

국내산 밤호박을 이용한 가공제품 개발 및 간밤의 활용도 증진을 위한 동결처리 연구

Development of New Products using Domestic Buttercup
Squash(*C. maxima Duch.*) and Freezing Process for
Increment of Utilization of Peeled Chestnut

연구기관
한국식품개발연구원

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “국내산 밤호박을 이용한 가공제품 개발 및 간담의 활용도 증진을 위한 동결처리 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 6.

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 김 종 훈

세부과제책임자 : 김 성 란

연 구 원 : 박 용 곤

연 구 원 : 김 흥 만

연 구 원 : 박 재 복

연 구 원 : 박 노 현

연 구 원 : 정 진 응

연 구 원 : 권 기 현

연 구 원 : 김 진 주

연 구 원 : 이 선 민

연 구 원 : 문 선 미

목 차

연구과제 1 국내산 밤호박을 이용한 가공제품 개발

요 약 서	5
제 1 장 서 론	11
제 2 장 국내외 기술개발 현황	13
제1절 밤호박의 해외 동향	13
제2절 밤호박의 국내 동향	16
제3절 호박관련 연구 동향	17
제 3 장 재료 및 방법	20
제1절 재료	20
제2절 실험방법 및 내용	20
제 4 장 결과 및 고찰	31
제1절 밤호박의 식품학적 특성 및 영양성분	31
제2절 밤호박의 건강 기능성	41
제3절 밤호박을 이용한 식품가공용 중간소재 및 품질안정화 기술 개발	48
제4절 밤호박의 특성을 살린 가공제품 개발	64
참고문헌	73

연구과제 2 간밤의 활용도 증진을 위한 동결처리 연구

요 약 문	79
제 1 장 서 론	84
제1절 연구목적 및 필요성	84
제2절 밤 생산 및 이용 현황	86
제 2 장 간밤의 냉동공정 해석	93
제1절 밤의 열적 특성	93
제2절 냉동공정의 수학적 해석	95
제3절 냉동공정의 유한차분 해석	100
제 3 장 간밤 냉동공정 시뮬레이션	104
제1절 시뮬레이션 프로그램	104
제2절 동결과정 분석	107
제3절 검증실험	111
제4절 동결시간 예측	118
제 4 장 간밤의 저장성 분석	119
제1절 서 론	119
제2절 재료 및 방법	121
제3절 결과 및 고찰	127
참 고 문 헌	148

연구과제1

G 1324-0003

국내산 밤호박을 이용한 가공제품 개발

Development of New Products using Domestic
Buttercup Squash(*C. maxima Duch.*)

연구책임자 : 김성란

연구원 : 박용곤

연구원 : 김홍만

연구원 : 문선미

여 백

요 약 문

I. 제 목

국내산 밤호박을 이용한 가공제품 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

가공방안이 구체화 되지 못하여 그대로 썩히고 있는 밤호박 수출 잔량품, 손상과, 미숙과, 규격 미달품 등으로 인한 생산 농가의 피해를 줄이고 수출용 소득작목으로의 정착을 위하여 밤호박을 이용한 다양한 식품가공용 중간소재와 가공제품을 개발하여 보급하고자 함

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 밤호박의 식품학적 특성 및 영양성분

- 일반성분과 영양성분 분석
- 펙틴 함량 및 특성 분석

2. 밤호박의 건강 기능성

- 밤호박의 기능성 성분
- 밤호박 용매 추출물의 전자공여작용, 아질산염 소거작용 조사
- 밤호박의 SOD(super oxide dismutase) 유사활성 조사

3. 밤호박을 이용한 식품가공용 중간소재 및 품질 안정화 기술 개발

- 분말형 중간소재 제조기술 개발

- 다이스형 중간소재 제조기술 개발
 - 양급형 페이스트 중간소재 제조기술 개발
4. 밤호박 가공제품의 개발
- 국수, 밤호박 넥타의 제조

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

본 연구는 밤호박의 용도 다양화 및 가공기술을 개발하고 과잉생산분, 규격 등급이외의 밤호박에 활용함으로써 밤호박 생산단지, 수출업체, 가공제품 생산업체의 안정적 소득기반 확보 및 관련 산업 활성화에 기여하고자 하였다.

1. 밤호박의 식품학적 특성 및 영양성분

밤호박의 당도는 14~16 °Brix로 늙은 호박보다 6~7 °Brix가 높았으며 경도는 밤호박이 1,602g, 늙은 호박이 788g으로 2배의 차이가 있었다. 밤호박의 단백질과 지방함량은 늙은 호박보다 더 높았으며, 총 아미노산 함량도 밤호박이 9,825.58 mg%, 늙은 호박의 5,472.74 mg%보다 높았고 특히 Arginine, Tyrosine, Glutamine의 함량차이가 컸다. 무기질 조성 면에서 밤호박은 늙은 호박에 비하여 철분의 함량이 높았다. 밤호박의 주요 유기산은 succinic acid로 총 유기산의 65%를 차지하는 양이었으나 늙은 호박의 주요 유기산은 malic acid였다. 유리당 함량도 밤호박이 높았으며 비타민 A, B₁, B₂, C함량이 월등히 우수하였다.

펙틴을 분획별로 분리하고 함량을 분석한 결과는 밤호박 AIS의 총 펙틴 함량은 17.00 %였으며 염산 가용성 펙틴(HSP)의 함량이 7.37 %로 가장 많았다. 늙은 호박 AIS의 총 펙틴 함량은 25.14 %였으며 이중 절반 이상인 16.51%가 수가용성 펙틴으로서 다른 과채류와는 달리 수가용성 펙틴의 함량

이 가장 높았다. 밤호박의 과육 경도가 늙은 호박보다 단단하고 조직감이 우수한 것은 이러한 펙틴의 특성에 기인한 것으로 사료된다.

2. 밤호박의 건강 기능성

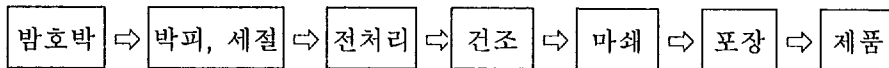
호박의 대표적인 기능성 성분인 카로테노이드 함량을 정량한 결과는 밤호박의 카로테노이드 함량은 35.4 mg%로 늙은 호박의 1.9 mg%보다 월등히 높아 가식부 100g당 18배 높은 수준이었으며 HPLC로 정량한 카로테노이드의 조성도 큰 차이가 있었다. 늙은 호박은 lutein, α -carotene, β -carotene이 각 30 % 내외를 차지하는 반면 밤호박은 lutein의 차지비율이 크고 α 와 β -carotene외에 antheraxanthin, violaxanthin으로 추정되는 피크가 높게 나타났다. 기능성 탐색을 위한 in vitro 실험에서 밤호박은 전자공여에 의한 래디칼 소거능이 크고, 높은 SOD유사활성을 가지고 있으며 아질산염 소거작용이 우수한 것으로 나타났고 이들의 활성은 늙은 호박보다 더 우수한 것으로 나타났다. 늙은 호박의 기능성에 대한 동물실험 결과 간의 항산화 효소계 활성 증가 효과, 분만한 암컷 생쥐의 빠른 체중회복 효과, 위암 및 유선암 억제 효과가 보고되었다. 이와 관련하여 향후 밤호박의 기능성에 대한 동물실험과 효과 규명에 관한 연구가 뒷받침되어야 하겠지만 늙은 호박 이상의 우수한 기능성을 보유하는 것으로 나타났다.

3. 밤호박을 이용한 식품가공용 중간소재 및 품질 안정화 기술 개발

가. 분말형 중간소재

열풍건조 방법은 농가보급형 건조분말 생산에 유리한 방식이나 건조온도에 따른 분말의 품질차이가 컸으며 분말의 분산성을 나타내는 수분용해도지수(WSI)가 낮고, 분말의 총 카로테노이드 함량은 열풍건조 공정 중 크게 감소하여 건조 온도가 60℃로 상승되면 동결건조 분말에 함유된 카로테노이드

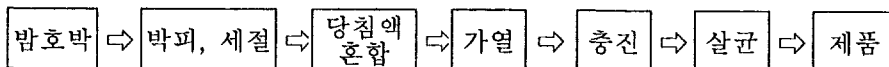
의 60 % 만이 잔존하는 것으로 나타났다. 건조 공정중 카로테노이드 파괴를 방지하기 위한 전처리로서 열수에서의 브랜칭 처리 및 10 % trehalose 용액에서의 브랜칭 처리를 적용하였다. 밤호박 건조 조건으로는 2분 스팀 전처리 (2mm, 세절 기준) 후 50℃ 열풍건조가 적절하였으며 10 % 트레할로스를 첨가하여 열처리한 처리구의 품질이 가장 우수하였다. 트레할로스의 이용은 분말의 분산성을 크게 향상시켰으며 50 % 이상의 SOD유사활성 및 항산화 효과와 안정화된 카로테노이드 색소를 보유한 분말의 제조가 가능하여 기능성 건강식품 소재로 활용될 수 있을 것이다. 분말형 중간소재의 최종 공정을 요약하면 다음과 같다.



열풍건조한 호박분말을 20℃에서 저장하면서 품질을 비교한 결과 빛에 의한 색소퇴색이 진행되어 동결건조 분말의 경우 저장 1개월 후에 51 %, 저장 2개월에 82 %의 카로테노이드 함량이 감소하였다. 빛을 차단한 포장구에서는 색소퇴색이 저장 2개월 후에도 30 % 이내로 현저히 적어 빛 차단 포장이 유리한 것으로 나타났다.

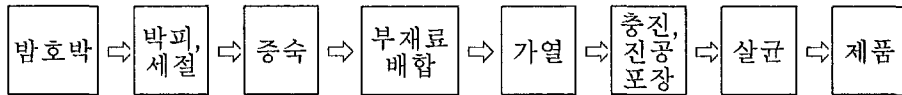
나. 다이스형 중간소재

세절 다이스의 규격은 1×1×1 cm³로 하고 당액의 배합은 설탕:고과당을 2 : 1의 비율로 하여 60 °Brix 일 때 기호도가 가장 우수하였고, 당액에 0.1 %의 allum이나 CaCl₂를 첨가하여 밤호박 다이스의 조직감을 아삭하고 단단하도록 개선하는 공정이 효과적인 것으로 나타났다. 또한 밤호박 다이스와 당액의 혼합 비율은 1:1이 적절하였다. 조직 연화를 방지하고 색과 풍미가 살아있는 다이스형 밤호박 중간소재의 제조 공정은 다음과 같다.



다. 앙금형 페이스트 중간소재

열수살균하여 상온 유통이 가능한 앙금형 페이스트로 개발하고자 부재료 배합 조건 및 물성 개선 시험을 실시하였다. 시판 중인 팥 또는 동부 앙금은 수분 41~42 %, 당도 37 °Brix였으나 밤호박 앙금은 수분 58 %, 당도 34 °Brix일 때 가장 기호도가 우수하였다. 전분 종류, 당종류, 옥분 첨가량을 조절하여 앙금의 물성 및 기호도를 개선하였으며 밤호박 페이스트 100을 기준으로 옥분 15, 감자전분 5를 첨가한 배합비가 앙금의 물성에 적합하였다. 밤호박을 세절, 박피, 열처리 없이 바로 제과, 제빵에 이용할 수 있는 앙금형 페이스트 중간소재의 제조공정은 다음과 같다.



4. 밤호박 가공제품의 개발

생 밤호박과 브랜칭하여 익힌 밤호박을 각각 5mm초파를 통과시킨 후 동량의 물을 첨가하고 콜로이드 밀로 마쇄한 밤호박 페이스트로부터 건면을 제조하였다. 브랜칭 페이스트로 제조한 면의 적색도가 높고 호박의 진한 황색이 더 두드러졌으나 전체적인 품질은 생 페이스트 처리구가 우수하였고 국수의 맛과 조직감에 대한 기호도도 우수하였다. 최종 배합비로 밀가루 1kg와 페이스트 400g의 배합, 밀가루 양의 5 % 활성글루텐 첨가, 소금의 양은 페이스트에 10%로 첨가한 처리구가 기호도와 품질이 우수하였다.

밤호박 분쇄물에 존재하는 펙틴, 섬유소 등을 효소로 분해시켜 음료 가공에 적합한 페이스트를 제조하기 위하여 pectinase활성과 함께 cellulase 활성이 있는 Cytolase M102이 밤호박의 불용성 고형분 분해에 가장 효과적인 것으로 나타났다. 제품의 저장 중 발생하는 고형물과 수분과의 분리현상을 방지하기 위하여 안정제 첨가후에도 점도의 변화가 적고 이미, 이취의 발생

이 없는 xanthan gum 0.15 %를 첨가하였다. 최종 배합비는 효소처리한 밤호박 페이스트 100, 정제수 200, 설탕 30, xanthan gum 0.15, 구연산 0.025, 구연산 나트륨 0.025, 소금 0.025를 선정하였다.

본 연구를 통하여 개발된 카로테노이드 보유력이 높고 품질이 우수한 밤호박 분말, 조직의 연화를 방지하고 색상과 풍미가 우수한 다이스형 중간소재, 제과 제빵에 응용할 수 있는 앙금형 페이스트 제조기술 및 밤호박 가공제품인 국수, 넥타형 음료 가공기술은 밤호박 생산자 단체 및 가공업체에 기술이전을 추진할 예정이다. 생과 위주로 단순 소비되던 밤호박을 상품성 있는 제품으로 가공시키는 고부가가치 기술의 개발로 인하여 밤호박의 안정적 국내 생산기반 확보 및 생산농가의 소득증대에 크게 기여할 수 있을 것이다.

제 1 장 서 론

밤호박(단호박)은 고랭지대를 원산지인 한 서양계 조생종 호박(*C. maxima* Duch.)으로 작은 크기(1.5kg 내외)이며 진한 녹색의 과피를 가지고, 진황색을 띠는 과육은 두껍고 치밀하며 당도가 재래 호박보다 6~7°Brix 높은 특징이 있다. 밤호박은 1985년경 일본수출을 위해 소량씩 계약재배 형식으로 국내에서 재배된 이래 최근 수출유망품목으로 각광 받으면서 재배면적이 크게 증가하고 있다. 국내 생산량 집계는 약 4,000톤 이상일 것으로 추정되고 있다. 주생산 지역은 제주도, 해남, 강진, 옥천, 안동, 음성, 고성 등이며 최근 경기도 연천에서 수출용 밤호박 재배단지를 조성하여 재배의 북방한계선이 북부지역으로 옮겨졌으며 대구시 밤호박 수출단지, 고성 등 대규모화 된 작목반이 증가하고 있다.

밤호박의 재배와 관련하여 국내 재배가 용이한 품종 선발, 기존의 노지재배에 따른 품질저하(호박 밑부분이 매끄럽지 못하고 황색으로 변함) 문제를 공중에 매다는 방법, 과실마다 네트를 씌우는 방법 등으로 개선하여 균일한 표피색상을 유지하게 하고 일본산의 성출하기인 8월~11월과 겹치지 않도록 출하기를 앞당기는 등 재배기술 면에서는 활발한 연구가 진행되었다.

밤호박 유통과 관련된 가장 큰 문제점은 수출국이 일본 단일시장이므로 수출량이 일본업체에 의존적이고 일본에서 1L(6개/10kg)~2L급(4~5개/10kg)의 특정 규격품만을 수입하고 있어 국내의 규격외 상품(총량의 40%) 처리 대책이 시급한 실정이나 국내 소비가 미약해 수출잔량품 처리가 어려운 점이 문제이다. 또한 생체소 상태로 수출되므로 품질유지에 많은 노력이 요구되는 실정이다. 밤호박은 수확시기가 제한되어 있고 생과로서의 저장기간이 짧기 때문에 일시적으로 출하되는 밤호박의 과잉공급시 재배 및 판매 농가의 어려움이 예상된다. 과잉분을 동결저장하는 등 여러 저장수단으로 물동량을 조절

한다고 하여도 아직까지 이들 밤호박의 저장 및 가공에 대한 기술적 연구는 거의 이루어지지 않아 수출 잔량품, 손상과, 미숙과, 규격미달품 등에 대한 가공방안이 구체화 되지 못하여 그대로 썩히고 있는 실정이다.

최근 수출 규격외의 상품을 처리하기 위해 일반인에게 밤호박이 보급되기 시작하였고, 건강식품으로서의 밤호박에 대한 일반인들의 기호가 높아 소비가 증가하고 있어 카로테노이드의 보고라 할 수 있는 밤호박의 영양적 우수성에 대한 홍보와 이를 이용한 기능성 식품 가공용 중간소재와 현대적 기호의 가공제품의 개발은 현 시대적 흐름에 적합하다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 밤호박의 치밀한 조직감, 우수한 당도, 색소 안정성, 가공시의 변화 등 장단점을 분석하여 적절한 가공기법을 적용한 중간소재 가공기술을 개발하고 등외품 밤호박을 이용한 기호성과 상품성이 우수한 가공제품을 개발하고자 하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 밤호박의 해외 동향

1. 재배품종

현재 일본에서 생산되고 있는 품종은 크게 일본호박과 서양호박으로 구분되는데, 주로 유통되는 품종은 서양 개량품종으로서 에비스, 미야코, 구리아지, 구리지망 등이 있다. 일본 호박은 흑피(黒皮)가 미야기현 지역에서 생산되고 있으나, 일본 최대산지인 홋카이도를 비롯한 대부분의 주산지에서는 에비스를 주로 재배하고 있다. 서양 밤호박과 일본 밤호박을 비교해 보면 서양 밤호박은 당질 함유가 15~20%로 일본산보다 2배 높고 육질도 좋으며 또한 비타민 A성분인 카로틴과 비타민 C의 함량도 일본산보다 약간 높은 편으로 보고되었다. 푸치니 품종은 96년 가을부터 전국에서 시험적으로 재배 판매되어 화제가 되고있는 품종으로 과실직경이 10cm 전후이고 중량이 200~300g으로 조그마한 손바닥 크기의 소과로 종래의 장식용 미니 밤호박에 비해 맛, 육질, 저장성, 모양새 등에서도 인기가 있어 현재 호텔 및 레스토랑을 중심으로 판매되고 있으며 주 출하산지는 오키나와, 시즈오카, 지바, 홋카이도 지역이다.

밤호박 계통의 대표적 품종으로는 적피울과 흑피울, 방향청피울 및 에비스가 있으며 홋카이도와 이바라기에서 일부 재배되고 있는 미야코도 에비스의 일종이다. 일본에서 생산되는 밤호박의 품종별 특성은 표 1과 같다.

최근 「九重栗(구주구리)밤호박」, 애칭으로는 「노랑하트」라는 밤호박도 소개되었는데 카로테노이드가 종래 품종의 2~3배가 포함되어 있고 높은 영양가로 인하여 인기를 끌고 있다. 출하는 7월28일부터 9월 하순까지이며 수확량은 10a당 1.3톤으로 후쿠시마현과 관동방면에서 60톤 출하를 계획하고 있으며 kg당 200엔 이상을 목표로 하고 있는 신품종이다.

표 1. 일본에서 생산되는 밤호박 주요 품종의 특성

품종명	판 매 원	생산시기	과 형	과 색	과실크기	육 질
에비스	다끼이종묘	약조생	타원형	진한녹색	대 과	섬세
미야코	일본원구	조 생	타원형	진한녹색	중 과	섬세
구리지망	협화종묘	약조생	타원형	진한녹색	대 과	섬세
M 7	사까다	약조생	타원형	진한녹색	중 과	섬세
훗꼬리	다끼이종묘	조 생	타원형	진한녹색	중 과	섬세
에비스						
다이부쓰	설인종묘	조 생	타원형	진한녹색	대 과	섬세

2. 재배면적 및 생산량

훗카이도가 최대의 주산지로 출하비율도 최고이며 그 다음으로 가고시마 이바라기 등 순으로 생산량 및 출하량이 많다.

표 2. 일본의 밤호박 주산지별 재배면적, 생산량 및 출하량
(단위 : ha, 톤)

구 분	재 배 면 적	생 산 량	출 하 량
1995	16,400	241,800	175,900
1996	16,100	234,400	169,500
1997	17,100	247,000	177,000
1998	18,000	257,800	187,800
훗카이도	7,791	110,400	98,800
이바라기	711	14,100	11,800
지 바	296	6,250	4,730
가나가와	322	5,740	4,620
오카야마	270	6,280	4,940
나가사키	281	4,430	3,470
구마모토	164	3,450	2,360
미 야 기	216	4,050	3,430
가고시마	1,270	20,500	18,200

자료) 농림수산성 통계 정보부, 원예통계('99)

3. 유통 및 가격 동향

1월부터 5월 사이에 도쿄지역으로 입하되는 대부분 물량은 멕시코산을 비롯한 뉴질랜드산 등 수입산이며, 일본 최서남단의 가고시마산이 지역적인 기 후특성(아열대)상 12월부터 익년 1월 사이에 출하된다. 일본 최대산지인 홋카이도산은 8~12월 사이에 출하되는 물량의 대부분을 차지하고 있으며 나머지 국내산은 도쿄를 중심으로 이바라기, 가나가와 등 중부지역산을 위주로 6~8월 사이에 집중 출하되고 있다. 현재 일본으로 수입되는 호박의 대부분이 뉴질랜드산인데 오사카시장을 중심으로 유통되고 있다.

도매가격은 일본의 단경기인 6~7월에 kg당 200~210엔의 비교적 고가가 형성되고 있으며, 기타 시기는 비교적 고른 시세를 보이고 있다. 시기적으로는 1~5월까지의 뉴질랜드, 멕시코 등의 수입산이, 7~8월은 한국산이, 8~12월까지는 일본 국내산이 출하되고 있다. 한국산은 주 수출시기가 7~8월로 일본의 단경기인 6~7월을 지나므로 수출시기를 앞당기는 것이 필요하다. 우리나라를 제외하고는 대부분이 일본 국내산의 단경기인 겨울에서 이듬해 봄 사이에 주로 수입되는데, 이들 지역은 일본과의 거리가 상당함에도 불구하고 기후조건의 차이로 인하여 물량공급이 용이하기 때문이다.

4. 소비동향

출하량의 약 84% 정도가 요리 등 일반소비용으로 소비되고 16%가 파이나 케이크 등의 가공용 원료로 사용되고 있다. 요리의 종류는 튀김이나 우마니(고기와 채소를 넣어 달게 조리된 것), 낫토(강낭콩, 고구마 등과 으깨어 달게 만든 것) 등 다양한데 대부분이 달게 만들고 있어 호박에 함유된 당분이 매우 중요한 상품성 지표가 됨을 알 수 있다. 슈퍼 등 일반소매점에서 판매시 다양한 소비용도에 맞춰 전형 또는 1/2, 1/4로 잘라서 판매하고 있으며 잘라서 판매할 경우 선도유지를 위해 투명필름으로 밀착 포장하여 판매되고 있다.

연간 1인당 소비량은 '97년의 경우 1,663g으로서 매년 증가 추세에 있고 계절에 관계없이 연중 소비되고 있으며 현재 젊은층의 소비가 늘고 있기 때문에 앞으로 소비는 계속 증가할 것으로 분석된다. 지역별 호박의 1인당 소비규모는 北九州지역이 가장 많으며, 지리적인 구조로 볼 때 東高西底형의 소비형태를 보이고 있다.

제 2 절 밤호박의 국내 동향

현재 우리나라에서 주로 재배되는 품종은 주 수출지역인 나고야, 큐슈지역에서 주로 소비되는 에비스 품종으로 일본에서 종자를 수입하여 재배하고 있다. 주생산지역은 제주도, 해남, 강진, 옥천, 안동, 음성, 고성 등지에서 일본내의 단경기인 6월말부터 7월말 사이에 집중생산하여 일본으로 수출하고 있다. 최근에는 경기도 연천에서 수출용 밤호박 재배단지를 조성하여 재배의 북방한계선이 북부지역으로 옮겨졌다.

우리나라 밤호박 생산은 80년대 중반이후 일본의 수입업자와 계약재배에 의해 소규모로 재배되어 왔기 때문에 국내 거래가 거의 없어 재배면적, 생산량 및 가격등의 통계자료가 없는 실정이다. 밤호박의 통계는 별도로 잡히지 않아 국내 생산량은 정확한 통계는 없으나 국내 가공용 소비 및 수출증가로 약 500천평, 4,000톤에 이를 것으로 추정되며 이중 1998년에 650톤이 일본으로 수출되었고 수출량이 증가하고 있다.

밤호박의 재배와 관련하여 국내 재배가 용이한 품종 선발, 기존의 노지재배에 따른 품질저하(호박 밑부분이 매끄럽지 못하고 황색으로 변함) 문제를 공중에 매다는 방법, 과실마다 네트를 씌우는 방법 등으로 개선하여 균일한 표피색상을 유지하게 하고 일본산의 성출하기인 8월~11월과 겹치지 않도록

출하기를 앞당기는 등 재배기술 면에서는 활발한 연구가 진행되었다. 대구 밤호박수출단지에서는 농수산물유통공사가 99년도 현지화적응수출개발품목으로 시설재배 밤호박을 생산하여 높은 관심을 끌고 있다. 이곳에서는 에비스 품종을 타지역보다 2개월정도 일찍 정식하여 일본 성출하기 이전에 수출가능토록 했으며 하우스 재배로 서리와 냉해를 예방했다. 또한 지주에 달아 착과시키고 재배 초기부터 그물을 씌워 재배함으로써 과피의 착색불량과 흠집발생을 최소화하여 일본 바이어들로부터 호평을 받았다. 이로 인해 전년 대비 10~30% 높은 10kg 상자당 1천1백~ 1천3백엔의 가격으로 수출했다. 연천군과 군내 영농조합에서도 수출유망작목 개발의 일환으로 연천군 내에 33ha에 달하는 밤호박 수출단지 조성사업은 벌이고 있으며 99년도 밤호박 생산량은 연천군내만 400톤이었고 이중 207톤을 일본에 수출하였다. 2000년도에는 구리지마과 아지헤이 품종을 1,200여톤 생산하여 700톤 이상의 신선 밤호박 수출량을 확보하고 있다. 연천군은 위도상 일본의 가고시마와 홋카이도의 중간지역에 위치하여 일본의 단경기인 6월말에서 7월말까지 생산이 가능하며 시설 네트재배로 흠집이 없고 과피의 황변과 흑이 나타나지 않으며 과피가 진한 녹색으로 균일하여 높은 가격을 받고 있다.

제 3 절 호박관련 연구동향

1. 늙은 호박관련 연구동향

늙은 호박에 관한 연구로서 국외의 경우 동양계 호박과는 다른 품종을 대상으로하여 호박의 영양성분¹⁻³⁾, 생호박과 통조림한 호박의 카로테노이드 조성⁴⁻⁷⁾, 호박의 저장⁸⁻¹⁰⁾, 호박의 쓴맛¹¹⁻¹³⁾, 통조림 호박의 향기성분¹⁴⁾, 호박의 물러짐, 변색과 관련한 수확전후 곰팡이¹⁵⁾, 호박의 가공과 관련된 브랜칭처리

^{16,17)}, 호박음료의 가공¹⁸⁾, 호박요리의 보존기간 및 질적평가¹⁹⁾, 냉동호박퓨레의 생산²⁰⁾, 호박후레이크의 제조방법²¹⁾ 등에 대한 연구가 보고되어 있다.

국내의 경우 늙은 호박은 한국인들과는 옛부터 친숙하여온 식량자원의 하나로서 전통적으로 위장이 약한 사람, 회복기의 환자, 산후 부종제거 등을 위해 좋은 식품으로 전래되어 왔으나 이들에 관한 연구로는 호박 원료의 독특한 향미성분, 조직감과 관련된 화학 성분에 대한 연구²²⁾와 몇몇 단편적인 호박가공제품에 대한 특허²³⁻³¹⁾와 호박 꿀차³²⁾, 고구마와 호박을 첨가한 요구르트 제조 연구³³⁾가 보고되어있다.

최근 호박건조분말의 제조 및 특성에 관한 연구, 식물조직 분해효소를 이용한 호박농축액 제조에 관한 연구가 수행되었다³⁴⁾. 또한 호박차, 당과, 잼, 젓 등이 개발되어 음료형인 펌킨스, 제성형 호박당과 등이 효과적으로 실용화 되었다. 호박술의 제조방법, 호박음료, 호박스낵 제조에 관한 특허가 보고되었고 호박씨로부터 여러 유용성분을 분리, 이용하는 연구도 진행되었다. 이상의 연구들은 밤호박이 아닌 늙은 호박을 대상으로 호박의 활용도를 높이고자 진행된 연구들이다.

2. 밤호박 관련 연구동향

밤호박은 최근 주목받고 있는 기능성 소재 중 β -carotene의 함량이 높아 관심을 끌고 있으며 비타민류, Ca, Na, P 등의 영양소를 다량 함유하고 있을 뿐 아니라 풍부한 섬유질 등 영양적 가치가 매우 높다. 최근 보고된 호박 및 밤호박의 식품성분 비교³⁵⁾에서는 유리당의 비타민, 무기질의 함량이 밤호박이 높고 기타 영양성분도 더 우수하다는 결과를 보고한 바 있다.

일본을 비롯한 국외의 밤호박 연구들은 수출입 유통과 관련된 것이 대부분을 차지하여 저장온도에 따른 미생물 변패를 조절하기 위한 사전 열처리³⁶⁾,

저장 중의 카로테노이드나 기타 영양성분의 변화, 저장성이 약한 단점에 따른 wound response, 에틸렌 생성 억제와 관련하여 topolone이나 hinokitol처리, 2,5-norbornadiene, aminoethoxy vinylglycine처리, 60%의 CO₂를 처리하여 상처부위의 에틸렌 생성 억제에 관한 연구가 다수 보고되었다. 또한 저장 중 중량감소가 카로텐 함량, 탄수화물, 유기산 함량과 상관관계가 있으며 buttercup squash의 경우 저장 48일째 sucrose의 양이 가장 증가한다고 하였다. Kabocha호박의 선박 운송동안 부패를 억제하기 위하여 46℃와 55℃에서 45분 및 15분 전처리후 10℃/83%RH조건과 25℃ 보관시 유통기한을 각각 15주, 6주 연장시키는 효과가 있었다고 보고되었다³⁷⁻³⁹⁾.

제 3 장 재료 및 방법

제 1 절 재료

본 실험에 사용한 밤호박은 전라남도 해남산과 경기도 연천산을 사용하였으며, 늙은 호박은 해남산을 가락시장에서 구입하여 사용하였다. 뉴질랜드산 밤호박은 글로벌 통상이 수입한 99년산 밤호박을 사용하였다.

제 2 절 실험방법 및 내용

가. 밤호박의 영양성분 및 특성 분석

1) 일반성분

밤호박과 늙은 호박의 일반성분은 AACC 방법에 따라 다음과 같이 분석하였다⁴⁰⁾. 수분함량은 air-oven법(AACC 44-15A)으로, 단백질 함량은 Kjeltac auto 1030 analyzer(Tecator Co., Sweden)를 이용하여 micro-Kjeldahl법(AACC 46-13), 회분은 건식회화법(AACC 08-01)으로 분석하였다. 조지방 함량은 soxhlet법으로 측정하였으며 조섬유 함량은 Fiber-Tec(Tecator Co., Sweden) 장치를 이용하여 분석하였다.

2) 부위별 비율, 과육 정도 및 색도

밤호박과 늙은 호박을 각각 꼭지(stem), 과피(skin), 과육(flesh), 씨(seed), 내부섬유(fiber)로 분리한 후 각 부위의 비율을 측정하였다. 과육의 정도는 원형 링을 이용하여 직경 20mm, 두께 7mm의 절편을 제조한 후 texturometer(XT-2, England)를 사용하여 2mm의 원형 plunger 로 50%의 변형을 일으키도록 압착했을 때 받는 힘으로 측정하였다. 과육의 색은 색차계(Hunter Lab, USA)를 이용하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값으로 측정하였다.

3) 총 아미노산

총 아미노산은 HPLC(Waters System, MA, USA)를 이용하여 PicoTag 방법에 의하여 분석하였다⁴¹⁾. 동결건조한 밤호박과 늙은 호박 분말을 5mg/ml로 분산시키고 10 μ l씩 분취하여 완전히 건조시켰으며 이를 110 $^{\circ}$ C에서 산가수분해하고 PITC(phenylisothiocyanate)로 유도체화 시킨 후 분석하였다.

4) 유리당

동결건조한 밤호박과 늙은 호박 분말 5g을 80% 에탄올로 열수추출하고 추출액을 여과한 후 정용하였다. 이를 0.45 μ m membrane filter로 여과한 후 HPLC로 유리당 함량과 조성을 측정하였다. HPLC는 JASCO PU-980을 사용하였으며 컬럼은 YMC-Pack Polyamine II, 검출기는 RI검출기(JASCO 1530), 용매는 78% acetonitrile을 사용하였다.

