지처리를 하였다. 세절된 고구마는 65℃ 건조기(FO-600M, Jeio-Tech, Korea)에서 열풍건조한 후 분쇄기로 분쇄하여 분말로 제조하였다.

고구마를 세척하여 껍질을 벗기고 세절하였으며 고구마의 변색을 방지하기 위한 방법으로 NaHSO₃와 citric acid 용액에 침지처리를 하였다. 침지조건으로 일반고구마와 호박고구마는 0.3% NaS₂O₅ 용액에서 5분간, 자색고구마는 0.1% NaS₂O₅ 와 1% citric acid 용액에서 1분간 침지하였다. 침지처리 후 세절된 고구마는 65℃ 건조기(FO-600M, Jeio-Tech, Korea)에서 열풍건조한 후 분쇄기로 분쇄하여 분말로 제조하였다.

(3) 고구마 분말의 이화학적 특성 분석

(가) 일반성분

일반성분은 AACC 방법(1983)에 의해 수분함량은 105℃ 오븐 건조방법(AACC 44-15A)에 의해 측정하였고, 조단백질은 Kjeltac auto sampler system 1035 Analyzer(Tecator Co., Sweden)를 사용하여 Automicro Kjeldahl법(AACC 46-13)으로 측정된 질소량에 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였다. 조지방은 Soxhlet법(AOAC. 2000)으로 측정하였으며, 회분함량은 직접회화법(AACC 08-01)에 의해 분석하였다. 총 식이섬유(TDF) 함량은 Fibertec System E 1023 filtration module(Tecator Co., Sweden)을 사용하여 Prosky 등(1988)의 방법에 따라 측정하였다.

(나) 전분 및 아밀로오스 함량

전분 함량은 starch-glucosamylase 방법(AACC 76-11)에 의하여 측정하였다. 시료 1.0 g 을 E-flask에 넣고 시료가 분산되도록 저어주면서 25 mL 증류수를 넣은 후 즉시 3분간 끓는 욕조에 넣고 교반한 후 130℃에서 1시간 동안 autoclave(AC-12, Jeio-Tech, Korea)에서 가압 열처리를 한 후 온도를 55℃로 유지시켜 준 다음 2.5 mL acetate buffer를 넣고 증류수

를 넣어 용액의 중량이 총 45 ± 1 g이 되도록 하였다. E-flask를 55°C 의 진탕항온수조에 넣고 5 mL의 glucoamylase 용액(30 IU/mL)을 가하고 진탕항온수조에서 1시간동안 반응시킨 후 여과지를 사용하여 250 mL 정용 flask에 여과한 후 증류수로 세척하고 250 mL로 정용하였다. 여액의 농도가 $20 \sim 60 \mu\text{g D-glucose/mL}$ 의 범위가 되도록 여액을 적절히 희석한 후 이 용액 1 mL를 취하여 glucose 함량을 측정하였다. Glucose의 함량은 glucose assay kit(Megazyme, Ireland)를 사용하여 측정하였다.

Amylose 함량은 Juliano 등에 의한 iodine colorimetry 방법에 의해 측정하였다.

(다) Carotenoid 분석

고구마 분말 시료 600 mg을 15 mL 튜브에 넣고 ethanol 용액을 3 mL 가한 후 water bath에서 5분간 추출하여 80% KOH 0.12 mL를 가하고 water bath에서 10분간 반응시킨 다음 바로 ice bath에 넣어주어 반응을 정지시켰다. Cold water 1.5 mL와 hexane 1.5 mL를 넣고 vortexing 후 4°C , 1,200 rpm으로 5분 동안 원심 분리하고 상층액(hexane층)만 덜어내었다. 다시 hexane 1.5 mL를 넣고 원심 분리하여 상층액만 덜어내는 것을 2회 반복하였다. 덜어낸 hexane층(액 4.5 mL)을 질소 gas로 날린 후 건조된 vial에 methanol : dichloromethane = 50 : 50(v/v) 250 μL 넣어 HPLC(Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. HPLC 분석 시 detector는 PDA-detector(450 nm)를, 이동상 A는 10 mM ammonium acetate를 포함하는 92% methanol, B는 100% methyl tert-butyl ether를 사용하였다. Flowing program은 70% A/30% B (23 min), 59% A/41% B (29 min), 30% A/70% B (35 min), 30% A/70% B (40 min), 83% A/17% B (44 min), 83% A/17% B (55 min)으로 하였고, flow rate는 1.0 mL/min, column 온도는 40°C 로 하였다.

(라) Anthocyanin 분석

각 추출물의 단량체 안토시아닌(monomeric anthocyanin) 함량의 측정은 spectrophotometric pH differential protocol을 이용하여 측정하였다. 고구마 분말 시료 2 g에 1% HCl이 함유된 80%의 methanol 용액을 가해 shaking water bath (25°C , 120 rpm)에서 2시간 동안 추출 후 15분간 3,000 rpm으로 원심 분리하였다. 원심 분리된 상등액 10 mL을 추출하여 0.025 M KCl-HCl buffer(pH 1.0) 및 0.4 M sodium acetate buffer(pH 4.5)로 희석하여 50 mL로 정용하고, 15분간 발색시켜 510 nm 와 700 nm에서 각각 흡광도를 측정하였다. 측정치는 다음의 식에 대입하여 안토시아닌 함량을 산출하였다.

$$\text{Total monomeric anthocyanin(mg/mL)} = (A \times \text{MW} \times \text{dilution ratio} \times 1000)/\epsilon$$

$$[A = (A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 1.0} - (A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 4.5}]$$

여기서 MW는 cyanidin 3-glucoside의 분자량(449.2), ϵ 은 molar absorptivity(26,900)이었다.

(마) 입도분석

고구마 분말의 입도분석은 sieve shaker(HAVER EML 200 digital plus, Germany)에 표준망체 60~325 mesh size (250~45 μm)를 이용하여 측정하였다. 고구마 분말 100 g을 2.5 mm의 amplitude로 60초 간격으로 interval을 주어 2분간 체질 한 후 각 표준망체에 잔류된 고구마 분말의 무게를 측정하였다.

(바) 색도

고구마 분말을 원통형용기(지름×높이, 4×1 cm)에 담아 색차계(CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness) 및 b(yellowness)값을 측정하였다. 이때 사용한 표준판은 L=92.67, a=-0.83, b=0.86의 값을 가진 백색판이었다.

(사) 수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 oil 흡수율

고구마 분말의 수분흡수지수(Water absorption index: WAI)와 수분용해도지수(Water solubility index: WSI)는 Anderson 등(1969)의 방법에 의해 측정하였다. 고구마 분말 2.5 g과 30 mL 증류수를 50 mL 원심분리 튜브에 넣고 분산시킨 후 가끔 흔들어주면서 30°C에서 30분간 방치한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하였다. 상등액 전부를 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 담아 105°C에서 하룻밤 건조하여 남은 고형분량을 측정하여 2.5 g 시료에 대한 백분율로서 수분용해도지수를 산출하였다. 수분흡수지수는 원심 분리하여 침전된 침전물의 무게를 측정하여 건조시료 1 g에 함유된 수분함량 g으로 계산하였다.

Oil 흡수력은 Lin 등의 방법에 의하여 측정하였다. 즉 시료 0.5 g과 옥수수기름(백설유, CJ제일제당) 5 mL를 원심분리용 시험관에 넣고 30분 동안 10분 간격으로 30초씩 저어준 후 10,000 rpm에서 25분간 원심분리 후 oil을 제거한 다음 무게를 측정하여 % oil 흡수율을 산출하였다.

(4) 고구마 분말 첨가 식빵의 제조 방법

밀가루에 고구마 분말을 10, 20, 30% 대체한 복합분을 사용하여 직접반죽법(straight-dough method : AACC 10-10A)에 준하여 빵을 제조하였다. 제빵에 사용된 기본적인 원료의 배합 비율은 Table 1과 같다. 원료를 pin mixer(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)를 사용하여 반죽한 후 온도 30°C, 습도 85%에서 55분간 발효시켰으며 punching 후 실온에서 25분간 2차 발효를 하였다. 2차 발효 후 반죽을 분할하고 rounding하여 10분간 resting한 다음 sheeting, molding, panning을 하였으며 38분간 proofing한 후 reel oven(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)을 사용하여 218°C에서 20분간 굽기를 하였다.

(5) 식빵의 물리적 특성 측정

식빵의 무게(g)는 baking 후 1시간 동안 방냉시킨 후 측정하였고, 부피(cc)는 종자치환법

(rape seed displacement)으로 측정하였으며, 이로부터 빵의 비체적(cc/g)을 구하였다. 빵의 윗면(top crust)과 빵을 절단한 내부(crumb)의 색을 색차계(Minolta CR-200, Japan)을 사용하여 측정하여 Hunter값인 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값으로 표시하였다.

(6) 식빵의 텍스처 측정

식빵의 텍스처 측정은 Texture Analyzer(TA-Xt 2, Stable Micro Systems Co., USA)를 사용하여 측정하였다. 이때 지름 40 mm의 알루미늄 probe를 사용하여 0.5 mm/sec의 속도로 10 mm까지 압축하여 측정하였다.

Table 1. Baking formula for yeast-leavened bread based on total flour weight

Ingredients	Flour basis(%)
Flour	100.0
Sugar	6.0
Shortening	3.0
Non-fat dry milk	3.0
Salt	2.0
Yeast	2.0
Water (distilled)	65

(7) 고구마 분말 첨가 white layer cake의 제조 방법

White layer 케이크는 AACC 방법(10-90)에 따라 제조하였다. 고구마 분말을 밀가루에 대해 10, 20 및 30%로 대체한 주원료를 Table 2와 같이 기본 배합비에 따라 케이크를 제조하였다. 즉, 모든 건조 재료를 합쳐 체질한 후 제과용 mixer(HOBART N50, USA)의 mixing bowl에 넣고 쇼트닝과 전체 물량의 60%를 첨가한 후 저속으로 30초, 중속으로 4분간 혼합하였다. 다시 20%의 물량을 첨가하고 저속으로 30초, 중속으로 2분간 혼합한 다음 최종적으로 나머지 20% 물량을 첨가하고 저속으로 30초, 중속으로 2분간 혼합하여 반죽을 마무리하였다. 반죽은 baking pan(직경 21cm, 높이 3.8 cm)에 425 g씩 담은 후 reel oven (National Co., USA)을 사용하여 190℃에서 20분간 구웠다.

(8) 케이크의 물리적 특성 측정

굽기를 마친 케이크는 30분간 pan에서 냉각시킨 후 무게(g)를 측정하고 부피(cc)를 종자치환법에 의해 측정하였으며, 이로부터 비체적(cc/g)을 산출하였다. 케이크의 volume, symmetry 및 uniformity index는 AACC 방법(10-91)에 준하여 냉각된 케이크의 중앙 부분을 절단한 후 Fig. 1과 같은 기준에 따라 측정하였다. 케이크의 crumb 색도는 색차계 (Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 L, a, b 값을 측정하였다.

(9) 케이크의 텍스처 측정

케이크를 20 mm 두께로 잘라 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro System)를 사용하여 texture profile analysis(T.P.A) mode로 측정하였다. 이때 지름 20 mm의 실린더형 probe를 사용하여 1.0 mm/sec의 속도로 10 mm 까지 압축하여 측정하였다.

Table 2. Baking formula for white layer cake based on total flour weight

Ingredients	Flour basis(%)
Flour	100.0
Sugar	140.0
Shortening	50.0
Non-fat dry milk	12.0
Dried egg whites	9.0
Salt	3.0
Baking powder	6.0
Water (distilled)	125

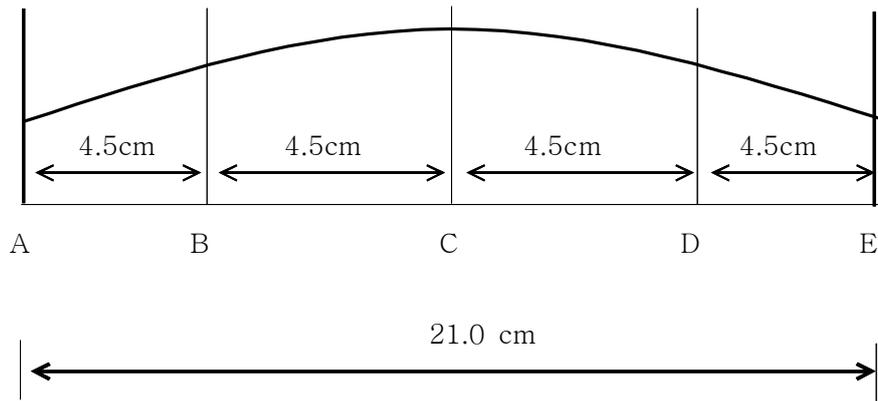


Fig. 1. Plastic measuring template of cake.

$$\text{Volume index} = B + C + D$$

$$\text{Symmetry index} = 2C - B - D$$

$$\text{Uniformity index} = B - D$$

(10) 고구마 분말 첨가 sugar-snap cookie의 제조

Sugar-snap 쿠키는 AACC 10-52 방법에 따라 제조하였다. 즉 고구마 분말을 밀가루에 대해 10, 20 및 30%로 대체한 주원료를 Table 3과 같은 기본 배합비에 따라 쿠키를 조제하였다. 원료를 National Micro-Mixer(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)를 사용하여 head speed 172 rpm으로 하여 반죽하였고 반죽은 7 mm 두께로 하여 쿠키 cutter(내경 60 mm)로 절단하였다. 절단 후 바로 205℃로 조절된 reel oven(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)에서 11분간 구운 후 5분간 냉각시키고 나서 baking sheet로부터 분리하였다. 이후 1시간 동안 실온까지 방냉시켰다.

(11) 쿠키의 물리적 특성 측정

쿠키를 실온까지 냉각한 후 직경과 두께를 측정하였으며, 쿠키의 퍼짐성은 쿠키의 두께에 대한 직경(D/T)은 AACC 방법 10-50D에 따라 계산하였다. 쿠키의 부피는 종자치환법으로 측정하였으며 비중은 쿠키의 체적에 대한 중량비로 산출하였다. 쿠키의 색도는 색차계(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 L, a, b값을 측정하였다.

Table 3. Baking formula for sugar-snap cookie based on total flour weight

Ingredients	Flour basis(%)
Flour	100.0
Sugar	60.0
Shortening	30.0
Nonfat dry milk	3.0
Sodium bicarbonate (NaHCO ₃)	1.00
Sodium bicarbonate (in solution A ¹⁾)	0.80
Ammonium chloride (NH ₄ Cl) (in solution B ²⁾)	0.50
NaCl (in solution B)	0.45
Water (distilled)	variable

¹⁾Prepared by dissolving 79.8 g NaHCO₃ in 1 L of distilled water.

²⁾Prepared by dissolving 101.6 g NH₄Cl + 88.9 g NaCl in 1 L of distilled water.

(12) 고구마 분말 첨가 머핀의 제조

머핀은 Table 4에 나타난 배합비에 따라 제조하였다. 고구마 분말을 첨가한 머핀은 밀가루의 10, 20, 30%를 고구마 분말로 대체하였다. 밀가루, 베이킹파우더, 소금, 탈지분유는 체질하여 두고, 버터에 설탕, 계란을 넣어 크림상으로 반죽기(HOBART N50, USA)로 저속으로 1분, 중속으로 1분간 반죽한 다음 체질한 재료들을 넣고 저속으로 20초, 물을 넣고 저속으로 30초, 중속으로 30초 더 반죽하여 머핀컵에 75 g씩 취하여 reel oven(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)에 넣고 204℃에서 24분간 굽기를 하였다.

(13) 머핀의 물리적 특성 측정

머핀의 부피와 무게는 굽기 후 1시간 동안 실온에서 방치한 다음에 측정하였으며 부피는 종자치환법으로 측정하였다. 머핀 단면의 높이는 머핀을 위에서 아래로 정확히 반으로 자른 단면의 높이를 측정하였다. 머핀의 색도는 색차계(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 L, a, b값을 측정하였다. 머핀의 경도는 머핀의 내부를 동일한 크기(5×5×2 cm)로 잘라 TA-XT2 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro System, England)를 사용하여 측정하였다. 직경

20 mm의 aluminum probe를 이용하여 0.5 mm의 속도로 10 mm까지 압축하여 머핀의 경도를 측정하였다.

Table 4. Baking formula for muffin based on total flour weight

Ingredients	Flour basis(%)
Flour	100.0
Sugar	60.0
Butter	40.0
Whole egg	32.0
Non-fat dry milk	7.4
Salt	0.4
Baking powder	3.5
Water (distilled)	60.07

3. 연구 결과

가. 고구마의 분말화 기술 개발

(1) 고구마 종류별 건조조건의 확립

고구마를 50~90℃의 온도로 열풍건조하면서 건조중 수분함량의 변화를 측정한 결과는 Figs. 2-4와 같다. 일반고구마, 주황색고구마, 자색고구마는 건조 전 각각 60.11, 64.57, 69.51%의 수분함량을 나타냈고, 분말 제조 시 건조온도에 따라 건조시간을 달리하여 건조한 결과 건조 종료 후 60, 70, 80, 90℃ 건조한 모든 고구마의 수분함량은 5% 이하로 낮아졌으며, 50℃ 건조한 고구마의 경우도 10% 이하의 수분함량을 보였다. 수분함량이 13% 이내에 도달하는 시간을 측정한 결과 열풍온도 50℃에서 약 12시간, 60℃ 6시간, 70℃ 4시간, 80℃와 90℃에서 2시간 정도 소요되는 것으로 나타났다.

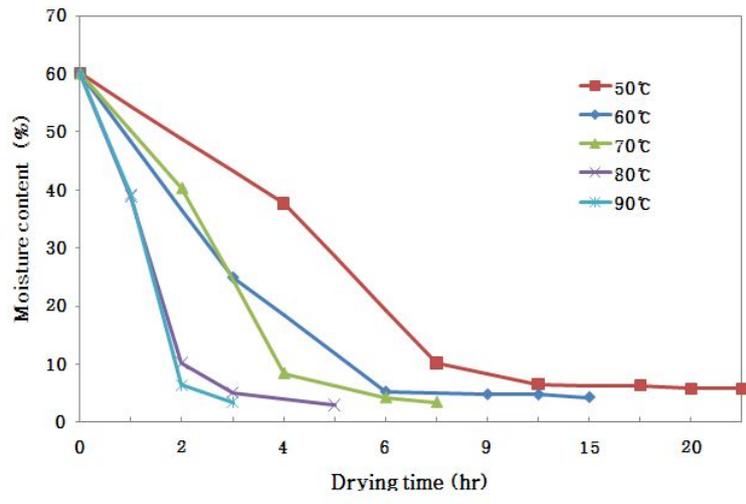


Fig. 2. Changes in moisture content of general sweet potato during hot-air drying at different temperatures.

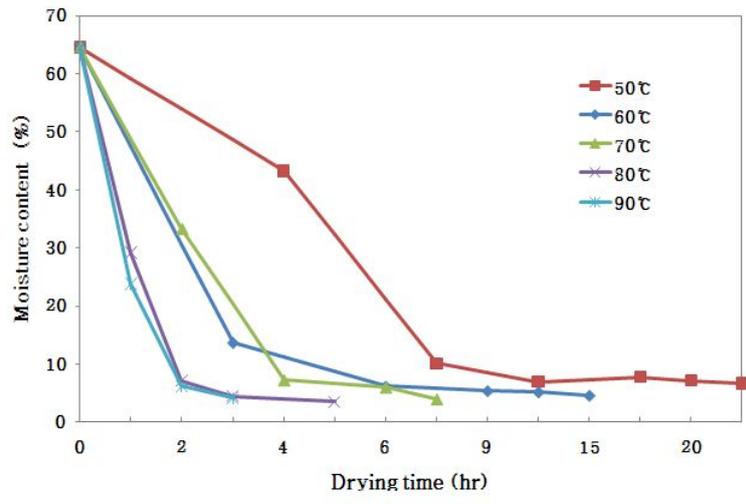


Fig. 3. Changes in moisture content of orange-fleshed sweet potato during hot-air drying at different temperatures.

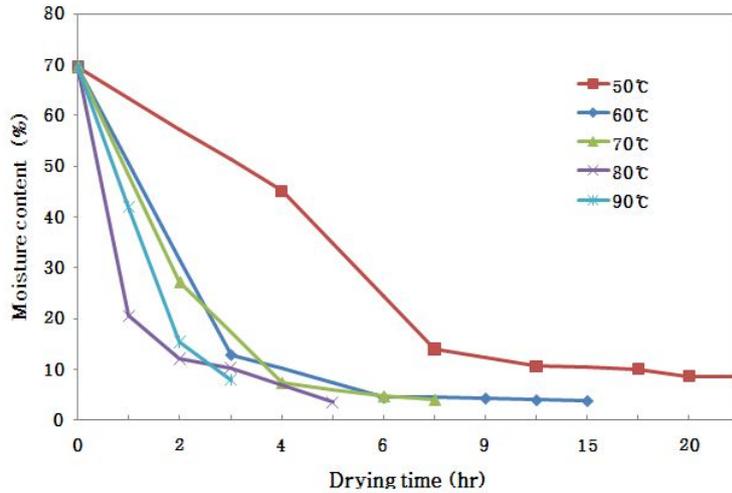


Fig. 4. Changes in moisture content of purple-fleshed sweet potato during hot-air drying at different temperatures.

(2) 갈변방지제 처리조건에 따른 고구마 분말의 특성

고구마 종류별 건조 온도, 갈변방지제 처리조건에 따라 고구마 분말의 색도를 측정하였다. 고구마 종류별로 갈변방지제를 처리하지 않고 건조 온도를 50, 70, 90°C로 하여 각각 24, 8, 3시간 열풍건조 후 제조한 고구마 분말의 색도는 Table 5와 같다. 건조 온도가 낮은 경우 건조에 많은 시간이 소요되며 건조 온도가 짧은 경우엔 분말의 색도 변화가 크기 때문에 건조 온도 70°C로 8시간 동안 건조하여 고구마 분말을 제조하는 것이 적당한 것으로 판단되었다.

Table 5. Color values of flour prepared from sweet potato without treatment of antibrowning agent by hot-air drying

Sweet potatoes	Hot-air drying condition	Color ¹⁾		
		L	a	b
General	50°C, 24 hr	86.66	-12.54	52.87
	70°C, 8 hr	85.80	-12.07	52.63
	90°C, 3 hr	83.74	-11.34	50.75
Orange-fleshed	50°C, 24 hr	80.96	-8.34	50.39
	70°C, 8 hr	85.63	-9.74	56.40
	90°C, 3 hr	86.76	-10.99	56.72
Purple-fleshed	50°C, 24 hr	57.58	12.19	21.64
	70°C, 8 hr	54.61	7.85	22.66
	90°C, 3 hr	51.24	8.34	25.31

¹⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; + a=red; -a=green; + b=yellow; -b=blue.

갈변방지제 중 NaHSO₃의 농도를 달리하고 침지시간은 20분으로 동일하게 처리한 결과는 Table 6과 같다. 밝기를 나타내는 L값은 NaHSO₃의 농도가 증가함에 따라 모든 품종의 고구마에서 증가하여 갈변방지제 처리에 의해 밝기가 밝아짐을 알 수 있었고, 적색도/녹색도를 나타내는 a값은 NaHSO₃의 농도가 증가함으로써 일반고구마에서는 NaHSO₃ 무처리 대조구는 -12.07에서 -a값으로 더 낮아져 NaHSO₃ 1.0% 처리구는 -14.57로 나타나 녹색도가 증가하는 것으로 나타났다. 자색고구마는 NaHSO₃의 농도 증가에 따라 초기 적색도가 소실되어 NaHSO₃ 1.0% 처리구(-8.27)에서 녹색도를 보이는 것으로 나타났다. 황색도/청색도를 나타내는 b값은 일반고구마와 주황색고구마에서 큰 차이가 없었으나, 자색고구마는 NaHSO₃ 처리한 모든 처리구에서 증가하였으며 1.0% 처리구는 42.81로 증가폭이 가장 크게 나타났다. 전반적으로 NaHSO₃ 농도의 증가에 의해 밝기는 밝아지고, 녹색도가 증가하며, 황색도에는 자색고구마를 제외하고는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 보여진다.

Table 6. Color values of flour prepared from sweet potato treated with antibrowning agent(NaHSO₃) at different concentration

Sweet potato	NaHSO ₃ ¹⁾ conc. (%)	Color ²⁾		
		L	a	b
General	0	85.80	-12.07	52.63
	0.1	87.74	-14.17	52.95
	0.3	88.22	-14.48	51.99
	0.5	89.15	-14.89	52.48
	1.0	87.62	-14.57	54.53
Orange-fleshed	0	85.63	-9.74	56.40
	0.1	86.00	-9.03	55.12
	0.3	86.72	-8.34	57.94
	0.5	86.44	-8.62	56.84
	1.0	86.91	-10.27	55.26
Purple-fleshed	0	54.61	7.85	22.66
	0.1	69.78	2.01	33.08
	0.3	78.41	-7.17	40.15
	0.5	76.33	-2.81	36.70
	1.0	81.57	-8.27	42.81

¹⁾20 min soaking.

²⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; + a=red; -a=green; + b=yellow; -b=blue.

NaHSO₃ 농도를 0.5%로 동일하게 처리하고 침지 시간을 달리하여 실험한 결과(Table 7)에서는 밝기인 L값은 일반고구마와 주황색고구마의 경우 침지시간의 증가에 따라 침지 20분 까지는 밝기가 밝았으나 30분 침지한 경우는 명도가 다소 낮아지는 결과를 보여주었다. 한편 자

색고구마의 밝기는 NaHSO₃ 무처리 고구마 분말의 54.61에서 침지시간 증가에 따라 계속 증가하여 30분 침지한 경우(80.65) 밝기가 가장 밝은 것으로 나타났다. 적색도인 a값은 NaHSO₃ 무처리 대조구가 일반, 주황색, 자색고구마에서 각각 -12.07, -9.74, 7.85에서 일반고구마와 주황색고구마는 침지시간에 따라 약간의 차이를 보인 반면에 자색고구마는 침지 30분 처리구에서 -6.02로 감소폭이 가장 커 NaHSO₃ 침지 시간의 증가에 의해 고유의 적색도가 상당히 소실되는 것으로 나타났다. 황색도인 b값은 일반고구마 대조구 52.63 보다 NaHSO₃ 처리구에서 약간 증가하였고, 주황색고구마는 NaHSO₃ 침지시간에 따라 큰 변화를 보이지 않았다. 황색도가 가장 낮았던 자색고구마의 결과 NaHSO₃ 침지시간에 따라 황색도가 지속적으로 증가하여 30분 침지한 경우에 가장 황색도가 많이 증가하는 것으로 나타났다.

Table 7. Color values of flour prepared from sweet potato treated with different soaking time of NaHSO₃

Sweet potato	NaHSO ₃ ¹⁾ soaking time (min)	Color ²⁾		
		L	a	b
General	0	85.80	-12.07	52.63
	0.5	88.55	-13.33	56.16
	1	89.06	-13.32	57.10
	5	88.62	-13.60	56.24
	10	89.91	-14.18	56.02
	20	91.13	-15.03	54.88
	30	90.50	-14.54	55.76
Orange-fleshed	0	85.63	-9.74	56.40
	0.5	86.99	-9.05	58.51
	1	87.76	-11.30	55.07
	5	87.93	-10.66	55.99
	10	87.02	-8.80	58.68
	20	88.09	-9.11	57.22
	30	87.56	-8.09	57.89
Purple-fleshed	0	54.61	7.85	22.66
	0.5	62.71	6.84	25.11
	1	71.91	2.12	32.25
	5	76.40	-1.82	36.99
	10	74.82	0.57	34.45
	20	79.53	-4.96	39.85
	30	80.65	-6.02	40.72

¹⁾0.5%(w/v) NaHSO₃.

²⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; + a=red; -a=green; + b=yellow; -b=blue.

갈변방지제 NaHSO₃를 처리한 후 물수세에 따른 고구마 분말의 색도 변화를 측정된 결과는 Table 8과 같다. 일반고구마는 물수세 시간이 경과함에 따라 밝기가 점점 낮아져 30분 물수세 한 경우 L값이 84.43에서 120분 수세 후에는 75.68로 감소하는 결과를 보여주었고, 주황색고구마는 NaHSO₃ 처리 후 물수세한 경우 모두 밝기가 증가하였으며 물수세 시간이 경과 할수록 밝기가 더욱 밝아져 NaHSO₃ 무처리 대조구 85.63에서 NaHSO₃ 처리 후 120분 물수세한 처리구 88.64로 증가하여 일반고구마의 경우와는 반대의 결과를 보여주었다. 고구마 분말의 a값은 일반고구마 물수세 시간이 30~120분으로 증가 할수록 증가하였고 주황색고구마는 약간 낮아졌으며, 자색고구마 역시 감소하는 경향을 보여주었다. 황색도는 대조구와 비교하여 물수세 시간의 경과에 의한 감소 또는 증가의 추세가 크게 나타나지 않았다.

Table 8. Color values of flour prepared from sweet potato treated with running water time after antibrowning agent(NaHSO₃)

Sweet potato	Running water time after NaHSO ₃ ¹⁾ soaking (min)	Color ²⁾		
		L	a	b
General	-	85.80	-12.07	52.63
	30	84.43	-11.85	54.65
	60	82.01	-11.13	49.76
	120	75.68	-8.57	45.09
Orange-fleshed	-	85.63	-9.74	56.40
	30	87.18	-10.65	56.67
	60	86.64	-10.06	56.24
	120	88.64	-11.22	57.95
Purple-fleshed	-	54.61	7.85	22.66
	30	56.51	10.54	22.35
	60	52.94	8.72	22.01
	120	58.97	4.24	28.44

¹⁾0.5%(w/v) NaHSO₃, 20 min soaking.

²⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; +a=red; -a=green; +b=yellow; -b=blue.

갈변방지제로 vitamin C의 농도에 따른(0.1~5.0%) 고구마 분말의 색도 변화는 Table 9에 나타나 있다. Vitamin C 농도가 증가할수록 일반고구마는 밝기인 L값은 감소하였고, a값은 대조구 -12.07 보다 증가하여 0에 가까워졌으며, b값은 모두 대조구의 52.63 보다 감소하는 경향을 보여주었다. 주황색고구마의 경우 밝기는 vit. C 0.1%에서 대조구(85.63)보다 높은 86.24 이후로, 나머지 농도의 증가에 따라 밝기는 어두워지는 것으로 나타났다. 주황색고구마의 a값은 대조구 -9.74보다 vitamin C 0.1%에서 -10.22로 낮아진 이후 증가하여 농도의 증가에 따라 0에 가까운 값으로 상승한 결과를 보여주었다. b값은 vitamin C 0.5%에서 57.04로 대조구의 56.40 보다 높게 측정되었고 나머지 농도인 vitamin C 0.1, 1.0, 3.0, 5.0%에서는

약간 감소한 것으로 나타났다. 자색고구마는 대조구의 L값 54.61 보다 vitamin C 0.1, 0.5% 처리구는 감소한 51.32, 49.50의 결과를 보여주었고, vitamin C 1.0, 3.0, 5.0%에서는 모두 증가하였다. 자색고구마의 a값은 vitamin C 0.5% 처리구만 증가하고 다른 농도에서는 모두 감소하여 대조구 7.85 보다 낮은 값을 나타냈으며 b값은 모든 농도의 처리구에서 다소 증가하는 추세를 보여주었다.

Table 9. Color values of flour prepared from sweet potato treated with different concentrations of vitamin C

Sweet potato	Vitamin C ¹⁾ conc. (%)	Color ²⁾		
		L	a	b
General	-	85.80	-12.07	52.63
	0.1	79.44	-9.25	49.99
	0.5	83.30	-10.45	50.51
	1.0	81.37	-8.23	51.54
	3.0	74.83	-4.50	49.88
	5.0	69.80	-2.53	46.17
Orange-fleshed	-	85.63	-9.74	56.40
	0.1	86.24	-10.22	55.59
	0.5	84.78	-7.84	57.04
	1.0	81.62	-6.24	53.99
	3.0	77.77	-2.71	53.14
	5.0	78.21	-3.88	52.55
Purple-fleshed	-	54.61	7.85	22.66
	0.1	51.32	6.68	26.81
	0.5	49.50	9.93	25.50
	1.0	57.03	6.15	30.73
	3.0	60.86	5.36	35.42
	5.0	60.94	6.18	37.69

¹⁾20 min soaking.

²⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; + a=red; -a=green; + b=yellow; -b=blue.

갈변방지제로 citric acid를 농도별로 처리하여 제조한 고구마 분말의 색도 변화를 측정된 결과는 Table 10에 나타나 있다. Citric acid의 농도는 0.1, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0%로 달리하였는데 일반고구마의 경우 밝기(L)와 황색도(b) 모두 citric acid의 농도의 증가에 따라 증가하였으나 citric acid 무처리 대조구보다 는 낮은 수치를 보여주었으며 적색도(a)도 citric acid 처리에 의해 높은 수치를 주었지만 농도가 증가함에 따라서 그 수치가 점차 감소하는 경향을 보여주었다.

Table 10. Color values of flour prepared from sweet potato treated with different concentrations of citric acid

Sweet potato	Citric acid ¹⁾ conc. (%)	Color ²⁾		
		L	a	b
General	-	85.80	-12.07	52.63
	0.1	72.20	-6.59	44.93
	0.5	75.95	-7.96	45.81
	1.0	77.12	-7.97	46.99
	3.0	79.16	-8.69	47.47
	5.0	82.12	-10.12	48.62
Orange-fleshed	-	85.63	-9.74	56.40
	0.1	86.22	-8.08	57.86
	0.5	85.67	-7.81	56.96
	1.0	85.20	-7.98	57.43
	3.0	85.51	-9.05	55.85
	5.0	85.24	-8.75	57.41
Purple-fleshed	-	54.61	7.85	22.66
	0.1	60.33	4.40	29.13
	0.5	57.44	7.80	26.64
	1.0	59.31	7.36	28.84
	3.0	58.92	15.08	27.50
	5.0	57.82	18.49	27.87

¹⁾20 min soaking.

²⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; + a=red; -a=green; + b=yellow; -b=blue.

갈변방지제의 복합처리에 따른 색도의 변화를 조사하기 위해 NaHSO₃ 0.1%와 함께 vitamin C 또는 citric acid를 각각 1.0% 복합처리한 고구마로부터 제조한 고구마 분말의 색도를 측정 한 결과는 Table 11과 같다. 일반고구마는 대조구 보다 갈변방지제 처리에 의해 밝기가 약간 감소하였으며 NaHSO₃ 0.1% + citric acid 1.0% 처리구(L=84.51)가 NaHSO₃ 0.1% + vitamin C 1.0% 처리구(L=80.31)보다 밝기의 감소폭이 크지 않았다. 주황색고구마는 갈변방지제 복합 처리에 의해 밝기는 증가하였으며 a값과 b값은 다소 감소하는 것으로 나타났다. 자색고구마는 갈변방지제 처리에 의해 밝기는 두 처리구 모두 증가하여 NaHSO₃ 0.1% + citric acid 1.0% 처리구 L=55.34, NaHSO₃ 0.1% + vitamin C 1.0% 처리구 L=59.73으로 나타났다. a값은 NaHSO₃ 0.1% + citric acid 1.0% 처리구, NaHSO₃ 0.1% + vitamin C 1.0% 처리구가 대조구 보다 높았다. 따라서 고구마의 육질색 종류에 따라 같은 갈변방지제 복합 처리 구에서도 색도 값이 증가하거나 또는 감소할 수 있는 것으로 나타났다.

Table 11. Color values of flour prepared from sweet potato treated with combined antibrowning agents

Sweet potato	Combined antibrowning agent ¹⁾	Color ²⁾		
		L	a	b
General	-	85.80	-12.07	52.63
	NaHSO ₃ (0.1%) + citric acid (1%)	84.51	-12.04	51.63
	NaHSO ₃ (0.1%) + vitamin C (1%)	80.31	-9.07	50.01
Orange-fleshed	-	85.63	-9.74	56.40
	NaHSO ₃ (0.1%) + citric acid (1%)	88.50	-12.42	53.42
	NaHSO ₃ (0.1%) + vitamin C (1%)	88.02	-11.42	55.89
Purple-fleshed	-	54.61	7.85	22.66
	NaHSO ₃ (0.1%) + citric acid (1%)	55.34	14.05	21.40
	NaHSO ₃ (0.1%) + vitamin C (1%)	59.73	8.92	25.75

¹⁾1 min soaking.

²⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; + a=red; -a=green; + b=yellow; -b=blue.

고구마 종류별 갈변방지제 처리 및 건조 방법에 따른 고구마 분말의 색도 결과는 Table 12에 나타나 있다. 갈변방지제로 0.5%(w/v) NaHSO₃에 20분 동안 침지 후 열풍 건조 또는 동결 건조하여 제조한 분말의 밝기는 NaHSO₃ 처리 전 보다 일반, 주황색, 자색고구마 모두 증가하였다. 열풍 건조한 일반고구마 분말보다 동결 건조한 일반고구마 분말의 L값이 높은 결과를 보여주었다. 고구마 분말의 a값은 열풍 건조한 주황색고구마를 제외한 모든 종류의 고구마에서 다소 감소하는 결과를 보여주었다. b값은 NaHSO₃ 처리에 의해 대부분 증가하는 경향을 보였고, 일반고구마를 열풍 건조한 처리구와 주황색고구마 동결 건조 처리구에서 NaHSO₃ 처리 전 후 유사한 값을 보이며 다소 감소하는 것으로 나타났다.

Table 12. Color values of flour prepared from sweet potato by different drying methods

Sweet potato	Drying method	Antibrowning agent ¹⁾	Color ²⁾		
			L	a	b
General	Hot-air drying	-	85.80	-12.07	52.63
		NaHSO ₃	89.15	-14.89	52.48
	Freeze drying	-	86.52	-12.86	51.71
		NaHSO ₃	89.78	-14.13	55.09
Orange-fleshed	Hot-air drying	-	85.63	-9.74	56.40
		NaHSO ₃	86.44	-8.62	56.84
	Freeze drying	-	88.08	-8.82	55.45
		NaHSO ₃	89.36	-11.14	54.38
Purple-fleshed	Hot-air drying	-	54.61	7.85	22.66
		NaHSO ₃	76.33	-2.81	36.70
	Freeze drying	-	54.86	9.81	19.90
		NaHSO ₃	71.58	1.93	28.36

¹⁾0.5%(w/v) NaHSO₃, 20 min soaking.

²⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; + a=red; -a=green; + b=yellow; -b=blue.

(3) 분쇄방법과 분급에 따른 고구마 분말의 특성

고구마를 분말화하기 위한 제분방법 및 분쇄기의 종류가 고구마 분말의 기능성에 영향을 미칠 수 있다. Cyclotec sample mill과 pin mill을 사용하여 분쇄한 고구마 분말의 특성중 수분 흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 Oil 흡수율을 조사한 결과는 Table 13과 같다. 본 실험에서 분쇄기의 종류에 따른 고구마분말의 WAI, WSI, oil 흡수율에서는 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 13. WAI, WSI and oil absorption of sweet potato flour prepared by different grinding methods¹⁾

Sweet potato	Grinding method	WAI (g/g)	WSI (%)	Oil absorption (%)
General	Cyclone mill	2.10±0.02	20.73±0.02	40.62±1.50
	Pin mill	2.16±0.01	21.76±0.30	41.73±3.51
Orange-fleshed	Cyclone mill	2.10±0.01	23.20±0.14	41.38±3.78
	Pin mill	2.02±0.00	23.58±0.06	42.50±0.22
Purple-fleshed	Cyclone mill	2.20±0.02	27.50±0.37	40.28±2.99
	Pin mill	2.29±0.02	27.71±0.24	40.05±0.94

¹⁾Values are means of two replications.

고구마 분말을 체질에 의해 mesh size별로 분급한 후 분말 획분의 WAI, WSI 및 oil 흡수율을 측정된 결과는 Table 14와 같다. 고구마 분말의 수분흡수지수와 수분용해도지수는 분말의 입자크기가 작아짐에 따라 감소하는 경향을 보여주었다.

Table 14. WAI, WSI and oil absorption of sweet potato flour fractions sieved by different mesh size¹⁾

Sweet potato	Mesh size	WAI (g/g)	WSI (%)	Oil absorption (%)
General	+100	2.33±0.16	22.19±1.80	42.42±6.18
	+140	2.56±0.04	23.78±1.32	43.63±4.58
	+200	2.32±0.04	24.35±0.74	41.79±3.70
	+325	2.08±0.03	21.84±1.19	41.34±1.61
Orange-fleshed	+100	2.09±0.04	25.89±0.02	51.40±1.02
	+140	2.35±0.16	24.37±0.78	37.48±5.43
	+200	2.01±0.00	23.07±0.21	41.08±3.78
	+325	1.95±0.03	22.65±0.42	42.04±0.60
Purple-fleshed	+60	2.38±0.05	29.36±2.56	39.50±5.32
	+100	2.90±0.27	29.64±6.74	41.68±2.33
	+140	2.36±0.13	27.28±1.66	43.77±4.79
	+200	2.08±0.05	29.44±1.91	42.56±1.23

¹⁾Values are means of two replications.

고구마 분말의 입자크기에 따른 분산성을 조사한 결과는 Table 15와 같다. 200 메쉬 이상의 분획에서는 90% 이상이였으며 325 메쉬에서는 분산성이 88%로 다소 감소하여 200메쉬 이하의 미립자가 많아질수록 고구마 분말의 분산성은 낮아짐을 알 수 있었다.

Table 15. Dispersibility(%) of sweet potato flour fractionated by mesh size

	Mesh size (mesh)		
	+140	+200	+325
Dispersibility(%)	90.19	91.10	87.83

(4) 고구마 종류별 분말의 이화학적 특성

(가) 일반성분

육질색 종류별 고구마를 동결 건조하여 제조한 고구마 분말의 일반성분을 측정한 결과는 Table 16과 같다. 수분함량은 일반고구마와 자색고구마가 각각 4.35, 4.30%로 유사한 수분함량을 나타냈고, 주황색고구마는 이보다 낮은 2.50%로 나타나 가장 낮은 수분함량을 나타냈다. 고구마의 조단백질 함량은 주황색고구마가 3.94%로 가장 낮았고 자색고구마가 6.65%로 가장 높은 함량을 나타냈다. 조지방 함량은 조단백질 결과와 달리 주황색고구마가 2.33%로 가장 높고 일반고구마가 1.55%로 가장 낮게 나타났다. 고구마 종류별 조회분 함량은 일반고구마와 주황색고구마가 각각 2.53, 2.35%로 유사한 결과를 보여주었고 자색고구마가 3.65%로 가장 높은 회분을 함유하는 것으로 분석되었다.

Table 16. Proximate composition of sweet potato flours¹⁾

Content (%) ²⁾	General sweet potato	Colored sweet potato	
		Orange-fleshed	Purple-fleshed
Moisture	4.35±0.35 ^a	2.50±0.14 ^b	4.30±0.57 ^a
Crude protein	4.86±0.19 ^b	3.94±0.01 ^c	6.65±0.12 ^a
Crude fat	1.55±0.35 ^a	2.33±1.41 ^a	2.07±0.23 ^a
Ash	2.53±0.04 ^b	2.35±0.01 ^c	3.65±0.01 ^a

¹⁾Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

²⁾Dry weight basis.

(나) 전분 함량

고구마 종류별 고구마분말의 전분 함량을 측정한 결과는 Table 17과 같다. 전분 함량은 주황색고구마 분말이 46.37%로 가장 높게 나타났으며 일반고구마 43.72%, 자색고구마 42.85%로 유사한 결과를 보여주었다.

Table 17. Starch contents of sweet potato flours¹⁾

Content (%)	General sweet potato	Colored sweet potato	
		Orange-fleshed	Purple-fleshed
Starch	43.72±0.24 ^a	46.37±4.04 ^a	42.85±1.05 ^a

¹⁾Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

(다) 식이섬유 함량

고구마 종류별 고구마 분말의 식이섬유 함량을 측정한 결과는 Table 18과 같다. 고구마 분말의 수용성 식이섬유 함량은 자색고구마가 1.30%로 가장 높고, 일반고구마와 주황색고구마가 약 1%로 유사한 수준이었다. 고구마 분말의 불용성 식이섬유 또한 수용성 식이섬유와 마찬가지로 자색고구마가 가장 높은 7.97%였고 그 다음으로 일반고구마가 5.68%였으며 주황색고구마가 가장 낮은 2.58%를 나타냈다. 수용성 및 불용성 식이섬유의 합계인 총 식이섬유 함량은 자색고구마>일반고구마>주황색고구마 순인 9.27%>6.69%>3.56%로 분석되었다.

Table 18. Dietary fiber contents of sweet potato flours¹⁾

Dietary fiber (%) ²⁾	General sweet potato	Colored sweet potato	
		Orange-fleshed	Purple-fleshed
Soluble	1.02±0.05 ^a	0.99±0.02 ^a	1.30±0.04 ^a
Insoluble	5.68±2.26 ^b	2.58±0.01 ^{ab}	7.97±0.28 ^a
Total	6.70±2.31 ^{ab}	3.57±0.02 ^b	9.27±0.33 ^a

¹⁾Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

²⁾Dry weight basis.

(라) Carotenoid 함량

고구마 종류별 고구마 분말의 carotenoid 함량을 측정한 결과는 Table 19 및 Fig. 5와 같다. 고구마 분말의 carotenoid 중 β -carotene 함량은 주황색고구마가 4237.10 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 가장 높았으며, 일반고구마 107.95 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 자색고구마 31.11 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 함량의 차이가 큰 것으로 분석되었다. Lutein, zeaxanthin, α -carotene 등의 함량도 주황색고구마가 일반고구마와 자색고구마의 함량보다 높게 측정되었다. β -Carotene은 항암작용, 항산화작용, 심혈관계의 질병 및 백내장, 스트레스 예방 등 생화학적 기능이 우수한 것으로 알려져 있으며, 육질색별 고구마 중에서 β -carotene의 함량 및 다른 carotenoid 함량이 높은 주황색고구마가 그 기능적 효과가 보다 클 것으로 판단되었다.

Table 19. Carotenoid contents of sweet potato flours¹⁾

Sweet potato	Carotenoid (µg/100 g)			
	Lutein	Zeaxanthin	α-Carotene	β-Carotene
General	189.37±13.30 ^b	29.98±16.63 ^b	24.10±11.01 ^b	107.95±4.91 ^b
Orange-fleshed	553.30±6.02 ^a	53.90±0.79 ^a	416.87±2.09 ^a	4237.10±76.53 ^a
Purple-fleshed	18.79±0.23 ^c	0.00±0.00 ^c	7.12±0.17 ^b	31.11±1.48 ^b

¹⁾Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each column are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

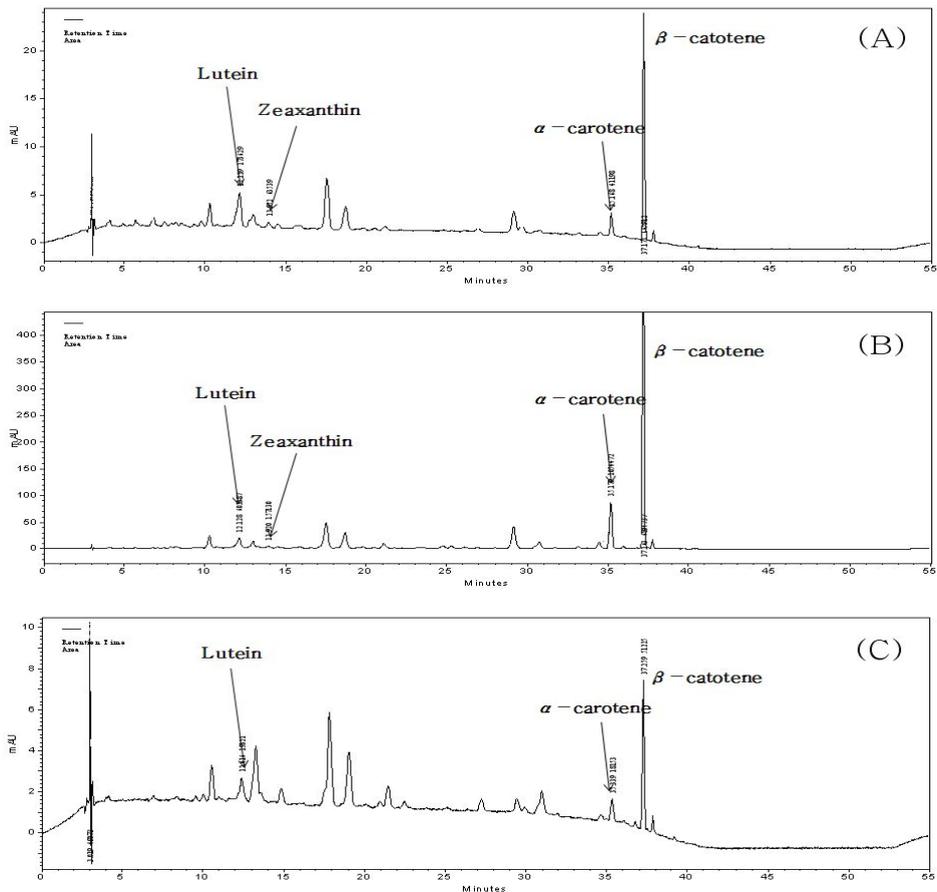


Fig. 5. HPLC chromatogram of sweet potato flours.

(A) General sweet potato, (B) Orange-fleshed sweet potato, (C) Purple-fleshed sweet potato.

(마) 입도분석

고구마 종류별 고구마 분말의 입자크기를 분석한 결과는 Table 20과 같다. 평균 입자크기는 동결 건조하여 제조한 일반고구마와 자색고구마 분말이 각각 42.73, 42.91 µm로 유사한 크기로 나타났고, 주황색고구마가 이보다 약간 큰 46.84 µm로 측정되었다. 열풍 건조하여 제조한 분말의 경우 주황색고구마 분말의 입자크기가 90.77 µm로 나타났으며, 일반고구마 32.49 µm, 자색고구마 36.58 µm로 측정되어 고구마 종류별 건조방법이 입자크기에 차이를 주는 것으로 나타났다. 두가지 건조 방법에서 모두 주황색고구마의 입자크기가 가장 큰 결과를 보여주었다.

Table 20. Particle size of sweet potato flour prepared by different drying methods¹⁾

Sweet potato		Particle size (μm)			
		Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%	Mean diameter
General	Freeze Drying	9.30	29.65	96.08	42.73
	Hot-air Drying	6.18	22.57	74.05	32.49
Orange-fleshed	Freeze Drying	10.15	34.27	104.01	46.84
	Hot-air Drying	8.56	42.34	284.93	90.77
Purple-fleshed	Freeze Drying	8.36	29.83	97.18	42.91
	Hot-air Drying	5.34	24.77	84.22	36.58

¹⁾Values are means of two replications.

(바) 미세구조

고구마 육질색 종류별 동결건조 및 열풍건조하여 제조한 고구마 분말을 주사전자현미경을 사용하여 확대 관찰한 미세구조는 Fig. 6과 같다. 각각의 고구마분말에서 전분입자를 관찰할 수 있었으며 동결건조하여 제조한 고구마 분말 뿐 만 아니라 70°C에서 열풍건조하여 제조한 분말에서도 전분입자가 형태를 유지하고 있었다. 생 고구마 전분입자는 둥글고, 6각형, 그리고 구형의 모양으로, 전분입자의 크기는 2 ~ >60 μm 로 다양한 분포를 하고 있다는 이전의 결과와 유사하였다.

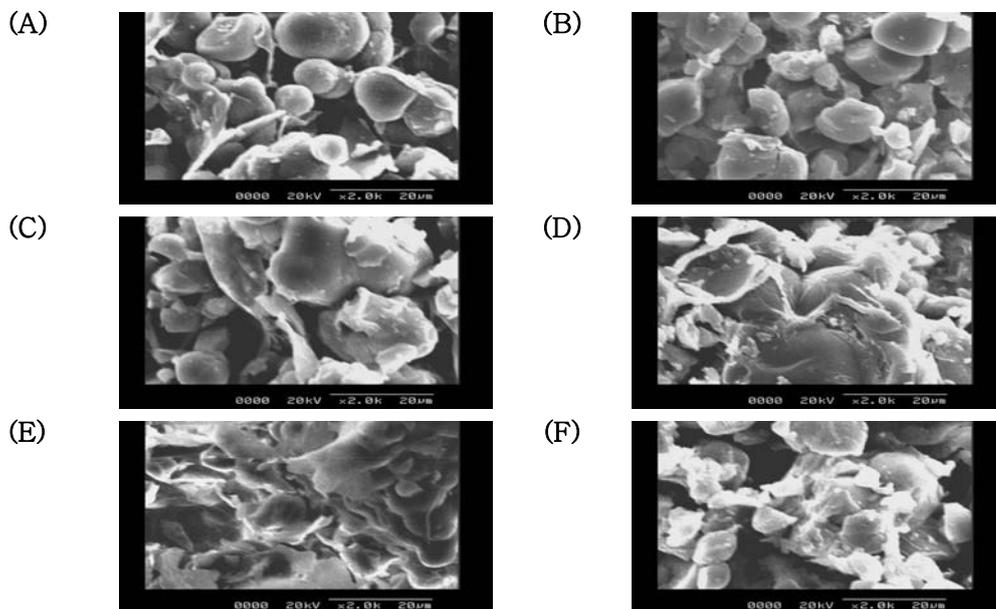


Fig. 6. Scanning electron micrographs(SEM) of sweet potato flours prepared by different drying methods($\times 2000$).

- (A) General sweet potato flour prepared from freeze drying,
- (B) General sweet potato flour prepared from hot-air drying,
- (C) Orange-fleshed sweet potato prepared from freeze drying,
- (D) Orange-fleshed sweet potato prepared from hot-air drying,
- (E) Purple-fleshed sweet potato prepared from freeze drying,
- (F) Purple-fleshed sweet potato prepared from hot-air drying.

(사) 색도

제조 방법에 따른 고구마 분말의 색도 및 외관 특성은 Table 21 및 Fig. 7과 같다. 일반고구마는 열풍 건조보다 동결 건조한 분말의 밝기인 L값이 컸으며 NaHSO₃(0.3%) 처리 후 열풍 건조한 분말의 L값 88.22보다 NaHSO₃(0.5%) 처리 후 동결 건조한 분말의 L값이 89.15로 가장 밝았다. 건조 방법에 따른 밝기는 유사한 결과를 보여 갈변방지제의 농도와 처리조건에 등이 분말의 색도에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 일반고구마 분말 제조시 NaHSO₃의 농도가 0.3% 인 처리구 보다 0.5% 처리구에서 L값이 더 높게 측정되었고, vitamin C(1.0%)와 citric acid(1.0%)를 NaHSO₃와 복합 첨가한 경우 보다 NaHSO₃ 단독 처리한 처리구에서 L값이 높은 것으로 나타나 갈변방지제로서 NaHSO₃의 효과가 큰 것으로 보여진다. 주황색고구마 분말의 b값(황색도)는 NaHSO₃(0.3%-열풍 건조, 0.5%-동결 건조) 처리구가 갈변방지제 처리를 하지 않은 분말 보다 높게 측정되었고, NaHSO₃와 vitamin C(1.0%)와 citric acid(1.0%)를 각각 복합 처리한 처리구의 b값은 갈변방지제 처리 전보다 다소 감소하는 경향을 보였다. 자색고구마 분말의 적색도인 a값은 갈변방지제의 종류에 따른 차이가 큰 것으로 나타났다. 갈변방지제 처리 전 동결, 열풍 건조 고구마 분말의 a값은 각각 9.81, 7.85 였으나, NaHSO₃ 처리에 의해 -2.81 ~ -7.17의 범위로 감소하였다. 또한 열풍 건조시 갈변방지제의 복합 처리한 분말의 a값은 NaHSO₃(0.1%) + vitamin C(1.0%) 처리구가 8.92, NaHSO₃(0.1%) + citric acid(1.0%) 14.05로 증가한 결과를 보여주었다. 갈변방지제는 고구마의 종류별로 육질색이 다르기 때문에 각각의 고유의 색을 최대한 유지할 수 있는 갈변방지제의 선택이 중요할 것으로 판단되었다.

Table 21. Color values of sweet potato flour prepared by different drying methods

Drying method	Sweet potato	Antibrowning agent	Color ¹⁾		
			L	a	b
Freeze Drying	General	-	86.52	-12.86	51.71
		NaHSO ₃ (0.5%) ²⁾	89.15	-14.89	52.48
	Orange-fleshed	-	88.08	-8.82	55.45
		NaHSO ₃ (0.5%)	86.44	-8.62	56.84
	Purple-fleshed	-	54.86	9.81	19.90
		NaHSO ₃ (0.5%)	76.33	-2.81	36.70
Hot-air Drying	General	-	85.80	-12.07	52.63
		NaHSO ₃ (0.3%) ²⁾	88.22	-14.48	51.99
		NaHSO ₃ (0.1%) + citric acid (1.0%) ³⁾	84.51	-12.04	51.63
		NaHSO ₃ (0.1%) + vitamin C (1.0%) ⁴⁾	80.31	-9.07	50.01
	Orange-fleshed	-	85.63	-9.74	56.40
		NaHSO ₃ (0.3%)	86.72	-8.34	57.94
		NaHSO ₃ (0.1%) + citric acid (1.0%)	88.50	-12.42	53.42
	Purple-fleshed	NaHSO ₃ (0.1%) + vitamin C (1.0%)	88.02	-11.42	55.89
		-	54.61	7.85	22.66
		NaHSO ₃ (0.3%)	78.41	-7.17	40.15
NaHSO ₃ (0.1%) + citric acid (1.0%)		55.34	14.05	21.40	
	NaHSO ₃ (0.1%) + vitamin C (1.0%)	59.73	8.92	25.75	

¹⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; + a=red; -a=green; + b=yellow; -b=blue.

²⁾20 min soaking.

³⁾1 min soaking.

⁴⁾1 min soaking.

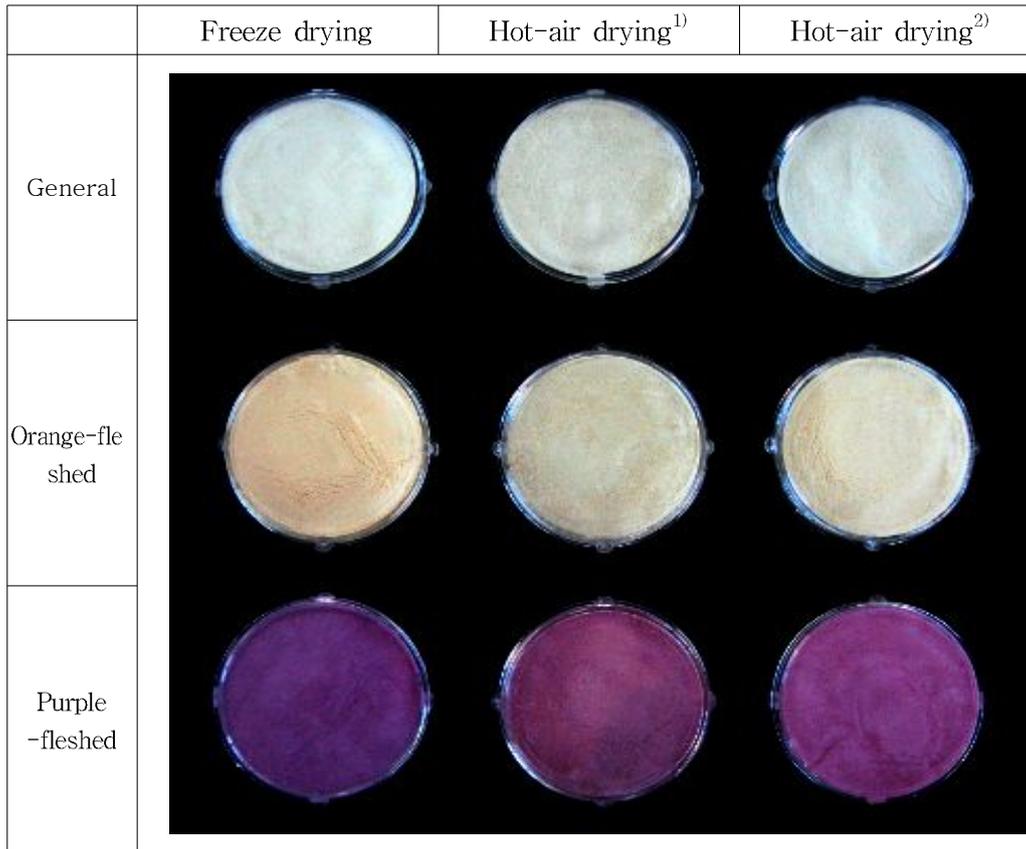


Fig. 7. Appearance of sweet potato flours prepared by different drying methods and antibrowning agents.

¹⁾Antibrowning agents were not used prior to hot-air drying(70°C, 6 hr).

²⁾Antibrowning agents were used prior to hot-air drying(70°C, 6 hr). General or orange-fleshed: NaHSO₃ 0.3%, 1 min soaking, purple-fleshed: NaHSO₃ 0.1% + citric acid 1%, 1 min soaking.

(아) 수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 Oil 흡수율

고구마 종류별 고구마 분말의 수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 oil 흡수율은 Table 22와 같다. 수분흡수지수는 열풍 건조한 일반고구마 분말 1.70 g/g, 갈변방지제 처리 후 열풍 건조한 주황색고구마 분말 1.66 g/g, 갈변방지제 처리 후 열풍 건조한 일반고구마 분말 1.64 g/g, 열풍 건조한 자색고구마 분말 1.59 g/g 순으로 높았고, 동결 건조한 자색고구마 분말이 1.25 g/g으로 가장 수분흡수지수가 낮았다. 지질의 함량이 상대적으로 낮은 일반고구마 분말의 수분흡수지수가 다소 높은 반면 지질의 함량이 약간 높은 주황색고구마와 자색고구마의 수분흡수지수가 낮게 나타났다. 수분용해도지수는 열풍 건조한 주황색고구마 분말이 28.65%, 갈변방지제 처리 후 열풍 건조한 주황색고구마 분말이 30.65%로 다소 높은 수치를 나타낸 반면 일반고구마와 자색고구마는 건조 방법에 따른 차이가 크지 않았고 평균적으로 각각 16.75, 24.72%로 나타나 일반고구마 분말의 수분용해도지수가 가장 낮은 결과를 보여주었다.

Oil 흡수율은 건조 방법에 따라 차이가 있어 모든 종류의 고구마에서 동결 건조한 분말 보다

열풍 건조한 분말의 oil 흡수율이 큰 것으로 나타났다. 동결 건조한 분말 중 주황색고구마 분말이 91.92%로 가장 높고, 일반고구마 분말이 74.39%로 가장 낮은 결과를 나타냈다. 열풍 건조한 분말은 105.13~113.00% 범위의 결과를 나타냈으며, 일반고구마 분말이 113.00%로 가장 높은 oil 흡수율을 나타냈고, 자색고구마 분말이 105.13%로 열풍 건조한 분말 중 가장 낮은 결과를 나타냈지만 동결 건조한 분말의 결과 보다 높은 수치를 나타냈다.

Table 22. WAI, WSI and oil absorption of sweet potato flour prepared by different drying methods¹⁾

Sweet potato	Drying method	WAI (g/g)	WSI (%)	Oil absorption (%)
General	Freeze Drying	1.53±0.01 ^b	16.86±0.08 ^a	74.39±5.38 ^b
	Hot-air Drying	1.70±0.01 ^a	16.52±0.00 ^b	113.00±3.58 ^a
	Hot-air Drying (with antibrowning reagent ²⁾)	1.64±0.07 ^{ab}	16.88±0.01 ^a	105.38±9.93 ^a
Orange -fleshed	Freeze Drying	1.50±0.03 ^b	20.64±0.40 ^c	91.92±8.07 ^b
	Hot-air Drying	1.43±0.03 ^b	28.65±0.11 ^b	107.00±6.59 ^a
	Hot-air Drying (with antibrowning reagent ²⁾)	1.66±0.03 ^a	30.65±0.27 ^a	109.46±9.07 ^a
Purple -fleshed	Freeze Drying	1.25±0.03 ^b	25.60±0.16 ^a	84.19±4.93 ^b
	Hot-air Drying	1.59±0.11 ^a	24.28±0.06 ^b	105.13±13.02 ^a
	Hot-air Drying (with antibrowning reagent ³⁾)	1.55±0.07 ^a	24.28±0.63 ^b	110.38±11.79 ^a

¹⁾Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each column are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

²⁾NaHSO₃ (0.3%, w/v) + citric acid (1.0%, w/v), 1 min soaking.

³⁾NaHSO₃ (0.1%, w/v) + citric acid (1.0%, w/v), 1 min soaking.

(자) Differential Scanning Calorimeter(DSC) 특성

고구마 종류별 고구마 분말의 Differential Scanning Calorimeter (DSC)에 의한 특성은 Table 23과 같다. 호화개시온도는 일반고구마 분말이 동결 건조 74.78℃, 열풍 건조 75.05℃로 주황색, 자색고구마의 70.16~71.46℃ 범위보다 다소 높았으며, 호화최고온도는 동결 건조한 일반고구마와 열풍 건조한 주황색고구마 분말이 80.35℃로 가장 높았으나 다른 고구마 분말의 호화최고온도 범위는 78.49~79.68℃로 큰 차이를 보이지는 않았다. 자색고구마 분말이 호화개시온도와 호화최고온도가 가장 낮은 경향을 보였다.

호화엔탈피는 자색고구마 동결 건조 분말, 열풍 건조 분말이 각각 7.40, 7.71 cal/g 으로 가장 높았으며 다음으로는 일반고구마 동결 건조 분말, 열풍 건조 분말이 각각 7.27, 7.31 cal/g 으로 건조 방법에 따른 큰 차이는 보이지 않았다. 주황색고구마 분말은 동결 건조, 열풍 건조 시 호화엔탈피가 각각 2.68, 4.19 cal/g으로 일반, 자색고구마 분말 보다 낮은 결과를 보여주어 주황색고구마 분말은 다른 고구마 분말에 비해 호화에 필요한 에너지가 상대적으로 낮게

소모되는 것을 알 수 있었다.

Table 23. Differential Scanning Calorimeter(DSC) properties of sweet potato flour prepared by different drying methods¹⁾

Sweet potato		Temperature (°C)			ΔH (cal/g)
		Onset	Peak	Conclusion	
General	Freeze Drying	74.78	80.35	86.96	7.27
	Hot-air Drying	75.05	80.18	86.83	7.31
Orange-fleshed	Freeze Drying	71.34	79.68	87.26	2.68
	Hot-air Drying	71.27	80.35	87.14	4.19
Purple-fleshed	Freeze Drying	70.16	78.49	85.82	7.40
	Hot-air Drying	71.46	79.50	89.20	7.71

¹⁾Values are means of two replications.

(차) 고구마 분말의 *in vitro* 가수분해율

고구마 종류별 고구마 분말의 *in vitro* 가수분해에 따른 maltose 함량은 Fig. 8과 같다. 가열처리하지 않은 생고구마 분말의 결과(Fig. 8A)와 가열처리한 고구마 분말의 결과(Fig. 8B)를 보면 두 경우에서 모두 분해 시간이 증가함에 따라 maltose 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 열처리 하지 않은 분말은 일반, 주황색, 자색고구마가 각각 가수분해 0분에는 164.0, 197.5, 165.5 mg, 가수분해 60분 212.0, 258.0, 220.5 mg으로 maltose 함량이 다소 증가하였다. 열처리한 후 가수분해한 분말의 처리구에서는 가수분해 0분에 일반, 주황색, 자색고구마의 maltose 함량이 각각 262.5, 254.5, 268.0 mg으로 열처리하지 않고 60분 가수분해한 결과와 유사하게 나타났으나 열처리 후 60분 가수분해한 결과 일반, 주황색, 자색고구마의 maltose 함량은 각각 561.5, 476.0, 470.0 mg으로 크게 증가된 결과를 얻을 수 있었다.

