

발간등록번호
11-1543000-000569-01

저온 가공 기술의 적용을 통한
국내 농산물 기반 생식 제품의 고부가가치화

Development of High Valued Saengshik
using Low Temperature Processing

(주)이롬

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “저온 가공 기술의 적용을 통한 국내 농산물 기반 생식 제품의 고부가가치화” 과제의 보고서로 제출합니다.

2014 년 8 월 18 일

주관연구기관명 : (주)이름

주관연구책임자 : 홍 성 길

세부연구책임자 : 홍 성 길

연 구 원 : 정 지 상

연 구 원 : 오 현 택

연 구 원 : 김 중 학

협동연구기관명 : 단국대학교

협동연구책임자 : 정 윤 화

협동연구기관명 : 공주대학교

협동연구책임자 : 류 기 형

요 약 문

I. 제 목

저온 가공 기술의 적용을 통한 국내 농산물 기반 생식 제품의 고부가가치화

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라는 식량자급율이 약 26% 수준으로 해외의존도가 매우 높으며, FTA 등으로 인한 농업 시장 개방 압력은 국내 농산업에 대한 심각한 위협으로 다가오고 있을뿐 아니라, 고부가가치화가 미진한 편으로 위기를 맞고 있다. 따라서, 국내 농산물의 고부가가치화 및 국제적 경쟁력 확보를 위하여 국내 농산물을 사용한 식품의 고부가가치화를 위한 연구개발이 절실한 실정이다.

생식은 국내 식품위생법상 60℃ 이하로 가공하도록 정의 되어 있는 대표적인 비가열 가공 식품중의 하나로 세계 최초로 국내에서 기준 규격이 설정된 식품이며, 건강에 유용한 연구 결과가 지속적으로 발표되고 있어 웰빙식품으로서의 자리매김을 하고 있다. 그러나 비가열식품의 특성상 미생물 분포가 높아 타식품으로의 전환이 어렵고, 고온 가공이 되지 않아 분말 이외의 제형 다변화가 매우 미진한 편이다. 그러나 생식은 국내산 농산물을 직접 가공하여 제조하는 식품으로 생식 산업의 발전은 국내 농산업의 시장 확대 및 경쟁력 강화에 큰 역할을 할 수 있을 것이라 판단되어 저온 가공 기술의 개발을 통한 미생물 저감화 및 제형의 다변화 연구가 필요한 실정이며, 이를 통하여 국내 농산업 및 식품 산업의 고부가가치화와 더불어 웰빙 문화를 통해 slow-food가 보급되고 있는 해외 시장으로의 경쟁력을 확보할 수 있을 것이라 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 저온(60℃ 이하)에서 미생물을 제어할 수 있는 기술을 개발하여 생식의 미생물 분포 수준을 낮춤으로서 환자용 특수의료용도 식품으로의 유형을 넓히고, 이와 더불어 저온 가공 기술의 개발을 통해 생식의 제형 다변화 된 생식 제품의 개발을 추진하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구개발에서는 식품위생법상 생식의 최대 가공 온도인 60℃ 이하에서 저온 건조를 통한 생식 원료의 미생물 저감화 공정 개발 및 최적 건조 조건을 수립하고, 이를 통해 특수의료용도 식품중 당뇨 환자용 식품의 미생물 규격에 적합한 원료를 생산하여 최종 제품에 적용하고자 한다. 이후, 생식 원료를 기반으로 한 당뇨 환자용 식품의 항당뇨 기능성을 원료별 및 최종 제품을 이용해 규명하고, 품질 안정성 및 식품 규격을 분석하여 최종적으로 상품성이 우수한 항당뇨 기능이 우수한 생식 기반의 특수의료용도식품중 당뇨 환자용 식품을 개발하고 상품화를 시행하고자 하였다.

또한, 생식의 제형 다변화를 위하여 현재 고온에서 시행되는 압출 성형 공정 기술을 60℃이하의 저온 압출이 가능하도록 공정 기술과 배합 기술을 개발하고자 저온 압출 성형의 공정 변수를 조사하고, 생식 원료의 곡류, 과채류의 최적 배합비를 확인하고자 하였으며, 이를 통해 개발된 제품의 생식 규격 적합성 및 품질 안정성을 확인함으로써 신규한 공정 기술을 개발하고자 한다.

Ⅳ. 연구개발결과

○ 미생물 저감화 저온 건조 조건 확립

60℃ 이하의 온도에서 시행하는 저온 건조 공정의 미생물 저감화 가능성을 검토하고, 중요 원료별 저온 건조에 의한 미생물 저감화 수준을 확인하였으며, 생식의 중요 원료인 현미, 케일, 당근 등이 대해서 특수의료용도식품의 규격에 적합한 원료로 제조가 가능한 건조 조건을 수립하였고, 각각의 원료에 대해서 미생물 저감화의 수준과 해당 수준을 만족할 수 있도록 최초 원산물의 미생물 최대 기준 규격을 수립하였다.

○ 분쇄 온도에 따른 품질 변화의 확인

저온 가공 기술 중 초저온에서 분쇄를 시행하는 냉동분쇄법과 일반 분쇄법간의 차이를 영양성분 분석 비교를 통해서 수행하였으며, 냉동 분쇄가 생식 원료의 분쇄 시 영양소 보존에 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 확인하였다.

○ 생식 원료 기반의 당뇨환자용 식품 개발 및 적합성 검증

특수의료용도식품 중 당뇨환자용 식품의 미생물 규격에 적합하도록 개발된 생식 원료를 중심으로 하여 당뇨 환자의 관능 검사를 통해 최종적으로 당뇨환자용 식품의 제품 배합비를 개발하였으며, 해당 제품의 규격 검증을 통하여 당뇨환자용 식품에 적합함을 확인하였고, 품질안정성 검증을 통해 수분 함량에 따른 품질 열화를 확인하여 이를 개선하여 품질유지기한 검증에서 12개월의 품질유지기간을 확정하였고, 식품의약품안전처의 특수의료용도식품으로 신고하여 상품화 및 생산 준비 과정을 수행하고 있다.

○ 항당뇨 활성의 검증

생식 원료에 대해서 장내 소화 효소 억제 활성을 비롯하여 당 흡수 억제 기전을 확인하였으며, 개발된 당뇨환자용 식품에 대해서 1형 당뇨 모델 및 2형 당뇨 모델을 이용하여 항

당뇨 활성을 규명함으로써 개발 제품의 기능성을 확인하였고, 이를 통해 개발 제품이 당뇨 환자용 식품으로서의 과학적 근거를 마련하였다.

○ 저온 압출 성형 기술의 개발

생식 플레이크 개발을 위하여 저온(60, 80, 100℃) 압출성형하였을 경우 배합물의 호화전 분과 곡류, 엽채류 등의 첨가 비율의 차이 사출구 온도, CO₂ 가스 주입양에 따른 압출성형 물의 물리적 특성 및 관능 조사등을 통하여 최적 공정 조건 및 배합비율의 가이드를 도출하였고, 최종적으로 CO₂ 가스를 주입한 60℃의 저온 압출성형 공정을 확립하였다. 본 연구개발에서 개발 된 저온 압출 성형 공정은 재래식 압출성형공정과 동일한 팽화율과 낮은 밀도는 아니지만 생식의 플레이크 제형으로의 제조에 적용될 수 있는 공정으로 확인되었으며, 공정의 산물은 생식 규격에 적합함을 확인하였다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

본 연구개발을 통해서 생식 규격을 만족하면서 특수의료용도식품의 미생물 기준 규격을 만족 할 수 있는 저온 건조 기술을 개발하였고, 이를 통해 특수의료용도식품 중 당뇨환자용 식품의 규격에 적합하도록 제품을 설계하고 개발을 시행하였다. 또한, 개발 된 제품의 항당뇨 기능을 원료 및 제품 수준에서 규명하였고, 최종적으로 개발 제품이 생식 규격과 특수의료용도식품 중 당뇨환자용 식품의 규격에 적합함을 검증하였다. 또한, 생식 제품의 제형 다변화를 위하여 60℃ 이하의 가공온도를 가지는 저온 압출 성형 공정 기술을 개발하고 이를 통해 생식 규격에 적합한 플레이크형 생식 제품을 제조하고 품질에 대한 검증을 시행하였다. 본 연구개발에서 개발되어진 당뇨환자용 식품은 기존 환자용 식품이 영양소의 균형 보급에 초점이 맞추어진 반면 영양 보급과 더불어 생식의 유용성을 동시에 부가할 수 있는 제품으로 시장에서 경쟁력을 가진 제품으로서 자리매김할 수 있을 것으로 판단되며, 현재 상품화 과정을 진행중에 있다. 또한, 저온 압출 성형 공정을 통한 제품의 개발 기술은 차후 시리얼과 같은 아침 식사 대용식 시장에 생식의 유용성을 기반으로 한 경쟁력 있는 제품으로의 개발 가능성을 제시하였으며, 시설 설비에 대한 투자 이후 본격적인 상업화를 예정하고 있다. 이러한 연구 개발 결과는 국내 농산물을 주원료로 하는 생식 시장의 본격적인 확대를 가능하게 할 것이라 판단되며, 이를 통해 국내 농산물 및 식품의 고부가가치화에 기여할 것으로 생각된다.

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1절 생식의 항당뇨 기능성 연구

제 2절 당뇨 환자용 특수 영양 식품 및 생식

제 3절 식사 대용식 제품

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 저온 건조에 의한 미생물 저감화 곡물 건조 공정 개발

1. 저온 건조 공정을 통한 곡물 건조 조건
2. 곡물류에서 저온 건조 공정을 통한 미생물 저감화
3. 엽채류에서 저온 건조 공정을 통한 미생물 저감화
4. 구근류에서 저온 건조 공정을 통한 미생물 저감화
5. 건조 시간에 따른 미생물 저감화
6. 저온 건조물과 동결 건조물의 관능의 비교
7. 저온 건조물과 동결 건조물의 영양학적인 비교
8. 중요 생식 원료의 저온 건조 가공 방법
9. 중요 생식 원료의 저온 건조 가공시 초기 균수의 기준 설정

제 2 절 생식 원료의 항당뇨 효과 및 건조 방법에 따른 활성 변화

1. 생식 원료 추출물의 제조
2. 생식 원료 추출물의 α -Amylase 저해활성
3. 생식 원료 추출물의 α -glucosidase 저해활성
4. 생식 원료의 세포 생존율의 측정
5. Caco-2 cell에서 세포 생존율의 측정
6. Caco-2 세포에서 glucose 투과도의 측정

7. Caco-2 세포에서 SGLT1 및 GLUT2 단백질 발현양 분석
8. HepG2 세포에서 glucokinase, pyruvate kinase 및 glucose-6-phosphatase의 발현에 미치는 영향
9. 건조 방법을 달리한 원료의 항당뇨 활성 비교 검증

제 3 절 저온 분쇄 방식에 따른 영양소의 비교 분석

제 4 절 저온 건조 생식 원료를 이용한 당뇨 환자용 식품 개발

1. 당뇨환자용 환자식 및 생식의 규격 비교
2. 당뇨 환자 및 당뇨 위험군을 대상으로 한 관능 기호도 조사
3. 저온 건조 생식 원료 기반의 당뇨 환자용 특수영양식 배합비율 개발
4. 당뇨환자용 특수영양식 제품 영양성분 및 규격 검토
5. 당뇨환자용 특수영양식 제품 혈당 지수 분석
6. 당뇨환자용 특수영양식 제품 품질 안정성 분석
7. 당뇨환자용 특수영양식 제품 저장 품질 개선 연구
8. 당뇨환자용 특수영양식 제품 품질유지기한 분석

제 5 절 개발 제품의 생리활성의 규명

1. 개발 제품 및 개발 제품 인공소화액 소화물의 소화 효소 저해 활성
2. 개발 제품의 2형당뇨 모델에서의 항당뇨 활성 검증
3. 개발 제품의 1형당뇨 모델에서의 항당뇨 활성 검증

제 6 절 개발 제품의 제품화

1. 개발 제품의 배합비율 확정 및 법적 규격의 검증
2. 개발 제품의 제품화 허가 사항 및 제품 디자인

제 7 절 저온 압출 성형 공정을 이용한 생식 제품의 개발

1. 저온압출 공정변수에 따른 생식 후레이크의 물리적 특성
2. 나노분쇄한 호화현미 첨가량과 압출성형조건(수분함량, CO₂가스주입량)에 따른 물리적 특성
3. CO₂ gas 주입량에 따른 압출성형물의 특성
4. 압출성형 조건 및 채소분의 종류에 따른 압출성형물의 물리적 특성 변화
5. CO₂ 가스 주입과 당 함량에 따른 압출성형물의 특성
6. CO₂ 가스 주입과 당 함량에 따른 압출성형물의 특성 II

7. 예비호화 현미분 함량과 CO₂ 가스 주입량에 따른 생식 조성물 압출성형물의 물리적 특성 변화
8. CO₂ 가스 주입량에 따른 생식의 저온 압출성형으로 제조한 플레이크의 물리적 특성 변화
9. 생식의 저온 압출성형으로 제조한 플레이크의 품질적 특성 검증

제 4 장 목표 달성도 및 관련분야의 기여도

제 5 장 연구개발 성과 및 성과 활용 계획

1. 학술적 성과
2. 특허 성과
3. 추가 연구 및 타연구 활용 계획

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 7 장 연구시설 장비현황

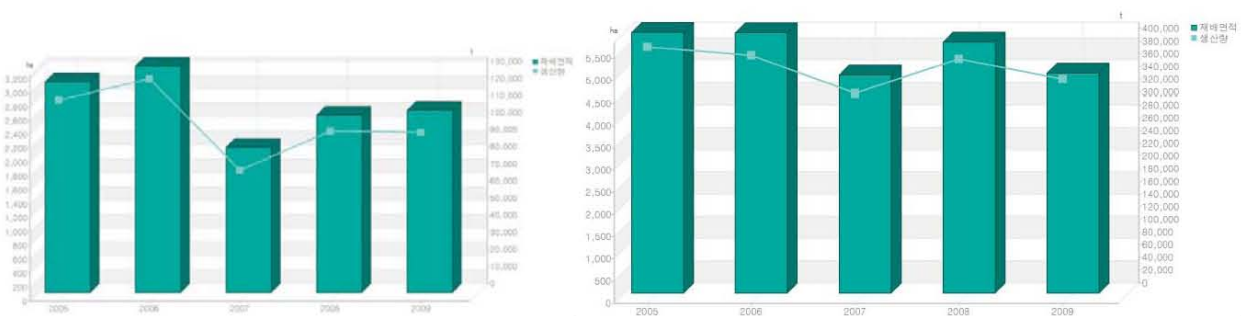
제 1 장 연구개발과제의 개요

- 우리나라의 식량자급율은 약 26% 수준으로 해외의존도가 매우 높으며 최근 유럽 등 농업 비교 우위국가들과의 FTA 협정으로 인한 농업 시장 강압력은 국내 농업 산업에 대한 심각한 위협으로 다가오고 있음
- 국내 농산물의 총수입액은 농촌경제연구소의 통계 수치에 따르면 2003년도 84억달러에서 2005년 98억달러, 2007년에 149억달러로 급증한 반면에, 농축산물의 수출액은 2003년도 18억달러에서 2005년 21억달러, 2007년에 28억달러로 큰 변화를 보이지 않고 있으며, 수입농산물의 급증은 국내 농산물의 입지 축소를 나타내고 있는 것으로 보임
- 특히, 우리나라의 주식인 벼의 재배량을 살펴보면 재배면적이 2005년도 967에서 2009년도 918로 감소하였고, 주야채중 하나인 당근의 재배면적 역시 약 3200ha에서 2009년 약 2700ha로, 오이 재배면적은 2005년 약 5700ha에서 5100ha로 감소하는 등 전반적인 농업 재배면적의 축소 경향을 보이고 있음