5) 유기산

동결건조한 밤호박과 늙은 호박 분말 5g을 80% 에탄올로 열수추출 후 여과하여 농축한 것을 amberlite IRA-900 칼럼에 통과시켜 당을 제거한 후 6N formic acid로 흡착된 유기산을 탈착시켜 농축 후 정용하였다. 이를 0.45 μ m membrane filter로 여과한 후 HPLC로 유리산의 함량을 측정하였다. HPLC는 JASCO PU-980을 사용하였으며 컬럼은 Aminex HPX-87H(Biorad)을 사용하였으며, 210nm에서 UV검출기(JASCO 975)로 분석하였다. 용매는 0.008N H₂SO₄을 사용하였으며 유속은 0.5ml/min으로 조정하였다.

6) 무기질과 비타민

동결건조한 밤호박과 늙은 호박 분말을 예비탄화 시킨 후 560 $^{\circ}$ C의 회화로에서 회화시켰다. AOAC법⁴⁰⁾에 따라 회화된 회분을 염산 가수분해하고

ICP(Jobin Yvon 38, France)로 분석하여 무기질의 함량을 측정하였다. 비타민 A의 함량은 호박분말을 20g의 Na_2SO_4 , 1g의 MgCO_3 와 함께 hexane:acetone=6:4(v/v) 용매로 반복추출하고 농축하여 methanol로 정용한 후 HPLC로 분석하였다. 비타민 B₁과 B₂의 함량은 시료를 용매(100mM KH_2PO_4 with 1mM hexane sulfonic acid : methanol)와 혼합 후 균질화하고 원심분리한 상등액을 0.2 μm filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다. 비타민 C의 함량은 2,4-nitrophenylhydrazine 비색법에 따라 시료를 처리한 후 520nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

7) 펙틴

가) 알콜불용성 고형물(Alcohol Insoluble Solid : AIS)의 제조

호박의 껍질과 씨를 제거한 가식부를 분리하여 일정량을 파쇄한 다음 끓는 ethanol 중에서 5분간 가열처리한 후 최종농도가 80%가 되게 ethanol을 가하고 열탕에서 환류냉각장치를 부착하여 1시간 가온추출을 반복한 후 여과하였다. 얻어진 잔사를 acetone과 ether을 이용하여 각각 탈수 및 탈지 처리한 후 40℃ 건조기에서 건조하여 AIS를 얻었다⁴²⁾. 얻어진 AIS는 40mesh 체를 통과시켜 이후의 실험에 이용하였다.

나) 가용성 펙틴의 분획

펙틴의 분획을 위하여⁴³⁾ AIS 0.5g에 150ml의 증류수를 가하고 30℃에서 3시간 교반 후 여과하여 얻은 추출액을 200ml로 정용하여 수용성펙틴(Water soluble pectin : WSP)을 얻었다. WSP 추출잔사에 0.4% ammonium oxalate 150ml를 가한 후 30℃에서 3시간 교반 후 여과하여 얻은 추출액을 200ml로 정용하여 ammonium가용성펙틴(ammonium soluble pectin : ASP)을 얻었다. ASP잔사에 다시 0.05N-HCl 용액 150ml를 가하여 80℃에서 3시간 추출하여 얻은 추출액을 200ml로 정용하여 염산가용성 펙틴(hydrochloric acid soluble

pectin : HSP)을 얻었다. HSP잔사에 0.05N sodium hydroxide 150ml을 가하여 30℃에서 3시간 추출하여 200ml로 정용하여 수산화나트륨 가용성펙틴 (sodium hydroxide soluble pectin : SSP)을 얻었다.

다) 펙틴의 정량

가용성 펙틴 분획물은 carbazol-sulfuric acid법⁴⁴⁾에 따라 정량하였다. 시료에 0.5ml carbazol(0.1% carbazol + 95% ethanol)용액을 가하고 교반한 후 황산 6ml을 가하여 85℃에서 5분 가열하고 실온에서 15분간 방치시킨 다음 525nm에서 흡광도를 측정하였으며 이때 표준곡선은 galacturonic acid monohydrate를 사용하여 작성하였다.

나. 밤호박의 건강 기능성 분석

1) 총 카로티노이드

총 카로티노이드 함량을 AOAC법⁴⁰⁾과 Scott방법⁴⁵⁾으로 다음과 같이 분석하였다. 생밤호박 5g에 MgCO₃ 0.1g을 첨가하고, n-hexan(0.1% BHT 함유) : acetone = 6 : 4인 용매와 혼합하여 고속의 blender에서 5분간 마쇄하고 30분간 교반하면서 추출하였다. 추출물을 원심분리(10,000rpm, 10분)하여 상정액을 얻었으며 침전물은 아세톤 25ml로 2회, 헥산 25ml로 1회 더 반복 추출하였다. 얻어진 상정액들을 분액깔대기에 모아 증류수 100ml로 5회 씻고 아세톤을 제거하였다. 아세톤을 제거시킨 상층을 아세톤 9ml가 들어있는 100ml 용 플라스크에 혼합하고 헥산으로 정용하였다. 총 카로티노이드 정량은 분광광도법을 이용하여 450nm에서 흡광도를 측정하였으며 β-carotene 상당의 mg%로 산출하였다. 또한 카로티노이드 추출물의 조성을 HPLC로 비교하였다⁴⁵⁾. 이때 column은 Vydac 201TP54(250mm×4.6mm) 였으며 이동상은 acetonitrile:methanol:dichloromethan=75:20:5, 유속은 1.5ml/min의 조건으로 분석하였다.

2) 용매 추출물의 제조

밤호박과 늙은 호박의 동결건조분말을 메탄올, 80% 에탄올 및 아세톤으로 각각 85℃에서 1시간동안 환류 냉각추출한 후 감압여과하고 진공농축하였다. 용매를 완전히 제거한 추출물을 각 용매 50ml로 정용하여 추출물을 제조하였다.

3) 용매 추출물의 전자공여작용

전자공여작용(Electron Donating Ability)은 각 추출물의 DPPH(α , α -diphenyl- β -picrylhydrazyl)에 대한 전자공여효과로 나타나는 시료의 환원력으로 측정하였다⁴⁶⁾. 추출물 1ml에 2×10^{-4} M DPPH 용액(메탄올에 용해) 2ml를 가한 후 vortex mixer로 10초간 혼합하고 추출물의 농도별 시간에 따른 전자공여작용을 분광광도계를 이용하여 525nm에서 DPPH의 환원반응이 더 이상 일어나지 않는 steady state 상태에 이르는 시간을 측정하여 적정 반응시간으로 설정하였다. 적정 반응시간 설정 후 각 추출물 1ml에 2×10^{-4} M DPPH 용액 2ml를 가한 후 vortex mixer로 10초간 혼합하고 적정 반응시간 동안 반응시키면서 525nm에서의 흡광도를 측정하였다. 반응종료 후 각 시료의 농도에 따른 DPPH의 잔존률로부터 초기 DPPH농도가 50% 감소 될 때까지 필요한 항산화물질의 농도 EC₅₀(Efficient Concentration)를 계산하고 Antiradical activity로 나타내었다.

4) 용매추출물의 아질산염 소거작용

밤호박 추출물의 아질산염 소거능은 용매 추출물을 동결건조하여 다음과 같이 측정하였다^{47,48)}. NaNO₂용액 2ml에 추출분말을 일정농도로 녹인 용액 1ml를 가하고 pH를 1.2로 조정하였으며 반응용액의 부피를 10ml로 하였다. 이 액을 37℃에서 1시간동안 반응시킨 후 각 반응액을 1ml씩 취하여 2% 초

산용액 5ml, Griss시약(30% 초산으로 각각 조제한 1% sulfanilic acid 와 1% naphthylamine을 1:1비율로 혼합한 것, 사용직전 조제) 0.4ml을 첨가하고 잘 혼합한 다음 실온에서 15분간 방치 후 분광광도계를 사용하여 520nm에서 흡광도를 측정하고 잔존하는 아질산량을 산출하였다. 대조구는 Griss 시약대신 증류수를 0.4ml 가하여 상기와 같은 방법으로 실시하였으며 아질산염 소거작용은 추출액을 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 아질산염 백분율(%)로 나타내었다. 이때 값이 큰 것 일수록 추출액의 아질산염 분해작용이 크다는 것을 의미한다.

$$N(\%) = \left(1 - \frac{A-C}{B}\right) \times 100$$

N : 아질산염 소거율

A : 1mM NaNO₂용액에 시료를 첨가하여 1시간 방치시킨 후 흡광도

B : 1mM NaNO₂용액의 흡광도

C : 시료자체의 흡광도

5) SOD(Superoxide Dismutase) 유사활성

SOD 유사활성은 superoxide에 의해 산화되는 pyrogallol이 SOD첨가에 의해 산화속도가 억제되는 원리를 이용하여 김등⁴⁹⁾의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다. 시료 2g에 tris-cacodylic acid buffer(TCB, pH 8.20) 30ml를 가하여 2분간 혼합한 후 4℃에서 12,000×g로 30분간 원심분리하였다. 상등액을 취한 후 0.1N NaOH과 HCl로 pH를 8.20로 조절하였다. 이 용액 0.9ml에 기질로서 0.1ml의 3mM의 pyrogallol (1,2,3-benzenetriol)을 포함한 10mM HCl을 혼합한 후 25℃를 유지시키면서 420nm에서 2분간 흡광도 변화를 측정하였다. 이때 나타나는 흡광도 변화로부터 pyrogallol의 산화속도로 계산하였다. 각 시료의 SOD 유사활성은 상기 반응혼합물에 각 물질을 넣고 용해시킨 후 pyrogallol의 산화가 억제되는 정도 즉, 단위시간당 흡광도 감소정도를 측

정하여 pyrogallol의 자동산화 때의 흡광도와 비교하였다.

$$\text{Inhibition effect(\%)} = \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

A : autoxidation rate of pyrogallol in absence of plant extract

B : autoxidation rate of pyrogallol in presence of plant extract

다. 밤호박을 이용한 식품가공용 중간소재 개발

1) 분말형 중간소재

가) 건조분말 제조

밤호박을 박피, 절단(4등분) 후 씨를 제거하고 가식부만을 취하여 일정 두께(2mm)로 세절한 후 건조하였다. 건조방법은 동결건조, 열풍건조로 달리하였으며 건조온도는 50℃와 60℃로 조절하였다. 건조전 전처리로는 끓는 물에 1분처리한 것, 끓는 10% trehalose 용액에서 1분간 열처리하고 3시간 침지한 것, 95℃이상 steam으로 2분 처리한 것으로 구분하였다.

나) 수율 및 bulk density

건조시료의 수율은 생 밤호박에 대한 건조 후 밤호박의 중량비로 구하였다. 건조된 밤호박을 분쇄기로 분쇄한 후 60mesh 체를 통과시키고 일정량(5g)에 대한 각각의 부피를 측정하여 bulk density를 구하였다.

다) 수분용해도지수(water solubility index : WSI)와 수분흡수지수(water absorption index : WAI)

건조시료 2.5g을 원심분리관에 넣고 30ml의 증류수를 가하여 분산시킨 다음 가끔씩 흔들어 주면서 실온에서 30분간 방치한 후 10,000rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상정액을 미리 항량을 구한 수분정량용 수기에 넣고 105℃에서 건조하여 측정한 고형물량과 원심분리 후 침전물의 무게로 부터 수분용해도지수(WSI)와 수분흡수지수(WAI)를 구하였다⁵⁰⁾.

라) SOD유사활성

각각의 조건별 건조시료의 SOD유사활성을 2의 나항의 방법⁴⁹⁾과 동일하게 측정하였다.

마) 저장 중 분말의 색소 변화

조건별로 건조한 분말을 Nylon/PE와 Al포장지를 사용하여 각각 포장한 후 형광등 조사 조건하의 온도 25℃ 항온기에서 저장하면서 빛에 의한 분말의 색상 변화를 측정하였다. 저장 중 밤호박과 늙은 호박 분말의 색도는 색차계(Hunter Lab, USA)로 측정하였고 총 carotenoid 함량은 2의 나항⁴⁵⁾에 따라 측정하였다.

2) 다이스형 중간소재

가) 다이스 제조

밤호박을 박피한 후 씨를 제거하고 가식부만을 취하여 야채절단기로 다이스형(1×1×1cm³)으로 세절하였다.

나) 당액의 배합시험

설탕, 고과당 및 trehalose 등의 당을 이용하여 55, 60, 65 °Brix의 당용액을 제조하고 다이스형 밤호박에 충전하였다. 당액의 기호도와 밤호박 다이스의 품질을 평가하여 당액의 배합비와 당도를 선정하였다.

다) 살균 및 조직감 개선

밤호박 다이스와 당액의 최적 혼합 중량비를 선정하고 병포장 후 열수살균하였다. 살균 후 다이스의 조직감 개선을 위한 0.1%의 명반과 0.1%의 calcium chloride 처리 효과를 시험하였다.

3) 양금형 페이스트 중간소재

가) 페이스트 제조 및 특성

밤호박을 4등분하고 씨를 제거한 후 스팀으로 15분간 열처리하고 초퍼로 조분쇄하여 페이스트를 제조하였다. 이를 다시 콜로이드밀로 미분쇄한 것을 일정량씩 파우치 포장하여 한 처리구는 열수에서 30분, 다른 처리구는 121℃에서 레토르트살균 하였다. 살균처리된 각 처리구를 35℃의 항온기에서 저장하면서 당도, pH 및 색도 변화를 측정하였다.

나) 양금형 페이스트의 부재료 선정

양금형 페이스트는 앞의 가항과 같이 스팀처리 후 초퍼로 조분쇄한 밤호박 페이스트에 설탕, 고과당, 물엿, 감자전분 및 옥수수 분말 등 부재료를 혼합하고 가열하여 제조하였다. 관능평가를 통한 기호도 증진 실험과 물성개선을 위한 배합비 실험을 통하여 최적 부재료의 배합비를 확립하였다.

다) 양금형 페이스트의 저장 중 품질 특성

파우치 포장한 양금형 페이스트를 열수살균한 후 4℃, 실온 및 35℃ 항온기에서 28일간 저장하면서 색도, 외관 변화 및 총균수를 측정하였다.

라. 밤호박 가공제품의 개발

1) 국수

가) 건면의 제조

일반적인 건면 제조방법에 따라 다음과 같이 제조하였다. 중력분 밀가루에 활성글루텐을 혼합하고 소금을 첨가한 밤호박 페이스트로 반죽하였다. 이를 제면기(ATLAS, 이탈리아)에 주입하고 면을 제조하였으며 25℃에서 24시간 건조하였다.

나) 밤호박 페이스트와 활성글루텐 첨가량 선정 시험

스팀으로 익힌 밤호박을 5mm 초과에 통과시킨 후 동량의 정제수를 첨가하고 콜로이드밀로 마쇄하여 국수제조용 밤호박 페이스트를 제조하였다. 밀가루 1kg을 기준으로 페이스트 양을 350, 400, 450g으로 변화시켜 건면을 제조하였다. 활성글루텐의 첨가량은 밀가루에 대한 중량비로 5, 10, 15%로 첨가하여 건면을 제조하였으며 각 처리구간 건면의 품질을 비교하였다.

2) 벵타형 음료

가) 페이스트의 제조 및 균질화

밤호박을 4등분하여 씨를 제거한 후 스팀으로 15분간 열처리하고 껍질을 제거하여 가식부만을 취하여 초퍼로 조분쇄하였다. 호박 페이스트에 유동성을 증진시키고 더욱 미세화하기 위하여 호박페이스트 중량에 1:1의 물을 첨가하고 고속균질기(Ultra-Turnax T25, West Germany)를 이용하여 13,000 rpm에서 3분간 균질화시켰다.

나) 효소 및 최적 반응조건 설정

펙틴 및 셀룰로오스 등의 물질을 분해시켜 음용시 촉감을 좋게 하기 위하여 Econase CE(Cellulase), Rapidase press(pectinase), Macerozyme A(일본), Sumizyme MC(pectinase), 및 Cytolase M102 효소들의 처리효과를 비교하였다. 앞의 가항에서 균질처리된 시료에 밤호박 중량의 0.1%로 효소를 첨가하고 50℃에서 1시간 반응시켰으며 원심분리(10,000rpm, 10분)한 후 침전물의 중량을 측정하여 불용성 고형물의 함량을 측정하였다. 또한 원심분리 후 얻은 상정액 5ml에 동량의 95% ethanol을 가하고 겔형성을 측정하여 분해되지 않은 펙틴질의 양을 측정하였다.

1차 선정된 효소의 최적 효소처리 조건을 설정하기 위하여 농도, 반응시간 및 반응온도를 달리하여 밤호박 페이스트를 처리하고 상기와 같은 방법으

로 불용성고형물의 함량, 알콜 테스트 및 Hakke viscometer (Rolovisco RV 20, West Germany)를 사용한 25℃에서의 점도를 측정하였다.

다) 넥타의 제조

최종 가수량(1~3배), 당도 및 구연산과 구연산나트륨의 적정 첨가량을 관능검사로 평가하였다. 제품의 저장 중 발생하는 고형물과 수분과의 분리현상을 방지하기 위하여 CMC, 솔스타, 자당지방산 에스터, pectin AVD 28 및 xantan gum을 밤호박 페이스트 중량의 0.15%로 첨가하고 넥타를 제조한 후 고형물의 분리 유무와 점도 변화를 측정하였다.

마) 저장 중 품질 변화

효소처리한 밤호박 페이스트에 부재료를 배합하고 균질기(500psi, 5분)로 균질화한 후 가열하고 캔 용기에 충전하였다. 탈기, 밀봉 후 레토르트 살균한 넥타를 35℃ 항온기에 저장을 하면서 색도, pH, 당도 및 점도의 변화와 총균수를 측정하였다.

제 4 장 결과 및 고찰

제 1 절 밤호박의 식품학적 특성 및 영양성분

최근 영양적 우수성과 독특한 맛으로 인하여 새로운 대일 수출 품목과 농가 소득작물로 주목받고 있는 밤호박의 영양성분을 늙은 호박과 비교하였다.

1. 밤호박의 일반성분

밤호박의 일반성분을 늙은 호박과 비교하였으며 그 결과는 표 3과 같다. 국내에서 재배되는 밤호박은 당도가 14~16°Brix로 늙은 호박보다 6~7°Brix가 높았다. 수분함량은 늙은 호박이 92.3%였으나 밤호박은 87.6%로 수분함량이 낮은 반면 단백질과 지방의 함량이 높았다. 밤호박은 단백질 1.55%, 지방 0.61%, 섬유질 0.67%를 함유하였으며, 이를 건물 중량으로 환산하면 12.53%의 단백질과 4.94%의 지방에 해당한다.

표 3. 밤호박과 늙은 호박의 일반성분

(%)

	밤호박	늙은 호박
수분	87.6	92.3
단백질	1.55	0.66
지방	0.61	0.12
섬유질	7.47	6.36
회분	0.67	0.43

2. 부위별 비율, 과육 경도 및 색도

호박의 각 부위별 비율은 표 4와 같다. 밤호박의 과육부는 82.3%로 가장 비율이 높았고 일반적으로 식용되는 과육과 내부섬유 부위를 합한 가식부 비율은 87.6%로 늙은 호박의 82.3%보다 높았다. 밤호박은 늙은 호박에 비하여 과피의 비율이 현저하게 낮았으며 내부 섬유상 부위의 비율이 컸다. 박²²⁾ 등은 내부 섬유상 물질에 유리아미노산과 유기산 등 풍미 물질과 카로테노이드의 함량이 높다고 보고하였다.

밤호박은 진한 녹색의 과피를 가지고 평균중량 1.08~2.06kg 범위였으며, 진황색을 띤 과육은 두껍고 치밀하며 표 4와 같이 색차계의 적색도(a)와 황색도(b)의 값이 늙은 호박보다 높았다. 과육의 경도를 비교한 결과 50%변형을 일으키도록 압착하였을 때의 경도는 밤호박이 1,602kg, 늙은 호박이 788 kg으로 2배의 차이가 있었다.

표 4. 밤호박과 늙은 호박의 부위별 비율 및 과육 특성

	밤호박	늙은 호박
부위별 비율 (%)		
꼭지	0.3	0.2
과피	9.6	15.3
과육	82.3	79.8
내부섬유	5.3	2.5
씨	2.8	2.2
과육의 경도 (g, 50% strain)	1,602.0±80.9	788.0±114.7
색차		
L	57.64	73.30
a	27.56	13.98
b	33.66	28.97
ΔE	55.96	37.22

3. 밤호박의 영양성분

가. 총 아미노산

총 아미노산 조성 및 함량을 측정된 결과는 그림 1과 같이 밤호박이 9,825.58mg%(dry basis)로 늙은 호박의 5,472.74mg%보다 높았다. 밤호박은 늙은 호박에 비하여 각 구성 아미노산의 함량이 모두 높았으며 특히 arginine, tyrosine, glutamine의 함량 차이가 컸다.

과실류는 일반적으로 asparagine이나 aspartic acid가 양적으로 많으며 채소류는 glutamic acid가 가장 많고 valine, asparagine 등인 것으로 보고되었다.⁵¹⁾ 밤호박의 주요 아미노산은 tyrosine, glutamine과 glutamic acid, asparagine과 aspartic acid로서 전체의 50%를 차지하는 양이었다. 늙은 호박에서는 asparagine과 aspartic acid의 비율이 가장 높고 glutamine과 glutamic acid, tyrosine의 순이었다. 허 등³⁵⁾도 호박과 단호박의 아미노산 조성을 비교한 연구에서 밤호박의 총 아미노산 함량이 1,620.0mg%(wet basis)로 늙은 호박의 1,260.58mg%보다 높았다고 보고하였다.

나. 유리당

밤호박의 유리당 조성 및 함량을 HPLC로 측정된 결과는 그림 2와 같다. 밤호박의 유리당은 sucrose, glucose, fructose로 구성되어 있었으며 이중 sucrose의 함량이 가장 높아 전체 유리당의 83%를 차지하였다. 밤호박의 전체 유리당 함량은 건물중으로 7.26%로서 늙은 호박의 3.51%보다 높았다.

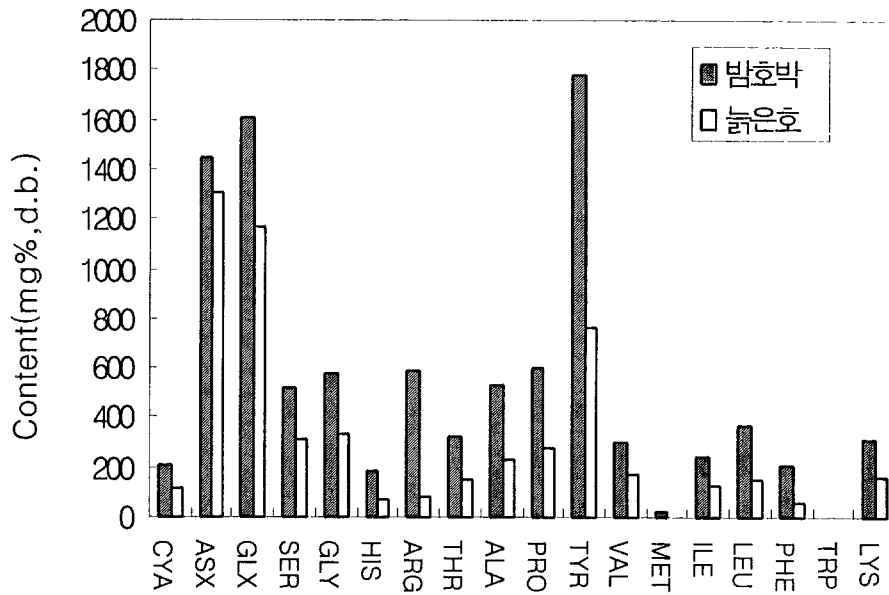


그림 1. 밤호박과 흰호박의 총 아미노산 함량 및 조성

CYA : sum of cystein and cystine

ASX : sum of asparagine and aspartic acid

GLX : sum of glutamine and glutamic acid

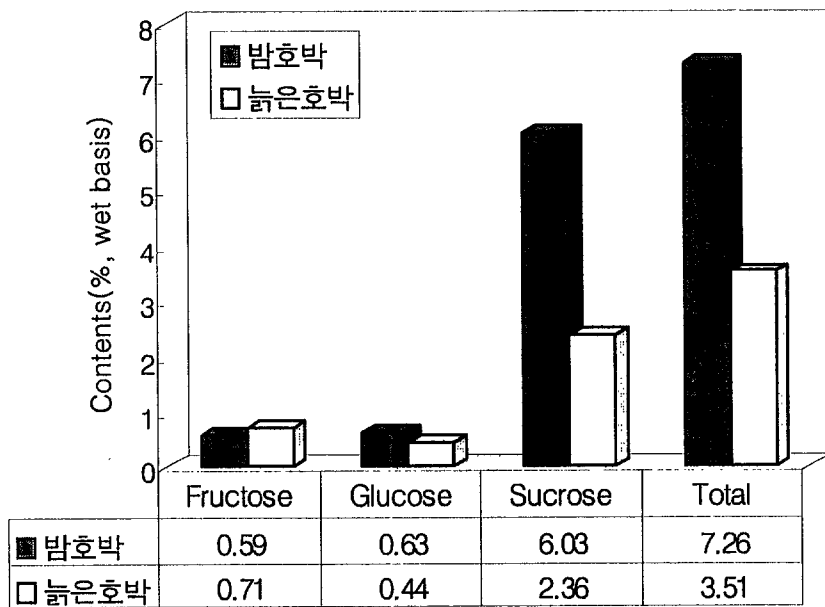


그림 2. 밤호박과 늙은 호박의 유리당 함량

다. 유기산

표 5는 밤호박과 늙은 호박의 비휘발성 유기산의 조성 및 함량을 HPLC로 분석한 결과이다. 총 비휘발성 유기산의 양은 밤호박이 341.86mg%, 늙은 호박이 349.31mg%로 유사하였으나 조성에서 큰 차이가 있었다. 밤호박의 주요 유기산은 succinic acid로 총 유기산의 65%를 차지하는 양이었으나 늙은 호박의 주요 유기산은 malic acid로서 총 유기산의 78%를 차지하였다. 이러한 유기산의 조성 차이는 밤호박과 늙은 호박의 풍미 차이에 크게 관여할 것으로 판단되었다.

표 5. 밤호박과 늙은 호박의 유기산 함량

(mg%, wet basis)

	Citric	Malic	Tartaric	Succinic	Fumaric	Total
밤호박	43.03	61.73	13.91	222.55	0.63	341.86
늙은 호박	39.56	273.47	11.45	22.66	2.17	349.31

라. 비타민과 무기질

호박은 비타민 A의 전구물질인 베타-카로텐을 비롯하여 비타민의 보고라고 인식되어 왔으며 특히 밤호박은 늙은 호박보다 비타민 함량이 월등하게 높아 소비량이 점차 늘고 있다. 표 6은 밤호박과 늙은 호박의 비타민 함량을 비교한 것이다. 밤호박의 비타민 A 함량은 2,296.97 IU/100g으로 늙은 호박의 91.11 IU/100g보다 25배 이상이었다. 호박의 비타민 A 활성은 카로테노이드에 의한 것으로 그 중 베타-카로텐은 항암성분으로 주목받고 있다. 밤호박은

비타민 B₁와 B₂의 함량도 각각 10.69mg%, 19.00mg%로 높았으며 밤호박의 비타민 C 함량은 88.07mg%이었으며 늙은 호박은 32.38mg% 였다.

밤호박과 늙은 호박은 다량의 무기질을 함유하였으며 주요 무기성분은 K, P, Ca의 순이었다. 밤호박은 늙은 호박과 무기질 조성이 유사하였으나 철분의 함량이 가장 높았다.

표 6. 밤호박과 늙은 호박의 비타민 및 무기질 함량

	밤호박	늙은 호박
Vit. A (IU/100g)	2296.97	91.11
비타민 Vit. B1 (mg% d.b.)	10.69	N.D.
Vit. B2 (mg% d.b.)	19.02	N.D.
Vit. C (mg%)	88.07	32.38
무기질 (mg%, d.b.)		
Ca	116.11	116.34
Fe	6.65	2.47
Na	5.35	5.04
K	2,384.52	2,413.87
Mg	89.45	95.30
P	228.30	219.83

4. 펙틴 특성

밤호박과 늙은 호박의 과육조직은 경도의 차이 뿐만 아니라 열처리 후 식감에 있어서도 크게 차이가 난다. 이는 세포벽 구성성분의 차이에 기인한 것이므로 조세포벽 성분인 알콜불용성고형물(AIS)을 분리하여 구성 펙틴의 특성을 분석하였다.

가. 알콜불용성고형물(AIS)의 함량

생호박 100g으로부터 알콜불용성성분(AIS)을 제조하고 수율을 비교하였다. 알콜불용성고형물은 펙틴, 헤미셀룰로스, 셀룰로스, 단백질 등 비수용성 고분자 물질로서, 연천산 밤호박은 AIS의 함량이 2.04%, 해남산 밤호박은 4.56% 였으며 뉴질랜드산 밤호박은 11.03%였다. 이 수율의 차이는 생호박의 수분함량 차이에 기인한 것으로 뉴질랜드산 밤호박의 낮은 수분함량(75.16%)을 고려하면 유사한 AIS 함량을 나타냈고 일반적인 *Cucurbita* 속의 AIS 수율과 유사하였다. 늙은 호박의 AIS 수율은 산지에 따라 3.06~3.33% 였으며 늙은 호박의 높은 수분함량(92% 이상)을 고려하면 늙은 호박의 AIS 수율이 밤호박보다 높았다.

나. 가용성 펙틴

과실에 존재하는 펙틴은 그 특성에 따라 세포조직 내에서 유리상태로 존재하는 수가용성 펙틴(WSP), 세포벽을 구성하고 조직의 선도를 유지하는 protopectin인 염산 가용성 펙틴(HSP), Mg, Ca등 2가의 이온과 결합능력이 있는 염가용성 펙틴(ASP)과 알칼리 가용성 펙틴(SSP)의 4가지로 분류될 수 있다.

알콜불용성고형물로부터 펙틴을 분획별로 분리하고 함량을 분석한 결과는

그림 3과 같다. 밤호박 AIS의 총 펙틴 함량은 17.00%였으며 이는 생 밤호박의 펙틴함량으로 환산하면 0.51%에 해당하는 양이었다. 밤호박의 펙틴은 염산 가용성 펙틴의 함량이 7.37%로 가장 많았고 수가용성 펙틴과 염가용성 펙틴이 유사한 비율로 존재하는 것으로 나타났다. 늙은 호박의 총 펙틴 함량은 25.14%였으며 이는 생호박 기준으로는 0.77%에 해당하고 이중 절반 이상인 16.51%가 수가용성 펙틴으로서 다른 과채류와는 달리 수가용성 펙틴의 함량이 가장 높았다. 일반적으로 청과물은 수확 후 저장시일이 증가함에 따라 조직은 점차 연화되어 지며 불용성의 HSP, ASP 등의 함량은 감소하는 반면 유리형태의 WSP 함량은 증가하게 된다.⁵¹⁾ 밤호박의 과육 경도가 늙은 호박보다 단단하고 조직감이 우수한 것은 이러한 펙틴의 특성에 기인한 것으로 사료된다.