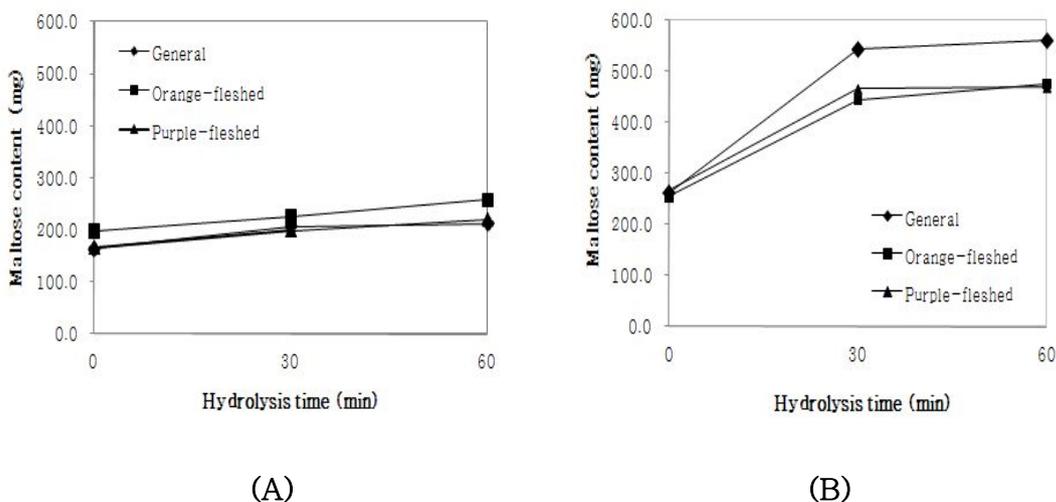


Fig. 8. Maltose content as *in vitro* starch hydrolysis of sweet potato flours.
(A): without heat boiling treatment, (B): with heat boiling treatment

고구마를 다양한 조리방법으로 가열처리한 후 제조한 고구마 분말로 *in vitro* 가수분해에 의한 maltose 함량을 측정한 결과는 Figs. 9-11과 같다. 생고구마 분말의 *in vitro* 가수분해에 의한 maltose 함량은 고구마의 종류별로 큰 차이가 없이 가수분해 0분에 고구마 종류별로 164.5~197.4 mg으로 측정되었고, 가수분해 60분에 212.0~257.9 mg으로 가수분해 시간의 경과에 의해서 크게 증가하지 않았다.

일반고구마 분말의 가수분해에 의한 maltose 함량은 가수분해 0분에 oven에서 baking한 고구마가 514.5 mg으로 가장 높았고, 생고구마가 164.5 mg으로 가장 낮았다. 또한 주황색고구마와 자색고구마 분말도 oven에서 baking한 고구마 분말의 maltose 함량이 가수분해 0분에 가장 높은 결과를 보여 주었다. 반면에 가수분해 시간이 경과함에 따라서는 다른 결과를 보여 주었다. 가수분해 60분에 maltose 함량은 일반고구마 분말은 oven에서 baking한 처리구, 주황색고구마는 boiling한 처리구, 자색고구마는 전자레인지에서 가열한 고구마가 가장 높게 나타나 고구마 종류에 따라 열처리 방법에 따른 *in vitro* 가수분해에 의한 maltose 함량이 상이하게 나타났다.

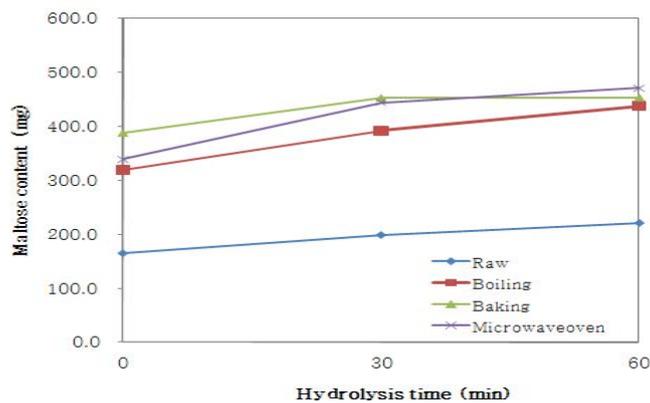


Fig. 9. Maltose content as *in vitro* starch hydrolysis of general sweet potato flours with heat boiling treatment.

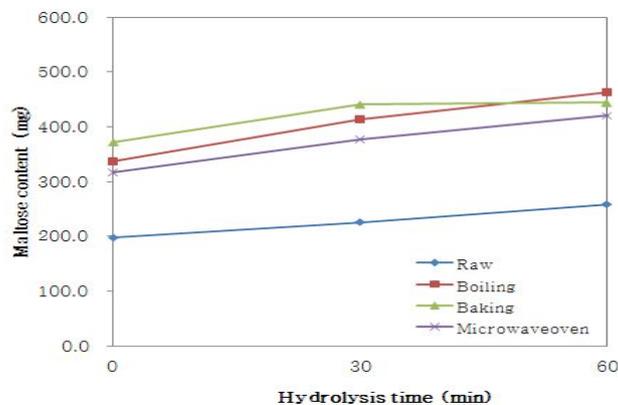


Fig. 10. Maltose content as *in vitro* starch hydrolysis of orange-fleshed sweet potato flours with heat boiling treatment.

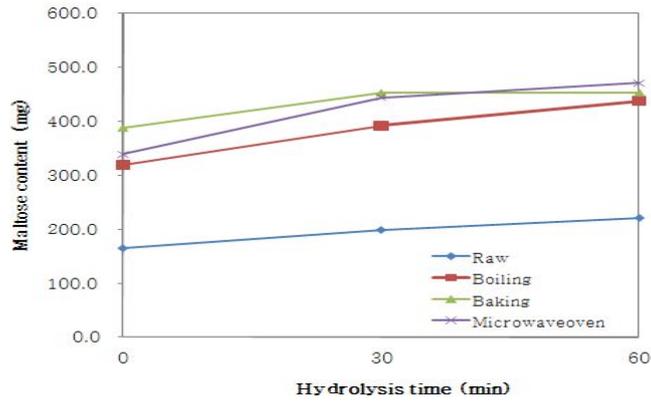


Fig. 11. Maltose content as *in vitro* starch hydrolysis of purple-fleshed sweet potato flours with heat boiling treatment.

(카) 고구마 분말의 α -amylase 활성

고구마의 건조온도에 따른 고구마 분말의 α -amylase 활성을 분석한 결과는 Table 24와 같다. 일반고구마와 자색고구마는 건조온도에 따라 큰 차이가 없었으며 각각의 건조온도에서 주황색 고구마의 α -amylase 활성이 가장 높은 경향을 주었다.

Table 24. α -Amylase activity activity of flours prepared from sweet potatoes dried at different temperatures (Ceralpha Unit)

	Sweet potato flour		
	General	Orange	Purple
50℃	1.56	4.60	1.37
70℃	1.83	2.46	1.19
90℃	1.92	2.33	1.22

(5) 고구마의 종류별 전분의 이화학적 특성

(가) 일반성분

고구마 종류별 고구마 전분의 일반성분은 Table 25와 같다. 고구마 전분의 수분 함량은 고구마 종류별로 유사하게 12.65~13.80%로 분석되었으며, 조단백질 함량은 고구마 종류별로 큰 차이가 없이 0.09~0.11% 범위로 분석되었다. 조지방 함량은 유색고구마인 주황색, 자색고구마가 각각 0.52, 0.55%로 일반고구마 0.42% 보다 다소 높게 나타났다. 조회분 함량은 일반, 주황색고구마 전분이 0.01%, 자색고구마 전분이 0.10%로 측정되었으며, amylose 함량은 일반, 주황색, 자색고구마 전분이 각각 38.93, 38.78, 37.70%로 유사한 결과를 나타냈다.

Table 25. Proximate composition of sweet potato starches¹⁾

Content (%) ²⁾	General	Colored sweet potato	
		Orange-fleshed	Purple-fleshed
Moisture	13.80±0.42 ^a	13.00±0.14 ^{ab}	12.65±0.07 ^b
Protein	0.11±0.03 ^a	0.09±0.01 ^a	0.10±0.01 ^a
Lipid	0.42±0.18 ^a	0.52±0.15 ^a	0.55±0.15 ^a
Ash	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.10±0.01 ^a
Amylose	38.93±0.43 ^a	38.78±0.88 ^a	37.70±1.43 ^a

¹⁾Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

²⁾Dry weight basis.

(나) 색도

고구마 종류별 고구마 전분의 색도는 Table 26과 같다. 전분은 모두 흰색으로 L, a, b값이 큰 차이를 나타내지는 않았으나 주황색고구마 전분의 L값이 가장 큰 96.29로 밝기가 가장 밝은 것으로 나타났다.

Table 26. Color values of sweet potato starches¹⁾

Sweet potato starches	Color ²⁾		
	L	a	b
General	95.87 ^b	-16.58 ^a	40.47 ^a
Orange-fleshed	96.29 ^a	-16.43 ^a	40.74 ^a
Purple-fleshed	94.67 ^c	-16.19 ^a	40.86 ^a

¹⁾Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each column are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

²⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; + a=red; -a=green; + b=yellow; -b=blue.

(다) 미세구조

고구마 종류별 고구마 전분을 주사전자현미경을 사용하여 확대 관찰한 미세구조는 Fig. 12와 같다. 입자 크기는 자색고구마 전분이 일반고구마, 주황색고구마 전분 보다 작은 것으로 분석된 Table 27의 결과와 동일하게 주사전자현미경 사진으로도 확인되었다. 전분입자의 크기와 형태는 둥근형과 다각형이 다양하게 혼합되어 있음을 볼 수 있고, 주황색고구마 전분의 입자는 일반, 자색고구마와 비교하여 다각형 입자가 더 많은 것으로 관찰되었다.

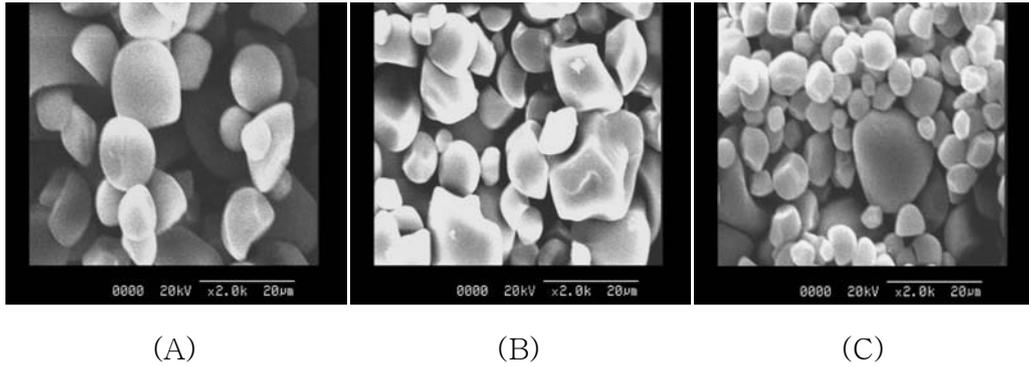


Fig. 12. Scanning electron micrographs(SEM) of sweet potato starches($\times 2000$).

(A): General sweet potato, (B): Orange-fleshed sweet potato, (C): Purple-fleshed sweet potato.

(라) 입자크기

고구마 종류별 고구마 전분의 입자크기 분석 결과는 Table 27과 같다. 평균 입자크기는 주황색고구마 전분이 22.96 μm 로 가장 크지만 일반고구마 전분 22.78 μm 와 유사한 크기였으며, 자색고구마 전분이 18.77 μm 로 상대적으로 작은 입자크기로 분석되어 종류별로 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 27. Particle size of sweet potato starches¹⁾

Sweet potato starch	Particle size (μm)			
	Diameter at 10%	Diameter at 50%	Diameter at 90%	Mean diameter
General	9.61	22.00	37.49	22.78
Orange-fleshed	9.39	22.38	37.44	22.96
Purple-fleshed	3.29	15.15	35.30	18.77

¹⁾Values are means of two replications.

(마) X-선 회절도

고구마 종류별 고구마 전분의 X-선 회절도에 의한 전분의 결정형은 Fig. 13과 같다. 일반, 주황색, 자색고구마 전분이 모두 유사한 회절각도인 15.12~15.20, 17.22~17.30, 23.14~23.28 에서 강한 peak를 보여주었다. 한국산 고구마전분의 이화학적 특성에서 고구마 전분은 품종에 관계없이 14.8, 17.2, 22.5 에서 정점을 보인 X-선 회절양상과 유사한 결과로 A형에 가까운 혼합형인 Ca형의 회절양상을 보인다는 결과와 유사하였다.

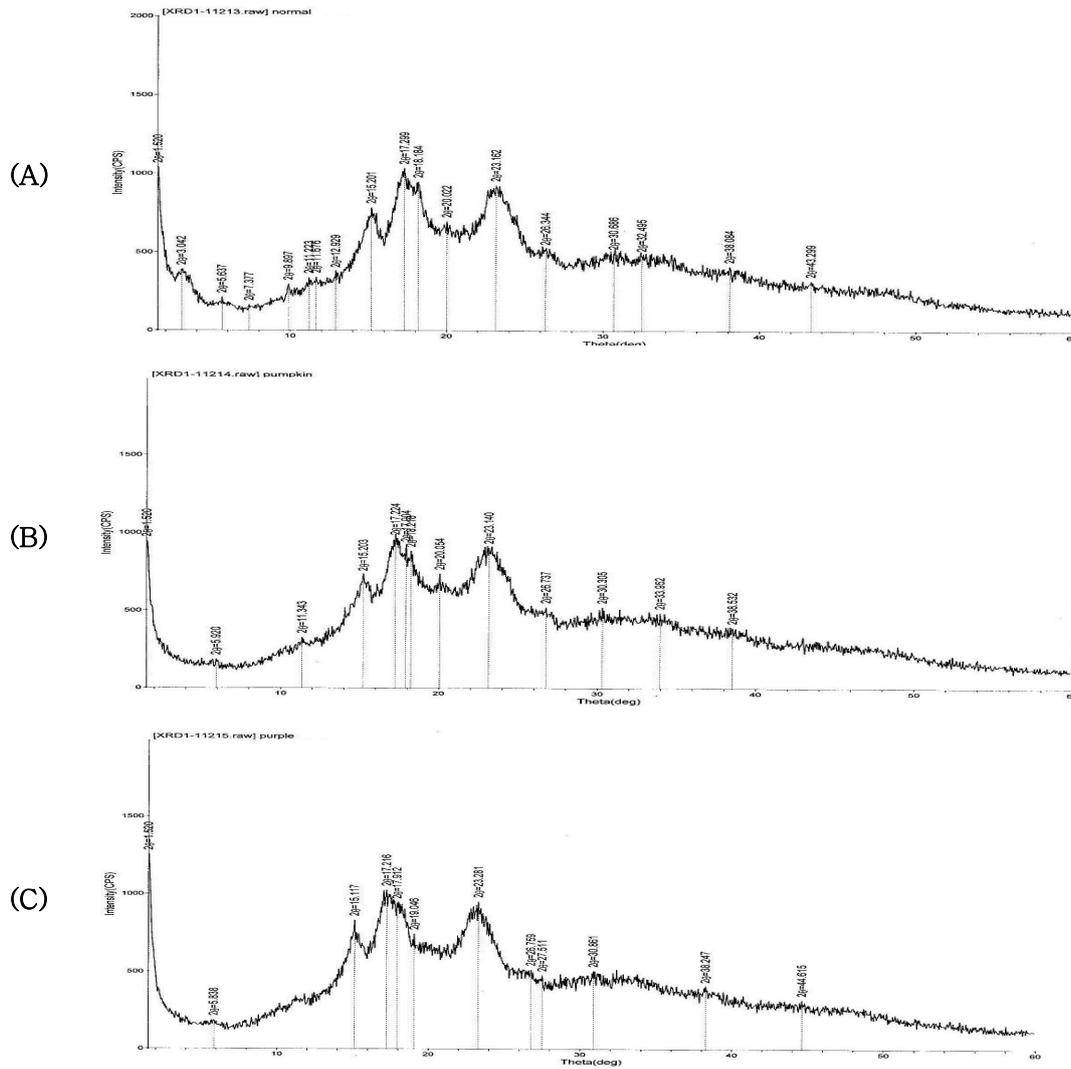


Fig. 13. X-ray diffraction patterns of sweet potato starches.

(A): General sweet potato, (B): Orange-fleshed sweet potato, (C): Purple-fleshed sweet potato.

(바) 팽윤력 및 용해도

고구마 종류별 고구마 전분의 팽윤력 및 용해도를 30~90℃에서 측정한 결과는 Fig. 14에 나타나 있다. 고구마 전분의 팽윤력은 측정온도가 상승함에 따라 증가하는데 50℃까지는 완만하였으나 그 이후로 급격히 증가하여 90℃에서 가장 높은 팽윤력을 보여주었다. 전분의 팽윤력은 일반고구마 전분 보다 주황색고구마와 자색고구마 전분이 다소 높은 결과를 보였다. 고구마 종류별 고구마 전분의 용해도는 팽윤력과 같이 30℃와 50℃에서는 아주 완만한 증가세였으며 50℃ 이후에는 증가폭이 현저하여 90℃에서는 자색고구마 전분이 10.91%로 가장 높은 용해도를 나타냈고 30℃의 용해도 0.15% 보다 약 80배 증가한 것으로 나타났다. 일반고구마 전분은 90℃에서 용해도 7.68%로 주황색고구마 전분의 9.70% 보다 다소 낮아 세 종류의 고구마 전분 중 가장 낮은 용해도를 나타냈다.

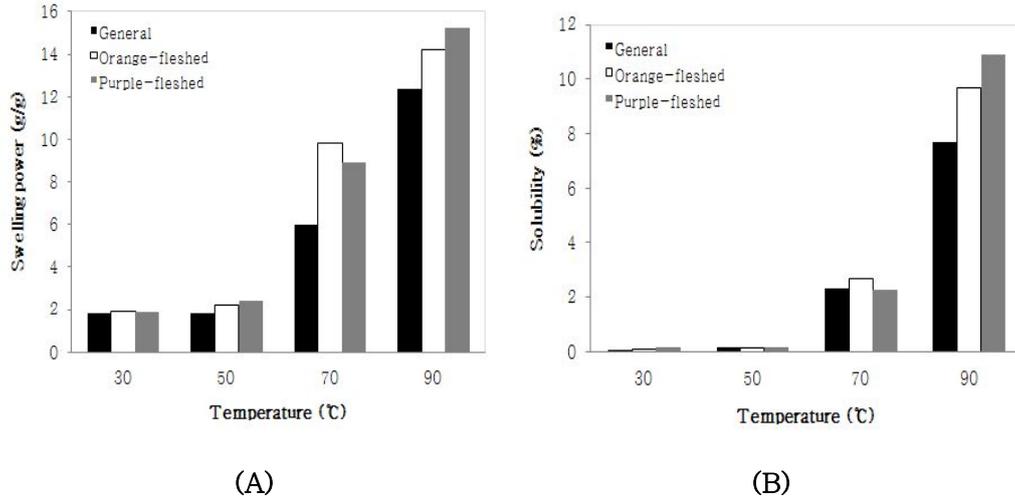


Fig. 14. Swelling power and solubility of sweet potato starches.

(A): Swelling power, (B): Solubility

(사) Differential Scanning Calorimeter(DSC) 특성

고구마 종류별 고구마 전분의 Differential Scanning Calorimeter (DSC)에 의한 특성 결과는 Table 28과 같다. 호화개시온도는 일반, 주황색, 자색고구마 전분이 각각 57.96, 58.18, 62.60 °C로 자색고구마 전분이 가장 높았고, 호화최고온도는 일반고구마 전분이 76.98 °C로 가장 높고, 주황색고구마 전분이 71.57 °C로 가장 낮은 결과를 나타냈다. 호화종결온도는 일반고구마와 자색고구마가 각각 86.18, 86.22 °C로 유사했으며 주황색고구마가 이보다 다소 낮은 82.47 °C로 분석되었다. 호화엔탈피는 일반고구마, 자색고구마, 주황색고구마 순으로 높게 나타나 각각 13.01, 12.10, 11.80 cal/g의 결과를 보여주었다.

Table 28. Differential Scanning Calorimeter(DSC) properties of sweet potato starches¹⁾

Sweet potato starch	Temperature (°C)			ΔH (cal/g)
	Onset	Peak	Conclusion	
General	57.96	76.98	86.18	13.01
Orange-fleshed	58.18	71.57	82.47	11.80
Purple-fleshed	62.60	72.59	86.22	12.10

¹⁾Values are means of two replications.

(아) Rapid Visco-Analyzer(RVA) 측정

고구마 종류별 고구마 전분의 호화양상을 RVA를 사용하여 측정한 결과는 Table 29 및 Fig. 15와 같다. 고구마 전분의 호화개시온도는 일반고구마 전분이 79.7 °C로 가장 높고, 주황색고구마 전분이 76.9 °C로 가장 낮은 결과를 보여주었으며, peak 점도와 breakdown 점도는 주황색고

구마 전분이 181.8 RVU, 70.4 RVU로 가장 크게 나타나 팽윤된 전분입자가 shearing에 의해 급격하게 분해됨을 보여주었다. Final 점도와 setback 점도는 자색고구마 전분이 188.7 RVU, 29.2 RVU로 가장 높은 결과를 보여주었다. 노화도를 나타내는 setback 점도는 주황색고구마 전분이 -15.6 RVU로 가장 낮았다.

Table 29. Rapid Visco-Analyzer(RVA) pasting properties of sweet potato starches¹⁾

Sweet potato starch	Pasting temp. (°C)	Viscosity (RVU) ²⁾				
		Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
General	79.7±0.6 ^a	154.3±1.0 ^c	108.8±0.4 ^c	45.6±0.6 ^b	155.6±0.4 ^c	1.3±1.1 ^b
Orange-fleshed	76.9±0.4 ^b	181.8±0.8 ^a	111.4±1.1 ^b	70.4±1.8 ^a	166.3±1.3 ^b	-15.6±0.5 ^c
Purple-fleshed	78.9±1.7 ^{ab}	159.5±2.4 ^b	119.9±1.8 ^a	39.6±3.6 ^c	188.7±1.5 ^a	29.2±3.8 ^a

¹⁾Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each column are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

²⁾Trough = minimum viscosity after the peak, breakdown = peak viscosity minus trough viscosity, setback = final viscosity minus peak viscosity.

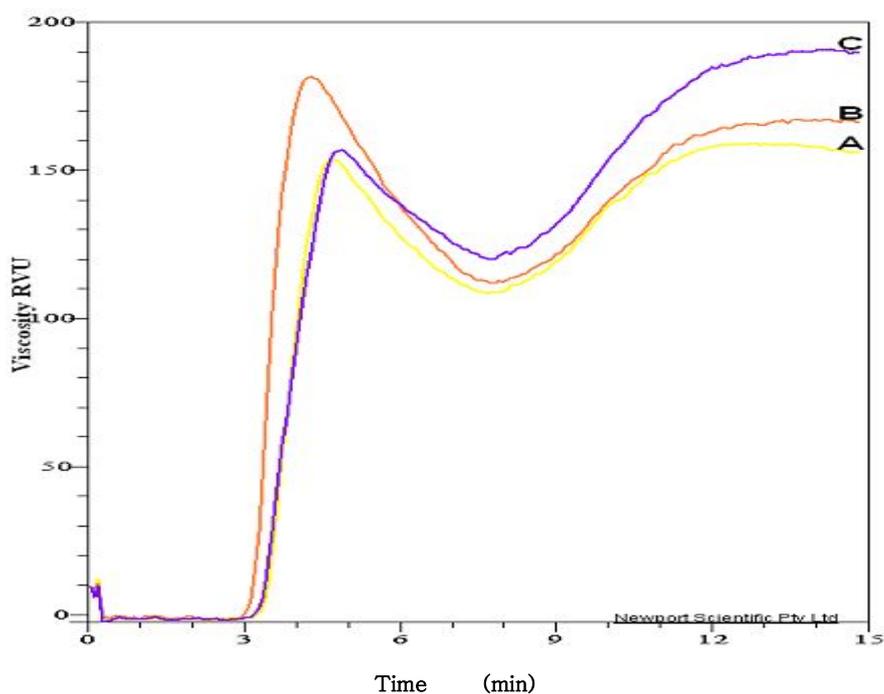
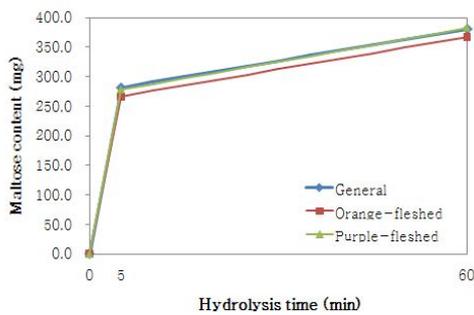


Fig. 15. Rapid Visco-Analyzer(RVA) pasting properties of sweet potato starches.

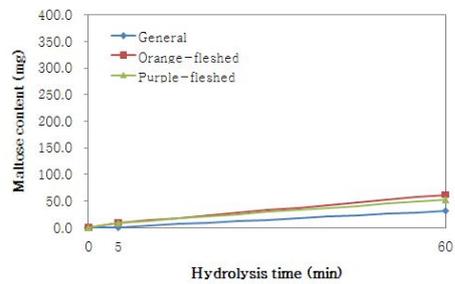
(A): General sweet potato, (B): Orange-fleshed sweet potato, (C): Purple-fleshed sweet potato.

(자) 전분의 *in vitro* 가수분해율

고구마 종류별 고구마 전분의 *in vitro* 가수분해에 의한 maltose 함량은 Fig. 16과 같다. 고구마 전분의 열처리 후 *in vitro* 가수분해에 의한 maltose 함량(Fig. 16A)은 고구마 전분 간에 유사한 패턴을 나타냈고 가수분해 60분에 주황색고구마가 가장 낮은 367.6 mg, 자색고구마와 일반고구마가 각각 382.4, 381.0 mg으로 유사한 결과로 나타났다. 열처리 하지 않은 고구마 전분의 *in vitro* 가수분해에 의한 maltose 함량(Fig. 16B)은 열처리한 결과 보다 현저히 낮게 나타나 가수분해 60분에도 주황색고구마 전분 62.0 mg, 자색고구마 전분 52.7 mg, 일반고구마 전분 31.7 mg으로 열처리 후 가수분해한 결과의 5분 가수분해한 maltose 함량보다 현저하게 적은 값을 나타냈다.



(A)



(B)

Fig. 16. Maltose content as *in vitro* starch hydrolysis of sweet potato starches.

(A): with heat boiling treatment, (B): without heat boiling treatment

(6) 고구마 분말의 베이커리 가공적성

(가) 고구마분말 첨가에 의한 밀가루의 Mixograph 특성

밀가루에 고구마분말을 0~30% 대체한 혼합분에 대하여 68% 수분흡수율에서 mixograph로 반죽의 특성을 조사한 결과는 Fig. 17과 같다. 반죽의 리올로지 특성에서 고구마 분말을 첨가한 복합분의 peak time은 대조구에 비해 감소하는 경향을 주었다. 특히 주황색고구마 분말을 첨가한 복합분에서 peak time의 감소 정도가 가장 크게 나타났으며 반죽의 안정성이 떨어지며 반죽의 물성이 약화됨을 보여주었다.

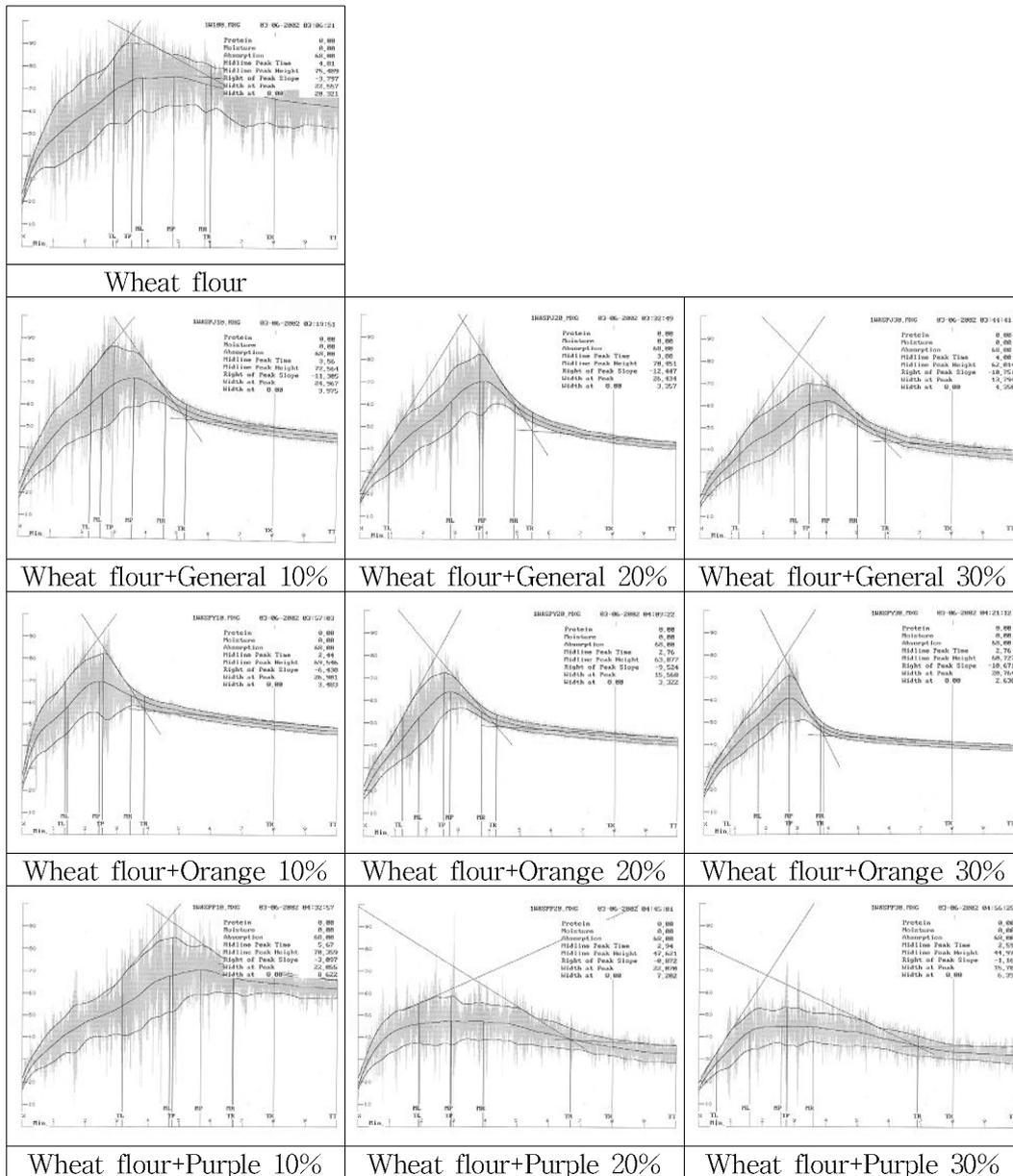


Fig. 17. Mixograms of control flour (100% wheat flour) and wheat flour substituted with different levels of sweet potato flours.

(나) 고구마분말 첨가에 의한 밀가루의 RVA 특성

밀가루에 고구마 분말의 첨가 수준을 달리하여(0~30%) RVA의 호화양상에 미치는 영향을 측정한 결과는 Table 30 및 Fig. 18과 같다. 고구마 분말의 첨가수준이 증가함에 따라 밀가루의 최고 점도는 현저하게 감소하였다. 보통 고구마는 수확후 저장중이나 가열조리시에 전분분해 효소에 의해 당성분은 증가추세이고, 고구마분말에 포함되어 있는 α 또는 β -amylase의 작용에 의해 밀가루 전분이 가수분해되어 점도가 감소하는 것으로 판단되었으며, 이는 고구마 가공제품의 가공적성에 중요한 영향을 미칠 수 있는 것으로 사료되었다.

Table 30. Rapid Visco-Analyzer(RVA) pasting properties of wheat flours substituted with different sweet potato flours¹⁾

	Level of substitution (%)	Onset temp. (°C)	Viscosity (RVU)				
			Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
General	0	66.3±2.5	203.00±2.72	163.13±2.76	39.88±0.06	249.55±1.59	46.55±1.12
	10	66.0±1.4	40.75±0.59	15.38±0.06	25.38±0.53	37.75±0.47	-3.00±1.06
	20	67.2±1.1	20.67±1.06	6.92±7.92	13.75±0.35	14.54±1.12	-6.13±0.06
	30	65.8±0.3	18.92±0.23	4.25±0.00	14.67±0.23	7.04±0.30	-11.88±0.06
Orange-fleshed	0	66.3±2.5	203.00±2.72	163.13±2.76	39.88±0.06	249.55±1.59	46.55±1.12
	10	67.0±1.4	19.54±0.41	4.96±0.41	14.58±0.00	11.13±0.42	-8.42±0.01
	20	66.5±2.1	14.38±0.64	2.84±0.47	11.55±0.18	4.59±0.47	-9.79±0.17
	30	69.8±0.3	13.05±0.18	2.38±0.42	10.67±0.59	3.34±0.23	-9.71±0.41
Purple-fleshed	0	66.3±2.5	203.00±2.72	163.13±2.76	39.88±0.06	249.55±1.59	46.55±1.12
	10	63.3±1.1	50.75±0.11	16.25±0.24	34.50±0.11	43.92±0.00	-6.83±0.11
	20	66.5±0.7	27.00±1.17	6.88±0.88	20.13±2.06	15.25±0.82	-11.75±1.99
	30	66.5±0.7	19.79±0.30	5.30±0.18	14.50±0.11	7.42±0.71	-12.37±1.00

¹⁾Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each column are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

²⁾Trough = minimum viscosity after the peak, breakdown = peak viscosity minus trough viscosity, setback = final viscosity minus peak viscosity.

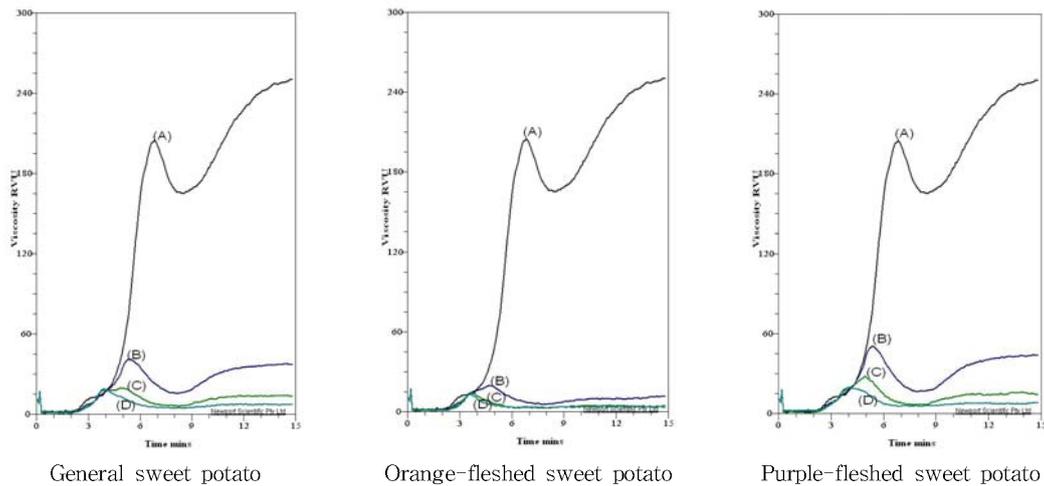


Fig. 18. Rapid Visco-Analyzer(RVA) pasting properties of wheat flours substituted with different sweet potato flours.

(A): wheat flour 100%, (B): sweet potato flour 10%, (C): sweet potato flour 20%, (D): sweet potato flour 30%

나. 고품질 베이커리 제품의 개발

(1) 고구마 종류별 분말의 이화학적 특성

(가) 일반성분

고구마의 육질색 종류별 고구마를 열풍건조 한 후 분쇄하여 제조한 고구마 분말의 일반성분을 분석한 결과는 Table 31과 같다. 고구마의 종류별 색이 다름에 따라 함량의 차이가 있음을 알 수 있었다. 고구마 분말의 수분 함량은 자색고구마가 7.05%로 가장 높았으며, 일반고구마가 6.61%, 주황색고구마가 5.07%로 가장 낮게 나왔다. 고구마 분말의 조단백질 함량은 자색고구마가 7.15%로 가장 높게 나왔고, 일반고구마 5.20%, 주황색고구마가 4.15%로 가장 낮게 나타났다. Soxhlet법에 의해 분석된 조지방 함량은 주황색고구마가 2.45%, 자색고구마가 2.23%로 유사한 결과를 보여주었고 일반고구마가 1.66%로 가장 적은 조지방을 함유하는 것으로 분석되었다. 이는 지용성 색소인 carotenoid 색소가 함께 추출되었기 때문 인 것으로 보는 Kim 등(1997)의 보고와 유사한 결과로 나타났다. 고구마 종류별 회분 함량은 일반고구마와 주황색고구마가 각각 2.71%, 2.48%로 유사한 결과였으며 자색고구마가 3.93%로 가장 높은 회분을 함유하는 것으로 분석되었다.

고구마 분말의 총 식이섬유 함량은 자색고구마 > 일반고구마 > 주황색고구마 순인 9.97% > 7.17% > 3.76%로 주황색고구마가 가장 적은 식이섬유를 함유하는 것으로 분석되었다. 이 결과는 Yadav 등(2006)의 건조 방법에 따른 고구마 분말의 총 식이섬유 분석 결과인 17.2 ~ 17.6% 보다 낮은 수치였으며, 고구마의 총 식이섬유는 자색고구마가 11%로 높게 나타난 Oh 등(2008)의 결과와 가장 유사하게 나타났다.

수확 후 살아있는 생명체로 취급되는 농산물은 수확 후부터 소비될 때까지 일어나는 독특한

생리적 변화가 일어나며 고구마에 있어서 중요한 수확 후 생리현상(Jeong, 2001)은 호흡과 저장병해, 중량감소, 성분변화 등이다. 고구마 분말도 원료 고구마의 수확 후 생리 현상에 따른 변화에 따라 동일한 종류의 고구마에서도 성분 함량에 차이를 줄 수 있는 것으로 사료되었다.

(나) 전분 및 아밀로오스 함량

고구마 종류별 고구마 분말의 전분 함량과 아밀로스 함량을 측정한 결과는 Table 32와 같다. 전분 함량은 일반고구마 분말이 52.52%로 가장 높게 나타났으며 주황색고구마 분말이 48.19%, 자색고구마 분말이 46.76%로 가장 낮게 나타났다. 생고구마의 주요 영양성분 함량(Woolfe, 1992)에서 전분 함량은 5.3~28.4% 범위로 평균 20.1%로 보고된 바 있으나 본 연구에서는 생고구마를 건조시켜 분말화하여 전물 중 기준으로 측정하여 전분의 함량이 생고구마와 비교하여 높은 것으로 분석되었다. 고구마 분말의 아밀로오스 함량은 일반고구마와 주황색고구마가 각각 27.50%와 29.55%로 비슷하게 측정되었고 자색고구마는 21.24%로 가장 낮게 측정되었다. Naivikul 등(1979)은 전분의 아밀로오스 함량이 품종, 토양에 따른 생육조건에 따라 다소 차이를 보인다고 하였으며 이는 육질색 종류별 고구마의 아밀로오스 함량에 차이를 주는 요인으로 생각되었다.

Table 31. Proximate composition of flours from sweet potato with different flesh colors¹⁾

Content ²⁾	Flesh color(%)		
	White	Yellow/Orange	Purple
Moisture	6.61	5.07	7.05
Crude protein	5.20	4.15	7.15
Crude fat	1.66	2.45	2.23
Ash	2.71	2.48	3.93
Total dietary fiber	7.17	3.76	9.97

¹⁾Values are means of triplicate analyses.

²⁾Dry weight basis.

Table 32. Starch and amylose contents of flours from sweet potatoes with different flesh colors¹⁾

Content	Flesh color(%)		
	White	Yellow/Orange	Purple
Starch	52.52	48.19	46.76
Amylose	27.50	29.55	21.24

¹⁾Values are means of triplicate analyses.

(다) 총 carotenoid 및 총 anthocyanin 함량

Carotenoid계 색소는 오렌지색, 노란색 또는 빨간색을 갖는 지용성색소로서 현재 600여 종의 carotenoid 화합물이 알려져 있으며 대부분 자연계에서 생산되는 것으로 알려져 있다. 보통 고구마의 carotene의 함량은 0.02 mg/100 g 이하이고, 황색고구마는 4.6~20.2 mg/100 g으로 높고 대부분 β-carotene으로 되어있다(Kim *et al*, 1997). 고구마 종류별 고구마 분말의 총 carotenoid의 함량과 총 anthocyanin의 함량을 측정한 결과는 Table 33과 같다. 총 carotenoid는 일반고구마 367.38 μg/100 g에 비해 주황색고구마가 5375.56 μg/100 g으로 현저하게 높았으며 자색고구마는 59.58 μg/100 g로 아주 미미한 수준으로 측정되었다. Gross의 보고에 의하면 식물체 중에 존재하는 총 carotenoid 함량은 생체 100 g 중에 banana 0.8 mg, mandarin pulp 1.4 mg, apricots 3.5 mg, tomato 5.4 mg, red paper 15 mg, mandarin peel 30 mg으로 주황색고구마가 다른 식물자원에 비해 견줄 만한 높은 함량을 주는 것으로 나타났다. 이에 따라 주황색고구마는 항암작용, 항산화작용, 심혈관계의 질병 및 백내장, 스트레스 예방 등 생화학적 기능이 우수(Krinsky, 1993; 夫木一夫, 1992; Ameny, 1996)할 것이라고 생각되었다.

안토시아닌은 식물의 꽃, 과일, 잎 그리고 피근 등에 분포하는 적색, 자색, 청색을 나타내는 수용성 flavonoid계 색소로 음식, 음료수 등에 첨가되는 천연식용색소로 널리 사용되고 있다 (Francis 1989). 총 anthocyanin 함량은 일반고구마와 주황색고구마 분말에서 각각 1.61 mg/100 g, 0.84 mg/100 g였으며 자색고구마에서는 59.92 mg/100 g로 높게 나타났다. 표피 뿐 아니라 육질전체에 자색을 띠는 자색고구마는 안토시아닌 함량이 생체중의 약 2~3% 내외로 포도의 5~7배 많은 안토시아닌을 함유하고 있다고 보고하고 있다 (Bridle & Tomberlake 1997). 최근에 antocyanin의 항암 (Chen *et al*, 2005), 간 보호 (Tsuda *et al*, 1999), 그리고 심혈관계 질환에 효과 (Kim *et al*, 2006) 등이 안토시아닌의 함량이 높은 자색고구마의 생리적 효과가 유용할 것으로 생각되었다.

Table 33. Total carotenoid and anthocyanin contents of flours from sweet potatoes with different flesh colors¹⁾

Sweet potato	Total carotenoid (μg/100 g)	Total anthocyanin (mg/100 g)
White	367.38	1.61
Yellow/Orange	5375.56	0.84
Purple	59.58	59.92

¹⁾Values are means of triplicate analyses.

(라) 입도분석

분쇄는 압축, 전단, 충격, 마찰, 비틀림 등 여러 가지 작용의 물리적 힘에 의해 이루어지며 분체는 여러 가지 크기의 입자로 구성된다. 분쇄된 고구마 분말의 입자크기는 입도분포로서 표

시될 수 있으며 이는 원료의 종류, 분쇄기의 종류 및 분쇄 방법에 따라 입자크기가 달라지게 된다.

고구마 종류별 고구마 분말의 입자크기를 표준체를 사용하여 측정한 결과는 Table 34와 같다. 고구마 분말은 일반고구마와 주황색고구마에서 입자크기가 상대적으로 약간 작았으며 자색고구마에서 입자 크기가 큰 것으로 나타났다.

(마) 색도

고구마 종류별 고구마 분말의 색도를 측정한 결과는 Table 35와 같다. 주황색고구마는 밝기는 L값이 90.54로 가장 높았으며 자색고구마는 51.97로 L값이 가장 어둡게 나타났다. 적색도 값인 a값은 자색고구마가 11.32로 가장 큰 것으로 나타났으며 일반고구마와 주황색고구마는 각각 -12.28, -13.64로 비슷하게 나타났다. 자색고구마가 b값(황색도)에서 20.63으로 가장 낮게 나타났으며 일반고구마와 주황색고구마는 각각 44.78, 44.81로 비슷하게 나타났다. 전반적으로 고구마 분말의 색도는 일반고구마와 호박고구마 분말에서 비슷한 것으로 나타났다.

Table 34. Particle size distribution(%) of sweet potato flours from sweet potatoes with different flesh colors

Sweet potato	Mesh size					
	+ 60	+ 100	+ 140	+ 200	+ 325	- 325
White	0.67	2.33	8.80	14.82	55.71	14.32
Yellow/Orange	0.13	2.59	10.14	16.32	59.82	9.31
Purple	0.46	6.69	15.70	19.85	48.23	5.91

¹⁾ Values are means of two replications.

Table 35. Color values¹⁾ of flours from sweet potatoes with different flesh colors

Sweet potato	Color ²⁾		
	L	a	b
White	85.77	-12.28	+44.78
Yellow/Orange	90.54	-13.64	+44.81
Purple	51.97	+11.32	+20.63

¹⁾ Values are means of triplicate analyses.

²⁾ L=lightness value, 100=white, 0=black; + a=red; + b=yellow; -b=blue

(바) 수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 Oil 흡수율

고구마 종류별 고구마 분말의 수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 oil 흡수율은 Table 36과 같다. 수분흡수지수는 자색고구마 분말이 1.63 g/g, 일반고구마 분말이 1.40 g/g

그리고 주황색고구마 분말이 1.20 g/g 순으로 가장 높았다. 지질의 함량이 상대적으로 낮은 일반고구마 분말의 수분흡수지수가 다소 높은 반면 지질의 함량이 약간 높은 주황색고구마와 자색고구마의 수분흡수지수가 낮게 나타났다.

수분용해도지수는 자색고구마 분말이 25.59%로 가장 높았으며 주황색고구마 분말이 22.95%, 그리고 일반고구마 분말이 20.94%의 순이었다. 이러한 결과는 Shin 등(2009)의 일반고구마 수분용해도지수 18.2~21.5%, 주황색고구마는 22.8~26.5%와 비슷하게 측정되었다.

Oil 흡수율은 자색고구마 분말이 187.21%로 가장 높게 나타났으며 일반고구마 분말이 180.70%, 주황색고구마 분말이 175.65%로 가장 낮게 나타났다. 지질의 함량이 상대적으로 높은 주황색고구마 분말에서 가장 낮은 oil 흡수율을 보여주었다.

Table 36. WAI, WSI and oil absorption of flours from sweet potatoes with different flesh colors¹⁾

Sweet potato	WAI (g/g)	WSI (%)	Oil absorption (%)
White	1.40	20.94	180.70
Yellow/Orange	1.20	22.95	175.65
Purple	1.63	25.59	187.21

¹⁾ Values are means of triplicate analyses.

(2) 고구마 베이커리 제품의 제조 및 품질특성

(가) 고구마 분말 첨가에 따른 제빵 특성

① 일반고구마 분말 첨가 식빵의 특성

밀가루에 일반고구마 분말을 10~30% 첨가함에 따른 제빵 특성은 Table 37과 같다. 일반고구마 분말의 첨가량이 증가함에 따라 반죽의 수분흡수율은 63~59%로 감소하였다. 식빵의 품질 평가의 주요한 지표인 식빵의 부피는 밀가루 단백질의 함량, 질, 반죽의 특성과 발효량에 의해 결정이 되며 일반적으로 빵의 부피가 양호하면 단백질의 함량이 높거나 질이 좋은 단백질을 보유하고 있기 때문이다(Jung, 2002). 일반고구마 분말의 첨가는 식빵의 체적을 감소시켰다. 대조구 838 cc에서 일반고구마 분말 첨가량 10%는 768 cc, 20% 607 cc, 30%는 470 cc로 고구마 함량이 증가할수록 식빵의 부피가 현저하게 감소하였다(Fig. 19). 따라서 식빵의 비체적은 4.91 cc/g으로 대조구가 가장 높게 나왔고 일반고구마 함량이 증가할수록 적게 나왔다. 일반고구마 분말을 10%를 첨가한 식빵은 4.39 cc/g으로 대조구와 비슷한 값을 나타내었으나 20%와 30%는 각각 3.40 cc/g, 2.61 cc/g으로 큰 차이를 보였다. 이는 밀가루에 대한 고구마 분말의 함량이 증가함에 따라 밀가루의 글루텐을 희석을 야기하고 반죽의 가스 보유력을 저하시켜 부피가 줄어든 것으로 생각되었다. 식빵의 경도는 대조구가 143.10 g-force로 가장 부드러웠으며 10, 20,

30%는 각각 178.35, 319.85, 834.95 g-force로 고구마 분말의 함량이 증가함에 따라 경도가 증가하였다. 일반고구마 분말을 첨가한 식빵의 단면은 Fig. 19에 나타나 있다. 일반고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 대조구에 비해 부피가 작아지는 것을 볼 수 있으며, 일반고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 식빵 속 기공이 조밀해지며 외형이 떨어지는 것을 관찰할 수 있었다.

일반고구마 분말을 첨가한 식빵의 겉껍질과 내부의 색을 측정한 결과는 Table 38과 같다. 식빵의 내부 색상을 측정한 결과(Table 38) 대조구와 비교하여 일반고구마 분말의 첨가량이 증가함에 따라 L(명도)값은 감소하였으며 반대로 a(적색도)값과 b(황색도)값은 증가하였다. 고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 식빵의 색이 어두워지는 경향을 보였는데 L값은 10%와 20%가 비슷하게 나왔으며 b값은 대조구와 10%가 비슷하게 측정이 되었고 20%와 30%가 비슷하게 측정되었다. 식빵의 겉껍질 색을 측정한 결과(Table 38) L값과 b값은 감소하였으며 반대로 a값은 대조구에 비해 고구마 분말을 첨가한 식빵에서는 감소하였으나 20%와 30%는 10%에 비해 증가하였다. 이는 굽기 과정 중 오븐 내 열이 식빵의 표면에 닿는 것에 따라 a값이 20%와 30%에서 높게 측정된 것으로 판단되어 진다.

Table 37. Baking properties of breads substituted with different level of white-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	White-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Baking absorption (%)	65	63	61	59
Mixing time (min.)	8.5	8.5	8.5	8.5
Loaf volume (cc)	838.5±53.0 ^{c2)}	767.5±10.6 ^c	606.5±19.1 ^b	470.0±21.2 ^a
Loaf weight (g)	170.8±2.5 ^a	175.1±1.1 ^b	178.6±0.4 ^{bc}	180.2±0.1 ^c
Specific loaf volume (cc/g)	4.9±0.4 ^c	4.4±0.0 ^c	3.4±0.1 ^b	2.6±0.1 ^a
Hardness(gram force)	143.1±9.9 ^a	178.3±15.3 ^a	319.9±16.1 ^b	835.0± 74.8 ^c

¹⁾ Values are means of three loaves.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

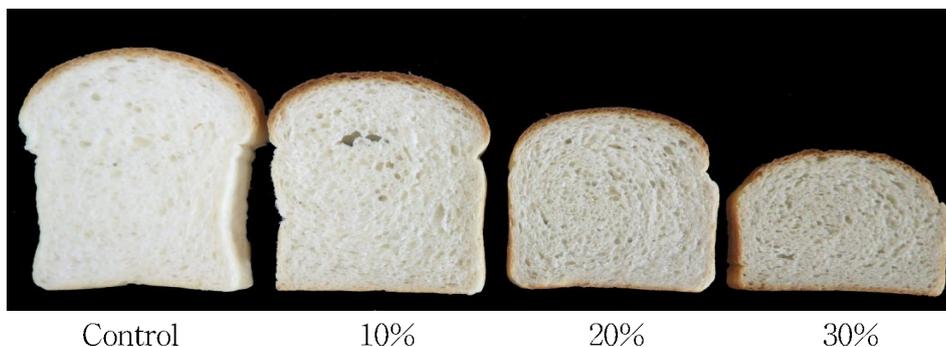


Fig. 19. Cross sections of breads substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour.

Table 38. Crumb and crust color¹⁾ of breads substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour

		Control	White-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
Loaf interior	L	+75.5±2.5 ^{b2)}	+69.6±3.3 ^b	+70.1±1.0 ^b	+63.1±1.5 ^a
	a	-13.0±0.2 ^a	-11.21±0.0 ^b	-10.20±0.2 ^c	-7.0±0.4 ^d
	b	+40.5±1.8 ^a	+40.6±2.1 ^a	+42.3±0.1 ^a	+42.7±0.2 ^a
Loaf crust (top)	L	+42.4±2.3 ^b	+34.6±1.8 ^a	+35.0±2.1 ^a	+33.2±1.4 ^a
	a	+14.2±1.3 ^b	+10.2±1.1 ^a	+10.9±2.0 ^a	+10.1±2.0 ^a
	b	+41.5±2.5 ^b	+29.8±2.6 ^a	+30.3±3.3 ^a	+28.2±2.0 ^a

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue). Values are means of triplicate determinations.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

② 주황색고구마 분말 첨가 식빵의 특성

밀가루에 주황색고구마 분말을 10~30%로 대체한 식빵의 특성은 Table 39와 같다. 주황색고구마 분말의 첨가량이 증가함에 따라 반죽의 수분흡수율은 고구마 분말 첨가 10%, 20%, 30%에서 각각 60%, 55%, 50%로 감소하였다. 식빵의 부피는 대조구 825.00 cc로부터 주황색고구마 분말 첨가 10%, 20%, 30%에서 각각 725.00 cc, 618.00 cc, 352.50 cc로 주황색고구마 분말 첨가량이 증가할수록 식빵의 부피가 현저하게 감소하였다. 밀가루 글루텐은 탄성과 신장력의 특징으로 인해 빵의 외형과 구조를 형성하여 빵의 품질에 있어서 매우 중요한 역할을 하게 되는데 (Gallagher *et al*, 2003) 주황색고구마 분말의 첨가량이 증가할 경우 식빵에 글루텐 함량이 감소하게 되어 기본적인 구조의 형성이 떨어지기 때문으로 생각되었다. 식빵의 비체적은 고구마 분말을 첨가하지 않은 식빵이 5.01 cc/g고, 고구마 분말을 첨가한 10%, 20%, 30%의 식빵이 각각 4.29 cc/g, 3.54 cc/g, 1.94 cc/g로 고구마 함량이 증가할수록 급격히 감소되었다. 주황색고구마를 첨가한 식빵의 단면은 Fig. 20과 같다. 주황색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 대조구에 비해 부피가 작아지는 것을 볼 수 있으며, 30%를 첨가한 식빵은 식빵 속 기공의 크기가 작아져 식빵 속의 기공이 균일하고 커서 부드러운 질감을 나타냈던 대조구에 비해 표면이 거칠고 질겨 외형이 떨어지는 결과를 볼 수 있었다. 식빵의 경도를 측정 한 결과 대조구가 183.5 g-force였으며 10, 20, 30%는 각각 159.6, 309.2, 1133.6 g-force으로 고구마 분말 첨가량이 증가할수록 경도가 증가함을 알 수 있었다.

주황색고구마 분말을 첨가한 식빵의 겉껍질과 내부의 색을 측정한 결과는 Table 40과 같다. 식빵의 내부 색상을 측정한 결과 대조구의 빵에 비해 주황색고구마 10%를 첨가한 식빵의 내부 색은 유사하게 나왔으며 20%를 첨가한 식빵의 내부색은 약간 낮으며 30%를 첨가한 식빵

의 내부색은 L값이 높게 나왔다. 적색도(+)와 녹색도(-)의 값을 나타내는 a값은 대조구보다 10% 첨가한 식빵이 다소 낮게 나왔으나 유사하게 측정되었으며 20%와 30%는 높게 측정되었다. 황색도 값을 나타내는 b값은 10%를 첨가한 식빵이 대조구에 비해 낮게 나왔으며 20%와 30%는 대조구에 비해 높게 측정되었으나 대조구와 20%는 유사한 것으로 나타났다. 10%를 첨가한 식빵의 L, a, b값은 대조구와 유사하게 나타났다.

식빵의 겉껍질의 색을 측정한 결과 밝기를 나타내는 L값이 대조구에 비해 어둡게 측정되었으며 a값은 대조구와 10% 첨가한 식빵에서 비슷하게 나타났으며 대조구에 비해 20%는 낮게, 30%는 높게 측정되었다. 고구마 첨가량이 증가할수록 황색도를 나타내는 b값은 낮아졌는데 20%와 30%를 첨가한 식빵은 유사하게 나타났다.

Table 39. Baking properties of breads substituted different levels of yellow/orange-fleshed sweet-potato flour

	Control	Yellow/orange-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Baking absorption (%)	65	60	55	50
Mixing time (min.)	8.5	8.5	8.5	8.5
Loaf volume (cc)	825.0±70.7 ^{c2)}	725.0±49.5 ^{bc}	618.0±17.0 ^b	352.2±31.8 ^a
Loaf weight (g)	164.7±0.9 ^a	169.3±0.6 ^b	174.5±0.2 ^c	182.0±0.2 ^d
Specific loaf volume (cc/g)	5.0±0.5 ^c	4.3±0.3 ^{bc}	3.5±0.1 ^b	1.9±0.2 ^a
Hardness(gram force)	183.5±37.5 ^a	159.6±8.6 ^a	309.2±22.9 ^b	1133.6±39.0 ^c

¹⁾ Values are means of three loaves.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

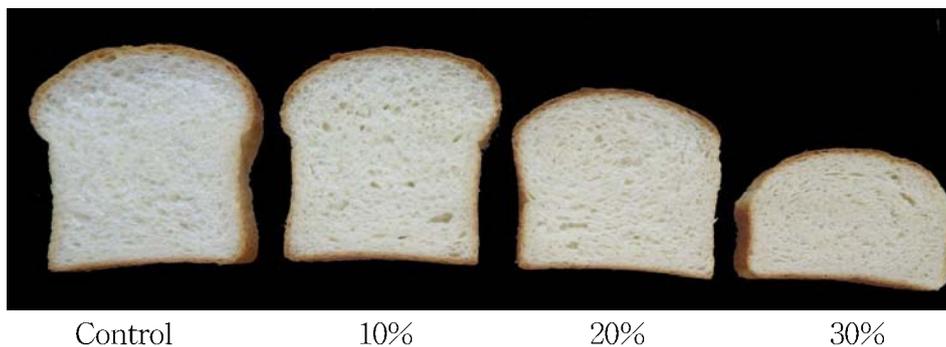


Fig. 20. Cross sections of breads substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour.

Table 40. Crumb and crust color¹⁾ of breads substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour

		Control	Yellow/orange-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
Loaf interior	L	71.3±2.5 ²⁾	71.3±0.8 ^a	70.9±1.5 ^a	76.5±1.1 ^b
	a	-12.3±0.5 ^a	-152.4±0.2 ^a	-11.6±0.2 ^a	-10.6±0.1 ^b
	b	40.0±0.4 ^a	39.3±0.2 ^a	40.8±0.5 ^a	47.5±1.0 ^b
Loaf crust (top)	L	44.2±2.1 ^b	41.8±2.8 ^b	36.9±2.4 ^a	37.2±1.8 ^a
	a	12.4±0.4 ^{ab}	13.3±0.4 ^{bc}	11.8±0.8 ^a	14.4±1.2 ^c
	b	41.7±2.1 ^b	40.0±2.2 ^b	33.1±2.6 ^a	34.0±3.1 ^a

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue). Values are means of triplicate determinations.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

③ 자색고구마 분말 첨가 식빵의 특성

자색고구마 분말을 밀가루에 대해 10, 20 및 30%로 대체한 식빵의 특성은 Table 41과 같다. 자색고구마 분말의 첨가량이 증가함에 따라 반죽의 수분흡수율은 고구마 분말 10%, 20%, 30%에서 각각 67%, 69%, 71%로 증가하여 일반고구마와 주황색고구마의 경우와 차이를 나타내었다. 자색고구마의 첨가량이 증가함에 따라 반죽의 수분흡수율이 증가하는 것은 일반고구마나 주황색고구마에 비해 자색고구마 분말에 식이섬유 함량이 높아 수분흡수율을 높이는 원인으로 작용하였기 때문으로 사료되었다. 식빵의 부피는 대조구가 766 cc이고 10%, 20%, 30%는 각각 428 cc, 356cc, 298 cc로 자색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 부피가 현저하게 감소하였다. 식빵의 비체적은 고구마 분말을 첨가하지 않은 대조구 식빵은 4.71 cc/g이고, 고구마 분말을 첨가한 10%, 20%, 30%의 식빵이 각각 2.51cc/g, 2.01 cc/g, 1.72 cc/g으로 고구마 첨가량이 증가할수록 급격히 감소하였다. 자색고구마 분말을 첨가한 식빵이 단면은 Fig. 21와 같다. 자색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 대조구에 비해 부피가 현저하게 떨어진 것을 볼 수 있으며, 자색고구마 분말을 30% 첨가한 식빵의 경우 외형이 좋지 않은 결과를 볼 수 있었다. 식빵의 경도를 측정된 결과 0% 대조구는 117.55 g-force로 가장 부드러웠으나 10, 20, 30%는 각각 245.75, 535.60, 829.90 g-force으로 고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하였다.

자색고구마 분말을 첨가한 식빵의 겉껍질과 내부의 색을 측정된 결과는 Table 42과 같다. 식빵의 내부 색상을 측정된 결과(Table 42) 명도를 나타내는 L값은 대조구가 71.09로 가장 높았고 자색고구마 분말의 함량이 높아짐에 따라 유의적으로 감소하여 점점 어두워지는 경향을 나타내었다. 적색도를 나타내는 a값은 대조구의 경우 -12.12이였으나 10% 첨가 식빵이

12.02, 20% 첨가 식빵이 34.10, 30% 첨가 식빵이 25.99로 자색고구마 분말 첨가량이 증가할수록 적색도가 증가하는 차이를 보였다. 황색도를 나타내는 b값은 대조구가 39.99이었고 자색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여 황색도가 낮아지는 결과를 보였다. 자색고구마 분말을 첨가하여 빵을 만들 경우 자색고구마에 함유된 안토시아닌 색소에 의해 빵의 내부 색이 짙어지는 결과를 볼 수 있다.

Table 41. Baking properties of breads substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour

	Control	Purple-fleshed sweet potato(%)		
		10	20	30
Baking absorption (%)	65	67	69	71
Mixing time (min.)	8.5	8.5	8.5	8.5
Loaf volume (cc)	765.5±88.4 ^{c2)}	428.0±7.1 ^b	355.5±3.5 ^{ab}	298.0±7.1 ^a
Loaf weight (g)	162.8±1.6 ^a	170.7±0.2 ^b	177.2±0.2 ^c	173.6±3.0 ^{bc}
Specific loaf volume(cc/g)	4.7±0.6 ^b	2.5±0.0 ^a	2.0±0.0 ^a	1.7±0.1 ^a
Hardness (gram force)	117.6±12.0 ^a	245.8±180.2 ^a	535.6±24.9 ^b	829.9±71.0 ^c

1) Values are means of three loaves.

2) Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

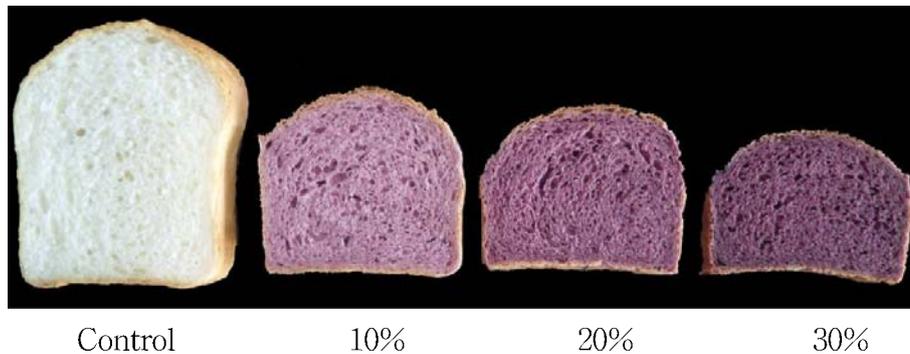


Fig. 21. Cross sections of breads substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour.

Table 42. Crumb and crust color¹⁾ of breads substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour

		Control	Purple-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
Loaf interior	L	68.9±2.7 ^{d2)}	39.2±0.4 ^c	30.0±1.9 ^b	24.1±0.9 ^a
	a	-12.4±0.5 ^a	10.5±0.9 ^b	16.3±0.3 ^c	15.6±0.5 ^c
	b	37.0±0.6 ^d	21.6±0.2 ^c	17.6±0.6 ^b	15.6±0.5 ^a
Loaf crust (top)	L	44.3±1.4 ^c	37.2±2.7 ^b	37.5±2.6 ^b	32.7±1.2 ^a
	a	12.6±2.1 ^a	12.9±0.2 ^a	14.9±1.8 ^a	14.6±0.9 ^a
	b	41.9±1.4 ^c	24.3±1.5 ^b	32.8±2.2 ^b	28.3±0.5 ^a

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue). Values are means of triplicate determinations.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

(나) 고구마 분말 첨가에 따른 White layer cake의 특성

① 일반고구마 분말 첨가 케이크의 특성

일반고구마 분말을 첨가하여 제조한 white layer cake의 외형, 부피, 무게, 비체적 및 경도를 측정된 결과는 Table 43과 Fig. 22에 나타나 있다. White layer 케이크의 부피는 박력분으로 제조한 대조구가 946.67 cc였으며, 일반고구마 첨가량 10%, 20%, 30%에서 각각 915.00 cc, 886.67 cc, 781.67 cc로 일반고구마 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 케이크의 비체적은 대조구가 2.41 cc/g이었고 첨가량이 10%, 20%, 30%에서 각각 2.33 cc/g, 2.26 cc/g, 2.05 cc/g으로 일반고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 비체적이 감소하는 경향을 주었다. 케이크의 경도는 대조구가 161.50 g-force로 가장 낮은 값으로 측정되어 가장 부드러움을 알 수 있었고 일반고구마 첨가량이 10%, 20%, 30%에서 각각 235.60, 242.85, 242.60 g-force로 다소 높아지는 것으로 나타났다.

일반고구마 분말을 첨가하여 제조한 white layer 케이크의 volume, symmetry, uniformity index를 측정된 결과는 Table 44와 같다. 대조구케이크의 volume index는 8.70으로 측정되었고 첨가량 10%, 20%, 30%는 각각 8.45, 7.63, 7.10으로 고구마 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다. 케이크의 volume index 측정은 종자치환법에 의해 측정된 케이크의 부피와 유사한 결과를 보여주었다. 케이크의 symmetry index는 대조구가 0.15, 첨가량 10%, 20%, 30%는 각각 0.40, 0.03, -0.20으로 고구마 분말을 10% 첨가한 케이크는 0.40로 대조구 보다 높은 값을 보인 반면에 고구마 분말을 30% 첨가한 케이크는 '-'값으로 케이크의 중간 부분이 약간 들어간 형태를 보여 주었으며 나머지 케이크에서는 거의 편평한 모양임을 알 수 있었다.

케이크의 uniformity index의 경우 대조구가 0.05, 일반고구마 분말을 10% 첨가한 케이크는 -0.05, 20%는 -0.03으로 대조구에 비해 uniformity에 별 차이가 없는 양호한 결과를 주었다.

일반고구마 분말을 0~30% 첨가하여 제조한 white layer cake의 top crust와 내부의 색을 측정된 색의 결과는 Table 45와 같다. 케이크의 crust를 측정된 결과 명도를 나타내는 L값은 고구마 분말 첨가량 0%가 61.82로 나타났고 10% 52.53, 20% 57.05, 30% 55.57로 고구마 분말을 첨가하지 않은 대조구에 비해 색이 어두워짐을 알 수 있었다. 적색도를 나타내는 a값은 일반고구마 분말 첨가 케이크에서 다소 높게 측정되었으며 황색도를 나타내는 b값은 일반고구마 첨가량이 증가함에 따라 황색도가 감소하는 경향을 보였다. 케이크를 잘라 내부의 색을 측정된 결과 명도를 나타내는 L값은 대조구 케이크가 74.56으로 가장 밝았으며, 일반고구마 분말 첨가량이 증가할수록 L값은 약간 감소하는 추세를 보여주었다. a값은 대조구가 -13.38로 가장 낮은 값을 보였으며 고구마 분말 첨가량이 증가함에 따라 증가하였다. b값은 대조구가 43.35로 가장 낮았으며 고구마 분말 첨가 케이크에서 다소 높게 나타났다.