〈 표 - 국내 벼 재배면적 및 생산량 추이 〉

연도	재배면적	생산량
2005	967	4,735
2006	945	4,659
2007	942	4,389
2008	928	4,825
2009	918	4,899

(농촌경제연구원 통계자료)



〈 당근 생산 면적 및 생산량 변화 〉

〈 오이 재배면적 및 생산량 변화 〉

- 이러한 재배면적의 감소는 국내 양곡의 소비추세에서도 더 확실하게 나타나는데 주곡인 쌀의 경우 1인당 소비량이 2005년 80.4kg에서 2009년 74.1kg으로 감소하였고, 콩은 9.3kg에서 8.0kg으로 감소하고 있음. 그러나 수입이 주를 이루고 있는 밀의 경우는 2005년

33.2kg에서 2009년 33.4kg으로 큰 변화를 나타내고 있지 않아 국내 농업에서 수입의 비중이 상대적으로 크게 작용하고 있는 것으로 판단할 수 있음

- 이러한 국내 농업 산업의 위축을 타파하기 위하여 국내 농산물의 부가가치화가 필요하나 농산물을 직간접적으로 이용하고 있는 음식료품의 부가가치 창출 부분에서도 2004년 11조 5400억원에서 2009년 12조 3400억원으로 5년간 약 7% 성장하는데 그쳐 음식료품의 고부가가치화가 빠르게 진행 되지 않음을 알 수 있으며, 음식료품의 고부가가치화의 한계는 농업 산업의 활력을 증진시켜 농업 생산성을 증대시키는데 장애요인으로 작용하고 있다고 판단됨
- 또한, 국내 농산물 및 농산물 가공 식품의 해외 수출을 위해 경쟁력을 확보할 필요가 있으나 일부 식품군에서는 해외에서 활발한 영업 활동이 수행되고 있음에도 불구하고 국내 농산물을 주원료로 사용하면서 해외에서 성공적으로 진입한 제품은 아직까지 두드러지지 않고 있는 형편임
- 따라서, 국내 농산물의 고부가가치화 및 국제적 경쟁력 확보를 위한 국내 농산물을 사용한 식품 개발은 농업 산업의 활력을 위해 절대적으로 필요한 사항이며, 특히 국민소득의 지속적인 향상과 웰빙문화의 영향으로 식품을 통한 건강을 지향하고자 하는 목적이 뚜렷해지고 있으며 국산 먹거리에 대한 국민적 인식이 확산되어 국산 농산물을 이용한 고부가가치 식품이 개발의 시장 진입 가능성은 매우 높다고 판단됨
- 국내에서 개발되어 세계 최초로 상용화된 생식 제품은 통곡류, 엽채류, 버섯류, 구근류 등의 농산물을 비가열 상태에서 건조하여 얻은 건조물을 분말화 한 것을 주원료로 하여 제품화한 것으로 1990년대 초반까지는 일부 매니아들이 스스로 제조하여 섭취하거나 소규모로 제작하여 판매하는 형태로 유통되었으나, 1990년대 후반부터 건강에 대한 사회적 관심이 증가하면서 '생식'이라는 상품으로서의 시장이 본격적으로 형성되었으며, 2004년도 식품위생법상의 '생식' 카테고리가 설정됨으로서 일반식품으로서 자리잡게 분류되었음
- 2004년도에 개정된 식품위생법상의 [생식]은 비가열 또는 60℃ 이하의 건조 방법으로 건조하여 최소한의 가공만을 거친 제품으로 정의하고 있으며 이러한 생원료의 함량이 50%~80%까지를 생식함유식품, 80% 이상일 경우 생식 제품이라는 제품의 유형으로 정의 되어 있음
- 생식은 2000년대 들어서 사회에 불기 시작한 웰빙 문화는 건강 지향적인 식품과 국산 농산물에 대한 소비자의 욕구를 만족시키기 위하여 생식 제품의 대다수는 외산 농산물이 아닌 국내산 농산물만을 사용하는 형태로 상품화가 시행되었으며, 그 결과 국내 농산물의 판로 확대 및 고부가가치에 크게 기여하여 왔으며, 특히, 본 연구개발의 주관기업은 생식 시장을 통해서 2010년에 800 ton 정도의 국내 농산물을 사용하고 있어 국내 농산물 중요한 소비처로서 역할을 수행하였으며, 미국, 중국 등의 시장 개척을 통해서 국내 농산물의 해외 판로 확보에도 기여하고 있음
- 비가열/최소가공 식품인 생식 또는 생야채의 섭취에 의한 유용성은 국내를 비롯한 해외에

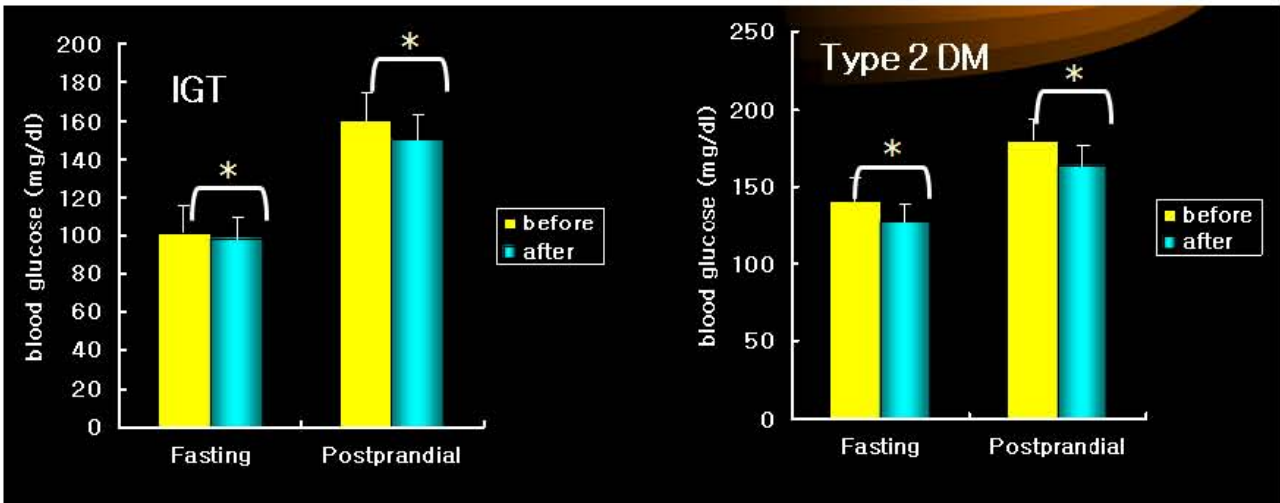
서 다수의 연구 결과에 의해서 GI(혈당지수)가 낮은 Low GI 식품으로서의 당뇨에 대한 유용성, 고지혈증 개선, 항암 효과, 소화기계암 발병 억제 효과, 장염 등의 소화기계 염증 개선 효과 등이 동물 및 임상실험을 통해 보고되어 있어 우수한 건강 지향적 식품으로서 가치를 확인할 수 있어 웰빙 문화에 적합한 우수한 건강지향형 식품으로 인식되고 있음

- 또한 유럽을 중심으로 한 건강 지향적인 식문화 운동으로서 슬로우푸드 운동이 확산됨에 따라서 국내의 생식 개념과 유사한 Raw Replacement Meal 개념의 제품이 다수 선을 보 이면서 시장에서 좋은 평가를 받고 점차 시장이 확산되는 추세를 보이고 있어 생식을 기반으로 한 건강지향적 웰빙 식품의 개발은 국내뿐만 아니라 국제적으로도 고부가가치 식품으로서의 자리매김의 가능성은 매우 높으며, 이를 통해 국내 농산물의 국제화 경쟁력을 확보 할 수 있는 좋은 제품으로서 판단됨
- 그러나 생식 제품의 건강 지향적인 유용성과 국내 농산물의 중요한 소비 상품으로서의 위 상에도 불구하고 몇가지 문제로 인하여 국내 및 국외에서 시장확대가 아직까지 극히 제한 적인 상황인데 그 문제점은 1) 천연물의 건조물 사용에 따른 미생물 제어 문제, 2) 비가 열 제조 공정에 따른 제제상의 한계점 문제, 3) 일반 식품으로서 기능성에 대한 표현의 제약 문제가 대표적임
- 이중 생식의 미생물 규격은 국내에서는 비가열 공정의 특성을 반영하여 식품위생법상에서 타 식품과의 차별화 된 미생물 규격이 설정되어 있어 생식 제품으로서의 국내 판매에는 문 제가 없으나 생식 규격이 별도로 설정되지 않은 국가로의 수출이나 국내에서 생식을 응용 한 다양한 고부가가치 제품의 개발에 있어서 제약사항이 되고 있어 연구개발을 통하여 저 은 가공 기술을 개발함으로써 생식의 고부가가치화를 시행할 필요성 있음
- 또한, 제형상의 문제로 볼 때 국내에서 생산되는 생식 제품의 경우 대부분이 건조물을 분 말화 하여 물 또는 우유, 두유에 혼합하여 음용하는 형태의 제품이 대다수를 차지하고 있어 섭취의 불편함과 저작감의 부재로 인해 소비자의 관능적 욕구를 충분히 만족 시키지 못하 고 있으며, 이를 개선하기 위하여 일부의 경우 생식을 이용한 쿠키, 생식을 이용한 바 형태 의 제품이 개발되었으나 생식 함량이 낮거나 또는 관능적인 문제로 인하여 대중화에 성공 하지는 못하였음
- 따라서, 생식을 기반으로 한 식품 개발은 생식의 건강지향적 특징을 살리면서 기존에 제기 되었던 문제를 해소하기 위하여 본 연구개발에서는 첫째 당뇨환자용 식사대용식 규격에 적 합한 제품 개발과 둘째 플레이크(flake) 타입의 저온 압출 성형 공정 개발을 통하여 생식 기반의 응용 식품 기술을 개발함으로써 국내 농산물을 이용한 고부가가치 식품 개발에서 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 판단됨

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1절 생식의 항당뇨 기능성 연구

- 국내에서 개발되어 세계 최초로 상용화된 생식은 통곡류, 엽채류, 버섯류, 구근류 등을 비가열 상태에서 동결건조하여 얻은 건조물을 분말화하여 제품화한 것으로 1990년대 초반까지는 일부 매니아들이 스스로 제조하여 섭취하거나 소규모로 제작하여 판매하는 형태로 유통되었으나, 1990년대 후반부터 건강에 대한 사회적 관심이 증가하면서 ‘생식’이라는 상품으로서의 형태를 갖추었으며, 2004년도 식품위생법상의 ‘생식’ 카테고리가 설정됨으로서 일반식품으로서 자리잡게 되었음.
- 생식은 천연 식품을 비가열 건조한 것으로서, 식품내에 유효 영양소 및 생리활성물질의 손실을 최소화하여 섭취가 가능하기 때문에, 체내에서 유리한 생리활성을 나타내며, 현재 고지혈증 및 지방간 개선, 체력증강, 항암, 소화기계 질환 개선 효능 등의 다양한 효능에 대한 연구가 보고되고 있음.
- 선행연구에서 생식의 혈당지수(glycemic index)는 43~50 정도의 범위를 나타내었으며, WHO에서 당뇨병 예방 식이로 권장하는 Low GI 범위인 55 이하를 만족하는 것으로 보고 되었으며(한국식품영양과학회지, 36(12), 1553-1559, 2007), STZ로 유도된 당뇨 실험 모델에서도 생식의 장기 섭취가 혈당의 저하 및 장기 생존율을 개선시키는 것으로 보고되어 (J. Med. Food, 7(2), 162-167, 2004) 생식은 급격한 혈당상승을 막아주어 당뇨병자 및 당뇨 위험군의 혈당관리를 위한 식이로서 적합하며, 장기 섭취시 혈당 저하에도 도움을 줄 수 있을 것으로 예상됨.
- 또한, 주관기업인 (주)이름에서는 2006~2007년에 중국 북경에 있는 한방 종합 병원인 동방병원에서 생식의 항당뇨 기능에 대한 인체 적용 시험을 실시하였음. 본 시험은 내당능 장애자 및 제 2형 당뇨 질환자에 대해 각각 30인을 대상으로 하여 생식을 3개월 이상 섭취하였을 경우 나타나는 당뇨병 증상 개선에 대한 효능 평가 시험으로 생식의 중국내 항당뇨 식품으로서의 개발을 위한 예비 인체 적용 시험 성격으로 실시 하였음(그림 2.3).
- 3개월간 생식의 장기 섭취시에 내당능장애자 및 2형 당뇨병자에게서 공복 혈당 및 식후 2시간 혈당의 감소가 나타났음. 당뇨 환자에게 있어서 식후 2시간 혈당의 감소는 식사 대응 식으로서 생식을 당뇨 환자가 섭취하는 것에 의해서 매우 유의적인 결과라 할 수 있음.