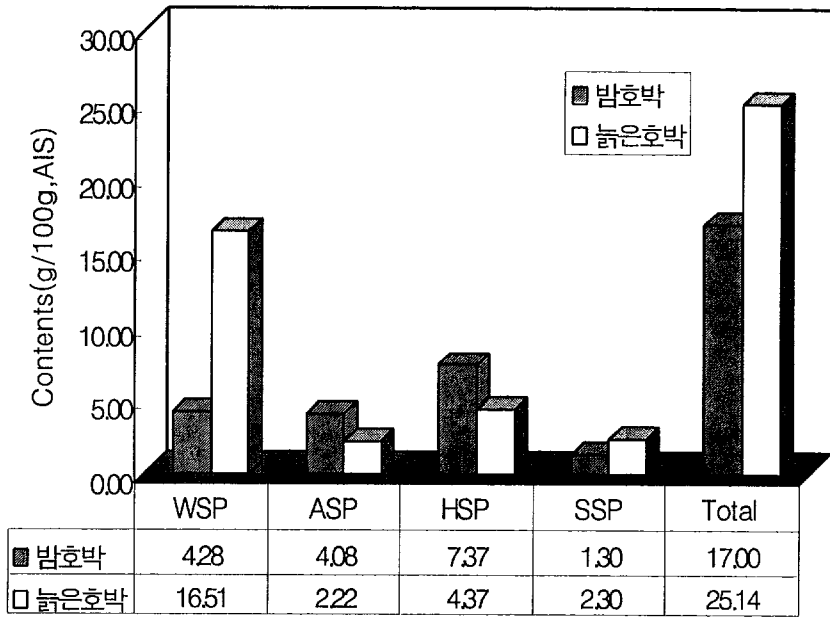


그림 3. 밤호박과 흰호박의 가용성 펙틴 함량

WSP, Water soluble pectin; ASP, Ammonium-oxalate soluble pectin; HSP, Hydrochloric acid soluble pectin; SSP, Sodium hydroxide soluble pectin

제 2 절 밤호박의 건강 기능성

1. 밤호박의 기능성 성분

호박의 카로테노이드 색소는 비타민 A의 전구체로서 뿐만 아니라 항암작용^{52,53)}과 노화억제 작용⁵⁴⁾이 보고되고 있고 활성산소(singlet oxygen, 1O_2)의 소거제, 유리 래디칼의 제거제로 작용함으로써 항산화 작용을 발휘하는 기능성 성분이다.^{55,56)} 호박의 대표적인 기능성 성분인 총 카로테노이드 함량을 정량한 결과는 표 7과 같다. 함량면에서 밤호박의 카로테노이드가 35.4mg%로 늙은 호박의 1.9mg%보다 월등히 높아 18배 높은 수준이었다. 이러한 함량 차이는 호박의 과육색에 나타나 밤호박은 짙은 주황색을, 늙은 호박은 흐린 황색을 띄게 되며 HPLC로 정량한 카로테노이드의 조성도 큰 차이가 있었다. 늙은 호박은 lutein, α -carotene, β -carotene이 각 30% 내외를 차지하는 반면 밤호박은 lutein의 차지비율이 크고 α 와 β -carotene외에 다른 피크가 검출되었으며 retention time을 고려하면 antheraxanthin과 violaxanthin으로 추정되었다.

표 7. 밤호박과 늙은 호박의 총 카로테노이드 함량

	밤호박	늙은 호박
총 카로테노이드 함량 (mg/100g가식부)	35.4	1.9
총 카로테노이드 함량 (mg/100g건조분말)	285.9	24.6

Hidaka 등⁶⁾은 색이 다른 여러 종류의 호박 카로테노이드 조성에 관한 연구에서 α -carotene, β -carotene, ζ -carotene, β -carotene 5,6-epoxide, β -cryptoxanthin, lutein, taraxanthin, zeaxanthin, luteoxanthin 및 auroxanthin 을 검출하였고 품종간 호박의 색상 차이는 이들 카로테노이드의 양적인 차이에서 기인된다고 보고하였다.

2. 용매 추출물의 제조

생체내 산화반응은 활성산소(singlet oxygen, 1O_2), 각종 유리 래디칼, peroxide 등 반응성이 강한 원인물질에 의하여 유발되고 노화, 암, 각종 질병의 원인이 된다. 따라서 산화원인 물질을 환원시켜 효과적으로 제거해주는 항산화능력은 건강기능성의 중요한 지표가 된다. 밤호박은 카로테노이드를 비롯하여 각종 폴리페놀, 플라보노이드류 등을 함유하여 우수한 항산화효과를 발휘하게 된다.

밤호박과 늙은 호박의 동결건조분말을 메탄올, 80% 에탄올 및 아세톤으로 각각 85℃에서 1시간동안 환류 냉각추출하여 용매 추출물을 제조하고 이들의 항산화 효과를 측정하였다. 용매 추출물의 수율은 표 8과 같다.

표 8. 밤호박과 늙은 호박 분말의 용매추출물 수율

(%)

	MeOH 추출물	80% EtOH 추출물	Acetone 추출물
밤 호 박	53.91	52.92	6.56
늙은 호박	68.64	67.95	4.05

3. 전자공여작용

밤호박 용매 추출물의 항산화 효과를 DPPH 라디칼 소거능으로 측정하였다. DPPH와의 반응양상은 그림 4와 같으며 DPPH의 환원반응이 더 이상 일어나지 않는 steady state 상태에 이르는 시간인 30분을 적정 반응시간으로 설정하고 전자공여능을 측정하였다.

밤호박의 전자공여작용은 그림 5와 같이 늙은 호박보다 높게 나타났으며 추출물중에서 MeOH 추출물에서 가장 효과가 좋은 것으로 나타났다.

초기 DPPH농도가 50%까지 감소 될 때까지 필요한 항산화물질의 농도 EC₅₀(Efficient Concentration)을 비교해 보면 밤호박 메탄올 추출물의 EC₅₀이 1.89mg/ml로 가장 효과적이었으며, 늙은 호박 추출물에서도 메탄올 추출물의 EC₅₀이 3.82mg/ml로 가장 항산화효과가 컸다. 에탄올 추출물과 아세톤 추출물의 전자공여능도 밤호박이 늙은 호박보다 높았다.

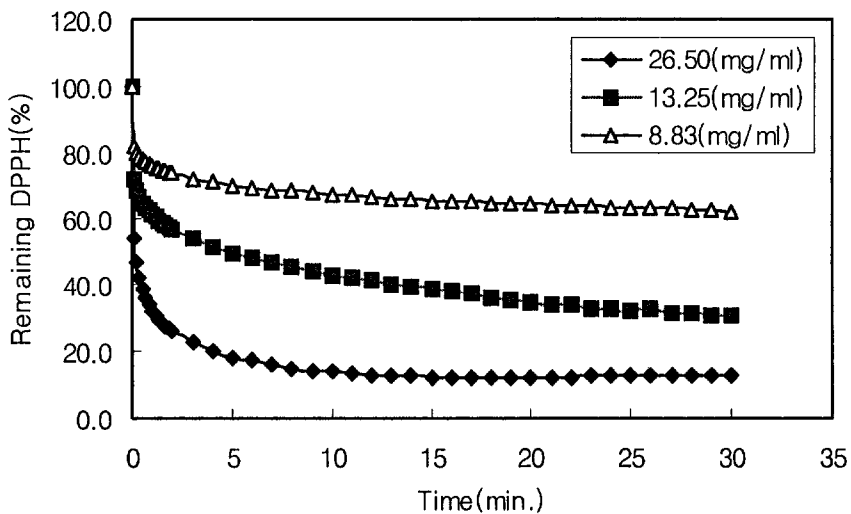


그림 4. 밤호박 에탄올 추출물과 DPPH 라디칼의 반응양상

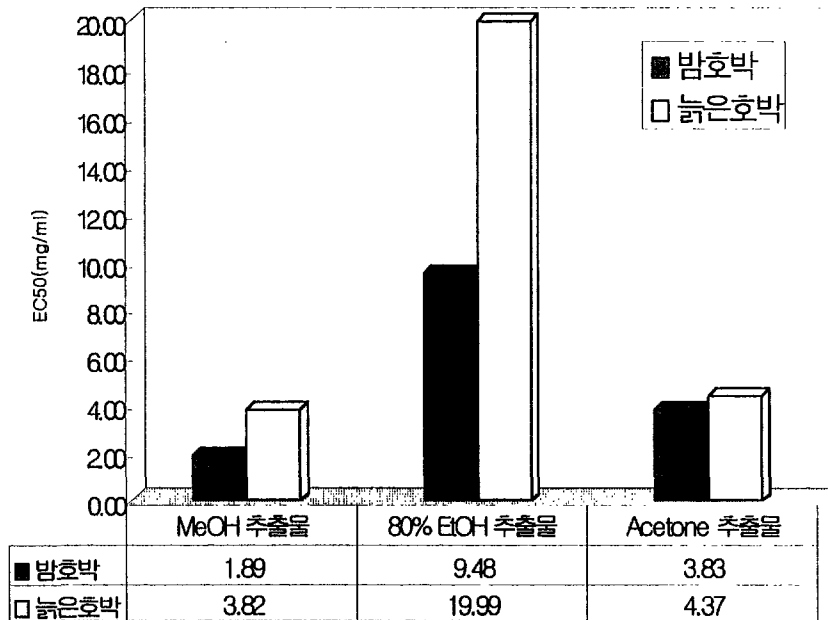


그림 5. 밤호박과 늑은 호박 용매추출물의 DPPH 래디칼에 대한 전자공여작용

4. 아질산염 소거작용

아질산염 소거작용은 용매 추출물을 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 백분율로 나타내었으며 값이 클수록 추출물의 아질산염 분해작용이 크다는 것을 의미한다. 아질산염 소거 및 발암물질인 니트로사민 생성억제 작용은 폴리페놀 화합물, 플라보노이드 화합물, 페놀산 등 페놀성 화합물에 의한 효과로 보고되고 있다. 박 등³⁴⁾은 늙은 호박의 아질산염 소거작용이 70%메탄올 추출물이 가장 강하고, 열수추출물, 70%아세톤 추출물의 순이었으며 메탄올 추출물의 농도가 80~400mg%로 증가함에 따라 14.6~56.7%로 높은 소거능을 보였다고 보고하였다. 그림 6과 같이 밤호박의 메탄올과 80% 에탄올 추출물의 아질산염 소거작용은 각각 57.24%, 40.54%로 늙은 호박보다 높았으며, 아세톤 추출물의 아질산염 소거작용은 늙은 호박이 91.54%로 가장 높았다.

5. SOD(Superoxide Dismutase) 유사활성

SOD(superoxide dismutase)는 생체내에서 superoxide radical(O_2^-)을 산소로 산화시켜주는 천연 항산화제로 열에 약하고 분자량이 커서 체내에 쉽게 흡수되지 못하는 단점이 있어 SOD와 유사한 활성을 가지는 저분자량의 물질이 주목을 받고 있다. 홍 등⁵⁷⁾은 16종의 채소 착즙액을 대상으로 SOD 유사활성을 측정된 결과 브로콜리, 딸기, 당근 등에서 30%이상의 높은 활성을 나타냈다고 보고하였다. 일본에서는 야채가 가지고 있는 SOD 활성을 안정화시킨 야채분말과 야채타블렛 등이 시판되고 있다.

밤호박과 늙은 호박 동결건조 분말의 SOD 유사활성을 측정된 결과는 표 9와 같다. 밤호박 분말의 SOD 유사활성은 60.38%로 매우 높았으며 늙은 호박은 12.58%의 활성이 나타났다.

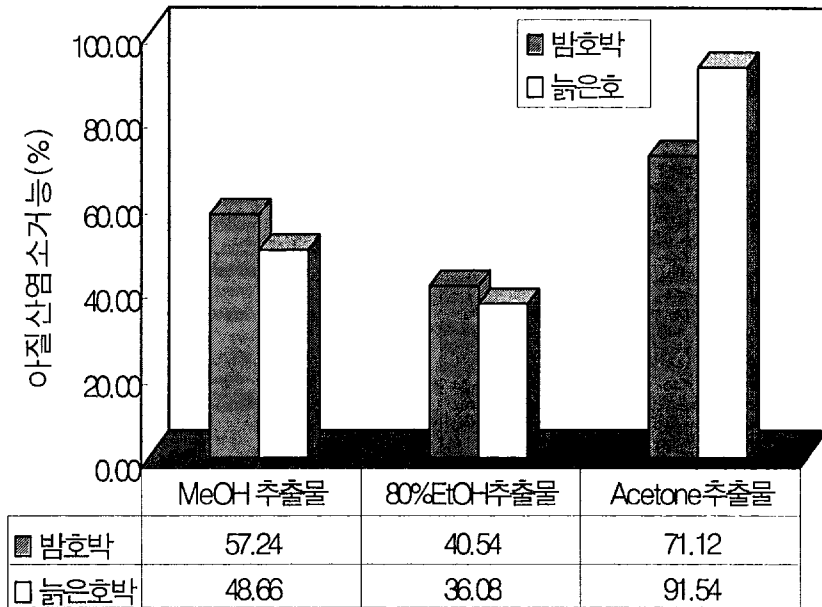


그림 6. 밤호박과 늑은 호박 용매추출물(농도 500mg%)의 아질산염 소거작용

표 9. 밤호박과 늑은 호박의 SOD 유사활성

(%)

	SOD 유사활성
밤 호 박	60.38
늑은 호박	12.58

이상의 결과를 종합하면 밤호박은 카로테노이드가 35.4mg%로 늙은 호박의 1.9mg%보다 월등히 높아 18배 높은 것이므로 카로테노이드에 의한 비타민 A 활성, 항암작용이 우수하다는 것을 알 수 있다. 또한 기능성 탐색을 위한 *in vitro* 실험에서 전자공여에 의한 래디칼 소거능이 크고, 높은 SOD유사활성을 가지고 있으며 아질산염 소거작용이 우수한 것으로 나타났다. 이들의 활성을 늙은 호박과 비교한 결과 밤호박의 기능성이 더 우수한 것으로 나타났다. 늙은 호박의 기능성에 대한 동물실험 결과 간의 항산화 효소계 활성 증가 효과, 분만한 암컷 생쥐의 빠른 체중회복 효과, 위암 및 유선암 억제 효과가 보고되었다.³⁴⁾ 향후 밤호박의 기능성에 대한 동물실험과 효과 규명에 관한 연구가 뒷받침되어야 하겠지만 늙은 호박 이상의 우수한 기능성을 보유하는 것으로 나타났다.

제 3 절 밤호박을 이용한 식품가공용 중간소재 및 품질 안정화 기술 개발

밤호박은 수분함량이 높아 생원료 상태로는 저장성이 매우 약하므로 다른 가공품으로의 2차 가공이 용이하고 장기 보관이 가능한 중간소재로의 개발이 필요하다. 여러 형태의 중간소재로 개발될 수 있겠으나 수요처, 2차 가공시의 용이성, 경제성 면에서 유망한 분말형, 다이스형, 앙금 페이스트형 중간소재를 개발하였다.

1. 분말형 중간소재

가. 전처리 및 건조조건 개선

열풍건조 방법은 농가보급형 건조분말 생산에 유리한 방식이나 건조 온도에 따른 품질변화가 크고 분산성이 낮은 단점이 있으므로 열풍건조시 전처리와 건조조건을 개선하여 분산성을 향상시키고, 분쇄시 caking 현상을 감소시키며 색소퇴색을 억제하는 분말 제조기술을 확립하고자 하였다.

밤호박으로부터 건조방법을 달리하여 제조한 열풍건조 분말과 동결건조 분말의 특성을 비교하였으며 표 10과 같다. 동결건조 분말과 50℃ 열풍건조 분말의 색도는 유사하였으나 열풍건조 온도가 60℃로 높아짐에 따라 적색도가 감소하고 황색도가 증가하였으며 갈변현상이 관찰되었다. 수율은 60℃ 열풍건조 분말의 수율이 다소 낮았으나 유의적인 차이는 아니었으며 분말의 bulk density는 동결건조 분말이 우수하였다. 분말의 분산성을 나타내는 수분용해도지수(WSI)를 비교한 결과 동결건조 분말은 52.92%였고, 열풍건조 분말은 분산성이 감소하여 46.65%(50℃ 건조)와 40.39%(60℃ 건조)의 WSI를 나타냈다. 분말의 총 카로테노이드 함량은 열풍건조 공정 중 크게 감소하였으

며 온도가 60℃로 상승되면 동결건조 분말에 함유된 카로테노이드의 60% 만 이 잔존하는 것으로 나타났다.

표 10. 건조 조건을 달리하여 제조한 밤호박 분말의 특성

		동결	열풍 50℃	열풍 60℃
Color	L(명도)	72.75	72.92	76.62
	a(적색도)	13.12	13.59	10.39
	b(황색도)	33.86	35.37	34.49
	ΔE (색차)	41.04	42.39	39.16
수율(g/100g)		10.08	10.33	9.83
Bulk density (cc/5g)		25	11	14
수분흡수지수 (WAI g/g)		2.05	2.09	2.17
수분용해도지수 (WSI%)		52.92	46.65	40.39
총 카로테노이드 함량 (mg% d.b.)		267.0	197.8	159.5

따라서 열풍건조 온도를 50℃로 고정하고 건조전 열수에서의 브랜칭 처리 및 10% trehalose 용액에서의 브랜칭 처리를 적용하여 분말을 제조하였다. 브랜칭 처리는 건조전 효소를 불활성화시켜 카로테노이드 및 기타 기능성 성분의 보유력을 높이고자 실시하였으며 트레할로스는 식품조직의 보호, 냉동 및 건조내성의 부여, 흡습방지 효과가 있으므로 건조분말 제조에 유리하게 작용할 것으로 판단되어 전처리로 이용하였다. 각 조건별로 제조한 밤호박 분말의 특성은 표 11과 같다.

브랜칭 처리구에서는 열풍건조 후에도 카로테노이드의 함량이 높아 동결

건조된 분말보다도 높은 함량이었으나 건조 수율이 감소되었으며 수분용해도 지수가 매우 낮았다. 브랜칭 처리는 건조 공정중 카로테노이드 파괴를 방지하기 위한 전처리로서 효과적이었으나 분말의 용해성과 수율 개선이 필요한 것으로 나타났다. 반면 트레할로스 처리는 브랜칭 처리구의 장점을 살리고 수율 감소, 낮은 WSI 등 단점을 개선할 수 있는 전처리인 것으로 나타났다. 표 11과 같이 트레할로스 처리에 의하여 브랜칭 처리구의 수율이 2배 이상 향상되었고 WAI와 WSI도 크게 개선되었다. 한편 트레할로스 처리는 세절한 밤호박의 형태를 건조 후에도 그대로 유지해 주는 효과가 우수하였다.

표 11. 건조전처리를 달리한 열풍건조 분말의 특성

건조 조건	수율 (g/100g)	Bulk density (cc/5g)	총 카로테노 이드함량 (mg% d.b.)	수분흡수지수 (WAI g/g)	수분용해도 지수(WSI%)
열풍 50℃	10.33	11	197.8	2.09	46.65
Water blanching 후 열풍 50℃	9.29	8.75	317.8	3.31	23.57
Trehalose(10%) blanching 후 열풍 50℃	11.76	9	304.3	2.24	53.15

한편 공정의 단순화를 위하여 건조전 밤호박의 브랜칭 공정대신 스팀처리를 적용하였으며 표 12와 같이 스팀처리로 인하여 수율이 개선되고 분말의 품질도 향상되었다.

표 12. 스팀 전처리 후 열풍건조한 밤호박 분말의 특성

건조 조건	수율 (g/100g)	Bulk density (cc/5g)	Color			
			L	a	b	ΔE
Water blanching 후 열풍 50℃	9.29	8.75	68.71	14.18	33.96	43.58
Steaming blanching 후 열풍 50℃	11.08	8	76.41	14.08	30.59	37.02

한편, 분말 밤호박의 항산화성을 나타내는 SOD 유사활성은 건조 조건의 영향이 컸으며 표 13과 같이 동결건조 분말의 SOD 유사활성이 가장 높았고 열풍건조 온도가 높을수록 현저히 감소하였다. 동결건조 분말의 SOD 유사활성은 60.38%였으며 열풍건조 분말은 50℃ 건조시 54.41%, 60℃ 건조시 1.22%로 급격히 저하되었다.

표 13. 밤호박의 SOD 유사활성

		SOD-유사활성(%)
동결건조 분말		60.38
열풍건조 분말	50℃	54.41
	55℃	24.98
	60℃	1.22
브랜칭 후 건조 (50℃)	브랜칭	50.00
	10% trehalose 첨가 브랜칭	49.79

건조조건을 달리하여 제조한 밤호박 분말의 항산화 효과를 비교한 결과는 그림 8과 같다. 브랜칭 처리나 당류첨가에 의한 영향은 적었다.

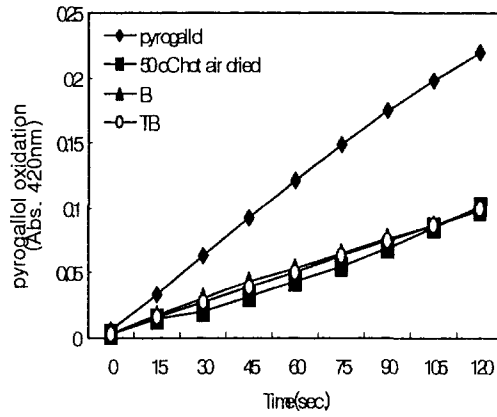
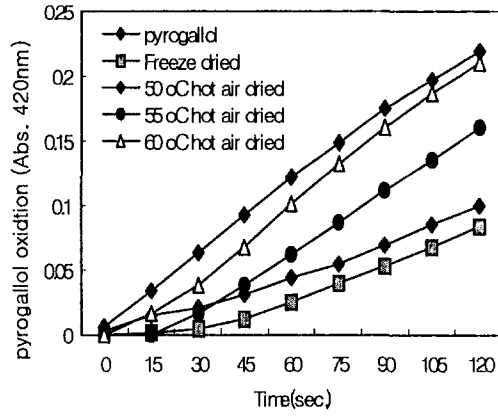


그림 8. SOD 유사활성으로 측정된 밤호박 분말의 항산화 효과
 (위: 건조 방법별 밤호박 분말 처리구, 아래: 건조 전처리별 처리구)
 B: blanching 처리 후 열풍건조,
 TB: trehalose 및 blanching 처리후 열풍건조

나. 저장 중 호박 분말의 카로테노이드 색소 변화

건조 직후 분말의 색도와 60일간 저장하면서 분말의 색도를 비교한 결과는 표 14와 같다. 열풍건조 분말은 건조온도가 높을수록 적색도(a)가 감소되었으며 브랜칭 처리 후 열풍건조시 분말의 명도(L)가 낮고 진한 적황색을 띄었다. 60일 저장 후 모든 처리구에서 적색도(a)와 황색도(b)의 감소가 진행되었으나 브랜칭 처리 후 열풍건조한 처리구에서는 감소량이 적었다.

표 14. 건조 조건을 달리하여 제조한 밤호박 분말의 색차

건조 조건	저장 0일				저장 30일				저장 60일			
	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
동결건조	72.75	13.12	33.86	41.04	74.26	12.65	33.04	39.46	78.66	6.95	30.75	33.92
50℃ 열풍건조	70.65	13.86	34.64	42.96	72.80	12.43	33.57	40.52	77.41	6.66	29.61	33.41
60℃ 열풍건조	73.06	11.83	34.71	41.17	75.14	9.83	32.70	37.89	79.30	4.08	26.15	29.03
Water blanching 후 50℃ 열풍건조	68.71	14.18	33.96	43.58	71.06	12.89	33.44	41.45	74.61	8.68	31.60	36.91
Trehalose(10%) blanching 후 50℃ 열풍건조	68.78	13.58	33.59	43.06	69.74	13.94	32.26	41.60	74.09	8.72	30.06	35.91

건조 조건별로 제조한 밤호박 분말들을 Nylon/PE 포장지와 Al 포장지에 각각 포장하고 형광불빛을 설치한 20℃ 항온기에서 저장하면서 색소의 퇴색 및 카로테노이드 함량 변화를 분석하였으며 결과는 그림 7과 같다.

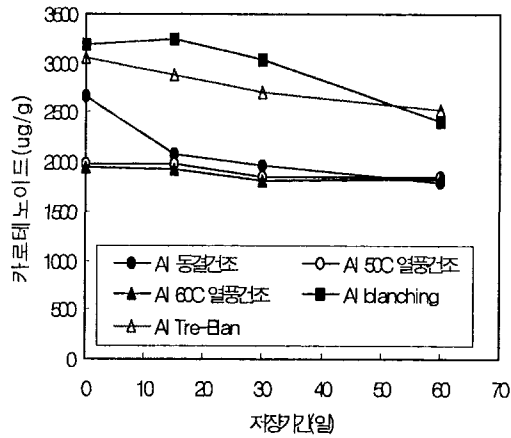
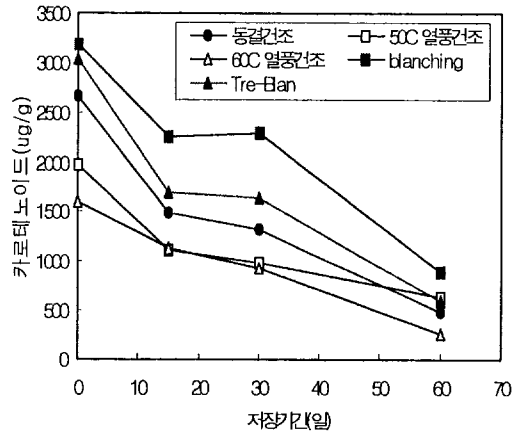


그림 7. 저장 중 밤호박 분말의 카로테노이드 색소 변화

(위: Nylon/PE 포장처리구, 아래: Al 포장처리구)

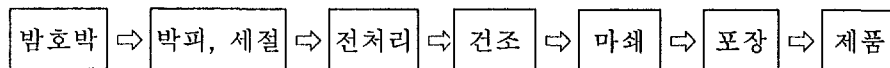
열풍건조한 호박분말을 20℃에서 저장하면서 색소변화와 분말의 품질을 비교한 결과 빛에 의한 색소퇴색이 진행되어 동결건조 분말의 경우 저장 1개월 후에 51%, 저장 2개월에 82%의 카로테노이드 함량이 감소하였다. 빛을 차단한 포장구에서는 색소퇴색이 저장 2개월 후에도 30% 이내로 현저히 적

었다. 늙은 호박 분말의 경우 빛의 차단 유무에 관계없이 20℃ 저장 1개월동안 65~70%의 카로테노이드가 감소된 것⁵⁸⁾과 비교해 볼 때 밤호박이 색소 안정성이 더 높고 빛 차단 포장이 유리한 것으로 나타났다. 건조전 밤호박의 브랜칭 처리는 산화효소들의 불활성화로 색소 보유에 더욱 효과적이었다.

다. 분말 제조 공정

이상의 결과로부터 밤호박 건조 조건으로는 2분 스팀 전처리(2mm, 세절 기준) 후 50℃ 열풍건조가 적절하였으며 10% 트레할로스를 첨가하여 열처리한 처리구의 품질이 가장 우수하였다. 스팀 전처리시 트레할로스의 이용은 분말의 분산성을 크게 향상시켰으며 50% 이상의 SOD유사활성 및 항산화 효과와 안정화된 카로테노이드 색소를 보유한 분말의 제조가 가능하여 기능성 건강 식품 소재로 활용될 수 있을 것이다.

분말형 중간소재의 최종 공정을 요약하면 다음과 같다.



2. 다이스형 중간소재

과실류를 대상으로 소비자가 더 이상의 박피, 세절, 열처리 없이 바로 조리
 리에 이용할 수 있도록 한 중간소재의 대표적인 것이 통조림화 한 절단 과실
 류이며, 송이버섯, 당근, green bean, 옥수수, 고구마, 콩, 완두, 밤 등에 효과
 적으로 응용되고 있다. 본 연구에서는 밤호박 과육의 조직연화를 방지하고
 색과 풍미가 살아있는 다이스형 밤호박 중간소재를 개발하고자 하였다.

가. 충전액의 배합시험

다이스 규격(1×1×1cm)으로 세절한 밤호박에 당용액을 침투시키고 고농도의 당용액을 충전함으로써 저장성과 기호성을 증진시키고자 충전 당용액의 배합시험을 실시하였다.

설탕, 포도당, 고과당 및 트레할로스로부터 55, 60, 65 °Brix의 당액을 제조하고 당액의 기호도와 밤호박 다이스의 품질을 평가하였다. 당 종류에 따른 감미질과 삼투특성을 고려하여 감미가 온화하고 다이스의 조직감 유지에 적합한 당을 선정하였으며 결과는 표 15와 같다.

표 15. 다이스형 밤호박 통조림의 제조조건별 품질과 기호도

처리구	당 배합비		평형 후 °Brix	다이스 외형		기호도 (순위법)		물성 및 기호도
				살균 직후	저장 후	조직감	맛	
1	설탕 물	650 500	다이스: 48 당 액: 49	일부 수축	양호	6	5	단맛이 너무 강함
2	설탕 물	550 500	다이스: 38 당 액: 39	일부 수축	양호	5	4	
3	설탕 트레할로스 물	500 100 500	다이스: 32 당 액: 34	양호	양호	1	2	살균 직후 다이스의 모양 수축이 없이 가장 양호 단맛이 가장 적게 느껴짐 씹을 때 조직의 경도가 다른 처리구보다 높음
4	설탕 포도당 물	300 300 500	다이스: 38 당 액: 40	양호	양호	3	6	수축현상이 2번 제품보다 적음, 단맛이 심하게 느껴짐 3번제품과 비슷한 조직경도를 나타냄
5	설탕 고과당 물	420 240 500	다이스: 34 당 액: 36	수축	양호	2	1	살균 직후의 다이스 수축 현상이 평형에 따라 사라지고 맛에 대한 기호도 우수
6	설탕 고과당 트레할로스 물	370 200 100 500	다이스: 36 당 액: 37	일부 수축	양호	4	3	5번 제품보다는 조직표면의 수축이 적고 4번 제품보다는 높았음

65 °Brix의 당액 주입시(처리구 1) 밤호박 다이스와 평형 후 48 °Brix로 낮아졌으며 단맛이 너무 강하여 기호도가 낮았고 다이스의 2차 가공시 용도가 제한적이었다. 평형 후 밤호박 다이스의 당도가 35~40 °Brix 일 때 기호도가 높았다. 설탕과 트레할로스 처리구는 살균직후 다이스 모양의 수축현상이 발생하지 않았으며 조직감이 아삭하고 당도에 비하여 단맛이 적게 느껴져 기호도가 높았다. 설탕과 고과당 처리구는 살균직후 다이스가 일부 수축되었으나 2일 이상 평형 후 수축현상은 해소되었고 당액과 다이스의 맛에 대한 기호도가 가장 우수하였다. 설탕의 일부를 포도당 또는 물엿으로 대체한 처리구는 기호도가 낮았다.

나. 조직감 개선

대용량의 벌크형 통조림으로 밤호박 다이스를 제조할 경우 F₀치에 따라 밤호박 다이스는 과도한 살균처리를 받게 되므로 0.1%의 명반 첨가 및 calcium용액에 담가 calcium pectate를 형성하여 조직감을 향상시키는 실험을 실시하였다. 설탕과 고과당을 2:1로 혼합한 60 °Brix의 당액에 각각 0.1%의 명반과 CaCl₂를 첨가하여 밤호박 다이스에 처리하였을 때 조직감에 미치는 영향을 texturometer로 측정한 결과는 표 16과 같았다. 명반과 CaCl₂ 첨가구의 경도가 유의적으로 증가하였다. 당액만 충전한 대조구의 경도는 살균 1일 후 74.89g, 살균 3일 후 78.67g의 수준이었으나 명반과 CaCl₂ 첨가구에서는 표 16과 같이 살균 1일후 각각 93.49g, 102.59g으로 경도가 높았다. 살균 후 초기에는 CaCl₂ 첨가구의 경도가 명반 첨가구보다 높았으나 평형 후에는 두 처리구간 경도가 유사하였다.

표 16. 명반 및 CaCl₂ 처리가 밤호박 다이스의 경도에 미치는 영향

경도(g)	Control	Allum 처리구	CaCl ₂ 처리구
살균 1일 후	74.89 ± 17.87	93.49 ± 27.79	102.59 ± 29.46
살균 3일 후	78.67 ± 16.94	120.23 ± 37.49	125.42 ± 38.65

경도: 2mm의 원형 plunger가 다이스를 5mm 침투하는데 소요되는 힘(g)

Control: 당액 60°Brix(설탕, 고과당)

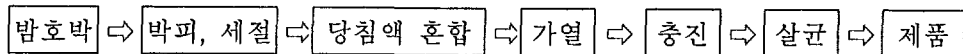
Allum 처리구: 당액에 0.1%함유

CaCl₂ 처리구: 당액에 0.1% 함유

다. 다이스형 중간소재 제조공정

이상의 결과로부터 세절 다이스의 규격은 1×1×1mm로 하고 당액의 배합은 설탕과 고과당을 2 : 1로 하여 60 °Brix 일 때 가장 우수하였고, 당액에 0.1%의 allum이나 CaCl₂를 첨가하여 밤호박 다이스의 조직감을 아삭하고 단단하도록 개선하는 공정이 효과적인 것으로 나타났다. 또한 밤호박 다이스와 당액의 혼합 비율은 1:1이 적절하였다.

다이스형 밤호박 통조림 중간소재의 최종 공정을 요약하면 다음과 같다.



3. 양금형 페이스트 중간소재

밤호박을 세절, 박피, 열처리 없이 바로 제과, 제빵 등 2차 가공으로 이용할 수 있는 호박 중간소재의 제조를 위하여 양금형 페이스트 중간소재를 개발하고자 하였다.

가. 밤호박 페이스트의 제조 및 특성

늪은 호박을 푸레 또는 페이스트 상태로 유통시키고자 일부 연구가 있었으나 제조한 호박 페이스트는 레토르트 살균 후 색의 갈변이 심하고 주황색이 급격히 퇴색되는 단점이 컸다. 살균조건을 완화시킨 열수살균에 의해서는 갈변은 감소되지만 유통기한이 짧기 때문에 산업화되지 못하였고 냉동 푸레만이 이용되고 있는 실정이다. 밤호박은 색소 안정성과 일부 가공특성이 늪은 호박과 차이가 나므로 여러 조건으로 페이스트를 제조하고 중간소재로서의 안정성을 증진시키고자 하였다.