Table 43. Properties of white layer cakes substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	White-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Volume (cc)	946.7±11.5 ^{d2)}	915.0±8.7 ^c	886.7±15.3 ^b	781.7±2.9 ^a
Weight (g)	380.5±1.57 ^b	376.2±0.01 ^a	380.3±0.0 ^a	383.1±0.0 ^a
Specific volume(cc/g)	2.41	2.33	2.26	2.05
Hardness (gram force)	161.5±48.8 ^a	235.6±4.1 ^{ab}	242.9±15.1 ^b	242.6±16.7 ^b

¹⁾Values represent the means of duplicate determinations.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.



Fig. 22. Appearance of white layer cakes substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour.

Table 44. Volume, symmetry and uniformity index of white layer cakes substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	White-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Volume index	8.70	8.45	7.63	7.10
Symmetry index	0.15	0.40	0.03	-0.20
Uniformity index	0.05	-0.05	-0.03	0.10

¹⁾Values represent the means of duplicate determinations.

Table 45. Color value¹⁾ of white layer cakes substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour

		Control	White-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
Top crust	L	61.8±0.4 ^{c2)}	52.5±0.0 ^a	57.1±0.3 ^b	55.6±2.3 ^{ab}
	a	3.6±1.2 ^a	11.5±0.2 ^c	7.2±0.0 ^b	7.5±2.2 ^b
	b	57.5±1.2 ^b	53.3±0.2 ^a	56.0±0.3 ^{ab}	54.2±1.5 ^a
Interior	L	74.6±0.3 ^b	74.0±1.0 ^b	73.5±0.2 ^b	70.2±0.0 ^a
	a	-13.4±0.1 ^a	-11.5±0.7 ^b	-11.2±0.2 ^b	-10.0±0.2 ^c
	b	43.4±0.3 ^a	45.6±1.0 ^b	46.1±0.3 ^b	45.7±0.2 ^b

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue). Values are means of duplicate determinations.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

② 주황색고구마 분말 첨가 케이크의 특성

주황색고구마 분말을 첨가하여 제조한 white layer cake의 외형, 부피, 무게, 비체적 및 경도를 측정한 결과는 Table 46 및 Fig. 23과 같다. 고구마 분말을 첨가하지 않은 대조구 케이크의 부피는 859.17 cc로 가장 높았으며 주황색고구마 분말의 첨가량이 증가함에 따라 케이크의 부피는 감소하여 케이크의 비체적은 대조구가 2.28 cc/g으로 가장 낮게 측정되었으나 주황색고구마 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다. 케이크의 경도는 대조구 케이크(176.90 g-force)에 비해 20% 첨가량까지 큰 차이가 없었으나 30% 첨가 케이크에서는 244.75 g-force로 높게 측정되었다.

주황색고구마 분말을 첨가하여 제조한 white layer cake의 volume, symmetry, uniformity index를 측정한 결과는 Table 47에 나타나 있다. 대조구의 volume index 측정은 8.40으로 가장 높게 측정되었으며 10%는 8.20, 20%는 7.65, 30%는 7.58로 고구마 분말의 첨가량이 증가함에 따라 volume index는 낮게 나타났다. Symmetry index 측정은 대조구에서 0.30으로 나타났으며 10%는 0.20, 20%는 0.45, 30%는 -0.08로 고구마 분말을 20% 첨가한 케이크

가 대조구에 비해 높은 값을 보인 반면 30%는 ‘-’값으로 케이크의 중간 부분이 약간 들어간 형태를 보여주었다. 케이크의 uniformity index의 경우 주황색고구마 분말을 0%, 10%, 20%, 30% 첨가한 케이크에서 0~0.25의 값으로 모두 양호한 결과를 주었다.

주황색고구마 분말을 0~30% 첨가하여 제조한 white layer cake의 top crust와 내부의 색을 측정된 색의 결과는 Table 48과 같다. 케이크의 crust를 측정된 결과 L값이 대조구에서 58.87로 가장 높았으며 주황색고구마 분말 첨가 케이크에서 약간 낮은 수치를 보여주었다. 케이크 top crust의 a값은 대조구 4.16에 비해 고구마 분말 첨가량이 증가할수록 적색도가 증가함을 볼 수 있었으며 b값에서도 대조구 55.57에 비해 주황색고구마 분말을 첨가한 케이크에서 황색도가 약간 높은 경향을 보여주었다.

케이크의 내부 색을 측정된 결과 L값은 대조구가 75.16으로 가장 밝게 측정되었으며 고구마 분말을 10%, 20%, 30%를 첨가한 케이크에서는 각각 73.27, 73.73, 71.93로 약간 낮은 수치를 주었다. 케이크의 a값은 주황색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며 b값에서는 대조구가 43.88로 가장 낮았으며 고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 황색도가 높아지는 추세를 보여주었다.

Table 46. Properties of white layer cakes substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	Yellow/orange-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Volume (cc)	875.0±18.0 ^{c2)}	848.3±10.4 ^b	789.3±9.0 ^a	805.0±10.0 ^a
Weight (g)	374.9±0.0 ^b	377.6±0.0 ^c	365.1±0.0 ^a	379.7±0.2 ^d
Specific volume (cc/g)	2.28	2.26	2.23	2.06
Hardness (gram force)	176.9±33.1 ^a	188.1±48.9 ^a	170.0±50.6 ^a	244.8±5.4 ^a

¹⁾Values represent the means of duplicate determinations.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.



Fig. 23. Appearance of white layer cakes substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour.

Table 47. Volume, symmetry, and uniformity index of white layer cakes substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	Yellow/orange-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Volume index	8.40	8.20	7.65	7.58
Symmetry index	0.30	0.20	0.45	-0.08
Uniformity index	0.10	0.00	0.25	0.13

¹⁾Values represent the means of duplicate determinations.

Table 48. Color values¹⁾ of white layer cakes substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour

		Control	Yellow/orange-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
Top crust	L	58.9±2.3 ^{b2)}	56.5±0.5 ^a	54.4±1.4 ^a	54.7±1.2 ^a
	a	4.2±1.6 ^a	7.4±0.2 ^b	10.1±1.1 ^b	10.5±0.9 ^b
	b	55.6±1.2 ^a	56.3±0.3 ^a	55.9±1.5 ^a	56.1±1.0 ^a
Interior	L	75.2±0.9 ^b	73.3±0.3 ^{ab}	73.7±0.4 ^{ab}	71.9±1.5 ^a
	a	-13.3±0.3 ^a	-12.0±0.6 ^b	-11.7±0.0 ^b	-10.3±0.5 ^c
	b	43.9±0.1 ^a	47.9±0.2 ^b	51.8±0.8 ^c	54.4±1.4 ^d

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue). Values are means of duplicate determinations.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

③ 자색고구마 분말 첨가 케이크의 특성

자색고구마 분말을 첨가하여 제조한 white layer cake의 외형, 부피, 무게, 비체적 및 경도를 측정된 결과는 Table 49 및 Fig. 25와 같다. 자색고구마 분말을 0% 첨가한 대조구 케이크의 부피가 841.67 cc로 가장 높게 측정되었으며 10%, 20%, 30%는 각각 821.67 cc, 780.00 cc, 674.67 cc으로 고구마 분말 첨가량이 증가할수록 부피가 감소하였다. 케이크의 비체적은 대조구 2.28 cc/g에 비해 10%, 20%에서 각각 2.21, 2.01 cc/g으로 유사하게 측정되었으나 30%에서는 1.76 cc/g으로 현저하게 감소하였다. 이는 Pomeranz 등(1977)이 식이섬유 첨가 시 빵의 부피가 감소한다는 보고와 Gilbertson과 Porter(2001)의 대두분을 첨가한 케이크 역시 첨가량이 증가할수록 부피 및 비체적이 감소한다는 연구와 유사한 경향을 나타냈다. 케이

크의 경도는 대조구 195.50 g-force에서 10%, 20%에서 222.30 g-force, 150.40 g-force로 약간의 증감이 있었으며 30%는 372.90 g-force로 가장 높게 측정되었다.

자색고구마 분말을 첨가하여 제조한 white layer cake의 volume, symmetry, uniformity index를 측정한 결과는 Table 50과 같다. 케이크의 volume index는 대조구가 8.43으로 가장 높게 나타났으며 10%는 8.13, 20%는 7.73, 30%는 5.95로 고구마 분말 첨가량이 증가할수록 급격히 감소하는 경향을 보여주었다. 케이크의 symmetry index는 대조구 케이크 0.28, 10%가 0.05로 나타난 반면에, 20%와 30%는 ‘-’ 값으로 중간 부분이 약간 들어간 형태를 보여주었다. 케이크의 uniformity index의 경우 대조구와 자색고구마 분말 첨가 케이크 사이에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

자색고구마 분말을 첨가하여 제조한 white layer cake의 색을 측정한 결과는 Table 51에 나타나있다. 케이크의 top crust를 측정한 결과 L값은 대조구 케이크의 57.90에서, 10%는 42.13, 20%는 36.01, 30%는 32.96으로 급격히 어두워짐을 알 수 있었다. 케이크의 a값은 대조구 케이크의 5.41에서 10%는 14.14, 20%는 13.75, 30%는 12.43으로 자색고구마 분말 첨가 케이크에서 높았으며 b값은 대조구 케이크의 55.64에서 10% 37.77, 20% 29.22, 30% 26.66으로 자색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 황색도가 감소함을 알 수 있었다. 케이크의 내부의 색을 측정한 결과 명도를 나타내는 L값은 대조구 73.87에서 10%는 49.97, 20%는 40.17, 30%는 36.30으로 자색고구마 분말 첨가량이 증가할수록 명도는 급격하게 감소하였다. 이는 자색 고구마 첨가 요쿠르트 제조 특성(Chun *et al*, 2000)에서 자색고구마의 anthocyanin 색소에 의해 밝음의 정도가 낮아지는 결과와 일치하는 경향으로 붉은 색소인 anthocyanin, anthocyanidin에 의한 것으로 추정되었다. 케이크 내부의 a값은 자색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 적색은 현저하게 증가하였으며 b값은 감소하였다.

Table 49. Properties of white layer cakes substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	Purple-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Volume (cc)	841.7±14.4 ²⁾	821.7±11.5 ^c	780.0±8.7 ^b	694.7±23.4 ^a
Weight (g)	373.3±0.0 ^a	375.4±0.0 ^b	384.0±0.0 ^d	381.6±0.0 ^c
Specific volume (cc/g)	2.28	2.21	2.01	1.76
Hardness (gram force)	195.5±4.1 ^a	222.3±29.0 ^a	150.4±14.0 ^a	372.9±42.0 ^b

¹⁾Values represent the means of duplicate determinations.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.



Fig. 25. Appearance of white layer cakes substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour.

Table 50. Volume, symmetry, and uniformity index of white layer cakes substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	Purple-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Volume index	8.43	8.13	7.73	5.95
Symmetry index	0.28	0.05	-0.08	-0.25
Uniformity index	0.13	0.10	-0.03	-0.15

¹⁾Values represent the means of duplicate determinations.

Table 51. Color values¹⁾ of white layer cakes substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour

		Control	Purple-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
Top crust	L	57.9±0.2 ^{d2)}	42.1±0.8 ^c	36.0±0.2 ^b	33.0±0.6 ^a
	a	5.4±0.5 ^a	14.1±0.3 ^c	13.7±0.1 ^c	12.4±0.3 ^b
	b	55.6±0.0 ^d	37.8±0.3 ^c	29.2±0.3 ^b	25.7±1.1 ^a
Interior	L	73.9±1.7 ^d	50.0±0.2 ^c	40.2±0.3 ^b	36.3±0.1 ^a
	a	-12.9±0.3 ^a	1.3±0.4 ^b	8.1±0.1 ^c	10.5±0.7 ^d
	b	43.9±0.4 ^d	25.8±0.2 ^c	20.8±0.0 ^b	20.0±0.0 ^a

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue). Values are means of duplicate determinations.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

(다) 고구마 분말 첨가에 따른 쿠키의 특성

① 일반고구마 분말 첨가 쿠키의 특성

일반고구마 분말을 첨가하여 제조한 sugar-snap cookie의 물리적 특성과 외형은 Table 52와 Fig. 27과 같다. 일반고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 크기가 작아진 것을 볼 수 있었다. 일반적으로 쿠키의 퍼짐성과 직경은 쿠키용 밀가루의 품질 지표로 사용되고 있다 (Doescher *et al*, 1987). 퍼짐성과 직경이 큰 쿠키가 더욱 바람직한 것으로 인식되고 있다 (Finney *et al*, 1950). 고구마 분말을 첨가하지 않은 대조구 쿠키의 직경은 14.46 cm였으며 일반고구마 분말 첨가량이 증가할수록 약간 감소하는 경향이였다. 쿠키의 두께는 대조구 쿠키에서 0.88 cm였으며 10%는 0.96 cm, 20%는 1.02 cm, 30%는 1.01 cm로 증가하는 경향을 보여주었다. 따라서 일반고구마 분말을 첨가한 쿠키의 퍼짐성은 대조구의 2.74에 비해 일반고구마 분말의 첨가량이 증가함에 따라 2.47~2.27로 점차 감소하였다. Kim(2004)은 보리 거의 첨가량이 증가함에 따라 쿠키의 퍼짐성이 감소한다고 보고하여 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다. 당의 용해성과 보습성이 매우 낮아서 반죽의 건조도가 높아짐에 따라 유동에 필요한 일정한 점도를 가지지 못할 때 퍼짐성이 작아지게 되며 반죽 내 수분 함량이 많을수록 퍼짐성이 작아진다고 하였다(Lee *et al*, 2002; Park *et al*, 2008; Kim *et al*, 2002a; Kim *et al*, 2002b). 일반고구마 분말을 0% 첨가한 대조구가 24.44 cc로 부피가 가장 높았으며 10%, 20%, 30%는 각각 20.88 cc, 22.50 cc, 24.44 cc로 측정되었다. 쿠키의 무게는 고구마 분말을 첨가하지 않은 대조구가 19.31 g으로 가장 적게 나타났으며 10%가 21.33 g, 20%가 20.31 g, 30%가 20.66 g으로 나타났다. 일반고구마 분말을 첨가하여 만든 쿠키의 비중을 측정한 결과 대조구가 1.39 g/cc였고 10%는 1.14 g/cc, 20%는 1.18 g/cc, 30%는 1.19 g/cc로 대조구에 비해 낮게 측정되었으나 고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 큰 차이는 보이지 않았다.

일반고구마 분말을 첨가한 쿠키 반죽과 최종 쿠키의 색을 측정한 결과는 Table 53과 같다. 굵기 전 반죽의 색을 측정한 결과 명도를 나타내는 L값에서는 대조구 반죽에서 80.30으로 가장 밝게 측정되었으며 10%는 78.12, 20%는 75.22, 30%는 75.27로 감소하는 경향을 보여주었다. 적색을 나타내는 a값에서는 대조구에 비해 증가하였으며 황색을 나타내는 b값에서는 감소하는 경향을 보여주었다. 쿠키의 색은 대조구 쿠키의 L값인 64.70에서 명도가 가장 밝게 측정되었으며 10%는 63.26, 20%는 57.66, 30%는 57.97로 고구마 분말이 증가할수록 명도가 감소하였다. Lee(2006)는 밀가루만으로 제조된 대조군이 78.93으로 가장 큰 값을 가졌고 현미가루 첨가량이 증가할수록 그 값이 작아졌다고 보고하여 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다. 적색을 나타내는 a값은 대조구에 비해 증감을 보였으며 황색을 나타내는 b값에서는 처리구간 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 52. Physical properties of sugar-snap cookies substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	White-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Diameter (cm)	14.5±0.5 ^{a4)}	14.2±0.3 ^a	14.1±0.3 ^a	13.8±0.3 ^a
Thickness (cm)	0.88	0.96	1.02	1.01
Spread ratio (D/T) ²⁾	2.74	2.47	2.31	2.27
Weight (g)	19.3±1.9 ^a	21.3±1.1 ^a	20.3±0.2 ^a	20.7±0.5 ^a
Volume (cc)	24.4±1.0 ^a	21.9±3.8 ^a	22.5±3.6 ^a	24.4±2.1 ^a
Specific gravity (g/cc) ³⁾	0.77	1.02	0.90	0.85

¹⁾Values represent the means of four cookies.

²⁾D/T = diameter/ thickness of cookies.

³⁾Weight/ volume of cookies.

⁴⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

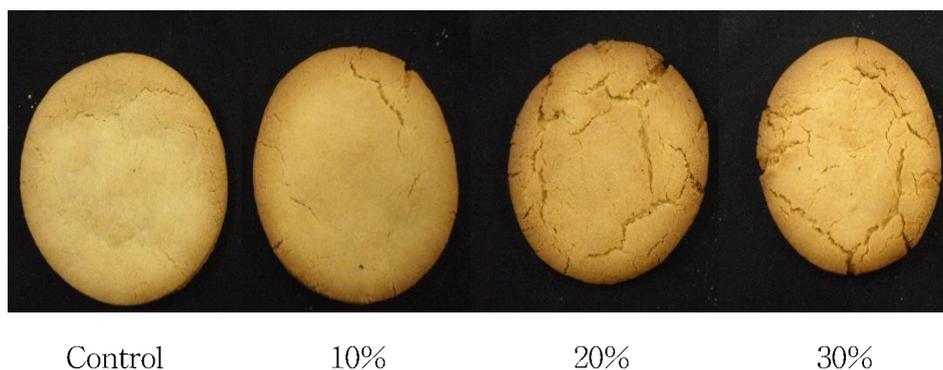


Fig. 27. Appearance of sugar-snap cookies substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour.

Table 53. Color values¹⁾ of sugar-snap cookies substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour

		Control	White-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
cookie dough	L	80.3±2.6 ^{b2)}	78.1±1.2 ^{ab}	75.2±1.1 ^a	75.3±1.3 ^a
	a	-11.4±0.2 ^a	-10.1±0.1 ^b	-8.5±0.4 ^c	-8.0±0.3 ^d
	b	52.2±1.2 ^a	53.5±0.2 ^b	53.5±0.6 ^b	54.1±0.5 ^b
Baked cookie	L	64.7±2.1 ^b	63.3±0.3 ^b	57.7±3.3 ^a	58.0±0.7 ^a
	a	3.7±0.7 ^a	6.2±0.6 ^b	9.9±1.0 ^c	9.9±0.3 ^c
	b	54.6±1.4 ^a	55.1±1.2 ^a	54.3±0.6 ^a	53.6±0.5 ^a

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue). Values represent the means of four cookies.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

② 주황색고구마 분말 첨가 쿠키의 특성

주황색고구마 분말을 첨가하여 제조한 쿠키의 물리적 특성과 외형은 Table 54와 Fig. 28과 같다. 고구마 분말을 넣지 않은 대조구 쿠키의 지름은 15.13 cm였으며 주황색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 지름의 크기는 감소하였으나 큰 차이는 보이지 않았다. 쿠키의 높이는 주황색고구마 분말을 10%, 20%, 30%를 첨가하여 만든 쿠키는 각각 0.94 cm, 1.01 cm, 1.02 cm로 고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 쿠키의 높이는 증가하였다. 위의 결과를 이용하여 퍼짐성(spread ratio)를 계산한 결과 고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 퍼짐성은 감소하였다. 이는 밀기울, 귀리기울, 옥수수기울, 대두피, 사과착즙박과 같은 식이섬유 소재를 쿠키에 첨가할 경우 최종 쿠키의 퍼짐성, 직경 및 top grain 등에 부정적인 영향을 미친다는 결과(Jeltema *et al*, 1983; Chen *et al*, 1988)와 유사한 것으로 나타났다. 쿠키의 무게는 대조구에서 28.12 g으로 가장 높게 측정되었으며 고구마 첨가량이 증가할수록 무게는 감소하였으나 큰 차이는 보이지 않았다. 쿠키의 부피는 대조구 쿠키에서 25.67 cc, 10%는 26.33 cc, 20%는 25.61 cc, 30%는 18.33 cc로 측정되었다. 쿠키의 무게와 부피를 이용하여 비중을 계산한 결과 대조구와 30%는 각각 1.10 g/cc, 1.06 g/cc로 비슷하게 측정되었고 10%와 20%는 각각 0.76 g/cc, 0.77 g/cc로 비슷하게 측정되었다.

주황색고구마 분말을 첨가한 쿠키 반죽과 최종 쿠키의 L, a, b 값을 측정한 결과는 Table 55와 같다. 굽기 전 쿠키 반죽의 색을 측정한 결과 L값은 주황색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 감소하고 a값은 증가하였으며 황색도를 나타내는 b값은 대조구가 51.47, 10%는 58.35, 20%는 61.98, 30%는 63.74을 나타내었다. 굽기 후 쿠키의 색은 L값이 주황색고구마 분말이 증가할수록 감소하여 어두워지고 적색을 나타내는 a값은 고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 증가하였으며 황색도를 나타내는 b값은 별 차이를 보이지 않았다.

Table 54. Physical properties of sugar-snap cookies substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	Yellow/orange-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Diameter (cm)	15.1±0.4 ^{c4)}	14.7±0.1 ^{bc}	14.4±0.3 ^{ab}	14.1±0.3 ^a
Thickness (cm)	0.85	0.94	1.01	1.02
Spread ratio (D/T) ²⁾	2.97	2.61	2.38	2.31
Weight (g)	28.1±7.3 ^b	19.9±1.2 ^a	19.8±1.2 ^a	19.3±0.8 ^a
Volume (cc)	25.7±2.3 ^b	26.3±2.9 ^b	25.6±4.0 ^b	18.3±2.3 ^a
Specific gravity (g/cc) ³⁾	1.10	0.76	0.77	1.06

¹⁾Values represent the means of four cookies.

²⁾D/T = diameter/ thickness of cookies.

³⁾Weight/ volume of cookies.

⁴⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.



Fig. 28. Appearance of sugar-snap cookies substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour.

Table 55. Color values¹⁾ of sugar-snap cookies substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour

		Control	Yellow/orange-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
cookie dough	L	81.2±0.6 ^{c2)}	79.9±1.7 ^b	77.8±1.1 ^{ab}	76.8±1.3 ^a
	a	-11.6±0.1 ^a	-9.4±0.2 ^b	-7.8±0.3 ^c	-6.8±0.8 ^d
	b	52.5±0.4 ^a	58.4±1.0 ^b	62.0±0.0 ^c	63.7±1.0 ^d
Baked cookie	L	59.2±1.5 ^a	61.3±2.1 ^a	58.7±1.8 ^a	57.8±1.6 ^a
	a	5.4±0.3 ^a	7.6±1.8 ^b	9.1±0.5 ^b	10.3±0.8 ^c
	b	51.6±1.3 ^a	56.0±1.4 ^b	55.3±1.0 ^b	56.3±0.7 ^b

¹⁾L=lightness value, 100=white, 0=black; +a=red, -a=green; +b=yellow, -b=blue.

Values represent the means of four cookies.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

③ 자색고구마 분말 첨가 쿠키의 특성

자색고구마 분말을 첨가하여 제조한 쿠키의 물리적 특성과 외형은 Table 56과 Fig. 29와 같다. 고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 자색고구마 특유의 색인 자색이 진해진 것을 볼 수 있고 크기가 줄어드는 것을 알 수 있었다. 쿠키의 지름은 대조구 쿠키의 14.71 cm에서 자색고구마 분말 첨가량이 증가할수록 직경은 감소하여 30% 첨가구는 12.89 cm로 가장 작게 나타났다. 자색고구마 분말은 일반고구마와 주황색고구마에 보다 쿠키 지름의 감소폭이 큰 것으로 나타났다. 쿠키의 두께는 대조구의 0.87 cm에서 10%는 0.96 cm, 20%는 0.95 cm, 30%는 1.02 cm로 증가하였다. 위의 결과를 이용하여 퍼짐성(spread ratio)를 계산한 결과 대조구는 2.83, 10%, 20%, 30%는 각각 2.52, 2.30, 2.11로 고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 퍼짐성은 감소하였다. 이는 자색고구마 분말의 첨가로 인해 반죽 형성에 소요되는 수분량, 반죽의 pH, 식이섬유의 증가 등이 대조구에 비해 낮아짐으로써 반죽의 유동성과 팽창 작용에 영향을 미쳤을 것이라고 보고하였으며(Ji & Yoo, 2010) 이는 블루베리 분말(Ji & Yoo, 2010), 다시마 분말(Cho et al, 2006), 흑미가루(Lee & Oh, 2006)를 첨가한 쿠키와 유사한 경향을 보였다. 쿠키의 부피는 대조구와 30%는 19.50 cc으로 유사하게 나타났으며 10%는 23.00 cc, 20%는 20.94 cc로 측정되었다. 쿠키의 무게와 부피를 이용하여 비중을 계산하였으며 대조구는 1.07 g/cc, 10%는 0.90 g/cc, 20%는 0.95 g/cc로 나타났으며 30%는 1.09 g/cc로 대조구와 비슷하게 측정되었다.

자색고구마 분말을 첨가하여 만든 쿠키 반죽과 최종 쿠키의 색을 측정한 결과는 Table 57과 같다. 쿠키를 굽기 전 반죽의 색을 측정한 결과 L 값은 자색고구마의 안토시아닌 계의 색소의 영향을 받아 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 자색고구마 분말을 넣지 않은 대조구의 81.10에 비해 10%는 38.14, 20%는 29.63, 30%는 28.20으로 자색고구마 첨가에 의해 급격히 어두워지는 것을 알 수 있었다. 쿠키 반죽의 a값은 자색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 증가하여 30%를 넣은 쿠키는 3.53으로 가장 높게 나타났다. 쿠키의 b값은 대조구가 51.97로 황색도가 가장 높았으며 10%는 10.38, 20%는 9.63, 30%는 10.10으로 측정되었다. 최종 쿠키의 색은 L값이 자색고구마의 안토시아닌 계의 색소의 영향을 받아 첨가량이 증가할수록 일정하게 감소하는 결과를 나타냈다. 최종 쿠키의 a값은 자색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 증가한 반면에 b값은 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 쿠키의 색도는 자색고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 자색고구마의 안토시아닌계의 색에 의해 명도와 황색도는 각각 감소하였으며, 적색도는 반대로 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 블루베리 분말(Ji & Yoo, 2010)을 첨가한 쿠키와 유사한 경향으로 보였다.

Table 56. Physical properties of sugar-snap cookies substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	Purple-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Diameter (cm)	14.7±0.1 ^{b4)}	14.5±0.3 ^b	13.1±0.1 ^a	12.9±0.1 ^a
Thickness (cm)	0.87	0.96	0.95	1.02
Spread ratio (D/T) ²⁾	2.83	2.52	2.30	2.11
Weight (g)	20.8±2.1 ^a	20.8±1.5 ^a	20.2±1.5 ^a	21.3±1.6 ^a
Volume (cc)	19.5±4.8 ^a	23.0±3.5 ^a	20.9±2.5 ^a	19.5±0.3 ^a
Specific gravity (g/cc) ³⁾	1.07	0.90	0.95	1.09

¹⁾Values represent the means of four cookies.

²⁾D/T = diameter/ thickness of cookies.

³⁾Weight/ volume of cookies.

⁴⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.



Fig. 29. Appearance of sugar-snap cookies substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour.

Table 57. Color values¹⁾ of sugar-snap cookies substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour

		Control	Purple-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
cookie	L	81.1±0.9 ^{c2)}	38.2±0.5 ^b	29.6±0.9 ^a	28.2±0.9 ^a
	a	-11.5±0.2 ^a	-0.4±0.9 ^b	1.8±0.6 ^c	3.5±0.7 ^d
dough	b	52.0±0.8 ^b	10.4±0.3 ^a	9.6±0.1 ^a	10.1±0.1 ^a
	L	65.2±3.4 ^d	45.7±1.3 ^c	40.7±1.6 ^b	35.8±0.1 ^a
Baked	a	3.1±1.1 ^a	13.5±4.0 ^b	12.3±0.6 ^b	14.3±0.6 ^b
	b	54.8±2.0 ^b	35.2±0.7 ^a	30.5±2.3 ^a	29.3±6.5 ^a

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue).

Values represent the means of four cookies.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

(라) 고구마 분말 첨가에 따른 머핀의 특성

① 일반고구마 분말 첨가 머핀의 특성

밀가루에 일반고구마 분말을 10~30% 첨가하여 만든 머핀의 부피(volume), 무게(weight), 비체적(density), 높이(height), 경도(hardness)를 측정된 결과는 Table 58과 같으며 그 단면은 Fig. 30와 같다. 머핀의 부피는 고구마 분말을 첨가하지 않은 대조구가 118.00 cc였으며 10, 20, 30% 첨가한 부피는 각각 122.22 cc, 120.33 cc, 121.44 cc로 고구마 분말을 첨가하여 만든 머핀이 대조구에 비해 높은 경향을 나타냈다. 머핀의 무게는 대조구에 비해 약간 감소하는 경향이였다. 일반적으로 머핀은 밀도가 낮을수록 품질이 좋은 것으로 평가되는데 대조구의 0.54에서 일반고구마 분말 첨가량이 증가함에 따라 10, 20, 30% 모두 0.52로 감소하였다. 머핀을 잘라 중앙 부분의 높이를 측정된 결과 대조구는 6.13 cm, 10%는 6.37 cm로 가장 높았고, 20%는 6.03 cm, 30%는 6.15 cm로 측정되었다. 일반고구마의 첨가량이 증가할수록 머핀 내부의 기공이 균일하지 않았다.

일반고구마 분말을 첨가하여 제조한 머핀의 겉껍질과 내부의 색을 측정된 결과는 Table 59와 같다. 머핀의 겉껍질(top crust)은 L값이 대조구의 62.15에서 10, 20, 30%가 각각 56.44, 56.02, 51.71로 감소하여 일반고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 약간 어두워지는 경향을 나타냈다. 머핀 겉껍질의 a값(적색도)은 일반고구마 분말의 첨가량이 증가할수록 증가한 반면에 b값(황색도)은 감소하였다. 머핀의 내부(interior) 색을 측정된 결과 L값은 겉껍질과 마찬가지로 일반고구마 분말의 첨가에 의해 감소하는 경향을 보여주었다. 머핀 내부의 a값은 대조구 -12.40, 10, 20, 30% 첨가는 각각 -11.23, -10.07, -9.01로 ‘-’값으로 나타내어 녹색을 나타냈으며 고구마 분말 첨가량이 증가할수록 그 수치가 증가하였다. 머핀 내부의 b값은 처리구간 별 차이가 없는 것으로 분석되었다.

Table 58. Physical properties of muffins substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	White-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Volume (cc)	118.0±2.0 ^{a2)}	122.2±4.2 ^a	120.3±3.5 ^a	121.4±5.3 ^a
Weight (g)	63.6±0.4 ^b	63.4±0.4 ^{ab}	62.8±0.4 ^a	63.0±0.1 ^{ab}
Density (g/cc)	0.54	0.52	0.52	0.52
Height (cm)	6.1±0.2 ^{ab}	6.4±0.0 ^b	6.0±0.1 ^a	6.2±0.2 ^{ab}
Hardness (gram force)	119.70	124.23	111.07	111.55

¹⁾Values represent the means of four muffins.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

Table 59. Color values¹⁾ of muffins substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour

		Control	White-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
Top crust	L	62.2±1.3 ^{c2)}	56.4±1.7 ^b	56.0±1.3 ^b	51.7±1.9 ^a
	a	7.1±1.2 ^a	10.9±2.0 ^b	11.3±1.5 ^b	13.8±1.2 ^b
	b	58.9±1.2 ^c	56.6±1.0 ^b	55.6±1.3 ^b	52.0±1.7 ^a
Interior	L	73.2±2.2 ^b	73.8±1.7 ^b	71.1±2.6 ^{ab}	69.1±1.5 ^a
	a	-12.4±0.4 ^a	-11.2±0.5 ^b	-0.1±0.6 ^c	-9.0±0.3 ^d
	b	47.2±1.1 ^a	48.4±0.4 ^a	47.8±1.0 ^a	47.9±0.5 ^a

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue).

Values represent the means of four muffins.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's multiple range test.

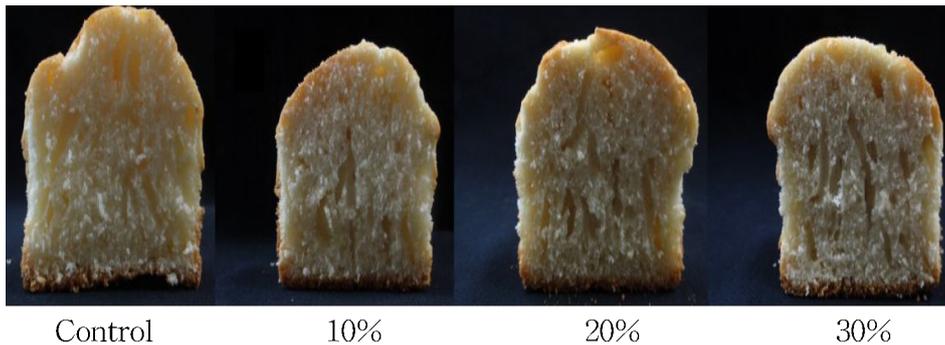


Fig. 30. Appearance of muffins substituted with different levels of white-fleshed sweet potato flour.

② 주황색고구마 분말 첨가 머핀의 특성

주황색고구마 분말을 첨가하여 제조한 머핀의 부피, 무게, 밀도 및 높이, 경도를 측정된 결과는 Table 60과 같다. 또한 머핀의 단면은 Fig. 31에 나타나 있다. 머핀의 부피는 주황색고구마 분말을 첨가하지 않은 대조구의 122.22 cc에 비해 10%는 117.33, 20%는 118.78 cc, 30%는 118.58 cc로 주황색고구마 분말 첨가구에서 약간 낮은 수치를 주었다. 머핀의 밀도는 낮을수록 품질이 좋은 것으로 평가되는데 대조구의 0.52 g/cc에서 주황색고구마 분말을 첨가한 머핀에서 0.54~0.55로 다소 증가하였다. 머핀의 높이는 대조구보다 주황색고구마를 첨가한 머핀에서 약간 높아졌다. 머핀의 경도는 대조구에서 119.27 g-force이었으며, 10%에서는 98.00 g-force, 20%에서는 116.67 g-force, 30%에서는 100.40 g-force으로 대조구에 비해 경도는 다소 낮은 것으로 측정되었다.

머핀의 외부 겉껍질(top crust)과 내부(interior)의 색을 측정한 결과는 Table 61과 같다. 외부 겉껍질의 L값이 대조구 62.48에 비해 10% 첨가에서 66.63으로 약간 밝게 측정되었으나 20%는 58.34, 30%는 56.35로 다시 어두워지는 경향을 보였다. 적색을 나타내는 a값은 대조구가 8.71로 나타났으며 10%는 4.24로 대조구에 비해 적색이 감소하였으나 20%는 12.72, 30%는 14.32로 대조구보다 적색이 증가하였다. 머핀 내부의 색은 L값은 대조구에서 74.48, 10%는 73.48, 20%는 74.00, 30%는 69.05로 고구마 분말의 첨가량이 증가함에 따라 L값이 감소하여 어두워졌다. 머핀 내부의 a값은 모두 '-'로 고구마 분말 첨가량이 증가할수록 녹색도가 낮아졌다. 머핀 내부의 b값은 주황색고구마 분말 첨가량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여주었다.

Table 60. Physical properties of muffins substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	Yellow/orange-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Volume (cc)	122.2±1.6 ^{a2)}	117.3±1.0 ^a	118.8±2.8 ^a	118.6±5.3 ^a
Weight (g)	63.5±0.0 ^a	64.2±0.1 ^b	63.7±0.2 ^{ab}	63.5±0.4 ^a
Density (g/cc)	0.52	0.55	0.54	0.54
Height (cm)	6.1±0.1 ^a	6.2±0.2 ^a	6.2±0.2 ^a	6.1±0.2 ^a
Hardness (gram force)	119.27	98.00	116.67	100.40

¹⁾Values represent the means of four muffins.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

Table 61. Color values¹⁾ of muffins substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour

		Control	Yellow/orange-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
Top crust	L	62.5±3.3	66.6±3.8	58.3±2.7	56.3±0.6
	a	8.7±2.2 ^{b2)}	4.2±3.3 ^a	12.7±2.3 ^{bc}	14.3±0.8 ^c
	b	59.8±2.4 ^{ab}	61.5±1.8 ^b	58.8±1.7 ^{ab}	57.5±0.2 ^a
Interior	L	74.5±2.5 ^b	763.5±2.8 ^{ab}	74.0±1.8 ^{ab}	69.0±3.2 ^a
	a	-12.6±0.3 ^a	-11.5±0.6 ^b	-10.6±0.8 ^b	-9.4±0.5 ^c
	b	48.2±1.2 ^a	51.7±1.3 ^b	56.7±0.3 ^c	55.9±1.8 ^c

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue).

Values represent the means of four muffins.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

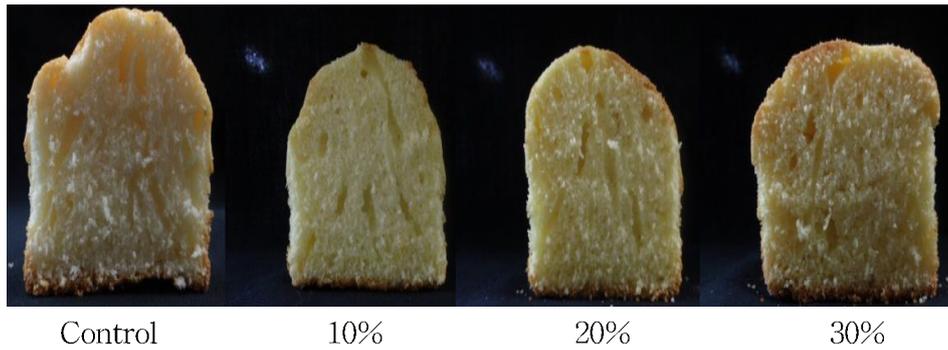


Fig. 30. Appearance of muffins substituted with different levels of yellow/orange-fleshed sweet potato flour.

③ 자색고구마 분말 첨가 머핀의 특성

자색고구마 분말을 첨가하여 제조한 머핀의 부피, 무게, 밀도 및 경도를 측정된 결과는 Table 62와 같다. 머핀의 부피는 대조구 114.11 cc에서 자색고구마 분말 첨가 10, 20, 30%에서 각각 110.67 cc, 113.89 cc, 110.89 cc로 서로 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 홍국 분말 가루 첨가 머핀(Park & Lim, 2007), 다시마가루(Kim *et al*, 2008), 청국장 가루(Seo *et al*, 2009) 머핀의 품질 특성 연구 결과에서 첨가 재료량이 증가함에 따라 머핀의 부피도 증가하는 경향이 나타났으나, 재료의 고유 성분에 따라 머핀 부피의 변화가 다르게 나타날 것으로 사료되었다. 머핀의 밀도는 대조구가 0.56 g/cc였으며 자색고구마 분말 첨가 머핀의 0.55~0.58로 별 차이를 보이지 않았다. 머핀의 높이는 대조구 6.06 cm, 10%는 6.16 cm, 20%는 5.77 cm, 30%는 6.28 cm로 20%는 대조구에 비해 낮게 측정되었으나 10%와 30%는 대조구에 비해 높게 측정되었으며 이는 자색고구마 첨가 머핀의 높이는 자색고구마 가루 첨가량이 증가함에 따라 높이가 감소한다는 연구결과(Ko & Seo, 2010)와는 다른 결과를 주었다. 머핀의 경도는 대조구가 115.40 g-force, 10%가 134.37 g-force, 20%가 98.50 g-force, 30%가 144.71 g-force로 고구마 분말 첨가량이 증가함에 따라 경도가 증가하는 듯 보였으나 20%가 대조구보다 낮게 나타났으며 30%에서는 다시 높게 측정되었다. 자색고구마를 첨가하여 만든 머핀의 단면은 Fig. 32과 같으며 고구마 첨가량이 증가할수록 대조구에 비해 부피가 작아졌으며 자색고구마의 특유의 색으로 인해 색이 어두워 졌고 기공이 균일하지 않았다.

자색고구마 분말을 첨가하여 만든 머핀의 외부 겉껍질과 내부의 색을 측정된 결과는 Table 63과 같다. 외부 겉껍질에서 명도를 나타내는 L값을 측정된 결과 대조구 66.34에서 10, 20, 30% 첨가구에서 각각 43.68, 34.77, 33.52로 고구마 첨가량이 증가할수록 어두워졌다. 머핀 겉껍질의 a값은 자색고구마 분말의 함량이 증가할수록 증가한 반면에 b값은 감소하여 적색도는 증가하고 황색도는 감소함을 나타내었다. 머핀 내부의 L값 역시 자색고구마 분말 첨가량이 증가할수록 감소하여 어두워졌으며 이는 자색고구마의 안토시아닌에 의한 것으로 판단되었다. 머핀 내부의 a값 역시 자색고구마 분말의 첨가에 의해 증가하여 적색도가 증가하였으며 b값은 감소하였다. 머핀의 겉껍질과 내부의 색을 측정된 결과 고구마 분말 첨가량이 증가할수록 명도는 어두워졌으며 적색은 증가하고 반대로 황색은 감소하였다. 이는 다른 붉은색 분말인 수수가루(Im *et al*, 1988), 홍국 분말 첨가(Park & Lim, 2007), 버찌 분말 첨가(Kim *et al*, 2009) 머핀의 연구 결과와 유사한 것으로 나타났다.

Table 62. Physical properties of muffins substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour¹⁾

	Control	Purple-fleshed sweet potato (%)		
		10	20	30
Volume (cc)	114.1±6.2 ^{a2)}	110.7±2.2 ^a	113.9±3.4 ^a	110.9±1.0 ^a
Weight (g)	63.3±0.3 ^b	63.3±0.4 ^b	62.6±0.2 ^a	63.8±0.5 ^b
Density (g/cc)	0.56	0.57	0.55	0.58
Height (cm)	6.1±0.1 ^a	6.2±0.3 ^a	5.8±0.2 ^a	6.1±0.3 ^a
Hardness (gram force)	115.40	134.37	98.50	144.17

¹⁾Values represent the means of four muffins.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

Table 63. Color values¹⁾ of muffins substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour

		Control	Purple-fleshed sweet potato (%)		
			10	20	30
Top crust	L	66.3±2.3 ^{c2)}	43.7±1.4 ^b	34.8±0.3 ^a	33.5±0.9 ^a
	a	5.4±3.0 ^a	12.7±0.4 ^b	14.4±0.5 ^b	15.1±0.4 ^b
	b	61.2±1.1 ^d	33.1±0.2 ^c	27.8±0.7 ^b	23.7±2.8 ^a
Interior	L	76.9±0.6 ^d	47.7±0.4 ^c	35.3±0.3 ^b	31.8±1.7 ^a
	a	-12.9±0.1 ^a	1.7±0.5 ^b	7.7±0.1 ^c	11.5±0.7 ^d
	b	48.9±0.5 ^d	26.9±0.0 ^c	21.0±0.2 ^b	18.9±1.1 ^a

¹⁾L(100 white, 0 black); a(+ red, -green); b(+ yellow, -blue).

Values represent the means of four muffins.

²⁾ Values are means of replications ± standard deviation. Means with the same alphabet in each row are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

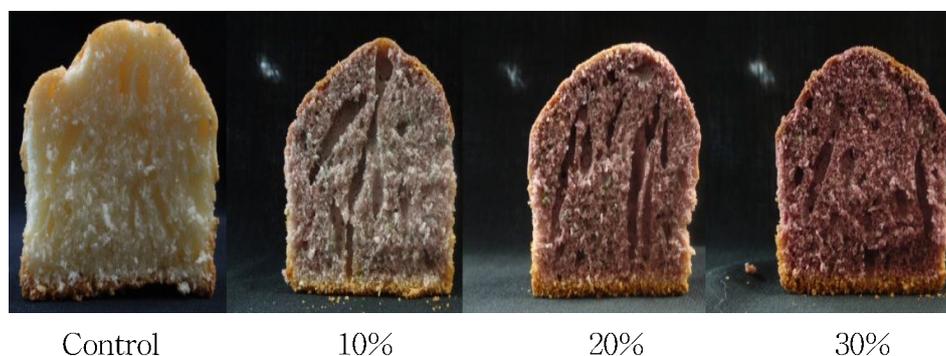


Fig. 32. Appearance of muffins substituted with different levels of purple-fleshed sweet potato flour.

(3) 혼합부재료 및 첨가제의 시험

(가) 유화제 첨가에 의한 식빵의 품질

Table 64. Baking properties of breads containing sweet potato flour supplemented with emulsifiers

	Loaf Volume(cc)	Loaf Weight(g)	Specific loaf Volume(cc/g)
WF 100%	700.00±14.14	172.50±0.96	4.06±0.09
WF 80% + SPF 20%	552.50±17.08	176.50±0.06	3.13±0.10
WF 80% + SPF 20% + SSL	597.50±12.58	179.21±1.00	3.33±0.06
WF 80% + SPF 20% + SP	552.50±12.58	178.16±1.00	3.10±0.06
WF 80% + SPF 20% + SMS	552.20±22.17	177.79±1.15	3.11±0.14
WF 80% + SPF 20% + GMS	527.50±9.57	178.58±0.01	2.95±0.05

1) Values are means of replications ± standard deviation.

2) Sodium stearoyl lactylate.

3) Glycerine fatty acids+ propylene glycol+ sucrose fatty acid + sorbitan fatty acid.

4) Sorbitan monostearate.

5) Glycerol monostearate.

고구마 분말을 20% 대체한 밀가루에 4가지 종류의 유화제, 즉 sorbitan monostearate(SMS), glycerol monostearate(GMS), sodium stearoyl lactylate(SSL) glycerol ester+propylene glycol ester+ sucrose ester+ sorbitan ester(SP)를 1% 수준으로 첨가하여 제조한 식빵의 제빵특성을 측정한 결과는 Table 64에 나타나 있다. 식빵의 부피는 유화제의 종류의 따라 다소 차이가 있었으며 SSL을 첨가한 식빵에서 식빵의 비용적이 가장 높게 나타났다. 유화제의 첨가는 반죽의 글루텐 단백질에 작용한 결과로 빵의 텍스처 특성을 좋게 할 뿐 만 아니라 빵의 부피를 증가시켜주는 특징이 있다.

(나) 식품검류에 의한 식빵의 품질

Table 65. Effect of gum addition on baking properties of breads containing sweet potato flour

	Loaf volume (cc)	Loaf weight (g)	Specific loaf volume(cc/g)
Control ¹⁾	691.25±8.54	178.77±0.68	3.87±0.04
Sweet potato flour 20%	562.5±23.27	179.37±0.51	3.14±0.14
HPMC ²⁾	565.00±4.08	178.77±0.59	3.16±0.02
Tara gum	570.75±7.89	179.36±0.76	3.18±0.06
Guar gum	632.50±7.89	178.10±0.76	3.55±0.06
Xanthan gum	502.50±6.45	180.40±0.66	2.79±0.06
LBG ³⁾	603.75±9.57	178.33±0.31	3.39±0.05

MC ⁴⁾	592.50±4.79	178.93±0.10	3.31±0.03
ι-Carageenan	530.00±7.89	180.02±0.76	2.94±0.06
κ-Carageenan	548.75±6.45	180.17±0.66	3.05±0.03
λ-Carageenan	557.50±9.57	177.25±0.31	3.15±0.05
Gellan	500.00±4.79	179.50±0.10	2.79±0.03
Agar	552.50±6.45	178.03±0.80	3.10±0.05
Pectin	506.25±4.79	179.40±0.70	2.82±0.02

¹⁾Wheat flour 100%.

²⁾Hydroxypropylmethyl cellulose.

³⁾Locust bean gum.

⁴⁾Methyl cellulose.

고구마 분말을 20% 첨가한 밀가루에 다양한 검을 첨가하여 제조한 식빵의 부피를 측정한 결과는 Table 65와 같다. 검의 종류에 따라 식빵의 부피에 차이를 보였으며 그 중 HPMC, 타라검, 구아검, 로커스트콩검, MC를 첨가한 식빵의 비체적 증가하여 좋은 효과를 보인 것으로 나타났다.

Table 66. Effect of gum addition on crumb hardness of breads containing sweet potato flour during storage

	Storage time(hr)		
	0	24	48
Control ¹⁾	119.0	287.3	358.0
Sweet potato flour 20%	233.2	462.5	492.6
HPMC ²⁾	211.9	343.7	418.1
Tara gum	202.3	381.7	484.7
Guar gum	151.1	285.8	374.2
Xanthan gum	251.5	467.8	579.8
LBG ³⁾	182.5	383.8	441.8
MC ⁴⁾	183.7	379.9	429.7
ι-Carageenan	312.1	584.9	647.9
κ-Carageenan	255.1	584.7	591.7
λ-Carageenan	223.1	447.8	512.5
Gellan	344.7	623.8	715.7
Agar	293.8	590.7	643.1
Pectin	284.1	603.5	610.7

¹⁾Wheat flour 100%.

²⁾Hydroxypropylmethyl cellulose.

³⁾Locust bean gum.

⁴⁾Methyl cellulose.

고구마 분말을 20% 함유한 밀가루에 다양한 검을 첨가하여 식빵을 제조한 후 25℃에서 2일간 저장하면서 식빵의 경도를 측정한 결과는 Table 66와 같다. 사용한 검류중 비용적에 개선효과가 있는 HPMC, 타라검, 구아검, 로커스트콩검, MC를 첨가한 식빵의 저장중 경도가 감소하여 식빵의 연화와 노화 지연가 효과 있는 것으로 판단되었다.

(4) 고구마 베이커리 프리믹스의 개발

(가) 제빵용 고구마 프리믹스 제품의 개발

(1) Premix 배합 및 사용방법

Table 67. Basic formula for premix

Ingredients	Flour wt. basis(%)	Premix wt. basis(%)
Wheat flour	90	77.6
Sweet potato flour	10	8.6
Sugar	8	6.9
Salt	2	1.7
NFDM	5	4.3
Improver	1	0.9

제빵실험을 통해 확립된 고구마 식빵 프리믹스의 기본 formula는 Table 67과 같다. 프리믹스 중 고구마 분말의 함량은 8.6%이며 프리믹스 제품은 건조 yeast를 별개로 포장하였다. 프리믹스 혹은 (밀가루+ 고구마분말) 중량대비 제조 첨가되는 식용유와 물의 비율은 Table 68에 나타냈다.

Table 68. Addition level(%) of yeast, water, and oil

Ingredient	Flour wt. basis(%)	Premix wt. basis(%)
Premix	116.0	100
Yeast	2.0	1.7
water	65.0	56.0
Shortening or oil	3.0	2.6

Table 69. Cooking method of premix

1. 프리믹스와 이스트 각 1 포장씩 bowl에 넣고 믹서로 천천히 혼합한다.
2. 프리믹스와 이스트 혼합물에 미지근한 물(40℃)과 식용유를 넣고 낮은 속도로 1~2 분간, 그리고 나서 중간속도로 약 8분간 교반한다.
3. 완료된 반죽을 식빵 팬에 담아 부피가 2배로 증가할 때 까지 발효(온도 35℃, 상대습도 80~85%)시킨 후 약 200℃ 예열한 오븐에 넣어 약 20분간 빵 표면이 원하는 갈색이 될 때까지 구워낸다.

(2) 가정용 제빵기용 premix 및 사용방법의 확립

기 확립된 프리믹스를 가정용 제빵기(오성 가정용제빵기, OBM-1500) 를 사용한 제빵 제조 가능성을 분석하였다. 프리믹스를 제빵기에 사용할 경우 모드별 첨가량 변화 배합비와 가정용 제빵기 사용방법은 각각 Table 70, 71에 있다.

Table 70. Addition level(%) of yeast, water, and oil

Ingredient	Flour wt. basis(%)	Premix wt. basis(%)
Premix	116.0	100
Yeast	1.5	1.3
water	70.0	60.3
Oil	3.0	2.6

Table 71. Cooking method of premix using

- 1) 물 210ml를 계량하여 제빵기 반죽용기에 넣습니다.
- 2) 고구마 식빵 프리믹스와 이스트 1봉, 식용유 10 ml를 넣습니다.
- 3) 제빵모드로 구워냅니다.

① 가수량의 효과

실험 결과 프리믹스를 가정용 제빵기에 적용할 경우 오븐을 사용할 경우에 비해 더 많은 가수량이 필요하였다. 프리믹스를 제빵기(제빵모드사용)에 사용할 때 가수량 65, 70, 75%에 식빵 외관 및 비용적의 효과는 Fig. 33,34과 같다. 수분함량이 높아질수록 식빵 비용적이 증가하였다. 수분함량이 75%로 했을 때 식빵 냉각 후 외관이 떨어지기 시작했으며 특히 자색고구마 분말을 첨가한 식빵에서 외관을 잘 유지하고 못하였다. 적정 가수량으로 약70%인 것으로 판단되었다.

Fig 33. Effect of water addition level on baking properties of bread premix containing white sweet potato flour

Water level	Top	Side	Inside	Specific loafvol (cc/g)
65%				3.81
70%				3.87
75%				4.62

Fig 34. Effect of water addition on baking properties of bread premix containing purple sweet potato flour

Water level	Top	Side	Inside	Specific loafvol (cc/g)
65%				3.71
70%				4.38
75%				3.28

② 이스트양의 효과

프리믹스를 제빵기(제빵모드 사용)에 사용할 때 이스트 1.5, 2.5% 첨가시 식빵 외관 및 비용적에 효과는 Fig. 35, 36에 나타나 있다. 이스트 함량 2.5%를 사용하는 경우 비용적이 증가할 수 있으나 과발효 경향을 보여주어 외관과 내부 grain의 품질이 떨어짐을 보여주었다. 프리믹스를 가정용 제빵기에 적용할 경우 오븐을 사용할 경우에 비해 적은 양인 약 1.5%의 적합한 것으로 판단되었다.

Fig 35. Effect of water addition level on baking properties of bread premix containing white sweet potato flour

Yeast level	Top	Side	Inside	Specific loafvol (cc/g)
1.5%				3.81
2.5%				3.72

Fig 36. Effect of yeast addition on baking properties of bread premix containing purple sweet potato flour

Yeast level	top	Side	Inside	Specific loafvol (cc/g)
1.5%				3.78
2.5%				4.19

(나) Premix formula의 제빵특성 및 저장성

고구마 식빵 프리믹스를 60℃에 4주간 저장하면서(가속저장) 1주 간격으로 프리믹스의 제빵특성 변화를 분석하였다. 프리믹스 60℃ 저장중 프리믹스로 만든 식빵의 비용적과 경도의 변화는 Fig. 37, 38에 있다. 식빵 프리믹스의 저장시간이 길어질수록 식빵의 비용적이 줄어들고 경도가 증가하였다.

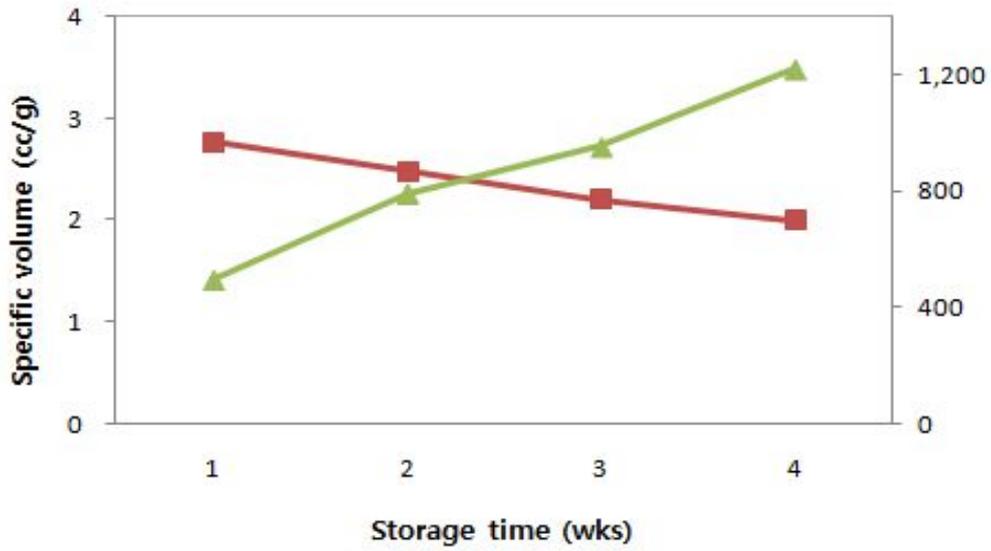


Fig 37. Changes in specific volume and crumb hardness of bread prepared from bread premix containing white sweet potato flour.

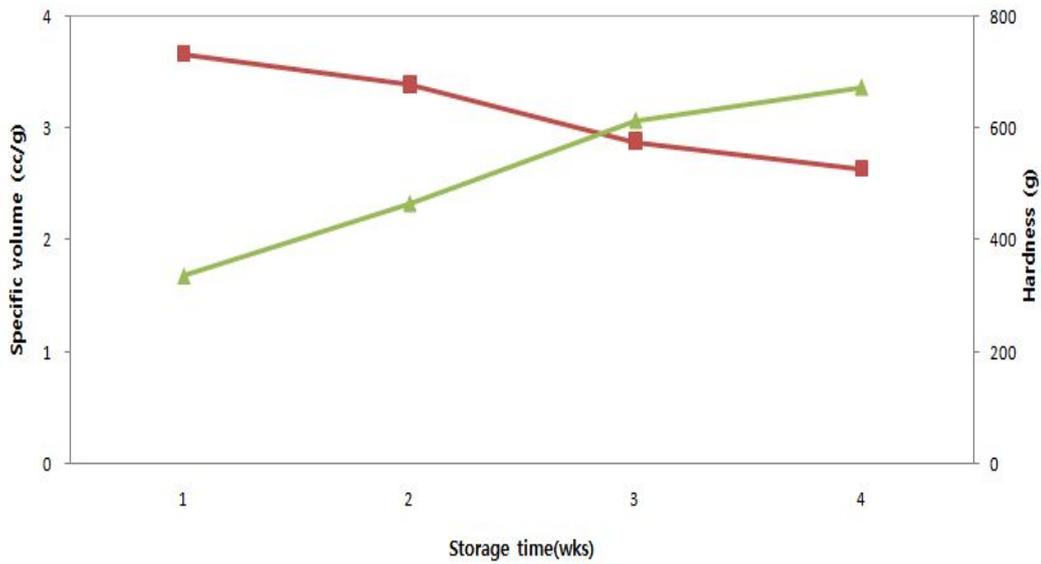


Fig 38. Changes in specific volume and crumb hardness of bread prepared from bread premix containing purple sweet potato flour.