East-medicine Hospital in Beijing (2007)

그림 2. 내당능 장애자(IGT) 및 2형 당뇨병 환자(DM)의 생식 섭취에 의한 혈당 강하 효과

- 또한, 생식의 장기 섭취는 당화헤모글로빈(Glycosylated hemoglobin)의 농도를 유의적으로 저하시켜 혈당 관리에 유용한 효과를 주는 것으로 조사되었으며, 이는 생식의 장기 섭취가 단기적인 혈당 조절 효능 뿐만 아니라 인슐린 저항성을 낮추어 줌으로써 장기적으로 혈당을 개선 할 수 있다는 것을 반증하는 것으로 추측되었음.(그림 3)

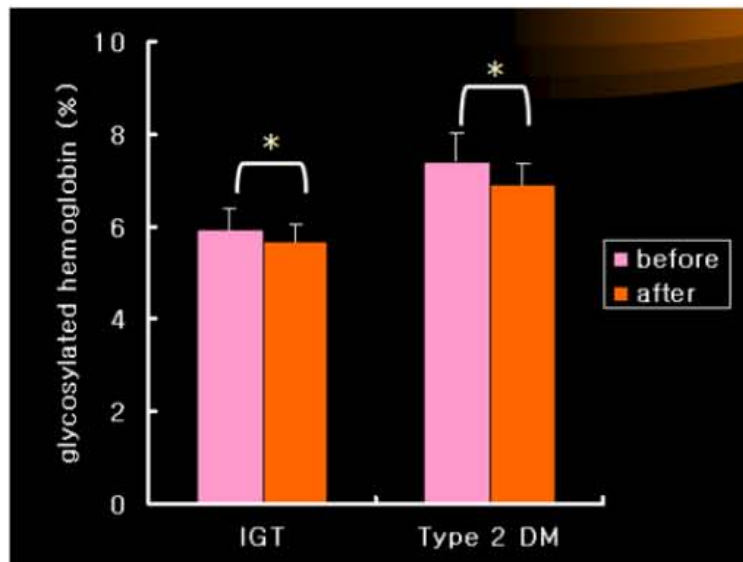
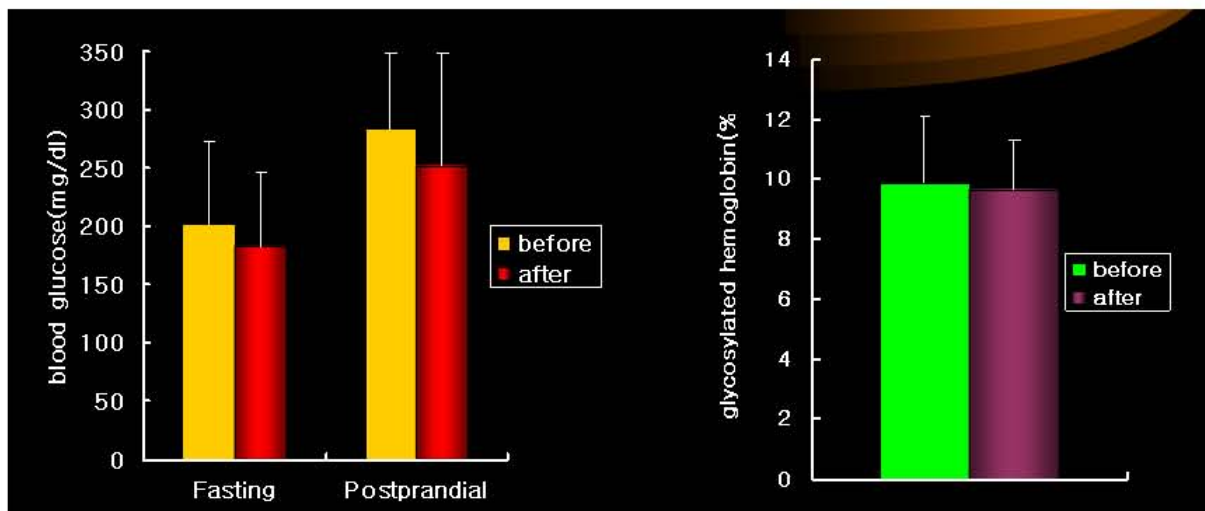


그림 3. 내당능 장애자 및 2형 당뇨병 환자에 대한 생식 섭취의 효과

- 또 이와 유사하게 인도네시아의 Mutiara Gading Clininc에서 2형 당뇨병 환자 22인을 대상으로 하여 생식을 6주간 섭취시킨 후 혈당 및 당화 헤모글로빈의 함량을 측정 한 결과에서

는 중국의 인체 적용시험과 유사한 양상을 나타내었으나 그 감소 폭 및 결과의 편차가 비교적 크게 나타났으며, 이를 통하여 생식 섭취를 통하여 충분한 당뇨 개선 효능을 얻기 위해서는 3개월정도의 섭취 기간이 필요한 것으로 추측되었음(그림 4)



Mutiara Gading Health Clinic, Indonesia, Basuri, Lanny Dewi and Rony Senjaya (2006)

그림 4. 제 2형 당뇨병환자에 대한 생식 섭취의 효능

- 생식의 혈당저하 효과는 생식내 식이섬유소, 올리고당을 포함한 다당체가 풍부하기 때문에 체내에서 흡수/이용 가능한 형태인 단당류로의 분해가 지연되어 혈당반응을 감소시키는 것으로 판단되며, 항당뇨 기능이 강화된 당뇨병환자용 생식을 개발하기 위해서 기존 생식을 베이스로 활용 가능할 것으로 판단됨.
- 그러나 생식은 원물을 동결건조하여 사용하여 친환경이고 웰빙 문화에 적합한 식품임에도 불구하고 원물의 재배 상태 등의 영향을 받아 그 효능에 편차가 있으며 장내 소화 효소의 활성에 미치는 영향은 미미하여 생식의 효능을 표준화시키고 또한 장내 소화효소의 활성 억제제가 함유된 원물을 사용함으로써 항당뇨 기능을 더욱 강화시킬 수 있어 국제적인 경쟁력을 강화시킬 수 있을 것으로 판단됨.
- 이러한 연구 현황들을 판단할 때 본 연구에서는 항당뇨 기능성 소재로서 효능이 극대화되고 표준화된 생산 방법을 가진 발아곡물을 개발하여 생식내에 혼합함으로써 항당뇨 기능을 강화시킨 생식류 제품을 개발할 수 있으며, 이러한 생식 베이스를 바탕으로 하여 당뇨 환자용 식사 대용식의 개발도 가능할 것으로 판단되며, 또한, 주관기업인 (주)이름의 중국 현지 법인을 통한 현지인에 대한 관능 최적화 등에 대한 연구도 동시에 수행함으로써 세계 최대의 당뇨 시장을 가진 중국 시장에 대한 현지화를 손쉽게 수행할 수 있을 것으로 판단되었음
- 중국 시장의 진출을 위하여 효능 이외에도 품질관리를 위한 지표성분의 설정 및 관리가 필수적으로 요구되고 있으나 생식은 30~60종의 미가공 농산물의 혼합물로서 지표성분의 설

정 자체가 어려우며, 일부 설정 가능한 지표성분도 생식 원물의 재배시기, 재배지 등에 따라서 편차가 심하게 나타나 지표성분의 설정 및 관리가 불가능한 상황이기에 항당뇨 기능성과 연관된 중요 지표 성분에 대한 성분 연구를 통한 지표성분의 설정이 필요한 상황이었음

- 상기와 같은 상황에서 차후 가장 큰 건강 식품 시장을 형성할 수 있는 중국 시장에서도 가장 성장 폭이 큰 것으로 예상되는 당뇨 환자를 위한 건강 식품 시장의 진출을 목표로 하여 제품을 개발하고자 하였으며, 그중에서 한국의 농산물을 중심으로 하여 당뇨병 환자에게 유익한 기능이 일부 확인된 생식 제품을 기반으로 하여 제품을 개발을 수행하고자 하였음

2절 당뇨 환자용 특수 영양 식품 및 생식

- 일반적으로 환자식은 환자의 영양상태 회복 및 질병 치료를 목적으로 하는 식사를 포함한 모든 식품을 광의적으로 일컫는 말로써, 질환 또는 수술 등으로 인해 저작, 연하가 곤란한 환자들에게 제공되는 유동식, 경구용 보충식, 경관급식액 등을 통칭하는 의미임
- 환자식은 규격상으로 특수의료용도등식품에 속하며, 식약청에서는 2007년 특수용도식품의 안전성, 영양, 품질을 제고하고, 국내의 다양한 식품개발을 위해 유형을 확대하였음. 내용은 환자용 균형영양식, 당뇨환자용 식품, 신장질환자용 식품, 장질환자용 가수분해 식품 등 질환별로 분류하여 환자의 식사대용식으로서의 기본을 충족시키고, 대상질환자의 특성에 따라 규격을 달리하였음
- 상기 유형에서 환자용 균형영양식은 환자에게 필요한 영양소를 균형있게 제공할 수 있도록 영양성분을 조정하여 제조/가공한 것으로 환자의 식사 일부 또는 전부를 대신할 수 있는 제품이며, 당뇨환자용 식품은 당뇨환자 혹은 고혈당 환자등에게 필요한 영양소를 균형 있게 제공할 수 있도록 영양성분을 조정하여 제조, 가공한 것으로 이들 환자의 식사 일부 또는 전부를 대신할 수 있는 제품으로 정의하였음
- 환자식 시장은 의약품시장과 식품시장으로 분류되는데, 1994년에는 시장 점유율이 50대 50인데 반해 그 후, 식품시장이 크게 증가하여, 1999년에는 환자식의 80%를 차지하고 있음.

표 1. 환자식의 의약품 대 식품의 시장점유율 변화

	1994	1995	1996	1997	1998
식품	50	56	63	68	80
의약품	50	44	37	32	20

- 국내 상업용 환자대용식은 1980년대 말에 아지노모토, 미드존슨, 애보트 등의 국외 제품을 수입하여 이용하여 왔으며, 1991년 정식품에서 개발한 그린비아가 출시되어 기존 수입제품에 의존하던 상업용 환자식 시장에 국내기술의 상업용 환자식으로 대체하였음. 이후, 1995년 대상에서 뉴케어 출시하였고, 한국메디칼 푸드 등 다양한 업체에서 환자식 시장에 가세하였음.
- 국내 상업용 환자식의 시장규모는 출시 초기 27억 규모에서, 2007년도에 약 270억, 2008년도에 약 300억, 2009년도에는 약 330억 규모로 꾸준히 성장하고 있으며, 시장점유율은 그린비아(정식품)가 30%, 제비티(한국애보트), 뉴케어(대상), 메디푸드(한국메디컬푸드)가 각각 약 20~25%씩 점유하고 있음. 그 외 뉴트리란(영진약품), 메디웰(엠디웰아이앤씨), 케어웰(한국엔터털푸드) 등의 군소 업체들이 총 5~7%를 차지하고 있는 실정임.

표. 국내 상업용 환자식 종류

	정·식품	대상	에보트	한국메디컬푸드	영진약품	엠디헬아이엔씨
일반식	그린비아 MC	뉴케어구수한맛		실버젤		메디컬구수한맛
고단백	그린비아 HP	뉴케어하이프로틴				메디컬하이프로틴
당노식	그린비아 DM	뉴케어당노식	글루서나	메디푸드글루트롬		메디컬당노식
경관식	그린비아 TF	뉴케어 300	엔슈어액	메디푸드스탠다드	뉴트릴란	메디컬화이버
	그린비아 Fiber	뉴케어화이버	제비티	메디푸드젤디		
신장	그린비아 RD	뉴케어 KD				
질환식	그린비아 RD+	뉴케어 KD+				



대상웰라이프
뉴케어



정식품
그린비아



에보트
글루서나



한국MF
글루트롬/영양푸드

그림. 국내 상업용 환자식 종류

- 대상웰라이프의 뉴케어와 정식품의 그린비아는 영양보충용 균형영양식 제품과 식이섬유보충, 고단백질보충, 신장질환자, 당뇨질환자와 같은 환자식 제품을 보유하고 있으며, 모두 액상 제형의 제품임. 최근 대상웰라이프에서는 ‘뉴케어 하루영양애(愛) 고소한 맛’을 출시하였는데, 곡물, 야채, 견과류 등 22가지 원료를 이용하여 기존 환자용 영양식에서 맛을 개선시킨 정상인의 아침식사 대용식을 선보임.
- 에보트는 당뇨식 등의 환자식 제품이 있으며, 분말형 제품임. 한국메디컬푸드(한국MF)도 당뇨식, 일반영양식등을 보유하고 있고, 액상형, 분말형, 푸딩형의 다양한 제형의 제품개발을 시도하였음.
- 일반적으로 액상형 레토르트제품은 섭취가 간단하다는 장점이 있고, 분말형 제품은 다른 영양소 및 원료의 이용이 용이하고, 열량 및 점도등을 조절할 수 있는 장점이 있음.
- 생식의 당뇨환자용 식사 대용식으로서의 경쟁력은 기존의 생식의 항당뇨 기능에 대한 선행 연구에서 확인할 수 있는데, **생식의 혈당지수(glycemic index)는 43~50 정도의 범위를** 나타내었으며, WHO에서 당뇨병 예방 식이로 권장하는 Low GI 범위인 55 이하를 만족하는 것으로 보고되었으며(한국식품영양과학회지, 36(12), 1553-1559, 2007), STZ로 유도된 당뇨 실험 모델에서도 생식의 장기 섭취가 혈당의 저하 및 장기 생존율을 개선시키는 것으로 보고되어(J. Med. Food. 7(2), 162-167, 2004) 생식은 급격한 혈당상승을 막아주어 당뇨환자 및 당뇨 위험군의 혈당관리를 위한 식이로서 적합하며, 장기 섭취시 혈당 저하에도 도움을 줄 수 있을 것으로 예상됨.