표 17은 스팀처리한 밤호박을 분쇄조건과 살균조건을 달리하여 제조한 페이스트를 35℃의 항온기에 가속저장하면서 저장 중 특성변화를 조사한 결과이다. 밤호박 페이스트는 저장 중 pH가 약간 감소하였으나 당도의 변화는 없었다. 밤호박 페이스트는 35℃에서 7주까지 저장성이 있었으나 그 이상에서는 열수 살균 처리구에서 pH 저하, 포장지 팽윤 등이 진행되었다.

표 18은 밤호박 페이스트를 가속저장하면서 갈변 등 색변화를 색차계로 측정한 결과이다. 레토르트 살균한 처리구에서는 저장기간이 길어지면서 점차 갈변반응이 일어나 명도가 감소하였으며 저장 4주 이후에 변화가 심하였다. 적색도 보다는 황색도의 감소가 심하였다. 열수살균 처리구에서는 갈변이 심하지 않았으며 명도변화가 미미하고 적색도는 일부 감소하였으나 레토르트

살균처리구에서 특히 심하였던 황색도 감소가 미미하였다. 한편 초핑에 의한 조분쇄 처리구와 콜로이드 밀 처리구간, 비타민 C 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

표 17. 제조조건을 달리한 밤호박 페이스트의 저장 중 pH와 당도 변화

처리구	저장일수	pH				당도			
		0	14	48	50	0	14	48	50
레토르트 살균	초핑	6.10	5.38	5.72	5.38	15.4	15.0	15.8	15.3
	콜로이드 I	5.92	6.03	6.04	5.31	15.4	15.8	15.3	16.3
	콜로이드 II	5.48	5.38	5.36	5.21	15.4	15.5	15.5	15.0
열수 살균	초핑	5.89	6.07	5.75	5.67	15.4	15.0	16.8	15.0
	콜로이드 I	5.89	6.04	5.75	5.60	15.4	15.0	17.1	16.8
	콜로이드 II	5.45	5.40	6.7	5.77	15.4	15.5	15.3	16.4

콜로이드(I) : 초핑한 호박을 콜로이드밀로 미분쇄한 처리구

콜로이드(II) : 0.2%의 비타민 C를 첨가하여 초핑, 미분쇄한 처리구

표 18. 밤호박 페이스트의 저장 중 색도 변화

처 리 구			L(명도)	a(적색도)	b(황색도)	ΔE(색차)
레 토 르 트 살 균	살균 전	초핑	48.36	17.71	25.52	53.98
		콜로이드 I	50.12	18.26	26.93	53.41
		콜로이드 II	49.27	18.08	25.81	53.53
	살균 후	초핑	47.23	16.95	24.67	54.30
		콜로이드 I	46.55	17.07	24.20	54.71
		콜로이드 II	47.09	18.40	24.73	54.93
	저장 2주	초핑	45.91	15.63	23.36	54.46
		콜로이드 I	44.06	14.44	22.12	56.22
		콜로이드 II	41.77	14.30	20.35	56.58
	저장 4주	초핑	42.40	14.40	20.81	56.20
		콜로이드 I	43.70	14.68	21.71	55.46
		콜로이드 II	39.37	12.54	18.06	57.60
저장 8주	초핑	39.53	11.69	10.57	57.10	
	콜로이드 I	37.58	10.35	16.27	58.30	
	콜로이드 II	34.32	8.31	13.57	60.43	
열 수 살 균	살균 전	초핑	48.36	17.71	25.52	53.98
		콜로이드 I	50.12	18.26	26.93	53.41
		콜로이드 II	49.27	18.08	25.81	53.53
	살균 후	초핑	46.50	16.76	24.09	54.60
		콜로이드 I	46.89	16.78	24.29	54.37
		콜로이드 II	46.47	17.41	24.14	54.87
	저장 2주	초핑	46.22	16.24	23.89	54.51
		콜로이드 I	45.31	16.05	23.23	55.08
		콜로이드 II	42.72	15.13	15.26	57.85
	저장 4주	초핑	44.95	16.23	22.79	55.23
		콜로이드 I	44.05	15.86	22.37	55.74
		콜로이드 II	42.68	14.25	21.15	56.04
저장 8주	초핑	42.62	15.00	21.07	56.26	
	콜로이드 I	43.08	15.00	21.43	55.98	
	콜로이드 II	43.11	13.38	21.06	55.49	

콜로이드(I) : 초핑한 호박을 콜로이드밀로 미분쇄한 처리구

콜로이드(II) : 0.2%의 비타민 C를 첨가하여 초핑, 미분쇄한 처리구

나. 앙금형 페이스트 제조

열수살균하여 상온 유통이 가능한 앙금형 페이스트로 개발하고자 부재료 배합 조건 및 물성 개선 시험을 실시하였다. 표 19는 전분 종류, 당종류, 육분 첨가량에 따른 앙금의 물성 및 기호도 변화를 나타낸 결과이다. 시판 중인 팔 또는 동부 앙금은 수분 41~42 %, 당도 37 °Brix였으나 밤호박 앙금은 수분 58 %, 당도 34 °Brix일 때 가장 기호도가 우수하였다. 앙금의 배합비는 밤호박 페이스트 100을 기준으로 육분 15, 감자전분 5를 첨가한 배합비(처리구 4)가 앙금의 물성에 적합하였다.

표 19. 전분 재료와 당 종류를 달리하여 제조한 밤호박 페이스트의 특성

처리구	배 합 비	물성 및 기호도
1	밤호박 100 육분 10 감자전분 5 설탕 40	수분함량이 많아 앙금제품에는 적합하지 않음
2	밤호박 100 육분 10 조산감자전분 5 설탕 40	1번에 비해 수분함량이 더 많게 느껴짐 윤기가 흐르며 다른제품에 비해 전득거림
3	밤호박 100 육분 10 감자전분 5 설탕 30 트레할로스 10	Trehalose에 의해 수분이 많이 보유되어 수분이 없어 보이는 하나 텃맛이 좋지 않음
4	밤호박 100 육분 15 감자전분 5 설탕 40	앙금에 적합한 점성과 물성을 지님
5	밤호박 100 육분 10 감자전분 5 설탕 20 고과당 20	1번 제품에 비해 수분이 적게 느껴짐
6	밤호박 100 육분 15 감자전분 5 설탕 20 고과당 20	4번제품에 비해서 좀 더 전득거림
7	밤호박 100 육분 10 감자전분 5 설탕 20 물엿 20	1번과 5번 제품 사이의 수분함량이 느껴짐

열수살균하여 제조한 앙금형 중간소재를 4℃, 실온 및 35℃에 저장하면서 품질변화를 조사한 결과는 표 20과 같다. 갈변현상, 황색도의 감소 등 색소퇴색이 진행되지 않고 안정하였으며 전분의 노화로 인한 품질 변화가 나타나지 않았다. 저장 온도가 35℃로 높은 경우에도 저장 8주까지 색 변화는 일어나지 않았으나 빛 조사조건인 창가저장의 경우 부분 탈색이 저장 초기부터 진행되었다. 미생물 중 대장균은 검출되지 않았으며 35℃ 저장시는 저장 2주부터 실온과 창가저장시는 저장 4주부터 균이 검출되었다. 또한 35℃ 저장처리구에서는 저장 4주부터 약한 이수현상이 관찰되었다. 열수살균한 제품인 시판 앙금류의 저장기간도 3개월로 짧았다. 반면 레토르트 처리한 밤호박 앙금은 35℃ 저장 4주 이상에도 균이 검출되지 않았으나 저장 중 갈변 및 색소퇴색이 진행되어 유통기한의 제한요인으로 작용하였다.

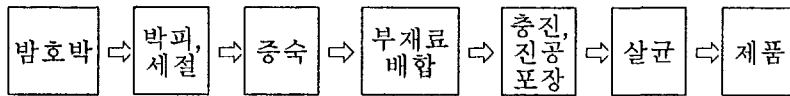
표 20. 열수살균한 밤호박 앙금의 저장 중 품질

처리구	L (명도)	a (적색도)	b (황색도)	ΔE (색차)	총균수 (×10 ⁶ cfu)	탈색 현상	이수 현상
초기	49.00	18.10	21.97	52.05	ND	ND	ND
저장 2주	실온	48.75	18.39	21.42	52.21	ND	ND
	창가	48.35	16.96	20.58	51.71	ND	trace
	냉장	49.91	17.08	22.22	51.08	ND	ND
	35℃	48.35	16.24	22.61	51.00	45.1	ND
저장 4주	실온	49.96	16.29	21.48	50.43	28.0	ND
	창가	51.80	15.84	22.07	48.98	26.0	trace
	냉장	51.16	15.41	22.46	49.54	ND	ND
	35℃	49.06	15.47	20.55	50.56	30.0	ND
						trace	

다. 앙금형 페이스트의 제조공정

이상의 결과로부터 밤호박 앙금은 밤호박 페이스트 100을 기준으로 옥분 15, 감자전분 10을 첨가하여 수분 58 %, 당도 34 °Brix로 제조한 처리구의 기호도가 우수하고 앙금의 물성에 적합하였다.

앙금형 밤호박 페이스트의 최종 공정을 요약하면 다음과 같다.



제 4 절 밤호박의 특성을 살린 가공제품 개발

1. 국수

면은 면발을 제조하는 방법에 따라 수인면, 세절면, 압출면의 3가지로 대별할 수 있다. 수인면은 밀가루 반죽을 손으로 늘어뜨려 면발을 만드는 것으로 우리나라에서는 중화요리에서 손으로 쳐서 만드는 라면 혹은 타면(打麵)과 일본의 소면(素麵)이 대표적인 제품이다. 세절면은 면대를 칼로 썰어 면발을 만든 것으로 칼국수, 소바, 우동과 같은 생면, 즉석 라면의 원형인 유탕면, 건면 등이 있다. 밤호박을 이용한 국수제조시 밤호박 분말보다 밤호박 페이스트로 첨가한 국수가 밤호박 풍미와 색깔 보유력이 우수하였으며 예비시험 결과 생면보다 건면의 기호도가 우수하였으므로 밤호박 페이스트를 이용한 건면을 제조하고자 하였다.

생 밤호박과 브랜칭하여 익힌 밤호박을 각각 5mm초파를 통과시킨 후 동량

의 물을 첨가하고 콜로이드 밀로 마쇄하여 국수 제조용 밤호박 페이스트를 제조하였다. 페이스트의 첨가량에 따른 반죽 및 면대형성시의 특성을 조사한 결과 밀가루 1kg와 페이스트 400g의 배합이 가장 우수하였다.

활성글루텐의 첨가량은 밀가루 양의 5% 수준이 국수 조리과정에서 용출고형분량이 적고 면의 조직감 면에서 가장 적당하였다. 배합시 첨가되는 소금의 양은 페이스트에 10%로 첨가한 처리구가 짠맛 기호와 건조시 면선의 휘어짐 방지에 효과적이었다.

표 21은 밤호박 국수의 특성을 비교한 것으로 브랜칭 페이스트로 제조한 면의 적색도가 높고 호박의 진한 황색이 더 두드러졌으나 전체적인 품질은 생페이스트 처리구가 우수하였고 생 페이스트로 제조한 국수의 맛과 조직감, 기호도 또한 우수하였다.

표 21. 페이스트 처리구를 달리한 밤호박 국수의 색차 및 관능검사 특성

처 리 구	색 차				관 능 검 사				
	L	a	b	ΔE	맛	향	조직감	색	종합적 기호도
생 페이스트	60.69	3.75	22.20	38.74	6.89 ^a	5.56 ^a	6.67 ^a	7.78 ^a	7.00 ^a
브랜칭 페이스트	58.10	4.44	23.19	41.52	5.89 ^a	5.44 ^a	6.11 ^a	5.00 ^b	5.56 ^b

2. 넥타형 음료

가. 페이스트의 효소처리

밤호박 분쇄물에 존재하는 펙틴, 섬유소 등을 펙틴 분해효소, 셀룰로오스 분해효소로 처리하여 음료로 음용시 식감이 우수한 페이스트로 제조하고자 하였다. 표 22는 상업적으로 이용되고 있는 여러 종류의 펙틴 및 셀룰로오스 분해효소들을 증자한 밤호박 분쇄물에 0.1% 농도로 첨가하고 50℃에서 1시간 반응시킨 후 불용성고형물의 함량을 측정된 결과이다. Pectinase활성과 함께 cellulase 활성이 있는 Cytolase M102이 밤호박의 불용성 고형분 분해에 가장 효과적인 것으로 나타났다.

표 22. 밤호박 페이스트에 대한 펙틴 및 셀룰로오스 분해효소들의 작용 효과

효소명	효소처리후 잔사량 (g/50g)	Alcohol test (95% EtOH)
Control	40.42	겔형성
E	37.14	겔형성
A	28.88	혼탁
MC	31.19	혼탁
R	33.15	혼탁
E+A	27.63	혼탁
E+MC	28.81	혼탁
E+R	34.42	혼탁
M	24.93	약간 혼탁

- E : Econase CE (cellulase)
- R : Rapidase press (pectinase)
- A : Macerozyme A (pectinase)
- MC : Sumizyme MC (pectinase)
- M : Cytolase M102 (pectinase + cellulase)

밤호박의 펙틴은 염산 가용성 펙틴의 함량이 가장 높았고, 늙은 호박의 펙틴은 절반 이상이 수가용성 펙틴으로서 밤호박의 과육 경도가 늙은 호박보다 단단하고 조직감이 우수한 것은 이러한 펙틴의 특성에 기인하는 것으로 나타났으므로 펙틴 분해효소에 의한 반응특성에도 차이가 있을 것으로 사료된다.

1차 효과가 우수하여 선정된 Cytolase M102의 최적 처리조건을 설정하기 위하여 효소 농도 0.005~0.15%의 범위로 페이스트에 첨가하여 반응물의 성상을 조사하였으며 결과는 표 23과 같다. 효소 첨가농도가 증가함에 따라 반응 후 페이스트의 불용성 고형분량이 감소되었으나 0.05% 이상의 첨가농도에서는 시료사이에 큰 차이가 없는 것으로 나타나 최적 첨가농도는 0.05%였다. 한편 0.1% 이상의 농도로 효소처리한 시료에서는 효소 특유의 짙은 뒷맛을 느껴졌다.

표 23. 효소(Cytolase M102)의 농도가 밤호박 페이스트의 펙틴질 분해에 미치는 영향

효소농도 (%)	잔사량 (g/50g)	Alcohol test (95% EtOH)
0.005	40.07	겔형성
0.01	33.83	겔형성
0.02	32.87	겔형성
0.05	28.68	혼탁
0.1	25.37	약간혼탁
0.15	23.51	투명

효소의 최적 반응온도는 20~55℃로 보고되어 있으며 온도별 반응 후의 불용성 잔사량을 비교한 결과에서도 50℃에서 28.38, 37℃에서 28.39, 25℃에서 29.55(g/50g)로 나타나 온도에 따른 차이가 없었다. 반응시간은 60분 이후 평형에 도달하여 더 이상 불용성 잔사량이 감소하지 않았다. 그림 9는 효소 농도와 반응시간에 따른 밤호박 페이스트의 점도를 비교한 것이다. 효소농도가 증가함에 따라 점도가 감소하였으며 반응시간은 90분 이상 처리시 더 이상의 점도감소가 나타나지 않았다. 이상의 결과로 부터 밤호박 넥타의 제조를 위한 효소는 pectinase활성과 함께 cellulase 활성이 있는 Cytolase M102이 가장 효과적인 것으로 나타났으며 최적 반응조건은 효소농도 0.05%, 90분이었다.

나. 넥타 제조조건 및 배합비

밤호박 넥타 제조를 위한 페이스트 첨가량 및 가수량을 설정하기 위하여 밤호박 페이스트의 중량에 대하여 1~3배의 물을 첨가하고 부재료의 비율은 고정하여 관능적 특성을 조사한 결과는 표 24와 같다. 밤호박 페이스트에 1.5배 량의 물을 가한 경우 음용농도로 가장 적합하고 기호도가 우수한 것으로 나타났다.

표 24. 밤호박 페이스트에 대한 가수량별 넥타의 관능특성

페이스트 ¹⁾ :정제수	1 : 1	1 : 1.5	1 : 2	1 : 2.5	1 : 3
점조도 ²⁾	2.20 ^a	0.90 ^b	-0.80 ^c	-1.30 ^c	-2.40 ^d
기호도 ³⁾	5.50 ^a	6.50 ^a	6.20 ^a	5.20 ^a	3.50 ^b

- 1) 증숙한 밤호박을 초평하고 물을 1:1 가수후 효소반응 시킨 밤호박 페이스트
- 2) 점조도(consistency) : 음용농도로서 적합(0), 매우 진함(5), 매우 묽음(-5)
- 3) 기호도 : 9점 평점법

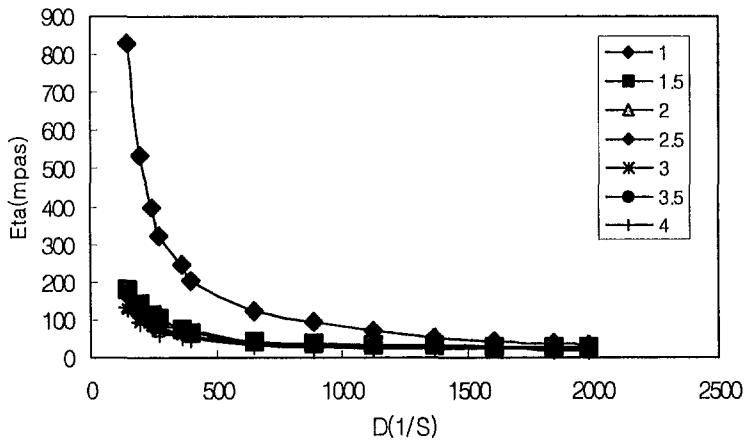
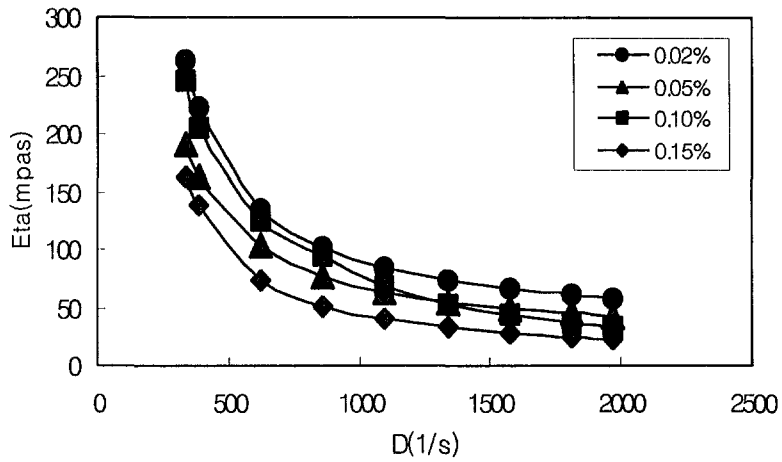


그림 9. 효소(Cytolase M102)의 농도(위) 및 반응시간(아래, 효소농도 0.05%)에 따른 밤호박 페이스트의 점도 특성

밤호박 넥타의 적정 당도를 결정하기 위하여 10~13°Brix 범위로 배합하고 관능평가한 결과 11°Brix 처리구가 가장 우수하였다. 당류 조성을 고과당, 올리고당, 트레할로스 등으로 일부 대체하였을 때 유의적인 기호도 증가가 나타나지 않았으며, 구연산과 구연산 나트륨으로 산도를 조절한 처리구의 기호도가 가장 높았다.

다. 층 분리 안정화 및 저장 안정성

제품의 저장 중 발생하는 고형물과 수분과의 분리현상을 방지하기 위하여 CMC, 솔스타, 자당지방산 에스터, pectin 및 xantan gum 등의 각 첨가제를 밤호박 페이스트 중량의 0.15%로 첨가하고 첨가효과를 시험하였다. CMC 첨가군은 층분리 방지효과가 없었으며 다른 첨가제들은 층분리를 효과적으로 방지하였다. 그러나 자당지방산에스터, CMC, pectin 첨가군에서는 이미를 발생시키는 문제가 있었다. 그림 10은 안정제를 0.15% 수준과 0.30% 수준을 첨가하였을 때 살균 후 넥타의 점도에 미치는 영향을 나타낸 것으로 점도에 큰 변화가 없었다. Xanthan gum과 자당지방산 에스테르 첨가군에서는 0.3% 첨가시 점도가 약간 증가하였다. 따라서 안정제 첨가후에도 점도의 변화가 적고 이미, 이취의 발생이 없는 xanthan gum 0.15% 첨가가 적절한 것으로 나타났다. 이상의 결과로부터 밤호박 넥타 제조를 위한 배합비는 표 25와 같이 조정하였다.

표 25. 밤호박 넥타의 제조를 위한 배합비

(%)

	밤호박 페이스트	정제수	설탕	Xanthan Gum	구연산	구연산 나트륨	소금
배합비	200	200	30	0.15	0.025	0.025	0.025

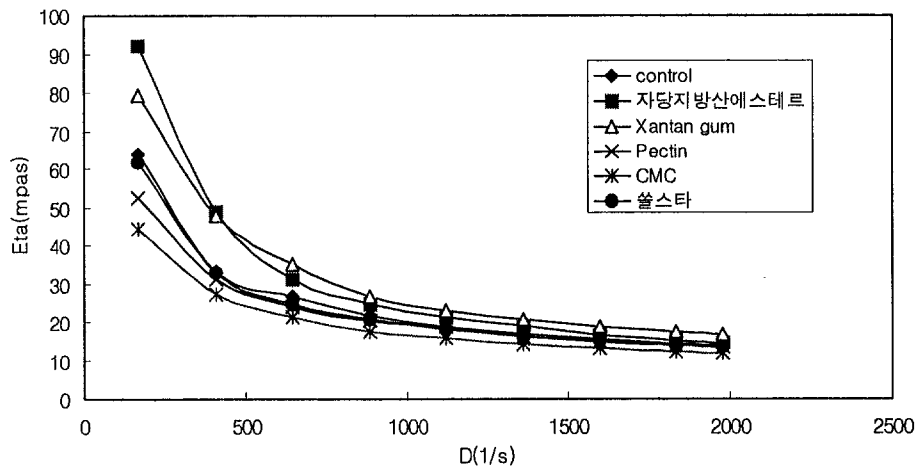
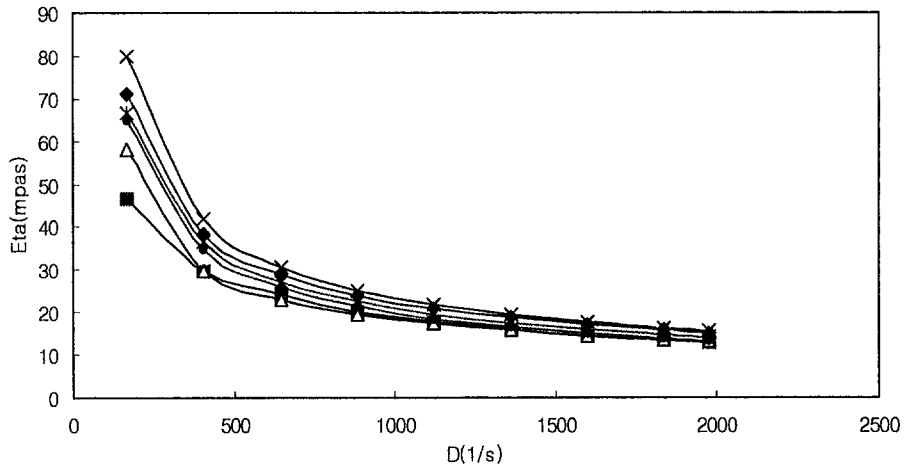


그림 10. 충분리 억제를 위한 안정제 첨가(0.15%)가 넥타의 점도에 미치는 영향(위 : 0.15% 첨가, 아래 : 0.30% 첨가)

표 25의 배합비에 따라 제조한 넥타를 균질기(500psi, 5분)로 균질화하고 가열한 후 캔용기에 충전, 탈기, 밀봉하고 레토르트살균을 하였으며 이를 35°C 항온기에 저장을 하면서 색도, pH, 당도 및 점도의 변화, 총균수 등 품질을 평가한 결과는 표 26과 같다. 35°C의 가속저장에 의하여 pH와 당도는 큰 변화가 없었으며 색차계로 측정된 넥타의 색차 또한 저장에 매우 안정하였다.

표 26. 밤호박 넥타의 저장 중 품질변화

	pH	당도	총균수	색차			
				L	a	b	ΔE
0	5.28	12.2	무	43.12	6.41	20.69	53.88
2주	5.33	12.2	무	41.59	6.38	19.08	54.79
4주	5.16	12.1	무	41.64	6.24	19.32	54.74
7주	5.21	12.7	무	41.44	6.34	18.67	54.72

참 고 문 헌

1. Wills, R. B. H., Lim, J. S. K. and Greenfield, H. : Composition of Australian foods. 39. Vegetable fruits. *Food Technology in Australia*, **39**, 488(1987)
2. Sharma, B. R., Saimbhi, N. S., Bawa, A. S. and Shukla, F. C. : Varietal variation in the chemical composition of summer squash. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, **49**, 30(1979)
3. Kiziriya, K. P. and Kaishauri, G. N. : Technological characteristics of pumpkin varieties. *Kartofel'i Ovoshchi*, No. 1, 37(1983)
4. Lee, C. Y., Smith, N. L. and Robinson, R. W. : Carotenoids and vitamin A value of fresh and canned winter squashes. *Nutrition Reports International*, **29**, 129(1984)
5. Nagra, S. A. and Khan, S. : Vitamin A(β -carotene) losses in Pakistani cooking. *J. Sci. Food Agric.*, **46**, 249(1988)
6. Hidaka, T., Anno, T. and Nakatsu, S. : The composition and vitamin A value of the carotenoids of pumpkins of different colors. *J. Food Biochemistry*, **11**, 59(1987)
7. Arima, H. K. and Rodriguez-Amaya, D. B. : Carotenoids composition and vitamin A value of commercial Brazilian squashes and pumpkin, *J. Micronutrient analysis*, **4**, 177(1988)
8. Pedrosa, J. F., Casali, V. W. D., Cheng, S. S., Chitarra, M. I. F. and Carvalho, V. D. : Changes in composition of squashes and pumpkin during storage. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, **18**,

29(1983)

9. Mencarelli, F., Lipton, W. J. and Peterson, S. J. : Responses of zucchini squash to storage in low-O₂ atmospheres at chilling and nonchilling. *J. Ame. Hort. Sci.*, **108**, 884(1983)
10. Mencarelli, F. : Effect of high CO₂ atmospheres on stored zucchini squash. *J. Ame. Hort. Sci.*, **112**, 985(1987)
11. Schabert, J. C. : Cucurbitacin 19-hydroxylase in *Cucurbita maxima* *Phytochemistry*, **17**, 1062(1978)
12. Hutt, T. F. and Herrington, M. E. : The determination of bitter principles in zucchinis. *J. Sci. Food Agric.*, **36**, 1107(1985)
13. Rymal, K. S., Chambliss, O. L., Bond, M. D. and Smith, D. A. : Squash containing toxic cucurbitacin compounds occurring in California and Alabama. *J. Food Protection*, **47**, 270(1984)
14. Banev, B., Dyuboa, O. and Rigo, Z. : Composition of the aroma substances of pumpkin. *B'larski Plodove Zelenchutsi Konservi*, No. 10, 12(1977)
15. Assawah, M. W. and Al-Zarari, A. J. : Identification and study of fungi causing diseases and post-harvest rots of squash in Ninevah province. *Iraq. Iraqui J. Agric. Sci. "Zanco"*, **2**, 67(1984)
16. Hurst, W. C., Schuler, G. A., Reagan, J. O. and Rao, V. N. M. : Effect of harvest date, irrigation, maturity and calcium addition during processing on quality of canned summer squash. *J. Food Sci.*, **47**, 306(1982)
17. Hurst, W. C., Rao, V. N. M., Granberry, D., Socha, G. and Koehler, P. E. : Effect of fertilization, postharvest handling and

- blanching temperature on the drained weight of canned summer squash. *J. Food Sci.*, **50**, 1196(1985)
18. Usacheva, G. G. : Improvement of technology and layout of equipment for pumpkin beverage. *Konserunyaya Ovoshchesushil'naya Promyshlennost*, No. 7, 25(1981)
 19. Beauchamp de Caloni, I. and Recio de Hernandez, E. : Elaboration, shelflife and quality evaluation of dishes prepared with pumpkin. *J. Agriculture of the University of Puerto Rico*, **71**, 301(1987)
 20. Silva, J. L., Shannon, C. W. and Ammerman, G. R. : Comparison of two manufacturing procedures for producing frozen pumpkin puree. *Research Report, Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station*, **12**, 1(1987)
 21. Hoover, M. W. : A process for producing dehydrated pumpkin flakes. *J. Food Sci.*, **38**, 96(1973)
 22. 박용곤, 차환수, 박미원, 강윤한, 석호문 : 늙은 호박의 부위별 화학 성분. *한국식품영양과학회지*, **26**(4), 639(1997)
 23. 김길용 : 호박잼의 제조방법. 특허공보, 90-3549(1990)
 24. 김길용 : 남과주(호박술)의 제조방법. 특허공보, 90-3706(1990)
 25. 김길용 : 호박음료의 제조방법. 특허공보, 90-31(1990)
 26. 김길용 : 호박분말의 제조방법. 특허공보, 90-32(1990)
 27. 김길용 : 호박스낵의 제조방법. 특허공보, 90-12(1990)
 28. 박용곤, 석호문 : 호박당과의 제조방법. 특허공보, 제 081467호 (1995)
 29. 박용곤, 석호문 : 호박농축물을 이용한 호박차 및 호박음료의 제조 방법. 특허공보, 제080948호(1994)

30. 강금근 : 식용 호박 영양구이 식품의 제조방법. 특허공보, 89-1468(1989)
31. 유영기 : 호박가루 제조방법. 특허공보, 89-11544(1989)
32. 박영희 : 호박 꿀차의 개발 연구. 한국영양식량학회지, **24(4)**, 625(1995)
33. 신용서, 이갑상, 김동한 : 고구마와 호박을 첨가한 요구르트 제조 연구. 한국식품과학회지, **26(6)**, 666(1993)
34. 박용곤, 강윤한, 석호문, 김홍만, 차환수, 박무현 : 늙은 호박의 가공기술 개발. 농림수산특정연구사업보고서, (1997)
35. 허수진, 김준한, 김종국, 문광덕 : 호박 및 밤호박의 식품성분 비교. 한국식생활문화학회지, **13(2)**, 91(1998)
36. Osuna, C. J., Carrillo, L. A. and Bedollo, V. S. : Hydrothermal treatment of Kabocha squashes for control of weight loss and spoilage. *Tecnologia de Alimentos*, **30(6)**, 18(1995)
37. Manseka, V. D. : Weight loss and other physiological aspects of butternut squash : the effect of prestorage and storage conditions, and price variation of winter squash at northeast wholesale market. Cornell Univ. Dissertation Abstract International, 1997
38. Osuna C. J., Carrillo, L. A. and Bedollo, V. S. Hydrothermal treatment of Kabocha squashes for control of weight loss and spoilage. *Technologia de Alimentos*, **30(6)** , 18 (1995)
39. Arvayo, O. RM, Garza, O. S. and Yahia, EM : Postharvest response of winter squash to hot water treatment. *Hort. Technology*, **4(3)**, 253 (1994)
40. American Association of Cereal Chemists (1983) Approved Methods of the AACC. The Association, St. Paul, Minnesota.