4. 연구성과 및 성과활용 계획

- 본 연구과제의 수행으로 얻은 결과는 참여기업에 기술이전을 함으로써 고품질 고구마 분말 가공제품의 생산에 적극 활용할 예정임.
- 식품관련학회에 학술논문으로 투고하여 1편 게재완료, 2편 투고 중
- 김경은, 김성수, 이영택. 2010. 고구마의 육질색 종류별 고구마 분말의 이화학적 특성. 한국식품영양과학회지 39: 1476-1480
- Lee YT et al. 2011. Physicochemical properties of starches isolated from sweet potatoes with orange and purple flesh color grown in Korea. Food Sci. Biotechnol. (in submission)
- Lee YT et al. 2011. Pasting properties of sweet potato flours influenced by different processing conditions. Food Sci. Biotechnol. (in submission)
- 학술발표회에 참여하여 3편의 연구결과 발표
 - 김경은, 양정윤, 이영택. 고구마의 품종별 건조조건에 따른 고구마 분말의 이화학적 특성. 한국식품영양과학회 2009 국제심포지엄 및 정기학술대회. 2009. 11. 4 - 6. Changwon Exhibition Center (2009)
 - 김경은, 이하민, 이영택. 고구마의 품종별 분리 전분의 성질. 한국식품영양과학회 2009 국제심포지엄 및 정기학술대회. 2009. 11. 4 - 6. Changwon Exhibition Center (2009)
 - 김지영, 김건, 오현욱, 이영택. 고구마 육질색 종류별 고구마 전분과 분말의 호화특성. 한국식품과학회 2010 학술대회. 2010. 6. 16-18. Songdo Convensia, Incheon (2010)
- 일부 고구마 분말 제품화 신기술은 특허출원 작성중
 - 특허제목: 고구마 컵케이크의 조성 및 그 제조방법
- 홍보매체를 통해 고품질 고구마 베이커리 제품에 대한 홍보

5. 참고문헌

- AACC. Approved methods of the AACC. 10th ed. American association of cereal chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
- Ahn YS, Jeong BC, Lee JS, Chung MN, Kim HS. Postharvest procedures on storage, management and utilization of sweetpotato. Korean J. Crop Sci. 36-41 (2004)
- Ameny MA. Relationship between hunter color value and β -carotene contents in white flashed african sweet potato. Abstracts 96, IFT Annual meeting, Neworleans (1996)
- American Association of Cereal Chemists: Approved Methods of the AACC. The Association, St. Paul, Minnesota (1983)
- Anderson RA, Conway HF, Pfeifer VF, Griffin EL. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Foods World. 29: 732 (1969)
- A.O.A.C.: Official Methods of Analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. (1984)
- Baek MH, Cha DS, Park HJ, Lim ST. Physicochemical properties of commercial sweet potato starches. Korean J. Food Sci Technol. 32: 755-762 (2000)
- Baek MH, Shin MS. Effect of water activity on the physicochemical properties of sweet potato starch during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 532-536 (1995)
- Bridle P, Timberlake C. Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. Food Chem. 58: 103-109 (1997)
- Bushuk W, Briggs KG, Shebeski LH. Protein quantity and quality ass facters in the evaluation of bread wheats. Chn. J. Plant Sci. 49: 113-122 (1969)
- Byers T, Perry G. Dietary carotenoids vitamin C and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. Annual. Rev. Nutr. 12: 139 (1992)
- Chang HG. Food processing and preservation. Life science publishing Co. (2006)
- Chang HG, Pack YS. Effect of black rice flour on the quality of sugar-snap cookie. Korean J Food Sci. Technol. 40: 234-237 (2008)
- Chen H, Rubenthaler GL, Leung HK, Baranowski JD. Chemical physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. Cereal Chem. 65: 244-247 (1988)
- Chen PN, Chu SC, Chiou HL, Chiang Cl, Yang SF, Hsieh YS. Cyanidin 3-glucoside and peonidin 3-glucoside inhibit tumor cell growth and induce apoptosis in vitro and suppress tumor growth in vivo. Nutr. Cancer 53: 232-243 (2005)
- Choi CR, Rhim JW, Park YK. Physicochemical properties of purple-fleshed sweet potato starch. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 1-5 (2000)

- Choi ID. Substitution of rice flours on bread-making properties. *Korean J. Food Preserv.* 17: 667-673 (2010)
- Cho SA, Yoo BS. Rheological properties of sweet potato starch-sucrose composite. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 184-189 (2008)
- Chun SH, Lee SU, Shin YS, Lee KS, Ryu IH. Preparation of Yogurt from Milk Added with Purple Sweet Potato. *Korean J. Food & NUTR.* 13: 71-77 (2000)
- Corn, Jung SH, Shing GJ, Choi CU. Comparison of physicochemical properties of corn, sweet potato, potato, wheat and mungbean starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 272-275 (1991)
- Doescher LC, Hoenev RC, Millken GA, Rubenthaler GI. Effect of sugar and flours on cookies spread evaluated by time-lapse photography. *Cereal Chem.* 64: 163-167 (1987)
- Finney KF, Morris VH, Yamazaki WT. Micro versus macro cookie baking procedures for evaluating the cookie quality of wheat varieties. *Cereal Chem.* 27: 42-49 (1950)
- Food news. The Korea food marketing year book. Food news, Seoul, Korea. 432-438 (2007)
- Francis FJ. Food colorants: antocyanins. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 28: 273-314 (1989)
- Fujimoto S, Nagahama T, Kanie M.J. *Agric. Chem. Soc. of Japan.* 45: 68 (1972)
- Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *J. Food Engineering* 56: 153-161 (2003)
- Gillbertson DB, Porter MA. Replacing eggs bakery good with soy flour. *Cereal Food World* 46: 431-435 (2001)
- Greenwood CT, Mackenzie S. *Starke.* 15: 251 (1963)
- Hall DM, Sayre JG. *Textile Res. J.* 39: 1044 (1969)
- Hamaker BR, Griffin V. Changing the viscoelastic properties of cooked rice through protein disruption. *Cereal Chem.* 67: 261 (1990)
- Han KH, Lee JC, Lee GS, Kim JH, Lee JS. manufacture and physiological functionality of Korean traditional liquor by using purple-fleshed sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34(4): 673-677 (2002)
- Han JS. Preparation of mixed beverages for breakfast made primarily with the hydrolysate of sweet potato and its quality characteristics. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci* 20: 271-289 (2004)
- He H, Hosenev RC. Effect of the quantity of wheat flour protein on bread loaf volume. *Cereal Chem.* 69: 17-19 (1992)
- Hizukuri S, Fuji M, Nikuni Z. *Nature.* 192: 239 (1961)

- Jang HR, Park JS, Shin S, Shin GM. Properties of white pan breads made with Korean and imported wheat flours. *Korean J. Food Preserv.* 15: 884-890 (2008)
- Jang JR, Kim KK, Lim SY. Anticancer and antioxidant effects of solvent Extracts from dried onion with different drying method. *J of Life Sci.* 18: 1271-1277 (2008)
- Jeltema MA, Zabik ME, Thifl LJ. Prediction of cookie quality from dietary fiber components. *Cereal Chem.* 60: 227-230 (1983)
- Jeong BC, Ahn YS, Chung MN, Lee JS, Oh YH. Current status and prospect of quality evaluation in sweetpotato. *Korean J. Crop Sci.* 47: 124-134 (2002)
- Jeong BC. Postharvest handling and marketing management for making high salability of sweetpotato. *Korean J. of Food Preservation.* 18th Annual meeting. 51: 641 (2001)
- Ji JR, Yoo SS. Quality characteristics of cookies with varied concentration of Blueberry powder. *J. East Asian Soc Dietary Life.* 20: 433-438 (2010)
- Juliano BO, Perez CM, Blakeney AB, Castillo DT, Kongseree N, Laignelet B, Lapis ET, Murty VVS, Paule CM, Webb BB. International cooperative tasting on the amylose content of milled rice. *Starch/Starke.* 33: 157-163 (1981)
- Jung DS, Lee FZ, Eun JB. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J. Food Technol.* 34: 232-237 (2002)
- Jung ST, Rhim JW, Kang SG. Quality properties and carotenoid pigments of yellow sweet potato puree. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.* 27: 596-602 (1998)
- Im JG, Kim YS, Ha TY. Effect of sorghum flour addition on the quality characteristics of muffin. *Korean J Food Sci. Technol.* 30(5): 1158-1162 (1998)
- Kim HJ, Tsoy I, Park JM, Chung JI, Shin SC, Chang KC. Anthcyanins fro soybean seed coat inhibit the expression of TNF- α -induced genes associates with ischemia/reperfusion in endothelial cell by NF- κ B-dependent pathway and reduce rat myocadial damages incurred by ischemia and reperfusion in vivo. *FEBS Lett* 580: 1391-1397 (2006)
- Kim HS, Moon YH, Chung MN, Ahn YS, Lee JS, Bang JK. Effect of planting date, plant spacing, and harvest time on the production of small-sized sweetpotato in the alpine zone of korea. *Korean J. Crop Sci.* 51: 193-197 (2006)
- Kim HY, Jeong SJ, Heo MY, Kim KS. Quality characteristics of cookies prepared with varied levers of shredded garlicks. *Korea J. Food Sci. Technol.* 34: 637-641 (2002b)
- Kim HY, Lee JS, Kang JY, Kim JY. Quality characteristics of cookies with various levels of functional rice flour. *Korea J. Food Sci. Technol.* 34: 642-646 (2002a)

- Kim JH, Kim JH, Yoo SS. Impacts of the proportion of sea-tangle on quality characteristics of muffin. Korean J. Food Cookery Sci. 5: 565-572 (2008)
- Kim JH, Lee YT. Effects of barley bran on the quality of sugar-snap cookie and muffin. J. Korean Soc Food Sci Nutr. 33: 1367-1372 (2004)
- Kim JS. Preparation of sweet potato drinks and its quality characteristics. J. Korean Soc Food Nutr. 24: 943-947
- Kim JY, Ahn YS, Shin DH, Lim ST. Physicochemical properties of korean sweet potato starches. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 1-8 (1999)
- Kim KH, Lee SY, Yook SH. Quality characteristics of muffins prepared with flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontomea* Max. Wils.) fruit powder. J. of the Korean Soc. of food Sci. and Nutr. 38: 750-756 (2009)
- Kim MR, Song HN. 현대인의 음식보감. Kyomunsa. Seoul. 69-70 (2006)
- Kim SJ, Rhim JW, Jung ST, Ahn YS, Oh YB. Carotenoid contents of yellow sweet potatoes(in Korea). Korean J. Food Sci. Technol. 29: 218 (1997)
- Kim SY, Ryu CH. Effect of certain additives on bread-making quality of wheat-purple sweet potato flours. Korean J Soc Food Cookery Sci 13: 492-499 (1997)
- Kim SY, Ryu CH. Studies on the nutritional components of purple sweet potato(*Ipomoea batatas*). Korean J Food Sci. Technol. 27: 819-825 (1995)
- Kim SW, Lee YT, Chang HG. White layer cake-making properties of Korean wheat cultivars. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 194-199 (2002)
- Kim YS, Kim GH, Lee JH. Quality characteristics of black rice cookies as influenced by content of black rice flour and baking time. J. Korean Soc Food Sci Nutr. 52: 25-30 (1976)
- Ko SH, Seo EO. Quality characteristics of muffins containing purple colored sweetpotato powder. J East Asian Soc Dietary Life. 20(2): 272-278 (2010)
- Krinsky NI. Actions of carotenoids in biological systems. Annual. Rev. Nutr. 13: 561 (1993)
- Kyung MS, Chang HG, Lee YT. Effects of emulsifiers on the properties of white layer cakes prepared from Geurumil flour. J. Korean Soc Food Sci Nutr. 30: 877-881 (2001)
- Leach HW, Mccowen LD, Schoch TJ. Cereal Chem. 36: 534 (1959)
- Lee GH, Kwon BK, Yim SY, Oh MJ. Phenolic compounds in sweet potatoes and their antioxidative activity. Korean J, Postharvest Sci. Technol. 7: 331-336 (2000)
- Lee HH, Kang SG, Rhim JW. Characteristics of antioxidative and antimicrobial activities of various cultivars of sweet potato. korean J. Food Sci. Technol. 31: 1090-1095 (1999)

- Lee HY, Park KH, Min BY, Kim JP, Chung DH. Studies on the change of composition of sweet potato kochujang during fermentation. *Korean J Food Preserv.* 6: 442-447 (1978)
- Lee JA, Park GS, Ahn SH. Comparative of physicochemical and sensory quality characteristics of cookies added with barleys and oatmeals. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 18: 238-246 (2002)
- Lee JC, Lee KS, Lee JK, Han KH, Oh MJ. Preparation and characteristics of curd yogurt from milk added with purple sweet potato. *Korean J. Food Preserv.* 6: 442-447 (1999)
- Lee JH, Kim BK, Effect of added sweet potato flour on the quality characteristics of the Korean traditional steamed rice cake, Backsulki. *Food Engineering Progress.* 14: 135-145 (2010)
- Lee JH. Protein extraction from rice flour in various solvents and conditions and pasting properties of the isolated rice starch. M. D. thesis, Korea Univ., Seoul, Korea (1996)
- Lee JS, Ahn YS, Chung MN, Kim HS. Biological Activity of varieties, isolation and purification of antioxidants components in sweetpotato. *Korean J. Breed Sci.* 39: 296-301 (2007)
- Lee JS, Ahn YS, Kim HS, Chung MN, Jeong BC. Making techniques of hight powder in sweet potato. *Korean J. Crop Sci.* 51: 198-203 (2006)
- Lee JS, Oh MS. Quality characteristics of cookies with black rice flour. *Korean J Food Cookery Sci.* 22: 193-203 (2006)
- Lee JS, Shin MJ, Park YK, Ahn YS, Chung MN, Kim HS, Kim JM. Antibacterial and antimutagenic effect of sweetpotato tips extract. *Korean J. Crop. Sci.* 52: 303-310 (2007)
- Lee KY, Lee SR. A study on the systematic analysis of lipids from sweet potatoes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 4: 309 (1972)
- Lee MH, Chang HK, Yoo YJ. Effect of millet and waxy millet on properties of white layer cake. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.* 34: 395-402 (2005)
- Lee MH, Oh MS. Quality characteristics of cookies with brown rice flour. *Korean J. Food Culture* 21: 685-694 (2006)
- Lee SH, Park HJ, Cho SM. Analysis of dietary fibers and its biofunctional effect. *Korean J. Crop. Sci.* 49: 23-30 (2004)
- Lee YS, Kim WM, Kim TH. A study on rheological and sensory properties of bread added waxy black rice flour. *Korean J. Food Cookery Sci.* 23: 337-345 (2007)

- Lund DB. Influence of time, temperature, moisture, ingredients, and processing conditions on starch gelatinization. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 20: 249-252 (1987)
- Madamba LSP, Bustrillos AR, Sanpedro EL. *The Philippine Agriculturist J.* 58: 338 (1975)
- Maddever WJ, Chapman GM. Modified starch-based biodegradable plastics. *Plast Eng.* 45: 31-34 (1989)
- Miller RA, Hosenev RC, Moris CF. Effect of formula water content on the spread of sugar-snap cookies. *Cereal Chem.* 74: 669-671 (1997)
- Naivikul O, D'Appolonia BL. *Cereal Chem.* 56: 24 (1979)
- Oh HE, Hong JS. Quality characteristics of sulgidduk added with fresh sweet potato. *Korean J. Food Cookery Sci.* 24: 501-510 (2008)
- Park. BH, Cho HS, Park SY. A study on the antioxidative effect and quality characteristics of cookies made with Lycii frutus powder. *Korean J. Food Cookery Sci.* 21: 94-102 (2005)
- Park HJ, Kim YS, Park HY. Selection of high anthocyanin-producing cells from habituated cellus derived from purple sweetpotato. *J. Plant Biotechnol.* 34: 19-24 (2007)
- Park JY, Ahn YS, Shin DH, Lim ST. Physicochemical properties of Korean sweet potato starches. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 1-8 (1999)
- Park SH, Lim SI. Engineering/Processing/Sensory Evaluation : Quality Characteristics of muffin Added Red Yeast Rice Flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 272-275 (2007)
- Pomeranz Y, Sogren MD, Finney KF, Bechtel DB. Fiber in breadmaking-effects on functional properties. *Cereal Chem.* 54: 25-27 (1977)
- Rasper V, Coursey DG. *J. Sci. Fd. Agri.* 18: 240 (1967)
- Ravindran V, Ravindran G, Sivakanesan R, Rajaguru SB. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *J. Agri. Food Chem.*, 43: 2646-2651 (1995)
- Reddy NN, Sistrunk WA. Effect of cultivar, size, storage, and cooking method on carbohydrates and some nutrients of sweet potatoes. *J. food Sci.* 45: 682 (1980)
- Roper H, Koch H. The role of starch in biodegradable thermoplastic materials. *Starch* 42: 123-130 (1990)
- Rural development administration. *Food Composition Table.* 38 (1986)
- Schoch TJ. Swelling power and solubility of granular starches: Whole starches and modified starches. 106. In *Method in Carbohydrate Chemistry.* Whister RL (ed). Academic Press, New York, USA (1964)
- Seo EO, Ko SH, Kim KO. Quality characteristics of muffins containing chungkukjang powder. *The East Asian Soc. of Dietry Life.* 19: 635-640 (2009)

- Seog HM, Park YK, Nam YJ, Shin DH, Kim JP. Physicochemical properties of several sweet potato starches. *J. Korean Agricultural Chemical Society*. 30 (1987)
- Shahidul-Islam M, Yoshimoto M, Yamakawa O, Distribution and physiological functions of caffeoylquinic acid derivatives in leaves in sweetpotato genotypes. *J. Food Sci.* 68: 111-116 (2003)
- Shin MC, Kuo CC, Chiang W. Effects of drying and extrusion on colour, chemical composition, antioxidant activities and mitogenic response of spleen lymphocytes of sweet potatoes. *Food Chem.* 117: 114-121 (2009)
- Shin MS, Ahn SY. Studies on physicochemical properties of starches from sweet potatoes of korea cultivars. *J. Korean Agricultural Chemical Society*. 26 (1983)
- Shiotani I, Nishimura A, Yamanaka S, Taki M, Yamada T. Starch properties of the sweet potato, diploid *Ipomoea trifida* (H.B.K) Don. and tetraploid hybrids. *Starch.* 43: 133-138 (1991)
- Song J, Chung MN, Kim JT, Chi HY, Son JR. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Korean J. Crop Sci.* 50: 141-146 (2005)
- Suh HJ, Chung SH, Choi YM, Bae SH, Kim YS. Changes in Sugar Content of Sweet Potato by Different Cooking Methods. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14: 182-187 (1998)
- Tsuda T, Horio F, Kitoh J, Osawa T. Protective effects of dietary cyanidin 3-O-beta-D-glucoside on liver ischemia-reperfusion injury in rats. *Arch Biochem Biophys* 368: 361-366 (1999)
- Tsukui A, Kuwano K, Mitamura. Anthocyanin pigment isolated from purple root of sweet potato. *Kaisegaku Zasshi*, 34: 153 (1983)
- Valetudie JC, Guadeloupe L, Colonna P, Bouchet B, Gallant DJ. Gelatinization of sweet potato, tania and yam tuber starches. *Starch.* 47: 298-306 (1995)
- Woolfe JA. Sweet potato. Cambridge University Press. New York. USA (1992)
- Xue Q, Newman RK, Newman CW. Effects of heat treatment of barley starches on in vitro digestibility and glucose responses in rats. *Cereal Chem.* 73: 588-592 (1996)
- Yadav AR, Guha M, Tharanthan RN, Ramteke RS. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying techniques. *LTW* 39: 20-26 (2006)
- Yook C, Lee WK. Production of starch vermicelli(dangmyun) by using modified corn starches(I) - Physicochemical properties of domestic and foreign starch vermicelli(dangmyun) -. *Korean J Food Sci. Technol* 33: 60-65 (2001)
- Zurin S, Bassa IA, Gabriel SL, Francis FJ. Anthocyanin pigments of sweet potatoes *Ipomoea batatas*. *J. Food Sci.* 57: 755-770 (1992)

제 4 절

유색고구마 이용 기능성 음료제품 개발

Development of Functional Drinks Using Purple Sweet Potato

연구책임자

농협식품안전연구원

박 사 권 혜 순

목 차

I. 연구개발과제의 개요	214
II. 국내외 기술개발현황	225
III. 연구개발수행 내용 및 결과	226
가. 고구마 이화학적 성분분석	226
나. 유색고구마 색소추출 공정	227
다. 고구마 원료의 전처리 공정	227
라. 유색고구마 음료 개발	228
1. 유색고구마 추출액을 이용한 음료 개발	228
2. 유색고구마 추출액을 이용한 음료 저장 실험	238
3. 식이섬유 및 콜라겐을 첨가한 음료 개발	249
4. 식이섬유 및 콜라겐을 첨가한 음료 저장 실험	251
IV. 연구개발 성과 및 활용계획	262
V. 참고문헌	263

I. 연구개발과제의 개요

○ 연구개발의 목적 및 중요성

유색고구마의 효율적 활용을 위하여 유색고구마가 지닌 기능성을 이용한 새로운 가공식품인 음료를 유색고구마 색소추출과 농축등 가공공정을 거쳐 적절한 부원료의 배합에 따라 소비자 기호도가 우수한 유색고구마 음료제품을 개발하고자 함

○ 연구개발 내용 및 범위

1. 고구마의 이화학적 성분분석
2. 유색고구마 색소추출 실험
3. 고구마원료의 전처리 공정
4. 고구마 음료개발 실험
 - 가. 유색고구마 추출액을 이용한 음료 개발
 - 나. 유색고구마 추출액을 이용한 음료 저장 실험
 - 다. 식이섬유 및 콜라겐을 첨가한 음료 개발
 - 라. 식이섬유 및 콜라겐을 첨가한 음료 저장 실험

○ 연구범위 및 연구수행 방법

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
고구마의 이화학적 성분분석	공인된 분석방법 적용	고구마의 일반 이화학적성분을 공인된 분석방법으로 3반복 실험하여 객관적 결과를 도출하고 고구마 종류에 따른 성분을 비교분석 하였음
유색 고구마 색소추출 실험 및 분석	고구마의 색소를 에탄올로 용매추출	고구마의 색소를 안정화시키기 위하여 산처리하여 용매추출하고 최적의 추출조건을 확립하여 유색고구마의 색소를 추출함
고구마 추출효율향상을 위한 원료의 전처리 공정 개발	전분의 액화및 당화 공정을 거쳐 원료의 전처리공정을 확립	아밀라아제 효소를 이용한 전분의 액화 및 당화공정을 거쳐 농축하여 음료제품의 전처리원료로 사용
음료제품의 품질 평가	-관능검사에 의한 품질 평가 인자로서 맛, 향, 색도등을 평가 -이화학적 성분분석	시제품으로 만들어진 고구마음료 제품의 관능 평가 및 이화학적 분석 평가

II. 국내외 기술개발 현황

고구마는 1763년 우리나라에 도입된 이래 쌀, 보리 등의 곡류와 함께 주요 식량자원으로 널리 이용되어 왔으며 고구마는 다른 작물에 비하여 재배가 쉽고 단위면적당 수확량이 높으며, 기후조건 변화에도 저항력이 강하다. 동시에 다른 작물에 비하여 비교적 영양이 좋아 고에너지 식품이나 중요한 단백질 자원으로, 또는 무기질, 식이섬유의 보충효과도 뛰어나며, 특히 육질이 오렌지색을 띠는 것은 β -카로틴의 좋은 급원이기도 하다. 다른 곡류에 비해 저장성이 낮으며, 소비 현황을 보면 지금까지는 직접 식용, 양조용 그리고 전분제조용으로 주로 쓰이고 있다. 그러므로 고구마의 이용율을 높이고 소비확대를 위해서는 고구마의 가공에 대한 연구가 요구되고 있다. 지금까지 고구마 가공에 대한 연구로는 고구마칩 등의 가공에 대한 연구, 고구마 가루를 이용한 국수 제조에 관한 연구 등이 있으나, 고구마를 이용한 음료의 가공에 대한 연구는 아직까지 미미한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 고구마가 지니고 있는 기능성 즉, 식이섬유의 장관질환 예방 등의 기능성에 초점을 맞추어 유색고구마를 이용하여 식이섬유 및 콜라겐을 첨가하여 음료를 제조하고 그 품질 특성을 분석하여 건강 기호음료로서의 가능성을 검토하였다.

고구마는 감자, 카사바 등과 함께 중요한 탄수화물 및 열량원으로서 단위면적당 수확량이 많고 열악한 환경조건에서도 잘 견디며 다방면으로 이용되어 경제성이 높은 작물로 알려져 있다. 가정에서는 괴근을 그대로 식용으로 하는 경우가 많으며 이외에 전분을 분리하여 당면, 물엿, 주정 등의 각종 가공식품의 원료로 사용하거나 증점제 등 첨가물로서 식품산업에 이용되고 있으며 고구마 자체를 스낵이나 flack 형태로 가공하기도 한다. 고구마는 품종에 따라 독특한 특성을 가지고 있으며, 최근에는 고구마의 기능성과 가공이용성을 향상시킨 새로운 품종의 고구마가 육종되고 있다. 이중에 새로운 천연 식용 색소원으로 주목을 받고있는 자색고구마는 육색깔이 진한 자색을 띠는 품종으로 수용성 색소인 안토시아닌을 다량 함유하고 있어 일반 고구마와는 다른 특징을 가지고 있으며 다른 안토시아닌 색소에 비해 비교적 열과 광선에 안정하다고 알려져 있다. 최근에 국내에서는 자색고구마를 새로운 천연 식용 색소원으로 개발하기 위한 연구의 일환으로 자색고구마 색소의 추출과 특성 및 자색고구마 색소의 안전성에 관한 연구와 전처리 방법에 따른 자색고구마 색소의 추출효과, 자색고구마 색소의 가열에 대한 속도론적 연구, 막분리에 의한 자색고구마 색소의 농축 등에 관한 일련의 연구가 이루어졌다. 일본에서는 건강식품으로서 자색고구마에 관심을 갖고 있으며 국내에서도 팔고물, 짬, 주정발효 등의 대체물로 연구개발 중에 있다. 또한, 자색고구마의 영양성분은 일반 고구마와 비슷한 수준을 보이고 있으며 주성분인 전분함량은 59.4%로 일반고구마의 57.9%와 차이가 없어 전분제조용으로서의 가능성도 있다. 고구마 및 이로부터 분리한 전분의 이화학적 특성은 품종, 토양 등 재배조건에 딸 차이를 보이는데 고구마의 효용가치를 높이고 기능성을 향상시키기 위해 다양한 품종개발과 더불어 고구마의 이화학적, 영양학적 특성 및 가공적성 등에 대한 연구가 필요하다.

자색고구마는 외관은 물론 육색깔 자체가 진한 자색을 띠는 품종으로, 분리 동정된 안토시아닌의 주성분은 cyanidin의 dicaffeoyl 유도체 및 peonidin-3-glucosylglucoside-5-gluco-side로서, 양배추, 포도 등의 안토시아닌 색소보다 열과 광선에 안정하여 일본에서는 아이스크림, 과자 등의 재료로 많이 이용되고 있다. 국내에서도 팔고물, 짬, 주정발효 등의 대체물로 연구개발 중에 있다.

Ⅲ. 연구개발수행 내용 및 결과

가. 고구마 이화학적 성분 분석

고구마의 이화학적 특성을 알아보기 위하여 수분, 회분, 조단백, 조지방, 식이섬유 등을 분석한 결과 표 1과 같은 결과를 보여주었다. 고구마는 고창 선운산농협에서 2009. 5월에 구입하였으며 일반고구마(밤고구마), 호박고구마, 자색고구마를 시료로 하여 분석하였다.

분석한 결과 수분은 62~66%, 조단백은 1.47~1.52%, 식이섬유는 1.5~1.8% 정도로 자색고구마에 식이섬유가 가장 많이 함유되어 있는 것을 알 수 있었다.

표 1. 고구마 이화학적 성분 분석 결과 (단위:%)

분석항목	종 류		
	일반고구마	호박고구마	자색고구마
수분	62.43	66.40	63.99
회분	1.33	1.35	0.14
조단백	1.47	1.52	1.49
조지방	0.01	0.01	0.01
식이섬유	1.78	1.56	1.81



자색고구마 밭



자색고구마 수확직후

그림 1. 자색고구마 수확 (고창 선운산농협, 2009. 9. 22)

나. 유색고구마 색소 추출 공정

천연 식용 색소원으로 이용되고 있는 유색고구마를 세절하여 10배의 0.1% 염산 또는 구연산을 첨가한 20% 에탄올용액을 용매에 침지하여 저온에서 24시간 추출 후, 필터링하여 감압 농축(40℃)하여 자색고구마의 색소를 추출하였으며 이때 추출색소의 고형분함량(Brix°)은 29.44이었다(그림 2).

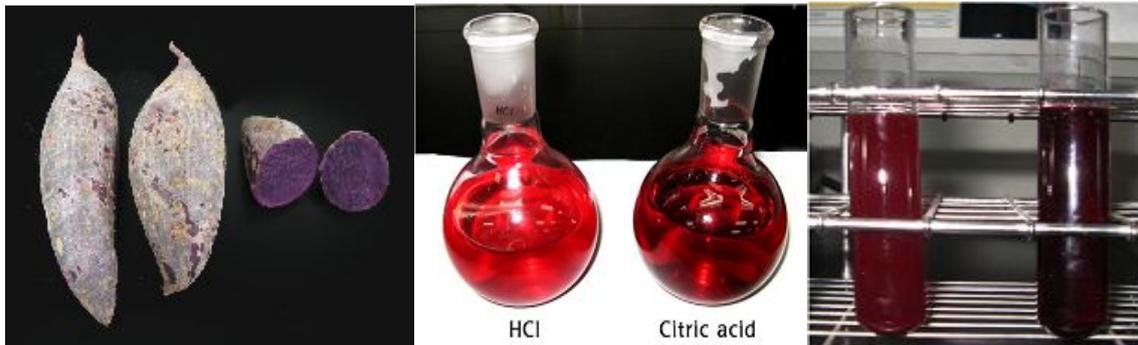


그림 2. 유색고구마의 색소추출 실험

0.1% 염산을 첨가한 유색고구마추출액이 색상이 우수하였으나 유색고구마 음료로 사용하기에는 적합하지 않아 본 연구에서는 0.1% 구연산을 첨가한 유색고구마추출액을 사용하였다.

다. 고구마 추출 효율 향상을 위한 원료의 전처리 공정 실험

고구마 음료개발 실험을 위하여 전분이 많은 고구마를 그대로 이용하기 어렵고 전분을 액화 및 당화하여 농축액을 만들어 사용하기 위하여 원료의 전처리 공정 실험을 실시한 결과 그림 3와 같은 전처리 공정을 개발하였다. 즉, 고구마를 증숙처리한 후, 고구마와 증류수를 1:1로 혼합하였다. α -amylase를 혼합한 고구마에 0.05%가 되도록 첨가하고, 그 후 90℃에서 4시간 동안 반응시키면서 교반을 했으며 액화공정을 거친 뒤, 온도를 50℃로 내린 후 glucoamylase를 0.01%를 첨가하였다.

이 후 50℃에서 4시간 동안 반응시키고 당화가 끝나면, 거즈로 여과하고 5000 psi, 15분간 원심 분리하고 여과 후 청정액만 걸러 50 Brix가 될 때까지 농축시켜 음료개발 시료로 하였다.

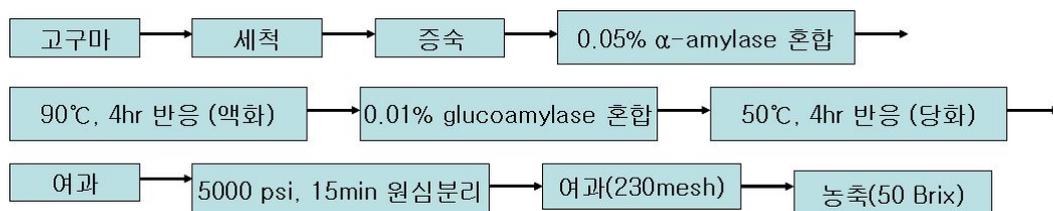


그림 3. 고구마의 전처리 공정개발 FLOW

라. 유색고구마음료 개발 실험

1. 유색고구마 추출액을 이용한 음료 개발 실험

유색고구마 음료를 제조하기 위하여 유색고구마 추출액 및 고구마농축액 원료 및 기타 시료를 준비한 후, 배합비를 달리하여 각각의 고구마 음료를 제조하였다. 고구마 음료의 기호성을 높이기 위하여 산수유 농축액, 사과농축액을 배합하였으며 제조한 음료를 대상으로 관능검사 및 일반 분석을 실시하였다. 또한 유통 중 음료의 품질이 유지되는 유통기한 설정을 위하여 저장실험을 실시하였다.

고구마 음료 시제품 1, 2를 제조한 결과는 표 2와 같으며 pH는 3.37~4.37, Brix는 8.95~16.60, 산도는 0.13~0.25이었고 기호성은 좋지 않은 결과를 알 수 있었다. 특히 시제품 1의 Brix가 8.95로 가장 낮았으며 시제품 2의 Brix가 16.60, pH가 4.37로 높은 것을 알 수 있었다.

표 2. 고구마 음료 시제품 제조(시제품 1, 2)

시제품 1			시제품 2		
원재료명	함량(%)		원재료명	함량(%)	
고구마농축액	2.44		고구마농축액	2.00	
유색고구마추출액	0.21		유색고구마추출액	0.32	
정백당	5.69		정백당	11.38	
사이클로덱스트린	1.00		사이클로덱스트린	2.00	
비타민C	0.10		비타민C	0.20	
구연산	0.13		구연산	0.26	
고구마 향	0.10		고구마 향	0.20	
정제수	90.33		정제수	83.64	
사진			사진		
					
묘사			묘사		
신맛이 좀 있음, 맛이 떨어짐			느끼하고 너무 답		
일반 분석	Brix	8.95	일반 분석	Brix	16.60
	pH	3.37		pH	4.37
	Acidity	0.25		Acidity	0.13
	L	42.49		L	44.45
	a	3.36		a	4.07
	b	0.27		b	0.85
관능검사	1.5		관능검사	1.8	

※ 관능검사: 5점 기호척도법, 훈련된 패널 10명 실시

고구마 음료 시제품 3, 4의 결과는 표 3과 같으며 pH는 3.37~3.39, Brix는 9.93~10.01, 산도는 0.25~0.30이었고 기호성은 좋지 않았다.

표 3. 고구마 음료 시제품 제조(시제품 3, 4)

시제품 3			시제품 4		
원재료명	함량(%)		원재료명	함량(%)	
유색고구마추출액	0.50		고구마농축액	1.43	
레몬식초	0.42		유색고구마추출액	0.21	
정백당	6.89		사과농축액	0.42	
말토덱스트린	1.50		정백당	5.73	
글리신	0.05		말토덱스트린	1.54	
비타민C	0.02		글리신	0.07	
정제염	0.02		비타민C	0.07	
구연산	0.08		정제염	0.09	
고구마 향	0.10		구연산	0.20	
정제수	90.42		고구마 향	0.10	
			정제수	90.14	
사진			사진		
					
묘사			묘사		
너무 시큼하고 조미료 맛이 강함			뒷맛이 안 좋음		
일반 분석	Brix	9.93	일반 분석	Brix	10.01
	pH	3.37		pH	3.39
	Acidity	0.25		Acidity	0.30
	L	43.13		L	44.93
	a	5.21		a	4.21
	b	0.34		b	0.87
관능검사	2.0		관능검사	2.5	

산수유와 사과 농축액을 첨가한 고구마 음료 시제품 5, 6의 결과는 표 4와 같으며 pH는 3.28~3.73, Brix는 10.32~10.40, 산도는 0.20~0.28이었고 기호성은 좋았다.

표 4. 고구마 음료 시제품 제조(시제품 5, 6)

시제품 5			시제품 6		
원재료명		함량(%)	원재료명		함량(%)
농축액		2.50	유색고구마추출액		0.50
유색고구마추출액		0.20	사과농축액		0.42
산수유농축액		0.42	정백당		6.89
정백당		5.69	말토덱스트린		1.50
말토덱스트린		1.50	비타민B2		0.002
비타민B2		0.002	글리신		0.05
글리신		0.05	비타민C		0.02
비타민C		0.02	정제염		0.02
정제염		0.02	구연산		0.08
구연산		0.08	고구마 향		0.10
고구마 향		0.10	정제수		90.42
정제수		89.42			
사진			사진		
					
묘사			묘사		
색이 진함, 단맛이 강함, 신맛이 약함			단맛이 강하나 맛이 좋음		
일 반 분 석	Brix	10.40	일 반 분 석	Brix	10.32
	pH	3.73		pH	3.28
	Acidity	0.28		Acidity	0.20
	L	44.46		L	44.24
	a	3.38		a	4.82
	b	0.78		b	0.91
관능검사	3.0		관능검사	3.5	

산수유와 사과 농축액을 첨가한 고구마 음료 시제품 7, 8의 결과는 표 5와 같으며 pH는 3.25~3.72, Brix는 10.35~10.42, 산도는 0.18~0.20이었고 기호성은 사과 농축액을 첨가한 고구마 음료 시제품이 좋았다.

표 5. 고구마 음료 시제품 제조(시제품 7, 8)

시제품 7			시제품 8		
원재료명	함량(%)		원재료명	함량(%)	
농축액	2.50		유색고구마추출액	0.50	
유색고구마추출액	0.20		사과농축액	0.42	
산수유농축액	0.42		정백당	6.89	
정백당	5.69		말토덱스트린	1.50	
말토덱스트린	1.50		비타민B2	0.002	
비타민B2	0.002		글리신	0.02	
글리신	0.02		비타민C	0.02	
비타민C	0.02		정제염	0.02	
정제염	0.02		구연산	0.08	
구연산	0.08		고구마 향	0.10	
고구마 향	0.10		정제수	89.91	
정제수	89.45				
사진			사진		
					
묘사			묘사		
조미료 맛이 강함			조미료 맛이 있으나 맛과 색상 좋음		
일반 분석	Brix	10.42	일반 분석	Brix	10.35
	pH	3.72		pH	3.25
	Acidity	0.18		Acidity	0.20
	L	44.04		L	44.26
	a	3.16		a	4.81
	b	0.96		b	0.86
관능검사	3.3		관능검사	3.9	

산수유와 사과 농축액을 첨가한 고구마 음료 시제품 9, 10의 결과는 표 6과 같으며 pH는 3.33~3.55, Brix는 10.34~10.65, 산도는 0.17~0.26이었고 기호성은 좋았다. 고구마농축액을 첨가한 시제품은 음료의 맛이 텁텁하고 상큼한 맛이 적어 기호도가 떨어지는 것으로 나타남

표 6. 고구마 음료 시제품 제조(시제품 9, 10)

시제품 9			시제품 10		
원재료명	함량(%)		원재료명	함량(%)	
고구마농축액	2.50		유색고구마추출액	0.50	
유색고구마추출액	0.20		사과농축액	0.80	
산수유농축액	0.80		정백당	6.89	
정백당	5.69		말토덱스트린	1.50	
말토덱스트린	1.50		비타민B2	0.002	
비타민B2	0.002		글리신	0.01	
글리신	0.01		비타민C	0.04	
비타민C	0.04		정제염	0.02	
정제염	0.02		구연산	0.10	
구연산	0.10		고구마 향	0.10	
고구마 향	0.10		정제수	90.04	
정제수	89.04				
사진			사진		
					
묘사			묘사		
느끼한 맛이 덜해짐			맛이 달지만 느끼한 맛이 덜해짐		
일 반 분 석	Brix	10.65	일 반 분 석	Brix	10.34
	pH	3.55		pH	3.33
	Acidity	0.26		Acidity	0.17
	L	43.28		L	43.01
	a	2.74		a	4.02
	b	0.70		b	0.38
관능검사	3.4		관능검사	4.1	

시제품 제조 결과 관능검사가 우수한 시제품 8과 시제품 10을 가열살균처리 후 품질분석을 실시한 결과는 표 7과 같다. 가열살균 처리 전과 비교하여 일반 분석 결과와 맛에는 큰 변화가 없었다.

표 7. 고구마 음료 시제품 제조(시제품 11, 12)

시제품 11 가열살균			시제품 12 가열 살균		
원재료명		함량(%)	원재료명		함량(%)
농축액		2.50	유색고구마추출액		0.50
유색고구마추출액		0.20	사과농축액		0.42
산수유농축액		0.42	정백당		6.89
정백당		5.69	말토덱스트린		1.50
말토덱스트린		1.50	비타민B2		0.002
비타민B2		0.002	글리신		0.05
글리신		0.05	비타민C		0.02
비타민C		0.02	정제염		0.02
정제염		0.02	구연산		0.08
구연산		0.08	고구마 향		0.10
고구마 향		0.10	정제수		90.42
정제수		89.42			
사진			사진		
					
묘사			묘사		
맛에 차이 없음, 색이 선명해진 느낌			맛에 차이 없음, 색이 선명해진 느낌		
일 반 분 석	Brix	10.44	일 반 분 석	Brix	10.16
	pH	3.72		pH	3.38
	Acidity	0.29		Acidity	0.20
	L	43.66		L	43.31
	a	3.58		a	3.99
	b	0.74		b	0.59
관능검사	3.5		관능검사	4.2	

산수유, 사과 농축액을 배합한 뒤 가열살균처리 방법을 달리하여 품질분석을 실시한 결과는 표 8과 같다. 가열살균처리 방법에 따른 시제품 13과(100℃, 5분) 시제품 14(80℃, 30분)의 일반분석, 맛에는 차이가 없었다.

표 8. 고구마 음료 시제품 제조(시제품 13, 14)

시제품 13 가열살균			시제품 14 가열살균		
원재료명	함량(%)		원재료명	함량(%)	
유색고구마추출액	0.20		유색고구마추출액	0.20	
산수유농축액	0.45		산수유농축액	0.45	
사과농축액	0.45		사과농축액	0.45	
정백당	5.89		정백당	5.89	
말토덱스트린	1.50		말토덱스트린	1.50	
비타민B2	0.002		비타민B2	0.002	
글리신	0.01		글리신	0.01	
비타민C	0.04		비타민C	0.04	
정제염	0.02		정제염	0.02	
구연산	0.10		구연산	0.10	
고구마 향	0.10		고구마 향	0.10	
정제수	91.24		정제수	91.24	
사진			사진		
					
묘사			묘사		
가열 후 색과 맛에 차이 없음			시제품 13의 가열살균과 차이 없음		
일반 분석 석	Brix	9.66	일반 분석 석	Brix	9.57
	pH	3.27		pH	3.23
	Acidity	0.26		Acidity	0.20
	L	43.65		L	43.72
	a	5.19		a	4.84
	b	0.95		b	0.80
관능검사	4.1		관능검사	4.0	

고구마 음료 시제품 8과 10을 가지고 레토르트 후(105℃, 15분) 품질분석을 실시한 결과는 표 9와 같다. 레토르트 처리 전과 비교하여 일반 분석 결과와 맛에는 변화가 없었으나 색이 조금 맑아졌다.

표 9. 고구마 음료 레토르트(시제품 15, 16)

시제품 15 레토르트			시제품 16 레토르트		
원재료명	함량(%)		원재료명	함량(%)	
유색고구마추출액	0.50		유색고구마추출액	0.50	
사과농축액	0.42		사과농축액	0.80	
정백당	6.89		정백당	6.89	
말토덱스트린	1.50		말토덱스트린	1.50	
비타민B2	0.002		비타민B2	0.002	
글리신	0.02		글리신	0.01	
비타민C	0.02		비타민C	0.04	
정제염	0.02		정제염	0.02	
구연산	0.08		구연산	0.10	
고구마 향	0.10		고구마 향	0.10	
정제수	89.91		정제수	90.04	
사진			사진		
					
묘사			묘사		
색이 맑아진 느낌, 전 후 차이 없음			색이 맑아진 느낌		
일반 분석	Brix	10.89	일반 분석	Brix	11.38
	pH	3.20		pH	3.73
	Acidity	0.23		Acidity	0.28
	L	35.38		L	38.51
	a	4.97		a	5.03
	b	2.26		b	2.23
관능검사	3.9		관능검사	4.2	

2. 유색고구마 추출액을 이용한 음료 저장 실험

(1) 실험방법

배합비율 실험에 따라 제조된 시제품들 중 우수한 음료 3가지를 선정하였으며 특히 고구마농축액을 넣어 제조한 시제품이 기호성이 떨어지므로 이 시료를 넣지않은 배합비를 선정하여 저장성 실험을 실시하였다(표 10). 저장조건은 45℃ Incubator에서 5주간 저장을 하였으며 1주일 간격으로 일반분석, 미생물 검사 및 관능검사를 하여 저장기간 동안의 변화를 분석하였다.

표 10. 선정된 고구마 음료 시제품 배합

시제품 A		시제품 B		시제품 C	
원재료명	함량(%)	원재료명	함량(%)	원재료명	함량(%)
유색고구마 추출액	0.50	유색고구마 추출액	0.50	유색고구마추출액	0.20
사과농축액	0.42	사과농축액	0.80	산수유농축액	0.45
정백당	6.89	정백당	6.89	사과농축액	0.45
말토덱스트린	1.50	말토덱스트린	1.50	정백당	5.89
비타민B ₂	0.002	비타민B ₂	0.002	말토덱스트린	1.50
글리신	0.02	글리신	0.01	비타민B ₂	0.002
비타민C	0.02	비타민C	0.04	글리신	0.01
정제염	0.02	정제염	0.02	비타민C	0.04
구연산	0.08	구연산	0.10	정제염	0.02
고구마향	0.10	고구마향	0.10	구연산	0.10
정제수	89.91	정제수	90.04	고구마향	0.10
				정제수	91.24

(2) 실험결과

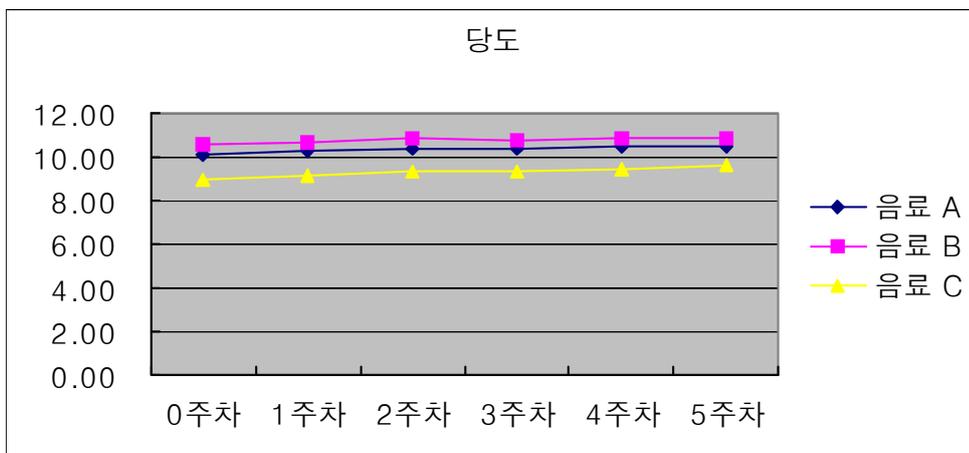
① 고구마 음료의 당도 변화

제조한 고구마 음료를 45℃ Incubator에서 저장한 뒤 총 5주 동안 1주일 간격으로 각각의 고구마 음료에 대하여 당도를 측정된 결과를 아래의 표 11에 나타내었다. 당도는 리프랙토미터를 이용하여 측정하였다.

분석 결과 총 5주의 저장기간 동안 제조한 고구마 음료 각각의 당도에는 변화가 없었다.

표 11. 고구마 음료 저장기간 동안의 당도 변화(단위: Brix)

	음료 A	음료 B	음료 C
0주차	10.10	10.59	8.98
1주차	10.24	10.71	9.10
2주차	10.35	10.81	9.35
3주차	10.39	10.79	9.30
4주차	10.44	10.83	9.41
5주차	10.48	10.87	9.60



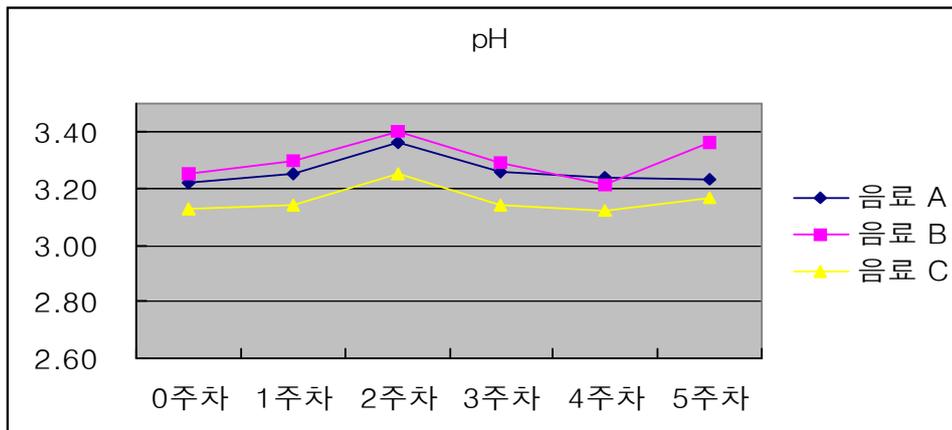
② 고구마 음료의 pH 변화

제조한 고구마 음료를 45°C Incubator에서 저장한 뒤 총 5주 동안 1주일 간격으로 각각의 고구마 음료에 대하여 pH를 측정된 결과를 아래의 표 12에 나타내었다. pH는 고구마 음료를 증류수에 10배 희석시켜 만든 액을 시료로 사용하여 pH meter를 이용하여 측정하였다.

분석 결과 총 5주의 저장기간 동안 제조한 고구마 음료 각각의 pH에는 큰 변화가 없었다.

표 12. 고구마 음료 저장기간 동안의 pH 변화

	음료 A	음료 B	음료 C
0주차	3.22	3.25	3.13
1주차	3.25	3.30	3.14
2주차	3.36	3.40	3.25
3주차	3.26	3.29	3.14
4주차	3.24	3.21	3.12
5주차	3.23	3.36	3.17



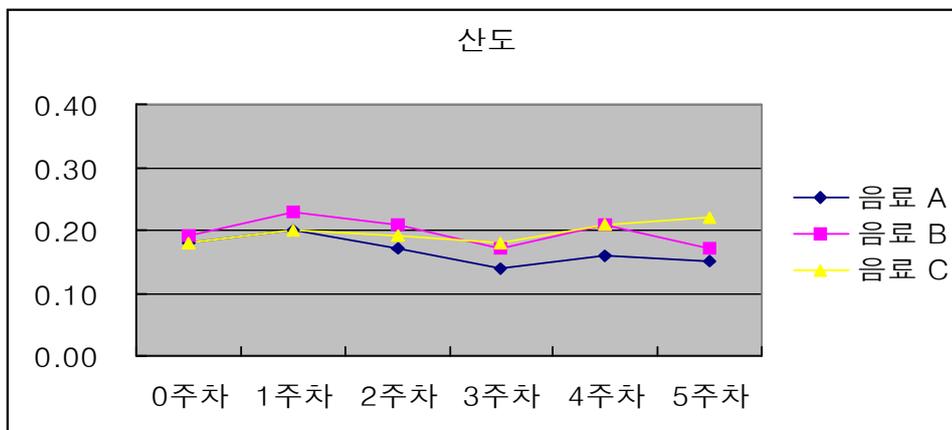
③ 고구마 음료의 산도 변화

제조한 고구마 음료를 45°C Incubator에서 저장한 뒤 총 5주 동안 1주일 간격으로 각각의 고구마 음료에 대하여 산도를 측정한 결과를 아래의 표 13에 나타내었다. 산도는 고구마 음료를 증류수에 10배 희석시켜 만든 액을 시료로 사용하여 pH값이 8.2가 되는데 소요되는 0.1N NaOH의 소비량을 구한 뒤 환산하여 총산 함량(%)으로 나타내었다.

분석 결과 총 5주의 저장기간 동안 제조한 고구마 음료 각각의 산도에는 변화가 없었다.

표 13. 고구마 음료 저장기간 동안의 산도 변화(단위: %)

	음료 A	음료 B	음료 C
0주차	0.18	0.19	0.18
1주차	0.20	0.23	0.20
2주차	0.17	0.21	0.19
3주차	0.14	0.17	0.18
4주차	0.16	0.21	0.21
5주차	0.15	0.17	0.22



④ 고구마 음료의 색도 변화

제조한 고구마 음료를 45°C Incubator에서 저장한 뒤 총 5주 동안 1주일 간격으로 각각의 고구마 음료에 대하여 색도를 측정된 결과를 아래의 표 14, 15, 16에 나타내었다. 색도는 색차계를 이용하여 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)을 측정하였다.

분석 결과 총 5주의 저장기간 동안 제조한 고구마 음료 각각의 색도(L, a, b)에는 변화가 없었다.

표 14. 고구마 음료 저장기간 동안의 L값(명도) 변화

	음료 A	음료 B	음료 C
0주차	40.71	39.82	38.93
1주차	41.78	41.01	41.89
2주차	41.02	40.19	41.29
3주차	40.32	40.52	40.86
4주차	40.27	40.40	39.45
5주차	40.27	41.12	39.72

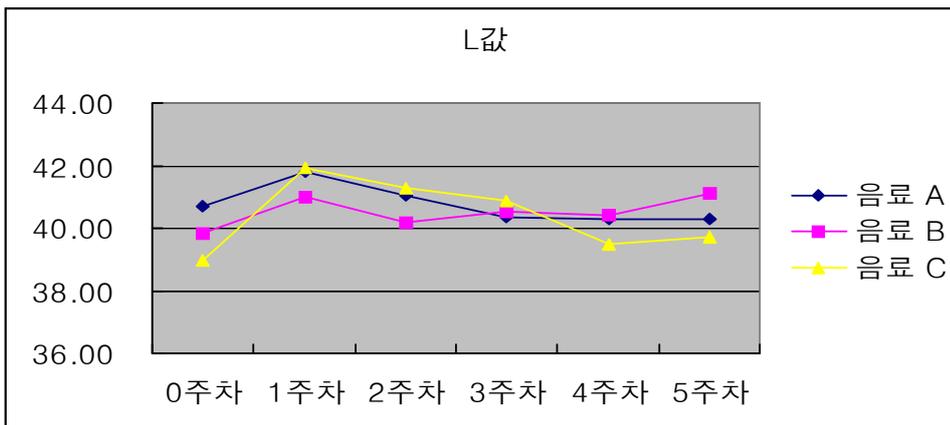


표 15. 고구마 음료 저장기간 동안의 a값(적색도) 변화

	음료 A	음료 B	음료 C
0주차	4.47	4.77	2.68
1주차	4.54	4.92	3.75
2주차	4.46	4.51	4.51
3주차	4.19	4.01	4.21
4주차	3.95	3.92	3.63
5주차	4.56	4.52	4.02

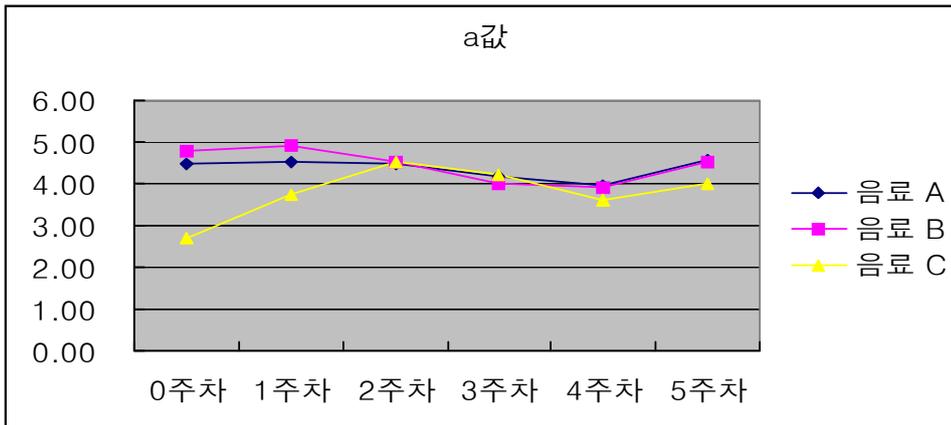
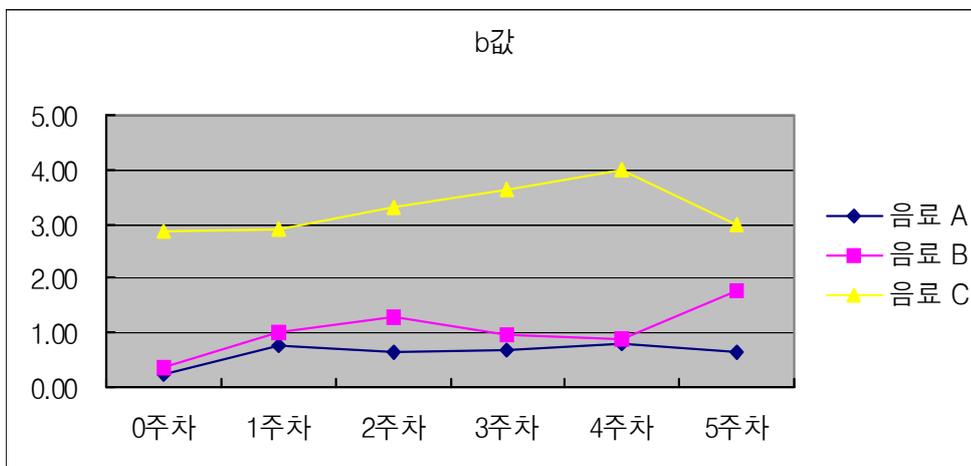


표 16. 고구마 음료 저장기간 동안의 b값(황색도) 변화

	음료 A	음료 B	음료 C
0주차	0.25	0.38	2.86
1주차	0.77	0.99	2.89
2주차	0.65	1.28	3.29
3주차	0.67	0.98	3.61
4주차	0.81	0.90	3.99
5주차	0.66	1.78	2.98



⑤ 관능검사

제조한 고구마 음료를 45°C Incubator에서 꺼낸 뒤 냉장에서 방치한 후 각각의 고구마 음료를 관능검사 요원이 섭취하였다. 맛에 대한 정확한 검사를 위하여 각각의 음료를 시음한 뒤 입안을 물로 헹구도록 하였다. 고구마 음료에 대한 외관, 향미, 맛 및 전체 기호도의 결과를 표 17에 나타내었다. 5점 척도법으로 고구마 음료 각각에 대한 외관, 향미 및 맛의 기호도를 측정된 뒤, 이들 항목의 평균치를 나타내었으며 전체 기호도는 외관, 향미, 맛의 점수를 모두 합한 전체에 대한 평균치를 전체 기호도로 간주하고 나타내었다.

검사 결과 총 5주 저장 기간 동안 고구마 음료의 외관은 크게 변하지 않았다. 각각의 음료에 대한 외관 기호도는 고구마 음료 A가 저장 기간 동안 내내 가장 높게 나타난 반면에 고구마 음료 C의 기호도는 가장 낮게 나타났다(그림 4).

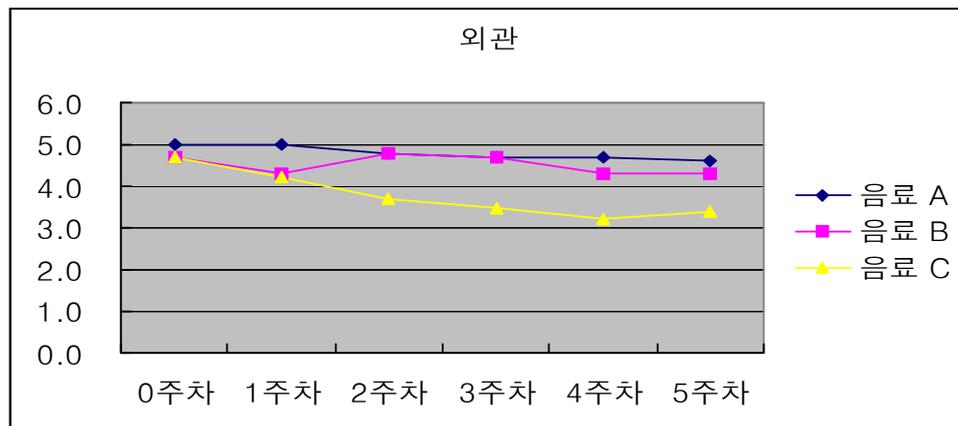


그림 4. 고구마 음료 저장기간 동안의 외관 기호도 변화

총 5주 저장 기간 동안 고구마 음료에 대한 향미의 기호도 변화는 시간이 흐를수록 전체적으로 향미가 사라진 것 같다는 의견이 많았으나 기호도가 크게 낮아지지는 않았다. 저장 기간 동안 내내 음료 A의 기호도가 가장 높게 나타났으며 음료 C의 기호도가 낮게 나타났다(그림 5).

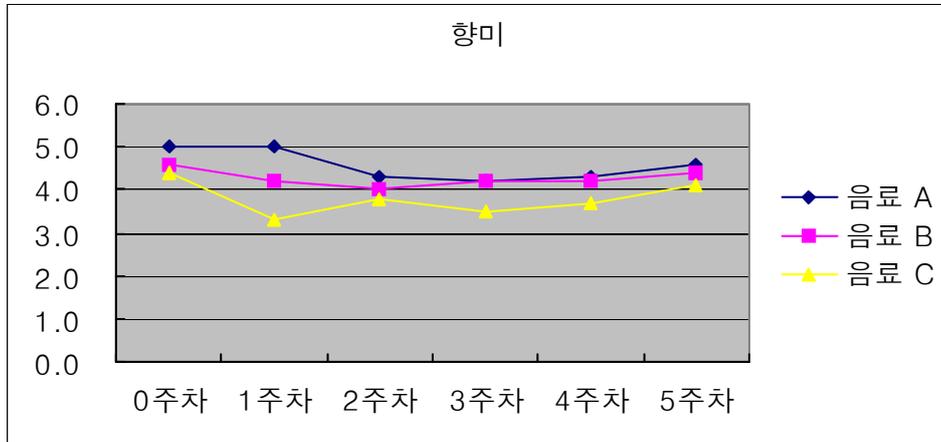


그림 5. 고구마 음료 저장기간 동안의 외관 기호도 변화

총 5주 저장 기간 동안 고구마 음료에 대한 맛의 기호도는 저장 기간이 지날수록 낮아졌다(그림 6).

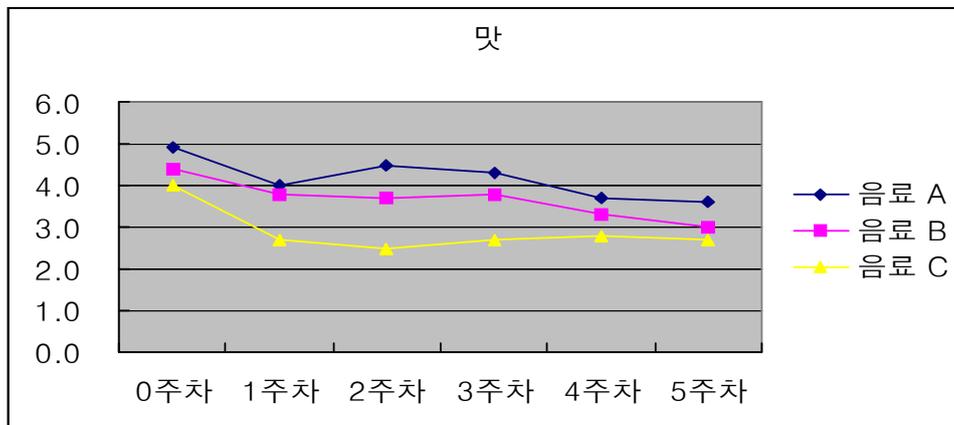


그림 6. 고구마 음료 저장기간 동안의 맛 기호도 변화

총 5주 저장기간 동안의 고구마 음료에 대한 전체 기호도는 음료 A가 가장 높게 나타났으며 음료 B, 음료 C의 순으로 나타났다(그림 7).

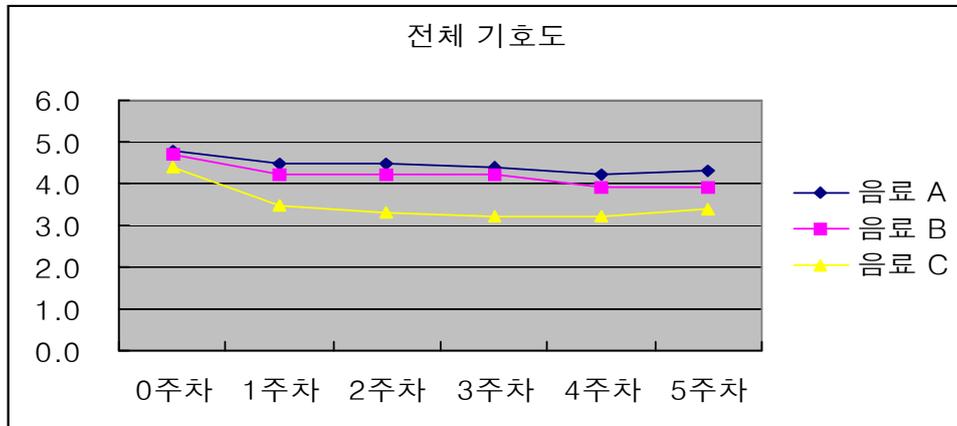


그림 6. 고구마 음료 저장기간 동안의 전체 기호도 변화

표 17. 고구마 음료 관능검사

<0주차>

시 료 항목	고구마 음료 A	고구마 음료 B	고구마 음료 C
외관	5.0	4.7	4.7
향미	5.0	4.6	4.4
맛	4.9	4.4	4.0
전체 기호도	4.8	4.7	4.4
기타의견	음료 A의 기호도가 가장 높음(외관, 향미, 맛 모두) 음료 B는 맛이 새콤, 느끼하여 기호도가 낮음 음료 C는 맛의 조화가 이루어지지 않아 기호도가 좋지 않음		
사진			

<1주차>

시 료 항목	고구마 음료 A	고구마 음료 B	고구마 음료 C
외관	5.0	4.3	4.2
향미	5.0	4.2	3.3
맛	4.0	3.8	2.7
전체 기호도	4.5	4.2	3.5
기타의견	전체적으로 색, 향, 맛이 미세하게 달라짐 음료 C의 신맛이 강해진 것 같음		
사진			

<2주차>

시 료 항목	고구마 음료 A	고구마 음료 B	고구마 음료 C
외관	4.8	4.8	3.7
향미	4.3	4.0	3.8
맛	4.5	3.7	2.5
전체 기호도	4.5	4.2	3.3
기타의견	맛, 외관 변화 없음, 냄새가 전체적으로 약해진 것 같음 음료 B는 달고, 음료 C는 신맛이 강함		
사진			

<3주차>

시 료 항목	고구마 음료 A	고구마 음료 B	고구마 음료 C
외관	4.7	4.7	3.5
향미	4.2	4.2	3.5
맛	4.3	3.8	2.7
전체 기호도	4.4	4.2	3.2
기타의견	외관, 향미, 맛에 있어 크게 달라진 점 없음 음료 A의 고구마 향이 가장 강하고 음료 C는 싱거워짐		
사진			

<4주차>

시 료 항목	고구마 음료 A	고구마 음료 B	고구마 음료 C
외관	4.7	4.3	3.2
향미	4.3	4.2	3.7
맛	3.7	3.3	2.8
전체 기호도	4.2	3.9	3.2
기타의견	외관, 향미, 맛에 있어 전 주와 달라진 것이 없음 음료 B의 끝 맛이 조미료 맛이 나 좋지 않음 음료 C는 고구마 맛이 사라지고 신맛만 남음		
사진			

<5주차>

시 료 항목	고구마 음료 A	고구마 음료 B	고구마 음료 C
외관	4.6	4.3	3.4
향미	4.6	4.4	4.1
맛	3.6	3.0	2.7
전체 기호도	4.3	3.9	3.4
기타의견	외관은 달라진 것이 없으나 맛에 있어 달라짐 음료 B의 끝 맛이 더 안 좋아짐, 음료 C는 신맛만 남음		
사진			

⑥ 미생물 검사

고구마 음료를 45℃ Incubator 총 5주 동안 저장을 하면서 1주일 간격으로 각각의 고구마 음료에 대하여 미생물 검사를 하였다. 미생물 검사는 각각의 시료를 3M Petrifilm Aerobic count plate, Yeast and Mold count plate에 접종하여 35℃와 25℃에서 각각 배양 하였다.

검사 결과 저장 기간 동안 총 균수와 효모 및 곰팡이는 저장 기간 내내 음성을 나타내었다(표 18, 19).

표 18. 고구마 음료 저장기간 동안의 총 균수 변화

	음료 A	음료 B	음료 C
0주차	-	-	-
1주차	-	-	-
2주차	-	-	-
3주차	-	-	-
4주차	-	-	-
5주차	-	-	-

표 19. 고구마 음료 저장기간 동안의 효모 및 곰팡이 변화

	음료 A	음료 B	음료 C
0주차	-	-	-
1주차	-	-	-
2주차	-	-	-
3주차	-	-	-
4주차	-	-	-
5주차	-	-	-

다. 저장성 실험결과 분석

1차 배합비율에 따른 저장성 실험 결과 45℃에서 유색고구마 음료의 시제품을 보관하면서 5주간 저장기간 동안 품질에 큰 변화가 없어 음료 유통기간인 1년간 상온 보관이 가능한 것으로 나타났다.

3. 식이섬유 및 콜라겐을 첨가한 음료 개발

(1) 실험방법

유색고구마추출액을 이용한 음료결과에 따라 제조된 시제품들중 가장 우수한 음료 1가지를 선정하여 유색고구마추출액을 이용한 시제품 배합비율에 식이섬유 및 콜라겐을 첨가하여 개발실험을 수행하였다.

식이섬유 및 콜라겐을 0.5%, 0.7%, 1.0% 첨가하여 음료제조 실험을 실시하였다(표 20).

표 20. 선정된 고구마 음료 시제품 배합

시제품 A (식이섬유+ 콜라겐 0.5%)		시제품 B (식이섬유+ 콜라겐0.7%)		시제품 C (식이섬유+ 콜라겐1.0%)	
원재료명	함량(%)	원재료명	함량(%)	원재료명	함량(%)
유색고구마 추출액	0.50	유색고구마 추출액	0.50	유색고구마 추출액	0.50
식이섬유	0.50	식이섬유	0.70	식이섬유	1.00
콜라겐	0.50	콜라겐	0.70	콜라겐	1.00
사과농축액	0.42	사과농축액	0.42	사과농축액	0.42
정백당	6.89	정백당	6.89	정백당	6.89
말토덱스트린	1.50	말토덱스트린	1.50	말토덱스트린	1.50
비타민B ₂	0.002	비타민B ₂	0.002	비타민B ₂	0.002
글리신	0.02	글리신	0.02	글리신	0.02
비타민C	0.02	비타민C	0.02	비타민C	0.02
정제염	0.02	정제염	0.02	정제염	0.02
구연산	0.08	구연산	0.08	구연산	0.08
고구마향	0.10	고구마향	0.10	고구마향	0.10
정제수	89.45	정제수	89.05	정제수	88.45

(2) 관능검사

제조한 고구마 음료를 관능검사 요원이 섭취하였다. 맛에 대한 정확한 검사를 위하여 각각의 음료를 시음한 뒤 입안을 물로 헹구도록 하였다. 고구마 음료에 대한 외관, 향미, 맛 및 전체 기호도의 결과를 표 21에 나타내었다. 5점 척도법으로 고구마 음료 각각에 대한 외관, 향미 및 맛의 기호도를 측정된 뒤, 이들 항목의 평균치를 나타내었으며 전체 기호도는 외관, 향미, 맛의 점수를 모두 합한 전체에 대한 평균치를 전체 기호도로 간주하고 나타내었다.

식이섬유 및 콜라겐을 첨가한 고구마 음료 실험 결과 0.5% 첨가한 음료가 가장 관능적으로 우수하였으며 상품성이 있는 것으로 나타났다.

표 21. 고구마 음료 관능검사

시 료 항목	고구마 음료 A	고구마 음료 B	고구마 음료 C
외관	4.4	4.0	3.8
향미	4.7	3.5	3.4
맛	3.6	2.9	2.5
전체 기호도	4.2	3.5	3.2
기타의견	전체적으로 색이 진하고 단맛이 강하였지만 A시료가 우수함 특히 고구마 음료 C는 끝 맛이 안 좋다는 의견이 다수 있었음		
사진			

4. 식이섬유 및 콜라겐을 첨가한 음료 저장 실험

(1) 실험방법

식이섬유 및 콜라겐을 0.5% 첨가한 유색고구마 음료 시제품에 대하여 저장성 실험을 실시하였다. 저장조건은 45°C Incubator에서 5주간 저장을 하였으며 1주일 간격으로 일반분석, 미생물 검사 및 관능검사를 하여 저장기간 동안의 변화를 분석하였다.

표 22. 고구마 음료 시제품 배합비

시제품 A (식이섬유+ 콜라겐 0.5%)	
원재료명	함량(%)
유색고구마 추출액	0.50
식이섬유	0.50
콜라겐	0.50
사과농축액	0.42
정백당	6.89
말토덱스트린	1.50
비타민B ₂	0.002
글리신	0.02
비타민C	0.02
정제염	0.02
구연산	0.08
고구마향	0.10
정제수	89.45

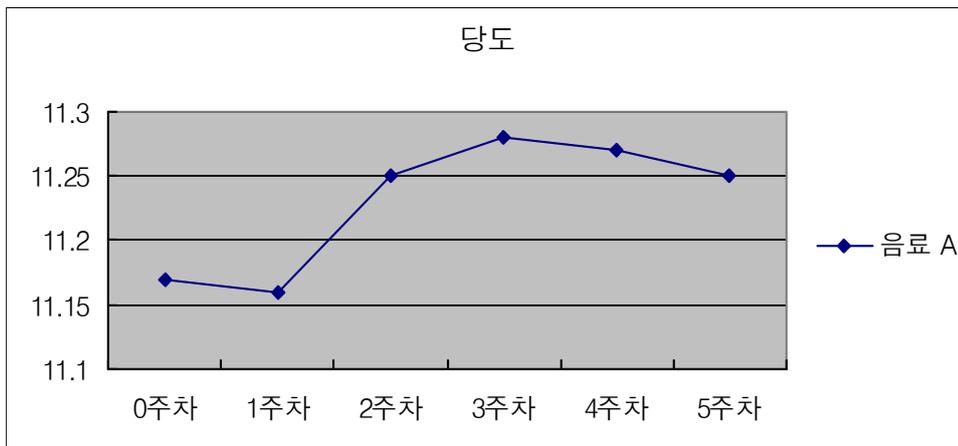
(2) 실험결과

① 고구마 음료의 당도 변화

45℃ Incubator에서 보관한 고구마 음료를 총 5주 동안 1주일 간격으로 당도를 측정한 결과는 아래의 표 23에 나타내었다. 당도는 리프랙토미터를 이용하여 측정하였으며 분석 결과 총 5주의 저장기간 동안 고구마 음료의 당도에는 큰 변화가 없었다.

표 23. 고구마 음료 저장기간 동안의 당도 변화(단위: Brix)

	음료 A
0주차	11.17
1주차	11.16
2주차	11.25
3주차	11.28
4주차	11.27
5주차	11.25

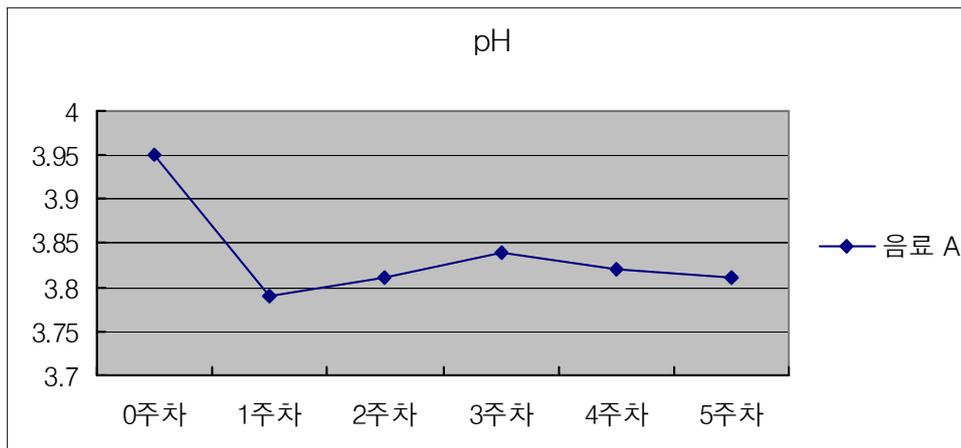


② 고구마 음료의 pH 변화

45°C Incubator에서 보관한 고구마 음료를 총 5주 동안 1주일 간격으로 pH를 측정한 결과는 아래의 표 24에 나타내었다. pH 측정은 고구마 음료를 증류수에 10배 희석시켜 만든 액을 시료로 사용, pH meter를 이용하여 측정하였으며 분석 결과 총 5주의 저장기간 동안 고구마음료의 pH에는 큰 변화가 없었다.