- 상기에서 언급된 바와 같이 주관기업인 (주)이름에서는 장기간의 생식과 항당뇨에 대한 연구를 통해서 내당증 장애자 및 제 2형 당뇨 질환자에 대해 임상적 효능평가를 포함하여 다수의 동물 시험을 통해서 그 기능을 규명한 바 있어 당뇨환자용 환자식으로서 가능성을 확인하였음
- 따라서, 생식을 당뇨 환자식으로 적용하였을 경우 단순히 식사 대응 뿐만 아니라 장기적으로는 당뇨 환자들의 증상개선에도 크게 기여할 수 있을 것으로 보여 단순히 식사 대응식이 중점을 이루고 있는 당뇨 환자식 시장에서 높은 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 판단됨
- 환자식은 규격상으로 식품위생법상 특수의료용도등식품에 속하며, 식약청에서는 2007년 특수용도식품의 안전성, 영양, 품질을 제고하고, 국내의 다양한 식품개발을 위해 유형을 확대하였음. 내용은 환자용 균형영양식, 당뇨환자용 식품, 신장질환자용 식품, 장질환자용 가수분해 식품 등 질환별로 분류하여 환자의 식사대용식으로서의 기본을 충족시키고, 대상질환자의 특성에 따라 규격을 달리하였음
- 이중 당뇨환자용 식사 대응식의 규격은 당뇨 환자의 특성을 감안하여 포화지방의 유래 열량을 총 열량의 10%미만으로 하고, 콜레스테롤을 제품 1000kcal당 100mg 이하로, 단당류 및 이당류 유래 열량을 총열량의 10%미만으로 규정하고 있으며 이외에도 비타민 및 무기질의 함량과 미생물학적 규격을 일반식품과는 별도로 규정하고 있으며, 해당 제품에 대한 영양학적, 의학적, 생리학적 측면에서 과학적인 입증 자료의 구비를 규정하고 있음
- 현재 시판되고 있는 생식제품의 당뇨환자용 식품 규격으로 적용하기 위해서는 영양학적 규격에서는 대부분 만족할 수 있으나 미생물 규격에서 다음의 표와 같은 상황을 나타내어 미생물학적 부분에서 미생물 저감화의 필요성이 필수적으로 요구되고 있음

< 표 - 당뇨병자용 식품 중요 규격에 대한 생식 제품의 현황 >

유형 항목	생식 현황	당뇨환자용식품규격
수분	5% 미만	10.0% 이하(분말제품에 한함)
포화지방	1.0 %이하	포화지방의 열량은 총 열량의 10%이하
당류	총열량의 약 9~10%	단당 및 이당 의한 열량은 전체열량의 10% 이하
클레스테롤	1,000kcal 당 10mg 이하	1,000kcal 당 100mg 이하
대장균균	10 - 10 ² CFU/g	음성
세균수	10 ⁵ - 10 ⁶ CFU/g	분말제품은 1 g당 20,000 이하
타르색소	불검출	불검출
<i>Bacillus cereus</i>	10 - 10 ³ CFU/g	1 g 당 100 이하

- 주관연구기관에서는 이러한 생식 미생물의 저감화를 위한 건조 방법의 개선을 지속적으로 연구하여 왔으며, 그 결과 생식의 중요 원료인 현미를 최대 건조 온도인 60℃이하에서 건조하였을 때 동결건조물에 비하여 2-4log 정도의 미생물 저감화가 가능하여 당뇨병자용 식사대용식의 미생물 규격을 만족할 수 있을 정도의 수준으로 미생물을 저감화 시킬 수 있는 결과를 얻어 미생물 제어의 가능성을 확인하였으며, 본 공정을 생식 중요 원료의 건조 공정에 적용 조건을 본 연구개발을 통해서 확장함으로써 생식 기반의 당뇨 환자용 식품의 미생물 규격 사항을 만족할 수 있는 생식 기반 당뇨병자용 식사 대용식 개발이 가능할 것으로 판단됨
- 또한, 기존의 동결건조가 아닌 저온건조 방식으로 생산된 원료에 대한 항당뇨 기능 연구를 통해서 기존의 생식 제품의 항당뇨 기능과의 연계성을 확인하기 위하여 당 대사관련 효소 활성 측정으로 항당뇨 활성을 검증할 수 있는 *in vitro* 모델 계와 mRNA 및 단백질 발현을 통한 항당뇨 활성 검증 세포계 모델계의 구축 및 1형, 2형 당뇨에 대한 동물 시험 모델을 확립하여 개발하고자 하는 제품의 항당뇨 활성을 과학적으로 검증 필요성이 있음
- 또한, 당뇨 환자들을 대상으로 한 관능 평가를 통해 관능의 최적화 연구 및 영양학적 분석을 통한 당뇨 환자에 대한 적합한 영양 공급 기능을 갖춘 배합비의 개발, 최종 개발된 제품의 당뇨에 대한 개선 효과를 과학적으로 규명함으로써 최고의 경쟁력을 갖춘 생식 기반의 당뇨 환자용 식사 대용식을 개발하고자 하며, 이를 통하여 국내 농산물의 경쟁력 확보 및 판로 확장의 목표를 달성하고자 함

제 3절 식사 대응식 제품

- 생식은 다양한 생리활성에도 불구하고 관능적 호감도의 약화, 일정량 이상의 음용수와 용기가 필요한 섭취상의 불편함, 저작감이 없다는 점에서 소비자들에게 대중화의 걸림돌이 되어 시장확대의 제약 사항이 되고 있는 것이 현실이며, 2000년대 후반 들어서 본격화 된 생식의 해외 시장 개척 노력에서도 생식 컨셉에 대한 순응도가 높음에도 불구하고 분말형 제품에 대한 해외 시장의 낮은 선호도는 해외 생식 시장 개척에 장애 요인으로 작용하였음.
- 이러한 상황에서 분말형 제품이 아닌 섭취 편의성을 올린 새로운 제형의 생식 제품의 개발이 절실한 실정이나, 현재 국내의 생식의 법적 규격을 만족시키기 위해서는 현재 운용되고 있는 가공공정의 직접 적용은 불가능한 상태이며, 따라서 저온에서 식품의 제형을 변화시킬 수 있는 새로운 생식 개념에 적합한 가공공정의 개발은 생식 시장의 확대에 절대적으로 필요한 사항임
- 본 연구개발에서 당뇨환자용 식사 대응식과 더불어 개발하고자 하는 기술은 한국내의 생식 관련 식품 규격에 적합하고 근본적으로 비가열 식품이라는 생식의 고유의 이미지를 훼손시키지 않으면서도 세계적으로 널리 상용화되고 있는 플레이크 형태로 가공한 생식 제품을 통해 시리얼로 대표되는 식사 대응식 시장에 본격적으로 진입하고자 하는 것임
- 국내 시리얼 제품의 매출실적은 2003년부터 2008년까지 평균 1710억원대를 나타내며, 큰 변화가 없었으나, 통곡류, 단호박, 검은콩, 검은깨 등의 원료를 다양화 하여 건강지향적인 flake 제품을 출시하면서 성장세를 나타내고 있으며, 시장점유율은 동서식품이 55%, 농심켈로그 44%로, 국내 시리얼 시장의 99% 이상을 양분하고 있으나 이들의 주성분은 대부분 수입산 옥수수 전분을 사용하고 있기 때문에 국내 농산물을 주성분으로 한 제품은 전무한 실정임



응진식품
[곡물과채, 현미찰곡 시리얼]



풀무원
[뮤즐리 시리얼]



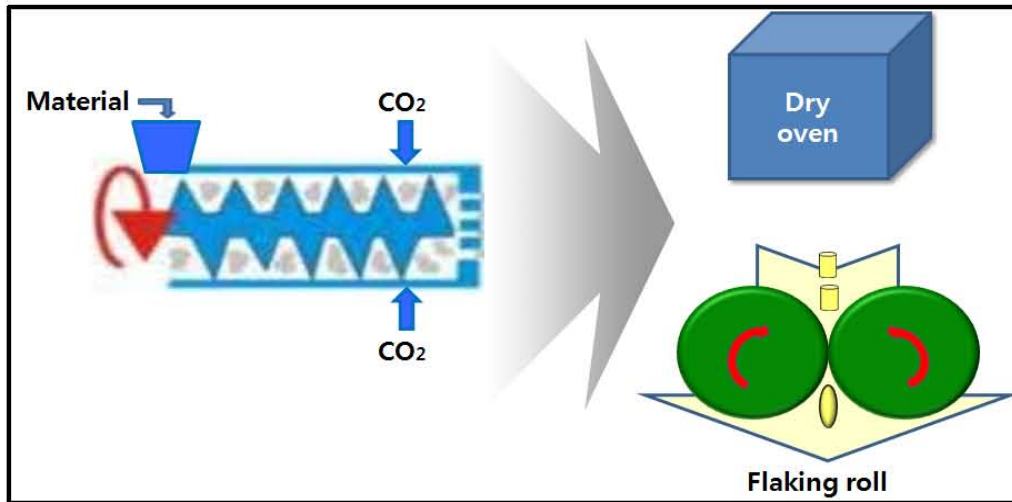
농심켈로그[스페셜K]

그림. 국내 시리얼 제품

- 따라서, 국내 농산물을 기반으로 하고 있는 생식 제품의 플레이크 타입의 제조 기술 개발은 생식 특유의 건강 지향적인 식품의 배경에 섭취 편의성과 관능을 개선할 수 있어 수입산 전분이 대다수를 차지하고 있는 국내 및 글로벌 시리얼 시장에서 충분한 경쟁력을 확보할

수 있을 것으로 판단되며 이를 통해 국내 농산물의 판로 확대 및 국제적으로 경쟁력 있는 고부가가치 식품으로서 자리매김 할 수 있을 것으로 판단됨

- 플레이크 형태는 씨리얼과 같은 아침 대용식은 압출 성형 방식을 통해 곡분을 고온에서 호화시킴과 동시에 결합력을 줌으로서 제조되고 있으나, 본 연구개발에서 개발하고자 하는 생식 성형 기술은 기존의 곡류의 압출성형 방식이 130℃ 이상의 고온에서 진행되는 것과 달리 생식 규격에 적합한 60℃이하에서 압출성형을 수행하는 저온압출 성형 기술을 중심으로 하고 있음
- 압출성형 공정은 배럴을 통한 열에너지 투입, 스크루 회전에 의한 전단력 투입, 내부압력 조절 등의 물리적 에너지가 종합적으로 투입되는 경제적인 가공공정임이며, 제품 생산과정 중에 손쉽게 공정변수 조절이 가능하며 이에 따른 원료 손실율이 낮으며, 연속공정이기 때문에 생산과 동시에 최종제품의 확인이 가능하여 제품 품질관리가 용이하다. 또한 모든 물리적 에너지는 전기를 이용하여 투입되기 때문에 생산원가의 변동이 크지 않다는 장점이 있음
- 기공형성제로 CO₂가스 또는 초임계 CO₂를 이용한 저온압출성형과 재래식 압출성형공정을 비교하면 초임계 CO₂를 기공형성제로 사용할 경우 초임계장치가 필요하지만 CO₂가스의 경우 주입장치가 간단함. 기존의 압출성형공정은 수분과 온도의 조절에 의해 밀도가 조절되지만 CO₂ 주입량에 따라 기공의 구조와 밀도가 조절되고, 기존의 압출성형공정과 비교하여 밀도는 높고 수분용해도는 낮은 편임.
- 본 연구 개발에서 60℃ 이하에서 이루어지는 신규 저온 압출 성형 공정은 원료에 적절한 가스(이산화탄소 등)를 주입하여 곡류를 주성분으로 하는 원료를 저온에서 팽화시키고자 하며, 이를 위해서는 곡류의 비율 및 가스주입 농도, 가스주입 시간 등을 적절히 조정하여 60℃이하에서 팽화시킬 수 있도록 압출 성형 조건을 개량함으로써 생식의 법적 규격에 맞는 생식 함유 제품을 생산할 수 있음
- 생식 기반의 플레이크는 곡류를 분쇄, CO₂ 가스주입에 의한 저온압출성형하여 팽화시킨 펠릿을 제조한 후 이를 압착하여 후레이크를 제조하기 때문에 원료의 낱알 크기에 상관없이 펠릿의 크기를 조정함으로써 경쟁력이 떨어지는 낱알 크기가 작은 원료를 이용하여 후레이크를 제조할 수 있을 뿐만 아니라 더욱 중요한 것은 원료간의 재조합이 가능하고 공정도 비교적 간단하여 플레이크 생산에 활용되고 있음(그림)



< 그림 - 생식 플레이크의 제조 공정도 >

- 관능적인 부분에서 분말 형태와 다르게 세계에서 최초로 시도되는 플레이크 타입의 생식이 가질 수 있는 관능적 특성에 대한 분석을 수행하고, 저작감 및 관능에 대한 소비자 만족도를 올려 일반적으로 고온성형방법에 의해서 상품화 되고 있는 씨리얼 등과 비교하여 관능적인 측면에서 경쟁력을 갖출 수 있도록 원료 배합비 등에 대한 연구개발의 수행이 필요함

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 저온 건조에 의한 미생물 저감화 곡물 건조 공정 개발

1. 저온 건조 공정을 통한 곡물 건조 조건

- 생식은 1990년대 후반 세계 최초로 국내에서 상품화가 된 식품으로서 2004년 식품위생법상의 생식제품이라는 카테고리로 등재됨으로서 법적인 규격을 확정된 상품이며, 그 규격은 다음과 같음

< 표 1 - 식품위생법상의 생식 제품 유형 >

유형	생식함유제품	생식제품
60℃이하 가공 원료	50%이상, 80%미만	80% 이상
수분	8%	8%
대장균	불검출	불검출
<i>Bacillus cereus</i>	1,000 CFU /g 이하	1,000 CFU / g 이하
<i>Clostridium perfringens</i>	100 CFU / g 이하	100 CFU / g 이하

- 생식은 대표적인 비가열 가공식품으로서 원물을 세척하여 동결건조 후 분말화 하는 과정에서 세척공정 이외에는 특별한 살균 또는 제균 공정이 존재하지 않아 RTE 식품과 동일하게 미생물학적으로 매우 불안정한 모습을 보이는 것이 특징임
- 이러한 생식의 미생물학적 불안정성은 생식을 활용한 다양한 가공 식품의 제조에 걸림돌로서 작용하고 있으며, 이를 극복하기 위한 다양한 살균 방법 들이 제시되고 있지만 현실적으로 상업적인 적용이 곤란한 것들이 대다수이기 때문에, 본 연구 개발에서는 이러한 생식의 미생물학적 불안정성을 해소하고 상업적으로 적용이 가능한 가공공정을 확립하기 위하여 기존의 생식 원료의 건조 공정에 사용되는 동결 건조 공정 대신에 55~60℃에서 건조를 수행하는 저온 건조 방법을 적용 공정을 확립하고자 함
- 본 연구개발에서 사용한 저온 건조 공정은 다음의 그림 1과 같으며, 당 저온 건조 공정은 현재 고추 등의 라면 스프 및 각종 건조 향신료 제조를 위하여 일부에서 적용되고 있는 공정으로서 본 연구개발에서는 생식 제조 공정을 위하여 곡류, 구근류, 엽채류 등에 적용하기 위하여 건조 공정의 최적화 및 미생물 저감화에 대한 효능을 조사하고자 하였음



< 그림 1 - 원적외선 활용 저온 건조 공정 >

2. 곡물류에서 저온 건조 공정을 통한 미생물 저감화

- 곡물류에서 저온 건조 공정에 따른 미생물 저감화 확인을 위하여 상기와 같은 방법으로 곡물류들 저온 건조 하였으며, 사용된 곡류는 현미, 쌀아현미, 보리, 기장의 4종을 사용하였으며, 미생물의 분석은 본 연구개발에서 목표로 하고는 당뇨환자용 특수용도 식품 규격에 설정되어 있는 대장균군(*coli form*), 총세균수(*Total aerobic count*), *Bacillus cereus* 의 3종에 대한 미생물 분석을 수행하였고, 그 방법은 각기 식품공전 2011년판에 수록된 시험분석법을 사용하였음
- 또한, 동결건조방법과의 상호 비교 시험을 위해서 동일 원료를 동결건조하여 대조군으로서 비교 분석에 이용하였으며, 저온 건조 공정은 1차로 최대한의 열균효과를 검증하기 위하여 저온 건조의 최대 조건으로 건조 온도 60℃, 원적외선 건조 4시간과 55℃ 열풍 건조 18시간으로 수행하였음