41. 영인과학 학술부(1992) Amino acid analysis system의 응용, 영인과학 pp5.
42. Kaneko, K., Sato, C., Watanabe, T. and Maeda, Y. : Changes of cation contents and solubilities of pectic substances during bring of various vegetables. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 31(6), 379(1984)
43. Manabe, M. and Naohara, J. : Properties of pectin in satsuma mandarin fruits(Citrus Unshiu Marc.), *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 33(8), 602(1986)
44. McComb, E. A. and McCready, R. M. : Colorimetric determination of pectic substances., *Anal. Chem.*, 24(10), p.1630(1952)
45. Scott, K. J. : Observations on some of the problems associated with the analysis of carotenoids in foods by HPLC, *Food Chemistry*, 45:357-364(1992)
46. Williams, B. W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. : Use of free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensm Wiss Technol.*, 28(1), 25-30(1995)
47. Kato, H., Lee, I. E., Chuyen, N. V., Kim, S. B. and Hayase, F. : Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric. Biol. Chem.*, 51(5), 1333-1338(1987)
48. 김동수, 안방원, 염동빈, 이동호, 김선봉, 박영호 : 천연 식품성분에 의한 발암성 니트로생성인자 분해작용, 1. 야채추출물의 아질산염분해작용. *한국수산학회지*, 20(5), 463-468(1987).
49. Kim, S. J., Han, D. S., Moon, K. D. and Rhee, J. S. : Measurement of superoxide dismutase-like activity of natural antioxidants. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 59(5), 822-826(1995)

50. Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F. and Griffin, E. L. :
Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal
Foods World*, 29, 732(1969)
51. 緒方邦安 : 園食品 の 加工 と 利用, 養賢堂(1973)
52. Ames, B. N. : Dietary carcinogens and anticarcinogens. *Science*,
221, 1256-1264(1993)
53. Ziegler, R. G. : A review of epidemiologic evidence that carotenoids
reduce the risk of cancer. *J. Nutr.*, 119, 116-122(1989)
54. Seddon, J. M., Ajani, U. A., Sperduto, R. D. and Burton, T. C. :
Dietary carotenoid, vitamin A, C and advanced age-related macular
degeneration. *JAMA.*, 272, 1413-1420(1994)
55. Foote, C. S., Chang, Y. C. and Denny, R. : Chemistry of singlet
oxygen carotenoid quenching parallels biological protection. *J. Amer.
Chem. Soc.*, 92, 5216-5221(1970)
56. Foote, C. S. and Denny, R. W. : Chemistry of singlet oxygen.
Quenching by β -carotene. *J. Amer. Chem. Soc.*, 23, 6233-
6235(1968)
57. 홍희도, 강남길, 김성수 : 몇가지 과일, 채소류를 혼합한 사과주스의
SOD 유사활성. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30(6), 1484-1487(1998)
58. 박용곤, 강윤한, 이병우, 석호문 : 저장중 호박분말의 카로테노이드 색
소 변화. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutri.*, 26(1), 32-36(1997)

간밤의 활용도 증진을 위한 동결처리 연구

Studies on Freezing Process for Increment of
Utilization of Peeled Chestnut

연구 책임자 : 김 중 훈

연구 원 : 박 재 복

연구 원 : 박 노 현

연구 원 : 정 진 응

연구 원 : 권 기 현

연구 원 : 김 진 주

연구 원 : 이 선 민

요 약 문

I. 제 목

간밤의 활용도 증진을 위한 동결처리 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

국내 밥 생산량은 1970년대 년평균 만 2천톤을 생산하였고, 1980년대 접어들어 년평균 6만 5천톤으로 생산이 대폭 증가되었으며, 1990년대에는 약 10만톤 이상의 생산량을 나타내고 있다. 1998년도의 생산량은 109,965톤으로 중국과 더불어 세계 제 1의 밥 생산국으로 세계 생산량의 20%을 차지하고 있다. 밥 수출액은 1971년이래 꾸준히 증가하여 1996년도에는 수출액이 1억1천2백만불을 달성하는 높은 실적을 나타냈으며, 1999년도에는 15만7천톤을 수출하여 8천5백만불의 수출액을 나타냈다. 수출형태는 생밥, 간밤, 통조림 등이 있으며, 이들 중에서 90% 이상을 간밤이 차지하고 있다.

경제적 발전과 소비형태의 다양화 및 박피기술 개발로 향후 밥의 유통형태는 간밤형태가 증가할 것으로 판단되며 밥 가공제품 개발도 활발이 이루어질 것으로 예상되므로 간밤의 저장성 향상을 위한 박피후 처리기술에 관한 연구가 필요한 실정이다. 간밤을 저장할 수 있는 기술이 개발되면 국내 밥 가공제품의 활성화는 물론 해외 수출의 다변화와 경쟁력을 높일 수 있다.

그러므로 본 연구에서는 밥의 박피후 처리공정을 해석하고 간밤의 저장성 증진에 관한 연구를 수행함으로써 간밤의 활용도를 증진시키고 국내 밥 가공제품의 활성화로 밥 생산농가의 소득증대에 기여하고자 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 간밤의 냉동공정 해석

- 밤의 열적 특성 분석
- 냉동공정의 수학적 해석
- 냉동공정의 유한차분 해석

2. 간밤의 냉동공정 시뮬레이션

- 시뮬레이션 프로그램 개발
- 간밤의 동결과정 분석
- 검증실험
- 간밤의 동결시간 예측모델 개발

3. 처리조건에 따른 간밤의 저장성 분석

- 저장방법에 따른 간밤의 저장성 구명하고 저장조건에 따른 밤의 가공특성 등을 분석

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

본 연구에서는 밤의 박피후 처리공정을 해석하고 간밤의 저장성 분석을 통한 저장성 증진에 관한 연구를 수행함으로써 간밤의 활용도를 증진시키고 국내 밤 가공제품의 활성화로 밤 생산농가의 소득증대에 기여하고자 하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 밤의 냉동공정 해석

간밤의 냉동공정을 분석하기 위한 간밤의 열적 특성으로 열전도도, 비열, 잠열, 동결점 등을 분석하였다. 간밤의 열적 특성 분석결과 열전도도는 0.43

$W/m^{\circ}C$, 비열은 $2.72 \times 10^6 J/m^{\circ}C$, 잠열은 $216.9 \times 10^6 J/m^3$, 동결점은 $-2.8^{\circ}C$ 로 분석되었다.

간밤의 냉동공정의 수학적 모델은 간밤의 열전달 특성을 전도 및 대류에 의한 열이동, 내부 온도구배 및 간밤의 물성값을 이용해 모델링을 수행하였으며, 수학적 모델링을 유도하는 공급냉각열원은 냉각된 일정한 온도의 공기이며 상변화는 짧은 시간에 이루어지며 내부의 상변화는 일정한 것으로 가정하여 수학적 모델을 개발하였다.

간밤 냉동공정의 유한차분 해석은 간밤 냉동공정의 수학적모델을 이용하여 수치해석방법인 양함수 유한차분법(explicit finite differential method)을 이용하여 수행하였다.

2. 간밤 냉동공정 시뮬레이션

간밤의 동결시간을 분석하기 위하여 간밤의 냉동과정의 수학적 모델 및 유한차분 해석법을 이용하여 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 본 프로그램은 마이크로소프트사의 Visual C++ 프로그램 언어를 이용하여 개발되었으며, 윈도우 메뉴방식으로 개발되었다. 개발된 프로그램은 열전도도, 비열, 대류 열전달계수 등 간밤의 열적특성과 밀도를 밤 시료의 고정변수로 사용하고, 동결온도, 시료의 초기온도, 시료의 직경 등을 시뮬레이션 입력변수로 사용하여 지정된 동결온도에서 시간에 따른 간밤 내부의 동결과정을 해석할 수 있도록 개발되었다.

간밤 내부의 깊이에 따라 동결되는 과정을 해석하기 위하여 주어진 동결온도에서 밤 내부 깊이별 동결점에 이르는 과정을 분석하였다. 동결온도가 일정할 때 밤 표면으로부터 깊이에 따른 동결점에 이르는 과정은 밤 중심에서부터 표면에 근접한 위치일수록 온도가 떨어지는 속도가 빠르고 일찍 동결점에 도달하는 것으로 나타났으며, 동결온도가 낮을수록 밤 내부가 동결점에 이르는 시간이 빠르게 나타났다.

간밤의 동결실험은 실제 간밤의 동결과정을 분석하여 간밤 동결과정의 수

학적 해석 및 컴퓨터 시뮬레이션의 결과를 검증하기 위하여 수행되었다. 간밤의 동결실험의 수행결과에서 동결온도가 일정한 경우 밤 중심에서부터 표면에 근접한 위치일수록 온도가 떨어지는 속도가 빠르고 일찍 동결점에 도달하는 것으로 나타났으며, 또한 동결온도가 낮을수록 밤 내부가 동결점에 이르는 시간이 빠르게 나타났다. 이와 같은 결과는 시뮬레이션의 결과와 일치한다. 또한 시뮬레이션 결과와 검증실험 결과를 비교 분석한 결과, 이들은 선형적인 관계를 나타내고 있으며, 이들의 결정계수(R^2)는 0.99로 매우 높게 나타났다. 그러므로 본 연구에서 개발한 간밤 내부의 위치별 동결점에 도달하는 과정을 분석하는 시뮬레이션 모델은 간밤의 동결공정 해석에 사용될 수 있을 것으로 판단되었다.

일정한 동결온도에서 간밤 표면으로부터 중심점까지 내부 위치별로 동결점에 도달하는 시간을 예측하기 위한 방정식의 변수는 동결온도, 밤 시료의 초기온도 및 밤 표면으로부터의 깊이로 시뮬레이션 결과를 토대로 다음과 같은 간밤의 동결시간 예측 방정식을 개발하였다.

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 + eX_1^2$$

Y : 동결점 도달시간 (min), X1 : 동결온도 (°C), X2 : 시료밤의 초기온도 (°C), X3 : 시료밤의 표면으로부터 깊이 (mm), a : 15.052, b : 1.417, c : 0.177, d : 0.293, e : 0.032

3. 간밤의 저장성 분석

본 연구에서는 간밤의 저장성 분석을 수행하였다. 저장방법으로는 기존의 수출용 간밤의 저장방법인 명반수 처리방법을 비롯하여 최근 농산물의 저장성 향상에 효과가 있는 것으로 보고되고 있는 전해산화수 처리방법 및 간밤의 동결공정을 통한 간밤표면을 동결처리한 방법 등을 고려하였다.

간밤의 저장성 실험은 저장기간에 따른 중량감모율, 부패율, 색도, 화학적 성분, 조직감 등을 품질요인으로 선정하여 분석하였으며, 관능적 평가를 병행

하였다. 또한 처리구별 간밤 시료를 당침한 후 총유리당 분석과 관능평가를 통하여 저장기간에 따른 간밤의 가공특성을 분석하였다.

간밤의 저장성 분석결과 저장온도 -2°C 일 때 처리방법에 따른 품질수명은 0.1%의 명반수에 침지하여 저장하는 경우에 15일로 분석되었으며, 중량감소율, 부패율, 색도 등의 항목에서는 우수한 저장성이 나타났으나, 저장기간이 증가할수록 조직감 및 맛의 항목에서는 급격히 저장성이 떨어지는 것으로 나타났다. 시료중량의 2배수 전해산화수(pH 2.61, ORP 1142)에 10분 침지처리한 경우가 생식용으로 사용시 가장 좋게 나타났으며, 밤 가공용 원료로 사용시에는 온도 -10°C 에서 5분간 동결처리하여 저장하는 방법이 전해산화수 처리한 방법과 더불어 좋은 결과를 나타내었다.

본 연구결과의 활용 및 향후 추진계획은 밤의 열적 특성, 냉동공정의 수학적 해석, 냉동공정의 유한차분 해석의 연구결과는 관련 학회에 보고하여 관련연구의 기초자료로 활용토록 하고, 간밤의 냉동공정의 시뮬레이션 프로그램 및 동결과정 분석 결과는 관련 업체의 간밤 냉동처리 공정에 적용 및 기타 농산물의 동결과정 해석 연구에 활용될 수 있을 것이다. 간밤의 저장성 분석 결과는 간밤 수출업체 등에 새로운 기술을 보급할 계획으로 향후 수출용 간밤 및 간밤의 유통에 관련된 연구를 지속적으로 수행하여 연간 약 천억의 수출물량을 확보하고 국내 간밤의 활용도를 증대시킴으로서 밤 생산농가의 소득증대에 기여하고자 한다.

제 1 장 서 론

제 1 절 연구목적 및 필요성

국내 밤 생산량은 1970년대 년평균 만 2천톤을 생산하였고, 1980년대 접어들어 년평균 6만 5천톤으로 생산이 대폭 증가되었으며, 1990년대에는 약 10만톤 이상의 생산량을 나타내고 있다. 1998년도의 생산량은 109,965톤으로 중국과 더불어 세계 제 1의 밤 생산국으로 세계 생산량의 20%을 차지하고 있다.

밤 수출액은 1971년이래 꾸준히 증가하여 1996년도에는 수출액이 1억1천2백만불을 달성하는 높은 실적을 나타냈으며, 1999년도에는 15만7천톤을 수출하여 8천5백만불의 수출액을 나타냈다. 수출형태는 생밤, 간밤, 통조림 등이 있으며, 이들 중에서 90% 이상을 간밤이 차지하고 있다. 수출 대상국은 간밤의 경우에 일본이 99.8%, 미국이 0.2%이며, 생밤의 경우는 중국이 66%, 일본이 17%, 미국이 15%이며, 통조림의 경우에는 일본이 91%, 대만 6%, 미국 2% 등으로 나타나고 있다.

국내 밤의 품질은 세계적으로 우수한 것으로 인정받고 있으나 밤의 수확 저장 후 가공분야에 관한 연구가 체계적으로 수행되지 않았으며, 특히 밤의 국내외 소비확대를 위한 박피 가공기술에 관하여 산업계에 실용화될 수 있는 기술이 개발되지 않아 밤의 국내 수요개척과 해외 수출증대에 큰 장애요인이 되고 있다. 한국식품개발연구원에서는 1995년부터 밤 박피 기계 개발에 관한 연구를 시작하여 현재까지 산업화가 가능한 밤 박피시스템 개발하고자 관련 연구를 수행하고있다^{1, 10)}.

밤의 저장기술에 관한 연구는 활발히 수행^{2, 3, 6,19, 25)}되어 생밤의 저장기술은 일반 밤 생산농가에 보급되어 활용되고 있으나, 간밤에 대한 박피후 처

리공정에 관한 연구는 찾아볼 수 없다. 이와 같은 현상은 아직 국내 밤의 유통이 생울 상태로 이루어지고 있기 때문으로 사료되며 향후 기계적 박피방법이 활성화되면 간밤 형태의 유통이 증가하게되어 박피한 밤의 박피후 처리공정 개발에 관한 연구가 필요하다.

밤 생산량은 70년대 년평균 만2천톤을 생산하기 시작하여 80년대 년평균 6만5천톤, 90년대는 10만톤 이상으로 증가하고 있으나 80년대 이후 재배면적 감소로 2000년 이후 급속히 감소되어 국내수급 및 수출물량에 큰차질이 예상되고 있어 장기계획에 의한 밤나무재배 적정면적 확보를 위한 대책이 요구되고 있다.

국내 개량종 밤은 세계적으로 품질면에서 으뜸이라 할 수 있으며 앞으로 상당기간 중국산 밤에 의해 국내시장이 잠식되거나 또한, 일본시장에서 중국산 밤이 한국산 밤을 대체할 수 없다고 추정되는 국제 경제력 우위품목이다.

경제적 발전과 소비형태의 다양화 및 박피시스템의 개발로 향후 밤의 유통형태는 간밤형태가 증가할 것으로 판단되며 밤 가공제품 개발도 활발이 이루어질 것으로 예상되므로 간밤의 저장성 향상을 위한 박피후 처리기술에 관한 연구가 필요한 실정이다. 간밤을 저장할 수 있는 기술이 개발되면 국내 밤 가공제품의 활성화는 물론 해외 수출의 다변화와 경쟁력을 높일 수 있다.

그러므로 본 연구에서는 밤의 박피후 처리공정을 해석하고 간밤의 저장성 분석을 통한 저장성 증진에 관한 연구를 수행함으로써 간밤의 활용도를 증진시키고 국내 밤 가공제품의 활성화로 밤 생산농가의 소득증대에 기여하고자 하였다.

제 2 절 밤 생산 및 이용 현황

1. 세계의 생산현황

밤의 세계생산량은 70년대 년평균 약 45만톤에서 80년대에 50만톤으로 증가하였으며, 90년대 후반에는 50~55만톤을 유지하고 있다. 1998년도 밤의 세계 생산량은 54만6천톤으로 1997년도 대비 2.6%가 증가되었다. 생산국으로는 우리나라를 비롯해 중국, 터키, 이태리 등이며, 여기서 생산된 물량이 세계 전체 생산량의 약 70%를 차지하고 있다. 1998년도 기준으로 국가별 생산현황은 중국이 21.1%, 터키 12.8%, 이태리 12.6%, 일본이 6.0%를 차지하고 있으며, 우리나라는 세계 제 1위의 생산국으로 13만톤을 생산하여 세계 생산량의 23.8%를 차지하고 있다.

표 1-1. 밤의 세계 생산 현황

단위 : 1,000톤, %

국 별	1996		1997		1998	
	수 량	점유율	수 량	점유율	수 량	점유율
중 국	115	22.4	115	21.6	115	21.1
한 국	108	21.1	130	24.4	130	23.8
터 어 키	65	12.7	61	11.5	70	12.8
이 태 리	69	13.5	69	13.0	69	12.6
일 본	30	5.8	33	6.2	33	6.0
스 페 인	20	3.9	20	3.8	20	3.7
프 랑 스	11	2.1	10	1.9	10	1.8
북 한	8	1.6	8	1.5	8	1.5
기 타	87	17.0	86	16.2	91	16.7
계	513	100.0	532	100.0	546	100.0

자료 : FAO. Production Yearbook

밤은 세계적으로 13종류가 있는데 그 중에서 우리나라, 일본, 중국 등 극동 아시아에서 세계 생산량의 50% 이상을 차지하고 있으며, 대략 년평균 기온 12도의 등온선을 중심으로 북위 30도의 난대중부에서 40도의 온대북부지역에 걸쳐 자생하고 있다.

2. 한국의 생산 및 수출 현황

가. 생산현황

국내 밤 생산량은 70년대 년평균 만 2천톤을 생산하기 시작하여 80년대 접어들어 년평균 6만 5천톤으로 생산이 대폭 증가되었으며, 90년대에는 약 10만톤 이상의 생산량을 나타내고 있다. 1998년도의 생산량은 109,965톤으로 중국과 더불어 세계 제 1의 밤 생산국이다. 표 1-2는 최근 5년간 국내 밤 생산량과 생산액을 나타낸 것이다.

표 1-2. 최근 5년간 국내 밤 생산현황

년도	생산량(M/T)	생산액(백만원)
1994	100,163	221,225
1995	93,655	193,011
1996	108,346	233,652
1997	129,673	278,797
1998	109,956	176,920

자료 : 임업통계연보, 산림청

우리나라의 밤 생산은 도별로 경남, 전남, 충남이 전체생산량의 약 80%를 차지하고 있으며, 군별로는 산청, 광양, 진주, 하동, 함천이 대표적인 밤 주산지이다. 표 1-3은 주요 품종별 생산현황을 나타낸 것이다.

표 1-3. 주요 품종별 생산현황

구 분	조 생 종	중 생 종	만 생 종
주요품종	단택, 삼조	옥광, 이평율	은기, 은행울
수확시기	8월중~9월초	9월초~9월하	9월하~10월초
재배지역	충청	진라, 경상	남해안
점 유 율	25%	50%	25%

자료 : 농수산물유통공사

밥의 유통경로는 임협이나 단위농협을 통한 공판 위탁판매가 전체의 35%를 차지하고 있으며, 수출용 밥의 경우는 주로 수출업자와 단위농협 또는 임협과 공급계약에 의해 거래가 형성되며, 구입가격은 수출업자에 의해 결정된다. 수출상품은 주로 출하기에 거래되고 일정한 규격품 이상만 수출이 가능하기 때문에 규격 미달품이나 저장품은 주로 수집상을 통해 도매시장 위탁상에 판매되어 내수에 충당된다.

나. 수출현황

밥 수출액은 1971년이래 꾸준히 증가하여 1996년도에는 수출액이 1억1천2백만불을 달성하는 높은 실적을 나타냈으며, 1999년도에는 15만7천톤을 수출하여 8천5백만불의 수출액을 나타냈다.

밥은 1999년도 기준으로 단기소득 임산물 수출액 중에서 차지하는 비중이 58.5%, 송이버섯이 30.9%, 표고버섯이 5.3%으로 밥은 단기소득 임산물 수출에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 주요 수출품목이다.

1998년도는 이상고온으로 조기 출하되어 수출물량은 증가하였으나 예년에 비하여 품질이 떨어지고 일본의 재고량 증가로 수출단가가 하락하여 수출액이 감소되었다.

표 1-4. 품목별 연도별 단기소득 임산물 수출현황

단위 : M/T, 천 US\$

품 목 별	1997		1998		1999	
	수 량	금액	수 량	금액	수 량	금액
밤	14,532	88,393	14,238	65,284	15,691	85,108
송이버섯	252	30,088	370	34,042	522	44,631
표고버섯	329	8,292	376	8,703	417	7,710
기타	-	9,013	-	10,100	-	7,297

우리나라 밤 수출형태는 생밤, 간밤, 통조림 등이 있으며, 이들 중에서 대부분을 간밤이 차지하고 있고, 생밤과 통조림의 일부가 일본, 미국, 중국, 대만 등으로 수출하고 있다. 수출 대상국은 간밤의 경우에 일본이 99.8%, 미국이 0.2%이며, 생밤의 경우는 중국이 66%, 일본이 17%, 미국이 15%이며, 통조림의 경우에는 일본이 91%, 대만 6%, 미국 2% 등으로 나타나고 있다.

표 1-5. 제품별 일본 수출현황

단위 : M/T, 천 US\$

구 분	1996		1997		1998	
	수 량	금액	수 량	금액	수 량	금액
간 밤	10,174	9,225	8,541	7,407	7,665	5,496
통 조 립	5	4	10	8	8	5
생 밤	3,058	2,598	3,450	2,800	3,140	2,050

자료 : 무역통계연보. 관세청

가격면에서 보면 우리의 주 수출국인 일본시장에서 경쟁상대국인 중국보다 한국산의 단가가 2배이상으로 비싼편으로 이는 밤의 품위 자체가 중국산

에 비해 월등하기 때문이다. 품질면에서 보면 우리나라의 개량종 밤은 알의 크거나 품질면에서 세계적으로 으뜸이라 할 수 있으며 앞으로 상당기간 중국산 밤에 의해 국내시장이 잠식되거나 일본시장에서 한국산 밤을 대체할 수 없다고 추정된다. 단지 군밤용의 경우 장기적으로는 중국산 밤이 국내시장을 잠식할 수 있을 것으로 예상된다.

다. 일본의 생산 및 수입 현황

일본은 전국적으로 밤이 생산되고 있으며, 특히 이바라키현이 전체 생산량의 20%를 차지하며, 그외 에히메, 구마모토, 사이타마현에서 많이 생산되고 있다. 밤 생산량은 70년대에는 년평균 5만 8천톤 정도가 생산되었으나, 80년대는 년평균 4만 8천톤이 생산되어 지속적인 감소추세를 나타내고 있다. 1996년도의 밤생산량은 3만톤으로, 90년대의 밤 자급율은 35% 정도를 유지하고 있다. 일본의 밤나무 재배면적은 1960년대부터 급격히 확대되어 1975년에 최고 44,300ha에 달한 적도 있으나, 1993년도에는 34,400ha로 지속적인 감소추세를 보이고 있으며, 이는 생산농가의 고령화로 노동력 부족 및 밤나무의 노령화에 기인한 것으로 보이며 이러한 감소추세는 지속될 것으로 보인다.

이에 반해 일본의 밤 소비량은 꾸준히 증가하여 왔는데, 1970년대 총 소비량 6만 3천톤에서 1991년에는 9만 5천톤으로 증가했으며, 최근 5년간 년평균 소비량은 약 11만톤이다. 일본의 밤 수급을 보면, 1970년에는 국내생산이 77%, 수입이 23%를 차지하였으나, 1990년도 이후에는 50%이상을 수입에 의존하고 있다.

일본으로 수출하고 있는 국가는 이태리, 북한 등이 있으나 우리나라와 중국이 대부분을 차지하고 있다. 한국산 밤은 대부분 깎밤의 형태로 수입하며 주로 밤 가공품의 원료로 사용하며, 중국산 밤은 군밤용으로 사용하는 천진율을 중심으로한 소형밤이 주를 이루었으나 최근 통조림의 비중이 늘어나고

있다. 우리나라의 일본수출 가격은 중국산에 비해 2배 이상으로 높는데 이는 밤의 품질 자체가 중국산에 비해 월등히 높기 때문으로 사료된다.

일본에서 밤 소비형태를 보면, 생식용은 일본산, 가공용은 한국산, 군밤용은 중국산 밤을 이용하고 있으며, 소비되는 밤중 55%는 제과회사 등 가공용으로 일정한 소비를 보이고 있어 계절에 따른 영향을 그다지 받지않는다. 일반 소비자용인 나머지 45%는 밤의 신선도가 가장 좋은 수확후 1개월 정도인 9월부터 익년 1월까지 5개월 동안에 대부분 소비되고 있다.

판매형태는 가공제품과 소매점에서 진열판매하는 형태로 나눌수 있으며 소매점 판매형태는 간밤의 경우 비닐봉투나 팩에 포장하여 판매하며 생울은 최성수기에 1kg의 그물망에 판매하는 형태가 가장 많다.

라. 중국의 생산 및 수출 현황

중국의 밤 생산현황은 1885년도에 85,000톤을 생산하였고, 90년대 접어들면서 생산량이 11만톤을 상회하고 있다. 1998년도에는 115천톤을 생산하여 우리나라와 더불어 세계 최대 밤 생산국이다. 중국은 앞으로도 밤 생산량은 늘어날 것으로 보이나 단순한 자연재취로 관리하고 있는 현실을 감안할 때 급격한 생산량 증대에는 상당한 기간이 소요될 것으로 보인다.

중국에서 가장 많은 품종은 중국밤이라 불리우는 천진울(天津栗)과 판울(板栗)로써 과실은 작지만 당도가 높고 내피가 쉽게 벗겨지기 때문에 군밤용으로 많이 소비되고 있다.

중국의 밤 수출은 약 3만 5천톤 정도이며, 이 가운데 80%가 일본으로 수출하고 있다. 수출되는 밤은 대부분 하북성(河北省)과 하남성(河南省)에서 생산된 것이다. 중국에서 일본으로 수출되고 있는 품목은 생울, 간밤, 밤통조림 등 세가지 형태이고 생울의 형태는 주로 천진울(天津栗)로 군밤용으로 소비되고 있으며, 수출단가는 우리나라 밤의 40~50% 정도에 불과하다. 중국밤은

밤알의 크기가 우리나라 밤의 절반수준에 불과하고 단단해서 가공하는데 어려움이 많은 것으로 알려져 있다.

중국은 일본에 대한 밤 수출의 역사가 우리나라보다도 오래되었으나 일본 시장의 진출이 군밤용으로 한계를 지니고 있는 것은 토양 및 기후조건 등 자연조건이 개량종 밤의 보급이 어렵기 때문인 것으로 나타나고 있다.

제 2 장 깐밤의 냉동공정 해석

제 1 절 깐밤의 열적 특성

밤의 동결점, 비열, 열전도도 등 열 물성치는 동결, 수송, 저장 및 가공 공정 해석에 필수적인 자료이다. 일반적으로 청과물 및 식품에 대한 동결점, 비열 등에 대한 열 물성치는 대단히 많이 보고되고 있고²⁷⁾, 일부 식품에 관한 열전도도 및 열확산율이 보고되고 있으나^{31, 34)}, 밤에 대한 동결점, 비열, 열전도도 등 열 물성치에 대한 보고는 찾아 볼 수 없다. 그러므로 본 연구에서는 깐밤의 냉동공정 해석에 필요한 열적 특성을 분석하였다.

1. 공시재료

원료밤은 공주 밤 영농조합에서 1999년도에 생산된 은기품종의 대율로서 0.02mm의 PE필름에 넣어 0℃의 저온창고에 저장하여 사용하였다. 본 실험에서 사용한 깐밤 시료는 저장된 밤을 16℃의 예냉실에서 3시간이 지난후 내의 피를 박피한 후 사용하였다.

2. 분석방법

본 연구에서 사용한 깐밤의 열적 특성의 분석방법은 다음과 같다. 측정시료의 동결 전후의 밀도는 부피에 대한 중량의 비로써 산정하였으며, 동결상태의 경우는 일정량의 시료를 비중병에 주입하여 처리온도 별로 약 24시간 동결시킨 후의 체적과 동결전의 중량으로 구하였다. 초기빙결점은 Beckmann 법에 의해 열평형 온도대를 외삽하여 결정하였으며, 표면 열전달계수는 Creed와 James의 총괄 열전달계수의 산출을 위한 transient temperature method를 적용하였다. 비열은 빙결점 이상의 온도에서는 Siebel 및 Kong의

실험식에 의해, 빙결점 이하의 온도에서는 Yano 및 Kong의 실험식으로 산정하였으며, 잠열은 Woolrich의 실험식으로, 동결동안 제거되는 전열량은 시료의 초기온도와 최종동결온도사이의 total enthalpy차를 이용하여 산출하였다. 그리고, 열전도도를 추정하기 위해 열확산율을 측정하여 $k = \alpha \cdot \rho \cdot C_p$ 식 (여기서 α =열확산율(m^2/hr), ρ =밀도(kg/m^3), C_p =비열($J/m^3 \cdot ^\circ C$))으로 산출하였다. 이를 위해 열확산율은 항온조에서 시간에 따른 온도변화를 연속 측정하여 curve fitting법을 이용하였다.

3. 분석결과

간밤의 냉동공정을 분석하기 위한 간밤의 열적 특성으로 열전도도, 비열, 잠열, 동결점, 밀도 등을 분석하였다. 간밤의 열적 특성 분석결과는 표 2-1과 같다.

표 2-1. 냉동공정 해석을 위한 간밤의 열적 특성

Properties	Above freezing	Below freezing
Density(kg/m^3)	1063.7	1007.5
Thermal conductivity($W/m \cdot ^\circ C$)	0.43	1.18
Specific heat($J/m^3 \cdot ^\circ C$)	2.72×10^6	1.32×10^6
Latent heat(J/m^3)	216.9×10^6	
Freezing point($^\circ C$)	-2.8	
Water content(%)	64.80	

제 2 절 냉동공정의 수학적 해석

동결은 농산물이나 식품의 품질보존을 위한 보편적인 방법중의 하나로서 온도를 저하시켜 조직내의 자유수를 빙결정화하여 미생물의 성장과 발효활성의 억제로 농산물이나 식품의 품질저하를 방지시키는 것이다³⁰⁾. 따라서 농산물의 품질저하를 방지하고 동결공정의 최적화하기 위하여 동결시간 및 동결속도의 예측은 대단히 중요하다.

이러한 농산물이나 식품의 동결과정의 수학적 해석 방법으로는 대류열전달 및 잠열의 관계로부터 경험적으로 만들어진 Plank방정식으로 제안되고 있다^{29, 32)}. 상변화를 동반하는 열전달문제는 상변화하면서 제거되는 잠열이 온도의 폭을 감안하여 해석은 잠열집중형 문제와 잠열분산형 문제로 나눌 수 있다. 이러한 상변화와 잠열을 감안한 수학적 해석 방법으로는 Neumann이 유일한 해이며³³⁾, Neumann 해를 확장한 고액양상의 중간상을 고려한 Weiner 해²⁸⁾, 동결과정에서 고형분 분포를 고려한 Tien해³⁷⁾ 등이 있다.

일반적으로 농산물의 열전달 특성은 전도 및 대류에 의한 열이동, 내부의 상변화에 따른 온도구배 및 농산물의 물성값을 이용해 모델링을 수행할 수 있다. 수학적 모델링을 유도하는 공급냉각열원은 냉각된 일정한 온도의 공기이며 상변화는 짧은 시간에 이루어지며 내부의 상변화는 일정한 것으로 가정한다.

단일 개체의 온도구배는 대류저항에 대한 전도저항의 비를 의미하는 Biot 계수를 이용하여 산출하게 된다. 일반적으로 크기가 작은 농산물의 경우는 열전도도의 변화가 거의 없으므로 단일상수 값으로 치환하게 된다. Biot 계수가 0.2이하 일때는 뉴턴의 냉각법칙에 따라 내부의 전도에 의한 온도구배가 무시되며, 10이상의 경우는 표면과 주위의 온도차가 없고 Fourier 냉각법칙의 영향을 받아 내부 온도구배가 존재한다.

Biot 계수 Bi 는 다음식으로 표시된다.

$$Bi = \frac{h_c \cdot R}{k}$$

여기서, Bi : Biot 계수, h_c : 대류 열전도 계수, R : 반경, k : 열전도도
 농산물의 대부분은 구형체로 이루어졌으며 밤에 대한 모델링도 그림 2-1
 과 같은 구면체(sphere)로 가정하였고, 내부 온도구배가 반경깊이 방향에 따
 라 존재한다고 가정하였다.