표 24. 고구마 음료 저장기간 동안의 pH 변화

	음료 A
0주차	3.95
1주차	3.79
2주차	3.81
3주차	3.84
4주차	3.82
5주차	3.81



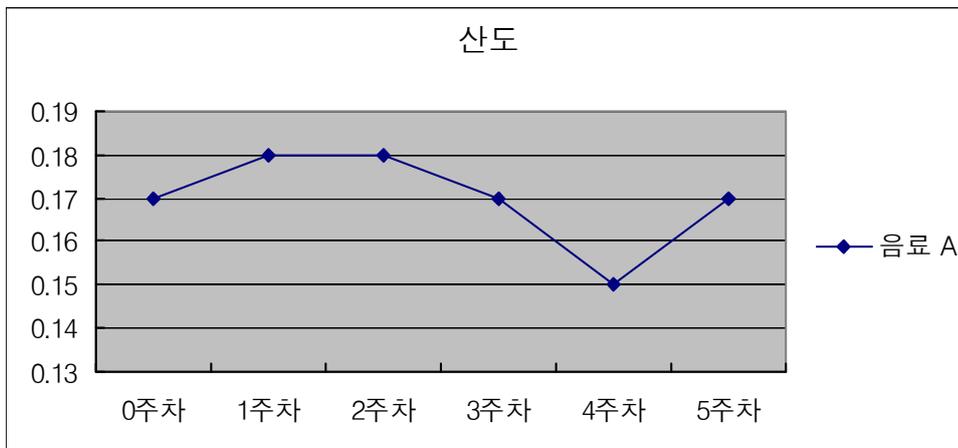
③ 고구마 음료의 산도 변화

45°C Incubator에서 보관한 고구마 음료를 총 5주 동안 1주일 간격으로 산도를 측정한 결과를 아래의 표 25에 나타내었다. 산도는 고구마 음료를 증류수에 10배 희석시켜 만든 액을 시료로 사용, pH값이 8.2가 되는데 소요되는 0.1N NaOH의 소비량을 구한 뒤 환산하여 총산 함량(%)으로 나타내었다.

분석 결과 총 5주의 저장기간 동안 알아본 고구마 음료의 산도에는 큰 변화가 없었다.

표 25. 고구마 음료 저장기간 동안의 산도 변화(단위: %)

	음료 A
0주차	0.17
1주차	0.18
2주차	0.18
3주차	0.17
4주차	0.15
5주차	0.17



④ 고구마 음료의 색도 변화

45°C Incubator에서 보관한 고구마 음료를 총 5주 동안 1주일 간격으로 색도를 측정한 결과를 아래의 표 26, 27, 28에 나타내었다. 색도는 색차계를 이용하여 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)을 측정하였다.

분석 결과 총 5주의 저장기간 동안 알아본 고구마 음료의 색도(L, a, b)에는 큰 변화가 없었다.

표 26. 고구마 음료 저장기간 동안의 L값(명도) 변화

	음료 A
0주차	40.64
1주차	40.65
2주차	41.24
3주차	41.01
4주차	40.58
5주차	40.79

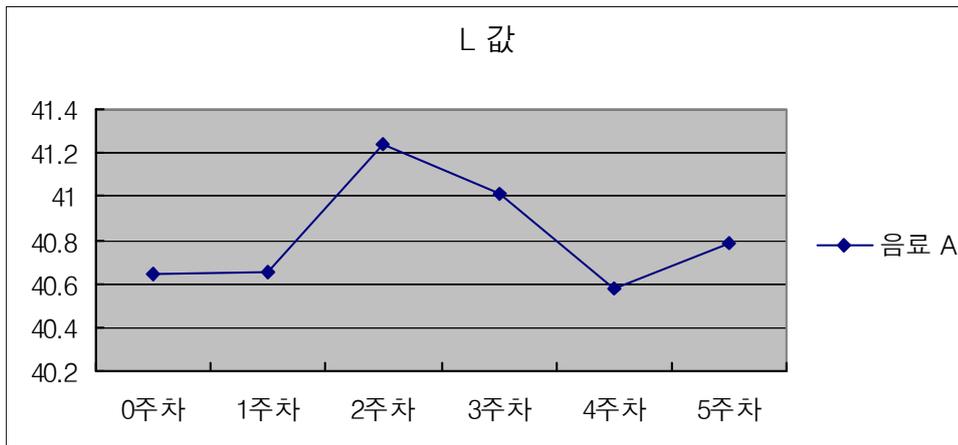


표 27. 고구마 음료 저장기간 동안의 a값(적색도) 변화

	음료 A
0주차	7.35
1주차	6.22
2주차	6.40
3주차	6.64
4주차	7.66
5주차	7.74

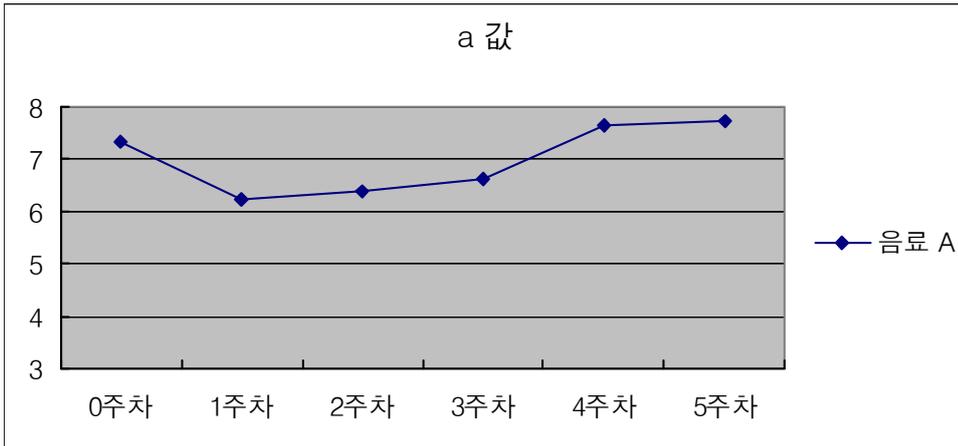
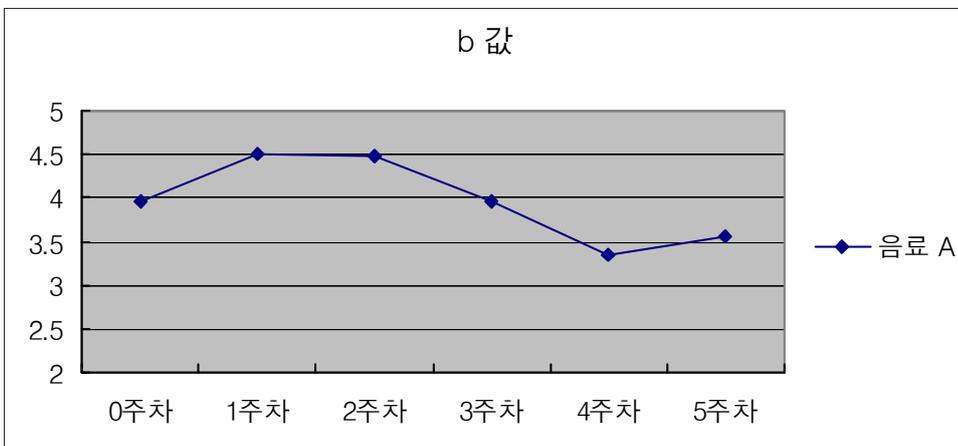


표 28. 고구마 음료 저장기간 동안의 b값(황색도) 변화

	음료 A
0주차	3.95
1주차	4.50
2주차	4.47
3주차	3.96
4주차	3.35
5주차	3.55



⑤ 관능검사

45℃ Incubator에서 보관한 고구마 음료를 총 5주 동안 1주일 간격으로 관능검사 요원이 섭취하여 외관, 향미, 맛, 전체 기호도에 대한 관능검사를 실시하였다. 제조한 고구마 음료를 45℃ Incubator에서 꺼낸 뒤 냉장에서 방치한 후 관능검사 요원이 섭취하도록 하였다. 5점 척도법으로 외관, 향미 및 맛의 기호도를 측정한 뒤, 이들 항목의 평균치를 나타내었으며 전체 기호도는 외관, 향미, 맛의 점수를 모두 합한 전체에 대한 평균치를 전체 기호도로 간주하고 나타내었다(표 29).

검사 결과 총 5주 저장 기간 동안 고구마 음료의 외관, 향 그리고 맛의 기호도가 적은 쪽으로 줄어들기는 하였으나 크게 변하지 않았다(그림 8).

그림 8. 고구마 음료 저장기간 동안의 관능검사 기호도 변화

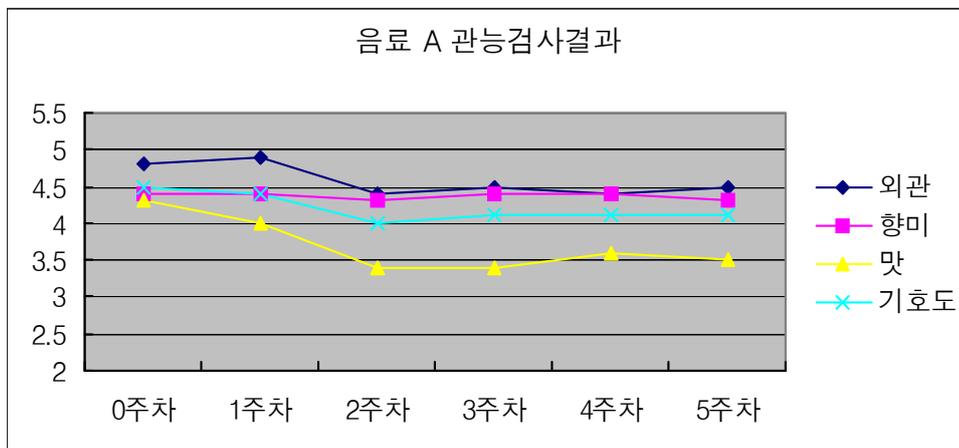


표 29. 고구마 음료 관능검사

<0주차>

시 료 항목	고구마 음료 A
외관	4.8
향미	4.4
맛	4.3
전체 기호도	4.5
기타의견	전체적인 외관, 향미 및 맛이 우수한 기호도를 나타냄
사진	

<1주차>

시 료 항목	고구마 음료 A
외관	4.9
향미	4.4
맛	4.0
전체 기호도	4.4
기타의견	전체적으로 0주차와 비교했을 시 달라진 점 없음
사진	

<2주차>

시 료 항목	고구마 음료 A
외관	4.4
향미	4.3
맛	3.4
전체 기호도	4.0
기타의견	외관, 향 변화 없음, 맛이 전체적으로 약해진 것 같음
사진	

<3주차>

시 료 항목	고구마 음료 A
외관	4.5
향미	4.4
맛	3.4
전체 기호도	4.1
기타의견	외관, 향, 맛 변화 없음
사진	

<4주차>

시 료 항목	고구마 음료 A	
외관	4.4	
향미	4.4	
맛	3.6	
전체 기호도	4.1	
기타의견	외관, 향, 맛 변화 없음	
사진		

<5주차>

시 료 항목	고구마 음료 A	
외관	4.5	
향미	4.3	
맛	3.5	
전체 기호도	4.1	
기타의견	전주에 비해 외관, 향미, 맛 변화 없음	
사진		

⑥ 미생물 검사

식이섬유와 콜라겐을 첨가한 고구마 음료를 45℃ Incubator에서 총 5주 동안 저장을 하면서 1주일 간격으로 미생물 검사를 하였다. 3M Petrifilm Aerobic count plate, Yeast and Mold count plate에 시료를 접종하여 35℃와 25℃에서 일정기간 동안 배양한 후 결과를 확인하였다.

검사 결과 총 균수와 효모 및 곰팡이는 저장 기간 동안 음성을 나타내었다(표 30, 31).

표 30. 고구마 음료 저장기간 동안의 총 균수 변화

	음료 A
0주차	-
1주차	-
2주차	-
3주차	-
4주차	-
5주차	-

표 31. 고구마 음료 저장기간 동안의 효모 및 곰팡이 변화

	음료 A
0주차	-
1주차	-
2주차	-
3주차	-
4주차	-
5주차	-

다. 저장성 실험결과 분석

식이섬유와 콜라겐을 첨가한 고구마 음료를 45℃에서 보관하면서 저장기간 동안의 품질변화를 지켜보았다. 그 결과 5주 동안 고구마 음료 품질에는 큰 변화가 없는 것으로 나타나 음료 유통기간인 1년간 상온 보관이 가능한 것으로 나타났다.

IV. 연구개발 성과 및 활용계획

- 본 연구결과 개발된 시제품은 산업화 활용에 대한 유용 기초자료로 제공됨
- 남녀노소 누구나 좋아할수 있는 건강기호식품 및 간편식의 개발로 간편성과 기능성을 추구하는 소비자의 기대에 부응하고 가공기술의 향상으로 제품의 품질을 높여 고품질의 고구마 음료 기술전수
- 고구마의 고부가가치 창출을 위한 제품개발 및 신제품 출시
- 농가소득 향상 및 농산물 활용을 통한 이용가치증대와 관련한 교육, 지도 및 홍보등 활용
- 개발시제품을 산업화하기 위하여 본 기술개발에 참여한 참여기업을 양산화하고 이를 위하여 기술이전을 추진함

V. 참고문헌

1. 김선영 외 1인, 자색고구마의 영양성분에 관한 연구, 한국식품과학회지, 1995
2. 김선재 외 4인, 자색고구마의 생육특성 및 색소함량의 변화, 1996
3. 김정수, 고구마 음료의 제조와 그 품질 특성, 한국영양식량학회지, 1995
4. A. C. BOVELL-BENJAMIN 외 3명, Microbiological survey of sweet potato roots during storage, Food and Nutritional Sciences, 2002
5. 백만희 외 3인, 시판 고구마전분의 이화학적 특성, 한국식품과학회지, 2000
6. 신용서 외 2인, 고구마와 호박을 첨가한 요구르트 제조에 관한 연구, 한국식품과학회지, 1993
7. 윤주미 외 2명, Copigmentation 에 의한 유색미 안토시아닌의 안정화 효과, 한국식품과학회지, 1998
8. 윤태현 외 1명, 식품에서 안토시아닌색소의 안정성, 한국식품과학회지, 1979
9. 이란숙 외 2명, 자색고구마(자미) Anthocyanin 색소의 성분 분석, 한국식품영양과학회지, 2000
10. 이란숙 외 3명, 자색고구마 색소의 안정성에 관한 연구, 한국식품과학회지, 1996
11. 이장욱 외 2인, 자색고구마 Anthocyanin 색소의 추출조건 결정, 2002
12. 이태규 외 2인, 키토산과 유기산을 이용한 농산물의 선도 보전제, 특허, 2000
13. 이향희 외 2명, 고구마의 품종별 항산화성과 항미생물 특성, 한국식품과학회지, 1999
14. 임종환 외 1명, 자색고구마에서 추출한 anthocyanin 의 광안정성, 한국식품과학회지, 2002
15. 정순택 외 2인, 황색고구마 푸레의 품질과 Carotenoid 색소, 한국식품영양과학회지, 1998
16. 조채훈, 근채류의 표면처리액, 특허, 2001
17. 임종환 외 1명, 자색고구마 색소 농축액과 매실음료 Anthocyanin 의 가열분해에 대한 속도론적 연구, 한국식품과학회지, 2002
18. 임종환 외 3명, 자색고구마 anthocyanin 색소의 대량추출 및 농축, 한국식품과학회지, 2001
19. Zhitian Zhang 외 2인, Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content, Postharvest Biology and Technology, 2002
20. 최차란 외 2인, 자색고구마 전분의 이화학적 특성, 한국식품영양과학회지, 2000
21. 한국식품개발연구원, 고구마의 유통기술 개발 및 농가용 항온·항습저장기술 개발, 농림부, 2003
22. 한규홍 외 4인, 자색고구마를 이용한 민속주의 제조 및 생리 가능성, 한국식품과학회지, 2002

제 5 절

홍국과 고구마를 이용한 배변촉진 및 혈액 순환개선 건강기능식품개발 및 효능검증

Development and Its Effectiveness Evaluation of the Functional Foods
Aims for Improving of Defecation and Blood Circulation Using
a Red Yeast Rice and Sweet Potato

연구책임자

한국식품연구원

박 사 한 찬 규

목 차

I. 1차년도

1. 실험개요	268
2. 실험식이의 일반성분	269
3. 분석방법	270
가. 간조직	270
나. 분변	270
다. 통계처리	270
4. 실험결과	271
가. 성장률과 식이효율	271
나. 배변량과 장통과시간	272
다. 체지방과 장관길이	273
라. 분변중의 지질농도	274
마. 혈청성분	275
5. 결과요약	277

II. 2차년도

1. 실험개요	278
2. 실험식이의 일반성분	279
3. 분석방법	280
가. 혈청 성분	280
나. 시료 수집 및 전처리	280
다. 간조직	281
라. 분변	281
마. 통계처리	281
4. 실험결과	282
가. 증체량과 식이효율	282
나. 장기무게, 체지방 및 장관길이	283
다. 분변중 지질농도, 배변량 및 장통과시간	284
라. 혈청 생화학치	284
마. 혈액응고활성	286
5. 결과요약	287

III. 참고문헌	288
-----------	-----

I. 1년차 실적보고

1. 실험개요

- 실험목적 : 고구마가 배변에 미치는 영향을 평가하기 위하여 흰쥐에게 고지방식이와 고구마(3종)분말食이를 급여하고 배변량과 체지방, 간조직과 분변의 지질농도, 혈중 인슐린과 렙틴 및 지질농도에 미치는 영향을 평가하였다.
- 기본식이 : AIN-93G diet(조지방 함량 7.0%)
- 실험처리 : 실험1기(6주)는 모든 처리군에서 고지방실험食이를 급여하였고, 실험2기는 3종의 고구마(일반, 홍국 및 자색) 분말를 각각 5% 중량비로 첨가한 실험食이를 급여하였다.
- 실험동물 : SD계통(평균체중이 80~90g) 수컷흰쥐를 60마리 공시하였다.
- 실험식이 : 본 실험에서는 흰쥐용 고형식이(AIN-93G basal diet)를 기본식이(조지방 7%)로 하고, 실험1기는 기본식이에 돈지(lard)와 콜레스테롤을 각각 7%, 1%씩 중량비로 첨가하여 식이중의 총지방함량이 15%가 되도록 제조하여 6주동안 고지방사료를 급여함(Table 1). 실험2기는 일반, 홍국 및 자색고구마분말를 각각 5% 중량비로 첨가한 펠렛食이를 4주간 급여하였다.

Table 1. 실험설계

Group (n=10)	처리내용	
	실험 1기(6주)	실험 2기(4주)
A	기본식이(92%) + Lard(7%) + 콜레스테롤(1%) → 고지방대조군	기본식이(92%) + Lard(7%) + 콜레스테롤(1%) → 고지방대조군
B		기본식이(87%) + Lard(7%) + 콜레스테롤(1%) + 일반고구마(5%)
C		기본식이(82%) + Lard(7%) + 콜레스테롤(1%) + 홍국고구마(5%)
D		기본식이(77%) + Lard(7%) + 콜레스테롤(1%) + 홍국고구마(10%)
E		기본식이(72%) + Lard(7%) + 콜레스테롤(1%) + 자색고구마(5%)

- 실험결과 : 실험기간동안 기본食이는 AIN-93G diet를 사용하였다. 실험1기(6주)는 고지방食이 【기본식이(92%)+Lard(7%)+콜레스테롤(1%)】 만 급여하였고, 실험2기(4주)는 고구마 3종(일반, 홍국, 자색)분말 5%첨가食이를 급여하였다. 실험대조군은 10주동안 고지방食이 만 급여하였다. 실험食이의 열량은 399~401 kcal/100g, 지방은 14.10~14.49%, 단백질은 18.86~19.94%, 식이섬유는 16.59~19.73%로 나타났다. 실험동물은 SD계통 수컷흰쥐를 공시하였다. 실험결과 배변량은 홍국고구마군(C)이 고지방대조군(A) 보다 유의하게 증가

하였다($p < 0.05$). 분변지질중 총콜레스테롤(TC)함량은 홍국고구마(C)군과 자색고구마(E)군 간에 통계적인 차이가 있었고($p < 0.05$), 중성지방(TG)함량은 C군이 A군과 E군에 비해 각각 22%, 26% 더 높은 것으로 나타났다. 갈색지방량과 혈청중 인슐린, 렙틴 및 혈당농도는 E군이 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

2. 실험식이의 일반성분

일반, 홍국 및 자색고구마분말을 각각 5% 중량비(weight basis)로 첨가한 실험식이의 열량은 399~401 kcal/100g, 지방은 14.10~14.49%, 단백질은 18.86~19.94%로 비슷하였다. 식이섬유(dietary fiber)함량은 일반고구마와 홍국고구마가 다소 높았고, 고지방대조군이 가장 낮았다. 칼슘(Ca)함량은 자색, 일반 및 홍국고구마군 순으로 높았고, 인(P)함량은 고지방대조군이 가장 높았고, 자색, 일반 및 홍국고구마 순으로 높았다.

Table 2. 고구마분말 첨가사료의 일반성분

Group ¹⁾	실험식이				
	A	B	C	D	E
열량(kcal/100g)	401	400	399	427	399
수분(%)	8.59	8.73	8.98	9.46	9.20
지방(%)	14.33	14.23	14.10	19.38	14.49
단백질(%)	19.36	19.41	18.86	17.48	19.94
회분(%)	8.97	9.08	8.83	8.09	9.12
탄수화물(%)	48.75	48.55	49.23	45.59	47.25
식이섬유(%)	16.59	18.51	19.73	17.78	17.74
칼슘(mg/100g)	2238.24	2266.74	2116.59	2077.50	2380.14
인(mg/100g)	796.73	760.85	748.97	674.49	760.91

¹⁾ 실험군: A(고지방대조군), B(일반고구마 5%), C(홍국고구마 5%),
D(홍국고구마 10%), E(자색고구마 5%)

3. 분석방법

가. 간조직

간조직의 총콜레스테롤(TC)과 중성지방(TG) 농도를 측정하기 위해 Folch 등의 방법을 수정, 보완하여 지질 성분을 추출한 후 분석하였다. 1 g의 간 조직을 정량하여 잘게 자른 후 50 ml cornical tube에 chloroform : methanol (2:1, v/v)용액 6 ml와 증류수 2 ml를 가한 후 homogenizer (ULTRA-TURRA XT25, JANKE & KUNKEL GMBH & Co., Germany)를 사용하여 일정하게 균질화시켰다. 이 균질액을 원심분리 (1,000×g, 4℃, 10분)하여 하층액인 chloroform 층을 분석에 이용하였다. 중성지방 측정은 하층액 10 μ l를 1.5 ml eppendorf tube에 취한 후 fume hood에서 12시간 동안 자연건조 시킨 후 50 μ l methanol을 가하여 용해시켰다. 여기에 효소시액 (아산제약, Korea) 1.5 ml를 넣고 37℃ water bath에서 10분간 반응시킨 후 550 nm에서 spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다. TC 및 HDL-C 측정은 하층액 500 μ l을 취하여 fume hood에서 24시간 동안 자연건조 시킨 후 50 μ l Triton X-100 : chloroform (1:1, v/v) 용액을 첨가하여 vortex한 후 450 μ l chloroform으로 희석하여 총량이 500 μ l가 되도록 한 후 vortex하였다. 이 용액 10 μ l를 1.5 ml eppendorf tube에 취한 후 fume hood에서 12시간 자연건조한 후 TC의 경우 효소시액 (아산제약, Korea) 1.5 ml를 넣고 37℃ water bath에서 5분간 반응시킨 후 500 nm에서 흡광도를 측정하였다.

나. 분변

분변의 TC와 TG 함량을 측정하기 위해 Folch 등의 방법을 수정보완하여 지질성분을 추출한 후 분석하였다. 건조된 분변을 막자사발에 곱게 간 후 1 g을 취한 후 chloroform : menthanol (2:1, v/v) 용액 10 ml를 첨가하여 4℃에서 24시간 정치시켜 지질성분을 추출하였다. 추출액은 원심분리 (900×g, 4℃, 10분)한 후 상층액을 취해 간 조직의 지질 정량법과 동일한 효소반응법으로 정량하였다.

다. 통계처리

SPSS program for windows version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 실험 결과를 분석하였으며, 분석결과는 mean \pm SD 로 나타내었다. 각 군의 결과값에 대해 one-way ANOVA 분석 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05 이상의 수준에서 유의성 검정을 실시하였다

4. 실험결과

가. 성장률과 식이효율

실험 2기(4주)동안 홍국고구마분말첨가식이 급여 후 종료체중은 493~532g으로 실험군간에 차이가 없었다. 실험기간동안 평균 성장률은 5.56~6.04g으로 차이가 없었고, 고지방대조군(A)이 다소 낮았다. 식이섭취량은 25.57~28.01g 으로 차이가 없이 A군이 가장 낮았고 일반고구마 5%첨가군(B)이 가장 높았다. 식이효율(FER)은 0.228~0.237로 홍국고구마 5%첨가군(C)과 홍국고구마 10%첨가군(D)이 각각 가장 낮거나 높았지만 차이는 없었다(Table 3).

Table 3. 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국고구마분말 첨가식이 성장률과 식이효율에 미치는 영향

Group ¹⁾	개시체중 (g)	종료체중 (g)	증체량 (g/day)	식이섭취량 (g/day)	식이효율 (FER)
A	103±6.0	493±31.3 ^{ns}	5.56±2.54	25.57±2.16	0.232±0.097
B	109±5.9	532±55.8	6.04±2.68	28.01±3.47	0.230±0.090
C	109±3.8	519±41.6	5.85±2.90	27.59±2.77	0.228±0.096
D	107±5.5	530±72.7	6.04±2.55	26.74±4.00	0.237±0.085
E	105±3.2	515±46.6	5.86±2.64	26.56±2.45	0.235±0.096

Values are mean±SD(n=10).

^{ns} not significant(유의차가 없음)

¹⁾A(고지방대조군), B(일반고구마 5%), C(홍국고구마 5%), D(홍국 10%), E(자색고구마 5%)

* 실험개시일(9/14): 실험1기 개시일(high fat diet)

** 식이전환일(10/26): 실험2기 개시일(고구마첨가식이 급여)

** 실험종료일(11/24)

나. 배변량과 장통과시간

흰쥐의 배변량은 실험 1기와 실험 2기의 각각 4주째에 각 실험군당 4마리를 대상으로 4일간 배변량을 조사하였다(Table 4). 고지방식이를 급여한 실험 1기동안 측정된 1일 평균 배변량은 20.29~24.13g으로 실험군간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 실험 1, 2기동안 측정된 배변량의 차이를 보면 고지방대조군(A)과 홍국고구마10%첨가군(D)에서는 통계적으로 감소하였고, 일반 및 자색고구마 5%첨가군(B, E)은 차이가 없이 비슷한 반면 홍국고구마5%첨가군(C)만이 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 한편 장통과시간은 D군(홍국고구마 10%)과 E군(자색고구마 5%)이 B군(일반고구마 5%)과 C군(홍국고구마 5%)에 비해 통계적으로 빠른 것으로 나타났다.

Table 4. 홍국고구마분말첨가식이가 고지방식을 급여한 흰쥐의 배변량과 장통과시간에 미치는 영향

Group ¹⁾	배변량(g/day/2 heads)		장통과시간(min)		
	실험 1기	실험 2기	출현시간	종료시간	통과시간
A	21.47±2.97 ^{ba}	19.13±1.69 ^{bb}	460±37.7 ^a	2237±408 ^b	1777±390 ^b
B	24.13±2.78 ^{aNS}	24.46±4.52 ^a	470±38.2 ^a	3134±23.2 ^a	2664±34.3 ^a
C	23.93±2.04 ^{abA}	26.03±4.62 ^{ab}	379±46.6 ^b	3154±174 ^a	2775±208 ^a
D	23.21±5.10 ^{abA}	18.24±3.33 ^{bb}	427±60.6 ^{ab}	2053±110 ^b	1626±156 ^b
E	20.29±2.56 ^{bcNS}	20.66±2.88 ^b	441±40.0 ^{ab}	2021±156 ^b	1580±162 ^b

주) 윗첨자가 대문자(A,B): t-test,

 윗첨자가 소문자(a, b, c..): Duncan's multiple test

 NS: not significant

¹⁾A(고지방대조군), B(일반고구마 5%), C(홍국고구마 5%), D(홍국 10%), E(자색고구마 5%)

다. 체지방과 장관길이

고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국고구마분말첨가식이 체지방량과 장관길이에 미치는 영향은 Table 5와 같다. 체지방량의 경우 정소상체지방패드(EFP, epididymal fat pad)는 0.70~0.88g, 신장주변지방패드(RFP, perirenal fat pad)는 1.03~1.29g으로 차이가 없었다. 갈색지방무게는 고지방대조군(0.16g)에 비해고구마첨가식이 가벼웠고, 특히 자색고구마첨가군(0.12g)이 고지방대조군(A) 보다 유의하게 낮았다($p<0.05$). 장관중 小腸길이는 실험군간 차이가 없었고, 大腸길이는 일반고구마(B)와 홍국고구마첨가군(C)이 고지방대조군(A)에 비해 유의하게 길었다($p<0.05$).

Table 5. 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국고구마분말첨가식이 체지방량과 장관길이에 미치는 영향

Group ¹⁾	체지방량(g/bw 100g)			장관길이(cm)	
	EFP ²⁾	RFP ³⁾	갈색지방	소장	대장
A	0.70±0.17 ^{ns}	1.03±0.27 ^{ns}	0.16±0.04 ^b	124.3±7.29 ^{ns}	23.14±2.80 ^a
B	0.77±0.25	1.17±0.46	0.14±0.02 ^{ab}	128.8±5.79	25.97±1.79 ^b
C	0.74±0.17	1.03±0.34	0.15±0.03 ^{ab}	130.6±5.97	26.76±1.78 ^b
D	0.88±0.23	1.29±0.43	0.13±0.02 ^{ab}	126.5±8.46	23.52±1.95 ^a
E	0.70±0.16	1.10±0.34	0.12±0.04 ^a	125.0±10.90	23.15±1.52 ^a

Values are mean±SD(n=10).

Significant at $p<0.05$. ^{ns} not significant

¹⁾A(고지방대조군), B(일반고구마 5%), C(홍국고구마 5%), D(홍국 10%), E(자색고구마 5%)

²⁾ EFP(epididymal fat pad): 정소상체지방패드

³⁾ RFP(perirenal fat pad): 신장주변지방패드

라. 분변중의 지질농도

고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국고구마첨가식이 분변의 지질농도에 미치는 영향은 Table 6과 같이 총콜레스테롤(TC)함량은 고지방대조군(A)에 비해 홍국고구마분말 5%첨가군(C)이 통계적인 차이는 없었지만 20%정도 더 높았고, 자색고구마5%첨가군(E) 보다는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 중성지방(TG)함량은 통계적인 차이가 없이 홍국고구마분말 5%첨가군(C)이 고지방대조군(A)과 자색고구마5%첨가군(E)에 비해 각각 22%, 26%정도 높았다.

Table 6. 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국고구마분말 첨가식이 분변의 지질농도에 미치는 영향

Group ¹⁾	분변(mg/g feces)	
	TC	TG
A	5.04±1.13 ^{ab}	2.28±0.57 ^{NS}
B	5.83±0.90 ^b	2.56±0.64
C	6.05±1.71 ^b	2.78±1.21
D	5.13±1.73 ^{ab}	2.44±0.73
E	4.47±0.87 ^a	2.20±0.80

Values are mean±SD(n=10).

Significant at $p < 0.05$.

¹⁾A(고지방대조군), B(일반고구마 5%), C(홍국고구마 5%), D(홍국 10%), E(자색고구마 5%)

cf) 일반식이: TC(1.10±0.25^a mg/g feces), TG(1.91±0.39^a mg/g feces)

마. 혈청성분

고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국고구마분말분말첨가식이 혈청 인슐린, 렙틴, 혈당 및 혈청 지질농도에 미치는 영향은 Table 7과 같이 실험군간에 통계적인 차이가 있었다. 혈중 인슐린농도는 D군(1.07 ng/mL)이 다른 고구마첨가군(B, C, E)에 비해 통계적으로 높았고, 식욕 조절인자로 알려진 렙틴함량 역시 고지방대조군 보다 D군(6.81 ng/mL)이 유의하게 높았다 ($p<0.05$). 공복혈당치는 실험군중 D군이 통계적으로 유의하게 높았고, A군, B군, C군 및 E군의 순으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 혈중 총콜레스테롤(TC)농도는 C군이 가장 높았고, 일반고구마 5%(B)와 D군이 유의하게 낮았다($p<0.05$). 고밀도(HDL)와 저밀도지단백(LDL)-콜레스테롤농도는 C군이 가장 높았고, B군과 D군이 유의하게 낮았다($p<0.05$). 중성지방(TG)농도는 고지방대조군과 C군이 가장 높았고, 일반고구마 5%첨가군(B)이 유의하게 낮았다 ($p<0.05$). 한편 혈구세포수를 보면(Table 8) 적혈구, 헤마토크릿 및 혈색소는 실험군간 차이가 없었고, 백혈구와 혈소판수는 E군과 B군에서 각각 유의하게 높거나 낮았다($p<0.05$).

Table 7. 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국고구마분말첨가식이 혈청 인슐린, 렙틴 및 혈청 지질농도에 미치는 영향 (단위: mg/dL)

Group ¹⁾	인슐린 (ng/mL)	렙틴 (ng/mL)	혈당	TC	HDL	LDL	TG
A	0.81± 0.13 ^{ab}	3.69± 0.38 ^b	84.80± 8.77 ^b	75.30± 12.51 ^{ab}	13.00± 2.05 ^{ab}	9.50± 2.42 ^{ab}	73.60± 15.56 ^a
B	0.43± 0.22 ^{bc}	5.78± 1.36 ^{ab}	86.90± 7.78 ^b	59.20± 10.82 ^b	11.40± 1.43 ^{bc}	7.80± 2.97 ^b	57.00± 13.76 ^b
C	0.54± 0.30 ^{bc}	4.42± 0.91 ^{ab}	88.20± 6.12 ^b	81.00± 17.85 ^a	14.30± 3.06 ^a	10.80± 2.88 ^a	73.40± 14.47 ^a
D	1.07± 0.15 ^a	6.81± 1.17 ^a	96.20± 10.48 ^a	60.90± 10.77 ^b	11.30± 2.11 ^{bc}	7.80± 1.55 ^b	64.80± 11.11 ^{ab}
E	0.24± 0.15 ^c	4.95± 0.81 ^{ab}	74.60± 8.13 ^c	73.70± 14.59 ^{ab}	10.10± 3.21 ^c	11.10± 2.38 ^a	69.20± 22.76 ^{ab}

Values are mean±SD(n=10).

Significant at $p<0.05$.

¹⁾A(대조군), B(일반고구마5%), C(홍국고구마5%), D(홍국 10%), E(자색고구마5%)

TC: total-cholesterol(총콜레스테롤)

HDL: high-density lipoprotein cholesterol(고밀도지단백콜레스테롤)

LDL: low-density lipoprotein cholesterol(저밀도지단백콜레스테롤)

TG: triglyceride(중성지방)

Table 8. 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국고구마분말첨가식이 혈구세포수에 미치는 영향

Group ¹⁾	혈구세포(CBC) ²⁾				
	RBC ($\times 10^6/\mu\ell$)	WBC ($\times 10^3/\mu\ell$)	Platelet ($\times 10^3/\mu\ell$)	Hct (%)	Hb (g/dL)
A	8.82±0.98 ^{ns}	8.61±3.27 ^{ab}	1193±403 ^{ab}	44.86±4.13 ^{ns}	14.50±1.23 ^{ns}
B	9.35±0.57	7.92±2.54 ^b	1175±153 ^b	48.04±2.51	14.75±0.62
C	9.05±0.80	9.26±2.50 ^{ab}	1408±133 ^{ab}	47.51±4.95	15.39±1.21
D	8.96±0.34	9.99±2.10 ^{ab}	1344±154 ^{ab}	46.54±2.83	15.44±1.17
E	9.24±0.23	11.01±2.85 ^a	1443±180 ^a	47.29±1.45	15.26±0.67

Values are mean±SD(n=10).

Significant at $p < 0.05$.

¹⁾ 실험군: A(고지방대조군), B(일반고구마 5%), C(홍국고구마 5%),
D(홍국고구마 10%), E(자색고구마 5%)

²⁾ CBC: complete blood count(RBC: 적혈구, WBC: 백혈구, Platelet: 혈소판,
Hct: 헤마토크릿, Hb: 혈색소,

5. 결과요약

- 1) 실험기간동안 평균 성장률은 차이가 없었다.
- 2) 실험기간동안 배변량은 A군과 D군에서는 통계적으로 감소하였고, B군과 E군(일반, 자색고구마 5%)은 차이가 없이 비슷한 반면 C군(홍국고구마 5%)만이 유의하게 증가하였다($p < 0.05$).
- 3) 장통과시간은 D군(홍국고구마 10%)과 E군(자색고구마 5%)이 B군(일반고구마 5%)과 C군(홍국고구마 5%)에 비해 통계적으로 빨랐다($p < 0.05$).
- 4) 체지방에서 정소상체지방패드(EFP)와 신장주변지방패드(RFP)무게는 차이가 없었다. 갈색지방무게는 E군(자색고구마)이 A군(고지방대조식이) 보다 통계적으로 낮았다($p < 0.05$).
- 5) 小腸길이는 차이가 없었고, 大腸길이는 B군(일반고구마)와 C군(홍국고구마)이 A군에 비해 유의하게 길었다($p < 0.05$).
- 6) 분변지질중 총콜레스테롤(TC)함량은 C군이 A군에 비해 20%정도 더 높았고, E군에 비해 통계적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 중성지방(TG)함량은 C군이 A군과 E군에 비해 각각 22%, 26%정도 높았다.
- 7) 혈중 인슐린, 렙틴 및 혈당농도는 D군(홍국고구마 10%)이 통계적으로 유의하게 높았고, E군(자색고구마 5%)이 유의하게 낮았다($p < 0.05$).
- 8) 혈청중 총콜레스테롤(TC), 고밀도(HDL) 및 저밀도지단백(LDL)-콜레스테롤농도는 C군이 가장 높았고, B군과 D군이 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 중성지방(TG)농도는 A군과 C군이 가장 높았고, B군이 유의하게 낮았다($p < 0.05$).
- 9) 혈구세포중 적혈구, 헤마토크릿 및 혈색소는 차이가 없었고, 백혈구와 혈소판수는 E군(자색고구마 5%)과 B군(일반고구마 5%)에서 각각 유의하게 높거나 낮았다($p < 0.05$).

6주동안 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 4주동안 고구마(일반, 홍국, 자색)분말 5%첨가식을 급여한 결과 실험 전기간(10주) 고지방대조식을 급여한 대조군(A)에 비해 **배변량은 C군(홍국고구마)**이 유의하게 증가하였고, **분변중 TC함량**은 홍국고구마(C)군이 자색고구마(E)군에 비해 통계적인 차이가 있었고($p < 0.05$), **TG함량**은 C군이 A군과 E군에 비해 각각 22%, 26% 높았다. **장통과시간과 갈색지방량 및 혈청중 인슐린, 렙틴과 혈당농도**는 E군(자색고구마)이 유의하게 낮았으며, **혈청 지질중 TC, LDL-콜레스테롤, TG농도 및 백혈구와 혈소판수**는 B군(일반고구마)에서 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

향후 상기 고구마(3종)의 혈액순환개선효능과 관련한 추가적인 확인실험이 필요한 것으로 사료된다.

II. 2년차 실적보고

1. 실험개요

- 실험목적 : 홍국제품의 다이어트와 배변효능 및 콜레스테롤저하 효능평가와 관련하여 흰쥐의 체지방, 장통과시간 및 혈청 지질농도에 미치는 영향을 평가하였다.
- 실험식이 : 고지방식이(high fat diet, D12492, 45kcal fat)
- 실험처리 : 실험1기(4주)는 모든 처리군에 고지방食이를 급여하였고, 실험2기(4주)는 홍국제품(균미분말, 선식분말)을 각각 15, 30%중량비로 첨가한 실험食이를 급여하였다.
- 실험동물 : SD계통, 평균체중이 80~90g되는 수컷흰쥐를 60마리 공시하였다.

Table 1. 실험설계

Group (n=10)	처리내용	
	실험 1기(4주)	실험 2기(4주)*
A	고지방식이(D12492)	홍국·고구마분말 (7.5%)
B	"	홍국균미파우더 (15%)
C	"	홍국균미파우더 (30%)
D	"	홍국선식분말 (15%)
E	"	홍국선식분말 (30%)
F	"	고지방식이(D12492)

* 고지방식이(D12492)에 각각의 홍국제품분말을 중량비로 첨가함

- 실험결과 : 실험1기(4주)는 고지방식이만 급여하였고, 실험2기(4주)는 고지방食이에 홍국제품(균미분말, 선식분말)을 첨가한 실험食이를 급여하였다. 실험대조군은 홍국고구마분말을 7.5% 첨가하였다. 실험食이의 열량은 429~451 kcal/100g, 지방은 16.01~19.47%, 단백질은 15.74~18.57%, 식이섬유는 6.95~8.29%로 나타났다. 실험기간동안 증체량과 식이섭취량은 차이가 없었다. 갈색지방량과 소장길이는 홍국선식분말군이 대조군(홍국고구마) 보다 통계적으로 낮았다($p < 0.05$). 분변 중 총콜레스테롤(TC)함량은 홍국균미파우더첨가군(B, C)이 선식분말첨가군(D, E)에 비해서 통계적으로 높았다($p < 0.05$). 중성지방(TG)함량은 통계적인 차이가 없었고, 홍국균미파우더 30%첨가군(C)이 다른 실험군 보다 분변을 통한 TG배

설량이 평균 40% 더 높았다. 배변량은 대조군(A)과 홍국균미파우더 30%첨가군(C)이 가장 많았고, 홍국선식분말 30%첨가군(E)이 가장 낮았다($p < 0.05$). 장통과 시간은 홍국균미파우더첨가군(B, C) 보다 선식분말첨가군(D, E) 통계적으로 유의하게 빠른 것으로 나타났다($p < 0.05$).

혈청 지질중 총콜레스테롤(TC)농도는 홍국균미분말(30%)이 유의하게 낮았고, 고밀도지단백(HDL)-콜레스테롤농도는 홍국선식분말(30%)이 유의하게 높았으며, 중성지방(TG)농도는 홍국선식분말군(30%)이 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 실험1기와 실험2기의 혈청 지질중 TC와 TG농도는 통계적으로 감소하였다($p < 0.05$).

2. 실험식이의 일반성분

홍국제품분말첨가식이의 열량은 429~451 kcal/100g, 지방은 16.01~19.47%, 단백질은 15.74~18.57%, 회분은 2.86~3.61%, 탄수화물은 50.09~55.32% 범위로 나타났다. 식이섬유 함량은 6.95~8.29%, Ca함량은 517.38~703.63 mg/100g, P함량은 438.86~525.93 mg/100g 범위로 나타났다. 수분과 탄수화물을 제외한 성분은 홍국고구마분말 7.5%첨가군(A)이 다소 높았다. 한편, 고지방식이(D12492-diet)의 열량은 4057 kcal로 나타났다.

Table 2. 홍국제품분말첨가식이의 일반성분

Group ¹⁾	실험식이					
	A	B	C	D	E	F ²⁾
열량(kcal/100g)	450	451	429	441	432	4057
수분(%)	8.26	7.74	9.61	9.96	10.26	
지방(%)	19.47	19.03	16.01	18.86	16.82	34.9
단백질(%)	18.57	18.20	15.97	17.30	15.74	26.2
회분(%)	3.61	3.38	3.09	3.27	2.86	
탄수화물(%)	50.09	51.65	55.32	50.61	54.32	26.3
식이섬유(%)	8.29	6.95	7.34	7.19	7.10	
칼슘(mg/100g)	703.63	637.54	517.38	636.12	535.25	
인(mg/100g)	525.93	506.07	467.74	484.51	438.86	

¹⁾ 실험군: A(홍국고구마분말 7.5%), B(홍국균미파우더 15%), C(홍국균미파우더 30%), D(홍국선식분말 15%), E(홍국선식분말 30%), F(D12492)

²⁾ D12492(Ingredient, kcal) : Casein, 80mesh(800), L-Cystine(12), Maltodextrin 10(500), Sucrose(275.2), Soybean oil(225), Lard(2205), Vitamin Mix V10001(40).

3. 분석방법

가. 혈청 성분

혈당과 혈청지질과 혈구세포(complete blood count) 및 혈액응고활성(Prothrombin time, PTT)의 분석방법은 Table 3과 같다.

Table 3. 혈청 성분 분석방법

Item	Method	Kit	Maker	Apparatus	Model
Glucose	Enzymatic method	Glucose Hexokinase	Bayer, USA	ADVIA	ADVIA 1650
Cholesterol, total	Enzymatic, colorimetry	Cholesterol reagent	Bayer, USA	ADVIA	ADVIA 1650
HDL-Cholesterol	Enzymatic, colorimetry	Direct HDL-Cholesterol	Bayer, USA	ADVIA	ADVIA 1650
LDL-Cholesterol	EIA	LDL-Cholesterol	Bayer, USA	ADVIA	ADVIA 1650
Triglyceride	Lipase, GK, GPD, colorimetry	Triglycerides reagents	Bayer, USA	ADVIA	ADVIA 1650
WBC(B)	Flow cytometry	Cell pack, Cell sheath	Sysmex, Japan	Sysmex	XE 2100D
RBC(B)	Electric impedance	Cell pack, Cell sheath	Sysmex, Japan	Sysmex	XE 2100D
Platelet	Electric impedance	Cell pack, Cell sheath	Sysmex, Japan	Sysmex	XE 2100D
Hematocrit	Electric impedance	Cell pack, Cell sheath	Sysmex, Japan	Sysmex	XE 2100D
Hemoglobin	Cyanide free Hb spectro.	Cell pack, Cell sheath	Sysmex, Japan	Sysmex	XE 2100D
Prothrombin time	Clot based	Neoplastine CI Plus	STAGO, France	Coagulation machine	STA compact
PTT ¹⁾	Clot based	STA PTT A5	STAGO, France	Coagulation machine	STA compact

¹⁾PTT: Activated partial thromboplastin time

나. 시료 수집 및 전처리

실험이 종료된 실험동물은 12시간 절식시킨 후 안와(orbital plexus)로부터 혈액을 채취하여 원심분리관에 넣어 1시간 정도 실온에 방치한 다음 2,500 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 분리한 혈청은 분석시 까지 -70℃에서 보관하였다. 채혈이 끝난 후 흰쥐

의 복정중선을 따라 개봉한 다음 장기와 체지방(신장주변지방, 정소상체지방 및 갈색지방) 및 하부장기(intestine)를 적출하여 냉생리식염수로 세척한 후 여과지로 여분의 물기를 제거하고 무게와 길이를 측정하였다.

다. 간조직

간 조직의 총콜레스테롤(total-cholesterol, TC)과 중성지방(triglyceride, TG) 농도를 측정하기 위해 Folch 等³⁵⁾의 방법을 수정, 보완하여 지질 성분을 추출한 후 분석하였다. 1 g의 간 조직을 정량하여 잘게 자른 후 50 ml cornical tube에 chloroform : methanol (2:1, v/v)용액 6 ml와 증류수 2 ml를 가한 후 homogenizer (ULTRA-TURRA XT25, JANKE & KUNKEL GMBH & Co., Germany)를 사용하여 일정하게 균질화시켰다. 이 균질액을 원심분리 (1,000×g, 4℃, 10분)하여 하층액인 chloroform 층을 분석에 이용하였다. 중성지방 측정은 하층액 10 μ l를 1.5 ml eppendorf tube에 취한 후 fume hood에서 12시간 동안 자연건조 시킨 후 50 μ l methanol을 가하여 용해시켰다. 여기에 효소시액 (ASAN Pharmaceutical Co., Ltd, Korea) 1.5 ml를 넣고 37℃ water bath에서 10분간 반응시킨 후 550 nm에서 spectrophotometer (Spectronic 4001/4, spectronic[®] 20 genesys[™], USA)로 흡광도를 측정하였다. TC 및 HDL-C 측정은 하층액 500 μ l을 취하여 fume hood에서 24시간 동안 자연건조 시킨 후 50 μ l Triton X-100 : chloroform (1:1, v/v) 용액을 첨가하여 vortex한 후 450 μ l chloroform으로 희석하여 총량이 500 μ l가 되도록 한 후 vortex하였다. 이 용액 10 μ l를 1.5 ml eppendorf tube에 취한 후 fume hood에서 12시간 자연건조한 후 TC의 경우 효소시액 (ASAN Pharmaceutical Co., Ltd, Korea) 1.5 ml를 넣고 37℃ water bath에서 5분간 반응시킨 후 500 nm에서 흡광도를 측정하였다.

라. 분변

분변의 TC와 TG 함량을 측정하기 위해 Folch 等³⁵⁾의 방법을 수정, 보완하여 지질 성분을 추출한 후 분석하였다. 건조된 분변을 막자사발에 곱게 간 후 1 g을 취한 후 chloroform : menthanol (2:1, v/v) 용액 10 ml를 첨가하여 4℃에서 24시간 정치시켜 지질 성분을 추출하였다. 추출액은 원심분리 (900×g, 4℃, 10분)한 후 상층액을 취해 간 조직의 지질 정량법과 동일한 효소반응법으로 TC 및 TG 농도를 정량하였다.

마. 통계처리

SPSS program for windows version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 실험 결과를 분석하였으며, 분석결과는 mean±SD로 나타내었다. 각 군의 결과값에 대해 one-way ANOVA 분석 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05 이상의 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

4. 실험결과

가. 증체량과 식이효율

고지방식이(D12492)를 급여한 실험 1기(4주)동안 체중, 증체량, 식이섭취량은 Table 4와 같다. 실험개시체중은 83.27~84.24 g이었고, 실험1기 종료시 체중은 340.6~354.7 g, 일당 증체량은 9.16~9.68 g으로 차이는 없었다. 식이섭취량은 16.27~17.53g, 식이효율(FER)은 0.55~0.58로 역시 차이는 없었다. 고지방식기와 함께 홍국제품(균미파우더, 선식분말)을 첨가한 실험2기(4주)동안 체중, 증체량, 식이섭취량은 Table 5와 같다. 실험2기 종료시 체중은 506.9~536.6 g, 일당증체량은 4.75~5.20 g으로 차이가 없었고, 식이섭취량은 20.21~21.62 g, 식이효율(FER)은 0.22~0.24로 차이가 없었다.

Table 4. 고지방식이급여가 흰쥐의 증체량, 식이섭취량, 사료효율에 미치는 영향

(실험1기)

Group ¹⁾	Initial wt (g)	Final wt (g)	Average wt gain (g/day)	feed intake (g/day)	FER ²⁾
A	84.24±5.41	341.1±16.30	9.16±0.46	16.27±0.64	0.58±0.01
B	83.60±7.48	354.7±17.98	9.68±0.26	17.53±0.84	0.57±0.02
C	83.27±4.16	346.8±20.27	9.41±0.47	17.14±1.19	0.56±0.02
D	83.48±5.70	340.6±28.07	9.18±0.44	16.91±1.07	0.55±0.02
E	83.52±5.44	341.3±20.34	9.21±0.49	16.80±0.99	0.56±0.01

Values are mean±SD(n=10).

¹⁾실험군: 실험1기는 고지방식이(D12492)를 급여함

FER(food efficiency ratio) = weight gain(g/day) / food intake(g/day)

Table 5. 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국제품분말첨가식이 증체량, 식이섭취량 및 식이효율에 미치는 영향

(실험 2기)

Group ¹⁾	Initial wt (g)	Final wt (g)	Average wt gain (g/day)	Feed intake (g/day)	FER ²⁾
A	341.1±16.30 ^{ns}	510.0±35.58 ^{ns}	4.83±0.46 ^{ns}	20.21±0.41 ^{ns}	0.24±0.02 ^{ns}
B	354.7±17.98	536.6±37.24	5.20±0.41	21.43±0.82	0.24±0.01
C	346.8±20.27	517.7±38.46	4.88±0.58	21.62±1.41	0.22±0.02
D	340.6±28.07	506.9±43.27	4.75±0.30	20.44±1.23	0.23±0.01
E	341.3±20.34	509.0±35.81	4.79±0.33	21.55±1.40	0.22±0.01

Values are mean±SD(n=10).

^{ns}not significant

¹⁾실험군: A(홍국·고구마분말 7.5%), B(홍국균미파우더 15%), C(홍국균미파우더 30%),

D(홍국선식분말 15%), E(홍국선식분말 30%),

FER(food efficiency ratio) = weight gain(g/day) / food intake(g/day)

나. 장기무게, 체지방 및 장관길이

고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국제품분말첨가식이 장기무게, 체지방량 및 장관길이에 미치는 영향은 Table 6과 같다. 간장무게는 대조군(A)이 2.97 g으로 홍국제품분말첨가군(B~E)의 2.71~2.77 g 보다 유의하게 높았고, 신장무게는 A군(0.33g)과 C군(0.30g)간에 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 비장과 정소무게는 차이가 없었다. 체지방량의 경우 신장주변지방패드(RPF)와 정소상체지방패드(EFP)무게는 각각 1.20~1.43 g, 1.03~1.19 g으로 차이는 없었고, 갈색지방 역시 차이가 없이 C군이 다소 높았다. 小腸의 길이는 대조군(A)이 가장 길었고, 홍국균미분말첨가군(B)이 선식분말군(D, E)에 비해 유의하게 길었고(p<0.05), 大腸의 길이는 차이가 없었다.

Table 6. 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국제품분말첨가식이 장기무게, 체지방무게 및 장관의 길이에 미치는 영향

Group ¹⁾	Organ weight (g/100g bw)				Adipose tissue weight (g/100g bw)			Intestine (cm/100g bw)	
	Liver	Kidney	Spleen	Testis	PRF	EPF	BAT	Small	Large
A	2.97± 0.25 ^b	0.33± 0.03 ^b	0.19± 0.02 ^{ns}	0.30± 0.04 ^{ns}	1.20± 0.25 ^{ns}	1.12± 0.24 ^{ns}	0.06± 0.01 ^{ns}	20.20± 2.72 ^c	4.36± 0.33 ^{ns}
B	2.77± 0.24 ^a	0.31± 0.02 ^{ab}	0.18± 0.02	0.29± 0.02	1.43± 0.20	1.14± 0.16	0.05± 0.01	19.19± 2.16 ^{bc}	4.19± 0.37
C	2.75± 0.17 ^a	0.30± 0.03 ^a	0.19± 0.02	0.30± 0.04	1.28± 0.25	1.13± 0.17	0.06± 0.01	17.66± 1.96 ^{ab}	4.20± 0.33
D	2.71± 0.18 ^a	0.32± 0.02 ^{ab}	0.19± 0.02	0.30± 0.02	1.44± 0.19	1.19± 0.18	0.05± 0.01	16.90± 2.37 ^a	4.34± 0.53
E	2.71± 0.20 ^a	0.31± 0.02 ^{ab}	0.19± 0.02	0.30± 0.03	1.31± 0.25	1.03± 0.16	0.05± 0.01	16.54± 2.46 ^a	3.96± 0.37

Values are mean±SD(n=10).

Significant at p<0.05. ^{ns}not significant

¹⁾실험군: A(홍국·고구마분말 7.5%), B(홍국균미파우더 15%), C(홍국균미파우더 30%),

D(홍국선식분말 15%), E(홍국선식분말 30%)

PRF(perirenal fat): 신장지방

EPF(epididymal fat): 고환지방

BAT(brown adipose tissue): 갈색지방

다. 분변중 지질농도, 배변량 및 장통과시간

고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국제품분말첨가식이 분변지질과 배변량 및 장통과시간에 미치는 영향은 Table 7과 같다. 분변중 총콜레스테롤(TC)함량은 홍국균미파우더첨가군(B, C)이 평균 26.45 *mg/g feces*로 선식분말첨가군(D, E)의 평균 18.35 *mg/g feces*에 비해서 통계적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 중성지방(TG)함량은 40.94~64.50 *mg/g feces*범위로 통계적인 차이가 없었고, 홍국균미파우더 30%첨가군(C)이 대조군(A)을 포함한 다른 실험군 보다 분변을 통한 TG배설량이 평균 40% 더 높은 것으로 나타났다. 한편, 흰쥐의 1일 평균 배변량은 마리당 2.72~3.49 g으로 대조군(A)과 홍국균미파우더 30%첨가군(C)이 가장 많았고, 홍국선식분말 30%첨가군(E)이 가장 낮았다($p < 0.05$). 장통과시간은 홍국균미파우더첨가군(B, C) 보다 선식분말첨가군(D, E)이 통계적으로 유의하게 빠른 것으로 나타났다($p < 0.05$).

Table 7. 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국제품분말첨가식이 분변중 지질농도, 배변량 및 장통과시간에 미치는 영향

Group ¹⁾	TC (mg/g feces)	TG (mg/g feces)	Fecal weight (g)	Transit time (min)
A	23.48±7.59 ^{ab}	47.74±35.33 ^{ns}	3.47±0.48 ^b	4118.13±125.50 ^b
B	26.85±4.84 ^b	40.94±17.79	3.15±0.26 ^{ab}	4134.89±74.84 ^b
C	26.06±6.93 ^b	64.50±27.83	3.49±0.55 ^b	4150.70±89.60 ^b
D	18.25±3.73 ^a	45.70±20.23	3.04±0.60 ^{ab}	1764.70±153.95 ^a
E	18.45±3.06 ^a	48.61±10.64	2.72±0.37 ^a	1767.30±303.81 ^a

Values are mean±SD(n=10).

Significant at $p < 0.05$.

¹⁾실험군: A(홍국·고구마분말 7.5%), B(홍국균미파우더 15%), C(홍국균미파우더 30%),

D(홍국선식분말 15%), E(홍국선식분말 30%),

TC(total-cholesterol): 총콜레스테롤, TG(triglyceride): 중성지방

라. 혈청 생화학치

고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국제품분말첨가식이 혈청 지질과 혈당농도에 미치는 영향은 Table 8과 같다. 혈중 총콜레스테롤(TC)농도는 실험1기(4주)에 68.90~75.90 mg/dL로 차이가 없었고, 실험2기(4주)에 52.40~62.50 mg/dL로 홍국균미파우더 30%첨가군(C)이 가장 낮았고, 선식분말 30%첨가군(E)이 가장 높았다($p < 0.05$). 실험1기와 실험2기의 TC농도는 대조군(A)을 포함한 실험군에서 평균 14 mg/dL(약 20%) 감소하였다. 고밀도지단백(HDL)-콜

레스테롤농도는 실험1기에 23.80~26.30 mg/dL로 차이가 없었고, 실험2기에 10.50~12.90 mg/dL로 홍국균미과우더 30%첨가군(C)이 가장 낮았고, 선식분말 30%첨가군(E)이 가장 높았다($p<0.05$). 실험1기와 실험2기의 HDL농도는 대조군(A)을 포함한 실험군에서 평균 13 mg/dL(약 54%) 감소하였다. 저밀도지단백(LDL)-콜레스테롤농도는 실험1기(6.70~7.40 mg/dL)와 실험2기(5.60~6.38 mg/dL)동안 실험군간 유의한 차이는 없었지만, 실험1기와 실험2기의 LDL농도의 감소정도는 선식분말첨가군(D, E)이 평균 15%로 대조군(A)과 홍국균미과우더군(B, C)에 비해 더 크게 감소하였다. 중성지방(TG)농도는 실험1기에 145.5~183.3 mg/dL로 유의한 차이가 없었고, 실험2기에 69.60~93.90 mg/dL로 홍국균미과우더 30%첨가군(C)이 가장 높았고, 선식분말 30%첨가군(E)이 가장 낮았다($p<0.05$). 실험1기와 실험2기의 TG농도는 C군이 약 36% 감소한 반면 대조군(A)을 포함한 실험군에서는 86~110 mg/dL(51~60%)으로 큰 폭의 감소를 나타내었다. 공복혈당농도는 실험1기(4주)에 137.1~148.1 mg/dL, 실험2기(4주)에 93.70~111.3 mg/dL로 실험군간에 차이가 없었다. 실험1기와 실험2기의 혈당농도는 대조군(A)을 포함한 실험군에서 평균 40 mg/dL(약 22%) 감소하였고, A군, B군 및 D군의 감소정도가 높았다. 한편, 혈구세포(Table 9)를 보면 적혈구수(red blood cell)는 $8.08\sim 8.23(x10^6/\mu\text{l})$ 로 비슷하였고, 백혈구수(white blood cell)은 $6.47\sim 9.61(x10^3/\mu\text{l})$ 로 홍국균미과우더 15%첨가군(B)과 홍국균미과우더 30%첨가군(C)간에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 헤마토크릿치(Hct)는 44.02~46.39%, 혈색소(Hb)는 15.03~15.64 g/dL, 혈소판(Platelet)은 $1096.1\sim 1218.7(x10^6/\mu\text{l})$ 로 실험군간 차이가 없었다.

Table 8. 고지방식이(실험1기)를 급여한 흰쥐에게 홍국제품분말첨가식이(실험2기)가 혈청지질과 혈당농도에 미치는 영향 (단위: mg/dL)

Group ¹⁾	TC		HDL		LDL		TG		Glucose	
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
A	68.90± 6.74 ^{ns}	55.75± 6.52 ^{ab}	24.60± 2.99 ^{ns}	11.38± 2.07 ^{ab}	7.00± 0.94 ^{ns}	6.38± 0.92 ^{ns}	167.9± 46.19 ^{ns}	81.75± 15.95 ^{ab}	148.1± 8.46 ^{ns}	101.6± 10.4 ^{ns}
B	73.50± 5.36	58.20± 10.58 ^{ab}	26.30± 2.83	11.90± 1.66 ^{ab}	6.70± 1.06	5.80± 1.48	181.6± 75.10	79.10± 24.16 ^{ab}	137.1± 10.67	93.70± 11.57
C	70.10± 6.98	52.40± 5.30 ^a	24.70± 3.89	10.50± 1.18 ^a	6.80± 2.04	6.00± 1.05	145.5± 48.25	93.90± 30.34 ^b	138.3± 14.87	105.1± 7.69
D	69.10± 9.41	57.90± 12.78 ^{ab}	23.80± 2.90	11.70± 2.54 ^{ab}	7.10± 0.99	5.60± 1.26	183.3± 32.32	73.10± 17.98 ^{ab}	145.1± 9.13	98.40± 13.41
E	75.90± 10.00	62.50± 10.73 ^b	26.10± 3.57	12.90± 2.42 ^b	7.40± 1.65	5.90± 1.10	161.7± 41.26	69.60± 16.08 ^a	142.3± 8.18	111.3± 16.57

Values are mean±SD(n=10).

Significant at $p<0.05$. ^{ns}not significant

¹⁾실험군: A(홍국·고구마분말 7.5%), B(홍국균미과우더 15%), C(홍국균미과우더 30%),

D(홍국선식분말 15%), E(홍국선식분말 30%),

TC(total-cholesterol): 총콜레스테롤 TG(triglyceride): 중성지방

HDL(high-density lipoprotein cholesterol): 고밀도지단백콜레스테롤

LDL(low-density lipoprotein cholesterol): 저밀도지단백콜레스테롤

Table 9. 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국제품분말첨가식이 혈구세포수에 미치는 영향

Group ¹⁾	RBC (10 ⁶ /μl)	WBC (10 ³ /μl)	HCT (%)	Hb (g/dL)	Platelet (10 ³ /μl)
A	8.15±0.30 ^{ns}	7.32±1.68 ^{ab}	46.39±2.90 ^{ns}	15.59±0.69 ^{ns}	1037.0±252.65 ^{ns}
B	8.08±0.57	6.47±2.72 ^a	45.89±3.27	15.09±0.90	1123.5±257.86
C	8.22±0.35	9.61±3.77 ^b	44.02±1.24	15.03±0.58	1108.8±194.27
D	8.23±0.39	9.19±2.72 ^{ab}	46.02±3.15	15.64±0.88	1096.1±137.73
E	8.18±0.40	8.73±2.03 ^{ab}	44.78±1.98	15.28±0.67	1218.7±99.61

Values are mean±SD(n=10).

Significant at p<0.05. ^{ns}not significant

¹⁾실험군: A(홍국·고구마분말 7.5%), B(홍국균미파우더 15%), C(홍국균미파우더 30%),

D(홍국선식분말 15%), E(홍국선식분말 30%)

마. 혈액응고활성

고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국제품분말첨가식이 혈액응고활성에 미치는 영향은 Fig. 1과 같다. PTT(Activated partial thromboplastin time)는 고지방식이(D12492)를 급여한 대조군(P) 보다 홍국대조군(K)을 비롯한 홍국제품군(L~O)에서 통계적으로 유의하게 짧은 것으로 나타났다. Prothrombin time은 실험군에서 큰 차이가 없이 비슷하였다.

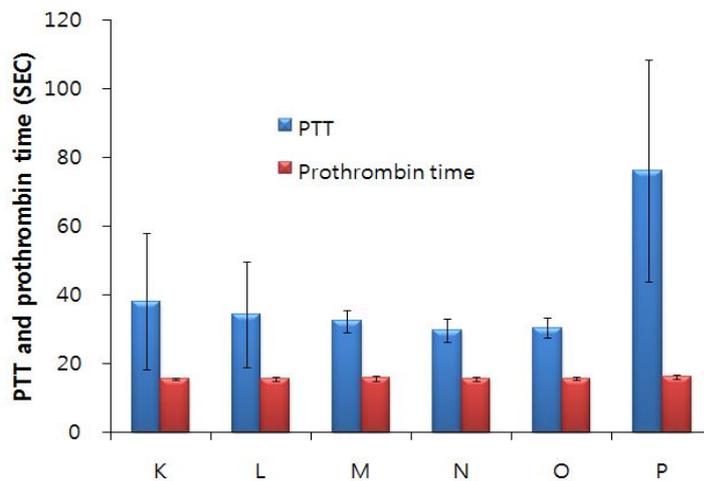


Fig. 1. 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 홍국제품분말 첨가식이 혈액응고활성(PTT, prothrombin time)에 미치는 영향.

Values are mean±SD(n=10).

5. 결과요약

- 1) 실험기간동안 증체량과 식이효율은 차이가 없었다.
- 2) 간장무게는 대조군(A)이 홍국제품분말첨가군(B~E) 보다 유의하게 높았고, 신장무게는 A군과 홍국균미분말 30%첨가군(C)간에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 비장과 정소무게는 차이가 없었다. 小腸의 길이는 홍국균미분말 15%첨가군(B)이 홍국선식분말군(D, E)에 비해 유의하게 길었고($p<0.05$), 大腸의 길이는 차이가 없었다.
- 3) 분변중 총콜레스테롤(TC)함량은 홍국균미과우더첨가군(B, C)이 평균 26.45 mg/g feces로 선식분말첨가군(D, E)의 평균 18.35 mg/g feces에 비해서 통계적인 차이가 있었다($p<0.05$). 중성지방(TG)함량은 차이가 없었고, C군이 다른 실험군 보다 분변을 통한 TG배설량이 평균 40% 더 높았다.
- 4) 평균 배변량은 대조군(A)과 C군이 가장 많았고, 홍국선식분말 30%첨가군(E)이 가장 낮았다($p<0.05$). 장통과시간은 홍국균미과우더첨가군(B, C) 보다 선식분말첨가군(D, E)이 통계적으로 유의하게 단축된 것으로 나타났다($p<0.05$).
- 5) 혈중 총콜레스테롤(TC)농도는 실험2기에 홍국균미과우더 30%첨가군(C)이 가장 낮았고, 선식분말 30%첨가군(E)이 가장 높았다($p<0.05$). 실험1기와 실험2기의 TC농도는 대조군(A)을 포함한 실험군에서 평균 14 mg/dL(약 20%) 감소하였다.
- 6) 고밀도지단백(HDL)-콜레스테롤농도는 실험2기에 C군이 가장 낮았고, E군이 가장 높았다($p<0.05$). 실험1기와 실험2기의 HDL농도는 대조군(A)을 포함한 실험군에서 평균 13 mg/dL(약 54%) 감소하였다.
- 7) 저밀도지단백(LDL)-콜레스테롤농도는 실험1기와 실험2기에 유의한 차이는 없었고, LDL농도의 감소는 선식분말첨가군(D, E)이 평균 15%로 대조군(A)과 홍국균미과우더군(B, C)에 비해 더 높았다.
- 8) 중성지방(TG)농도는 실험2기에 C군이 가장 높았고, E군이 가장 낮았다($p<0.05$). 실험1기와 실험2기의 TG농도는 C군 보다 다른 실험군에서 큰 폭의 감소를 나타내었다.
- 9) 공복혈당농도는 실험1기와 실험2기에 차이가 없었다. 실험1기와 실험2기의 혈당농도는 대조군(A), B군 및 D군에서 감소정도가 높았다.
- 10) 혈액응고활성에서 PTT(Activated partial thromboplastin time)는 고지방식이대조군 보다 대조군을 비롯한 홍국제품군에서 통계적으로 유의하게 짧았고, Prothrombin time은 큰 차이가 없이 비슷하였다.