표 2 - 곡류건조에서 저온건조(60℃, 4시간)의 미생물 저감화 효과

원물	건조방법	Microbial Count (Log CFU / g)			수분(%)
		대장균군	총세균수	Bacillus Cereus	
현미	FD	2.3 ± 0.5	6.3 ± 1.1	1.5 ± 0.0	3.3%
	LD	N.D.	3.1 ± 0.4	1.5 ± 0.0	7.5%
발아현미	FD	3.9 ± 0.7	7.7 ± 0.8	2.7 ± 0.4	4.6%
	LD	1.1 ± 0.4	3.5 ± 0.5	2.1 ± 0.4	8.2%
보리	FD	2.4 ± 0.2	5.5 ± 0.7	1.1 ± 0.1	2.6%
	LD	N.D.	2.5 ± 0.3	N.D.	5.9%
기장	FD	1.5 ± 0.2	4.6 ± 1.0	N.D.	4.6%
	LD	N.D.	2.0 ± 0.4	N.D.	5.5%
당뇨환자식 식품규격		불검출	4.3 이하	2 이하	10%

N.D. : Not detected

- 곡류의 저온 건조 공정에서 미생물의 수준을 확인한 결과 동결건조(FD)로 생산된 곡류 분말은 대장균군, 총세균수는 모두 식품위생법상에서 규정한 당뇨환자용특수용도식품에 부적합한 결과를 보였으며, B. cereus의 경우에는 발아 현미만이 부적합하였고, 현미, 보리, 기장은 모두 적합한 결과를 나타내었다. 각 원물의 수분함량은 3%-5% 수준으로 나타나 규격인 10%이하에 모두 적합한 것으로 나타났음
- 본 연구개발에서 적용하고자 하는 저온 건조 방법을 적용하여 4종의 곡물을 건조하였을 때 수분함량은 5~8%정도로 동결건조보다 보다 높은 수분함량을 보였으나 규격인 10% 이하까지 건조되어 규격에는 적합하였음
- 미생물에서 대장균군은 현미, 보리, 기장은 불검출 수준까지 저감화 되었으며, 미생물 오염도 수준이 높은 발아 현미의 경우 1.1 ± 0.4 수준으로 동결건조 대비 3 log 이상의 저감화가 나타났으나 불검출인 당뇨 환자식 규격 수준에까지는 부적합한 것으로 나타났음
- 총세균수의 경우 각 곡물 원료별로 동결건조 대비 3~4 log 수준의 저감화가 나타났으며, 모두 당뇨 환자식 식품 규격에 적합한 것으로 나타났다. B. cereus의 경우는 동결건조, 저온건조 모두에서 법적 규격에 적합한 수준으로 나타났다. 그러나 발아현미의 경우 1.5 (Log

CFU/g)의 수준으로 법적규격인 2.0 (Log CFU / g) 에 근접하였고, 총세균수의 수준도 비교적 높아 건조 조건의 변동이 필요할 것으로 판단되었음

3. 열채류에서 저온 건조 공정을 통한 미생물 저감화

- 생식에서 비교적 사용량이 많고 미생물 오염도가 사전 모니터링에서 높은 것으로 나타난 4종의 열채류에 대한 저온 건조 공정의 미생물 저감화 정도를 조사하였음

표 3 - 열채류 건조에서 저온건조(60℃, 4시간)의 미생물 저감화 효과

원물	건조방법	Microbial Count (Log CFU / g)			수분(%)
		대장균군	총세균수	<i>Bacillus Cereus</i>	
케일	FD	2.6 ± 0.3	4.7 ± 0.5	2.2 ± 0.2	2.8%
	LD	1.1 ± 0.3	3.1 ± 0.4	1.1 ± 0.3	6.4%
돌미나리	FD	4.6 ± 0.7	5.7 ± 0.9	2.7 ± 0.4	3.3%
	LD	1.6 ± 0.4	2.3 ± 0.3	1.0 ± 0.1	5.8%
신선초	FD	2.3 ± 0.4	4.1 ± 0.4	N.D.	3.6%
	LD	N.D.	2.5 ± 0.3	N.D.	6.4%
시금치	FD	2.5 ± 0.7	3.5 ± 0.4	N.D.	3.9%
	LD	N.D.	2.7 ± 0.6	N.D.	7.1%
당뇨환자식 식품규격		불검출	4.3 이하	2 이하	10%

- 열채류의 저온 건조 공정에서 미생물의 수준을 확인한 결과 동결건조(FD)로 생산된 열채류 분말은 대장균군, 총세균수는 전반적으로 식품위생법상에서 규정한 당뇨환자용특수용도식품에 부적합한 결과를 보였으며, *B. cereus*의 경우에는 케일, 돌미나리가 부적합하였고, 신선초와 부추는 모두 불검출로 나타나 적합한 모습을 나타내었다. 동결건조 및 저온건조물의 수분함량은 3%-7% 수준으로 나타나 규격인 10%이하에 모두 적합한 것으로 나타났음
- 케일의 경우 동결건조물은 대장균군, 총세균수, *B. cereus* 모두에서 부적합한 모습을 보였고, 저온건조에서도 대장균군에서는 부적합한 모습을 나타내었다. 돌미나리 역시 케일과 유

사하게 대장균군에서 저온건조물이 부적합 양상을 나타내었으나 B. cereus는 적합한 양상을 나타내었음

- 이외에 신선초와 부추의 경우 3가지 미생물 규격에서 저온건조시에 모두 적합한 모습을 나타내었으며, B. cereus의 경우 동결건조물, 저온건조물 모두에서 검출되지 않았다. 저온건조는 대장균군, 총세균수에서는 열채류에서 2~3 log 정도의 저감화를 나타내었고, 돌미나리의 경우를 제외하고는 전반적으로 당뇨 환자용 특수 대용식의 규격에 적합하도록 가공이 될 수 있을 것으로 판단되었음
- 돌미나리의 경우 원물의 오염정도가 다른 열채류에 비하여 비교적 높은 원물로서 대장균군 등의 저감화 수준이 높지 않아 실제 제품 개발의 사용여부에 대해서 검토가 진행되어야 할 것으로 판단되었음

4. 구근류에서 저온 건조 공정을 통한 미생물 저감화

- 생식의 중요 원료중 미생물 오염도가 가장 높은 것으로 나타난 2종의 구근류에 대한 저온 건조 공정의 미생물 저감화 정도를 조사하였음

표 5 - 구근류 건조에서 저온건조(60°C, 4시간)의 미생물 저감화 효과

원물	건조방법	Microbial Count (Log CFU / g)			수분(%)
		대장균군	총세균수	<i>Bacillus Cereus</i>	
감자	FD	1.4 ± 0.4	2.5 ± 1.1	1.7 ± 0.2	4.7%
	LD	N.D.	N.D.	N.D.	5.5%
당근	FD	3.5 ± 0.4	6.2 ± 0.5	3.1 ± 1.1	2.8%
	LD	N.D.	3.5 ± 0.5	1.6 ± 0.4	4.6%
무	FD	2.8 ± 0.6	5.5 ± 1.0	1.8 ± 0.2	4.0%
	LD	N.D.	1.6 ± 0.6	N.D.	6.0%
당뇨환자식 식품규격		불검출	4.3 이하	2 이하	10%

- 구근류는 직접적으로 토양과 접촉하여 성장하는 농작물로서 토양 미생물로부터 오염의 가능성이 가장 높은 작물이라고 할 수 있기 때문에 원물의 전처리 과정에서 대부분 미생물 오염도가 높은 껍질을 제거하고 세척하는 것이 일반적인 공정임

- 그럼에도 표면의 굴곡이 심하고 껍질이 별도로 형성되지 않는 당근의 경우 가장 미생물 오염도가 심한 원료라 할 수 있음
- 구근류에서 본 연구개발에서 적용하고자 하는 저온 건조 공정을 이용하여 미생물 저감화를 검토한 결과는 표 5와 같이 나타났으며, 감자의 경우 동결건조물은 대장균군에서 당뇨 환자식에 대한 부적합을, 당근은 대장균군, 총세균수, *B. cereus* 모두에서 부적합하는 양상을 보였으며, 무의 경우도 대장균군, 총세균수에서 부적합한 모습을 나타내었음
- 반면에 저온건조물에서는 감자, 당근, 무에서 모두 당뇨 환자용 식사 대용식 규격에 적합한 미생물 수준을 나타내었다. 그러나 당근의 경우 *B. cereus*의 경우 규격치에 근접하고 있어 건조 조건의 최적화 또는 전처리 공정에서의 개선점을 찾아야 할 필요성이 있다고 판단되었음
- 구근류 건조물의 수분함량은 동결건조물, 저온건조물 역시 3~7%정도를 나타내었고, 각 원물별로 살펴 보았을 때 저온건조물이 동결건조물에 비하여 보다 높은 수준을 나타내었으나 규격상에 문제는 없는 것으로 나타남

5. 건조 시간에 따른 미생물 저감화

- 60℃에서 4시간 동안 저온 건조를 수행하여 미생물 저감화에 대한 기능을 확인한 결과에서 당뇨 환자용 특수 영양 식품의 규격을 만족하지 못하였거나 또는 규격이하이나 안정적인 미생물 저감화를 위하여 보다 보다 저감화가 필요한 원물인 현미, 발아현미, 들미나리, 케일, 당근에 대하여 건조 시간에 따른 미생물 저감화 정도를 살펴보아 최적의 건조 조건을 설정하고자 하였음

< 표 6 - 건조 시간에 따른 현미의 미생물 저감화 수준 변화 >

건조시간	건조방법	Microbial Count (Log CFU / g)			수분(%)
		대장균군	총세균수	<i>Bacillus Cereus</i>	
	FD	2.3 ± 0.5	6.3 ± 1.1	1.5 ± 0.0	3.3%
2 hour	LD	1.5 ± 0.4	5.5 ± 0.7	1.7 ± 0.3	9.3%
4 hour	LD	N.D.	3.4 ± 0.6	1.4 ± 0.4	7.5%
6 hour	LD	N.D.	2.6 ± 0.7	1.2 ± 0.4	6.5%
8 hour	LD	N.D.	2.1 ± 0.2	1.3 ± 0.3	6.0%
당뇨환자식 식품규격		불검출	4.3 이하	2 이하	10%

- 시간별로 현미의 미생물 저감화 효율을 살펴본 결과 대장균군은 4시간 건조 시간부터 검출되지 아니하였고, 총세균수 및 *B. cereus*는 건조 시간의 증가에 따라 감소하는 모습을 나타내었으며, 6시간 이후부터의 감소폭인 미미한 것으로 나타났다. 2시간 건조 시간에서는 총세균수는 당뇨 환자용 특수 용도 식품의 규격에 부적합한 것으로 나타났으며, *B. cereus*는 건조시간에 따라 감소는 하나 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났음
- 현미는 생식 기반의 당뇨 환자용 특수 대용식에서 가장 큰 비율을 차지하는 원료로 미생물의 오염 수준이 본 제품에 가장 큰 영향을 줄 수 있는 원료로서 4시간이후부터 미생물 수준의 큰 폭의 감소는 나타나지 않았으나 제품의 안정성을 고려하여 현미의 건조시간은 6시간으로 결정하였음
- 발아현미는 미생물의 오염도가 비교적 심한 현미를 충분한 수분하에서 발아시키는 공정을 통해서 생산되는 원료로서 발아 조건이 일반적으로 미생물의 생육을 촉진시킬 수 있는 온도이기 때문에 다른 곡물 원료에 비하여 미생물의 오염도가 매우 심각하게 증가하는 것으로 나타나는 원료이다. 발아현미의 건조 시간별 미생물 저감화 현황을 살펴본 결과는 표 7과 같음

< 표 7 - 건조 시간에 따른 발아 현미의 미생물 저감화 수준 변화 >

건조시간	건조방법	Microbial Count (Log CFU / g)			수분(%)
		대장균군	총세균수	<i>Bacillus Cereus</i>	
	FD	2.6 ± 0.3	4.7 ± 0.5	2.2 ± 0.2	2.8%
2 hour	LD	3.2 ± 0.5	6.6 ± 1.0	2.4 ± 0.1	8.8%
4 hour	LD	1.4 ± 0.2	4.2 ± 0.6	2.4 ± 0.3	8.2%
6 hour	LD	N.D.	3.5 ± 0.6	2.1 ± 0.5	7.5%
8 hour	LD	N.D.	3.0 ± 0.4	2.4 ± 0.4	7.2%
당뇨환자식 식품규격		불검출	4.3 이하	2 이하	10%

- 발아 현미는 본 연구개발에서 사용하는 저온 건조 공정의 건조 시간에 따라서 지속적으로 미생물이 감소하는 경향을 나타내어 대장균군은 6시간 건조 시간부터 검출되지 않는 것으로 나타났다. 반면에 총세균수는 8시간 건조에도 3.0 (Log CFU / g), B. Cereus는 2.4 (Log CFU / g)의 수준으로 검출되었는데, 총세균수는 법적 규격을 만족하고 있으나 B. Cereus는 8시간 건조에도 법적인 규격을 만족시키지 못하고 있는 것으로 나타났다
- 특히, B. cereus는 현미와 유사하게 6시간 이상의 건조 공정에서도 미생물이 저감화가 극히 미미한 것으로 나타나 더 이상 건조 시간을 증대시켜도 큰 폭의 감소가 예상되지 않으며, 실제로 저온 건조 공정으로 8시간 이상을 건조하는 것은 생산성이 낮아 현실적으로 실 생산 공전에 적용하기에 어려움이 있는 것으로 판단되어 당뇨 환자용 특수 용도 식품의 배합에 사용하지 않거나 또는 가열 공정을 거쳐 생식 원료로 분류되지 않는 일반원료로서 사용하는 것으로 결정하였음
- 생식에 사용되는 원료중 들미나리는 엽채류중에서 케일과 더불어 미생물 오염도가 비교적 심한 것으로 모니터링 된 원료중의 하나이며, 들미나리의 건조 시간에 따른 미생물 저감화 정도를 살펴본 결과는 표 8과 같음

< 표 8 - 건조 시간에 따른 돌미나리의 미생물 저감화 수준 변화 >

건조시간	건조방법	Microbial Count (Log CFU / g)			수분(%)
		대장균군	총세균수	<i>Bacillus Cereus</i>	
	FD	4.6 ± 0.7	5.7 ± 0.9	2.7 ± 0.4	3.3%
2 hour	LD	3.2 ± 0.5	6.6 ± 1.0	2.8 ± 0.2	11.2%
4 hour	LD	2.1 ± 0.4	5.1 ± 0.4	2.5 ± 0.5	8.2%
6 hour	LD	1.4 ± 0.5	4.5 ± 0.4	2.1 ± 0.3	7.8%
8 hour	LD	N.D.	3.8 ± 0.7	1.7 ± 0.5	6.5%
당뇨환자식 식품규격		불검출	4.3 이하	2 이하	10%