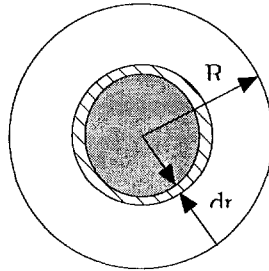


그림 2-1. 밤의 원구형 생각요소

단위시간당 필요한 열량 q_k 는 반경에 대한 온도함수의 형태로 나타낼 수
 있다.

$$q_k = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dr}$$

단위면적당 열용량(heat flux) J_h 는 $\frac{q_k}{A}$ 이며 시스템의 열출입은 다음과
 같은 에너지 방정식으로 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} & \int_{t_n}^{t_n + \Delta t} (\text{단위 시간당 투입 에너지량} - \text{단위시간당 유출 에너지량}) dt \\ & = (t_n + \Delta t) \text{ 시간에서의 총 에너지량} - (t_n) \text{ 시간에서의 총 에너지량} \\ & \int_{t_n}^{t_n + \Delta t} [4\pi r_j^2 J_h |_{r_j} - 4\pi (r_j + \Delta r)^2 J_h |_{r_j + \Delta r}] dt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \int_{r_i}^{r_i+\Delta r} \rho h(r, t_n + \Delta t) 4\pi r^2 dr - \int_{r_i}^{r_i+\Delta r} \rho h(r, t_n) 4\pi r^2 dr \\
&= 4\pi r^2 \int_{r_i}^{r_i+\Delta r} \rho [h(r, t_n + \Delta t) - h(r, t_n)] dr
\end{aligned}$$

좌식은 평균값(mean theorem)의 정리에 의해 다음과 같이 쓸 수 있다. 여기서 ρ (Kg/m^3)는 시료의 밀도를 나타낸다.

$$\int_{t_n}^{t_n+\Delta t} [-4\pi \frac{\partial}{\partial r}(r^2 J_h)|_{r_{(1)}} dr] dt = -4\pi \frac{\partial}{\partial r}(r^2 J_h)|_{r_{(2)}} \Delta r \Delta t$$

우식은 $h(r, t_n + \Delta t) - h(r, t_n) = \frac{\partial h}{\partial t}|_{(2)} \cdot \Delta t$ 이므로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
\int_{r_i}^{r_i+\Delta r} \rho \Delta t \frac{\partial h}{\partial t}|_{t_{(2)}} \cdot 4\pi r^2 dr &= 4\pi \rho (r^2 \frac{\partial h}{\partial t})|_{t_{(2)}, r_{(3)}} \Delta r \Delta t \\
-4\pi \frac{\partial}{\partial r}(r^2 J_h)|_{r_{(2)}} \Delta r \Delta t &= 4\pi \rho (r^2 \frac{\partial h}{\partial t})|_{t_{(2)}, r_{(3)}} \Delta r \Delta t \\
\therefore -\frac{\partial}{\partial r}(r^2 J_h) &= \rho r^2 \frac{\partial h}{\partial t}
\end{aligned}$$

위 식에서 열용량은 Fourier법칙에 의해 $J_h = -k \frac{\partial T}{\partial r}$ 로, $\frac{\partial h}{\partial t}$ 는 체인법칙(Chain Rule)에 의하여 정압비열 C_p 와 단위 시간당 온도변화의 비로 교체할 수 있다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial h}{\partial T} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = C_p \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$$

따라서, 구형체의 전도(Convection)에 의한 열전도방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 k \frac{\partial T}{\partial r})$$

위 식에서 열전도도 k 가 각각 반경 및 온도의 함수가 아닌 경우에는 다

음의 편미분방정식으로 대치할 수 있다. 여기서, 열확산계수(thermal diffusivity) α 는 $k/\rho \cdot C_p$ 를 나타낸다.

$$\frac{1}{\frac{k}{\rho C_p}} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \frac{\partial T}{\partial r})$$

$$\frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r}$$

따라서, 단위시간당 온도의 변화를 나타내는 $\frac{\partial T}{\partial t}$ 로 대치하여 구형체에 대한 열전도 지배방정식을 산출하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right)$$

이 지배방정식의 구형체모델에 대한 열전도 지배방정식의 반경중심에서의 경계조건(boundary condition)은 다음과 같다.

$$\frac{\partial T}{\partial r}(0, t) = 0$$

표면에 대해서는 온도가 일정한 경우는 $T(R, t) = T_f$ 로 쓸 수 있다. 여기서 T_f 는 외부 표면온도를 나타낸다. 그러나, 대류경계조건일 때는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$-k \frac{\partial T}{\partial r}(R, t) = h_c \cdot (T(R, t) - T_f)$$

초기조건(initial condition)은 모델의 초기온도 T_0 를 기준으로 하여 중심점에서의 온도 $T(r, 0) = T_0$ 으로 정의되며, 표면온도가 일정할 경우의 지배방정식의 해는 위의 초기 및 경계조건을 이용하여 계산할 수 있다.

$$\frac{T(r, t) - T_f}{T_0 - T_f} = \frac{2R}{\pi r} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \exp\left(-\frac{n^2 \pi^2 \alpha t}{R^2}\right) \sin\left(\frac{n\pi r}{R}\right)$$

표면이 대류 경계조건일 때의 해는 다음과 같이 계산된다.

$$\frac{T(r, t) - T_f}{T_0 - T_f} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin M_n - M_n \cos M_n}{M_n - \sin M_n \cos M_n} \exp\left(-\frac{M_n^2 at}{R^2}\right) \frac{\sin\left(M_n \frac{r}{R}\right)}{M_n \frac{r}{R}}$$

여기서, $\frac{M_n}{\tan M_n} = 1 - \frac{h_c R}{k}$

그리고 중심점인 $r=0$ 인 지점에서의 해는 다음과 같다.

$$\frac{T - T_f}{T_0 - T_f} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin M_n - M_n \cos M_n}{M_n - \sin M_n \cos M_n} \exp\left(-\frac{M_n^2 kt}{C_p \rho R^2}\right)$$

위식에서 T_0 는 초기온도, T_f 는 표면온도를 나타내며, 평균온도를 구하기 위하여 질량평균온도(mass averaged temperature) T_{av} 는 일반적인 열량에 대한 식인 $Q = mc\Delta t$ 를 이용하여 구할 수 있게 된다. 구형체의 체적은 $\frac{4}{3}\pi R^3$ 이고 표면적은 $4\pi R^2$ 이므로 공급열량은 다음식으로 표현할 수 있다.

$$Q = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 C_p T_{av}$$

이것을 반경중심($r=0$)에서 표면($r=R$)까지의 적분형태로 나타내면 다음과 같다.

$$Q = \int_0^R \rho C_p 4\pi r^2 T(r) dr = 4\pi \rho C_p \int_0^R T(r) r^2 dr$$

따라서 질량평균온도 T_{av} 는 다음과 같이 구한다.

$$T_{av} = \frac{3}{R^3} \int_0^R T(r) r^2 dr$$

질량평균값은 다양한 수치적분법을 이용할 수 있으며 본 연구에서는 Simpson의 수치적분방법(numerical integral method)을 사용하여 냉동공정의 시뮬레이션에서 평균온도를 산출하였다.

제 3 절 냉동공정의 유한차분 해석

제 2 절의 수학적모델을 이용한 컴퓨터 해석은 일반적으로 농산물의 깊이 별 온도변화등을 예측하는데 많이 사용되고 있는 수치해석방법인 양함수 유한차분법(explicit finite differential method)을 이용하였다.

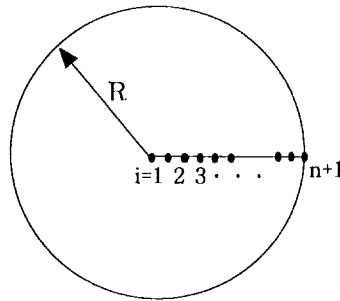


그림 2-2. 유한차분 요소의 분할

해석노드점 i 는 구형체의 중심점 1에서 표면점 $n+1$ 사이의 범위를 갖도록 n 등분하였다. 온도함수 $T(r_i, t_j)$ 에 대한 각 해석 노드점들에 대한 거리함수 r_i 와 시간함수 t_j 는 각각 다음과 같다.

$$r_i = (i-1)\Delta r$$

$$t_j = (j-1)\Delta t$$

여기서, Δr 과 Δt 는 각 해석 노드점사이의 단위거리 및 시간을 나타내며 i, j 는 각각 1에서 $n+1$ 까지의 범위를 가진다.

$T(r_i, t_j) = T_{i,j}$ 로 놓고 구형체에 대한 열전도 지배방정식을 임의 해석노드점 (r_i, t_j) 에서의 유한차분식으로 표시하면 컴퓨터 연산을 수행할 수 있다. 먼저 반경거리에 대한 온도변화식은 주어진 초기조건을 이용하기 위해 중앙차분법(Central Differential)에 의해 다음과 같이 수정하였다.

$$\frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{i,j} = \frac{T_{i+1,j} - T_{i-1,j}}{2\Delta r}$$

$$\frac{\partial T^2}{\partial r^2} \Big|_{i,j} = \frac{T_{i-1,j} - 2T_{i,j} + T_{i+1,j}}{\Delta r^2}$$

단위시간에 대한 온도변화는 전진차분법(forward differential)을 이용하여 다음과 같이 산출하였다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{i,j} = \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j}}{\Delta t}$$

열전도 지배방정식에다 위의 각각의 차분식을 대입하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial T^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right)$$

$$\frac{T_{i,j+1} - T_{i,j}}{\Delta t} = \alpha \left(\frac{T_{i-1,j} - 2 \cdot T_{i,j} + T_{i+1,j}}{\Delta r^2} + \frac{T_{i+1,j} - T_{i-1,j}}{2\Delta r} \right)$$

윗식을 $T_{i,j+1}$ 에 대해서 정리하여 다음 해석노드점에서의 온도로 나타내면 다음과 같다.

$$T_{i,j+1} = \frac{\alpha \Delta t}{\Delta r^2} \left[\left(1 - \frac{1}{i-1}\right) T_{i-1,j} + \left(\frac{\Delta r^2}{\alpha \Delta t} - 2\right) T_{i,j} + \left(1 + \frac{1}{i-1}\right) T_{i+1,j} \right]$$

첫 번째와 마지막 해석노드점은 경계 및 초기조건을 이용하고 두 번째 해석노드점부터 유한차분에 의한 반복연산이 수행되므로 $i=2, 3, 4, \dots, n$ 사이의 값을 대입할수 있다. $i=1$ 과 $i=n+1$ 은 초기 및 경계 조건식에 의해 구해진 상수항의 의미를 갖는다.

$r=0$ (또는, $i=1$)인 중심점 해석노드에서는 다음과 같이 Macclaurin's series를 이용하여 식을 전개하여 이용할 수 있다.

$$T(r) = T^{(1)}(0) + rT^{(2)}(0) + \frac{1}{2} r^2 T^{(3)}(0) + \dots \approx T^{(1)}(0) + rT^{(2)}(0)$$

중심점에서는 $T'(0)=0$ 으로 가정하면 다음과 같이 $T^{(1)}(r) = rT^{(2)}(0)$

이 된다.

따라서, $\frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} = \frac{\partial T^2}{\partial r^2}$ 이 되므로 이를 지배방정식에 대입하면 다음과 같이 열전도 지배방정식을 정리할 수 있다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = 3\alpha \frac{\partial T^2}{\partial r^2}$$

위식을 유한차분식으로 다시 표시하면 다음과 같다.

$$3\alpha \frac{T_{0,j} - 2T_{1,j} + T_{2,j}}{\Delta r^2} = \frac{T_{i,j+1} - T_{1,j}}{\Delta t}$$

위식을 다음 해석노드점인 $T_{1,j+1}$ 에 대하여 풀면 다음과 같다.

$$T_{i,j+1} = T_{1,j} + \frac{3\alpha \Delta t}{\Delta r^2} (T_{2,j} - 2T_{1,j} + T_{0,j})$$

$r=0$ 에서 $\frac{\partial T}{\partial r} = 0$ 으로 놓고 유한차분식으로 표시하면 다음과 같다.

$$\frac{T_{2,j} - T_{0,j}}{2\Delta r} = 0 \quad \text{여기서 } T_{0,j} = T_{2,j}$$

따라서 위식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$T_{1,j+1} = T_{1,j} + \frac{6\alpha \Delta t}{\Delta r^2} (T_{2,j} - T_{1,j})$$

$r=R$ (또는, $i=n+1$)인 표면점에서 일정한 온도값을 갖는다고 가정하면 이때의 온도함수는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$T(R, t) = T_f(t)$$

$$\text{여기서, } T_{n+1,j+1} = T_f$$

또한, 대류경계조건에서 열용량(heat flux) J_h 를 이용하여 내부 해석노드점에 대한 유한차분식의 형태로 표시하기 위해 다음과 같이 대류 열전달식을 이용하였다.

$$\begin{aligned}
-k_s \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R} &= h_c [T(R, t) - T_f] \\
-k_s \frac{T_{n+1, j+1} - T_{n, j+1}}{\Delta r} &= h_c (T_{n+1, j+1} - T_f) \\
T_{n+1, j+1} &= \frac{1}{\left(1 + \frac{h_c \Delta r}{k_s}\right)} \left(T_{n, j+1} + \frac{h_c \Delta r}{k_s} T_f \right)
\end{aligned}$$

여기서 h_c 는 대류열전달 계수($KJ/m^2 \cdot Hr \cdot ^\circ C$)를 나타낸다.

위의 편미분식을 컴퓨터연산을 위해 유한차분 형태의 행렬식으로 표시하면 다음과 같다.

중앙점의 노드점에서의 온도,

$$T_{i, j+1} = (1 - 6\mu) \cdot T_{1, j} + 6\mu \cdot T_{2, j}$$

내부 노드점에서의 온도,

$$T_{i, j+1} = \left(1 - \frac{1}{i-1}\right)\mu T_{i-1, j} + (1 - 2\mu)T_{i, j} + \left(1 + \frac{1}{i-1}\right)\mu T_{i+1, j}$$

표면의 노드점에서의 온도,

$$\begin{aligned}
T_{n+1, j+1} &= \left(\frac{1}{i+\beta}\right) \left[\left(1 - \frac{1}{n-1}\right)\mu T_{n-1, j} + (1 - 2\mu)T_{n, j} \right. \\
&\quad \left. + \left(1 + \frac{1}{n-1}\right)\mu T_{n+1, j} \right] + \frac{\beta}{1+\beta} T_f
\end{aligned}$$

여기서, μ 는 $\frac{\alpha \Delta t}{\Delta r \cdot \Delta r}$ 을 β 는 $\frac{h_c \Delta r}{k_s}$ 로 Nusselt수를 나타낸다.

제 3 장 간밤 냉동공정 시뮬레이션

제 1 절 시뮬레이션 프로그램

간밤의 동결시간을 분석하기 위하여 간밤의 냉동과정의 수학적 모델 및 유한차분 해석법을 이용하여 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 본 프로그램은 마이크로소프트사의 Visual C++ 프로그램 언어를 이용하여 개발되었으며, 윈도우 메뉴방식으로 개발되었다. 그림 3-1은 시뮬레이션 수행과정이고, 그림 3-2는 본 연구에서 개발한 프로그램의 실행과정을 나타낸 것이다.

개발된 프로그램은 열전도도, 비열, 대류 열전달계수 등 간밤의 열적특성과 밀도를 밤 시료의 고정변수로 사용하고, 동결온도, 시료의 초기온도, 시료의 직경 등을 시뮬레이션 입력변수로 사용하여 지정된 동결온도에서 시간에 따른 간밤 내부의 동결과정을 해석할 수 있도록 개발되었다. 표 3-1은 개발된 프로그램의 입력과 출력변수를 나타낸 것이다.

표 3-1. 시뮬레이션 프로그램의 입력과 출력변수

구	분	항 목
입력변수	밤시료의 고정변수	○ 열전도도 ($KJ/hr \cdot m \cdot ^\circ C$)
		○ 비열 ($KJ/Kg \cdot K$)
		○ 대류 열전달계수 ($KJ/m^2 \cdot Hr \cdot ^\circ C$)
		○ 밀도 (Kg/m^3)
	시뮬레이션 입력변수	○ 동결온도 ($^\circ C$)
		○ 시료반경 (m)
		○ 시료의 초기온도 ($^\circ C$)
출력변수		○ 동결시간
		○ 밤 내부 깊이
		○ 밤 내부 온도

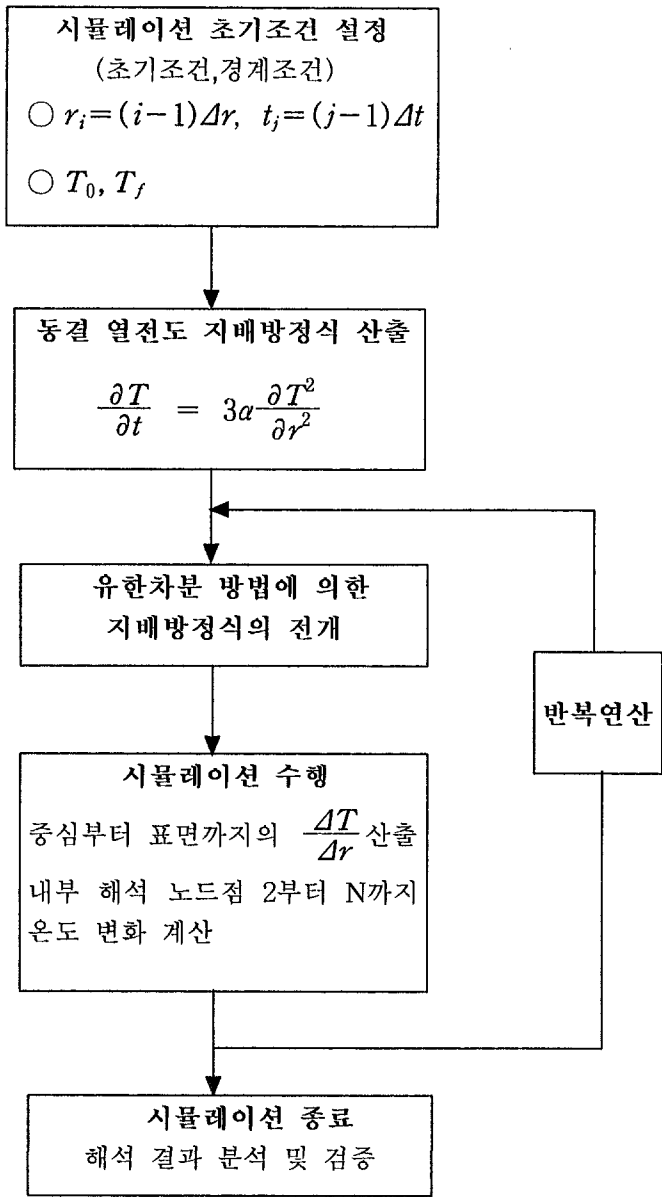


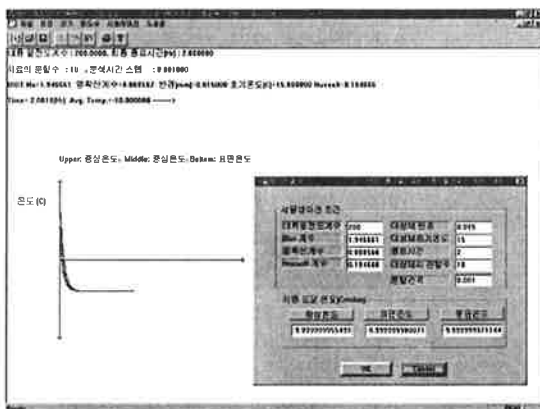
그림 3-1. 시뮬레이션의 수행과정



(a) 입력창 1



(b) 입력창 2



(c) 결과출력

그림 3-2. 시뮬레이션 프로그램

제 2 절 동결과정 분석

간밤 내부의 깊이에 따라 동결되는 과정을 해석하기 위하여 주어진 동결 온도에서 밤 내부 깊이별 동결점에 이르는 과정을 분석하였다.

동결온도가 일정할 때 밤 표면으로부터 깊이에 따른 동결점에 이르는 과정은 밤 중심에서부터 표면에 근접한 위치일수록 온도가 떨어지는 속도가 빠르고 일찍 동결점에 도달하는 것으로 나타났다.

그림 3-3은 초기온도가 17℃인 간밤을 동결온도 -5℃에서 동결되는 과정을 밤 시료 표면으로부터 3, 6, 9, 12mm 깊이에서 동결점에 이르는 과정을 분석한 것으로, 동결시간 6분이 지난후의 밤 내부 깊이별 온도는 3mm일 때 1.8℃, 6mm일 때 3.4℃, 9mm일 때 4.8℃, 12mm일 때 5.7℃의 온도구배가 나타났다. 그리고 밤의 동결점에 이르는 시간은 표면으로부터 3mm일 때 12분 36초, 6mm일 때 13분 54초, 9mm일 때 14분 48초, 12mm일 때 15분 18초로 나타났다.

또한 동결온도가 밤의 동결과정에 미치는 영향은 매우 중요하다. 동결온도가 낮을수록 밤 내부가 동결점에 이르는 시간이 빠르게 나타난다. 그림 3-4는 동결온도가 -5, -10, -15, -20, -25℃일 때 밤 내부가 동결점에 이르는 과정을 분석한 것으로, 이때 밤 시료의 초기온도는 17℃이고 시료 표면으로부터 12mm 위치를 분석한 결과이다.

그림 3-4에서 동결온도가 낮을수록 동결점에 도달하는 그래프의 기울기가 커지는 것을 알 수 있으며, 동결점에 이르는 시간은 동결온도가 -5℃일 때 15분 18초, -10℃일 때 9분 30초, -15℃일 때 7분 27초, -20℃일 때 6분 18초, -25℃일 때 5분 30초로 나타났다.

즉 시뮬레이션을 통하여 일정한 동결온도에서 밤 내부의 동결점에 이르는 과정을 분석할 수 있고, 또한 동결온도를 조절함으로써 밤 내부의 특정위치가 동결점에 이르는 시간을 조정할 수 있다.

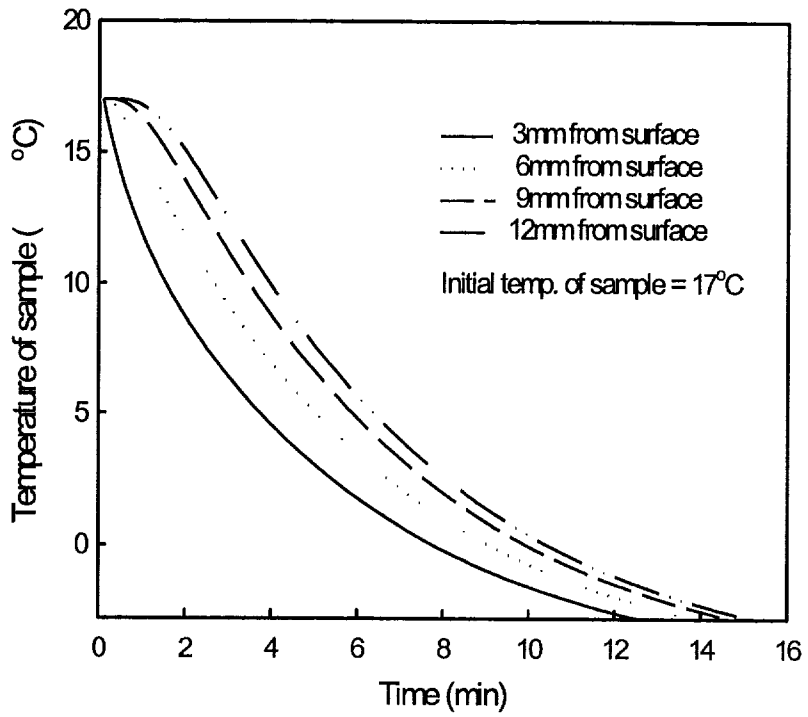


그림 3-3. 동결온도 -5°C일 때 밤 내부 깊이별 동결속도

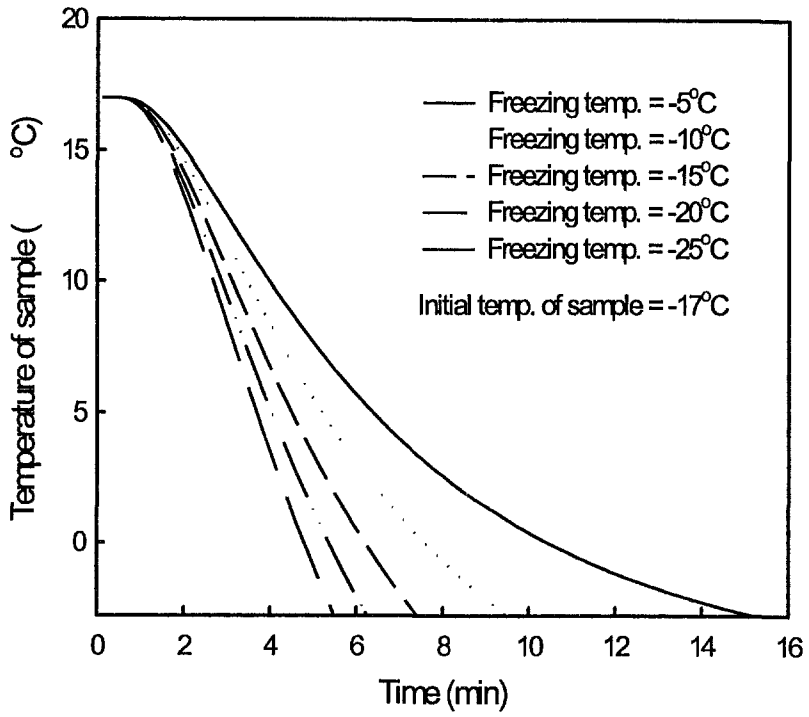


그림 3-4. 동결온도에 따른 밤 내부의 동결속도 (밤 내부깊이 12mm)

표 3-2는 시뮬레이션에 의한 간밤 표면으로부터의 내부 깊이별 동결점에 도달하는 시간을 나타낸 것이다.

표 3-2. 시뮬레이션에 의한 간밤 내부의 동결시간

Temp of freezing (°C)	Initial temp. of sample (°C)	Depth from surface (mm)	Freezing time (min)
-5	18	3	12.9
		6	14.2
		9	15.0
		12	15.5
-10	20	3	7.5
		6	8.8
		9	9.6
		12	10.1
-15	21	3	5.5
		6	6.8
		9	7.6
		12	8.1
-20	19	3	3.9
		6	5.2
		9	6.1
		12	6.6
-25	22	3	3.5
		6	4.8
		9	5.7
		12	6.2

제 3 절 검증실험

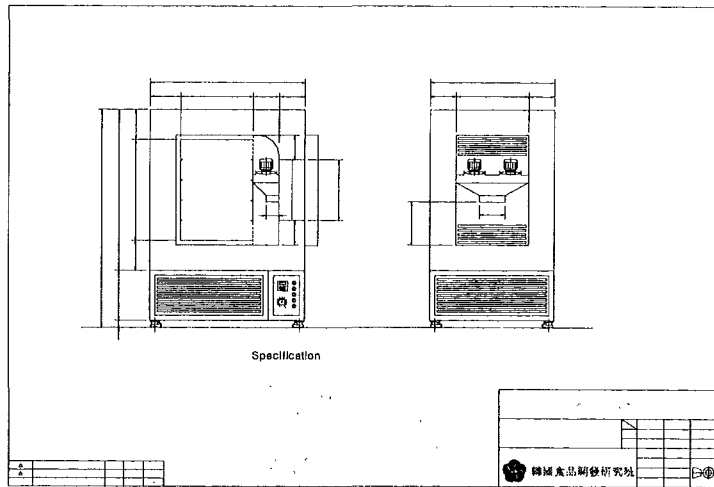
간밤의 동결실험은 실제 간밤의 동결과정을 분석하여 간밤 동결과정의 수학적 해석 및 컴퓨터 시뮬레이션의 결과를 검증하기 위하여 수행되었다.

1. 실험 재료 및 방법

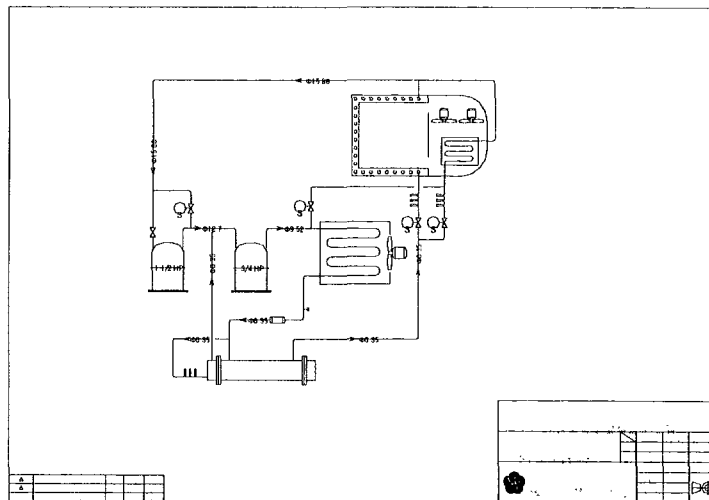
원료밤은 공주 밤영농조합에서 1999년도에 생산된 은기품종을 사용하였으며, 시료는 생밤상태로 -1°C 저온실에 보관하여 사용하였다. 간밤의 공시시료는 저장된 원료밤을 동결실험 전 18°C 예냉실에서 2시간동안 온도조절 후 박피하여 동결실험에 사용하였다.

동결실험은 송풍식 동결장치를 제작하여 사용하였으며, 그림 3-5는 송풍식 동결장치 설계도면을 나타낸 것으로 시작기의 제원은 다음과 같다.

- Operating Temp. : $0 \sim -50^{\circ}\text{C}$
- Refrigerant system : 2 Stage (R-22)
- Cooling Time : Atmosphere to -50°C , 5hr (Chestnut : 25Kg)
- Inside Volume : 500 Liter (700mm x 700mm x 1000mm)
- Cooling air volume control system
 - Range : $0 \sim 10 \text{ m}^3/\text{min}$
 - Fan : $\phi 200\text{mm} \times 2\text{set}$
- Material : (Inside) SUS304 1.0t Polishing plate
(Outside) SUS304 1.0t HairLine
- Defrost : Hotgas Defrost (Manual)
- Accuracy : $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Insulation : 250mm Urethane supply
- Outside dimension : 1575mm(W) x 1200mm(L) x 2070mm(H)



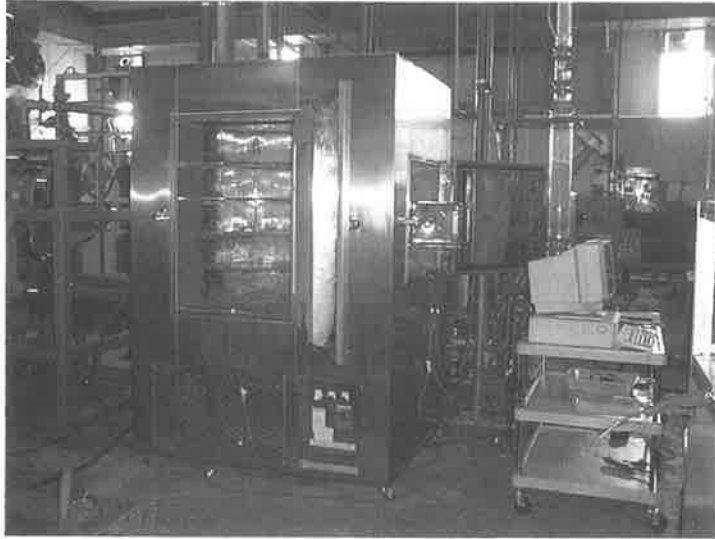
(Schematic diagram)



(Flow diagram)

그림 3-5. 송풍식 동결장치 시작기 도면

간밤의 동결과정 분석을 위한 동결실험은 -5, -10, -15℃의 동결온도에서 60분간 밤 내부의 동결과정을 분석하였다. 동결시간에 따른 밤 내부의 온도는 시료 표면과 표면으로부터 3, 6, 9, 12mm 위치에 열전대(thermocouple, K type) 온도센서를 삽입하여 밤 내부온도를 측정하였다. 밤 내부온도 측정은 온도계측시스템(hydra data acquisition system, model 2620A, Fluk, USA)를 이용하여 30초 간격으로 연속 측정하였다. 그림 3-6은 송풍식 동결장치에서 간밤의 동결실험을 나타낸 것이다.



(간밤의 동결실험 전경)



(계측시스템)



(내부온도 측정센서)

그림 3-6. 송풍식 동결장치를 이용한 동결실험

2. 실험 결과 및 고찰

간밤의 동결실험의 수행결과에서 동결온도가 일정한 경우 밤 중심에서부터 표면에 근접한 위치일수록 온도가 떨어지는 속도가 빠르고 일찍 동결점에 도달하는 것으로 나타났으며, 또한 동결온도가 낮을수록 밤 내부가 동결점에 이르는 시간이 빠르게 나타났다. 이와 같은 결과는 시뮬레이션의 결과와 일치한다.