결론 : 실험1기(4주)동안 고지방식이를 급여한 흰쥐에게 실험2기(4주)동안 홍국제품분말첨가 식이를 급여한 결과 배변량은 C군이 가장 많았고, E군이 가장 적었다($p<0.05$). 장통과시간은 홍국균미과우더첨가군 보다 선식분말첨가군이 통계적으로 단축되었다($p<0.05$). 분변중 총콜레스테롤(TC)함량은 홍국균미과우더첨가군(B, C)이 선식분말첨가군(D, E)에 비해서 통계적으로 높았고($p<0.05$), 분변을 통한 TG배설량은 C군이 다른 실험군 보다 평균 40% 더 높았다. 실

험2기의 혈청 TC농도는 C군이 가장 낮았고, E군이 가장 높았던 반면, TG농도는 C군이 가장 높았고, E군이 가장 낮았다($p<0.05$). 혈액응고활성(PTT)는 고지방식이대조군 보다 홍국제품군에서 통계적으로 유의하게 짧은 것으로 나타났다($p<0.05$).

학술발표실적

1. 한찬규외, 홍국고구마가 고지방식이를 급여한 흰쥐의 분변과 혈청중 지질, 인슐린, 렙틴 및 혈당농도에 미치는 영향 (P11-073), 한국식품과학회 학술발표, 인천 송도컨벤시아(2010. 6.16)
2. 한찬규외, 홍국제품이 고지방식이를 급여한 흰쥐의 체지방, 장통과시간 및 혈청 지질농도에 미치는 영향 (P8-238), 한국식품영양과학회 학술발표, 대구 인터불고호텔(2010.10.28)

Ⅲ. 참고문헌

- Yu TS, Kim H.H, Yoon CG. Hepatic Oxygen Free Radical Metabolizing Enzyme Activities and Serum Lipid Profile in Rats Fed Diet Supplemented with *Monascus* Pigment. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32(2), 244~49(2003)
- Yu MH, Lee HJ, Im HG, Hwang Bo MH, Kim HJ, Lee IS. The Effects of *Kimchi* with *Monascus purpureus* on the Body Weight Gain and Lipid Metabolism in Rats Fed High Fat Diet. *Journal of Life Science.* 15(4) 536~541(2005)
- Changling Li et al., Toxiciry study for *Monascus purpureus*(Red Yeast) extract, *Inf. Chi. Pharmac.*, 12, p12, 1995
- Changling Li et al., A natural food product that lowers blood cholesterol in animal models of hypercholesterolemia, *Nutr. Res.*, 18, p71, 1998
- David Heber et al., Cholesterol-lowering effects of a proprietary Chinese red-yeast-rice dietary supplement, *Am. J. Clin. Nutr.*, 69,p231,1999
- Ling Liu et al., Xuezhikang Decreases Serum Lipoprotein(a) and C-reactive Protein Concent-rations in Patients with Coronary Heart Disease, *Clinical Chemistry*, 49, p1347, 2003
- Paulus A. Kroon et al., The effects of mevinolin on serum cholesterlo levels of rabbits with endogenous hypercholesterolemia, *Atherosclerosis*, 44, p41, 1982
- Wang J et al., Multicenter clinical trial of the serum lipid-lowering effects of a *Monascus purpureus*(Red Yeast) rice preparation from traditional Chinese medicine, *Curr. Therapeutic. Res.*, 58, p964, 1997

제 6 절

홍국 고구마를 이용한 배변촉진, 혈액순환개선 건강기능식품 개발

Development of health functional foods that aids improving of defecation and
improvement of blood circulation with Red Yeast Sweet potato

연구책임자

(주)에프앤피

공장장 **박 보 하**

목 차

I. 연구개발과제의 개요	292
i. 연구개발의 목적	292
ii. 연구개발의 필요성	292
iii. 연구개발 범위	294
II. 국내외 기술개발 현황	295
i. 국내 기술개발 현황	295
ii. 국외 기술개발 현황	296
III. 연구개발 수행 내용 및 결과	297
i. 이론적, 실험적 연구방법	297
ii. 연구내용 및 연구결과	297
IV. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	316
i. 연도별 연구목표 및 평가착안점에 입각한 연구개발목표 달성도	316
ii. 기술발전예의 기여도	316
V. 연구개발결과의 활용계획	317
i. 실용화·산업화 계획	317
ii. 추가연구, 타연구에 활용 계획	317
VI. 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	318
VII. 참고문헌	319

I. 연구개발과제의 개요

i. 연구개발의 목적

1. 홍국발효 기법을 이용한 유효물질 (Monacolin-K) 고함유 홍국고구마의 발효기술 확립
2. Monacolin-K 고함유 홍국고구마의 대량생산체계 확립
3. 홍국고구마의 동물실험 원료공급 및 배변촉진, 혈액순환 개선 건강기능식품 개발
4. 홍국고구마를 건강기능식품 원료로 사용하여 고구마의 수요 창출 및 농가 소득 증대

ii. 연구개발의 필요성

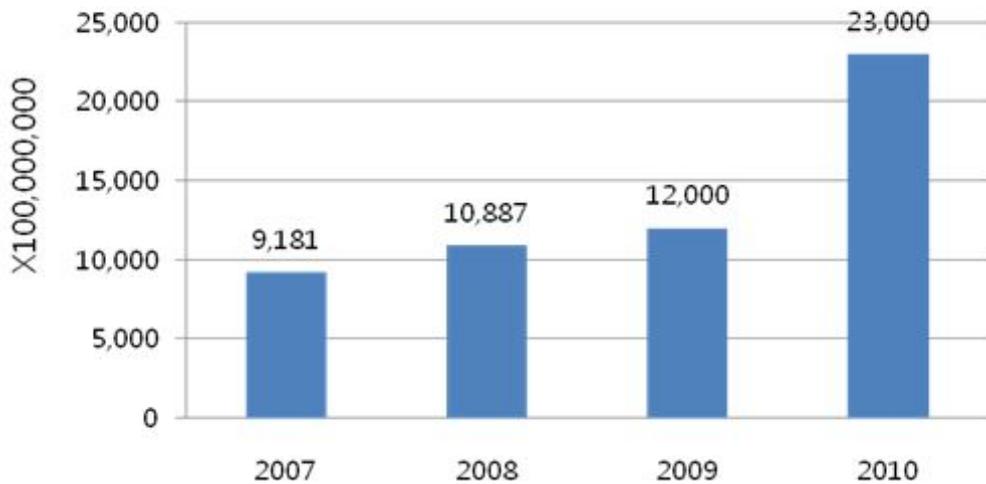
1. 최근 LOHAS (Lifestyles of Health and Sustainability) 개념이 도입돼 자연친화제품이 식품산업을 비롯한 전체 산업군의 트렌드가 되면서 건강기능식품산업은 지속적인 성장을 거듭하고 있음. 이미 많은 선진국 특히 미국과 일본에서 건강기능성 식품에 대한 개발이 이루어졌으며 세계시장의 많은 부분을 선점하고 있고, 선진국일수록 건강기능성 식품에 대한 수요와 공급량이 많음 (그림 1)
2. 의약품이 아니라 병을 예방하는데 도움을 줄 수 있는 건강기능성 식품에 대한 요구가 높아지면서 국내 건강기능식품의 시장규모는 2010년 현재 2조 3,000억원으로 추정됨 (그림 2)
3. 인구의 노령화와 질병에 의한 의료비의 지출이 지속적으로 증가하고 있고, 고혈압과 같은 심장질환의 경우 병의 치료보다는 예방에 주력을 하는데 예방을 위해서 많은 국민들이 건강기능성 식품을 이용함
4. 홍국은 고지혈증 및 콜레스테롤 수치 개선에 많은 도움을 주는 것으로 상당한 연구가 되었으며, 일본의 경우 건강기능성 식품으로뿐만 아니라 식용유, 햄 등의 기타 식품에 홍국을 적용하여 다양한 상품화를 시도하고 있음. 홍국의 기능성 물질인 Monacolin-K에 관해서는 임상효과, 측정조건, 생성경로, MK 생산 균주의 탐색 등에 관한 다양한 연구가 진행되었음
5. 또한, 건강기능식품은 한정적 유통망으로 인해 국내외 시장 진출에 어려움을 겪고 있으나 (주)에프엔피는 홍국미 및 홍국선식 제품으로 Tupperware Japan에 2007년 12억이 넘는 매출을 달성하였고 일본 소비자층을 확대해 나가고 있음 (홍국고구마의 내수 및 수출 가능)
6. 홍국고구마는 고구마와 홍국의 기능성을 접목한 복합기능성 제품으로 소비자들에게 제품의 긍정적 이미지와 기능성을 어필할 수 있음. 고구마의 기능성에 홍국의 기능성을 더해 고구마의 고부가가치를 창출, 단순한 소비 형태에서 새로운 기호의 가공제품을 개발 판매함으로써 고구마의 수요증대 및 홍국과 고구마를 이용한 건강기능식품은 고기능성과 소비자 needs를 충족하는 새로운 고품질의 제품으로 건강기능식품 국내외시장에서 경쟁력있는 식품으로 자리매김 할 수 있음



출처 : 식음료신문(2006년 12월 21일, 2007년 3월 7일)

그림 1. 세계 건강기능식품 현황

국내건강기능식품 시장규모



출처 : 식품의약품 안전청

그림 2. 국내 건강기능식품 시장 규모

iii. 연구개발 범위

1. 홍국발효 기법을 이용한 유효물질 (Monacolin-K) 고함유 홍국고구마의 발효기술 확립
 - 원료의 형태, 배양일수, 배양조건 등에 따른 유효성분 함량 분석으로 최적 배양조건 확립
 - 최적 온도 및 습도관리에 의한 배양환경 최적화
 - 각 배양 공정별 미생물 안전성 시험

2. Monacolin-K 고함유 홍국고구마의 대량생산체계 확립
 - 접종량, 배양일수, 교반회수, 건조조건 등 각 공정에 따른 Monacolin-K 함량 분석으로 생산 공정별 최적조건 확립
 - 각 배양 공정별 미생물 안전성 시험 및 공정관리를 통한 오염률 최소화
 - 홍국고구마 배양 및 대량생산체계 확립
 - 생산된 홍국고구마의 유효성분인 Monacolin-K 함량 분석과 미생물 (Bacteria ,Coliform bacteria) 및 독소 (Citrinin)함량에 대한 안전성 검사

3. 홍국고구마의 동물실험 원료공급
 - 혈액순환 효능검증을 위한 원료 공급 (제2세부과제내 협력)

4. 홍국고구마를 원료로 한 배변촉진, 혈액순환 개선 건강기능식품 개발
 - 홍국고구마를 원료로 한 건강기능식품 시제품 개발
 - 시제품 생산가공시 유효성분 안정성 확인
 - 고농도 Monacolin-K를 함유한 granule, bar 형태의 건강기능식품 개발

II. 국내외 기술개발 현황

i. 국내 기술개발 현황

1. 국내외 관련분야 환경변화

- 국민소득 증가와 삶의 질 향상, 고령화 사회로의 진입에 따라 건강의 유지·증진에 대한 중요성이 높아지고, 소비자들이 점점 식품안전에 까다로워지면서 가공이 최소화된 건강 기능식품 및 건강에 좋은 발효식품 등의 수요가 증가
- “국내 식품산업 현황 및 2010년 전망” 보고서에서는 2010년 식품산업의 트렌드는 식품 안전(safty), 무첨가 식품(simple), 발효식품(slow food)등 3S가 이끌 것이라고 전망
- 건강기능식품의 시장 규제완화와 소비자의 섭취 편의성 증진 차원에서 기존 정제·캡슐·분말·과립·액상·환 등 6가지 제형 규제가 삭제됨에 따라 두부나 식용유 등과 같은 일반식품이나 껌, 젤리, 시럽, 젬 등과 형태의 건강기능식품이 제조가 가능
- 제형 자유화를 통하여 소비자는 과학적으로 인정된 건강기능식품을 손쉽게 접할 수 있으며, 다양한 형태의 고부가가치를 가진 건강기능식품 개발로 식품산업이 더욱 활성화 될 것으로 전망됨
- 최근 혈액순환 개선을 원하는 사람들이 약물이나 의료 시술보다는 상대적으로 유용성과 안전성이 입증된 식품을 선호하면서 관련분야 식품연구·개발이 지속적인 활기를 띠
- 국내에서는 천연물을 검색하는 연구가 중심을 이루고 있으며, 홍국(모나콜린K), 식물성 스테롤, 옥타코사놀, 해조류추출물, 감귤껍질 (비타민P), 알로에추출물 (베타시토스테롤), 낫토키나제 등의 콜레스테롤을 저하시키는 건강기능식품이 제품화 되었음 (표 1)
- 최근 혈액순환 개선을 원하는 사람들이 약물이나 의료 시술보다는 상대적으로 유용성과 안전성이 입증된 식품을 선호하면서 이 분야 식품연구·개발이 지속적인 활기를 띄고 있음
- 국내에서는 천연물을 검색하는 연구가 중심을 이루고 있으며, 홍국(모나콜린K), 식물성 스테롤, 옥타코사놀, 해조류추출물, 감귤껍질 (비타민P), 알로에추출물 (베타시토스테롤), 낫토키나제 등의 콜레스테롤을 저하시키는 건강기능식품이 제품화 되었음
- 홍국쌀은 안정성과 기능성을 인정받아 일반식품으로 최초로 건강기능식품으로 인정받음
- 기능성 쌀로 잘 알려진 홍국미는 쌀을 원료로 세척한 후 멸균하여 이것에 홍국균을 접종하여 10일 이상 일정한 배양조건에서 가공된 쌀로서 현재 4개 정도의 벤처기업에서 제품을 생산, 개발하고 있으나 그 시장점유율은 미미한 실정
- 최근 고구마는 소비자들에게 웰빙식품으로 알려져 고구마 도넛, 고구마 피자, 고구마 케이크 등 고구마가 든 제품이 출시되고 있음
- 이러한 웰빙트렌드에 발 맞추어 고구마의 맛과 홍국의 기능성을 접목한 복합 기능성 건강기능식품 개발이 필요

표 1. 홍국 관련 시중 제품

제 품 명	유 형	규 격	섭취방법	용 량	특 징	유통
REDYEAST RICE (NATURE'S BOUNTY, USA)	건강기능식품	600mg×60캡셀	1일2캡셀/식사 후 섭취 (최대 4 정까지 섭취 가능)	1개월	Red Yeast Rice (Monascus purpureus Extract) 1200mg	Open Market
닥터스초이스 홍국 디콜레스 (Doctor'sChoice)	건강기능식품	500mg×100캡셀 ×2개	1일 3회, 1회 1캡셀	2개월	2.15 mg/1 캡셀	Open Market
제이씨 메가홍국100 (오스트레일리아)	건강기능식품	500mg×60캡셀	1일1회, 1회1캡셀	2개월	4.5 mg/1 캡셀	Open Market
높은혈중콜레스테롤 수치의 개선에 도움을 주는 홍국 (한국마이코젠(주)/비타민하우스(주))	건강기능식품	440mg×120캡셀	1일2회, 1회2캡셀	1개월	2.5 mg/2 캡셀	Open Market
바이오맥스 뉴홍국 (바이오맥스)	건강기능식품	440mg×120캡셀	1일2회, 1회2캡셀	1개월	-	Open Market
바이오맥스 뉴홍국 (바이오맥스)	건강기능식품	440mg×240캡셀	1일2회, 1회2캡셀	2개월	-	Open Market
태양홍국	건강기능식품	250mg×630정	1일3회, 1회 7정	1개월	-	Open Market
일동후디스 홍국 플러스	건강기능식품	500mg×120캡셀 ×2병	1일2회, 1회1캡셀	4개월	3.5 mg/1 캡셀	Open Market
콜레스틴	건강기능식품	630mg×120캡셀	1일2회, 1회2캡셀	1개월	곡류효소 함유제품	Net-work

ii. 국외 기술개발 현황

1. UCLA Center for Human Nutrition 사이트를 통해 Cholesterol 수치 200~240 mg/dl 사이의 사람들에게 홍국 섭취를 권장하고 있음. 또한 Placebo-control 시험 결과를 통해 콜레스테롤 수치 250mg/dl에서 210 mg/dl 로 감소한 결과를 고시하였음
2. 중국 북경의과대학 동물임상시험 결과 : 0.8/kg/d (60kg성인기준, 하루 섭취량 48g) 섭취 시 HDL콜레스테롤 비 총 콜레스테롤 비가 86% 감소하였으며, 부작용은 관찰되지 않았음
3. 국내외에서 홍국과 관련한 임상실험들이 수행되었고 현재도 수행되고 있으며 부작용이 없는 천연발효식품임을 강조하면서 점차 홍국을 이용한 건강기능식품 시장을 넓혀가고 있음
4. 또한 홍국의 콜레스테롤 수치 개선효과와 작용기작 등도 오래전부터 연구되어 왔으며 임상시험 결과와 더불어 홍국의 기능성에 대한 학술적 신뢰를 높임

Ⅲ. 연구개발 수행 내용 및 결과

i. 이론적, 실험적 연구방법

1. 고구마는 우수한 탄수화물과 에너지 공급원인 식량자원으로 열량이 일반식량작물에 비해 낮으며 찐고구마와 군고구마 등의 가공형태에서는 생고구마보다 열량이나 기타 영양분이 상승됨. 고구마의 열량소 외에 천연의 식이섬유, 무기질, β -carotene 등과 같은 건강기능성 성분을 풍부히 함유하고 있음
2. 홍국은 분류학상 잔자낭균과종 홍국균속에 속하며 쌀에 발효시켜 얻을 수 있는 묽은 쌀을 홍국이라 함. 홍국과 쌀을 이용한 발효과정에서 생성되는 기능성 물질 Monacolin-K는 내인성 콜레스케롤 생합성 경로의 속도 결정 단계인 HMG-CoA 환원효소를 특이적으로 억제함으로써 저밀도지단백질 (LDL)과 결합된 콜레스케롤 농도를 저하시켜 혈중 콜레스케롤 양을 감소시킴. 이러한 효과로 홍국은 건강기능식품공정 기준 규격 제 37. 홍국제품에 고시되어 있음 (기능성 내용: 홍국은 높은 혈중 콜레스케롤 수치 개선에 도움을 줌)
3. 고구마와 홍국의 기능성을 고려한 복합 기능성 건강기능식품 개발을 위하여 기존 쌀에 배양하였던 홍국의 배양조건을 홍국고구마 배양에 적합하도록 최적배양조건을 확립하여 대량생산체계 구축
4. 대량생산체계로부터 생산된 유효성분 고함유 홍국고구마의 유효성분 함유량 및 안전성 확보하여 혈액순환 효능검증을 위한 원료 공급과 새로운 형태의 건강기능식품제품개발

ii. 연구내용 및 연구결과

1. 홍국발효 기법을 이용한 유효물질 (Monacolin-K) 고함유 홍국고구마의 발효기술 확립
가. 원료형태에 따른 배양조건 확립
 - 고구마는 형태별로 구분하여 배양함으로써 각각의 형태별 고구마에 대해 홍국의 유효성분인 Monacolin-k 함량을 분석하여 고구마의 최적 배양 형태를 결정하고자 하였음. 고구마 형태는 통고구마, 절편고구마, 껍질제거 통고구마, 껍질제거 절편고구마로 형태로 구분하였고, 일정기간 배양 후 HPLC를 통해 각 형태별 배양일수에 따른 Monacolin-K 함량을 분석하였음
 - 각 형태별로 배양된 홍국 고구마는 배양 일수 10, 20, 30일에 Monacolin-K 함량을 분석하였음. 분석방법은 건강기능식품공전에 수록(Ⅱ.2.5.2)되어있는 홍국의 총 Monacolin-K 함량 분석방법에 의거하여 분석하였으며. 표준용액은 mevinolin을 사용하였음
 - 홍국 고구마의 acidic form (MVA)은 22.79min에서, lacton form (MV)은 24.50 min에서 검출되었으며, 이는 표준물질인 mevinolin과 동일한 시간임 (그림 3)

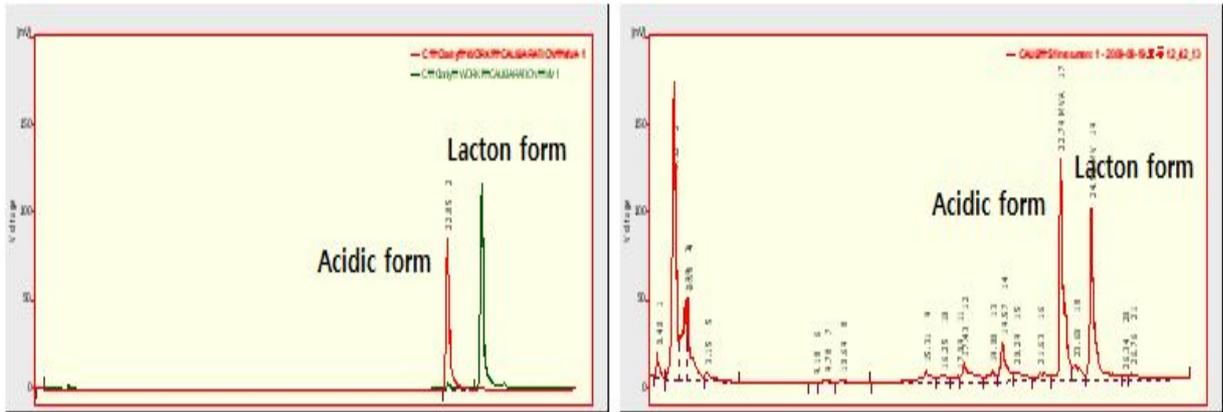


그림 3. 표준용액(좌)과 배양된 홍국고구마(우)의 Monacolin-K 크로마토그램

- 총 Monacolin-K 함량은 껍질을 제거하지 않은 절편 고구마가 $2,123.54 \pm 68.84$ mg/kg로 가장 높은 함량을 나타내었으며, 대조구인 현미에 비해 약 1.4 배 높은 함량을 나타내었음. 절편 고구마는 통고구마에 비해 전체적으로 높은 함량을 나타내었고, 껍질을 제거하여 배양 시 총 Monacolin-K 함량은 껍질을 제거하지 않은 고구마에 비해 낮은 함량을 나타내었음 (표 2)
- 이러한 결과는 고구마의 절편배양 시 통 고구마에 비해 균사체가 고르게 퍼져 균사체의 증식이 용이하여 높은 Monacolin-K 함량을 나타내었으며, 고구마 껍질에 존재하는 우수한 영양분에 의해 보다 높은 Monacolin-K 가 생성된 것으로 사료됨
- 기질변화에 의한 citrinin은 생성되지 않아 홍국고구마의 안정성 확보
- 홍국고구마 배양시 배양형태에 관계없이 멸균 및 배양과정에서 고구마의 상태가 배양 환경 및 작업공정상 적절하지 못하여 현미를 혼합한 형태의 배양조건을 실험하였음 (그림 4)
- 절편 고구마에 현미를 혼합하여 배양 후 고구마와 현미를 구분하여 각각의 Monacolin-K 함량을 분석하였음 (표 3). 현미와 혼합하여 배양한 고구마는 혼합하지 않은 처리구에 비해 전체적으로 다소 낮은 Monacolin-K 함량을 보였으나 현미를 혼합하여 배양함으로써 제조공정이 개선되었음
- 현미와 혼합배양한 고구마에서도 껍질을 제거한 고구마에 비해 껍질을 제거하지 않은 고구마에서, 통고구마에 비해 절편고구마에서 monacolin-K 함량이 높게 나타났음
- 배양형태에 따른 홍국 고구마의 Monacolin-K 함량 분석 결과를 종합하면 껍질을 제거하지 않은 절편고구마와 현미를 혼합배양 함으로써 가장 많은 함량의 monacolin-K 를 형성하였고 홍국 고구마의 제조공정 또한 개선되었음

표 2. 고구마 형태별 총 Monacolin-K 함량 (mg/kg)

고구마 형태	배양 일수		
	10 day	20 day	30 day
현미	56.65±6.35	734.25±15.74	1,518.63±65.17
통고구마	126.68±12.35	715.68±35.21	1,547.65±38.71
절편고구마	214.28±18.27	852.69±28.92	2,123.54±68.84
껍질제거 통고구마	345.57±20.93	1,255.35±68.94	1,388.36±54.28
껍질제거 절편고구마	267.98±8.25	887.14±45.82	1,712.54±96.74



그림 4. 다양한 배양형태에 따른 배양조건 확립. 고구마만으로 홍국을 배양했을 경우 배양환경 및 작업공정상 적절하지 못하여 현미를 혼합한 배양형태로 개선하였음

표 3. 현미 첨가 고구마의 Monacolin-K 함량 (mg/kg)

고구마 형태	배양 일수		
	10 day	20 day	30 day
현미	56.65 ±6.35	734.25 ±15.74	1,518.63 ±5.17
(통고구마 + 현미) 中 통고구마	185.68 ±1.25	688.68 ±53.33	1,478.54 ±25.69
(통고구마 + 현미) 中 현미	65.63 ±0.89	614.57 ±25.47	1,508.51 ±5.32
(절편고구마 + 현미) 中 절편 고구마	214.58 ±5.87	895.37 ±42.28	1,915.68 ±55.25
(절편고구마 + 현미) 中 현미	89.58 ±2.37	845.36 ±57.14	1,752.35 ±5.47
(껍질제거 통고구마 + 현미) 中 통고구마	195.67 ±21.63	598.57 ±26.85	1,425.68 ±24.10
(껍질제거 통고구마 + 현미) 中 현미	115.64 ±4.51	618.57 ±26.87	1,478.69 ±60.24
(껍질제거 절편고구마 + 현미) 中 절편 고구마	185.69 ±2.35	714.58 ±41.05	1,685.74 ±23.85
(껍질제거 절편고구마 + 현미) 中 현미	85.24 ±0.45	586.64 ±22.34	1,487.54 ±74.68

나. 현미첨가량별 배양일수에 따른 유효성분 분석

- 첨가된 고구마/현미의 비율에 따른 유효성분 함량 분석을 위해 각각 현미 500g, 700g을 기준으로 1/10~5/10의 비율로 홍국균 배양실험 실시
- 현미 500g을 기준으로 했을 경우 고구마/현미의 비율이 4/10~5/10에서 34~38일 배양후 monacolin-K 함량이 높게 나타났음 (표 4, 그림 5)
- 현미 700g을 기준으로 했을 경우 고구마/현미의 비율이 5/10에서 38일 배양후 monacolin-K 함량이 2639.21mg/kg으로 모든 실험구 중 가장 높게 나타났음 (표 5, 그림 6)
- 첨가된 현미/고구마의 중량에 따른 배양일수별 유효성분 분석결과 현미 700g에 고구마 350g이 적합한 것으로 확인됨
- 또한, 현미 500g에 고구마 200~250g 첨가하여 배양한 것보다 유효성분 함량이 높게 분석되어 최종적으로 대량생산을 위한 최적조건으로 **현미700g/고구마 350g** 확립

다. 온도 및 습도 등 배양환경에 따른 배양조건 확립

- ‘건기식 1배양실’ 온도 30℃, 습도 71%, ‘건기식 2배양실’ 27℃, 60%, ‘1배양실’ 25℃, 50%로 세가지 배양 조건을 설정하였음
- 건기식 1배양실의 경우 곰팡이의 생육 환경에 적합한 조건 유지 (온도 30℃, 습도 71%)를 위하여 대용량 가습기의 사용으로 가습효과 높임
- 곰팡이의 생육 조건인 온도, 습도, 양분의 적절한 환경조건을 갖춘 ‘건기식 1배양실’에서 배양한 홍국의 생육이 좋음 (표 6, 그림 7)
- 각 배양조건에서 36일 배양후 monacolin-K 함량을 분석한 결과 홍국균의 생육이 좋은 ‘건기식 1배양실’에서 배양한 홍국고구마가 2683.2mg/kg으로 가장 높음
- 가습을 할 경우 배양실의 윗부분보다 아랫부분의 습도가 높은 편인 반면 대차의 배양 봉투 위치별 Monacolin-K 함량은 큰 차이를 보이지 않음

라. 접종량에 따른 제조공정 확립

- 홍국균을 쌀에 배양할 경우 접종량은 100 mL로 설정되어 있음
- 고구마의 경우 흡수율이 높고 배양봉투당 중량이 쌀에 비해 많기 때문에 접종량에 따른 유효성분 함량을 분석하기 위하여 기존의 접종량 (100 mL)과 150 mL 접종시 Monacolin-K 함량을 비교하였음
- 고구마와 현미의 비율을 1:2로 하여 1kg을 각각 100, 150 mL의 홍국균으로 접종한 후 35일 배양후 monacolin-K를 분석하였음
- 분석 결과 150 mL 접종실험구가 100 mL 접종 실험구보다 monacolin-K 함량은 다소 증가하였으나, 유의성이 없는 것으로 분석되어 최종 접종량은 100 mL로 확립 (표 7, 그림 8)

표 4. 현미 500g 당 고구마의 적정배양 비율 (1/10~5/10)

현미(g)/ 고구마(g)	배양 일수 (day)							
	7	13	16	21	24	29	34	38
Control (현미 500g)	313.57	624.3	771.48	1080.92	1311.53	1337.67	1417.33	1435.89
500/50	355.41	737.99	1138.05	1286.49	1271.61	1729.63	2061.19	2035.87
500/100	401.25	878.71	935.63	1213.97	1344.13	1931.28	2161.26	2160.72
500/150	329.25	752.14	970.36	1270.07	1417.84	1778.68	2069.77	2139.33
500/200	390.39	954.98	1117.55	1385.04	1447.03	2109.06	2282.38	2256.52
500/250	385.00	852.73	1041.44	1387.81	1580.89	2055.06	2140.16	2238.90

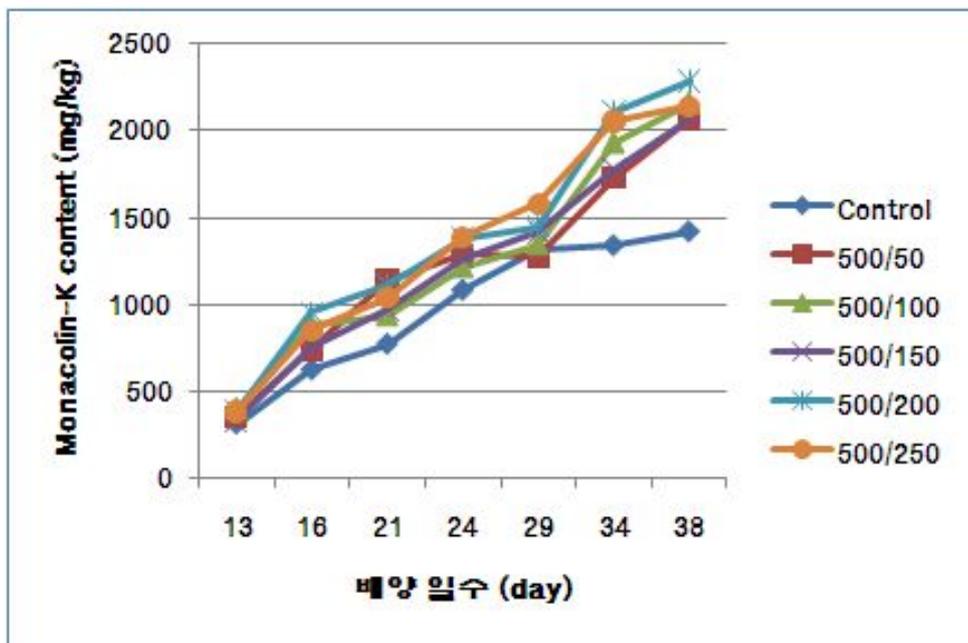


그림 5. 현미 500g 당 고구마의 적정배양 비율. 고구마를 첨가한 모든 실험구가 현미만 배양한 실험구에 비해 높은 monacolin-K 함량을 나타냄. 그중 현미:고구마의 비율이 5:2 또는 5:1에서 가장 높게 나타남

표 5. 현미 700g 당 고구마의 적정배양 비율 (1/10~5/10)

현미(g)/ 고구마(g)	배양 일수 (day)							
	7	13	16	21	24	29	34	38
Control (현미 700g)	335.46	748.98	1041.35	1187.67	1336.97	1407.35	1462.46	1502.05
700/70	365.83	975.04	1194.49	1367.99	1440.08	1942.87	2037.22	2059.18
700/140	315.5	1025.03	1318.27	1343.89	1540.75	2067.57	2289.63	2310.84
700/210	419.3	942.04	1285.71	1432.16	1499.82	2013.13	2153.99	2230.29
700/280	472.26	917.86	1083.98	1468.25	1632.32	2239.4	2205.14	2235.21
700/350	457.94	1109.99	1339.72	1463.21	1786.6	2399.19	2456.89	2639.21

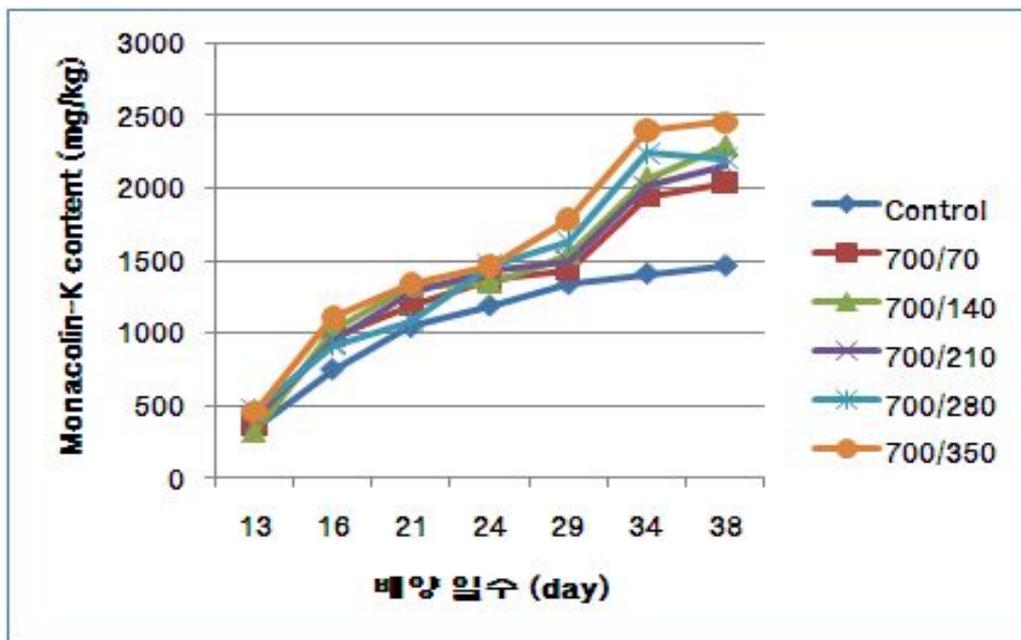


그림 6. 현미 700g 당 고구마의 적정배양 비율. 고구마를 첨가한 모든 실험구가 현미만 배양한 실험구에 비해 높은 monacolin-K 함량을 나타냄. 그중 현미:고구마의 비율이 5:1에서 가장 높은 함량을 나타냄

표 6. 배양온도 및 배양습도 환경에 따른 유효성분 함량 분석

배양 일수 (day)	배양실 (온도 °C/습도 %)	MVA (mg/kg)	MV (mg/kg)	MK (mg/kg)
21	건기식 1 (30/71)	884.5	552.4	1436.9
	건기식 2 (27/60)	595.6	466.4	1062.0
	배양실 1 (25/50)	612.4	495.4	1107.8
25	건기식 1 (30/71)	1224.7	975.1	2199.8
	건기식 2 (27/60)	712.5	528.7	1241.2
	배양실 1 (25/50)	759.2	553.6	1312.8
36	건기식 1 (30/71)	1557.4	1125.8	2683.2
	건기식 2 (27/60)	1042.9	887.7	1930.6
	배양실 1 (25/50)	1125.4	852.8	1978.2

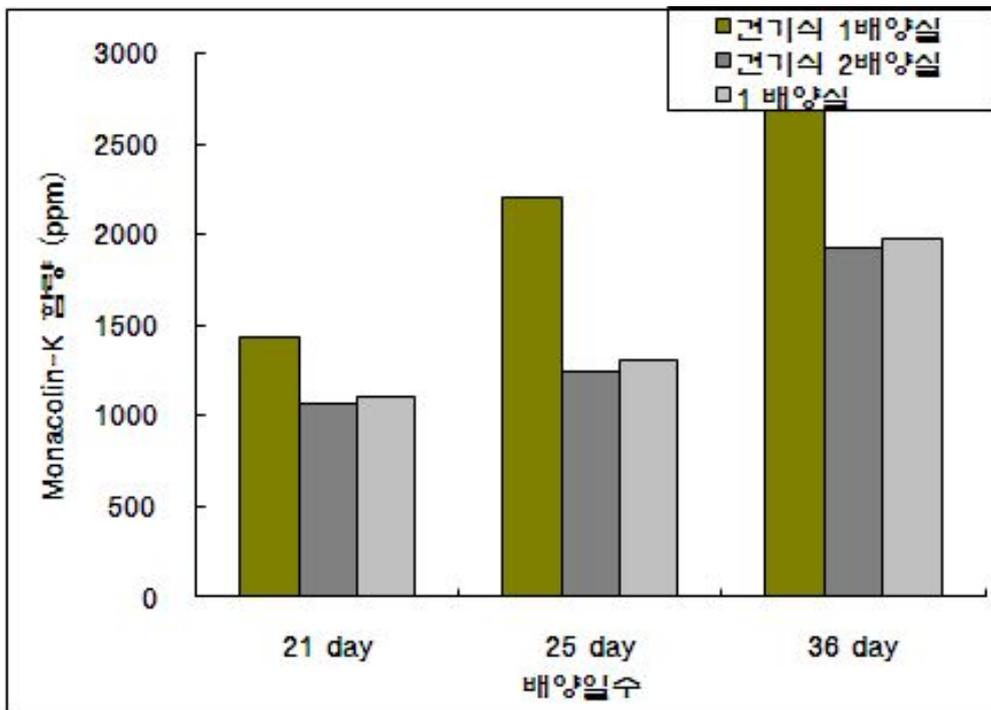


그림 7. 배양온도 및 배양습도 환경에 따른 유효성분 함량 분석. 홍국균의 생육에 적합한 환경인 온도 30°C, 습도 71%에서 monacolin-K 함량도 높게 나타남

표 7. 홍국균 접종량에 따른 유효성분 함량 분석

배양 일수 (day)	접종량 (mL)	MVA (ppm)	MV (ppm)	MK (ppm)
20	100	996.5	845.6	1,842.10
	150	1012.5	916.4	1,928.90
27	100	1,124.50	912.6	2,037.10
	150	1,178.40	987.3	2,165.70
35	100	1,467.50	1042.6	2,510.10
	150	1,458.40	1087.3	2,545.70

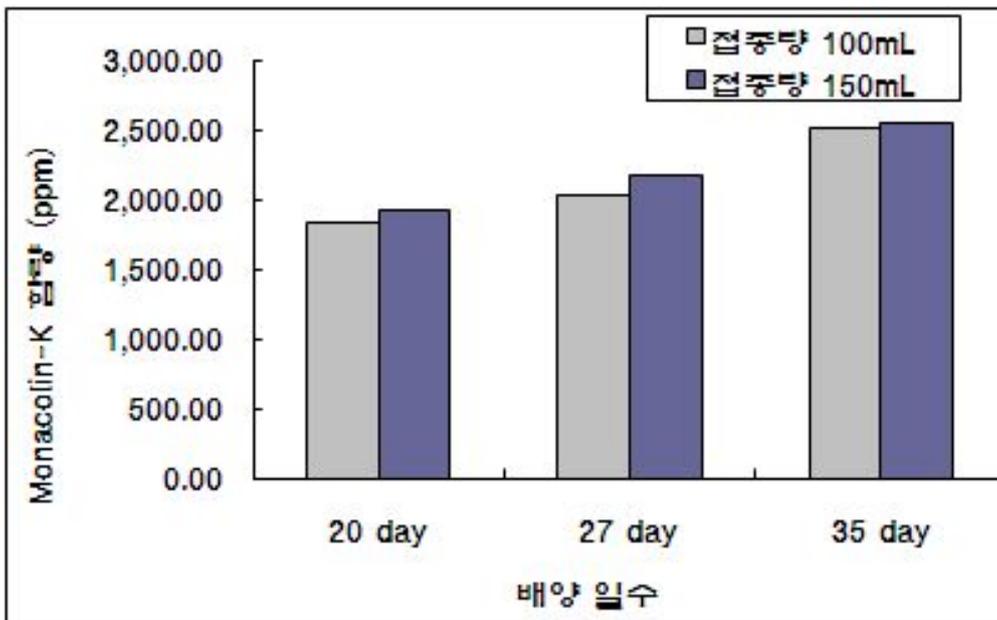


그림 8. 홍국균 접종량에 따른 유효성분 함량 분석. 접종량이 증가하였으나 배양일수가 길어질수록 유효성분 함량이 증가할 뿐, 최종 배양일인 35일에 분석한 monacolin-K 함량은 유의성을 보이지 않음

마. 교반횟수에 따른 제조공정 확립

- 홍국균을 고르게 자라도록 하기 위하여 제조공정 중 배양과정에서 교반작업을 수행함
- 전반적으로 교반횟수가 증가할수록 유효성분 함량도 증가하는 추세를 보임
- 최종 배양일인 36일에는 1회 교반에 비하여 3회 교반시 monacolin-K 함량은 약 50% 더 증가하여 총 2630.9mg/kg으로 확인되었음 (표 8, 그림 9)
- 교반작업으로 인해 홍국균이 균일하게 퍼져 영양분을 고르게 섭취할 수 있도록 하는 한편 잦은 스트레스로 인해 monacolin-K 함량이 증가한 것으로 사료됨

바. 배양일수에 따른 배양조건 확립

- 고구마의 형태별로 홍국을 배양한 후 5일 간격으로 monacolin-K 함량을 조사한 결과 배양 최종일인 35일의 함량이 높았으나 monacolin-K 함량 증가율이 30일과 35일 사이에는 격차가 크지 않았음 (표 9, 그림 10)
- 껍질제거 통고구마의 경우는 30일 배양에 비해 35일 배양시 유효성분 함량이 소폭 감소하였음
- 고구마와 현미를 1:2의 비율로 봉투당 1kg씩 멸균하여 홍국균 100 mL 접종 후 배양 하면서 최적의 배양일수를 확립하기 위하여 유효성분을 분석하였음
- 배양일수별로 monacolin-K 함량을 분석한 결과 36일 후로는 유효성분 함량이 크게 증가하지 않았으며 40~41일 배양시 가장 높은 함량을 나타냄 (표 10, 그림 11)
- 40일 이상 배양시 유효성분 함량의 증가추이가 저조함을 확인하였으며 따라서 40일 배양이 최적의 배양일수로 확인됨

사. 건조온도에 따른 제조공정 확립

- 건조 온도에 따른 monacolin-K의 안정성을 확인하고 적정 건조온도를 확립하기 위하여 40, 50, 60℃의 온도로 배양된 홍국고구마를 건조하였음
- 건조 온도가 높아짐에 따라 MK 함량은 다소 감소함 (표 11, 그림 12)
- 50℃, 60℃에서 10hr 건조 시 수분함량은 각각 4.2%, 3.6%를 나타내었으나, 40℃에서 10hr 건조시 수분함량은 8.7%로 자체 기준인 4%에 미달
- 작업 시간 및 연료비 등을 고려하여 가장 효율적인 50℃, 10hr 건조 조건을 확립하였음

표 8. 교반횟수에 따른 유효성분 함량 분석

배양 일수 (day)	교반횟수	MVA (mg/kg)	MV (mg/kg)	MK (mg/kg)
18	1회	654.7	357.5	1012.2
	2회	687.5	366.4	1053.9
	3회	702.5	381.4	1083.5
26	1회	867.4	487.2	1354.6
	2회	956.7	492.5	1449.2
	3회	1105.4	689.4	1794.8
36	1회	1047.2	697.4	1744.6
	2회	1125.6	727.4	1853.0
	3회	1554.1	1076.8	2630.9

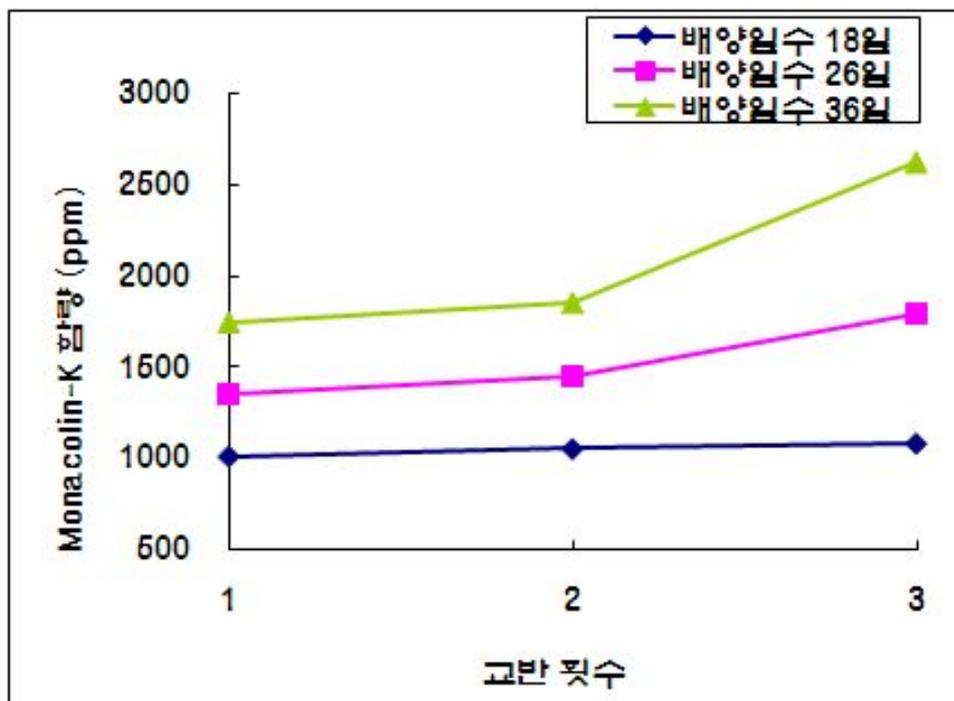


그림 9. 교반횟수에 따른 유효성분 함량 분석. 배양일수에 관계없이 모든 실험구에서 교반횟수가 증가할수록 유효성분함량이 증가하였으며 배양일수가 증가할수록 monacolin-K 함량이 큰 폭으로 증가하였음

표 9. 홍국고구마의 배양일수에 따른 유효성분 함량 분석

고구마 형태	배양 일수별 monacolin-K 함량 (mg/kg)					
	10 day	15 day	20 day	25 day	30 day	35 day
백미	56.65	175.65	234.25	278.59	354.32	371.21
현미	126.68	524.65	715.68	1,284.57	1,518.63	1,536.48
통 고구마	214.28	596.34	852.69	1,427.65	1,547.65	1,612.47
절편 고구마	345.57	785.47	1,255.35	1,756.35	2,123.54	2,207.84
껍질제거 통 고구마	232.67	422.58	754.65	1,125.54	1,388.36	1,362.68
껍질제거 절편 고구마	267.98	457.84	887.14	1,352.47	1,712.54	1,767.71

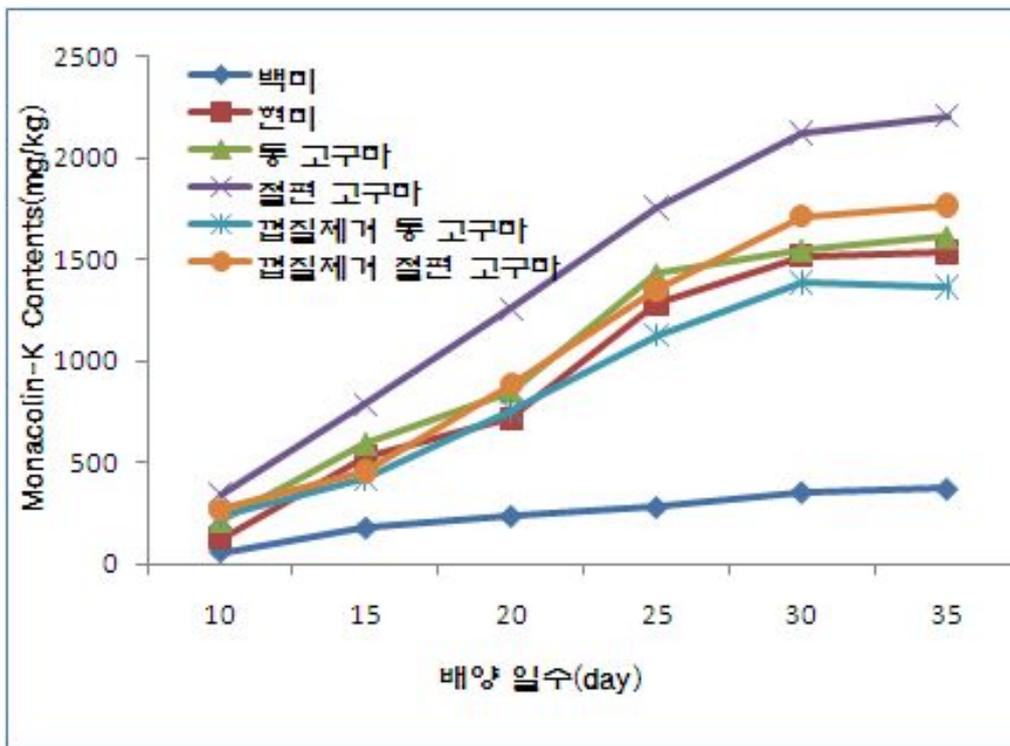


그림 10. 홍국고구마의 배양일수에 따른 유효성분 함량 분석. 홍국고구마의 경우 배양일수가 증가할수록 monacolin-K 함량도 증가하였으나 30~35일간의 유효성분 함량 증가폭은 크지 않았음

표 10. 현미혼합 홍국고구마의 배양일수에 따른 유효성분 함량 분석

배양일수 (A)	Monacolin-k 함량 (mg/kg)														
	11	14	18	21	23	25	28	29	31	33	35	37	39	41	43
0717-0905	785.76 ±79.63	1095.31 ±81.39	1256.4 ±72.91	1456.74 ±134.60	1824.17 ±13.67	1954.38 ±23.15	2067.69 ±42.90	2127.13 ±68.90	2208.27 ±76.75	2284.43 ±71.69	2355.62 ±26.31	2396.7 ±29.18	2421.94 ±45.51	2455.65 ±67.83	2439.71 ±28.09

배양일수 (B)	Monacolin-k 함량 (mg/kg)														
	7	9	11	14	15	17	19	21	23	25	27	29	31	36	40
0724-0919	234.57 ±6.31	326.64 ±13.08	469.5 ±22.16	812.67 ±52.46	991.55 ±32.10	1083.69 ±29.42	1217.84 ±65.65	1313.97 ±34.62	1507.74 ±8.28	1686.66 ±63.67	1724.35 ±28.71	1731.57 ±27.71	1937.08 ±71.65	2011.17 ±37.94	2090.78 ±15.05
0731-0922	327.87 ±30.12	489.67 ±25.05	724.68 ±114.41	1105.68 ±199.53	1289.62 ±56.74	1440.15 ±34.80	1602.53 ±38.63	1762.61 ±44.60	1917.10 ±58.64	1997.54 ±36.75	2054.31 ±56.00	2125.36 ±104.80	2178.62 ±80.79	2395.55 ±16.89	2431.97 ±85.08

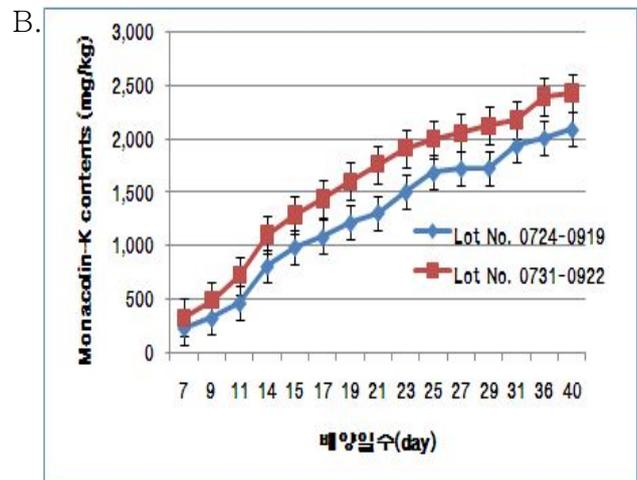
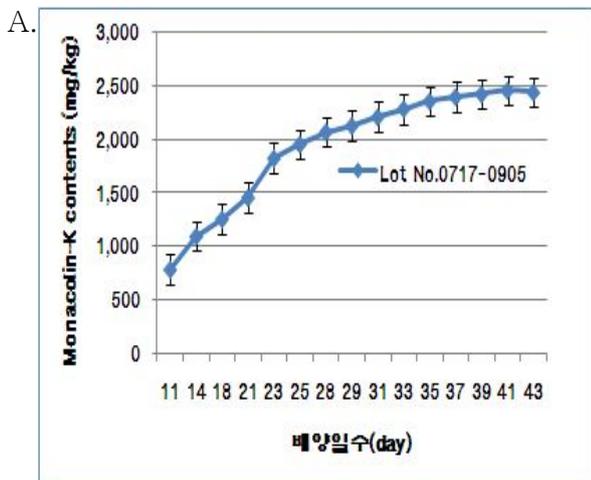


표 10. 현미혼합 홍국고구마의 배양일수에 따른 유효성분 함량 분석. A, B 실험구 모두 배양일수 36일 후부터 monacolin-K 함량 증가율이 크지 않았으며 A 실험구의 경우 40일 경과 후 유효성분 함량이 다소 감소하였음

표 11. 건조온도에 따른 유효성분 함량 분석

배양 일수 (day)	건조 온도 (°C)	MVA (ppm)	MV (ppm)	MK (ppm)
21	40	954.2	651.4	1605.6
	50	969.3	645.2	1614.3
	60	914.5	668.7	1583.2
28	40	1228.7	757.8	1986.5
	50	1156.7	724.7	1881.4
	60	1126.8	694.8	1821.6
38	40	1457.4	1054.8	2512.2
	50	1337.2	1047.4	2384.6
	60	1347.2	1001.5	2348.7

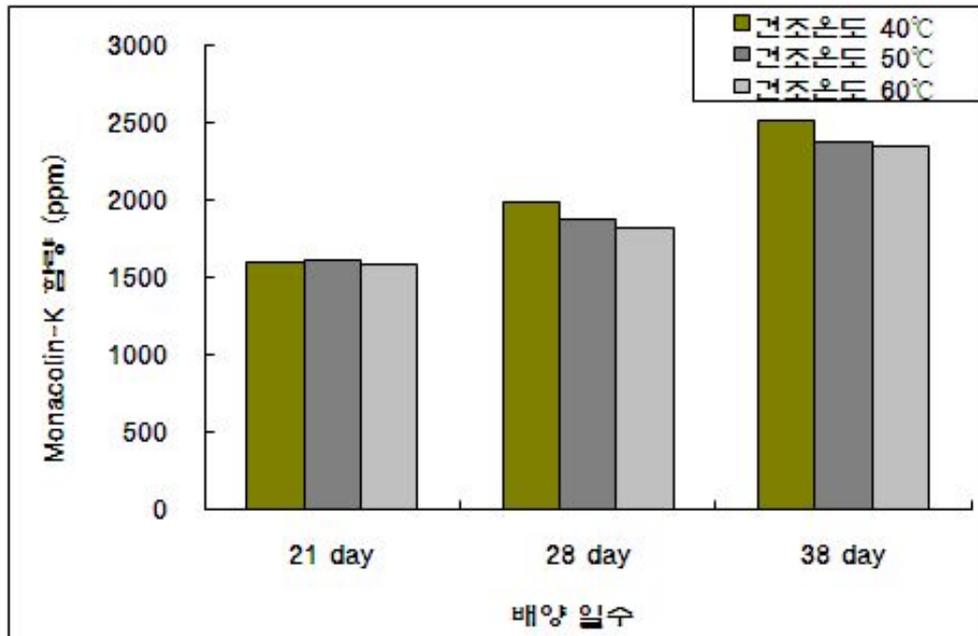


그림 12. 건조온도에 따른 유효성분 함량 분석. 배양일수에 상관없이 모든 실험구에서 건조온도가 높아질수록 monacolin-K 함량이 감소하였으나 40°C의 경우 건조시간이 크게 증가하였음

2. Monacolin-K 고함유 홍국고구마의 대량생산체계 확립

가. 홍국고구마의 대량생산체계 구축을 위한 최적의 배양조건 확립 (그림 13)

- 고구마와 현미를 1:2로 혼합하여 배양
- 홍국의 접종농도는 100mL
- 배양 중 교반 횟수는 3회
- 홍국의 배양일수 40일
- 배양중의 온도 30℃, 습도 70% 이상 유지
- 배양 후 2차 멸균 조건 100℃, 40분
- 2차 멸균 후 50℃에서 10시간 건조하여 수분함량 3~4%까지 건조
- 위의 조건으로 배양하여 현재 안정적으로 Monacolin-K 2,250mg/kg 이상을 함유하는 홍국고구마 생산 가능하며 추가적인 연구를 통하여 Monacolin-K 3,000mg/kg 이상을 함유하는 홍국고구마 생산 계획임

나. 홍국고구마의 대량 생산체계 구축 (그림 14)

- 홍국고구마를 배양 생산하기 위한 제조 공정도는 다음과 같음. 고구마는 세척 후 특수 제작된 멸균봉투에 고구마와 현미를 1:2 비율로 총 1kg 씩 담아 121℃에서 1시간 멸균
- 멸균된 고구마는 PDA 배지에 배양한 *Monascus pilosus* FNP1-5 305-9 균주를 고구마 중량의 10%가 되도록 접종하고, 온도와 습도를 30℃, 70%로 유지된 배양실에서 40일간 배양하며 배양 중 홍국균이 균질하게 자랄 수 있도록 3회 교반을 실시
- 40일간 배양 후 100℃에서 40분간 2차 멸균하여 균의 활성을 억제한 후 수분함량이 4% 내외가 되도록 50℃에서 10시간 건조하여 홍국 고구마를 제조

다. 대량생산공정에 따른 안정성 검사 (표 12)

- 홍국 고구마의 안전성은 citrinin생성 여부, bacteria와 coliform bacteria의 오염 유무로 판단
- 미생물 검사는 각 제조 공정별 실시. 각 형태별 홍국고구마 모두 미생물에 의한 오염은 발생하지 않았으며 이는 배양실내 오염원 차단 및 멸균공정에 의해 미생물에 의한 오염은 발생되지 않았음

3. 홍국고구마의 동물실험 원료공급 및 배변촉진, 혈액순환 개선 건강기능식품 개발

가. 2-1세부과제의 동물실험 원료 공급 (표 13)

- 동물 실험을 통해 홍국고구마의 배변촉진 및 혈액순환개선 효능을 검증하기 위한 원료로 절편 고구마로 배양된 홍국고구마를 80 mesh로 분말화하여 제 2-1 세부과제에 동물실험 원료로 제공
- 분말화한 홍국고구마의 총 Monacolin-K 함량은 2,048.24 mg/kg 임

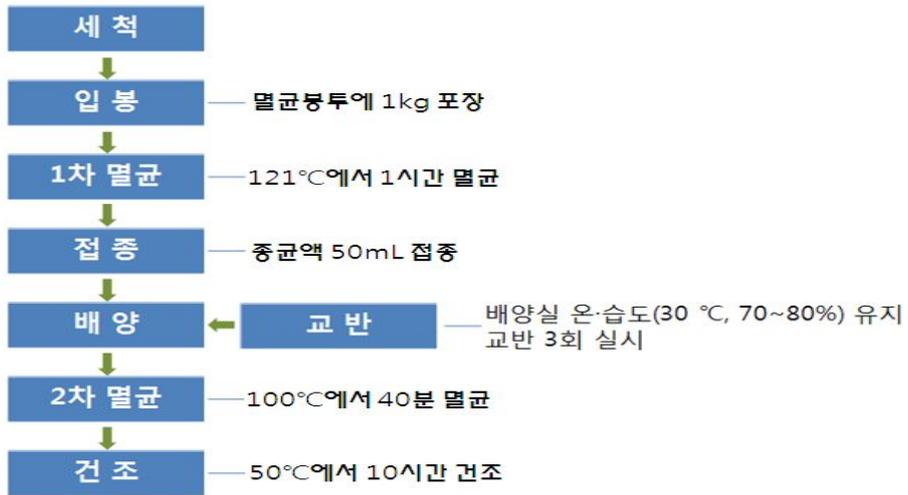


그림 13. 홍국고구마 배양조건을 추가한 제조 공정도



그림 14. 대량생산을 위한 홍국고구마의 제조공정도

표 12. 대량생산을 위한 제조 공정에 따른 안전성 검사

제조 공정	Bacteria	Coliform bacteria
1차 멸균 후	ND*	ND
접공 공정 후	ND	ND
배양 중	ND	ND
2차 멸균 공정 후	ND	ND
건조 공정 후	ND	ND

*ND : Not detected

표 13. 2-1세부과제에 공급된 동물실험 원료 (제2세부과제내 협력)

성상	분말
중량	10 kg
수분 함량	4.2 %
총 monacolin-k 함량	2,048.24±56.85 mg/kg

4. 시제품 제조

- 홍국고구마를 원료로 “홍국그레놀”과 “홍국캡슐” 2종의 시제품을 제작하였음
- 홍국그레놀 시제품(그림 15)은 80 mesh로 분쇄된 홍국고구마 98.9%와 맛 개선을 위해 아몬드향 분말 1.0% 및 효소처리스테비아 0.1% 를 혼합 후 스틱포에 3g을 충전하여 제조하였음
- 홍국그레놀 1포(3g)에 대한 영양 성분 함량은 열량 10.7kcal, 탄수화물 2.3g 단백질 0g, 지방 0g, 나트륨 0mg 로 나타내었으며, 1포 섭취 시 monacolin-k는 6.8 mg 섭취 할 수 있음
- 홍국캡슐 (그림 16)은 경질캡셀에 각각 300mg 및 500mg 충전하여 제조하였음. 부형제로 충전 시 흐름성 개선을 위해 유당분말과 이산화규소를 각각 8.5%, 1.5%를 첨가하였으며, 건강기능식품 홍국제품의 일일 Monacolin-K 권장 섭취량인 4~8mg에 적합하도록 300mg 캡셀은 일일 6개 섭취, 500mg 캡셀은 일일 4개 섭취 시 Monacolin-K 섭취량은 각각 4.0mg, 4.5mg 섭취 가능하도록 제조하였음
- 홍국고구마를 이용한 유효성분 2,250mg/kg 이상의 원재료 대량생산을 통해 일일 Monacolin-K 권장 섭취량인 4~8mg에 적합하도록 시제품 제작 후 일본시장에 샘플을 보내 시장성 파악
- 제품의 안정성은 확보되었으나 시제품의 일일 섭취량이 다소 많은 것으로 평가되어 출시를 연기함 (표 14)
- 홍국고구마의 유효성분 향상을 위한 추가실험과 개별인증절차를 통하여 건강기능식품 개발 및 출시 계획
- 건강기능식품의 개발을 위해서는 식품의약품안전청고시에 의거 건강기능식품 인정에 관한 규정에 적합한 기준을 충족해야함. 따라서 임상실험을 통하여 그 기능성을 인정

받기 위하여 본 과제에서 확립된 Monacolin-K 함유 홍국고구마의 대상생산 시스템과 개발된 시제품을 이용하여 임상실험 후 홍국고구마 건강기능식품을 출시하고자 함

○ 고농도 monacolin-K 함유 건강기능식품 출시를 앞두고 자체 브랜드 개발을 위하여 'Care in castle' 상표 제작 및 등록 완료. 'Care in castle'은 Circulation (혈액순환), Antiaging (노화방지), Reforming (체질개선), Energy (활력)을 뜻하는 단어들의 조합으로 monacolin-K의 기능성을 표현하며 이를 이용하여 인간의 건강을 지키며 굳건한 성과 같이 그 어떤 질병에서도 지켜내고자 하는 (주)에프앤피의 건강기능식품을 표현한 상표임 (그림 17)

A.



B.