- 시간에 따른 돌미나리의 미생물 저감화 효율을 살펴본 결과 대장균군은 8시간 건조에서부터 불검출로 나타났으며, 총세균수와 *B. cereus*는 8시간 건조시 당뇨 환자용 법적 규격 이하선으로 떨어지나 그 수준이 원물의 오염도 증가에 따라서 법적 규격을 초과할 수 있을 수준으로 판단되었다. 따라서, 돌미나리 역시 미생물 저감화의 정도가 충분하지 않아 당뇨 환자용 특수 용도 식품의 개발용 원료로서 사용하지 않거나 또는 가열 공정을 거쳐 생식 원료로 분류되지 않는 일반원료로서 사용하는 것으로 결정하였음
- 케일에 대한 건조 시간별 미생물 저감화 수준을 살펴본 결과는 표 9와 같은 결과를 나타내었으며, 대장균군은 6시간건조부터 불검출 처리되었으며, 총세균수는 4시간 건조부터 법적 규격을 만족시켰다. 또한, *B. cereus*는 2시간이후부터 일정 균수를 유지하고 있어 *B. cereus*에 대한 건조 시간 증가에 따른 저감화 효과는 관찰되지 않았다. 따라서, 케일의 최적 건조시간은 대장균군의 불검출 조건을 만족시키고, 총세균수를 안정적으로 저감화 시키는 6시간을 건조하는 것으로 최종 결정하였음

< 표 9 - 건조 시간에 따른 케일의 미생물 저감화 수준 변화 >

건조시간	건조방법	Microbial Count (Log CFU / g)			수분(%)
		대장균군	총세균수	<i>Bacillus Cereus</i>	
	FD	4.6 ± 0.7	5.7 ± 0.9	2.7 ± 0.4	3.3%
2 hour	LD	2.5 ± 0.1	4.1 ± 0.4	1.3 ± 0.4	8.9%
4 hour	LD	1.1 ± 0.3	3.5 ± 0.2	1.3 ± 0.3	7.8%
6 hour	LD	N.D.	1.6 ± 0.5	1.2 ± 0.5	7.2%
8 hour	LD	N.D.	1.4 ± 0.3	1.2 ± 0.3	6.0%
당뇨환자식 식품규격		불검출	4.3 이하	2 이하	10%

○ 당근은 구근류중에서도 비교적 미생물 오염이 심한 작물이며, 특히 재배환경에 따라서 미생물의 오염도가 대단히 높은 수준으로 나타나는 것으로 모니터링 되어 있는 작물이다. 당근은 표면에 굴곡이 심하여 껍질의 제거시에도 상당한 량의 껍질을 제거하여야 하며, 그렇지 않을 경우 표면의 굴곡에 오염된 미생물에 의해서 최종 건조 원료에서도 미생물의 오염도가 높은 것으로 나타나 본 연구개발에서는 당근의 껍질을 일반적으로 제거한 후 시험에 사용하였음

< 표 10 - 건조 시간에 따른 당근의 미생물 저감화 수준 변화 >

건조시간	건조방법	Microbial Count (Log CFU / g)			수분(%)
		대장균군	총세균수	<i>Bacillus Cereus</i>	
	FD	3.5 ± 0.4	6.2 ± 0.5	3.1 ± 1.1	2.8%
2 hour	LD	1.7 ± 0.3	4.6 ± 0.6	1.5 ± 0.3	5.5%
4 hour	LD	N.D.	3.5 ± 0.5	1.6 ± 0.4	4.6%
6 hour	LD	N.D.	2.2 ± 0.6	1.4 ± 0.2	4.1%
8 hour	LD	N.D.	1.4 ± 0.3	1.0 ± 0.2	3.6%
당뇨환자식 식품규격		불검출	4.3 이하	2 이하	10%

- 당근에서 건조 시간별 미생물 오염도를 조사한 결과 대장균군은 4시간 건조에서부터 불검출로 나타났으며, 총세균수는 6시간 건조에서 2.2 (Log CFU / g)으로 비교적 안정한 수치를 나타내었고, B. Cereus도 시간에 따라 감소하는 경향을 나타내었으나 대폭적인 감소하는 모습을 보이지는 않았으나 법적 규격에는 안정한 모습을 나타내었다. 따라서, 당근의 건조시간은 총세균수가 안정적인 모습을 보인 6시간으로 최종 결정하였음

6. 저온 건조물과 동결 건조물의 관능의 비교

- 동결건조는 시료를 영하 30℃ 이하에서 급속 냉동시킨 후 감압 상태에서 건조하는 방법으로 고열을 가하지 않아 원료의 영양소 및 관능적 상태를 가장 잘 유지시키는 건조 방법으로 알려져 있음
- 본 연구개발에서 사용되는 저온 건조 방법은 일반적인 열풍 건조 방법에 비하여 낮은 온도인 55~60℃에서 건조를 수행하는 방법이나 동결건조 방법에 비하여 비교적 높은 열을 가하여 건조시키기 때문에 관능적 특성에서 동결 건조물과 차이가 날 수 있을 것으로 예상되어 지기에, 저온 건조물은 동결건조를 사용하는 일반 생식 제품에 비하여 관능적으로 영향을 줄 수 있으리라 생각되었으며, 이에 따라 맛, 색, 향에 대해서 동결건조물과 저온건조물의 관능을 비교 분석하였음
- 관능의 비교 분석 방법은 동결건조물을 5점으로 하였을 때 동결건조물에 비하여 좋다고 느껴진다면 6~10점의 분포로, 나쁘다고 생각하면 1~5점의 점수로 평가하는 방법을 사용하여 동결건조물과 저온건조물의 관능을 비교 분석하였음
- 건조물에 대한 관능 평가는 현미, 케일, 당근, 시금치의 4종에 대해서 실시하였으며, 각 원료의 동결건조물은 상기에서 결정된 건조 시간으로 건조하여 제조하여 비교 분석하였다. 관능분석은 본 연구소내의 숙련된 인원 8인으로 하여금 평가하였음

< 표 11 - 동결건조물과 저온건조물의 관능 비교 >

원료명	관능		
	향	색	맛
현미	4.4	4.7	6.2
케일	3.7	3.5	4.5
당근	4.1	6.6	6.3
시금치	4.0	4.8	4.1

- 동결건조물과 저온 건조물의 관능적 특성을 비교한 결과 현미의 경우 향과 색은 동결건조물에 비해서 약간 낮은 점수를 보였으며, 맛은 좀더 높은 점수를 나타내었다. 케일과 시금치의 엽채류 역시 이와 비슷하여 향과 색은 동결건조물에 비하여 많이 낮았으며, 맛은 약간 낮은 경향을 보였다. 당근의 경우 향에서는 낮은 점수를 보였으나 색과 맛에서는 오히려 저온 건조물이 더 높은 값을 나타내었음
- 관능적 비교에서 동결건조물이 향에 있어서는 전반적으로 저온건조물에 비하여 좋은 평가를 받았는데, 이는 역시 장시간 50~60℃에서 가열되는 특성상 향이 소실되었기 때문으로 추측된다. 색에서도 전반적으로 저온건조물이 동결건조물에 비해서 낮은 점수를 받은 것은 온도에 의한 원료의 변색이 나타난 결과로 생각된다. 맛 부분에서는 케일을 제외하고는 모두 다 동결건조물에 비하여 높은 값을 나타내었음
- 본 관능 평가 결과는 절대적 기호도에 대한 조사가 아니라 동결건조물과 저온건조물의 관능적 차이점을 비교 분석한 것으로 차후 저온 건조물을 이용한 제품의 개발에 있어서 관능 조정에 참고 자료로 이용될 수 있을 것임

7. 저온 건조물과 동결 건조물의 영양학적인 비교

- 동결건조는 극저온과 산소가 없는 진공하에서 건조가 이루어지기 때문에 비타민과 같은 미량 영양소의 파괴가 최소화 되는 것으로 알려져 있음
- 저온 건조물은 비록 열풍 건조에 비하여 낮은 온도에서 건조가 이루어지지만 50~60℃의 온도가 장기간 가해짐에 따라서 열안정성이 낮은 비타민류의 파괴 또는 아미노산 류의 산화가 발생할 가능성이 동결건조에 비하여 높다고 여겨지기 때문에, 본 연구개발에서는 열안정성이 높지 않은 vitamin C(시금치, 케일), vitamin A(당근) 및 아미노산의 일종인 GABA (발아현미)에 대해서 저온 건조와 동결 건조간의 함량 비교분석을 통해 저온 건조에 의한 영양학적 손실을 확인하고자 하였음
- Vitamin A와 Vitamin C, GABA의 분석은 식품공전에서 제시된 분석방법을 따랐으며, 원물의 종류에 따라서 값의 차이가 있어 동결건조물을 100%로 하였을 때 저온 건조물의 함량을 백분율로 나타내어 비교분석하였음(표 12~14)

< 표 12 - 건조 방법에 따른 케일 및 시금치에서의 Vitamin C 함량 변화 >

원물	건조방법	Vitamin C (mg/100g)
케일	FD	3.95
	LD	3.74
시금치	FD	2.88
	LD	2.60

- 케일 및 시금치에서 Vitamin C의 분석 결과 동결건조물을 100%로 하였을 때 저온 건조물은 케일의 경우 약 94.7%, 시금치의 경우는 90.5%로 나타나 저온 건조가 비록 상대적으로 낮은 온도에서 건조가 되고 있긴 하나 동결건조법에 비해서는 케일은 약 5.3%, 시금치는 9.5%정도의 vitamin C가 감소한 것으로 조사되었음
- 비록 저온건조방법이 동결건조법에 비해서 vitamin C의 보존율을 낮다고 할 수 있으나 그 감소폭이 10% 미만이기 때문에 동결건조물에 비한 영양학적 손실은 크지 않다고 판단되었음
- 당근에서 vitamin A의 함량 측정에서도 vitamin C와 동일하게 약 7.5%의 감소폭이 나타나 저온건조방법이 vitamin A의 함량도 감소시키는 것으로 나타났으나 약 7.5%의 파괴율을

보여 그 차이는 크지 않는 것으로 판단되었음

< 표 13 - 건조 방법에 따른 당근에서의 Vitamin A 함량 변화 >

원물	건조방법	Vitamin A (mg/100g)
당근	FD	14.23 mg/100g
	LD	13.16 mg/100g

○ 발아현미에서 나타나는 GABA 성분에 대해서 동결건조물을 100%로 하였을 때 저온 건조물은 발아현미의 경우 약 103.6%로 조사되어 저온 건조가 GABA의 함량에 영향일 미치지 않고 있음을 확인하였음

< 표 14 - 건조 방법에 따른 발아현미에서의 GABA 함량 변화 >

원물	건조방법	GABA (mg/100g)
발아현미	FD	2.74
	LD	2.79

8. 중요 생식 원료의 저온 건조 가공 방법

○ 상기의 연구 결과를 바탕으로 하여 중요 생식 원료의 동결건조가 아닌 저온건조물의 제조 공정을 다음과 같이 확립하였음(표 15)

< 표 15 - 원료 분류별 건조 시간 >

료분류	건조시간	특이사항
곡류 (발아현미제외)	6시간	발아현미 제외
엽채류	6시간	돌미나리 제외
구근류	6시간	껍질을 충분히 제거 후 가공

9. 중요 생식 원료의 저온 건조 가공시 초기 균수의 기준 설정

○ 본 연구를 통해서 원적외선을 이용한 저온 건조 가공시 미생물의 저감화에 대해서 원물의 초기 균수에 의존성이 있음을 확인 할 수 있어 이에 대해서 중요 원료인 현미, 케일, 당근에 대해서 2012~2014년도에 입고된 원재료중 미생물 오염도별로 시료를 취하여 건조 방법에 따른 미생물 저감화를 확인하였으며, 이를 통해 차후 상품화시 원료 가공을 위한 최초 원물의 미생물 오염도의 기준을 설정하고자 하였음

< 표 16 - 원재료의 초기 미생물 오염도 별 저온 가공시 미생물 저감화 수준 >

원재료	균종	초기균수 (Log CFU/g)	건조후균수 (Log CFU/g)
현미	일반세균	6.25	4.55
		5.37	3.40
		4.94	3.20
	Bacillus cereus	4.65(인위적제작)	3.64
		3.17	1.45
		2.44	1.27
케일	일반세균	5.50	3.44
		4.88	2.68
		3.66	2.19
	Bacillus cereus	4.25(인위적 제작)	3.11
		3.75	1.43
		2.85	1.12
당근	일반세균	7.04	4.92
		5.85	3.78
		4.28	3.17
	Bacillus cereus	5.14(인위제작)	3.24
		3.25	1.69
		2.88	1.35

- 상기에서 *B. cereus*가 고오염된 시료를 수급하기 어려워 *B. cereus*는 원료로부터 유래된 것을 별도로 분리 배양하여 시료에 도포하는 형태로 고오염군의 시료를 인위적으로 별도로 제작하였으며, 당근은 일반적으로 껍질을 까고 가공하기 때문에 껍질을 깎 당근을 중심으로 하여 시험을 시행하였음
- 상기 연구 결과에서 현미의 경우 일반세균의 초기오염도가 10^6 CFU/g 이상일 경우 건조 후 미생물 오염도가 10^4 CFU/g 이상으로 나타나 당뇨 환자용 특수 영양 식품의 규격선에 근접 또는 초과 하는 것으로 나타났으며, 10^5 CFU/g 이하일 경우 안정적인 수치를 나타내는 것으로 나타났음
- *B. cereus*의 경우에도 초기오염도가 10^5 CFU/g 일 경우에는 저온 건조 가공시에도 당뇨 환자용 특수 영양식품의 규격인 10^2 CFU/g를 초과하고 있어 현미 원물의 초기 오염도는 10^3 CFU/g 이하일 경우 적절한 것으로 판단되었음
- 대표적 엽채류인 케일의 경우 일반세균의 초기오염도가 10^5 CFU/g 이상일 경우 건조 후 미생물 오염도가 10^3 CFU/g 정도로 나타나 이상으로 나타나 당뇨 환자용 특수 영양 식품의 규격에 만족할 것으로 보여 10^5 CFU/g 로 상한선을 설정하고자 하였음
- 케일 원료의 *B. cereus*의 경우에도 초기오염도가 10^4 CFU/g 일 경우에는 저온 건조 가공시에도 당뇨 환자용 특수 영양식품의 규격인 10^2 CFU/g를 초과하고 있어 현미 원물의 초기 오염도는 10^3 CFU/g 이하일 경우 적절한 것으로 판단되었음
- 대표적 구근류인 당근의 경우 일반세균의 초기오염도가 10^7 CFU/g 이상일 경우 건조 후 미생물 오염도가 10^5 CFU/g 이상으로 나타나 당뇨 환자용 특수 영양 식품의 규격을 초과 하였으며, 10^6 CFU/g 정도일 경우 건조 후 미생물 오염도가 10^4 CFU/g 선에 근접 또는 하는 것으로 나타났으며, 10^5 CFU/g 이하일 경우 안정적인 수치를 나타내는 것으로 판단하였으나, 실질적으로 당근의 배합비가 일반적으로 높지 않다는 점을 고려하여 10^6 CFU/g로 결정하였음
- 당근의 *B. cereus*의 경우에도 초기오염도가 10^5 CFU/g 일 경우에는 저온 건조 가공시에도 당뇨 환자용 특수 영양식품의 규격인 10^2 CFU/g일 경우 규격에 적합하여 당근 원물의 오염도 10^3 CFU/g로 판단되었음
- 상기 결과를 바탕으로 하여 곡류, 엽채류, 구근류의 최소 미생물 오염도의 판단 기준은 다음과 같이 확인하였음