그림 3-7은 동결온도가 -5°C 일 때 간밤 내부의 위치별 동결점에 도달하는 동결실험 결과와 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 동결시간 초기에서는 실험결과와 시뮬레이션 결과값이 차이를 나타나고 있으나 동결점에 근접할수록 실험 결과와 시뮬레이션 결과가 일치하는 것을 알 수 있다. 시료의 초기온도는 위치별로 $17\sim 18.6^{\circ}\text{C}$ 를 나타냈으며, 동결점에 이르는 시간은 시뮬레이션 결과에서 밤 표면으로부터 3, 6, 9, 12mm 위치에서 각각 12.7, 13.9, 14.6, 15.5분으로 나타났고, 실증실험에서는 밤 표면으로부터 3, 6, 9, 12mm 위치에서 각각 13.0, 14.0, 14.5, 15.0분으로 나타났다.

그림 3-8은 시뮬레이션 결과와 검증실험 결과를 비교 분석한 것으로 시뮬레이션 결과와 검증실험 결과의 회귀분석에서 이들은 선형적인 관계를 나타내고 있으며, 이들의 결정계수(R^2)는 0.99로 매우 높게 나타났다. 그러므로 본 연구에서 개발한 간밤 내부의 위치별 동결점에 도달하는 과정을 분석하는 시뮬레이션 모델은 간밤의 동결공정 해석에 사용될 수 있을 것으로 판단되었다.

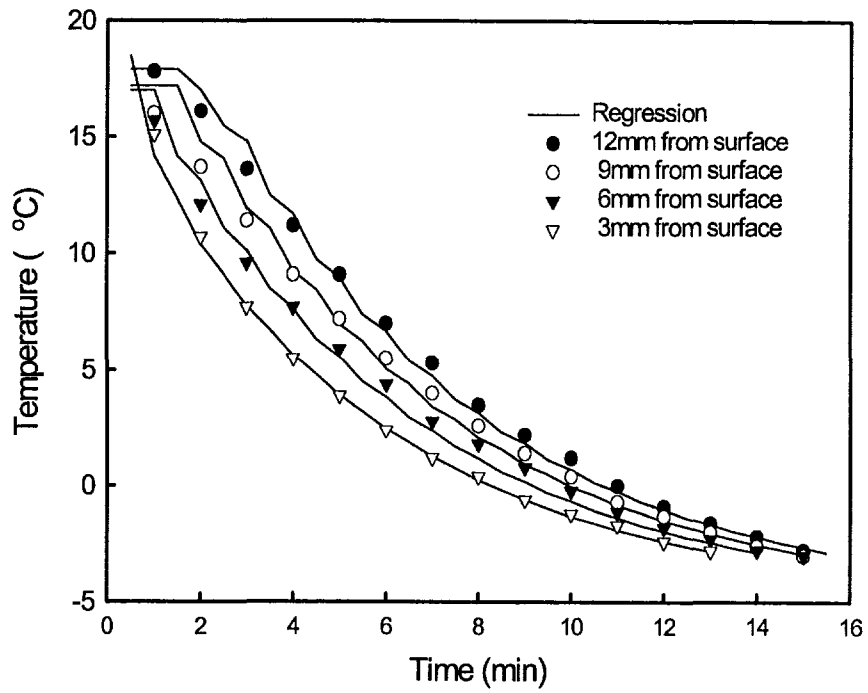


그림 3-7. 동결온도 -5°C일 때 검증실험 결과

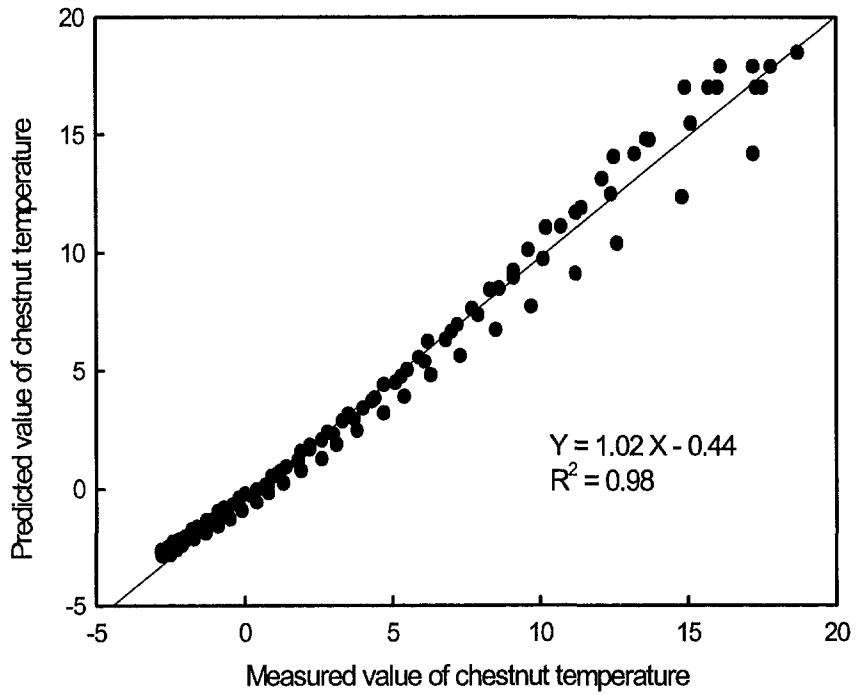


그림 3-8. 동결과정중 밤 내부온도의 시뮬레이션과 검증실험 결과 비교

제 4 절 동결시간 예측

일정한 동결온도에서 간밤 표면으로부터 중심점까지 내부 위치별로 동결점에 도달하는 시간을 예측하기 위한 방정식의 변수는 동결온도, 밤 시료의 초기온도 및 밤 표면으로부터의 깊이로 시뮬레이션 결과를 토대로 SAS 6.11 프로그램의 다중 회귀분석을 실시하여 개발하였다. 간밤의 동결시간 예측 방정식은 식 (3. 1)과 같다.

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 + eX_1^2 \quad (3. 1)$$

여기서, Y : 동결점 도달시간 (min)

X1 : 동결온도 (°C)

X2 : 시료밤의 초기온도 (°C)

X3 : 시료밤의 표면으로부터 깊이 (mm)

a : 15.052

b : 1.417

c : 0.177

d : 0.293

e : 0.032

동결시간 예측 방정식의 회귀분석 결과에서 결정계수(R^2)는 0.98이고, 회귀방정식의 적합도를 나타내는 F 값은 1440.1이며, 그 확률은 0.0001로서 통상적인 유의수준 0.05보다 훨씬 적으므로 식 (3. 1)의 동결시간 예측 방정식은 유의한 것으로 분석되었다.

제 4 장 간밤의 저장성 분석

제 1 절 서 론

국내의 밤 생산은 과거에 비해 품종 개량과 재배 기술의 보급에 따라 생산량이 증가하여 밤 장기 저장에 관한 연구가 활발하게 수행되었다³⁻⁷⁾. 임 등(1980)은 저온저장과 음 저장방법에 의한 저장실험을 수행하였으며, 신 등(1982)은 음 저장, 상자 저장, polyethylene film 포장 저장, 방사선 조사 저장을 실시하여, 저장 중 발아, 부패, 성분 변화 등을 조사하였다. 그리고 이 등(1985)은 CA 저장에 적합한 가스 조성을 유지할 수 있는 폴리에틸렌(polyethylene) 필름 두께에 관한 연구를 수행하여, 밤의 폴리에틸렌 필름 밀봉저장에 따른 효과를 분석하였고, 박 등(1976)은 저장 말기에 발생하는 과육 흑반점을 억제하기 위하여 저산소상태 하에서 방사선을 조사하고 발아, 부패, 과육 흑반점, 호흡 및 성분의 변화를 조사하였다. 또한 하 등(1982)은 동결건조 과정에서 지질 성분의 변화와 무기질이 밤 과육 조직에 미치는 영향에 관한 연구를 수행하였다.

위와 같이 생밤의 저장기술에 관한 연구는 활발히 수행되어 생밤의 저장기술은 밤 생산조합 등에 보급되어 활용되고 있으나, 간밤에 대한 저장기술에 관한 연구는 찾아볼 수 없다. 이와 같은 현상은 아직 국내에서 밤의 유통은 생을 상태로 이루어지고 있기 때문으로 사료되며, 향후 박피방법의 개선 등으로 간밤 형태의 유통이 증가하게되어 간밤에 대한 저장기술 구명이 필요한 실정이다. 이탈리아, 프랑스 같은 유럽지역에서는 밤 박피공장에서 기계적으로 박피된 밤을 급속동결하여 저온창고에 저장한후 간밤을 유통시키고 있다.

경제적 발전과 소비형태의 다양화 및 박피시스템의 개발로 향후 밤의 유통

통형태는 간밤형태가 증가할 것으로 판단되며 밤 가공제품 개발도 활발이 이루어질 것으로 예상되므로 간밤의 저장성 향상을 위한 박피후 처리기술에 관한 연구가 필요한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 수작업으로 박피된 밤과 화염박피 방법을 이용하여 기계적으로 박피된 밤의 저장성 분석을 수행하고자 하였다. 저장방법으로는 기존의 수출용 간밤의 저장방법인 명반수 처리방법을 비롯하여 최근 농산물의 저장성 향상에 효과가 있는 것으로 보고되고 있는 전해산화수 처리방법 및 간밤의 동결공정을 통한 간밤표면을 동결처리한 방법 등을 고려하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 시 료 및 처 리 구

시료는 공주 밤영농조합에서 1999년도에 생산된 은기품종을 사용하였으며, 시료는 생밤상태로 -1°C 저온실에 4개월 저장된 밤을 박피하여 저장실험용 시료로 사용하였다. 저장실험은 1차 예비실험을 거쳐 2000년도 2월에서 5월까지 수행되었다.

본 저장성 분석실험은 실험 I, II로 계획되었으며, 실험 I은 수작업으로 박피한 밤, 실험 II는 화염박피 시스템을 이용하여 박피한 밤의 저장성을 분석하였다. 표 4-1은 실험 I, II의 시료 처리구를 나타낸 것이다.

실험 I은 수작업 박피밤의 저장성 분석을 위한 처리구로서 처리방법은 4가지로서 A1, A2는 무처리구, A3는 현재 수출용 간밤의 처리방법인 명반수에 침지시켜 저장하는 방법, A4는 최근 식품·농산물의 저장성 향상에 큰 도움이 되는 것으로 보고되고 있는 전해산화수 처리방법, A5는 간밤의 표면으로부터 2mm를 동결처리 함으로서 그레이징(greazing) 효과를 고려한 방법이다. 저장온도는 3°C 와 -2°C 로 구분하였다. 4°C 의 경우는 일반 가정용 냉장고 냉장실 온도이고, -2°C 는 물의 빙결점인 0°C 와 밤의 동결온도인 -2.8°C 사이의 온도를 선택한 것이다. 그리고 실험 I의 분석기간은 42일로서 7일간격으로 저장성을 분석하였다.

실험 II는 화염박피 시스템을 이용하여 기계적으로 박피된 밤의 저장성을 분석하기 위하여 수행하였으며, 처리방법은 B1의 수작업후 무처리 저장, B2의 화염박피 후 무처리 저장, B3의 화염박피하여 동결처리후 저장하는 방법이다. 저장온도는 실험 I과 마찬가지로 4°C , -2°C 로 구분하였다. 실험 II의 분석기간은 75일로서 15일 간격으로 저장성을 분석하였다.

표 4-1. 간밤의 저장성분석을 위한 실험 처리구

구 분	시료명	처리방법	저장온도
실험 I	A1	무처리 저장	3℃
	A2	무처리 저장	-2℃
	A3	0.1%의 명반수에 침지하여 저장	-2℃
	A4	시료중량의 2배수 전해산화수 (pH 2.61, ORP 1142)에 10분 침지 후 저장	-2℃
	A5	동결처리(동결온도 -10℃, 5분) 후 저장	-2℃
실험 II	B1	수작업 후 무처리 저장	4℃
	B2	화염박피(화염온도 720℃, 25초) 후 저장	-2℃
	B3	화염박피(화염온도 720℃, 25초) 후 동결처리(동결온도 -10℃, 5분)하여 저장	-2℃

그리고 실험 I, II의 모든 시료는 시료별 처리방법 후 0.03mm PE필름에 포장되어 저장되었다. 그림 4-1은 저장성 분석실험에 사용된 저장고에 처리구별로 시료가 저장된 모습으로서, 본 실험에 사용된 저장고는 6개의 저장실을 가지고 있으며, 저장실별로 독립된 온도조절이 가능하다.



(a) 저장고



(b) 저장실험 중의 시료

그림 4-1. 밤 저장 실험

2. 저장성 분석방법

간밤의 저장성 실험은 저장기간에 따른 중량감모율, 부패율, 색도, 화학적 성분, 조직감 등을 품질요인으로 선정하여 분석하였으며, 관능적 평가를 병행하였다. 또한 처리구별 간밤 시료를 당침한 후 총유리당 분석과 관능평가를 통하여 저장기간에 따른 간밤의 가공특성을 분석하였다.

중량감소율(weight loss rate)은 저장전후의 중량을 측정하여 무게 차이를 초기무게에 대한 비율로 나타내었으며, 부패율은 부패된 밤의 갯수를 전체 갯수에 대한 비율로 표시하였다.

색도는 색도계(colorimeter)를 사용하여 밝은 정도를 나타내는 L값(lightness), 붉은색의 정도를 나타내는 a값(redness) 및 노란색의 정도를 나타내는 b값(yellowness)을 측정하였으며, 각 처리구간의 색도의 차이는 색차(color difference, ΔE)를 이용하여 분석하였다. 색차(ΔE) 값은 두 색의 비교할 때 매우 유용하게 사용되는데, 색차 값이 0~0.5이면 색차가 거의 없으며, 0.5~1.5는 근소한 차이, 1.5~3.0은 감지할 수 있을 정도의 차이, 3.0~6.0은 현저한 차이, 6.0~12.0은 극히 현저한 차이, 12 이상이면 다른 계통의 색으로 결정한다.

화학적 성분은 밤의 대표적인 성분인 수분, 전분과 총유리당을 분석하였다. 수분(moisture content)은 AOAC에 준하여 105℃ 상압가열건조법을 사용하였고, 전분(starch)은 시료를 먼저 25%-HCl로 가수분해하여 somogyi변법으로 산출하였다. 총유리당(total free sugar)은 시료를 믹서기에 곱게 갈아 이중 약 5g을 취하여 20ml의 에탄올(ethanol)로 희석하여 0.45 μ m로 여과한 후 분석에 사용하였으며, 이 때 시료 주입량은 20 μ l였고, 이동상으로 Acetonitrile:H₂O=83:13(v/v)가 사용되었다. 그리고 분석에 사용된 HPLC의 조건은 표 4-2와 같다.

표 4-2. 총유리당 분석에 설정된 HPLC 조건

Column	Waters carbohydrate analysis column
Detector	Refractive index (RI)
Mobile phase	Acetonitrile : H ₂ O (83 : 13 v/v)
Flow rate	1.2 mL
Chart speed	0.5 cm/min
Injection volume	20 μ l
Column temp.	37 $^{\circ}$ C

조직감은 TPA 실험을 통하여 분석하였으며, TPA 실험은 텍스처 분석기 (TA-XT2, Stable Micro System Ltd., England)를 이용하여 2bite 압축실험을 하였고, 시료는 밤 과육을 15mm 높이로 평편하게 절단하여 압축력이 과육에 일정하게 가하도록 하였다.

관능평가는 처리구별로 각각의 시료를 무작위로 추출하여 세자리 숫자로 표시하였으며, 선발된 6인의 관능요원이 색, 냄새, 맛, 조직감, 신선도 및 종합적인 기호도 등의 항목을 비교 평점법으로 평가하였고, 이 때 대조구로 쓰인 신선한 밤의 점수를 8.0을 기준으로 하여 비교하도록 하였다.

그리고 저장기간에 따른 가공특성은 밤을 당침하여 당침 전후의 총유리당을 분석함으로써 당침밤 제조시 저장방법에 따른 당의 침투력으로서 분석하였으며, 당침밤의 관능평가를 병행하였다. 당침 처리조건은 무작위로 선별된 100g의 밤을 증류수에 넣어 95 $^{\circ}$ C에서 5분간 가열한 후 흐르는 물에 3분간 침지시켰다. 침지 후에 시료량의 2배의 60 $^{\circ}$ Bx 당액에서 서서히 가열하여 95 $^{\circ}$ C에 도달한 후 5분간 당침하여 방냉하였다. 당침 후의 총유리당 분석방법은 간밤 시료의 총유리당 분석방법과 동일하다.

화학성분, 조직감, 관능평가의 실험결과는 분산분석(ANOVA)을 통하여 처

리구별로 저장기간에 따른 유의적인 차이를 분석하였으며, 각 집단끼리의 평균치 차이는 다중비교방법(multiple comparison)인 Ducan 방법 사용하였다. 실험결과의 통계분석은 통계프로그램인 SAS 6.11을 이용하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 수작업 간밤의 저장성분석

가. 중량감소율

저장기간중의 중량감소율의 분석결과는 그림 4-2에 나타내었다. 저장기간이 증가함에 따라 모든 처리구에서 중량감소가 나타났다. 시료 A3, A4, A5는 저장기간 42일까지 중량감소율이 0.5%이하로서 미세한 증가폭이 나타났으나, 시료 A2는 0.57%, 시료 A1은 1.55%까지 증가하였다. 중량감소율을 0.5%로 기준하였을 때 각 시료처리구별 저장기간은 시료 A1의 경우 저장기간이 7일, 시료 A2와 시료 A4는 28일로 나타났으며, 시료 A3와 시료 A5는 42일까지의 저장실험 기간중 중량감소율은 0.5%이하로 나타났다.

나. 부패율

저장기간중의 부패율의 분석결과는 그림 4-3과 같다. 부패율은 저장시료를 육안으로 관찰하여 부패된 밤의 갯수를 전체 갯수에 대한 비율로 표시한 것으로, 저장기간의 증가에 따라 부패율이 증가하였으나, 시료 A3는 42일의 저장기간 중에 부패과는 발생하지 않았다. 초기 부패과의 발생시기는 시료 A1은 저장기간 14일, 시료 A2, A4, A5은 저장기간 28일로 초기 부패과 발생시기는 저장온도가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 초기 부패과 발생이후 부패율은 저장기간에 따라 증가하여, 저장기간 42일에서의 부패율은 시료 A1은 50.9%, 시료 A2는 34.6%, 시료 A4는 21.2%, 시료 A5는 29.7%로 초기 부패과 발생이후 부패율의 증가폭은 처리방법에 따라 다르게 나타났다.

위의 결과에서 저장기간 중의 부패과 발생은 명반수에 침지하여 저장하는 방법이 가장 우수한 저장성 나타났으며, 전해산화수처리, 동결처리, 무처리 순으로 저장성이 나타났다.

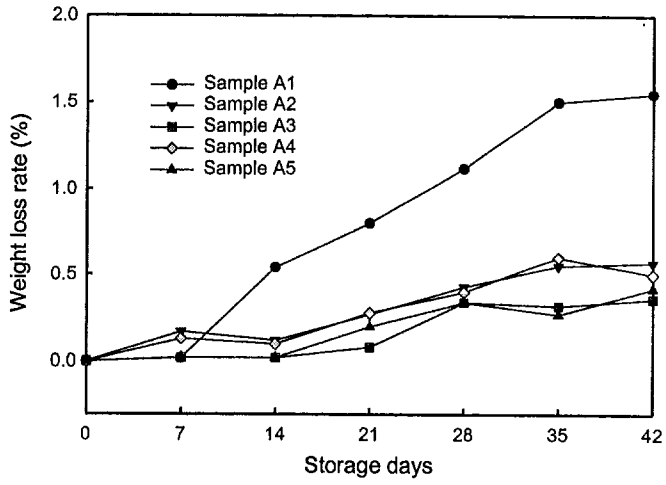


그림 4-2. 저장기간에 따른 중량감소율

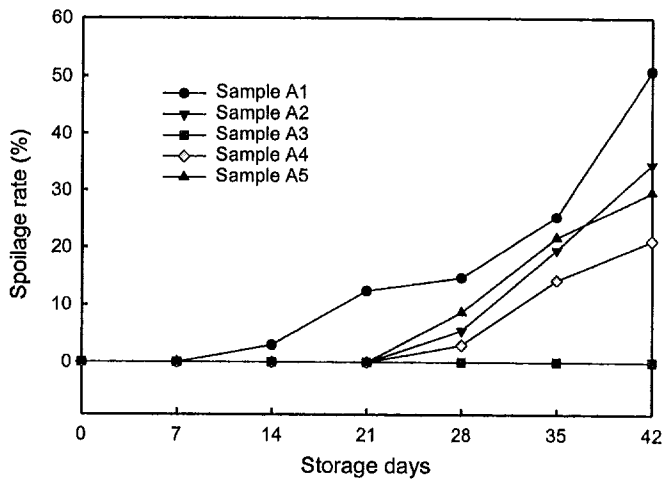


그림 4-3. 저장기간에 따른 부패율

다. 색도

저장기간에 따른 색도분석 결과는 표 4-3와 그림 4-4에 나타내었다.

그림 4-4는 저장기간에 따른 색도변화를 나타낸 것으로, 밝은 정도를 나타내는 L값의 경우 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향이 나타났으나, 명반수 처리한 시료 A3의 경우에는 저장초기에는 L값이 감소하는 경향을 보이다 저장기간이 증가할수록 L값이 증가하는 것으로 나타났다. 저장온도 3℃에 저장한 시료 A1의 L값은 저장기간이 증가할수록 시료 A2, A4, A5에 비해 크게 감소하는 것으로 나타나 저장온도가 높을수록 L값의 감소폭이 큰 것으로 나타났다.

붉은색의 정도를 나타내는 a값은 저장온도가 -2℃인 시료 A2, A3, A4, A5는 다소 감소하였으나, 저장온도가 3℃인 시료 A1의 경우에는 저장기간이 늘어날수록 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 저장온도가 높을수록 저장기간의 증가에 따른 a값의 증가폭이 큰 것으로 나타났다.

노란색의 정도를 나타내는 b값은 밤의 색도 판정에 가장 큰 영향을 미치는 값으로서 시료 A1, A2, A4, A5는 저장기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으나, 명반수 처리한 시료 A3의 경우에는 오히려 증가하여 노란색 계통이 증가하는 것으로 나타났다. 저장온도 3℃에 저장한 시료 A1의 경우에는 저장기간이 증가할수록 b값의 감소폭이 저장온도 -2℃에 저장한 시료 A2, A4, A5에 비해 큰 것으로 나타나 저장온도가 높을수록 b값의 감소폭이 큰 것으로 나타났다.

표 4-3은 저장기간중의 색도 L, a, b값과 색차(ΔE)를 표시한 것으로, 색차는 해당 저장시기의 색도와 저장초기의 색도를 비교한 값이다. 색차분석에서 저장기간이 증가할수록 초기시료에 대한 색차값은 증가하였으며, 현저한 색도차이가 나타나는 색차값 3.0이상이 나타나는 저장시기는 시료 A1은 저장기간 7일, 시료 A2, A3, A4는 저장기간 14일, 시료 A5는 저장기간 35일로 나

타났다. 위의 결과에서 저장기간 중의 색도는 동결처리하여 -2°C 에 저장한 시료 A5의 경우가 초기시료와 가장 근접한 것으로 나타났으며, 시료 A3의 경우에는 저장기간이 증가함에 따라 L값과 b값이 증가하는 경향을 보였다.

표 4-3. 저장기간에 따른 깐밤의 색도

samples	item	storage time (days)						
		0	7	14	21	28	35	42
A1	L	78.96	76.47	75.02	73.59	72.64	70.71	67.73
	a	3.55	3.02	3.10	4.55	5.65	5.38	5.65
	b	27.22	23.85	22.33	20.88	18.24	18.97	19.55
	ΔE	-	4.22	6.30	8.37	11.18	11.81	13.76
A2	L	78.95	77.47	76.02	75.59	75.64	74.71	72.73
	a	3.45	2.61	2.37	3.07	2.93	2.95	3.22
	b	27.22	20.06	24.45	22.69	22.29	21.44	20.59
	ΔE	-	2.35	5.80	7.19	9.58	9.29	10.20
A3	L	78.31	76.39	78.19	76.09	76.64	77.64	78.69
	a	3.49	2.19	1.85	1.96	1.03	1.26	1.26
	b	27.30	27.66	24.71	27.63	28.68	29.13	34.91
	ΔE	-	2.35	3.07	2.72	3.28	8.13	13.22
A4	L	78.97	77.47	77.64	75.57	75.06	73.38	72.77
	a	3.49	2.72	2.22	2.57	2.04	2.83	2.83
	b	26.56	24.86	24.00	25.84	24.57	23.57	22.76
	ΔE	-	2.39	3.15	3.61	4.62	6.37	7.30
A5	L	78.00	76.98	76.00	76.38	75.57	74.49	73.49
	a	3.26	2.49	2.52	3.33	2.84	2.02	3.01
	b	25.06	25.15	26.54	24.28	26.63	25.73	24.68
	ΔE	-	1.28	2.60	1.80	2.92	3.78	4.53

* ΔE 는 저장초기의 색도와 해당 저장시기의 색도와의 색차값 임

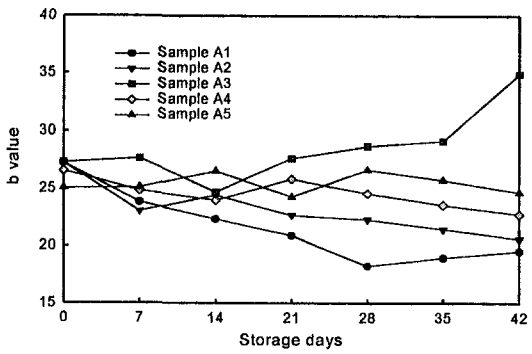
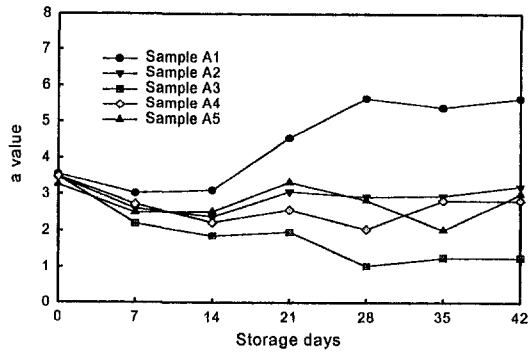
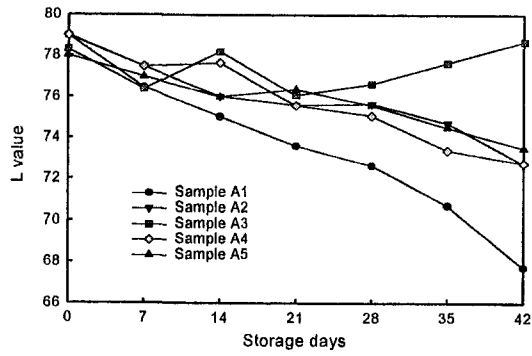


그림 4-4. 저장기간에 따른 간밤의 색도 변화

라. 화학적 성분

저장기간에 따른 밤 시료의 화학적 성분은 밤의 대표적인 성분인 수분, 전분과 총유리당을 분석하였다.

수 분

표 4-4는 저장기간중의 수분함량의 분석결과를 나타낸 것으로, 저장기간중의 수분함량과 각 시료의 저장기간에 따른 집단간의 차이를 분석한 결과를 나타내었다. 수분함량은 저장기간이 증가할수록 감소되는 경향을 나타내고 있으나, 시료 A3의 경우에는 저장기간이 증가할수록 수분함량이 증가하였다. 이는 시료 A3의 경우 간밤을 명반수에 침지하여 저장한 처리구로서 명반수의 수분이 밤 시료에 영향을 미친 것으로 보인다.

표 4-4. 저장기간에 따른 수분함량

samples	storage time (days)						
	0	7	14	21	28	35	42
A1	67.36 ^a	64.80 ^b	64.27 ^{bc}	63.15 ^d	63.60 ^{cd}	63.67 ^{cd}	62.65 ^d
A2	66.92 ^a	65.83 ^b	64.54 ^c	64.52 ^c	63.67 ^c	64.15 ^{cd}	64.69 ^c
A3	67.17 ^d	67.45 ^{cd}	67.99 ^c	67.72 ^{cd}	68.10 ^{bc}	68.78 ^b	72.58 ^a
A4	67.35 ^a	67.43 ^a	65.84 ^{bc}	66.40 ^b	65.67 ^c	64.14 ^d	63.57 ^d
A5	65.51 ^a	67.72 ^a	66.62 ^{ab}	67.05 ^a	65.71 ^b	65.77 ^b	65.61 ^b

* Values with the same superscript in same column are not significantly difference each other.

** Significance level : 0.05

각 시료의 저장기간에 따른 집단간의 차이를 분석한 결과에서 저장초기의 수분함량으로부터 감소량이 유의적인 차이를 보이는 시기는 시료 A1, A2의 경우는 저장기간 7일, 시료 A4는 저장기간 21일, 시료 A5는 저장기간 28일로

나타났다. 그리고 유의적인 차이를 보이기 시작하는 이후의 감소추세도 시료 A1, A2, A4, A5 순으로 크게 나타났다.

위와 같은 결과에서 저장기간에 따른 밥의 수분함량의 변화는 동결처리하여 저장하는 방법이 가장 적은 것으로 나타났으며, 명반수에 침지하여 저장하는 경우에는 오히려 수분함량이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 저장온도가 3°C인 시료 A1의 경우에 수분 감소량이 가장 큰 것으로 나타났다.

전 분

표 4-5는 저장기간중의 전분함량을 분석한 결과를 나타낸 것으로, 저장기간중의 전분함량과 각 시료의 저장기간에 따른 집단간의 차이를 분석한 결과이다. 저장초기의 전분함량은 19%내외로서 저장기간이 증가할수록 감소되어 저장기간 42일에서는 처리구별로 10.74%에서 15.22%의 범위로 나타났다.

표 4-5. 저장기간에 따른 전분함량

samples	storage time (days)						
	0	7	14	21	28	35	42
A1	19.25 ^a	19.04 ^a	18.20 ^b	18.08 ^b	16.38 ^c	15.2 ^d	14.34 ^e
A2	19.25 ^a	19.09 ^a	18.19 ^b	18.00 ^b	14.91 ^c	14.84 ^c	13.49 ^d
A3	18.96 ^a	17.37 ^b	16.71 ^b	16.65 ^b	12.74 ^c	12.41 ^c	10.74 ^d
A4	18.96 ^a	18.47 ^a	17.34 ^b	17.22 ^b	14.15 ^c	13.90 ^c	11.44 ^d
A5	19.27 ^a	19.21 ^a	18.16 ^b	18.13 ^b	15.34 ^c	15.33 ^c	15.22 ^c

* Values with the same superscript in same column are not significantly difference each other.

** Significance level : 0.05

각 시료의 저장기간에 따른 집단간의 차이를 분석한 결과에서 저장초기의 전분함량으로부터 감소량이 유의적인 차이를 보이는 시기는 시료 A1, A2

A4, A5의 경우는 저장기간 14일, 시료 A3는 저장기간 7일로 나타났다. 그리고 유의적인 차이를 보이기 시작하는 이후의 감소량에서는 시료 A1, A3가 큰 것으로 나타났다.

총유리당

저장기간에 따른 총유리당 함량을 분석한 결과는 표 4-6과 같다. 표 4-6은 저장기간중의 총유리당 함량과 각 시료의 저장기간에 따른 집단간의 차이를 분석한 결과이다. 총유리당 함량은 저장기간이 증가할수록 증가하는 경향으로 나타났으나, 시료 A3의 경우에는 저장기간이 증가할수록 미소한차이나 감소하는 경향을 나타내었다. 시료 A1의 경우 저장초기의 6.5%의 총유리당 함량이 저장기간 42일에서는 7.66%로 저장기간에 따른 총유리당 함량의 증가폭이 가장 크게 나타났다.

표 4-6. 저장기간에 따른 총유리당 함량

samples	storage time (days)						
	0	7	14	21	28	35	42
A1	6.50 ^t	7.02 ^d	6.23 ^g	6.74 ^e	7.19 ^c	7.10 ^b	7.66 ^a
A2	6.50 ^d	6.48 ^c	6.34 ^g	6.76 ^b	6.36 ^t	6.68 ^c	6.91 ^a
A3	6.71 ^b	6.89 ^a	6.72 ^b	6.39 ^c	6.36 ^c	5.88 ^c	5.94 ^d
A4	6.50 ^e	6.45 ^d	6.32 ^t	6.42 ^b	6.90 ^d	6.10 ^a	7.10 ^c
A5	6.20 ^c	6.22 ^c	6.21 ^c	6.15 ^d	6.46 ^b	6.23 ^c	6.53 ^a

* Values with the same superscript in same column are not significantly difference each other.