1포(3g)	함량
열량	10.7kcal
탄수화물	2.3g
단백질	0g
지방	0g
나트륨	0mg
Monacolin-K	6.8mg

그림 15. 홍국그래놀 시제품 (A)과 영양 성분 함량 (B)



300mg 홍국캡슐



500mg 홍국캡슐

그림 16. 홍국캡슐 시제품

표 14. 홍국고구마를 이용한 고농도 monacolin-K 함유 건강기능식품 시제품 개발

제품 특징		
제품명	홍국 그래놀	홍국 캡슐
식품의 유형	건강기능식품 (계획)	건강기능식품 (계획)
시제품 형태		
내용량	3.0g x 30포(90g)/set	60g (500mg x 120capsule)/set
Monacolin-K 섭취량	1일 1회 1포 섭취시 6.8mg 섭취	1일 1회 4캡슐 섭취 시 4.5mg 섭취



그림 17. 고농도 Monacolin-K 함유 건강기능식품 출시를 위한 상표 개발

IV. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

i. 연도별 연구목표 및 연구개발목표의 달성도

년차	연구목표	연구성과	달성도
1차년도 (2009)	○ 고구마의 최적 배양조건 구명	- 홍국고구마 생산을 위한 고구마의 최적 배양조건 확립 - 생산공정별 최적조건 확립	100%
	○ 홍국균의 최적 배양환경 조성	- Monacolin-K 고함유 최적 배양 조건 확립	100%
	○ 동물실험 원료공급 및 건강기능식품 시제품 제작	- 2-1세부과제에 홍국고구마 동물실험 원료 제공 - 홍국그래놀, 홍국 캡슐 시제품 개발	100%
2차년도 (2010)	○ 배양공정 및 배양환경 최적화로 홍국고구마의 대량생산체계 확립	- 배양일수 및 배양공정, 온·습도 등의 배양환경 최적화로 고농도의 Monacolin-K를 함유한 홍국고구마의 대량생산체계 확립	100%
	○ 대량생산 체계를 이용한 홍국고구마 생산	- 대량생산 체계를 이용해 생산된 홍국고구마의 Monacolin-K 고함유, 안정성 확보 - 2-1세부과제에 홍국고구마 동물실험 원료 제공	100%
	○ 고농도 Monacolin-K를 함유한 건강기능식품개발	- 고농도 Monacolin-K를 함유한 그라놀, 캡슐 형태의 건강기능식품 개발 및 유효성분 안정성 검증 - 고농도 Monacolin-K 함유 건강기능식품 출시를 위한 'care in castle' 상표등록 - 임상시험은 자체연구개발 사업으로 추후 진행예정	100%

ii. 기술발전예의 기여도

1. 홍국의 유효성분을 증가시키는 새로운 배양체를 선발하여 대량생산체계를 확립함으로써 홍국을 이용한 건강기능식품의 원재료 영역을 확대
2. 고구마와 홍국의 기능성을 함유한 복합건강기능식품을 개발함으로써 홍국고구마의 고부가가치 창출로 인한 농가의 소득 향상
3. 소비자의 다양한 기호를 충족함으로써 고구마의 신수요 창출 및 우수 성공사례를 통한 소득증대 아이템 제공과 비전 제시

V. 연구개발결과의 활용계획

i. 실용화·산업화 계획

1. 홍국과 고구마의 기능성을 접목한 고기능성 홍국고구마 대량 생산으로 혈액순환 및 콜레스테롤수치 개선을 위한 건강기능식품 원료로 제공
2. 홍국고구마를 원료로 한 배변촉진 및 혈액순환개선 건강기능식품 개발·출시로 국내외 유통채널을 이용한 매출 증대
3. care in castle 상표 등록 : Circulation (혈액순환), antiaging (노화방지), reforming (체질개선), energy (활력)을 뜻하는 단어들의 조합인 care와 이들을 관리하여 몸을 건강하게 유지시키기 위한 (주)에프앤피의 노력을 표현한 상표로 자사의 고농도 monacolin-K 함유 건강기능식품 출시에 맞춘 상표를 개발하여 자사브랜드의 경쟁력 확보

ii. 추가연구, 타연구에 활용 계획

1. 홍국미는 일반식품 형태로 최초로 건강기능식품으로 인정받았으며 자사는 본과제를 수행함으로써 홍국발효 기술을 이용하여 고구마를 이용한 고농도 monacolin-K 함유 건강기능성 원재료를 생산하는데 성공하였음
2. 고농도 monacolin-K 함유 홍국고구마를 이용하여 홍국그레놀, 홍국캡슐 등 건강기능식품 개발에 성공하였음. 또한 고농도 monacolin-K 함유 홍국고구마를 대량생산함으로써 고구마와 홍국의 기능성을 결합한 복합기능성 건강기능식품 개발을 위한 원재료 확보에 성공하였음
3. 그러나 홍국고구마가 건강기능식품으로 인정받기 위해서는 홍국고구마를 이용한 임상실험이 수행되어 고구마의 효능과 홍국의 효능이 복합적으로 존재한다는 임상실험 결과가 요구됨

VI. 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 홍콩과 관련된 국내외의 임상시험 결과

- 중국 북경의과대학 동물임상시험 결과 : 0.8/kg/d (60kg성인기준, 하루 섭취량 48g) 섭취시 HDL콜레스테롤 비 총 콜레스테롤 비가 86% 감소하였으며, 부작용은 관찰되지 않았음
- 미국 UCLA 의학부 임상실험 결과(double-blind test) : 고지혈증 환자들에게 분말농축(10mg monacolin-k/2.4 캡슐), 1일 1캡슐을 2주 처방한 결과 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤이 크게 감소하였음
- 국내 인체임상실험 결과 : 서울시내 재학중인 중등도 이상의 비만아동(만 10~11세)을 대상으로 시험한 결과 체지방(p<0.05)감소, 콜레스테롤함량 17.52%감소, HDL-콜레스테롤 3.0% 증가, LDL-콜레스테롤 17.06% 감소

2. 학술지 발표 결과

- 인체 임상실험 결과 LDL-C, 총 콜레스테롤 (TC), triglycerides(TG) 및 apolipo-protein B의 감소효과를 나타냄 (Efficacy and safety of *Monascus purpureus* Went rice in subject with hyperlipidemia.)
- 실험결과 LDL-C, TC, TG의 현저한 감소 효과를 나타내어 고지혈증의 개선에 효과가 있는 것으로 확인됨 (Chinese red yeast rice (*Monascus purpureus*) for primary hyperlipidemia: a metaanalysis of randomized controlled trials.)
- 홍콩 추출물의 항산화력이 BHA와 비슷한 효과를 나타내며 혈소판 응집억제 효과를 나타냄 (Studies on the functional properties of red yeast rice.)
- 홍콩 투여군에서 혈압강하 효과를 나타냄 (The relations between antihypertensive effect and r-aminobutyric acid, mycelia weight and pigment of *Monascus*.)

VII. 참고문헌

- Akira Endo, Monacalin K, a new hypocholesterolemic agent produced by a *Monascus* species, *J. Antibiotics.*, 32, p852, 1979
- Akira Endo, Compactin(ML-236B) and related compounds as potential cholesterol-lowering agents that inhibit HMG-CoA reductase, *J. Medicinal.*, 28, 1985
- B.K Tang et al., Variable activation of lovastatin by hydrolytic enzymes in human plasma and liver, *Eur. J. Clin. Pharmacol.*, 47, p449, 1995
- Changling Li et al., Toxicity study for *Monascus purpureus*(Red Yeast) extract, *Inf. Chi. Pharmac.*, 12, p12, 1995
- Changling Li et al., A natural food product that lowers blood cholesterol in animal models of hypercholesterolemia, *Nutr. Res.*, 18, p71, 1998
- David Heber et al., Cholesterol-lowering effects of a proprietary Chinese red-yeast-rice dietary supplement, *Am. J. Clin. Nutr.*, 69,p231,1999
- Himeno Knmio, Function of beni-kiji and its utilization for food, *Nippon Shokuhin Kogto Gak kaishi*, 40, p49, 1997
- Jian J et al., The effects of Xuezhikang on serum lipid profile, thromboxan A2 and prostacyclin in patients with hyperlipidemia, *Chinese Journal of Internal Medicine*, 38, p517, 1999
- Keisuke Tsuji et al., Effect of Mycelial Weight on Hypotensive Activity of Beni-Koji in Spontaneously Hypertensive Rats, *Nippon Shokuhin Kogto Gakkaishi*, 39, p790, 1992
- Kiyoshi Inoue et al., Effect of beni-koji extracts on blood pressure in primary hypertensive volunteers, *Jpn. J. Nutr.*, 53, p263, 1995
- Ling Liu et al., Xuezhikang Decreases Serum Lipoprotein(a) and C-reactive Protein Concentrations in Patients with Coronary Heart Disease, *Clinical Chemistry*, 49, p1347, 2003
- Paulus A. Kroon et al., The effects of mevastatin on serum cholesterol levels of rabbits with endogenous hypercholesterolemia, *Atherosclerosis*, 44, p41, 1982
- Ricky Y.K et al., Lovastatin inhibits cholesterol synthesis and secretion in hepatic cells(HepG2), *Mol. Cell. Biochem.*, 233, p153, 2002
- Shan Zhiwei et al., Prospective study on Zhitai capsule in the treatment of primary hyperlipidemia *Nat'l. med. J. China.*, 76, p156, 1996
- Sun J., Red Rice Yeast, *Natural Medicine Online*, 2000

- Tobert JA et al., Cholesterol-lowering effects of mevinolin, an inhibitor of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme a reductase, in healthy volunteers, *J. Clin. Invest.*, 69, p913, 1982
- Toshio Kushiro et al., Clinical effects of beni-koji in mild essential hypertension, A multicenter double blind comparison with placebo, *Jpn. J. Nephrol.*,38, p625, 1996
- Wang J et al., Multicenter clinical trial of the serum lipid-lowering effects of a *Monascus purpureus*(Red Yeast) rice preparation from traditional Chinese medicine, *Curr. Therapeutic. Res.*, 58, p964, 1997
- Wei Jin et al., A Comparative Study of Xuezhikang and Mevalotin in treatment of Essential Hyperlipidemia, *Chinese Journal of New Drugs*, 6, p265, 1997
- Wei Wei et al., Hypolipidemic and anti-atherogenic effects of long-term cholestin in cholesterol fed rabbits, *J. Nut. Biochem.*, 14, p314, 2003

제 7 절

고구마를 이용한 감압유탕스낵 및 재성형 냉동제품 개발

Development of vacuum fried snacks and
restructured frozen products using sweet potatoes

연구책임자

한국식품연구원

박 사 최 희 돈

목 차

I. 연구 개요	325
II. 연구수행 방법	325
1. 고구마를 이용한 감압유탕스낵 및 재성형 냉동제품 개발	325
가. 감압유탕스낵 개발	325
(1) 유통방법별 고구마 스낵의 품질특성 비교	325
(2) 감압유탕을 위한 적정 전처리 조건 확립	327
(3) 자색고구마의 안토시아닌 색소 용출 최소화를 위한 최적 열처리 및 당침조건 설정	328
나. 재성형 냉동제품 제조를 위한 퓨레의 물성조절기술 확립	329
(1) 고구마의 적정 전처리 기술 확립	329
(2) 고구마 퓨레의 물성조절 방법 확립	331
다. 재성형 냉동제품 개발	332
(1) 재성형 고구마 튀김 개발	332
(2) 재성형 균고구마 개발	332
(3) 고구마 푸딩 개발	333
III. 연구수행 결과	334
1. 고구마를 이용한 감압유탕스낵 및 재성형 냉동제품 개발	334
가. 감압유탕스낵 개발	334
(1) 유통방법별 고구마 스낵의 품질특성 비교	334
(2) 감압유탕을 위한 적정 전처리 조건 확립	338
(3) 자색고구마의 안토시아닌 색소 용출 최소화를 위한 최적 열처리 및 당침조건 설정	342
나. 재성형 냉동제품 제조를 위한 퓨레의 물성조절기술 확립	348
(1) 고구마의 적정 전처리 기술 확립	348
(2) 고구마 퓨레의 물성조절 방법 확립	351
다. 재성형 냉동제품 개발	354

(1) 재성형 고구마 튀김 개발	354
(2) 재성형 군고구마 개발	358
(3) 고구마 푸딩 개발	361
IV. 참고문헌	366

I. 연구 개요

- 감압유탕 고구마 스낵 개발
- 재성형 냉동제품 제조를 위한 푸레의 물성조절기술 확립
- 재성형 군고구마 제품 개발
- 재성형 고구마 튀김 제품 개발

II. 연구수행 방법

1. 고구마를 이용한 감압유탕스낵 및 재성형 냉동제품 개발

가. 감압유탕스낵 개발

(1) 유탕방법별 고구마 스낵의 품질특성 비교

(가) 고구마

본 실험에 사용한 고구마는 경기도 여주의 일반 고구마, 전라남도 해남의 황색 고구마, 전라남도 해남의 자색 고구마로서 4℃ 냉장고에서 보관하면서 사용하였다.

(나) 상압유탕

고구마를 깨끗이 세척 후 박피하여 껍질을 제거하였으며, 2.0 ± 0.2 mm의 두께로 절단하고 표면의 전분을 세척하여 제거하였다. 갈변을 억제하기 위하여 1분 40초간 끓는 물에서 blanching 후 40 °Bx 말토덱스트린에서 2시간 당침하였으며, 당침 후 시료에 묻은 당액을 제거한 뒤 동결시키고, 동결한 시료를 170℃의 현미유에 2분 30초 동안 유탕하고 400 rpm의 속도로 회전시켜 탈유한 다음 분석에 사용하였다.

(다) 감압유탕

고구마를 박피한 후 상압유탕 조건과 동일한 조건으로 전처리하여 동결한 시료를 철제 basket에 넣고 밀폐된 감압유탕기(RB-2SS, Sakuma, Japan)에서 유탕하였다. 이때 유탕온도는 시작온도 105℃에서 시료를 투입하고 90℃에서 30분 동안 현미유로 유탕한 후 basket을 올려 진공을 유지한 상태에서 400 rpm의 속도로 회전시켜 탈유하였으며, 이때 진공 압력은 20 kPa이었다.

(라) 수분 및 조지방 함량

수분과 조지방 함량은 AOAC법에 따라 측정하였다.

(마) 색도

고구마 스낵의 색도는 색차계 (Spectrocolorimeter, ColorQUEST II, Hunter Associates Laboratory Inc., Cambridge, MA, USA)를 이용하여 L, a, b 값으로 나타내었다. 표준편으로 이용한 백색판의 L, a, b 값은 각각 94.22, -0.93, 0.91이었으며 이 백색판을 기준으로 하여 각 시료의 색도를 3회 반복 측정하였다.

(바) 기계적 조직감

경도는 Texture analyser (TA-XT2, Stable Micro System, UK)를 사용하여 측정하였다. 지름이 3 mm인 원통형 probe를 사용하여 2 mm/s의 속도로 puncture test를 실시하였으며 경도는 최대 peak 값을 g force 단위로 나타내었다.

(사) 총 카로티노이드 함량

일반 고구마와 황색 고구마 동결건조 분말 및 스낵 동결건조 분말 1 g에 acetone을 가하여 고속의 blender에서 5분간 마쇄하고 교반하여 추출물을 제조하고 이를 원심분리(7,000 rpm, 25분)하여 상정액을 얻었으며, 이 상정액을 분액깔때기에 모아 에테르 50 mL를 첨가하여 혼합한 후 증류수 100 mL로 5회 씻어 acetone을 제거하였고 sodium sulfate를 소량 첨가하여 남아 있는 수분을 제거한 후 감압농축기로 농축하여 에테르를 제거하였다. 농축된 추출물을 100 mL 정량 플라스크에 옮기고 n-hexane으로 정용하여 분석에 사용하였다. 총 카로티노이드 정량을 위해 spectrophotometer로 450 nm에서 추출물의 흡광도를 측정하였으며, β -carotene 상당의 mg%로 산출하였다.

(아) 총 안토시아닌 함량

동결건조한 자색고구마 분말 0.5 ~ 1 g에 메탄올과 0.05 N HCl을 85:15 비율로 혼합한 용액 10 mL와 혼합한 후 원심분리기(Eppendorf, 5415, Germany)를 이용하여 7,000 rpm에서 5분간 원심분리하여 상정액을 취한 후 남은 잔사에 혼합 용액을 넣어 다시 위 과정과 동일하게 반복하여 상정액을 모아 추출물로 사용하였다. 각 추출물의 단량체 안토시아닌 (monomeric anthocyanin) 함량의 측정은 spectrophotometric pH differential protocol을 이용하여 측정하였다(11). 추출물은 0.025 M KCl-HCl buffer(pH 1.0) 및 0.4 M sodium acetate buffer(pH 4.5)로 1/4 희석하여 용해한 후 15분간 발색시켜 510 nm와 700 nm에서 각각 흡광도를 측정하였다.

측정치는 다음의 식에 대입하여 안토시아닌 함량을 산출하였다.

$$\text{Total monomeric anthocyanin(mg/mL)} = (A \times MW \times \text{dilution ratio} \times 1000) / \epsilon$$

$$[A = (A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH } 1.0} - (A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH } 4.5}]$$

여기서 MW는 cyanidin 3-glucoside의 분자량(449.2), ϵ 은 molar absorptivity (26,900)이다.

(자) 기호도 검사

고구마 스낵에 대한 기호도 조사는 훈련된 10명의 관능요원을 대상으로 유탕방법을 달리하여 제조한 스낵에 대해 색, 맛, 조직감 및 종합적인 기호도에 대한 관능검사를 실시하여 9점 척도법으로 표시하도록 하였다.

(차) 통계처리

모든 실험은 3회 반복하였으며 실험치는 평균값과 표준편차로 표시하였고, 모든 실험 결과의 통계적 유의성은 Student's *t*-test로 하였으며 *p* 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

(2) 감압유탕을 위한 적정 전처리 조건 확립

(가) 전처리 조건

고구마 스낵 제조를 위한 적정 전처리 공정은 다음의 4단계로 이루어졌다. 1단계는 조직의 연화와 효소적 갈변을 막기 위한 블랜칭 조건을 확립하기 위하여 호박고구마를 세척후 박피하고 2.0±0.2 mm의 두께로 절단한 시료를 100℃에서 30, 60, 90, 120초 동안 블랜칭하여 동결한 후 감압유탕 처리한 시료를 관능검사를 통하여 최적의 블랜칭 조건을 선별하였으며, 2단계는 고구마 스낵의 단맛을 부여하기 위한 당침공정을 확립하기 위하여 당침처리에 사용한 당으로 설탕, 포도당, 프락토 올리고당, 말토덱스트린 (DE 5, 10, 14~20)을 종류별로 40 °Bx로 맞추어 실온에서 2시간 동안 당침하여 동결한 후 감압유탕 처리한 시료를 관능검사를 통하여 최적의 조건을 선별하였다. 또한 3단계로 최적의 단맛을 결정하기 위하여 2단계에서 선별된 당을 농도 20, 30, 40 °Bx에서 각각 2시간 동안 당침하여 동결한 후 감압유탕 처리한 시료를 관능검사를 통하여 최적의 조건을 선별하였으며, 4단계로 당침시간을 결정하기 위하여 1, 2, 3단계에서 결정된 조건으로 처리 후 당침시간을 0.5, 1, 2, 3시간 동안 처리 후 동결하여 감압유탕 처리한 시료를 관능검사를 통하여 최적의 조건을 선별하였다.

(나) 감압유탕

상기 조건과 동일한 조건으로 처리하였다.

(다) 색도, 조직감, 관능검사 및 통계분석

상기 방법과 동일한 방법으로 처리하였다.

(3) 자색고구마의 안토시아닌 색소 용출 최소화를 위한 최적 열처리 및 당침조건 설정

(가) 열처리

블랜칭은 자색고구마를 세척후 박피하고 2.0 ± 0.2 mm의 두께로 절단한 시료를 100°C 의 끓는 물에서 0~5분 동안 처리하였으며, 스팀처리는 절단한 자색고구마를 Steam cuisine (Tefal)를 사용하여 0~10분 동안 처리하였다. 열처리한 시료를 동결건조하여 안토시아닌 함량과 항산화성을 분석하였다.

(나) 당침처리

상압당침은 절단한 자색고구마를 Steam cuisine을 사용하여 3분 동안 처리한 후 40°Bx 말토덱스트린(DE 5) 용액과 1:10(w/v)의 비율로 혼합한 후 실온에서 0~3시간 동안 당침하였으며, 감압당침은 상압당침과 마찬가지로 스팀처리한 절단 자색고구마를 40°Bx 말토덱스트린(DE 5) 용액과 1:10(w/v)의 비율로 혼합한 후 진공건조기 (Barnstead International, USA)에서 600 mmHg의 진공압력으로 0~2시간 동안 처리하였다. 당침처리한 시료를 동결건조하여 안토시아닌 함량과 항산화성을 분석하였다.

(다) 감압유탕

상기 방법과 동일한 방법으로 처리하였다.

(라) 안토시아닌 함량

상기 방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

(마) 항산화 활성

안토시아닌 함량 분석을 위한 추출물 제조방법과 동일한 방법으로 항산화 활성분석을 위한 추출물을 제조하였다. 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성은 DPPH 자유 라디칼에 대한 환원력을 측정하였다. EtOH에 녹인 0.2 mM DPPH 용액 1 mL, EtOH 1 mL와 각 농도별로 희석한 시료 0.5 mL를 혼합하여 15분경과 후에 520 nm에서 흡광도를 측정하였다.

(바) 미세구조

감압유탕 스낵의 미세구조를 조사하기 위하여 탈지한 스낵의 표면을 금과 백금으로 200~300 Å 두께로 피복한 후 주사전자현미경 (SEM, Hitachi, Japan)으로 가속전압 20 kV에서 100배로 관찰하였다.

(사) 색도 및 기계적 조직감

상기 방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

(아) 가용성 고형분량

탈지한 감압유탕 스낵의 분말 1.5 g을 50 mL 원심분리 튜브에 넣고 증류수 20 mL를 가하여 분산시킨 후 30°C에서 30분간 방치한 다음 25,000×g에서 30분간 원심분리하였다. 상등액을 미리 항량을 구한 정량수기에 넣어 105°C에서 건조시켜 고형분량을 측정하여 가용성 고형분량을 산출하였다.

(자) 관능검사 및 통계처리

열처리 및 당침조건을 달리하여 제조한 감압유탕 스낵의 관능검사를 위해 훈련된 관능검사원 10명을 대상으로 외관, 맛, 조직감 및 종합적 기호도에 대하여 9점 기호척도법으로 관능검사를 실시하였으며, 결과는 SAS 통계 프로그램(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 분산분석을 하고 Duncan's multiple range test로 시료간 유의차를 검증하였다.

나. 재성형 냉동제품 제조를 위한 푸레의 물성조절기술 확립

(1) 고구마의 적정 전처리 기술 확립

(가) 고구마 푸레 제조

상기 방법과 동일한 방법으로 처리하였다.

(나) 재성형 고구마튀김 제조

재성형 고구마튀김을 제조시 유탕할 때 고구마 조직의 부서짐을 방지하고 단맛을 부여하기 위하여 Table 1의 배합으로 알긴산과 감자 후레이크, 설탕을 첨가하였다.

재성형 고구마튀김 제조는 먼저 고구마 푸레, 감자 후레이크, 설탕을 혼합하여 저속으로 균질화한 혼합물에 알긴산과 sucrose를 추가로 첨가하여 고속으로 균질화한 후 strip 형태의 튀김으로 성형하여 -70°C 냉동고에 넣어 급속 동결하였으며, 이를 대두유로 170~180°C에서 2분 동안 유탕하여 재성형 고구마튀김을 제조하였다.

Table 1. Basic formula of restructured fried sweet potato for establishment of the optimal pretreatment method

	Sweet potato puree	Alginate	Potato flake	Sucrose	Water	Total
Formula (%)	85	0.5	7	3.5	4	100

(다) 고구마 푸레의 이화학적 특성 분석

1) 수분흡수지수와 수분용해지수

고구마 푸레를 동결건조하여 분쇄하여 40 mesh 체에 거른 분말을 시료로 사용하였으며, 실온에서 미리 무게를 측정된 50 mL 원심분리관에 고구마 분말 2.5 g과 증류수 30 mL를 혼합하여 30°C에서 30분 동안 진탕 후 6,500 rpm에서 15분 동안 원심분리(4°C)하였다. 상징액에 용해되어 있는 양(A)과 원심분리 후 수분을 함유한 침전물의 무게 증가량(B)을 측정하여 수분흡수지수(water absorption index, WAI)와 수분용해지수(water solubility index, WSI)를 계산하였다.

2) 현미경

시료 0.05 g을 15 mL 튜브에 취한 후 0.08% trypan blue 용액 10 방울을 넣어 6분 동안 염색시켰다. 염색된 시료에 2.5 mL의 증류수를 넣고 1분 동안 교반한 후 시료 1 방울을 슬라이드 글라스에 떨어뜨린 후 150배의 배율로 현미경 관찰하였다.

3) 색도

상기 방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

4) 당도

당도는 고구마푸레와 증류수를 1:1로 비율로 혼합한뒤 원심분리하여 얻은 상징액을 0.45 µm 필터로 여과하여 디지털당도계(Atago PAL-1, Japan)를 사용하여 측정하였고 °Bx로 표시하였다.

(라) 재성형 고구마 튀김의 특성

1) 색도

상기 방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

2) 기계적 조직감

재성형 고구마 튀김의 압착강도는 Texture analyser (TA-XT₂, Stable Micro System, UK)를 사용하여 측정하였다. 지름이 25 mm인 원통형 probe를 사용하여 2 mm/s의 속도로 시료 높이의 50%까지 압착하여 걸리는 힘으로 강도를 나타내었으며, 강도는 최대 peak 값을 g force 단위로 나타내었다.

3) 관능검사

상기 방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

(2) 고구마 퓨레의 물성조절 방법 확립

(가) 고구마 퓨레 제조

상기 방법과 동일한 방법으로 처리하였다.

(나) 알긴산과 황산칼슘 첨가에 의한 퓨레의 물성조절

고구마 퓨레의 물성을 조절하기 위하여 퓨레 100에 대해 알긴산(0.25~1.0%)과 황산칼슘(0.13~0.5%)의 첨가량을 달리하여 혼합하였다. 알긴산을 퓨레에 먼저 혼합하여 Kitchen Aid 믹서로 저속으로 균질하고 황산칼슘은 소량의 물에 용해하여 혼합한 후 고속으로 균질하였다.

(다) 재성형 고구마 튀김 제조

알긴산과 황산칼슘 첨가에 의한 퓨레의 물성조절 효과를 확인하기 위해 Table 2와 같이 알긴산과 황산칼슘의 첨가량을 달리하여 상기 방법에 의해 재성형 고구마 튀김을 제조하였다.

Table 2. Formulas of restructured fried sweet potato for establishment of the optimal condition for the rheology control of puree

	Sweet potato puree	Potato flake	Sucrose	Alginate	CaSO ₄	Water	Total
Formula 1	85.37	4	4	0.5	0.13	6	100
Formula 2	84.87	4	4	1	0.13	6	100
Formula 3	84.75	4	4	1	0.25	6	100

(라) 고구마 퓨레 및 재성형 튀김의 이화학적 특성 분석

1) 동적 점탄성

알긴산과 황산칼슘의 첨가량을 달리하여 제조한 고구마 퓨레의 동적 점탄성은 25℃로 설정된 rheometer (AR1000, TA Instruments, USA)의 plate-plate system(직경: 4 cm, 간격: 500 μm)을 이용하여 3% strain에서 진동수(frequency, ω) 0.5 ~ 40 rad/sec 범위에서 저장 탄성률(storage modulus, G'), 손실 탄성률(loss modulus, G'')을 측정하였다.

2) 기계적 조직감 및 관능검사

상기 방법과 동일한 방법으로 분석하였다.

다. 재성형 냉동제품 개발

(1) 재성형 고구마 튀김 개발

(가) 고구마 퓨레 제조

상기 방법과 동일한 방법으로 처리하였다.

(나) 고구마 튀김 배합비 및 제조

고구마 튀김 제조를 위한 기본 배합비율은 Table 3과 같다. 유탕시 고구마 조직의 부서짐을 막고 감미를 부여하기 위하여 알긴산과 황산칼슘, 감자 후레이크, 설탕을 1, 0.25, 4, 4%씩 각각 첨가한 기본 배합비를 대조구로 하고 조직감을 개선하기 위한 첨가제로 알파전분과 계란분말을 선정하였으며 이를 기본배합에 각각 2, 4%를 첨가하였다. 또한 상기 방법과 동일한 방법으로 고구마 튀김을 제조하였다.

Table 3. Formulas for manufacturing of restructured fried sweet potato

	Alginate	CaSO ₄	Puree	Potato flake	Sucrose	Egg powder	α-Corn starch	Water	Total
Control	1	0.25	85	4	4	-	-	6	100
Egg 2%	1	0.25	83	4	4	2	-	6	100
Egg 4%	1	0.25	79	4	4	4	-	6	100
α-Starch 2%	1	0.25	83	4	4	-	2	6	100
α-Starch 4%	1	0.25	79	4	4	-	4	6	100

(다) 동적 점탄성, 기계적 조직감 및 관능검사

상기 방법과 동일한 방법으로 측정하였다.

(2) 재성형 군고구마 개발

(가) 군고구마 제품 배합비 및 제조

군고구마 제품의 기본 배합비는 고구마튀김과 마찬가지로 Table 3과 동일한 배합으로 실시하였다. 군고구마의 제조공정은 Fig. 1에서 나타낸 것과 같이 먼저 고구마 퓨레와 감자 후레이크, 설탕, 계란분말, 알파전분 그리고 알긴산을 물에 용해시켜 Kitchen Aid 믹서를 사용하여 speed 2에서 3분간 처리하였으며, First stage에서 혼합한 혼합물에 물에 용해시킨 황산칼슘을 추가로 첨가하여 speed 4에서 5분간 처리한 후 성형하여 오븐 160~170°C에서 30분 동안 baking한 것을 시료로 분석에 이용하였다.

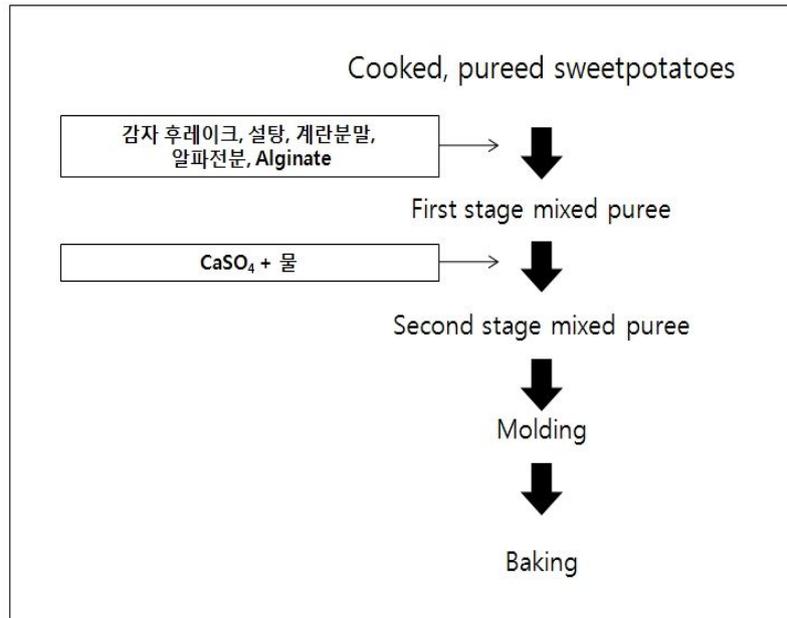


Fig. 1. Manufacturing process of restructured roasted sweet potato

(다) 관능검사

상기 방법과 동일한 방법으로 측정하였다.

(3) 고구마 푸딩 개발

(가) 고구마 푸레 제조

호박고구마를 사용하여 상기 방법과 동일한 방법으로 푸레를 제조하였다.

(나) 겔 제조

젤라틴(Gelatin)은 동물의 결합조직을 구성하고 있는 주요 단백질인 콜라겐이 가열, 분해되어 수용성 성분이 용출된 것으로서 이를 가열하면 졸(Sol)이 되며, 냉각하면 겔(Gel)이 되는 성질이 있다. 졸화과정에서 3~10°C 정도의 냉수를 사용하였고, 용해과정에서 60~70°C 정도의 따듯한 물을 사용하였다. 겔화과정에서는 냉장온도(3~10°C)에서 90~120분 보관하였다. 1.5~2%의 농도에서 응고가 가장 잘 되기 때문에 2%의 젤라틴을 첨가하였다.

(다) 관능검사

제조한 고구마 푸딩의 관능평가는 각 항목별로 푸레, 분유, 과일 농축액, 생크림, 고구마 향, 치자농축액, 고구마 다이스트 함량에 따른 기호도의 차이를 평가하였다. 선정된 관능요원은 7명의 전문패널을 구성하여 9점 척도법으로 평가하였고 각 패널이 두 번의 세션에 걸쳐 채점하는 반복 실험이 이루어 졌다.

III. 연구수행 결과

1. 고구마를 이용한 감압유탕스낵 및 재성형 냉동제품 개발

가. 감압유탕 스낵 개발

(1) 유탕방법별 고구마 스낵의 품질특성 비교

(가) 수분 및 유지함량

상압유탕 및 감압유탕 처리하여 제조한 품종별 고구마 스낵의 수분과 유지함량을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 수분함량의 경우 상압유탕 스낵 $2.6\pm 0.2\sim 3.1\pm 0.1\%$, 감압유탕 스낵 $1.2\pm 0.0\sim 1.4\pm 0.1\%$ 로 나타나 감압유탕 스낵이 상압유탕 스낵에 비해 약 50% 정도 낮은 수분함량을 나타내었다. 유지함량의 경우에도 상압유탕 스낵 $21.6\pm 0.5\sim 25.3\pm 0.9\%$, 감압유탕 스낵 $10.1\pm 1.3\sim 12.4\pm 1.3\%$ 로 나타나 감압유탕 스낵이 상압유탕 스낵에 비해 월등히 낮은 유지함량을 나타내었다. 이와 같이 감압유탕 스낵이 상압유탕 처리했을 때 보다 수분함량과 유지함량이 낮은 이유는 유탕 후 탈유시 동일한 회전력으로 낮은 압력하에서 탈유가 되기 때문에 스낵내 수분과 유지가 쉽게 빠져나올 수 있기 때문인 것으로 판단된다. 품종별 고구마를 상압유탕과 감압유탕으로 제조한 스낵의 외관을 측정된 결과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 외관상에서도 감압유탕으로 처리한 스낵보다 상압유탕 처리에 의한 스낵이 훨씬 지방을 많이 함유하고 있는 것을 확인할 수 있다.

Table 4. Moisture and oil content of snacks prepared from various sweet potato cultivars by different oil frying methods

Cultivars	Oil frying	Moisture content (%)	Oil content (%)
Sweet potato	Atmospheric frying	$2.7\pm 0.0a$	$21.6\pm 0.5a$
	Vacuum frying	$1.2\pm 0.2b$	$10.1\pm 1.3b$
Orange-fleshed Sweet potato	Atmospheric frying	$2.6\pm 0.2a$	$24.6\pm 1.9a$
	Vacuum frying	$1.2\pm 0.0b$	$11.5\pm 0.4b$
Purple-fleshed sweet potato	Atmospheric frying	$3.1\pm 0.1a$	$25.3\pm 0.9a$
	Vacuum frying	$1.4\pm 0.1b$	$12.4\pm 1.3b$

Values with the same letter in the same column of the each row are not significantly different by Student *t*-test ($p < 0.05$)



Fig. 2. Pictures of snacks prepared from various sweet potato cultivars by different oil frying methods.

(나) 색도 및 기계적 조직감

품종별 고구마 스낵의 색도를 측정한 결과(Table 5), 일반, 황색, 자색 고구마 모든 품종에서 감압유탕 스낵이 상압유탕 스낵에 비해 L 값과 b 값이 높게 나타나고 a 값은 다소 낮게 나타나 낮은 유탕 온도에 의해 갈변화가 덜 진행되었기 때문인 것으로 판단된다.

고구마 스낵의 기계적 조직감을 측정한 결과(Fig. 3), 일반 고구마의 경우 상압유탕시 685.3 ± 86.1 g, 감압유탕시 615.6 ± 55.8 g으로 경도가 감소하는 것으로, 황색 고구마의 경우 상압유탕시 609.2 ± 48.1 g, 감압유탕시 717.7 ± 72.6 g으로 경도가 증가하는 것으로 나타났으며, 자색 고구마의 경우에는 상압유탕시 622.8 ± 48.6 g, 감압유탕시 623.7 ± 1.2 g으로 경도가 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.

Table 5. Color of snacks prepared from various sweet potato cultivars by different oil frying methods

Cultivars	Oil frying	L	a	b
Sweet potato	Atmospheric frying	53.4±2.5b	-3.2±0.3a	25.9±1.3b
	Vacuum frying	63.2±2.7a	-4.5±0.5a	31.3±1.9a
Orange-fleshed sweet potato	Atmospheric frying	54.7±1.6b	0.9±0.2a	40.2±1.2b
	Vacuum frying	70.0±1.4a	-0.6±0.0a	50.0±0.5a
Purple-fleshed sweet potato	Atmospheric frying	16.3±2.2a	15.7±0.5a	0.3±0.1a
	Vacuum frying	20.8±2.8a	15.2±1.4a	-1.6±0.5a

Values with the same letter in the same column of the each row are not significantly different by Student *t*-test ($p < 0.05$)

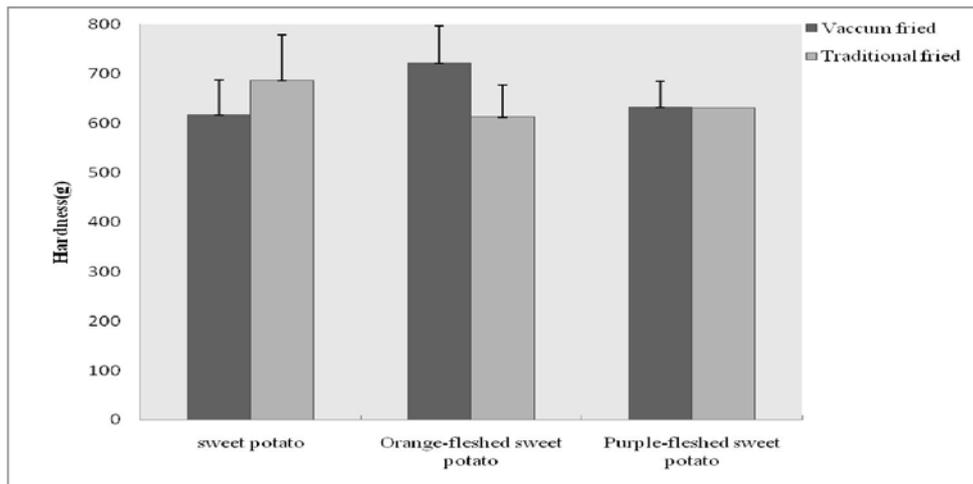


Fig. 3. Hardness of snacks prepared from various sweet potato cultivars by different oil frying methods.

(다) 총 카로티노이드 및 안토시아닌 함량

품종별 고구마 스낵의 총 카로티노이드와 안토시아닌 함량을 분석한 결과 Table 6에서 보는 바와 같이 생 고구마 분말의 카로티노이드와 안토시아닌 함량에 비해 상당히 낮은 함량을 나타내었는데 이는 상압유탕 및 감압유탕시의 전처리 및 유탕 처리에 의해 이들 주요 기능성 물질이 상당한 영향을 받았기 때문인 것으로 판단된다. 일반 고구마의 경우 총 카로티노이드 함량이 생 고구마의 8.6 ± 0.1 mg%에서 상압유탕시 1.8 ± 0.0 mg%, 감압유탕시 2.3 ± 0.0 mg%으로, 황색 고구마의 경우 생 고구마의 26.2 ± 0.3 mg%에서 상압유탕시 8.0 ± 0.8 mg%, 감압유탕시 13.8 ± 0.6 mg%으로, 크게 감소하는 것으로 나타났다. 한편 자색 고구마의 총 안토

시아닌 함량의 경우 생 고구마의 341.2 ± 11.6 mg%에서 상압유탕시 65.4 ± 1.0 mg%, 감압유탕시 289.8 ± 2.6 mg%로 감소하여 상압유탕시 크게 감소하는 것으로 나타났다. 감압유탕 스낵이 상압유탕 스낵에 비해 높은 카로티노이드와 안토시아닌 함량을 나타내었는데 이는 이들 기능성 성분이 상압유탕시 높은 유탕 온도에 의해 많은 양이 분해되었기 때문인 것으로 추정된다.

Table 6. Total carotenoid and anthocyanin contents of snacks prepared from various sweet potato cultivars by different oil frying methods

Cultivars	Oil frying	Total carotenoid content (mg%)		Total anthocyanin content (mg%)	
		Non fried	Fried	Non fried	Fried
Sweet potato	Atmospheric frying	8.6±0.1	1.8±0.0a		
	Vaccum frying		2.3±0.0a		
Orange-fleshed sweet potato	Atmospheric frying	26.2±0.3	8.0±0.8b		
	Vaccum frying		13.8±0.6a		
Purple-fleshed sweet potato	Atmospheric frying			341.2±11.6	65.4±1.0b
	Vaccum frying				289.8±2.6a

Values with the same letter in the same column of the each row are not significantly different by Student *t*-test ($p < 0.05$)

(라) 기호도 평가

유탕방법에 따른 고구마 스낵의 색, 향, 맛, 조직감 및 종합적인 기호도에 대한 관능검사를 실시한 결과 Table 7에서 보는 바와 같이 감압유탕 스낵이 상압유탕 스낵에 비해 색과 향에 대한 기호도가 우수한 반면 조직감에 있어서는 상압유탕 스낵이 바삭바삭한 정도가 커 기호도가 더 높은 것으로 나타났다. 특히 일반 고구마의 조직감에 대한 기호도가 높은 것으로 나타났다. 종합적인 기호도에서는 바삭바삭한 조직감이 강한 상압유탕 스낵에 대한 기호도가 높은 것으로 나타났다.

Table 7. Sensory evaluation for snacks prepared from various sweet potato cultivars by different oil frying methods

Cultivars	Oil frying	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall
Sweet potato	Atmospheric frying	5.0±0.8b	5.8±1.4a	6.9±1.0a	7.1±0.6a	6.9±1.0a
	Vaccum frying	6.0±1.6a	6.0±0.9a	5.8±0.9b	5.4±1.1b	5.6±0.7b
Orange-fleshed sweet potato	Atmospheric frying	5.8±1.0b	5.1±1.1b	6.0±0.8a	6.8±0.7a	6.6±0.7a
	Vaccum frying	6.5±0.9a	6.3±1.4a	6.6±1.2a	6.3±1.5a	6.4±1.3a
Purple-fleshed sweet potato	Atmospheric frying	4.3±1.2b	5.6±1.5a	5.3±1.7a	6.4±1.3a	6.1±1.2a
	Vaccum frying	5.4±1.4a	5.9±1.0a	5.5±1.3a	6.1±1.2a	5.3±0.9b

Values with the same letter in the same column of the each row are not significantly different by Student *t*-test ($p < 0.05$)

(2) 감압유탕을 위한 적정 전처리 조건 확립

(가) 전처리 조건별 고구마 스낵의 관능적 품질 특성

블랜칭 시간별로 제조한 호박고구마 스낵의 외관, 맛, 향, 조직감 및 종합적인 평가에 대해 관능검사를 실시한 결과는 Table 8과 같다. 고구마의 경우 가공하거나 저장하는 동안에 빛이나 산소 및 효소 등의 작용에 의하여 변색 또는 색소성분의 파괴가 일어난다. 이러한 여러 가지 작용에 의한 색소의 파괴를 방지하기 위하여 가공이나 저장전에 블랜칭하여 색소를 안정화시키는 방법이 많이 사용되고 있다. 하지만 블랜칭할 때 영양소나 향기 성분이 물과 접촉을 하는 시간이 길어질수록 손실이 커지게 되며 조직의 연화가 너무 진행되면 상품으로서 가치가 떨어지므로 알맞은 조건이 필요하다. 블랜칭 처리시간에 따라 외관과 향에서는 처리군 간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 처리조건에 영향을 가장 많이 받는 조직감의 경우 60초 처리구가 가장 높은 점수를 받았다. 30초 처리구의 경우에는 조직감이 너무 딱딱하고 90초와 120초 처리구의 경우에는 조직이 너무 연화되어 촉감과 바삭거림의 정도가 많이 약해지는 것으로 나타났다.

Table 8. Sensory evaluation for vacuum fried snacks prepared by different blanching time

Blanching time(s)	Appearance	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
30	7.4±1.0	5.7±0.5	6.6±1.1	5.9±0.9	5.6±0.5
60	6.7±0.8	6.7±1.0	6.6±0.8	7.3±0.5	7.4±0.5
90	7.0±0.8	6.1±0.7	6.4±0.9	6.6±0.8	6.6±0.8
120	7.1±0.9	5.9±0.7	6.4±1.0	5.9±0.9	5.9±0.7

블랜칭 조건에서 가장 우수한 것으로 나타난 60초 처리조건으로 블랜칭한 후 40 °Bx 농도의 말토덱스트린(DE 5, DE 10, DE 14~20), 포도당, 프락토올리고당과 설탕 등 여러 가지 당 용액에서 각각 2시간 동안 처리한 후 감압유탕하여 제조한 고구마 스낵의 관능평가를 실시한 결과는 Table 9와 같다. 외관, 향에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 조직감과 맛의 경우 복합당인 말토덱스트린 보다는 감미가 높은 포도당, 올리고당과 설탕을 처리한 고구마 스낵이 높은 기호도를 나타내었으며 그중에서도 올리고당이 조직감과 맛에서 가장 높은 기호도를 나타내었다.

Table 9. Sensory evaluation for vacuum fried snacks prepared by different steeping sugars

Sugar	Appearance	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
Maltodextrin (DE 5)	6.4±0.5	5.1±0.9	5.9±0.9	6.1±0.4	5.1±0.9
Maltodextrin (DE10)	6.9±0.7	5.7±0.8	6.0±0.6	6.3±0.5	5.7±0.8
Maltodextrin (DE 14-20)	6.7±0.5	6.4±0.8	6.0±0.6	6.9±0.9	6.1±0.9
Glucose	6.3±0.5	7.1±0.7	6.1±0.4	6.7±1.1	6.7±0.8
Fructo oligosaccharide	6.9±0.4	7.4±0.5	6.3±0.5	7.1±0.9	7.6±0.5
Sucrose	6.7±0.5	7.0±0.6	6.1±0.4	6.9±0.7	6.9±0.7

가장 우수한 기호도를 나타낸 프락토 올리고당의 적정 당침농도를 결정하기 위하여 블렌칭한 slices를 농도 20, 30, 40 °Bx의 프락토 올리고당 용액에서 2시간 동안 처리한 후 감압유탕하여 제조한 고구마 스낵의 관능평가를 실시한 결과는 Table 10과 같다. 외관, 향에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 조직감의 경우 30, 20, 40 °Bx 처리구의 순서로 나타났는데 이는 20 °Bx 처리구의 경우 고구마 조직에 침투한 당의 함량이 낮아 씹힘성과 바삭거림이 적었고 40 °Bx의 경우 반대로 고구마 조직에 침투한 당의 함량이 높아 씹힘성과 바삭거림이 너무 높아 점수가 낮은 것으로 사료된다. 맛의 경우 30, 40, 20 °Bx의 순서로 30 °Bx가 가장 높은 기호도를 나타내었다.

Table 10. Sensory evaluation for vacuum fried snacks prepared by different concentration of fructo oligosaccharide

Conc. of fructo oligosaccharide (°Bx)	Appearance	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
20	7.0±0.6	6.0±0.8	6.0±0.6	6.4±0.5	6.0±0.8
30	6.9±0.4	7.6±0.5	6.1±0.7	7.3±0.8	7.6±0.5
40	6.7±0.8	7.0±0.8	5.9±0.7	6.0±0.8	6.6±0.8

상기의 조건에서 가장 우수한 것으로 나타난 100℃, 60초 블렌칭 및 30 °Bx 프락토 올리고당 용액에서 적정 당침시간을 결정하기 위하여 0.5, 1, 2, 3시간 동안 당침처리하여 제조한 고구마 스낵의 관능평가를 실시한 결과 Table 11에서 보는 바와 같이 외관, 향, 조직감에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 맛의 경우 2, 3, 1, 0.5시간의 순서로 2시간 당침처리가 가장 높은 기호도를 나타내었다.

Table 11. Sensory evaluation for vacuum fried snacks prepared by different steeping time of fructo oligosaccharide

Steeping time (h)	Appearance	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
0.5	6.1±0.7	6.3±1.0	6.1±0.7	6.6±0.8	6.4±1.0
1	6.3±0.8	6.6±0.5	6.1±0.7	6.6±1.0	6.6±0.5
2	6.6±1.0	7.1±0.7	6.0±0.8	7.1±1.1	7.3±0.8
3	6.1±0.9	6.9±0.4	5.7±0.5	7.0±0.6	6.9±0.4

(나) 전처리 조건별 고구마 스낵의 이화학적 특성

전처리 조건을 달리하여 제조한 감압유탕 고구마 스낵의 색도를 측정된 결과는 Table 12와 같다. 블랜칭 조건에 따른 처리구의 경우 블랜칭 시간에 따라 적색도 a값과 b값의 유의적인 차이는 나타나지 않았으며 L값은 블랜칭 시간에 증가할수록 점점 낮아지는 경향을 나타내었다. 이는 전처리한 블랜칭 시간이 짧을수록 고구마 스낵이 더 밝은 색을 지닌다는 것을 의미하며, 블랜칭 시간이 길어질수록 카로티노이드 색소가 손실되기 때문인 것으로 생각된다. 당 종류에 따른 처리 결과 설탕의 경우 L과 b값이 66.8과 45.0으로 가장 높은 값을 나타내었으며 포도당의 경우 63.2와 40.2로 가장 낮은 값을 나타내었다. 프락토 올리고당의 농도와 당침 시간에 따른 처리조건에서는 농도와 시간별로 크게 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Table 12. Changes in color of vacuum fried snacks prepared by different pretreatment conditions

	Treatment condition	L	a	b
Blanching Time (s)	30	65.3±4.3	-2.4±1.5	41.6±3.6
	60	65.0±3.8	-2.7±2.0	41.2±6.4
	90	58.3±5.6	-2.3±1.0	40.1±3.5
	120	56.5±3.7	-1.8±0.8	39.4±3.3
Sugar	Maltodextrin (DE 5)	65.0±3.8	-2.7±2.0	41.2±6.4
	Maltodextrin (DE 10)	65.8±4.1	-2.9±0.8	41.9±3.0
	Maltodextrin(DE14-20)	65.9±3.0	-2.6±0.9	41.4±5.2
	Sucrose	66.8±2.3	-2.9±1.3	45.0±4.4
	Glucose	63.2±2.6	-2.6±0.8	40.2±3.4
	Fructo oligosaccharide	66.1±3.8	-2.9±1.3	42.2±5.1
Conc. of fructo oligosaccharide (°Bx)	20	66.0±2.8	-1.5±1.6	41.7±4.0
	30	66.3±4.3	-2.9±1.2	44.8±5.1
	40	66.1±3.8	-2.9±1.3	42.2±5.1
Steeping time in fructo oligosaccharide (hr)	0.5	67.2±4.1	-2.1±1.6	44.0±2.7
	1	66.9±4.5	-2.6±1.9	42.2±3.8
	2	66.3±4.3	-2.9±1.2	44.8±5.1
	3	66.3±2.7	-1.2±2.0	45.7±5.3

전처리 조건을 달리하여 제조한 감압유탕 고구마 스낵의 조직감을 측정된 결과는 Table 13과 같다. 블렌칭 시간(30, 60, 90, 120초)이 길어짐에 따라 경도는 각각 794 ± 153 , 767 ± 151 , 691 ± 214 , 647 ± 120 g으로 감소하는 것으로 나타났는데 이는 열처리로 인하여 고구마 조직이 약해지고 동시에 탄수화물과 단백질의 일부가 겔화되어 수분이 겔화층에 느슨하게 또는 유리된 상태로 존재하므로 조직의 붕괴가 쉽게 일어난 것으로 판단된다. 당 종류를 달리한 경우 분자량이 작은 설탕, 프락토 올리고당, 포도당을 처리한 고구마 스낵은 경도가 각각 1029 ± 298 , 1017 ± 249 , 924 ± 232 g으로 거대분자량인 말토덱스트린을 처리한 스낵의 767 ± 151 (DE 5), 715 ± 64 (DE 10), 745 ± 153 (DE 14~20) g 보다 높은 값을 나타내었는데, 이는 분자량이 작은 당류가 거대 분자량의 당류 보다 고구마 조직에 쉽게 침투하여 일어난 현상으로 판단된다. 농도별(20, 30, 40 °Bx) 프락토 올리고당에 당침하여 제조한 스낵의 경우 경도가 각각 699 ± 128 , 883 ± 200 , 1017 ± 249 g으로 당의 농도가 증가할수록 경도가 증가하는 경향을 나타내었으며 이는 당침시 당의 농도가 높을수록 고구마 조직에 침투하는 당의 함량이 증가하여 나타난 것으로 사료된다. 또한 프락토 올리고당에 당침시간별(0.5, 1, 2, 3시간) 당침하여 제조한 스낵의 경우 경도가 각각 698 ± 133 , 820 ± 198 , 883 ± 200 , 1014 ± 206 g으로 당침 시간이 길어짐에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

Table 13. Changes in hardness of vacuum fried snacks prepared by different pretreatment conditions

	Treatment condition	Hardness (g)
Blanching Time (s)	30	794±153
	60	767±151
	90	691±214
	120	647±120
Sugar	Maltodextrin (DE 5)	767±151
	Maltodextrin (DE 10)	715±64
	Maltodextrin(DE14-20)	745±153
	Sucrose	1029±298
	Glucose	924±232
	Fructo oligosaccharide	1017±249
Conc. of fructo oligosaccharide (°Bx)	20	699±128
	30	883±200
	40	1017±249
Steeping time in fructo oligosaccharide (hr)	0.5	698±133
	1	820±198
	2	883±200
	3	1014±206

(3) 자색고구마의 안토시아닌 색소 용출 최소화를 위한 최적 열처리 및 당침조건 설정

식품제조에 있어 가장 오래되고 보편적인 공정 중 하나인 유탕(deep-fat frying)은 물의 끓는점 이상의 뜨거운 식용유에서 식품을 가열함으로써 식품을 조리하는 가공방법으로서 식품에 독특한 향과 조직감을 부여하기 때문에 감자칩, 프렌치후라이, 스낵, 도넛 등 다양한 식품 제조에 활용된다. 튀김식품의 주요한 성분인 유지의 과도한 섭취는 비만은 물론 관상동맥심장 질환과 유방, 전립선 등의 암을 유발하기 때문에 유지 함량이 낮은 저칼로리 식이가 권장되고 있지만 현대인의 유지 섭취는 여전히 높은 수준으로 유지되고 있다.

감압유탕(vacuum frying)은 과일과 채소를 이용한 스낵 제조시 기존의 상압유탕(atmospheric frying)을 대체할 수 있는 공정으로서 대기압 이하의 압력에서 유탕함으로써 물의 끓는점을 낮추고 낮은 온도에서도 식품을 유탕할 수 있게 한다. 과일과 채소를 감압유탕할 때 상압유탕(atmospheric frying)에 비해 튀김유의 품질 악화의 지연, 천연 향과 색의 유지, 낮은 acrylamide 함량, 영양성분의 보존 등이 가능하게 되며 또한 식품에 흡착되는 유지의 양을 감소시킴으로써 유지 섭취를 감소시키는 등의 많은 잇점이 있기 때문에 향후 식품산업에서 다양한 목적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

고구마는 수분을 제외한 대부분이 에너지 공급원인 탄수화물로 열량이 높은 식품이면서 비타민 C와 카로티노이드, 안토시아닌, 폴리페놀, 무기질, 식이섬유 등의 함량이 높아 훌륭한 식량자원으로 평가되고 있다. 최근에는 카로티노이드, 안토시아닌의 함량이 높고 다양한 생리활성을 나타내는 황색고구마, 자색고구마 등의 유색 고구마 품종이 개발되어 건강식품으로 각광을 받기 시작하면서 고구마의 소비가 늘어나는 추세이다. 특히 자색고구마에는 항돌연변이, 항산화, 항균작용, 항고혈압 작용 및 간보호 기능 등이 알려진 안토시아닌 성분이 다량 함유되어 있어 기능성 식품으로서 많은 관심을 받고 있다.

안토시아닌은 포도, 딸기, 블루베리 등의 각종 과일이나 채소의 열매, 잎, 줄기 또는 뿌리 등에 존재하는 수용성 색소로서 분자구조에 따라 색깔이나 그 안정성이 다르며, 조리, 가공 및 저장조건에서 불안정한 것으로 알려져 있다. 그러나 자색고구마의 안토시아닌은 peonidine의 기본구조에 ferulic acid와 caffeic acid가 acylation된 구조를 갖고 있어 다른 소재의 안토시아닌에 비해 안정성이 우수한 것으로 알려져 자색고구마가 새로운 안토시아닌 색소원으로서의 이용 가능성이 매우 높은 것으로 보고되고 있다.

감압유탕방법을 이용하여 스낵을 제조할 때 일반적으로 슬라이스한 원료를 원료에 함유된 품질열화 효소를 불활성화하고 당침을 용이하게 하기 위하여 끓는물에서 수분간 블랜칭하고 당용액으로 오랜 시간 당침을 한 후 냉동처리하고 이를 감압유탕하게 된다. 자색고구마를 이용하여 감압유탕 스낵을 제조할 경우 자색고구마 내의 수용성 안토시아닌이 블랜칭과 당침처리에 의해 상당량 소실되기 때문에 안토시아닌의 소실을 최소화할 수 있는 기술의 개발이 요구된다. 이에 본 연구에서는 자색고구마를 이용한 감압유탕 스낵 제조시 안토시아닌의 소실을 최소화할 수 있는 열처리 및 당침조건을 설정하기 위하여 열처리 방법으로서 기존의 블랜칭과 스팀처리방법을, 그리고 당침방법으로서 기존의 상압당침과 감압당침방법을 비교하였다.

(가) 열처리 조건이 자색고구마의 안토시아닌 및 항산화성에 미치는 영향

먼저 열처리 방법으로 블랜칭과 스팀처리 방법을 비교하기 위하여 열처리 후 시료의 안토시아닌 함량과 항산화성을 분석한 결과는 Fig. 4, 5와 같다. 생고구마의 경우 총 안토시아닌 함량이 385.0 mg/kg, 항산화 활성이 84.3%이었으며, 이를 블랜칭하였을 때(Fig. 4) 처리 시간이 1, 2, 3, 5분으로 길어짐에 따라 총 안토시아닌 함량의 경우 1분 경과시 389.0 mg/100 g으로 거의 변화가 없지만 그 이후 각각 365.3, 315.3, 298.5 mg/100 g으로 급격한 감소가 일어나는 것으로 나타나 블랜칭 및 블랜칭 시간이 안토시아닌 함량에 크게 영향을 미침을 알 수 있었으며, 항산화 활성도 각각 86.2, 81.5, 79.4, 77.1로 약간 감소하는 것으로 나타났다. 스팀처리 하였을 때에는(Fig. 5) 처리시간이 2, 3, 7, 10분으로 길어짐에 따라 총 안토시아닌 함량의 경우 블랜칭 처리에서와 마찬가지로 각각 392.6, 376.3, 347.9, 322.4 mg/kg으로 감소하였으며, 스팀처리 보다는 블랜칭 처리하였을 때 안토시아닌 함량 감소가 더 큰 것으로 나타났다. 이는 블랜칭할 때의 열에 의한 파괴 뿐만 아니라 수용성 성질에 의한 소실도 큰 영향을 미치기 때문인 것으로 판단된다. 항산화 활성의 경우 스팀처리 시간이 증가함에 따라 88.3, 87.6, 87.0, 87.3%로 거의 차이가 없음을 알 수 있었다.

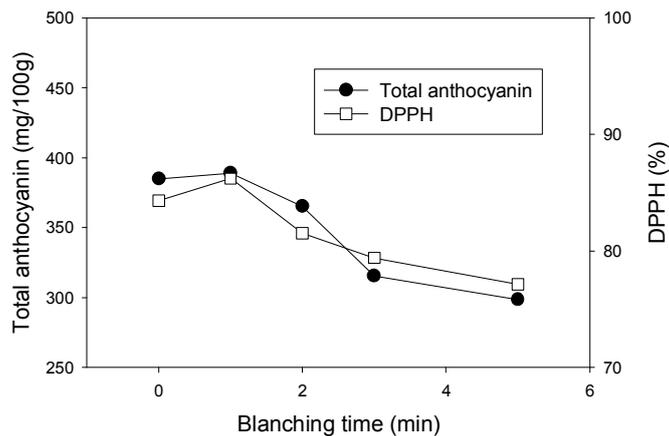


Fig. 4. Changes in total anthocyanin content and antioxidant capacity in purple-fleshed sweet potatoes prepared by different blanching time

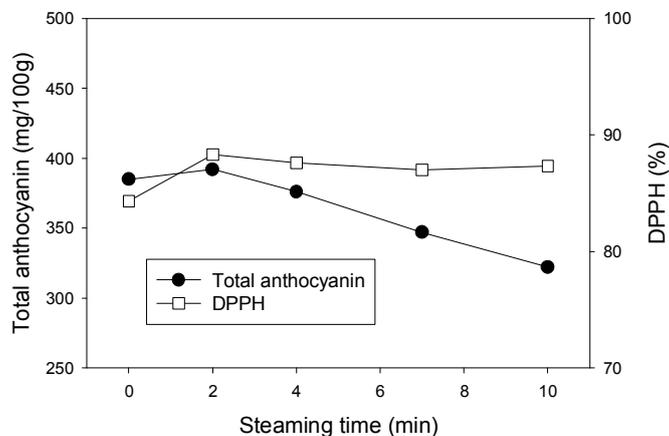


Fig. 5. Changes in total anthocyanin content and antioxidant capacity in purple-fleshed sweet potatoes prepared by different steaming time

(나) 당침 조건이 자색고구마의 안토시아닌 및 항산화성에 미치는 영향

당침방법으로 상압당침과 감압당침 방법을 비교하기 위하여 스팀처리 2분후 당침처리 한 시료의 안토시아닌 함량과 항산화성을 분석한 결과는 Fig. 6, 7과 같다. 스팀처리 2분후 시료의 총 안토시아닌 함량이 392.0 mg/kg, 항산화 활성이 88.3%이었으며, 이를 40 °Bx 말토덱스트린 용액으로 상압당침 하였을 때(Fig. 6) 당침시간이 1, 2, 3시간으로 길어짐에 따라 총 안토시아닌 함량의 경우 각각 285.7, 236.4, 183.3 mg/100 g으로 크게 감소하였고, 이와 마찬가지로 항산화 활성도 각각 80.7, 76.6, 74.1%로 감소하는 것으로 나타나 상압당침 및 당침 시간이 안토시아닌 함량과 항산화 활성에 크게 영향을 미침을 알 수 있었다. 감압당침 하였을 때에는(Fig. 7) 처리시간이 10분, 30분, 1시간, 2시간으로 길어짐에 따라 총 안토시아닌 함량의 경우 각각 290.8, 262.5, 227.3, 208.6 mg/100 g으로 빠른 시간내에 급격히 감소하였고, 항산화 활성도 각각 80.5, 77.6, 73.2, 72.8%로 감소하는 것으로 나타나 감압당침이 상압당침에 비해 매우 빠른 시간내에 안토시아닌이 소실되고 또한 항산화 활성도 낮아짐을 알 수 있었다. 그러나 감압당침의 경우 안토시아닌 등의 기능성 물질이 빠르게 소실될 수 있지만 또한 매우 빠른 시간내에 당침이 될 수 있기 때문에 감압당침 10~30분 처리구의 경우 상압당침 3시간 처리구와 유사한 단맛을 지니고 안토시아닌 함량은 월등히 높은 것으로 나타나 감압당침이 자색고구마 감압유탕 스낵의 안토시아닌의 소실을 감소시킬 수 있는 당침방법이 될 것으로 기대된다.

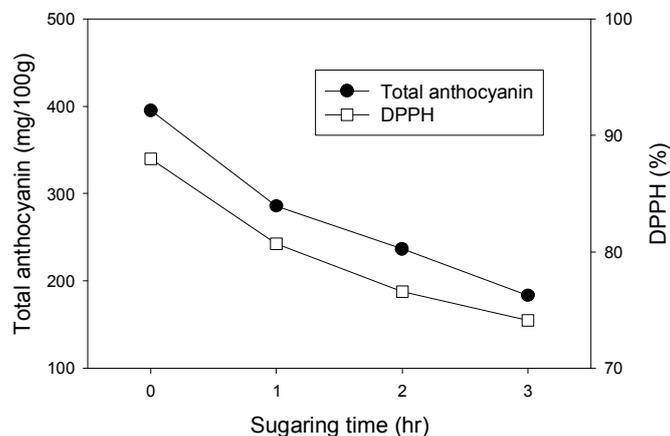


Fig. 6. Changes in total anthocyanin content and antioxidant capacity in purple-fleshed sweet potatoes prepared by different sugaring time in atmospheric pressure

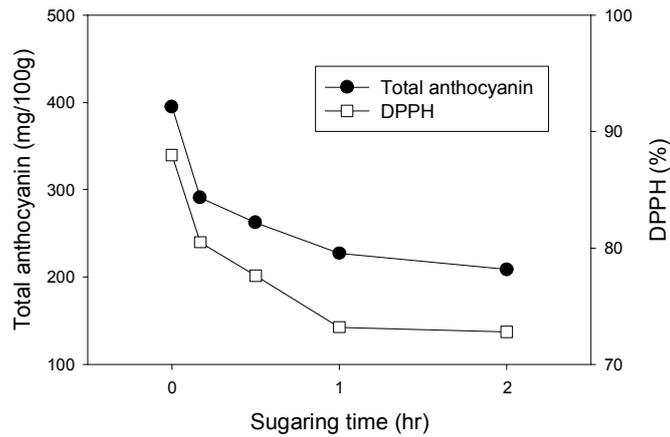
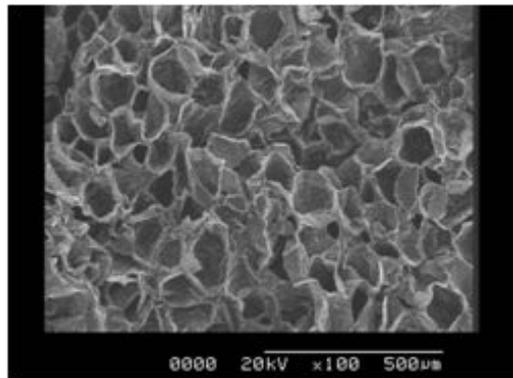


Fig. 7. Changes in total anthocyanin content and antioxidant capacity in purple-fleshed sweet potatoes prepared by different sugaring time in vacuum

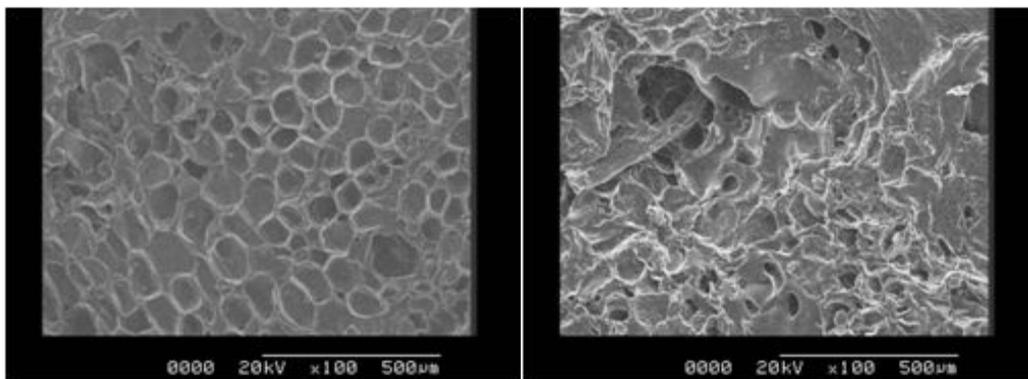
(다) 열처리 및 당침조건별 자색고구마 감압유탕 스낵의 이화학적 및 관능적 특성 변화

앞의 실험에서 확립한 열처리 및 당침조건이 자색고구마 감압유탕 스낵의 이화학적 및 관능적 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 현재 산업적으로 활용되고 있는 블렌칭(끓는 물, 2분) 및 상압당침방법(40 °Bx 말토덱스트린 용액, 3시간)으로 제조한 감압유탕 스낵을 대조구로 하고 스팀처리(2분) 후 상압당침(40 °Bx 말토덱스트린 용액, 3시간)한 처리구, 스팀처리(2분) 후 감압당침(40 °Bx 말토덱스트린 용액, 30분)한 처리구를 제조하여 이화학적 및 관능적 특성을 조사하였다. 감압유탕 스낵의 미세구조를 SEM으로 조사한 결과 Fig. 8에서 보는 바와 같이 블렌칭후 상압당침 처리구의 경우 일정한 크기의 air cell이 균일한 분포를 이루고 있으며, 스팀처리후 상압당침 처리구는 air cell이 균일하지만 블렌칭후 상압당침 처리구와는 달리 air cell이 깊지 않은 형상을 하고 있어 처리방법에 따라 스낵의 미세구조가 변화됨을 알 수 있었다. 한편 스팀처리후 감압당침 처리구의 경우에는 cell을 이루는 body가 일정한 형태를 이루지 못하여 air cell이 겹으로 잘 드러나지 않는 형상을 나타내어 강제적인 압력 적용에 의해 고구마의 조직이 크게 손상되었음을 알 수 있었다. 열처리 및 당침조건에 따른 고구마 조직의 변화는 Table 14에서의 파쇄강도의 차이에서도 나타났다. 처리구 간의 파쇄강도를 비교한 결과 블렌칭후 상압당침 처리시 883.0 ± 20.0 g, 스팀처리후 상압당침 처리시 788.5 ± 92.0 g, 스팀처리후 감압당침 처리시 705.9 ± 91.7 g으로 나타났다. 동일한 상압당침 방법을 사용할 때 블렌칭에 비해 스팀처리가 월등히 낮은 파쇄강도를 나타내었고, 동일한 열처리 방법을 사용할 때에는 상압당침에 비해 감압당침이 월등히 낮은 파쇄강도를 나타내었다. 따라서 스팀처리후 감압당침할 때 기존 방법에 비해 딱딱하지 않으면서 부드러운 조직감의 스낵을 제조할 수 있음을 알 수 있다. 또한 이들 처리구 간의 안토시아닌 함량을 비교한 결과 블렌칭후 상압당침 처리시 97.1 ± 5.7 mg/100 g, 스팀처리후 상압당침 처리시 128.4 ± 10.5

mg/100 g, 스팀처리후 감압당침 처리시 183.4 ± 11.2 mg/100 g으로 나타났다. 동일한 상압당침 방법을 사용할 때 블랜칭에 비해 스팀처리가 높은 안토시아닌 함량을 나타내고 동일한 열처리 방법을 사용할 때에는 상압당침에 비해 감압당침이 높은 안토시아닌 함량을 나타내었다. 한편 가용성 고형분량의 경우 각각 11.6, 10.9, 11.2%를 나타내어 처리구간 차이가 거의 없었으며, 색도의 경우에도 b 값을 제외하고는 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 한편 이들 처리구의 관능적 기호도 검사를 실시한 결과는 Table 15와 같다. 스팀처리 후 상압당침 또는 감압당침 처리구는 관능적으로 거의 차이가 없는 것으로 반면 블랜칭 후 상압당침 처리구에 비해서는 맛, 조직감, 종합적 기호도에서 상당히 우수한 기호도를 나타내는 것으로 나타나 블랜칭과 스팀처리 등 열처리 방법의 차이가 고구마 감압유탕 스낵의 관능적 기호도에 상당한 차이를 일으킴을 알 수 있었다.