< 표 17 - 원료의 최초 미생물 기준 >

료분류	균종	미생물 초기 규격
곡류	일반세균	10 ⁵ CFU/g 이하
	Bacillus cereus	10 ³ CFU/g 이하
엽채류	일반세균	10 ⁵ CFU/g 이하
	Bacillus cereus	10 ³ CFU/g 이하
구근류 (껍질을 제거한 상태)	일반세균	10 ⁶ CFU/g 이하
	Bacillus cereus	10 ³ CFU/g 이하

제 2 절 생식 원료의 함당노 효과 및 건조 방법에 따른 활성 변화

1. 생식 원료 추출물의 제조

- 주관 기업인 (주)이룸으로부터 생식 원료로 사용되는 26종의 농산물에 대하여 원료를 제공받아 시험에 사용하였으며, 그 세부 내역은 다음의 표와 같음

< 표 18 - 생식 리스트 및 학명 >

Sample	학명
감자	<i>Solanum tuberosum L.</i>
검은깨	<i>Sesamum indicum L.</i>
기장	<i>Panicum miliaceum L.</i>
당근	<i>Daucus carota L. var. capitata L.</i>
더덕	<i>Codonopsis lanceolata.</i>
돌미나리	<i>Oenanthe stolonifera DC</i>
무	<i>Raphanus sativus</i>
무청	<i>Raphanus sativus L. leaves</i>
백태	<i>Glycine max Baektae/MERR</i>
보리	<i>Hordeum vulgare L.</i>
부추	<i>Allium odorum</i>
브로콜리	<i>Brassica oleracea L. var. italica Plenck</i>
수수	<i>Sorghum bicolor L. Moench</i>
신선초	<i>Angelica keiskei</i>
양배추	<i>Brassica oleracea L. var. capitata L.</i>
영지쌀	<i>Ganoderma lucidum</i>
우영	<i>Arctium lappa L.</i>
율무	<i>Coix lachryma-jobi L. var. ma-yuen</i>
쥐눈이콩	<i>Rhynchosia molubilis</i>
차조	<i>Setaliaitalica L.</i>
케일	<i>Brassica oleracea L. var. acephala</i>
팥	<i>Phaseolus angularis W.F.WIGHT.</i>
현미	<i>Brown rice (Oryza sativa L.)</i>
현미찰쌀	<i>Glutinous rice, unpolished</i>
호박	<i>Cucurbita maxima</i>
흑향미	<i>Oryza sativavar.(Heugjinjubyeo)</i>

- 제공 받은 생식원료를 80% 주정에서 2시간 동안 추출한 후 감압 여과하여 동결건조하였으며, 수율을 살펴 볼 때 잡곡, 두류 및 종실류, 엽채류, 근채류, 화채류 및 과채류로 나누었을 때 잡곡에서는 율무가 14.18%로 가장 높았으며 두류 및 종실류에서는 쥐눈이콩이 19.48%, 엽채류에서는 양배추가 47.81%, 근채류에서는 무가 64.65% 화채류 및 과채류에서는 호박

이 42.82%로 가장 높았음(표 19)

< 표 19 - 80% 에탄올 추출에서 생식 원료별 수율 >

Sample	Yield (%)
<i>Allium odorum</i>	23.04
<i>Angelica keiskei</i>	35.39
<i>Arctium lappa</i> L.	28.17
<i>Brassicaoleracea</i> L. var. <i>acephala</i>	17.0
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L.	47.81
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck	25.51
<i>Brown rice (Oryza sativa</i> L.)	3.66
<i>Codonopsis lanceolata</i> .	35.35
<i>Coix lachryma-jobi</i> L. var. <i>ma-yuen</i>	14.18
<i>Cucurbita maxima</i>	42.82
<i>Daucus carota</i> L. var. <i>capitata</i> L.	63.22
<i>Ganoderma lucidum</i>	7.46
<i>Glutinous rice, unpolished</i>	2.75
<i>Glycine max Baektae</i> /MERR	15.76
<i>Hordeum vulgare</i> L.	2.37
<i>Oenanthe javanica</i> DC	22.59
<i>Oryzasativavar.</i>	5.74
<i>Panicum miliaceum</i> L.	12.15
<i>Phaseolus angularis</i> W.F.WIGHT.	8.13
<i>Raphanus sativus</i>	64.65
<i>Raphanus sativus</i> L. <i>leaves</i>	26.94
<i>Rhynchosia molubilis</i>	19.48
<i>Sesamum indicum</i> L.	2.91
<i>Setaliaitalica</i> L.	6.40
<i>Solanum tuberosum</i> L.	17.60
<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench	7.98

2. 생식 원료 추출물의 α -Amylase 저해활성

- 생식 원료별 해당노 활성을 검증하기 위하여 전분 분해 효소인 α -Amylase의 활성에 대한 생식 원료의 활성도를 조사하였다. 생식원료의 α -Amylase 저해활성은 Starch-iodine 방법을 이용하여 실험 하였다. 샘플 50 μ l에 buffer 340 μ l와 α -amylase 10 μ l를 넣고 섞어 37 $^{\circ}$ C에서 10분간 반응 시켰다. 10분 후 전분용액 100 μ l를 넣고 섞은 후 37 $^{\circ}$ C에서 한 시간 동안 반응시켰다. 한 시간 반응 후 1% iodine solution 0.1 ml를 넣고, 증류수 5 ml를 넣어 섞은 후 565 nm에서 흡광도를 측정하였음

$$\text{Inhibition rate(\%)} = (A - C) \times 100 / (B - C)$$

A= 시험군 흡광도 값

B= blank 흡광도 값(α -amylase 넣지 않은 것)

C= 대조군 (전분용액 넣지 않은 것)

- 각 샘플에 대한 α -amylase 효소 저해 활성은 acarbose 0.001mg/ml의 저해율을 100%로 잡았을 때의 상대적인 비율(%)로 나타내었음
- 시험결과에서 잡곡류에서는 흑미가 10mg/ml 일 때 123.6%로 가장 높았고 그 다음으로 울무가 44.0%로 두 번째로 높았다. 1mg/ml 일 때 수수가 92.5%로 가장 높았고, 기장이 73.1%로 2번째로 높은 결과를 나타내었음(표 20)
- 두류 및 종실류에서는 검은깨가 1mg/ml, 10mg/ml에서 각각 105.2%, 112.6%로 높은 저해율을 보였으며(표 21) 엽채류에서는 신선초가 0.01mg/ml~10mg/ml 모든 농도구간 저해율 50%를 넘었으며 부추는 10mg/ml에서 156.4%로 가장 높은 저해율을 보였음
- 그러나 양배추는 모든 구간에서 저해율을 보이지 않았으며, 양배추를 제외하고는 엽채류는 농도가 증가할수록 저해율도 같이 증가하는 경향을 보였음(표 22)
- 근채류에서 더덕은 1mg/ml에서 52.6%로 가장 높은 저해율을 보이다 10mg/ml에서는 감소하는 경향을 띄었고 우엉은 농도가 증가 할수록 저해율도 증가하여 10mg/ml에서는 30.3%로 다른 근채류 보다 높은 저해율을 보였고(표 23). 화채류 및 과채류에서는 브로콜리가 모든 농도구간에서 50%가 넘는 저해율을 보였고 1mg/ml일 때 66.3%로 가장 높았음(표 24)

< 표 20 생식 곡류 원료의 α -Amylase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%)>

Sample	Acarbose Concentration (mg/ml)				
	0.001	0.01	0.1	1	10
<i>Brown rice (Oryza sativa L.)</i>	100.0 ^a	2.5 ^c	5.3 ^c	36.6 ^b	11.6 ^c
<i>Coix lachryma-jobi L. var. ma-yuen</i>	100.0 ^a	10.0 ^d	14.0 ^d	25.3 ^c	44.0 ^b
<i>Ganoderma lucidum</i>	100.0 ^a	0.0 ^d	0.0 ^d	17.0 ^c	44.2 ^b
<i>Glutinous rice, unpolished</i>	100.0 ^a	6.8 ^{cd}	14.6 ^{bc}	20.0 ^b	0.0 ^d
<i>Hordeum vulgare L.</i>	100.0 ^a	4.3 ^b	4.7 ^b	15.1 ^b	87.9 ^a
<i>Oryza sativa var. (Heugjinjubyeo)</i>	100.0 ^b	0.0 ^d	3.4 ^{cd}	9.7 ^c	123.6 ^a
<i>Panicum miliaceum L.</i>	100.0 ^a	7.7 ^d	19.9 ^c	73.1 ^b	5.1 ^d
<i>Setariaitalica L.</i>	100.0 ^a	4.7 ^c	9.9 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c
<i>Sorghum bicolor L. Moench</i>	100.0 ^a	44.1 ^b	45.8 ^b	92.5 ^a	27.5 ^c

a-eValues with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS(p<0.05).

< 표 21. 생식 종자류 원료의 α -Amylase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%)>

Sample	Acarbose Concentration (mg/ml)				
	0.001	0.01	0.1	1	10
<i>Glycine max Baektae/MERR</i>	100.0 ^a	8.7 ^d	11.2 ^d	25.7 ^c	40.7 ^b
<i>Phaseolus angularis W.F.WIGHT.</i>	100.0 ^a	21.7 ^d	65.1 ^b	68.3 ^b	38.1 ^c
<i>Rhynchosia molubilis</i>	100.0 ^a	0.0 ^d	0.7 ^d	27.3 ^b	6.7 ^c
<i>Sesamum indicum L.</i>	100.0 ^a	35.1 ^c	65.8 ^b	105.2 ^a	112.6 ^a

a-eValues with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS(p<0.05).

< 표 22. 생식 엽채류 원료의 α -Amylase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%) >

Sample	Acarbose		Concentration (mg/ml)		
	0.001	0.01	0.1	1	10
<i>Allium odorum</i>	100.0 ^b	3.9 ^e	33.6 ^d	57.0 ^c	156.4 ^a
<i>Angelica keiskei</i>	100.0 ^b	53.8 ^c	117.5 ^a	52.0 ^c	51.4 ^c
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i>	100.0 ^a	20.4 ^d	32.7 ^{cd}	49.0 ^{bc}	72.8 ^b
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L.	100.0 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b
<i>Oenanthe javanica</i> DC	100.0 ^a	8.4 ^d	13.8 ^c	17.4 ^c	68.3 ^b
<i>Raphanus sativus</i> L. leaves	100.0 ^a	3.5 ^d	11.6 ^d	24.1 ^c	38.6 ^b

a-eValues with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS(p<0.05).

< 표 23. 생식 구근류 원료의 α -Amylase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%) >

Sample	Acarbose		Concentration (mg/ml)		
	0.001	0.01	0.1	1	10
<i>Arctium lappa</i> L.	100.0 ^a	0.9 ^d	0.9 ^d	9.6 ^c	30.3 ^b
<i>Codonopsis lanceolata</i> .	100.0 ^a	0.0 ^d	3.5 ^d	52.6 ^b	13.2 ^c
<i>Daucus carota</i> L. var. <i>capitata</i> L.	100.0 ^a	0.0 ^d	1.1 ^d	17.7 ^c	29.8 ^b
<i>Raphanus sativus</i>	100.0 ^a	0.0 ^d	6.3 ^{cd}	14.1 ^{bc}	15.7 ^b
<i>Solanum tuberosum</i> L.	100.0 ^a	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	5.1 ^b

a-eValues with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS(p<0.05).

<표 24 생식 꽃잎류 원료의 α-Amylase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%) >

Sample	Acarbose Concentration (mg/ml)				
	0.001	0.01	0.1	1	10
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck	100.0 ^a	55.0 ^b	58.6 ^b	66.3 ^b	55.0 ^b
<i>Cucurbita maxima</i>	100.0 ^a	0.0 ^c	3.1 ^c	5.2 ^c	26.6 ^b

a-eValues with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS(p<0.05).

3. 생식 원료 추출물의 α-glucosidase 저해활성

- 생식 원료별 함당노 활성을 검증하기 위하여 전분 분해 효소인 α-glucosidase의 활성에 대한 생식 원료의 활성도를 조사하였다. 0.1M sodium phosphate buffer(pH 6.8) 50 μl에 sample 50 μl와 α-glucosidase(0.3 U/μl) 50 μl씩 넣은 후 37°C에서 15분간 반응시켰다. 그 후에 2 mM pNPG(p-nitrophenyl -α-D-glu copyranoside) 200 μl를 넣고 37°C에서 10분간 반응 시켰다. 10분 후 0.1 M Na2CO3 1.5 ml를 넣어 반응 정지시킨 후 405 nm에서 흡광도를 측정하였음

$$\text{inhibition rate(\%)} = \{1 - (\text{sample} - \text{blank}) / \text{control}\} \times 100$$

*control: 샘플 넣지 않은 것

*blank: 기질을 넣지 않은 것

- 시험결과에서 잡곡류에서는 수수가 10mg/ml일 때 133.9%로 가장 높았고 차조가 81.9%, 흑미가 63.2% 저해율을 나타내었으며, 잡곡류의 α-glucosidase 저해율은 농도가 증가 될 수록 높은 경향을 띄었음(표 25)
- 두류 및 종실류에서는 검은깨가 10mg/ml 일 때 44.7%로 가장 높았고 그 다음으로 팥이 25.8%의 저해율을 보였으며, 두류 및 종실류도 농도 의존적으로 저해율이 증가 하였다(표 26)
- 엽채류에서는 케일, 돌미나리, 무청의 농도가 10mg/ml 일 때 저해율이 100%를 넘는 높은 저해율을 보였고 부추 또한 85.5%로 높은 저해율을 보였음(표 27).
- 근채류에서는 우영이 10mg/ml일 때 64.1%의 저해율을 보였으나 나머지 더덕, 당근, 무, 감자에서는 거의 저해율이 나타나지 않았으며(표 28), 화채류 및 과채류에서의 저해율은 브

로컬리가 농도가 증가함에 따라 같이 증가하였고 10mg/ml에서 56.8%로 가장 높은 저해율을 보였음(표 29)

표 25. 생식 곡류 원료의 α -glucosidase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%)

Sample	Acarbose Concentration (mg/ml)				
	0.001	0.01	0.1	1	10
<i>Brown rice (Oryza sativa L.)</i>	100.0 ^a	2.3 ^c	2.8 ^c	2.9 ^c	46.8 ^b
<i>Coix lachryma-jobi L. var. ma-yuen</i>	100.0 ^a	0.6 ^d	0.5 ^d	3.6 ^c	37.6 ^b
<i>Ganoderma lucidum</i>	100.0 ^a	1.8 ^d	2.5 ^{cd}	3.1 ^c	14.6 ^b
<i>Glutinous rice, unpolished</i>	100.0 ^a	4.4 ^d	4.6 ^d	8.6 ^c	57.7 ^b
<i>Hordeum vulgare L.</i>	100.0 ^a	0.9 ^c	1.4 ^c	0.5 ^c	40.3 ^b
<i>Oryza sativa var. (Heugjinjubyeo)</i>	100.0 ^a	0.0 ^d	0.4 ^d	6.0 ^c	63.2 ^b
<i>Panicum miliaceum L.</i>	100.0 ^a	0.0 ^c	0.0 ^c	23.7 ^b	25.3 ^b
<i>Setariaitalica L.</i>	100.0 ^a	1.5 ^e	2.9 ^d	20.3 ^c	81.9 ^b
<i>Sorghum bicolor L. Moench</i>	100.0 ^b	0.5 ^d	0.7 ^d	8.2 ^c	133.9 ^a

a-eValues with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS(p<0.05).