** Significance level : 0.05

각 시료의 저장기간에 따른 집단간의 차이를 분석한 결과에서 시료 A1, A2, A3, A4의 경우에는 저장기간 7일째부터 저장초기의 총유리당 함량과 유

의적인 차이를 나타내었고, 시료 A5의 경우에는 저장기간 21일째부터 유의적인 차이가 나타났다.

저장기간에 따른 밤의 총 유리당 함량의 분석결과에서는 동결처리한 시료 A5가 초기 총유리당 함량과 유의적인 차이를 나타내는 기간이 가장 길게 나타나 저장성이 우수한 것으로 분석되었다. 그러나 저장기간에 따른 총유리당의 함량의 변화는 미세한 값으로 간밤의 전체적인 저장성에 큰 영향을 미치는 않을 것으로 판단된다.

마. 관능평가

저장기간에 따른 간밤의 관능평가는 각 시료에 대하여 색, 냄새, 맛, 조직감, 신선도 및 종합적인 기호도를 측정하였다. 관능평가 결과는 표 4-7에 나타내었으며, 관능평가 방법은 비교 평가법으로서 대조구로 쓰인 신선한 밤의 점수를 8.0을 기준으로 하여 각 처리구별 시료를 대조구와 비교평가 하였다. 모든 처리구에서 저장기간이 증가함으로서 신선한 밤과의 비교점수가 낮아지는 것으로 나타났으며, 각 처리구별 분석결과는 다음과 같다.

무처리하여 3℃에서 저장된 시료 A1의 경우에서 색도, 냄새, 맛, 조직감, 신선도 모두 저장기간 7일째부터 대조구인 신선한 밤과 유의적인 차이가 나타났으며, 종합적인 기호도에서도 저장 7일째부터 신선한 밤과의 유의적인 차이가 나타나는 것으로 분석되었다.

무처리하여 -2℃에서 저장된 시료 A2의 경우에서 항목별로 대조구인 신선한 밤과 유의적인 차이가 나타나는 저장시기는 색도는 저장기간 7일, 냄새, 조직감, 맛, 신선도는 저장기간 14일로 나타났으며, 종합적인 기호도를 보면 저장 14일째부터 신선한 밤과의 유의적인 차이가 나타나는 것으로 분석되었다.

명반수에 침지하여 -2℃에 저장된 시료 A3의 경우에서 항목별로 대조구

인 신선한 밤과 유의적인 차이가 나타나는 저장시기는 색도는 저장기간 28일, 냄새와 조직감은 저장기간 14일, 맛은 저장기간 7일, 신선도는 저장기간 21일로 분석되었다. 위의 결과에서 명반수에 침지하여 저장하는 경우 색도는 다른 저장방법에 비해 가장 우수한 것으로 나타났으나, 맛의 평가에서는 무처리한 시료 A2보다도 점수가 떨어지며, 저장기간이 늘어날수록 급격히 떨어지는 것으로 나타났다. 시료 A3의 종합적인 기호도에서는 저장 14일째부터 신선한 밤과의 유의적인 차이가 나타나는 것으로 분석되었다.

전해산화수 처리하여 -2°C 에 저장된 시료 A4의 경우에서 항목별로 대조구인 신선한 밤과 유의적인 차이가 나타나는 저장시기는 색도는 저장기간 14일, 냄새, 조직감, 맛, 신선도는 저장기간 21일로 나타났으며, 종합적인 기호도를 보면 저장 28일째부터 신선한 밤과의 유의적인 차이가 나타났다. 시료 A4가 본 실험에서 설정된 저장방법 중에서 간밤을 저장한 후 가공하지 않고 생식용으로 소비할 경우에 가장 높은 점수를 나타냈다.

표면을 동결처리하여 -2°C 에 저장된 시료 A5의 경우에서 항목별로 대조구인 신선한 밤과 유의적인 차이가 나타나는 저장시기는 색도, 조직감, 맛은 저장기간 14일, 냄새와 신선도는 저장기간 21일로 나타났으며, 종합적인 기호도를 보면 저장 21일째부터 신선한 밤과의 유의적인 차이가 나타났다. 시료 A5는 시료 A4에 비하여 조직감, 맛에서 낮은 점수를 보였으며, 생식용으로 유통시에는 이를 개선하기 위하여 적절한 해동처리방법에 관한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다. 저장기간 28일 이상에서는 시료 A4보다 관능평가에서 높은 점수로 평가된 것으로 나타나 장기 저장이 필요한 경우에는 본 실험에서 사용된 처리구 중에서 동결처리된 시료 A5가 저장성이 가장 우수할 것으로 판단되었다.

표 4-7. 저장기간에 따른 수작업으로 간밤의 관능평가

Items	samples	storage time (days)						
		0	7	14	21	28	35	42
Color	A1	8.0 ^a	5.2 ^c	4.4 ^b	4.4 ^c	4.4 ^c	2.8 ^c	3.8 ^c
	A2	7.4 ^{ab}	6.0 ^b	4.6 ^b	4.0 ^b	4.0 ^c	3.0 ^c	3.0 ^c
	A3	7.8 ^{ab}	7.6 ^a	7.6 ^a	7.5 ^a	6.4 ^b	5.6 ^b	5.6 ^b
	A4	7.8 ^a	6.6 ^{ab}	5.8 ^b	5.2 ^b	4.0 ^b	3.8 ^c	3.8 ^c
	A5	6.8 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.4 ^b	4.4 ^b	4.2 ^b	4.0 ^c	4.0 ^c
Odor	A1	7.8 ^a	5.6 ^b	4.4 ^b	4.4 ^c	3.8 ^c	3.6 ^c	3.1 ^c
	A2	7.6 ^a	6.5 ^{ab}	5.2 ^b	4.8 ^b	4.8 ^b	3.2 ^c	4.0 ^c
	A3	7.6 ^a	6.8 ^{ab}	6.0 ^b	5.4 ^{bc}	4.2 ^b	4.8 ^b	3.2 ^c
	A4	7.7 ^a	6.0 ^{ab}	6.1 ^{ab}	4.8 ^b	4.6 ^b	4.6 ^b	4.6 ^b
	A5	7.6 ^a	6.6 ^{ab}	6.2 ^{ab}	5.2 ^b	4.8 ^b	4.8 ^b	4.8 ^b
Texture	A1	8.0 ^a	5.4 ^b	5.2 ^b	4.8 ^b	4.1 ^c	2.8 ^c	3.8 ^c
	A2	6.6 ^a	6.4 ^{ab}	6.0 ^b	4.8 ^b	4.8 ^{bc}	4.8 ^b	4.4 ^c
	A3	6.4 ^a	7.0 ^{ab}	5.4 ^b	6.0 ^{bc}	4.2 ^c	2.6 ^c	2.6 ^c
	A4	6.6 ^a	6.6 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.0 ^b	4.4 ^{bc}	5.2 ^b	5.2 ^b
	A5	7.6 ^a	7.4 ^{ab}	5.7 ^b	6.6 ^{ab}	5.6 ^b	5.2 ^b	5.2 ^b
Taste	A1	7.6 ^a	5.4 ^b	5.0 ^c	4.8 ^c	4.6 ^{bc}	4.0 ^c	3.6 ^c
	A2	7.7 ^a	6.8 ^{ab}	5.4 ^b	5.4 ^{bc}	4.6 ^{bc}	4.4 ^c	4.6 ^b
	A3	7.8 ^a	6.6 ^b	4.6 ^b	5.4 ^{bc}	3.8 ^c	2.8 ^c	2.8 ^c
	A4	7.6 ^a	7.1 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.2 ^b	4.2 ^{bc}	5.0 ^{bc}	5.0 ^b
	A5	7.6 ^a	7.0 ^{ab}	5.2 ^b	5.6 ^b	5.0 ^b	5.2 ^b	5.2 ^b
Freshiveness	A1	7.8 ^{ab}	5.0 ^b	4.2 ^b	4.2 ^c	3.8 ^b	3.2 ^c	3.4 ^c
	A2	6.6 ^{ab}	6.4 ^{ab}	5.4 ^b	4.6 ^b	4.6 ^b	4.0 ^b	4.0 ^{bc}
	A3	7.0 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.4 ^a	4.6 ^b	4.8 ^b	3.4 ^c	3.4 ^c
	A4	6.8 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.1 ^{ab}	5.6 ^b	4.8 ^b	4.8 ^b	4.5 ^b
	A5	7.0 ^a	6.4 ^{ab}	6.2 ^{ab}	5.4 ^b	5.4 ^b	5.4 ^b	4.2 ^{bc}
Overall	A1	7.4 ^a	6.2 ^b	4.4 ^c	4.2 ^c	4.1 ^c	3.6 ^c	3.6 ^b
	A2	7.4 ^a	6.9 ^{ab}	6.0 ^{bc}	4.2 ^c	5.2 ^b	4.0 ^{bc}	3.6 ^b
	A3	7.6 ^a	7.0 ^{ab}	6.2 ^b	4.4 ^{bc}	3.8 ^c	3.0 ^c	3.0 ^b
	A4	7.8 ^a	6.8 ^{ab}	6.6 ^{ab}	6.5 ^{ab}	4.2 ^{bc}	4.2 ^b	3.8 ^b
	A5	7.8 ^a	6.8 ^{ab}	6.5 ^{ab}	5.9 ^b	5.2 ^b	4.6 ^b	4.2 ^b

Each data is means of 6 sensory evaluation values.

^{ab}Means with same superscripts in a row are not significantly different(p <0.05).

마. 가공특성

저장기간에 따른 간밤의 가공특성은 당침밤 제조시 당의 침투력을 분석하기 위하여 당침 전후의 총유리당 분석하였으며, 저장기간에 따른 당침전후의 총유리당 변화량은 표 4-8에 나타내었다.

저장기간에 따른 당침전후의 총유리당 변화량은 저장기간이 증가할수록 증가하였고, 동일한 저장기간에서 시료 처리구간의 차이는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다. 이와 같은 결과에서 저장기간이 증가함에 따라 당침밤 제조시 당침투력이 증가하는 경향을 보이며, 시료 처리구간의 당침투도 차이는 미세한 것으로 판단되었다.

표 4-8. 저장기간에 따른 당침전후의 총유리당 변화량

samples	storage time (days)						
	0	7	14	21	28	35	42
A1	6.72 ^a	6.64 ^a	6.87 ^{ab}	6.25 ^b	6.39 ^{ab}	6.49 ^{ab}	6.39 ^a
A2	5.61 ^{ab}	6.07 ^a	6.26 ^{bc}	6.39 ^{ab}	5.64 ^b	6.32 ^b	6.52 ^a
A3	5.48 ^{ab}	5.63 ^a	5.89 ^{bc}	7.78 ^a	7.81 ^a	7.71 ^a	7.05 ^a
A4	4.68 ^b	5.41 ^a	4.84 ^c	5.25 ^b	7.32 ^a	7.37 ^a	6.57 ^a
A5	6.69 ^a	6.48 ^a	7.91 ^a	5.34 ^b	5.04 ^b	6.69 ^{ab}	7.19 ^a

* Values with the same superscript in same column are not significantly difference each other.

** Significance level : 0.05

저장기간에 따른 당침밤의 관능평가는 각 시료에 대하여 색, 맛, 조직감 등을 고려한 종합적인 기호도를 측정하였다. 저장기간이 증가함으로써 신선한 밤으로 당침한 밤과의 비교점수가 낮아지는 것으로 나타났다. 처리구별로는 무처리하여 3℃에서 저장된 시료 A1은 저장기간 7일, 무처리하여 -2℃에서

저장된 시료 A2는 저장기간 21일, 명반수에 침지하여 -2°C 에 저장된 시료 A3는 저장기간 14일, 전해산화수 처리하여 -2°C 에 저장된 시료 A4 및 표면을 동결처리하여 -2°C 에 저장된 시료 A5의 경우는 저장기간 28일에서 대조구인 신선한 밤으로 당칩한 밤과 유의적인 차이가 나타나기 시작하였다.

2. 화염박피 밤의 저장성분석

가. 중량감소율

저장기간중의 중량감소율의 분석결과는 그림 4-5에 나타내었다. 저장기간이 증가함에 따라 모든 처리구에서 중량감소가 나타났다. 저장기간 75일에서는 시료 B1은 3.8%, 시료 B2는 1.3%, 시료 B3는 1.1%까지 증가하였다.

중량감소율을 0.5%로 기준하였을 때 각 시료처리구별 저장기간은 시료 B1의 경우 저장기간이 7일, 시료 B2는 저장기간이 15일, 시료 B3는 30일로 나타났다.

위의 결과에서 중량감소율은 저장온도에 따라 큰 영향을 받는 것으로 나타났다으며, 동일한 저장온도와 처리방법에서의 수작업 박피밤과 화염박피 시스템을 이용하여 기계적으로 박피한 밤과의 차이는 크게 나타나지 않았다.

나. 부패율

저장기간중의 부패율의 분석결과는 그림 4-6과 같다. 부패율은 저장시료를 육안으로 관찰하여 부패된 밤의 갯수를 전체 갯수에 대한 비율로 표시한 것으로, 저장기간의 증가에 따라 부패율이 증가하였다.

초기 부패과의 발생시기는 시료 B1은 저장기간 15일, 시료 B2와 B3는 저장기간 30일로 초기 부패과 발생시기는 저장온도가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 초기 부패과 발생이후 부패율은 저장기간에 따라 증가하여, 저장기간 30일에서의 부패율은 시료 B1은 14.7%, 시료 B2는 8.0%, 시료 B3는 6.3%로 나타났으며, 저장기간 75일에서의 부패율은 시료 B1은 98.2%, 시료 B2는 69.4%, 시료 B3는 72.2%로 초기 부패과 발생이후 부패율의 증가폭은 처리방법에 따라 다르게 나타났다.

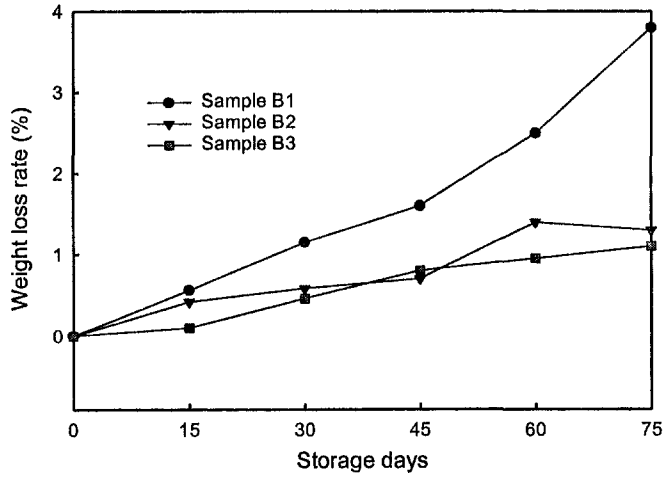


그림 4-5. 저장기간에 따른 증량감소율

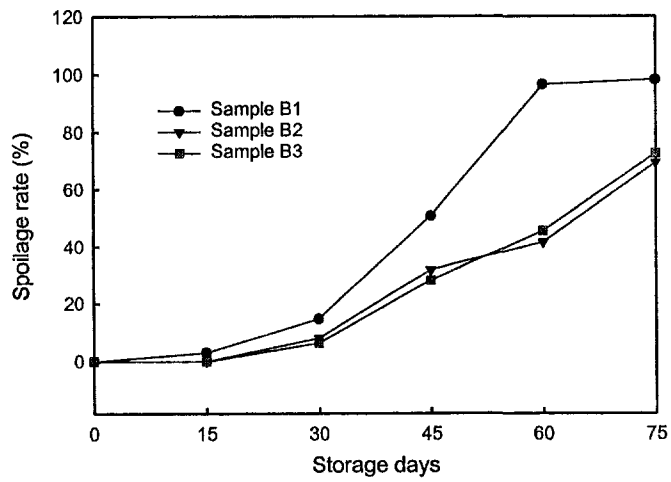


그림 4-6. 저장기간에 따른 부패율

다. 색도

저장기간에 따른 색도분석 결과는 표 4-9에 나타내었다. 색차는 해당 저장시기의 색도와 저장초기의 색도를 비교한 값이다.

밝은 정도를 나타내는 L값과 노란색의 정도를 나타내는 b값은 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향이 나타났다. 붉은색의 정도를 나타내는 a값은 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 저장기간이 15일 이상에서는 저장초기의 시료 색도와 비교할 때 시료 B1의 경우 색차값이 6.30으로서 극히 현저한 차이를 나타내고 있으며, 시료 B2와 B3는 색차값이 4.34, 4.28으로 저장초기와 현저한 차이가 나타나는 것으로 분석되었다. 다른계통의 색으로 분류되는 색차값 12이상을 나타내는 저장기간은 시료 B1이 저장기간 45일, 시료 B2가 저장기간 60일, 시료 B3가 저장기간 75일로 나타났다.

표 4-9. 저장기간에 따른 화염박피밤의 색도

samples	items	storage time (days)					
		0	15	30	45	60	75
B1	L	78.96	75.02	72.64	67.73	65.54	66.47
	a	3.55	3.10	5.65	5.65	6.77	6.14
	b	27.22	22.33	18.24	19.55	18.00	18.00
	ΔE	-	6.30	11.18	13.76	16.60	15.40
B2	L	81.07	79.62	76.20	73.34	71.81	72.07
	a	2.60	2.32	2.40	2.68	2.95	4.44
	b	27.78	23.70	22.40	21.71	19.93	18.05
	ΔE	-	4.34	7.26	9.83	12.14	13.38
B3	L	82.16	79.07	78.59	77.70	74.75	69.32
	a	1.68	1.45	1.82	2.10	3.43	4.03
	b	27.24	24.29	23.89	23.75	23.30	23.82
	ΔE	-	4.28	4.50	5.68	8.57	13.49

라. 화학적 성분

화염박피 밤의 저장성을 분석하기 위하여 저장기간에 따른 밤 시료의 수분과 총유리당을 분석하였다.

수 분

표 4-10은 저장기간중의 수분함량의 분석결과를 나타낸 것으로, 저장기간중의 수분함량과 각 시료의 저장기간에 따른 집단간의 차이를 분석한 결과를 나타내었다. 수분함량은 저장기간이 증가할수록 감소되는 경향을 보였다.

표 4-10. 저장기간에 따른 화염박피밤의 수분함량 변화

samples	storage time (days)					
	0	15	30	45	60	75
B1	67.36 ^a	64.27 ^b	63.60 ^b	62.65 ^c	62.49 ^c	61.20 ^d
B2	67.31 ^a	66.60 ^a	65.31 ^b	64.56 ^{bc}	63.95 ^{cd}	63.70 ^d
B3	67.52 ^a	67.81 ^a	65.93 ^b	65.74 ^b	65.80 ^b	64.87 ^c

* Values with the same superscript in same column are not significantly difference each other.

** Significance level : 0.05

각 시료의 저장기간에 따른 집단간의 차이를 분석한 결과에서 저장초기의 수분함량으로부터 감소량이 유의적인 차이를 보이는 시기는 시료 B1의 경우는 저장기간 15일, 시료 B2, B3는 저장기간 30일로 나타났다.

총유리당

저장기간에 따른 총유리당 함량을 분석한 결과는 표 4-11과 같다. 표 4-11은 저장기간중의 총유리당 함량과 각 시료의 저장기간에 따른 집단간의 차이를 분석한 결과를 나타내었다. 총유리당 함량은 저장기간이 증가할수록 증가하는 경향으로 나타났으나, 시료 A3의 경우에는 저장기간이 증가할수록

미소한차이나마 감소하는 경향을 나타내었다. 시료 A1의 경우 저장초기의 6.5%의 총유리당 함량이 저장기간 42일에서는 7.66%로 저장기간에 따른 총유리당 함량의 증가폭이 가장 크게 나타났다.

표 4-11. 저장기간에 따른 화염박피 밤의 총유리당 함량

samples	storage time (days)					
	0	15	30	45	60	75
B1	7.67 ^a	7.66 ^b	7.50 ^c	7.19 ^d	6.50 ^e	6.23 ^f
B2	6.92 ^a	6.89 ^b	6.82 ^c	6.49 ^d	6.41 ^e	6.32 ^f
B3	6.90 ^a	6.74 ^b	6.73 ^c	6.53 ^d	6.39 ^e	6.27 ^f

*Values with the same superscript in same column are not significantly difference each other.

** Significance level : 0.05

각 시료의 저장기간에 따른 집단간의 차이를 분석한 결과에서 시료 A1, A2, A3, A4의 경우에는 저장기간 7일째부터 저장초기의 총유리당 함량과 유의적인 차이를 나타내었고, 시료 A5의 경우에는 저장기간 21일째부터 유의적인 차이가 나타났다.

저장기간에 따른 밤의 총 유리당 함량의 분석결과에서는 동결처리한 시료 A5가 초기 총유리당 함량과 유의적인 차이를 나타내는 기간이 가장 길게 나타나 저장성이 우수한 것으로 분석되었다. 그러나 저장기간에 따른 총유리당의 함량의 변화는 미세한 값으로 깐밤의 전체적인 저장성에 큰 영향을 미치는 않을 것으로 판단된다.

마. 관능평가

저장기간에 따른 화염박피 밤의 관능평가는 각 시료에 대하여 색, 냄새, 맛, 조직감, 신선도 및 종합적인 기호도를 측정하였다. 관능평가 결과는 표 4-12에 나타내었으며, 이 때 대조구로 쓰인 밤은 수작업으로 박피한 신선밤으로서 대조구 시료의 점수를 8.0을 기준으로 하여 비교하도록 하였다.

화염박피하여 -2°C 에 저장된 시료 B2, B3의 경우에 색도, 냄새, 맛, 조직감, 신선도 등을 고려한 종합적인 기호도에서 저장초기부터 신선한 밤을 수작업으로 박피한 대조구와 차이를 나타내었고, 수작업으로 박피하여 3°C 에서 저장된 시료 B1의 경우에는 저장 15일째부터 신선한 밤과의 유의적인 차이가 나타나는 것으로 분석되었다. 그러나 시료 B2와 시료 B3의 경우에 저장기간이 증가함에 따라 관능평가 점수의 감소폭이 시료 B1에 비하여 적은 것으로 나타났다. 이는 화염박피 밤의 경우 박피작업 중에 간밤 내부에 열이 침투되므로 저장초기부터 관능평가에서 신선밤과의 차이가 나타났으나, 저장온도가 -2°C 인 B2, B3의 경우 저장기간이 증가함에 따른 품질 저하요인은 3°C 에 저장된 시료 B1보다 적은 것으로 나타났으며, 동결처리된 시료 B3가 무처리한 시료 B2보다 좋은 점수로 나타났다.

표 4-12. 저장기간에 따른 화염박피밤의 관능평가

Items	samples	storage time (days)				
		0	15	30	45	60
Color	B1	8.0 ^a	4.4 ^b	3.8 ^b	2.8 ^c	1.8 ^c
	B2	7.3 ^{ab}	4.4 ^b	4.3 ^b	3.0 ^b	3.8 ^c
	B3	6.8 ^b	6.0 ^b	4.4 ^b	4.2 ^b	4.0 ^c
Odor	B1	7.8 ^a	5.4 ^b	4.4 ^b	3.8 ^b	1.8 ^c
	B2	7.6 ^a	5.2 ^{ab}	4.8 ^b	4.8 ^b	3.2 ^b
	B3	7.6 ^a	5.8 ^a	5.2 ^{ab}	4.8 ^b	4.0 ^b
Texture	B1	8.0 ^a	5.2 ^b	5.0 ^b	4.8 ^b	1.6 ^c
	B2	6.6 ^b	6.0 ^b	4.8 ^b	4.8 ^b	1.8 ^c
	B3	7.6 ^{ab}	6.6 ^{ab}	5.6 ^b	5.2 ^b	3.4 ^c
Taste	B1	7.8 ^{ab}	5.0 ^c	4.8 ^b	4.6 ^b	2.0 ^c
	B2	6.6 ^b	5.4 ^b	5.4 ^b	4.6 ^b	2.4 ^{bc}
	B3	7.0 ^{ab}	5.6 ^b	5.0 ^b	5.2 ^b	3.6 ^b
Freshiveness	B1	7.8 ^{ab}	4.2 ^c	4.2 ^b	3.2 ^b	1.6 ^c
	B2	7.6 ^b	5.4 ^b	4.0 ^b	4.6 ^b	2.2 ^c
	B3	7.4 ^{ab}	5.4 ^b	5.4 ^b	4.2 ^b	3.8 ^b
Overall	B1	7.8 ^a	4.2 ^b	4.2 ^b	3.6 ^b	1.8 ^c
	B2	6.6 ^b	5.2 ^b	5.2 ^b	3.6 ^b	2.4 ^c
	B3	6.7 ^b	5.4 ^b	5.3 ^{ab}	4.2 ^b	3.6 ^b

Each data is means of 6 sensory evaluation values.

^{ab}Means with same superscripts in a row are not significantly different (p < 0.05).

마. 가공특성

저장기간에 따른 화염박피 밤의 가공특성은 당침밤 제조시 당의 침투력을 분석하기 위하여 당침 후 총유리당 분석하였으며, 결과는 표 4-13에 나타내었다.

저장기간에 따른 당침전후의 총유리당 변화량은 저장기간이 증가할수록 증가하였고, 동일한 저장기간에서 시료 처리구간의 차이는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다. 이와 같은 결과에서 저장기간이 증가함에 따라 당침밤 제조시 화염박피 밤의 경우에도 당침투력이 증가하는 경향으로 나타났으며, 시료 처리구간의 당침투도 차이는 나타나지 않았다.

표 4-13. 저장기간에 따른 화염박피밤의 당침후 총유리당 함량변화

samples	storage time (days)					
	0	15	30	45	60	75
B1	6.71 ^a	6.87 ^a	6.39 ^a	9.39 ^a	9.36 ^a	9.18 ^a
B2	6.58 ^a	6.27 ^a	6.97 ^a	10.28 ^a	10.26 ^a	10.11 ^a
B3	5.83 ^a	6.57 ^a	7.30 ^a	9.49 ^a	10.60 ^a	9.60 ^a

* Values with the same superscript in same column are not significantly difference each other.

** Significance level : 0.05

저장기간에 따른 화염박피 밤을 당침한 밤의 관능평가는 각 시료에 대하여 색, 맛, 조직감 등을 고려한 종합적인 기호도를 측정하였다. 저장기간이 증가함으로써 신선한 밤으로 당침한 밤과의 비교평가에서 점수가 낮아지는 것으로 나타났다. 처리구별로는 시료 B1, B2, B3 모두가 저장기간 15일에서부터 대조구인 신선한 밤으로 당침한 밤과 유의적인 차이가 나타나기 시작하였다.

참 고 문 헌

1. 김종훈, 박재복, 최창현. 1997. 밥 박피 시스템 개발. 한국농업기계학회지 22(3):289-294.
2. 김종훈. 1997. 밥의 화염박피 특성 및 박피 시스템의 최적화 연구. 박사학위논문, 성균관대학교대학원.
3. 권중호, 박선희, 김성곤. 1993. 밥 전분의 성질에 대한 전리에너지의 영향. 한국식품과학회지 25(1):83-85.
4. 나영아, 임차범. 1996. 밥의 저장중 성분변화. 한국식품과학회지 28(6):1164-1170.
5. 나영아, 양차범. 1997. 밥의 저장중 지방질 조성의 변화. 한국식품과학회지 29(3):437-445.
6. 박노풍, 김연진, 김성기, 이종구. 1977. 방사선조사에 의한 밥저장연구. 한국식품과학회지 9(1):36-40.
7. 박 신, 강정렬, 강선철. 1998. 전해산화수를 이용한 수출용 간밤의 저장성 향상. 한국농화학회지 41(7):545-549.
8. 박인순, 김성곤, 김춘수. 1982. 밥 전분의 이화학적 특성. 한국농화학회지 25(4):218-223.
9. 박영희, 김성곤, 이신영, 김주봉. 1984. 밥전분 호화액의 유동특성. 한국식품과학회지 16(3):314-318.
10. 박재복, 김종훈, 김동만, 김종태, 권기현. 1997. 밥 박피 기계 개발에 관한 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서 G1147-0759.
11. 박홍현, 김성곤, 변유량, 이신영. 1989. 밥전분 수용액의 리올로지 특성. 한국식품과학회지 21(6):815-819.
12. 신두호, 배정설, 배국용. 1982. 한국산 밥의 저장에 관한 연구. 한국영양식량학회지 11(3):41-46.

13. 이병영, 윤인화, 김영배, 한판주, 이정명. 1985. 밤의 polyethylene film 밀봉 저장 효과. 한국식품과학회지 17(5):331-335.
14. 이종욱, 김재욱. 1982. 밤 지질 성분의 분석 -제 1보 내과육 및 외과육의 지질성분-. 한국농화학회지 25(4):239-247.
15. 이종구, 김은선, 김동연. 1983. 밤 지질 성분의 분석. 한국농화학회지 26(1):19-27.
16. 이현우, 오상룡, 신동주. 1979. 밤의 중간제품가공 및 저장에 관한 연구, 2보, 당침밤의 설탕대체시험 및 중간제품의 이용도 개발시험. 식품연구소 사업보고서 71.
17. 이혜성, 이혜수. 도토리과 밤전분 gel의 물리적 특성비교. 1991. 한국식품과학회지 7(1):11-14.
18. 이혜성, 이혜수. 도토리과 밤전분의 이화학적 특성 연구. 1990. 한국식품과학회지 6(3):1-7.
19. 임호, 김정옥, 신동채, 서기봉. 1980. 밤 저장에 관한 연구. 한국식품과학회지 12(3):170-175.
20. 오석홍, 김용휘, 이서나. 1987. 밤에 함유된 peroxisase의 정제 및 특성에 관한 연구. 한국식품과학회지 19(6) : 506-514.
21. 주난영, 안승요. 1995. 밤 전분 및 전분겔의 성질에 관한 연구. 한국식품과학회지 27(6):1017-1027.
22. 주난영, 안승요. 1995. 밤 전분의 분자구조의 변화가 전분의 성질 및 겔 특성에 미치는 영향. 한국식품과학회지 27(6):1028-1034.
23. 조성환, 성낙계, 기우경, 심기환, 정덕화. 1989. 건조 처리별 밤가루의 가공적성에 관한 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서
24. 조성환, 성낙계, 기우경, 허종화, 심기환, 정덕화. 1988. 밤 가루의 변색 방지를 위한 Blanching 효과. 17(3):211-214.
25. 하봉석, 배명숙, 정태명, 성낙주, 손양욱. 1982. 밤의 동결건조에 의한 성분 변화에 관한 연구. 한국식품과학회지 14(2):97-105.

26. 황태영, 김준환, 김종국, 문광덕. 1998. Microwave 가열이 밤 당침제품의 물성에 미치는 영향. 30(3):569-573.
27. ASHRAE Handbook, 1989
28. Calslaw, H. S. and J. C. Jaeger. 1959. Conduction of heat in solids, 2th., Oxford Univ. Press, 282-296.
29. Cleland, A. C. and R. L. Earle. 1982. Freezing time prediction for foods a simplified procedure. Int. J. Refrig., 5(3):134-140.
30. I. I. R. 1972. Recommendations for the processing and handling of frozen foods. 2th ed., 18-56.
31. Kong, J. Y. et al. 1982. Analysis and prediction of the effective thermal conductivities of meat. Argic. Biol. Chem. 46(5):1235
32. Pham, Q. T. 1986. Simplified equation for predicting the freezing time of foodstuffs. J. Food Tech., 21:209-219.
33. Saitoh, t. 1980. Recent developments of solution methods for the freezing problem. Refrig., 55(636):875-883
34. Singh, R. P. 1982. Thermal diffusivity in food processing. Food Techn. 36(2):87
35. Takaaki Manabe. 1970. Studies on the Constituents and Processing Method of Japanese Chestnut - Part VII. Several problems under a current processing method. Journal of Food Science and Technology (Japan) 17(6):242-246.
36. Takaaki Manabe. 1970. Studies on the Constituents and Processing Method of Japanese Chestnut - Part VIII. A trial for removing both inner peel and the most outside layer in the edible portion of chestnut with chemical reagents. Journal of Food Science and Technology (Japan) 17(6):247-251.
37. Tien, R. H. and G. E. Geiger. 1967. A heat transfer analysis of the

solidification of a binary eutectic system. *Trans. ASME, Ser. C*, 62(714):362-368.

38. Xu, S. Y. and C. F. Shoemaker. 1986. Gelatinization Properties of Chinese Water Chestnut Starch and Lotus Root Starch. *Journal of Food Science* 51(2):445-449.