(Blanching → Sugaring in atmospheric pressure)



(Steaming → Sugaring in atmospheric pressure)

(Steaming → Sugaring in vacuum)

Fig. 8. SEM of vacuum fried snacks prepared by different heat treatment and sugaring conditions

Table 14. Physicochemical properties of vacuum fried snacks prepared by different heat treatment and sugaring conditions

	Color			Hardness (g)	Total anthocyanin content (mg/100g)	Soluble solid (g/100g)
	L	a	b			
Blanching → Sugaring in atmospheric pressure	19.3±2.5a	14.6±2.1a	0.48±0.2a	883.0±20.0a	97.1±5.7b	11.6±0.8a
Steaming → Sugaring in atmospheric pressure	22.1±1.1a	14.9±2.1a	-0.11±0.2b	788.5±92.0ab	128.4±10.5ab	10.9±1.5a
Steaming → Sugaring in vacuum	21.5±0.8a	13.4±1.4a	0.07±0.2ab	705.9±91.7b	183.4±11.2a	11.2±1.2a

Table 15. Sensory evaluation for vacuum fried snacks by different heat treatment and sugaring conditions

	Appearance	Color	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
Blanching → Sugaring in atmospheric pressure	6.3±1.4a	6.1±1.6a	6.3±0.7b	6.4±1.1a	6.5±0.9b	6.1±0.8b
Steaming → Sugaring in atmospheric pressure	6.6±1.3a	6.5±1.2a	7.3±1.3a	6.6±1.3a	7.0±1.4ab	7.4±0.9a
Steaming → Sugaring in vacuum	6.5±1.2a	6.4±1.7a	7.4±1.2a	6.8±1.3a	7.3±1.2a	7.8±0.7a

이상의 결과를 종합하면 다음과 같다. 첫째, 자색고구마를 이용한 감압유탕 스낵 제조시 열처리 방법으로 블랜칭 보다는 스팀처리가, 당침방법으로 상압당침 보다는 감압당침이 안토시아닌의 소실을 감소시키기 위해 우수한 방법이며, 스팀처리와 감압당침을 혼용할 경우 기존 방법에 비해 안토시아닌 함량이 약 1.9배 높은 스낵을 제조할 수 있다. 둘째, 자색고구마를 이용한 감압유탕 스낵 제조시 스팀처리와 감압당침이 고구마의 조직을 변화시켜 스낵의 파쇄강도를 크게 감소시키며, 이에 의해 스낵의 기호도가 크게 증진되기 때문에 스팀처리와 감압당침을 혼용함으로써 기존 방법에 비해 기호도가 크게 증진된 스낵을 제조할 수 있다. 또한 강도가 크게 감소하기 때문에 스낵의 두께를 더 두껍게 할 수 있으며, 이에 의해 유지함량이 감소된 스낵을 제조할 수 있다.

나. 재성형 냉동제품 제조를 위한 퓨레의 물성조절기술 확립

경제발전과 고도의 산업화에 의해 인간의 생활수준이 향상되고 여성의 사회진출 기회가 확대되면서 식생활에 대한 습관이 간편성을 추구하게 되었고, 이에 따라 간편한 조리법에 의해 식사가 가능한 즉석조리 냉동제품 등의 편의식품의 이용이 급증하고 있다. 고구마는 먹을 것이 없던 옛날에 곡식을 대신해 영양분을 제공하던 작물이었고 또한 최근에는 건강기능성이 알려지고 있기 때문에 이러한 특성을 살린 식사대용 용도의 가공제품이 개발될 경우 소비자로부터 많은 수요가 있을 것으로 기대된다.

고구마는 대부분 생과로 소비되기 때문에 일정한 품질과 크기, 과피색 등에 의해 소비자 수요가 크게 영향을 받게 되며 또한 고구마는 저장성이 낮아 장기저장이 어려워 수확후 단기간 내에 소비되어야 하는 단점이 있다. 따라서 생과로 사용되기 어려운 품질과 크기를 갖거나 또는 수확후 단기간 내에 가공되어야 할 고구마를 활용하여 저급 품질의 고구마의 부가가치를 높일 수 있는 다양한 가공제품의 개발이 필요하다.

이와 같은 저급 품질의 고구마를 이용하여 고구마튀김과 군고구마와 같은 즉석조리 냉동제품을 제조하고자 할 경우 품질 및 크기 등의 문제로 인해 우수한 품질의 가공제품을 제조할 수 없는 문제가 발생하기 때문에 고구마 퓨레를 이용하여 재성형함으로써 고구마튀김과 군고구마를 제조하고자 시도하였다. 그러나 고구마 퓨레 제조시 고구마의 조직은 크게 손상받기 때문에 이를 재성형하여 제조한 제품의 조직감이 고구마 생과를 가공한 제품의 조직감과 유사할 것으로 기대하기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 재성형 제품의 조직감이 생과를 가공한 제품의 조직감과 유사하도록 하기 위한 고구마 전처리 및 고구마 퓨레의 물성조절기술을 개발하고자 하였다.

(1) 고구마의 적정 전처리 기술 확립

(가) 열처리 유무에 따른 고구마 퓨레의 특성

열처리 유무에 따른 고구마 퓨레의 현미경 사진을 비교한 결과(Fig. 9) 예비 열처리를 한 경우 고구마를 구성하는 전분입자가 비교적 본래의 형태를 유지하고 있는 반면 예비 열처리를 하지 않은 고구마 퓨레는 전분입자가 작은 조각으로 분해되어 본래의 형태를 갖춘 전분입자가 많지 않음을 알 수 있었다.

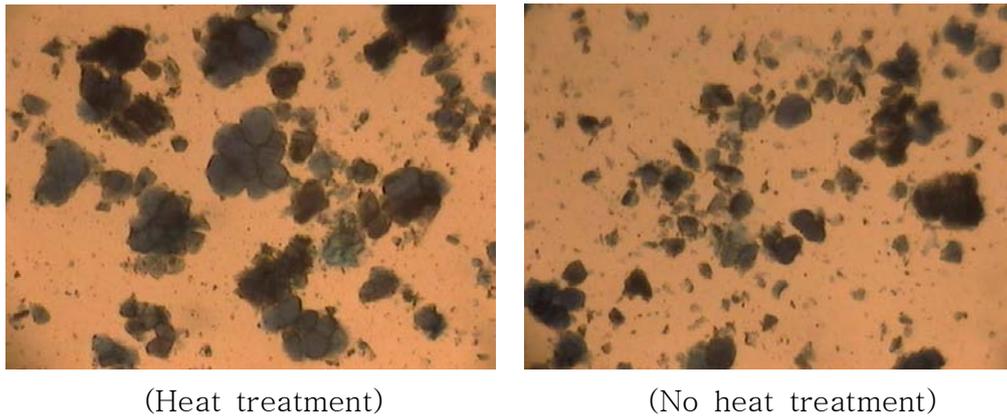


Fig. 9. Microphotograph of sweet potato purees by different heat treatment

열처리 유무에 따른 고구마 퓨레의 이화학적 특성을 비교한 결과는 Table 16과 같다. 당도는 열처리한 고구마 퓨레의 경우 11.6 ± 0.1 °Bx로 열처리하지 않은 고구마 퓨레의 12.4 ± 0.1 °Bx 보다 낮은 값을 나타내었는데 이는 열처리 과정에서 일부 수용성 당 성분이 용출되어 나타난 것으로 사료된다. 색도의 경우 열처리 시료의 경우 L 값이 64.6로 열처리하지 않은 시료의 61.8보다 높은 값을 나타내었고 b 값 또한 열처리 시료(21.1)가 열처리하지 않은 시료(19.1)보다 높은 값을 나타내었다. 수분흡수지수는 열처리한 고구마 퓨레의 경우 5.2 ± 0.0 로 열처리를 하지 않은 고구마 퓨레의 5.0 ± 0.0 보다 높은 값을 나타내었는데 이는 예비 열처리에 의해 스팀처리 시에도 전분입자가 적게 손상받았기 때문에 많은 양의 수분을 흡수할 수 있는 것으로 판단된다. 한편 수분용해지수의 경우에는 열처리한 고구마 퓨레의 경우 6.2 ± 0.1 로 열처리를 하지 않은 고구마 퓨레의 6.4 ± 0.1 보다 약간 낮은 값을 나타내었는데 이는 예비 열처리하는 동안 수용성물질이 일부 용출되었기 때문인 것으로 판단된다. 이상에서 살펴본 바와 같이 열처리 유무에 따라 퓨레의 이화학적 특성이 약간의 차이는 있지만 통계적으로 유의한 수준은 아닌 것으로 나타났다.

Table 16. Physicochemical properties of sweet potato purees by different heat treatments

	Sugar concentration (°Bx)	Color			WAI	WSI
		L	a	b		
Heat treatment	$11.6 \pm 0.1a$	64.6a	-4.2a	21.1a	$5.2 \pm 0.0a$	$6.2 \pm 0.1a$
No heat treatment	$12.4 \pm 0.1a$	61.8a	-4.1a	19.1a	$5.0 \pm 0.0a$	$6.4 \pm 0.1a$

(나) 열처리 유무에 따른 재성형 고구마 튀김의 특성

고구마 퓨레를 재성형하여 고구마 튀김을 제조하였을 때 열처리 유무에 따른 고구마 튀김의 외관(Fig. 10)을 비교한 결과 열처리한 고구마 튀김의 경우 조직이 쉽게 부서지지 않고 튀김전의 초기 형태를 유지하는 반면 열처리하지 않은 고구마 튀김의 경우 조직이 약하여 쉽게 부서지고 휘는 현상을 확인할 수 있었다. 또한 열처리한 고구마 튀김의 경우 열처리하지 않은 고구마 튀김보다 밝은 색을 나타내어 튀김시 갈변이 적게 일어남을 알 수 있었다.

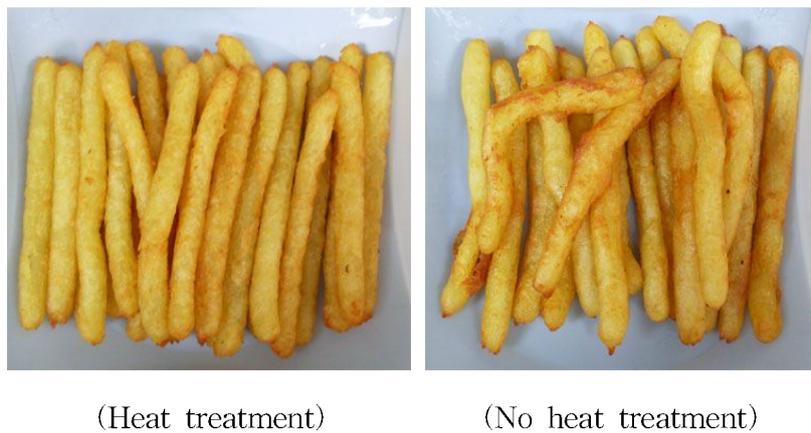


Fig. 10. Appearance of restructured fried sweet potatoes prepared by different heat treatments

고구마 퓨레를 재성형하여 제조한 고구마튀김의 조직감을 측정한 결과(Table 17) 열처리한 퓨레를 사용한 고구마튀김이 4139.6 ± 397.0 g으로 열처리하지 않은 퓨레를 사용한 고구마튀김의 3597.1 ± 309.5 g 보다 훨씬 높은 압착강도를 나타내었다. 또한 고구마튀김의 색도(Table 17)는 열처리 시료의 L, a, b값이 각각 49.5 ± 3.4 , 0.5 ± 1.3 , 23.7 ± 3.0 로 열처리하지 않은 시료 48.4 ± 3.4 , 1.3 ± 1.2 , 21.7 ± 5.3 보다 L값과 b값이 약간 높게, 그리고 갈변을 나타내는 a값이 낮은 것으로 나타났다.

Table 17. Hardness and color of restructured fried sweet potatoes prepared by different heat treatments

	Hardness (g)	Color		
		L	a	b
Heat treatment	$4139.6 \pm 397.0a$	$49.5 \pm 3.4a$	$0.5 \pm 1.3b$	$23.7 \pm 3.0a$
No heat treatment	$3597.1 \pm 309.5b$	$48.4 \pm 3.4a$	$1.3 \pm 1.2a$	$21.7 \pm 5.3a$

열처리 유무에 따른 재성형 고구마튀김의 관능적 기호도를 조사한 결과(Table 18) 열처리 유무에 따라 맛과 향에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 외관, 색, 조직감 그리고 종합적인 기호도에서는 열처리 시료가 열처리하지 않은 시료보다 유의적으로 높은 기호도를 나타내었다.

Table 18. Sensory evaluation for restructured fried sweet potatoes prepared by different heat treatments

	Appearance	Color	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
Heat treatment	7.4±0.5a	6.9±0.8a	6.4±0.5a	6.0±0.5a	6.8±0.5a	7.0±0.5a
No heat treatment	5.6±1.1b	5.8±0.9b	6.3±0.8a	6.0±0.5a	6.3±0.5b	5.5±0.5b

이상의 결과에서 살펴본 바와 같이 열처리 유무에 따라 고구마 퓨레와 재성형 고구마 튀김의 특성이 크게 차이나는 것으로 나타났는데 이는 고구마 퓨레 및 튀김 제조시 발생하는 전분 입자의 형태변화를 예비 열처리가 상당히 억제함으로써 튀김의 조직감, 형태 등에 바람직한 영향을 미치고 또한 튀김시 갈변을 일으키는 저분자 당 등을 제거함으로써 나타난 효과인 것으로 판단된다.

(2) 고구마 퓨레의 물성조절방법 확립

알긴산, 펙틴, 카라기난 등의 biopolymer 등은 콜로이드성을 나타내기 때문에 농후제, 안정제, 겔형성제 등으로 샐러드와 드레싱, 우유겔, 푸딩 등의 식품에 많이 사용되며, 다가금속이온 특히 칼슘 이온과 분자간 가교를 이루어 gel network을 형성하기 때문에 식품의 물성을 변환하기 위해 사용되고 있다. 겔의 강도는 biopolymer와 칼슘의 양, 그리고 pH, 온도 등의 영향을 받는다. 재성형을 통해 고구마튀김, 군고구마 제품을 개발하고자 할 때 고구마 고유의 조직감과 크게 다를 수 밖에 없기 때문에 본 연구에서는 biopolymer로서 알긴산을, 칼슘원으로 황산칼슘을 이용하여 고구마 퓨레의 물성을 변화시킴으로써 재성형 고구마튀김, 군고구마의 조직감을 고유의 고구마 조직감에 근접하도록 시도하였다.

Fig. 11은 고구마 퓨레의 물성을 조절하기 위하여 퓨레에 대해 알긴산(0.25~1.0%)과 황산칼슘(0.13~0.5%)의 첨가량을 달리한 퓨레의 물성을 동적점탄성으로 측정된 결과이다. 동적점탄성 측정은 소진폭 진동전단(small amplitude oscillatory shear, SAOS)에 의해 저장탄성율(G')과 손실탄성율(G'')로부터 점성과 탄성을 결정하는데 사용된다. 알긴산과 황산칼슘을 첨가하지 않은 대조구에 비해 알긴산과 황산칼슘의 첨가량이 증가함에 따라 동적점탄성이 증가함을 알 수 있었고 알긴산 1%, 황산칼슘 0.25%일 때 가장 높은 동적점탄성을 나타내었다. 이와 같은 알긴산과 황산칼슘 첨가량에 따른 동적점탄성의 변화가 재성형 고구마튀김의 외관과

조직감에 대한 영향을 조사하기 위하여 알긴산과 황산칼슘의 첨가량을 달리한 배합 1, 2, 3에 의한 고구마튀김의 외관과 조직감을 조사한 결과는 Fig. 12, 13과 같다. 알긴산과 황산칼슘의 첨가량이 적을수록 유탕에 의해 쉽게 부서져 strip의 형태를 유지하지 못하여 압착강도에서도 낮은 값을 나타낸 반면 동적점탄성 결과에서 가장 높은 값을 나타낸 알긴산과 황산칼슘의 첨가량을 혼합한 배합 3의 경우에는 외관에서도 이상이 없고 배합 1, 2에 비해 높은 압착강도를 나타내는 것으로 나타났다. 이들의 관능적 기호도를 조사한 결과(Table 19)에서도 알긴산과 황산칼슘의 첨가량이 많은 배합 3이 외관, 조직감, 종합적 기호도 등에서 통계적으로 유의한 높은 기호도를 나타내었다.

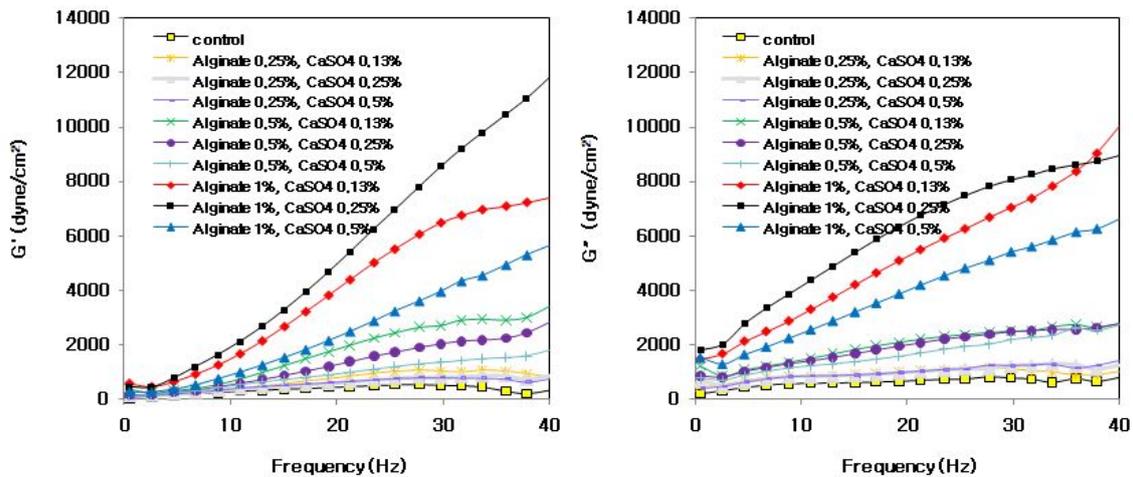


Fig. 11. Changes in viscoelasticity of sweet potato purees by different addition of alginate and CaSO4

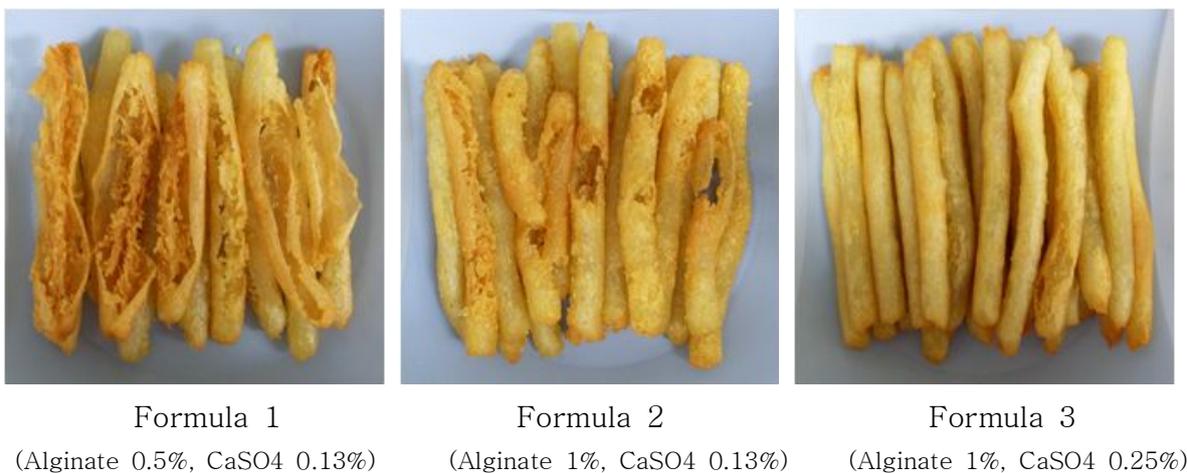


Fig. 12. Appearance of restructured fried sweet potatoes prepared by different addition of alginate and CaSO4

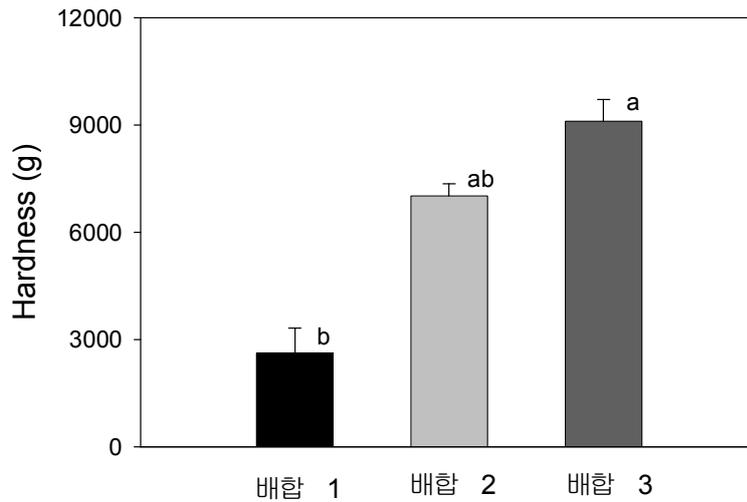


Fig. 13. Hardness of restructured fried sweet potatoes prepared by different addition of alginate and CaSO₄

Table 19. Sensory evaluation for restructured fried sweet potatoes prepared by different addition of alginate and CaSO₄

	Appearance	Color	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
Formula 1	3.3±0.9b	3.9±0.8b	5.1±1.1b	5.6±0.7b	4.5±1.2b	4.0±1.1b
Formula 2	4.6±0.7ab	5.5±1.4ab	5.8±0.7b	5.4±0.5b	5.6±1.2ab	5.4±1.2ab
Formula 3	7.4±0.7a	6.9±0.8a	7.1±0.8a	6.3±1.4a	7.0±0.8a	7.8±0.7a

이상에서 살펴본 바와 같이 알긴산과 황산칼슘의 첨가에 의해 재성형 고구마튀김의 조직이 단단해지고 이에 따라 기호도도 크게 향상되는 것으로 나타났는데 이는 첨가된 알긴산과 황산칼슘의 가교에 의해 단단한 겔이 형성되어 결합력이 강화되어 높은 온도에서의 튀김공정에서도 그 형태를 유지하도록 하기 때문인 것으로 판단된다. 이와 같은 알긴산과 황산칼슘의 결합에 의한 강한 겔 형성은 고구마를 재성형한 제품(고구마튀김, 군고구마 등)의 조직감 증진에 큰 효과가 있을 것으로 기대된다.

다. 재성형 냉동제품 개발

(1) 냉동 고구마 튀김 제품 개발

(가) 퓨레의 동적 점탄성

동적 점탄성 측정은 소진폭 진동전단(small amplitude oscillatory shear, SAOS)에 의해 저장탄성율(G')과 손실탄성율(G'')로부터 점성과 탄성을 결정하는데 사용되어 왔으며, 이들 측정방법은 시료의 구조를 파괴하지 않고 측정하기 때문에 생고분자(biopolymer)의 구조 분석을 위한 물리적 수단으로 사용되고 있다. Fig. 14는 25°C에서 첨가물의 종류와 양을 달리 하여 제조한 고구마 퓨레에 대해 진동수(frequency, Hz)에 따른 G' 과 G'' 의 변화를 보여주고 있다. 다른 첨가물이 첨가되지 않은 고구마 퓨레의 경우 진동수에 상관없이 매우 낮은 값으로 일정하였으나 첨가물을 첨가한 복합물의 경우 진동수의 증가에 따라 G' 과 G'' 은 증가하는 것으로 나타났다. 계란분말의 경우 농도에 따라 점탄성이 증가하였지만 그 차이가 크지 않았으나 알파전분의 경우 농도에 따라 점탄성의 수치가 크게 증가하였다.

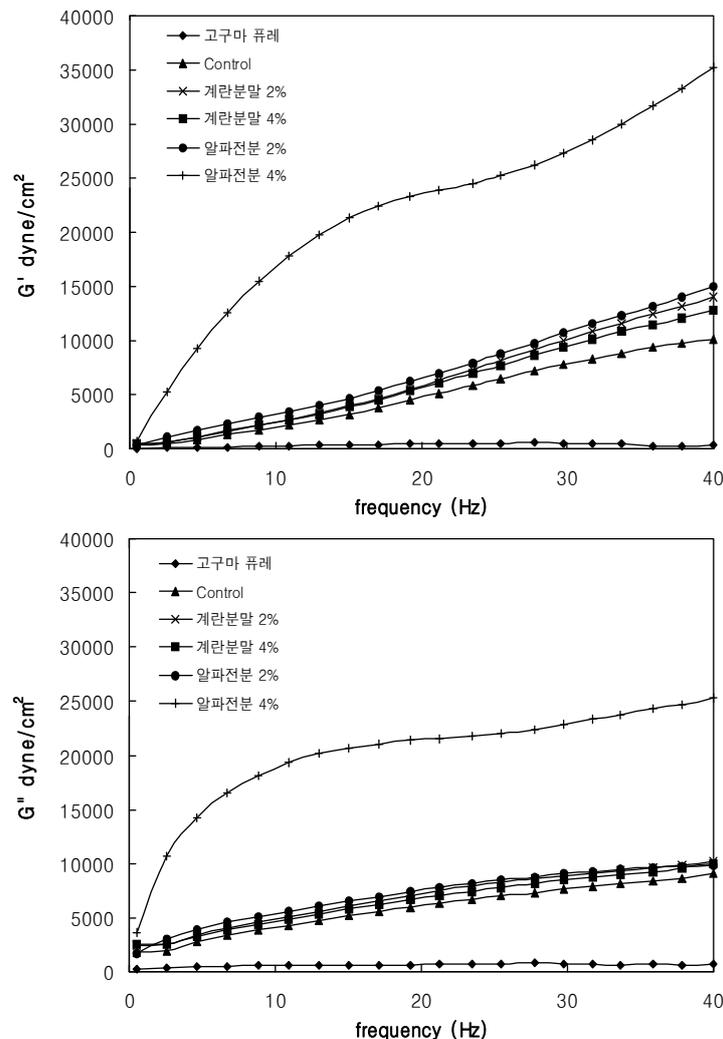


Fig. 14. Changes in viscoelasticity of sweet potato purees by addition of various additives

(나) 외관상 특성

고구마 퓨레를 재성형하여 고구마튀김 제조시 첨가물에 따라 나타난 외관을 Fig. 15에 나타내었다. 고구마 퓨레에 기본적인 배합처리만 한 대조구의 경우 조직이 쉽게 부서져 형태를 유지하지 못하는 반면 계란분말과 알파전분을 첨가한 고구마튀김은 형태를 그대로 유지함을 알 수 있었다.

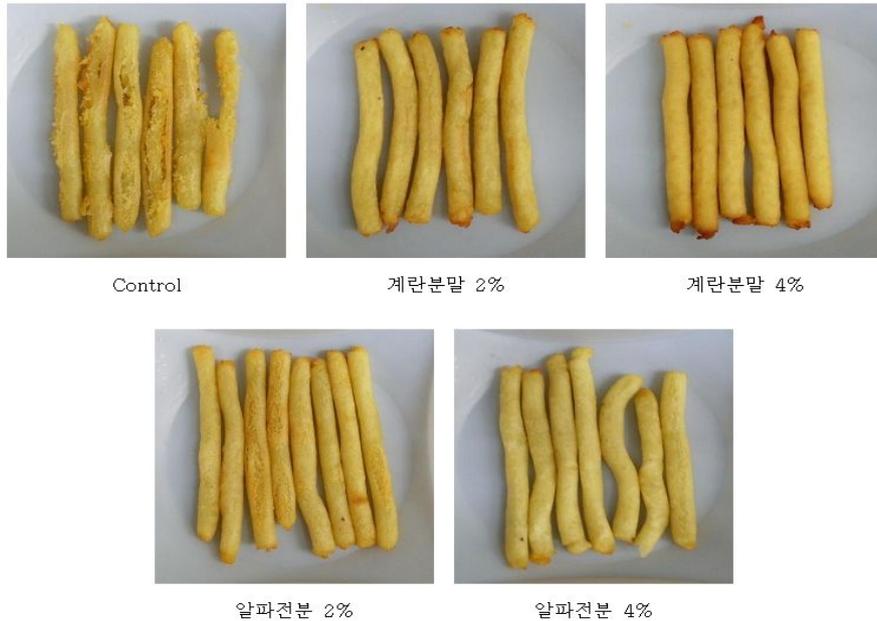


Fig. 15. Appearance of restructured fried sweet potatoes by addition of various additives

(다) 조직감

고구마 퓨레를 재성형 하여 고구마튀김 제조시 첨가물 종류 및 양에 따라 나타난 기계적 조직감을 Table 20에 나타내었다. 대조구의 경우 hardness 667 g, gumminess 334, chewiness 259를 나타내었으며, 계란분말 2% 첨가시 2134 g, 644, 442, 알파전분 2% 첨가시 1459 g, 645, 531을 나타내어 대조구에 비해 크게 높은 값을 나타내었으며, 첨가물 4% 첨가시에는 더욱 높은 값을 나타내는 것으로 나타났다.

Table 20. Texture of restructured fried sweet potatoes by addition of various additives

	Hardness(g)	Gumminess	Chewiness
Control	667±141	334±83	259±98
Egg 2%	2134±93	644±35	442±32
Egg 4%	3411±204	1283±133	1009±182
α-Starch 2%	1459±109	645±50	531±82
α-Starch 4%	2084±114	928±29	757±72

(라) 관능적기호도

첨가물의 종류와 양을 달리하여 제조한 고구마 퓨레를 재성형하여 제조한 고구마튀김의 관능적 기호도는 Table 21에 나타내었다. 대조구의 경우 튀김시 형태를 유지하지 못하기 때문에 외관에서 가장 낮은 기호도를 나타내었고, 색, 맛, 향, 조직감 그리고 종합적 기호도에서도 가장 낮은 기호도를 나타내는 것으로 나타났다. 계란분말 첨가구의 경우 대조구에 비해 외관에서는 나은 기호도를 나타내었지만 나머지 항목에서는 유사한 기호도를 나타낸 반면 알파전분 첨가구의 경우에는 단단하면서 바삭바삭한 조직감을 나타내어 외관, 색 등 모든 항목에서 유의적으로 높은 기호도를 나타내었으며, 특히 알파전분 2% 첨가구가 가장 높은 기호도를 나타내었다.

Table 21. Sensory evaluation for restructured fried sweet potatoes by addition of various additives

	Appearance	Color	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
Control	3.4±1.3	5.3±1.5	5.1±1.3	5.9±0.7	4.4±1.5	4.4±0.8
Egg 2%	5.4±1.0	5.9±1.2	5.4±0.5	5.6±0.5	4.4±0.8	4.9±0.4
Egg 4%	5.4±1.0	5.9±1.2	5.1±0.4	5.4±0.8	4.4±0.8	5.0±0.6
α-Starch 2%	7.1±1.1	6.7±1.0	7.6±0.5	5.7±0.5	7.1±0.7	7.9±0.4
α-Starch 4%	6.9±1.7	6.7±1.7	6.7±0.5	5.7±0.5	6.1±0.7	6.6±0.8

확립된 고구마튀김 기본배합(고구마 퓨레 84.75%, 감자 후레이크 4%, 설탕 4%, 알긴산 1%, 황산칼슘 0.25%, 물 6%)을 기준으로 하여 고구마튀김의 조직감과 기호성을 증진시키기 위하여 알파옥수수분말(0~5%), 찹쌀가루(0~5%), 밀가루(0~5%), 계란분말(0~5%), 알파옥수수전분(0~5%) 등을 혼합하여 검토하였다. 관능검사 결과 확립된 최적 배합비는 Table 22와 같으며, 퓨레 및 고구마튀김 제조공정도는 Fig. 16, 17과 같다.

Table 22. Optimal formula of restructured fried sweet potato

	Formula (%)
Sweet potato puree	82.75
Potato flake	3
α-Corn starch	2
Egg powder	1
Sucrose	4
Alginate	1
CaSO ₄	0.25
Water	6
Total	100

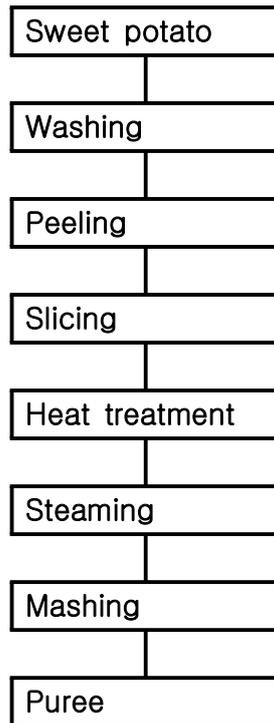


Fig. 16. Manufacturing process of sweet potato puree

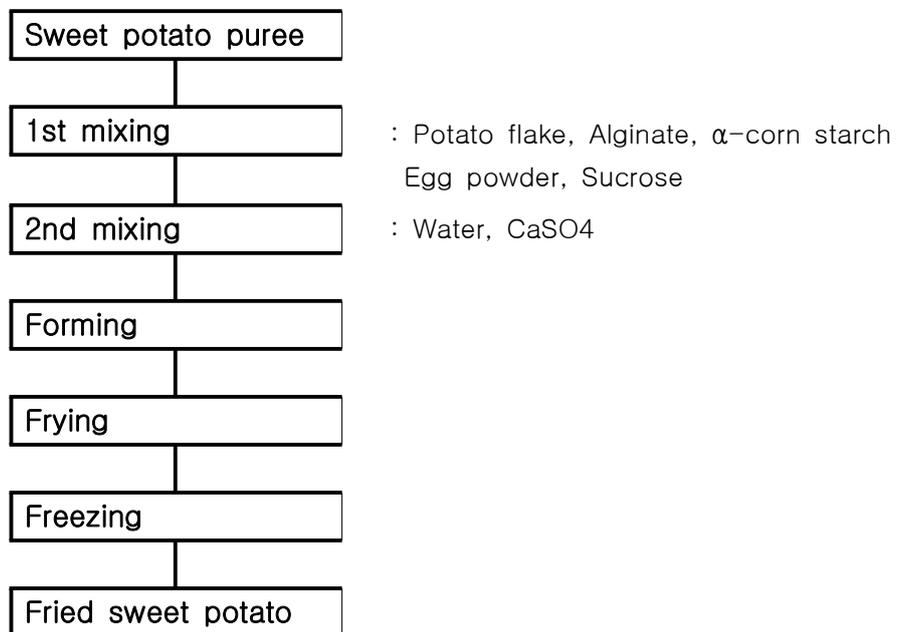


Fig. 17. Manufacturing process of restructured fried sweet potato

(2) 냉동 군고구마 제품 개발

(가) 외관상 특성

고구마 퓨레를 사용하여 군고구마 제품 제조시 첨가물에 따라 나타난 외관은 Fig. 18과 같다. 고구마 퓨레 경우 조직이 단단하지 못하고 baking시 표면이 갈라지는 현상이 심하게 나타났으며, 대조구의 경우 외관상 표면의 갈라짐이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 계란분말과 알파전분을 추가로 첨가하였을 경우 계란분말 4%에서는 갈라짐이 발생하지 않았으나 알파전분의 경우 4%에서는 오히려 갈라짐이 증가하였다.



Fig. 18. Appearance of restructured roasted sweet potatoes prepared by addition of various additives

(나) 관능적 기호도

첨가물의 종류와 양을 달리하여 제조한 고구마 퓨레를 재성형하여 제조한 군고구마의 관능적 기호도는 Table 23과 같다. 고구마 퓨레, 기본배합인 대조구 그리고 계란분말 첨가구의 경우 외관을 제외하고는 관능적 기호도에서 차이가 거의 없었으며, 특히 계란분말 4% 첨가구의 경우에는 조직이 단단하게 되고 갈라짐이 없어 외관과 색은 좋으나 조직이 너무 단단하게 되고 향기에서 기호도가 낮아져 종합적 기호도가 더 낮아지는 것으로 나타났다. 알파전분 2% 첨가구는 맛과 조직감에서 높은 기호도를 나타내어 가장 높은 종합적 기호도를 나타내었다.

Table 23. Sensory evaluation for restructured roasted sweet potatoes prepared by addition of various additives

	Appearance	Color	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
Control	5.0±0.6	5.4±0.8	5.3±1.0	5.3±0.8	5.3±1.0	5.3±0.5
Egg 2%	5.7±0.8	5.6±0.5	5.0±0.8	4.6±0.8	4.9±1.1	4.7±0.8
Egg 4%	6.6±1.0	6.6±0.8	4.4±1.3	4.0±1.0	4.9±1.7	4.4±1.8
α-Starch 2%	5.1±0.7	5.4±0.8	7.1±1.2	6.1±1.2	6.6±1.3	7.4±0.5
α-Starch 4%	5.1±0.7	5.3±0.8	5.6±1.0	5.0±0.6	5.1±0.7	5.6±0.8

재성형 군고구마를 제조에 있어서는 굽기공정 후 군고구마의 맛과 조직감을 갖도록 하는 것이 가장 중요하다. 군고구마와 유사한 조직감을 갖도록 하기 위해 앞서 확립된 퓨레의 물성조절기술을 바탕으로 퓨레에 알긴산과 황산칼슘을 일정량 혼합하였고 고구마 분말, 알과 옥수수 분말, 단호박 분말, 밀가루, 찹쌀가루 등을 검토하여 군고구마와 유사한 조직감을 갖는 배합을 확립하였다. 또한 군고구마와 유사한 맛을 갖도록 하기 위해 고구마 분말, 단호박 분말, 고구마향 등을 검토하여 군고구마와 유사한 맛을 갖는 배합을 확립하였다. 퓨레와 분말을 혼합한 프리믹스 그리고 액상 원료를 혼합한 액상혼합물을 혼합하고 성형후 구워 재성형 군고구마 제품을 제조하였으며 그 제조공정 및 제품은 Fig. 19, 20과 같다. 그리고 개발한 프리믹스 및 최종제품의 배합비는 Table 24, 25와 같다.

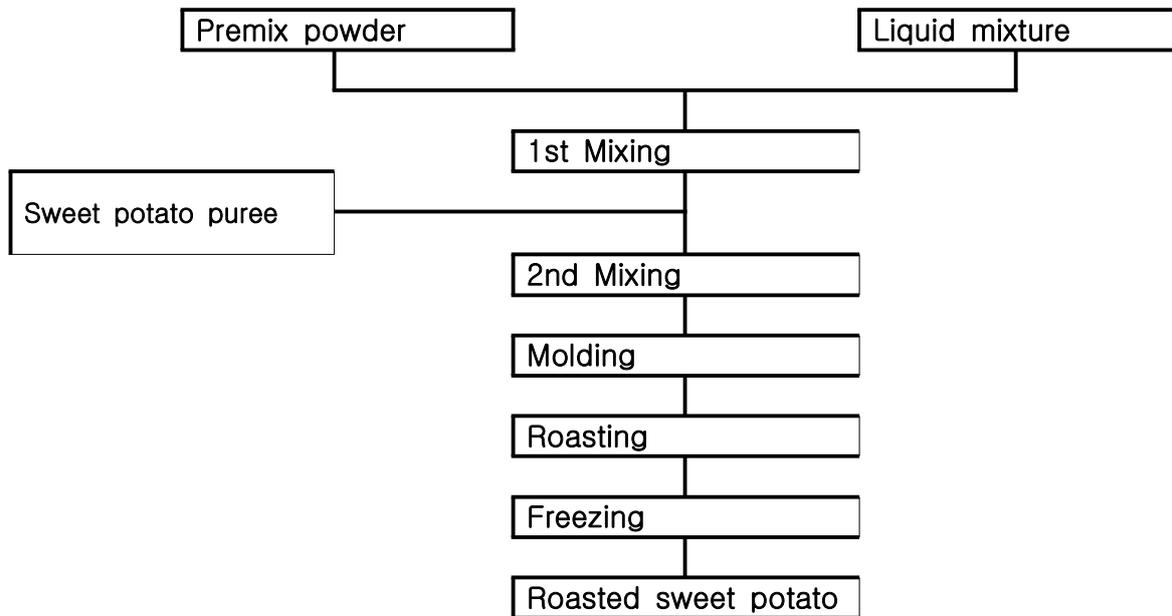


Fig. 19. Manufacturing process of restructured roasted sweet potato



Fig. 20. Appearance of restructured roasted sweet potato

Table 24. Optimal formula of premix powder for manufacturing restructured roasted sweet potato

	Formula (%)
Sweet potato powder	15
α-Corn flour	25
Sweet pumpkin flour	15
Wheat flour	15
Glutinous rice flour	10
Sucrose	10.5
Alginate	9
Salt	0.5
Total	100

Table 25. Optimal formula of restructured roasted sweet potato

	Formula (%)
Sweet potato puree	50
Premix powder	14
Fructo oligosaccharide	15.4
CaSO ₄	0.3
Flavor	0.1
Soybean oil	0.1
Gardenia yellow(10%)	0.1
Water	20
Total	100

(3) 고구마 푸딩 개발

푸딩 제조시 혼합할 고구마 퓨레의 함량을 결정하기 위해 Table 26의 배합에 따라 퓨레의 함량을 달리하여(10%, 15%, 20%) 제조한 푸딩에 대해 관능검사를 실시한 결과 Table 27에서 보는 바와 같이 퓨레의 함량이 증가할수록 고구마 맛이 강하여지고 관능적 기호도도 증가하는 것으로 나타났다.

Table 26. Formulas for determining additive content of sweet potato puree

	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Water	63	63	63
Gelatin	2	2	2
Salt	0.1	0.1	0.1
Fructo oligosaccharide	5.5	5.5	5.5
Sweet potato puree	10	15	20

Table 27. Sensory evaluation of pudding for determining additive content of sweet potato puree

	Intensity of sweet potato taste	Overall availability
Formula 1	3.7 ± 1.2	4.7 ± 2.0
Formula 2	5.3 ± 1.0	5.8 ± 1.5
Formula 3	5.5 ± 1.4	6.2 ± 1.5

푸딩의 부드러운 식감과 풍부한 향미를 부여하기 위하여 분유와 생크림을 검토하였다. 퓨레 15 g 첨가 배합을 기준으로 전지분유(10~20 g, Table 28)와 생크림(1~3 g, Table 30)의 첨가량을 달리하여 푸딩을 제조한 후 관능검사를 실시하였다. 전지분유를 첨가한 배합의 경우 전지분유의 첨가량이 증가함에 따라 우유의 맛과 향이 증가함과 동시에 단맛이 증가하여 기호도가 증가하였지만 전지분유 20 g 첨가구의 경우 우유의 비린내가 비교적 강하고 단맛도 너무 강한 것으로 나타났다(Table 29). 생크림 첨가의 경우 부드러운 식감과 풍부한 향미가 더욱 향상되어 기호도가 크게 증가하였으며 생크림 2 g 첨가구의 기호도가 가장 높은 것으로 나타났다(Table 31).

Table 28. Formulas for determining additive content of whole milk powder

	Formula 4	Formula 5	Formula 6
Water	63	63	63
Gelatin	2	2	2
Salt	0.1	0.1	0.1
Fructo oligosaccharide	5.5	5.5	5.5
Sweet potato puree	15	15	15
Whole milk powder	10	15	20

Table 29. Sensory evaluation of pudding for determining additive content of whole milk powder

	Milk flavor	Sweet taste	Overall availability
Formula 4	5.2 ± 1.5	5.3 ± 1.2	5.7 ± 0.8
Formula 5	6.2 ± 0.8	6.0 ± 0.9	6.5 ± 0.8
Formula 6	7.2 ± 1.2	7.3 ± 1.4	6.5 ± 1.4

Table 30. Formulas for determining additive content of fresh cream

	Formula 7	Formula 8	Formula 9
Water	63	63	63
Gelatin	2	2	2
Salt	0.1	0.1	0.1
Fructo oligosaccharide	5.5	5.5	5.5
Sweet potato puree	15	15	15
Whole milk powder	10	10	10
Fresh cream	1	2	3

Table 31. Sensory evaluation of pudding for determining additive content of fresh cream

	Cream flavor	Overall availability
Formula 7	5.3 ± 1.0	6.7 ± 1.0
Formula 8	6.2 ± 0.8	7.0 ± 1.0
Formula 9	7.0 ± 0.6	6.3 ± 1.4

푸딩에 신선한 향미를 부여하고 기호도를 증진시키기 위해 오렌지, 레몬등의 과일 농축액을 검토한 결과(Table 32), 오렌지와 레몬 농축액에 대한 기호도가 높은 것으로 나타났으며, 오렌지와 레몬 농축액의 첨가량을 달리하여 Table 33의 배합으로 푸딩을 제조한 후 관능검사를 실시하였다. 관능검사 결과(Table 34) 오렌지 농축액의 첨가에 의해 향미에 대한 기호도가 크게 증가하였고 레몬 농축액의 경우에는 적은 양의 첨가에 의해서도 pH의 감소가 크게 일어나 제품의 보존성 증진에 크게 기여하는 것으로 나타났다.

Table 32. Sensory evaluation for selecting fruit concentrates to increase the availability of pudding

Concentrate	Overall availability	Concentrate	Overall availability
Apple	++	Plum	++
Pear	+	Quince	+
Orange	++++	Lemon	+++

Table 33. Formulas for determining additive content of orange and lemon concentrates

	Formula 10	Formula 11	Formula 12	Formula 13
Water	63	63	63	63
Gelatin	2	2	2	2
Salt	0.1	0.1	0.1	0.1
Fructo oligosaccharide	5.5	5.5	5.5	5.5
Sweet potato puree	15	15	15	15
Whole milk powder	10	10	10	10
Fresh cream	2	2	2	2
Orange concentrate	3	3	2	2
Lemon concentrate	0.5	0.3	0.5	0.3

Table 34. Sensory evaluation of pudding for determining additive content of orange and lemon concentrates

	Sour taste	Sweet taste	Overall availability
Formula 10	6.6 ± 0.9	6.0 ± 1.0	6.4 ± 1.3
Formula 11	6.4 ± 1.1	6.0 ± 0.7	6.8 ± 1.3
Formula 12	5.8 ± 0.8	5.4 ± 0.5	5.8 ± 0.8
Formula 13	4.0 ± 0.8	4.3 ± 0.5	4.8 ± 1.5

배합 11을 기준으로 하여 한국인에게 특히 기호도가 높은 군고구마향과 호박고구마의 색에 대한 기호도를 높이기 위해 치자 색소를 첨가하여 Table 35와 같은 고구마 푸딩의 최적 배합비를 결정하였다.

Table 35. Optimal formula of sweet potato pudding

	Formula
Water	63
Gelatin	2
Salt	0.1
Fructo oligosaccharide	5.5
Sweet potato puree	15
Whole milk powder	10
Orange concentrate	2
Lemon concentrate	0.3
Fresh cream	1
Roasted sweet potato flavor	0.01
Gardenia yellow(10%)	3

푸딩에 첨가할 고구마 다이스를 제조하기 위해 고구마를 1 cm의 정육면체로 절단한 것을 끓는물에서 3분동안 블랜칭한 후 고과당 용액(60 Brix)에서 5일간 당침하여 푸딩에 첨가할 고구마 다이스를 제조하였다. 푸딩에 대한 다이스의 적정 첨가량을 결정하기 위하여 10~50% 범위에서 첨가량을 달리하여 푸딩을 제조한 후 관능평가 결과 Table 36에서 보는 바와 같이 다이스 20% 첨가구의 종합적 기호도가 가장 우수한 것으로 나타났다. 고구마 푸딩제품의 제조공정과 제품은 Fig. 21, 22와 같다.

Table 36. Sensory evaluation of pudding for determining additive content of sweet potato dices

	Easiness to intake	Overall availability
Dice 10%	7.0 ± 1.3	5.7 ± 0.5
Dice 20%	7.2 ± 1.3	7.0 ± 1.1
Dice 30%	6.5 ± 1.0	6.3 ± 1.4
Dice 40%	6.5 ± 1.4	6.0 ± 1.3
Dice 50%	6.3 ± 2.0	5.8 ± 2.0

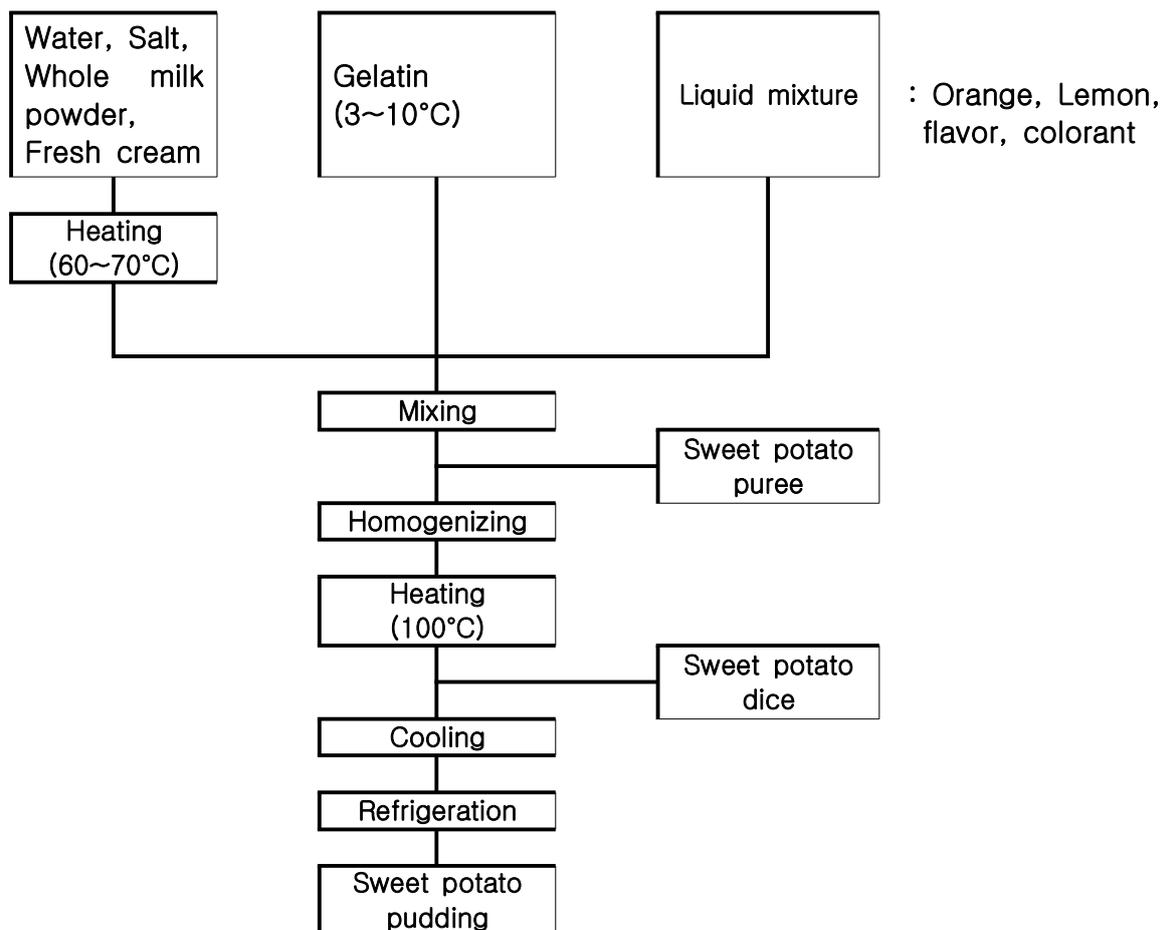


Fig. 21. Manufacturing process of sweet potato pudding



Fig. 22. Appearance of sweet potato pudding

IV. 참고 문헌

1. Bovell-Benjamin AC. Sweet potato: a review of its past, present and future role in human nutrition. *Adv Food Nutr Res* 52: 1-59 (2007)
2. Da Silva PF, Moreira RG. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. *LWT-Food Sci Technol* 41: 1758-1767 (2008)
3. Browner WS, Westenhouse J, Tice JA. What if Americans ate less fat? A quantitative estimate of the effect on mortality. *J Am Med Assoc* 265: 3285-3291 (1991)
4. Garayo J, Moreira R. Vacuum frying of potato chips. *J Food Engineer* 55: 181-191 (2002)
5. Shyu S, Hau L, Hwang L. Effect of vacuum frying on the oxidative stability of oils. *J Am Oils Chem Soc* 75: 1393-1398 (1998)
6. Shyu S, Hwang L. Effect of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. *Food Res International* 34: 133-142 (2001)
7. Granda C, Moreira R, Tichy C. Reduction of acrylamide formation in potato chips by low temperature vacuum frying. *J Food Sci* 69: 405-411 (2004)
8. Dueik V, Robert P, Bouchon P. Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chem* 119: 1143-1149 (2010)
9. AOAC : Official methods of analysis. 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.(1984)
10. Kim SJ, Rhim JW, Jung ST, Ahn YS, Oh YB. Carotenoid contents of yellow sweet potatoes. *Korean J Food Sci Technol* 29: 218-222 (1997)
11. Lee LS, Ching EJ, Rhim JW, Ko BS, Choi SW. Isolation and identification of anthocyanins from purple sweet potatoes. *J Food Sci Nutr* 2: 83-88 (1997)

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

과제별	연구개발의 목표	달성도	연구실적	비고
제1세부 고구마 현탁형 음료, 유산균 발효 음료 및 동결건조 분말 제품 개발	- 고구마를 이용한 현탁형 음료, 유산균 발효 음료 및 동결건조 분말 제품개발	100%	-특허출원 : 고구마 유산균 발효물을 주재료 하는 식품조성물 및 이의 제조방법 (출원번호 10-2010-0035690) -습식분쇄와 효소처리에 의한 균 고구마음료 제조방법 (출원번호 10-2011-0010829)	-특허출원한 제품 및 제조기술에 대해서는 참여기업 등에 기술이전을 협의하고 있음
제1협동 품종별 고구마 식품소재의 품질특성 및 가공적성 조사	-품종별 고구마 식품소재의 품질특성 및 가공적성 조사와 제품개발	100%	학술논문게재 한국산 8품종 고구마 분말 특성. 한국식품조리과학회. 제27권 제2호(국내) 2011년. 학술발표 한국식품과학회(2건) 2010. 6. 16 ~ 18  홍보 교육청-쌀과 함께하는 건강생활 프로젝트 전국 시,도 순회교육 FACT 농업기술실용화재단 “참살이 우리농식품 전시 행사2010. 9. 8. (코엑스) 2010 산학협력 EXPO 2010. 11.4~6 (일산 Kintex)	-고구마 식품소재와 쌀가루를 이용한 gluten-free 기능성 식품의 특허 출원을 준비하고 있음 -본 과제를 통해 지속적인 결과를 전문 학술지에 투고할 예정임 Physical properties and molecular structure of sweet potato and mung bean starches (Food Chemistry에 투고 함) Functional Properties of Sweet Potatoes with Different Korean Varieties (Food Science and Biotechnology에 투고 예정) Physicochemical properties of Korean sweet potato starches (Starch에 투고 예정) -고구마 식품소재 자체와 고구마 분말과 쌀가루를 이용한 gluten-free 제품의 특허출원 후 기업체 기술이전을 추진할 예정임
제2협동 고구마 이용 고품질 베이커리 가공제품의 개발	-국내산 고구마의 분말화 기술개발 및 가공적성 연구 -고품질 고구마 베이커리 제품의 개발	100%	학술논문게재 (1편 게재완료, 2편 투고 중) -김경은, 김성수, 이영택. 2010. 고구마의 육질색 종류별 고구마 분말의 이화학적 특성. 한국식품영양과학회지 39: 1476-1480 -Lee YT et al. 2011. Physicochemical properties of starches isolated from sweet	-본 연구과제의 수행으로 얻은 결과는 참여기업에 기술이전을 함으로써 고품질 고구마 분말 가공제품의 생산에 적극 활용할 예정임. -일부 고구마 분말 제품화 신기술은 특허출원 작성중 특허제목: 고구마 컵케이크의 조성 및 그 제조방법

			<p>potatoes with orange and purple flesh color grown in Korea. Food Sci. Biotechnol. (in submission)</p> <p>-Lee YT et al. 2011. Pasting properties of sweet potato flours influenced by different processing conditions. Food Sci. Biotechnol. (in submission)</p> <p>학술발표</p> <p>- 김경은, 양정윤, 이영택. 고구마의 품종별 건조조건에 따른 고구마 분말의 이화학적 특성. 한국식품영양과학회 2009 국제심포지엄 및 정기학술대회. 2009. 11. 4 - 6. Changwon Exhibition Center (2009)</p> <p>- 김경은, 이하민, 이영택. 고구마의 품종별 분리 전분의 성질. 한국식품영양과학회 2009 국제심포지엄 및 정기학술대회. 2009. 11. 4 - 6. Changwon Exhibition Center (2009)</p> <p>- 김지영, 김건, 오현욱, 이영택. 고구마 육질색 종류별 고구마 전분과 분말의 호화특성. 한국식품과학회 2010 학술대회. 2010. 6. 16-18. Songdo Convensia, Incheon (2010)</p>	<p>-홍보매체를 통해 고품질 고구마 베이커리 제품에 대한 홍보</p>
<p>제3협동 유색 고구마 이용 기능성 음료제품 개발</p>	<p>- 자 색 고구마를 이용한 기능성 음료 제품 개발</p>	<p>100%</p>	<p>-자색고구마음료 시제품 제조 완료</p> <p>-참여기업인 고창농협과 기술 이전 추진 예정</p>	<p>-본 연구결과 개발된 시제품은 산업화 활용에 대한 유용 기초자료로 제공됨</p> <p>-남녀노소 누구나 좋아할수 있는 건강기호식품 및 간편식의 개발로 간편성과 기능성을 추구하는 소비자의 기대에 부응하고 가공기술의 향상으로 제품의 품질을 높여 고품질의 고구마음료 기술전수</p> <p>-고구마의 고부가가치 창출을 위한 제품개발 및 신제품 출시</p> <p>-농가소득 향상 및 농산물 활용을 통한 이용가치 증대와 관련한 교육, 지도 및 홍보 등 활용</p>

				-개발시제품을 산업화하기 위하여 본 기술개발에 참여한 참여기업을 양산화하고 이를 위하여 기술이전 을 추진함
제2세부 홍국과 고구 마를 이용한 건강제품의 배변촉진 및 혈액순환개 선 효능검증	-고구마 품 종별 기능성 성분 특성 조사 - 혈액순환 개선 건강기 능식품의 효 능검증(동물 실험)	100%	학술발표 -한찬규외, 홍국고구마가 고지방 식을 급여한 흰쥐의 분변과 혈 청중 지질, 인슐린, 랩틴 및 혈당 농도에 미치는 영향 (P11-073), 한국식품과학회 학술발표, 인천 송도컨벤시아(2010. 6.16) -한찬규외, 홍국제품이 고지방식 이를 급여한 흰쥐의 체지방, 장통 과시간 및 혈청 지질농도에 미치 는 영향 (P8-238), 한국식품영양 과학회 학술발표, 대구 인터볼고 호텔(2010.10.28)	
제4협동 홍국 고구마 를 이용한 배 변촉진, 혈액 순환개선 건 강기능식품 개발	- 고 농 도 Monacolin- K를 함유하 는 홍국고구 마 배양 및 대량생산 -다양한 제 형의 시제품 개발 - 배 변 촉 진 및 혈액순환 개선 건강기 능식품 개발	100%	-특허출원 준비 중임 -본 제품은 현재 일본 기존의 홍국쌀 수출업체에 시제품을 보내어 금년 하반기부터 수출 가능성이 높음	-홍국의 유효성분을 증가시키는 새로운 배양체를 선발하여 대량생 산체계를 확립함으로써 홍국을 이 용한 건강기능식품의 원재료 영역 을 확대 -고구마와 홍국의 기능성을 함유 한 복합건강기능식품을 개발함으 로써 홍국고구마의 고부가가치 창 출로 인한 농가의 소득 향상 -소비자의 다양한 기호를 충족함 으로써 고구마의 신수요 창출 및 우수 성공사례를 통한 소득증대 아이템 제공과 비전 제시 -홍국과 고구마의 기능성을 접목 한 고기능성 홍국고구마 대량 생 산으로 혈액순환 및 콜레스테롤수 치 개선을 위한 건강기능식품 원 료로 제공 -홍국고구마를 원료로 한 배변촉 진 및 혈액순환개선 건강기능식품 개발·출시로 국내외 유통채널을 이용한 매출 증대 -care in castle 상표 등록 : Circulation (혈액순환), antiaging (노화방지), reforming (체질개 선), energy (활력)을 뜻하는 단

				어들의 조합인 care와 이들을 관리하여 몸을 건강하게 유지시키기 위한 (주)에프앤피의 노력을 표현한 상표로 자사의 고농도 monacolin-K 함유 건강기능식품 출시에 맞춘 상표를 개발하여 자사브랜드의 경쟁력 확보
제3세부 고구마를 이용한 감압유당 스낵 및 재성형 냉동 제품 개발	-다양한 가공기술을 이용하여 즉석 조리 및 간편 식용 고구마 신제품을 개발	100%	특허출원 -최희돈, 김성수, 김윤숙, 박용곤, 최인욱, 박호영, 한찬규, 나세준. 감압유당 고구마 스낵 및 이의 제조방법 (출원번호 10-2011-0029713호, 대한민국)	-참여기업에 기술이전을 추진하고 있음

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

- 개발된 기술은 특허출원 및 등록을 통한 기술 선점력 확보
- 개발된 다양한 기술과 제품은 참여업체에 즉시 기술이전하여 산업화, 상품화 추진
- 연구과정에서 나온 기초데이터는 국내외 유명 학술회의에 발표하고, 학술지에 논문 게재하여 고구마의 소비촉진과 상품의 판매에 홍보자료로 이용
- 본 연구를 통하여 발생하는 경제적 기대성과는 연구가 완료 후 산업화, 상품화 및 판매가 본격적으로 시작되는 3년 후 부터 원료, 중간소재, 가공제품 합하여 300억원 이상의 매출액 달성 추정함
- 품종에 따른 고구마 식품소재의 특성을 조사하여 가공제품 개발의 기초자료로 활용
- 고구마 품종이 순수하게 유지되지 않고 있어 가공기술을 이용한 제품 개발에 어려움이 있는 점을 보완할 수 있어 가공용 식품소재 개발을 위한 품종 관리가 가능
- 가공용 고구마 생산을 위해 단일품종을 활용하고 그 가공적성을 이용하여 부가가치가 높은 제품을 개발
- 고구마의 지용성 카로틴 색소와 수용성 안토시아닌 색소를 천연색소 소재로 활용하여 다양한 제품에 활용
- 다양한 품종의 고구마로 국내외 소비자 선호도에 맞는 소재와 제품 개발과 gluten-free diet용 쌀가루 고구마 혼합 제품 개발
- 고구마 소재의 특성을 달리하여 다양한 유형의 식품 개발에 활용(고체형 식품, 겔형 식품, 액체형 식품, 건강기능식품 등)
- 품종에 따라 특성이 다르므로 가공 제품에 따라 적합한 성질을 갖도록 식품소재의 혼합 및 다른 식품소재와 복합적으로 활용하여 수출형 농식품 소재로 개발하여 산업화 할 수 있도록 기술 이전
- 소재의 특성 및 가공적성 구명 등의 과학적 결과를 발표하여 정확한 정보제공으로 소비자 신뢰도를 높임
- 홍국과 고구마의 기능성을 접목한 고기능성 홍국고구마 대량 생산
- 혈액순환 및 콜레스테롤수치 개선을 위한 건강기능식품 원료로 제공
- 고구마를 원료로 한 배변촉진 및 혈액순환개선 건강기능식품 개발 및 출시
- 배변촉진 및 혈액순환개선 건강기능식품 출시로 인한 매출 증대
- 소비자의 기호 충족 소비의 증대를 통해 시장의 경쟁력강화
- 고구마의 고부가가치 및 신수요 창출로 인한 농가소득 증대
- 본 연구과제를 통하여 개발된 기술을 참여기업에 기술이전 함으로써 관련제품의 생산 및 상품화에 적극 활용할 계획임 (고품질 고구마 베이커리 제품 5종 이상)
- 개발된 기술을 특허출원하여 신기술 개발을 보전함
- 국내산 고구마의 분말화 기술을 개발

- 고품질 고구마 베이커리 제품의 개발 및 편의성이 증대된 베이커리 프리믹스의 개발
- 개발된 제품의 상품화를 통한 관련 산업체의 매출 증대 및 경쟁력 강화
- 국내산 고구마의 효율적인 활용으로 국내산 식량작물의 부가가치 증대
- 본 연구 결과 개발된 고구마 가공제품은 국내뿐만 아니라 수출용으로 일본, 미국을 비롯한 유럽으로 우리의 식품을 알리고 외화획득을 위해 수출방안을 모색하며 또한 세계 식품 전시회나 무역상담을 통해 상설전시회를 마련하여 수출의 다양화를 기할 수 있음.
- 청,장년층및 노년층에게 아주 적합한 고향식품 개발의 기초자료 제공함.
- 개발시제품을 산업화하기 위하여 본 기술개발에 참여한 참여기업을 중심으로 양산화하고 이를 위하여 기술이전을 추진하고 기술료를 징수할수 있음.
- 개발된 고구마 가공제품을 상품화하여 판매함으로써 국내의 고구마 소비확대를 확산시키고 일반농가의 소득증대 및 지역주민의 고용창출의 기회가 부여됨.
- 고구마 가공제품 개발로 고구마의 가공, 저장 및 포장기술 개발을 통한 국내 식품개발 기술의 향상 및 발전
- 남녀노소 누구나 좋아 할 수 있는 건강기호식품 및 간편식의 개발로 간편성과 기능성을 추구하는 소비자의 기대에 부응하고 가공기술의 향상으로 제품의 품질을 높일 수 있음
- 본 연구의 결과로 확보하게 될 고구마의 품질향상 및 제품개발의 산업화 활용에 대한 유용 기초자료 제공
- 고구마 생산지의 확보 및 활용을 통한 국가 미래 농업의 안정적 위치 확보 및 국가 농업 기반의 국제경쟁력 강화
- 건강 기능성 개념을 도입한 고구마 가공식품 개발을 통한 국내 가공식품의 국제적 차별화 유도
- 고구마 신 품종육성 기초자료 제공을 통한 농가 소득향상 및 고품질고구마 재배 유도
- 고구마 가공 및 소재화 분야의 원천기술 확보 및 기술이전을 통한 산업화
- 개발 기술의 특허출원 및 학회지를 통한 홍보