표 26. 생식 종자류 원료의 α -glucosidase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%)

Sample	Acarbose Concentration (mg/ml)				
	0.001	0.01	0.1	1	10
<i>Glycine max Baektae/MERR</i>	100.0 ^a	1.3 ^e	2.2 ^d	4.3 ^c	17.2 ^b
<i>Phaseolus angularis W.F.WIGHT.</i>	100.0 ^a	0.0 ^d	0.0 ^d	1.2 ^c	25.8 ^b
<i>Rhynchosia molubilis</i>	100.0 ^a	0.3 ^d	0.3 ^d	8.7 ^c	11.6 ^b
<i>Sesamum indicum L.</i>	100.0 ^a	0.0 ^d	0.3 ^d	4.0 ^c	44.7 ^b

a-eValues with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS(p<0.05).

표 27. 생식 엽채류 원료의 α -glucosidase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%)

Sample	Acarbose Concentration (mg/ml)				
	0.001	0.01	0.1	1	10
<i>Allium odorum</i>	100.0 ^a	0.0 ^d	0.0 ^d	5.5 ^c	85.5 ^b
<i>Angelica keiskei</i>	100.0 ^a	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c	30.5 ^b
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i>	100.0 ^b	0.1 ^d	0.5 ^d	10.0 ^c	105.6 ^a
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L.	100.0 ^a	1.2 ^d	1.3 ^d	3.8 ^c	17.2 ^b
<i>Oenanthe javanica</i> DC	100.0 ^b	0.0 ^d	0.0 ^d	14.2 ^c	143.8 ^a
<i>Raphanus sativus</i> L. leaves	100.0 ^b	0.3 ^d	0.4 ^d	10.7 ^c	132.5 ^a

a-eValues with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS(p<0.05).

표 28. 생식 구근류 원료의 α -glucosidase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%)

Sample	Acarbose Concentration (mg/ml)				
	0.001	0.01	0.1	1	10
<i>Arctium lappa</i> L.	100.0 ^a	0.0 ^d	0.0 ^d	4.6 ^c	64.1 ^b
<i>Codonopsis lanceolata</i>	100.0 ^a	2.7 ^{bc}	0.6 ^c	4.9 ^b	0.8 ^{bc}
<i>Daucus carota</i> L. var. <i>capitata</i> L.	100.0 ^a	0.0 ^c	1.5 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c
<i>Raphanus sativus</i>	100.0 ^a	0.3 ^c	0.8 ^c	0.8 ^c	2.4 ^b
<i>Solanum tuberosum</i> L.	100.0 ^a	0.0 ^c	0.0 ^c	3.1 ^b	0.0 ^c

a-eValues with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS(p<0.05).

표 29. 생식 기타 원료의 α -glucosidase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%)

Sample	Acarbose Concentration (mg/ml)				
	0.001	0.01	0.1	1	10
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck	100.0 ^a	3.3 ^e	4.6 ^d	9.2 ^c	56.8 ^b
<i>Cucurbita maxima</i>	100.0 ^a	0.0 ^c	0.0 ^c	0.0 ^c	5.8 ^b

a-eValues with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS(p<0.05).

4. 생식 원료의 세포 생존율의 측정

- α -amylase와 α -glucosidase 실험과 생식원료 첨가비율을 고려하여 7가지 원료를 선정하여 실험하였다. 7가지 원료 추출물을 100 μ g/ml에서 1000 μ g/ml까지 농도로 HepG2 cell에 처리하였음
- 신선초 추출물을 500 μ g/ml이하의 농도에서는 독성을 나타내지 않았으나 600 μ g/ml부터 생존력이 감소하여 1000 μ g/ml에서는 51%까지 감소하였으며(그림 1), 케일 추출물은 500 μ g/ml까지는 대조군과 유사한 생존력을 보였으나 600 μ g/ml부터는 조금씩 생존력이 감소하는 경향을 나타냈음(그림 2)
- 브로콜리 추출물의 경우 700 μ g/ml에서부터 생존력이 점차 감소하여 1000 μ g/ml 일 때는 54%로 신선초와 유사한 생존력을 보였으며(그림 3), 울무 추출물을 1000 μ g/ml에서 84%로 감소하는 경향을 보였으나 900 μ g/ml이전까지는 대조군과 유사한 생존력을 보여 거의 독성이 없는 것으로 사료됨(그림 4)
- 검은깨 추출물은 900 μ g/ml에서 83% 생존력을 보였으며 1000 μ g/ml에서는 76% 생존율을 보였으며(그림 5), 차조 추출물도 마찬가지로 900 μ g/ml에서 생존율이 감소하기 시작하여 1000 μ g/ml에서는 84%생존력(그림 6)을 보여 검은깨와 유사한 경향을 띄었고, 수수 추출물은 600 μ g/ml에서 생존력이 감소하였는데(그림 7) 이는 신선초와 케일 추출물과 유사한 경향을 띄었음
- 신선초, 케일, 브로콜리, 수수의 경우 농도가 증가 할수록 HepG2 세포의 생존력이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었음

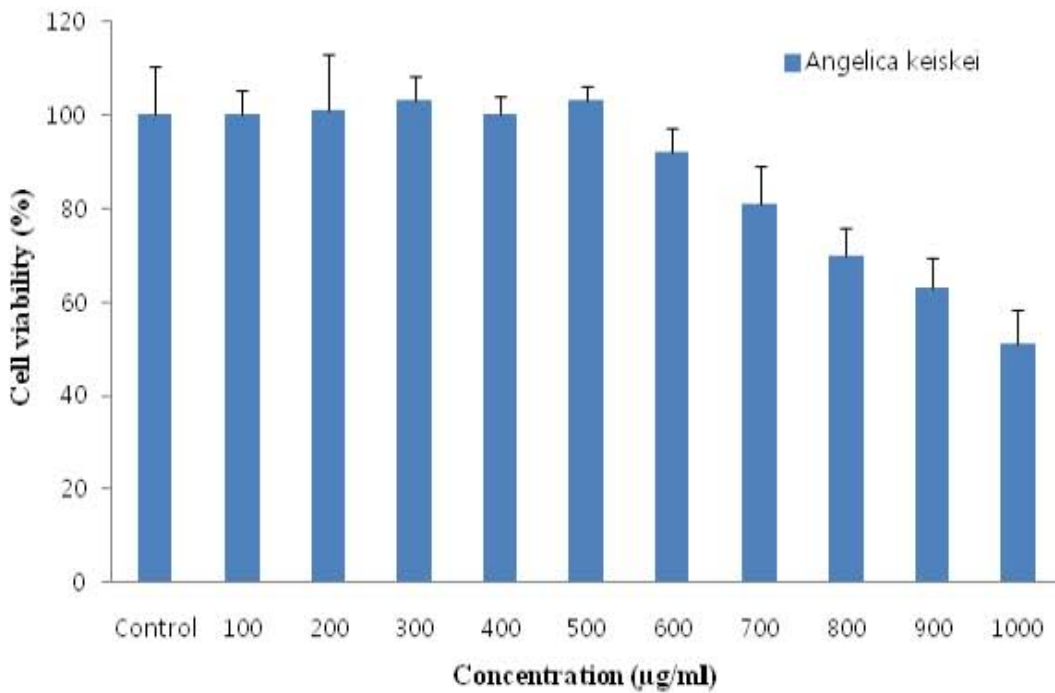


그림 1. 신선초 동결건주름의 80% 주정추출물의 HepG2 세포열에 대한 세포독성

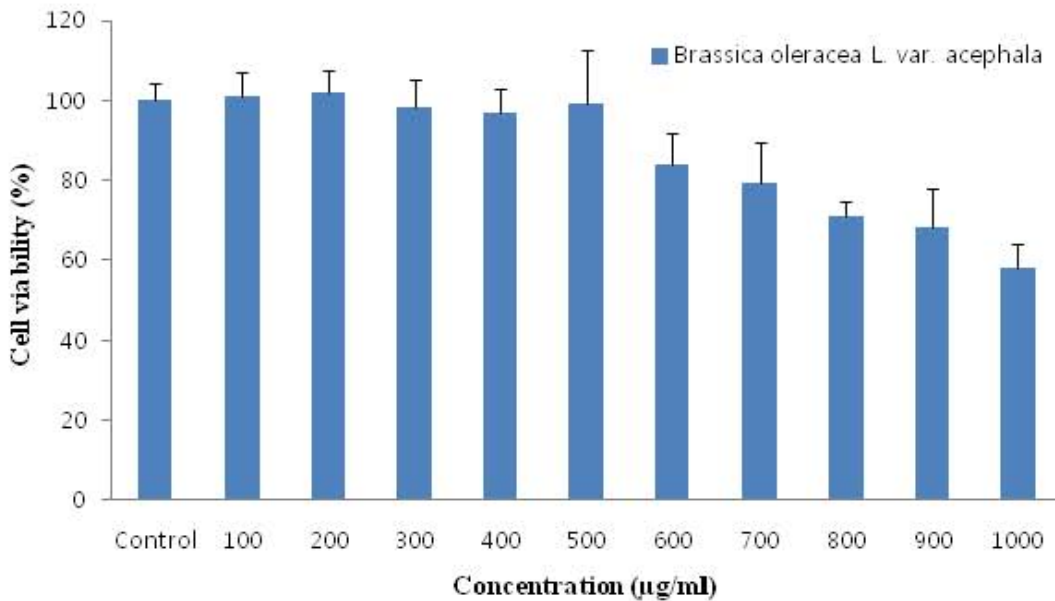


그림 2. 케일 동결건주름의 80% 주정추출물의 HepG2 세포열에 대한 세포독성

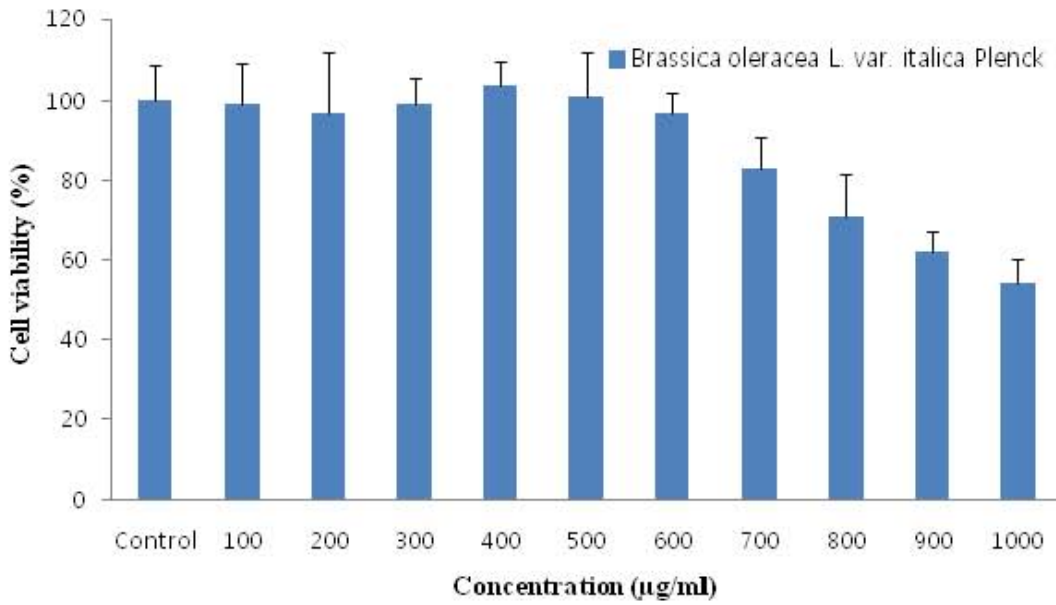


그림 3. 브로콜리 동결건주물의 80% 주정추출물의 HepG2 세포열에 대한 세포독성

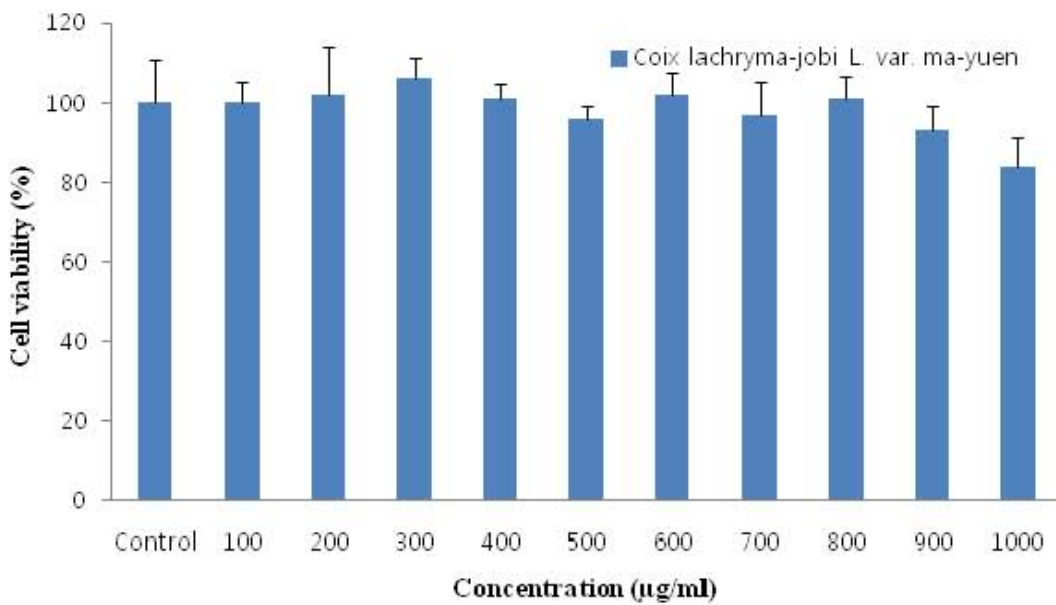


그림 4. 솔무 동결건주물의 80% 주정추출물의 HepG2 세포열에 대한 세포독성

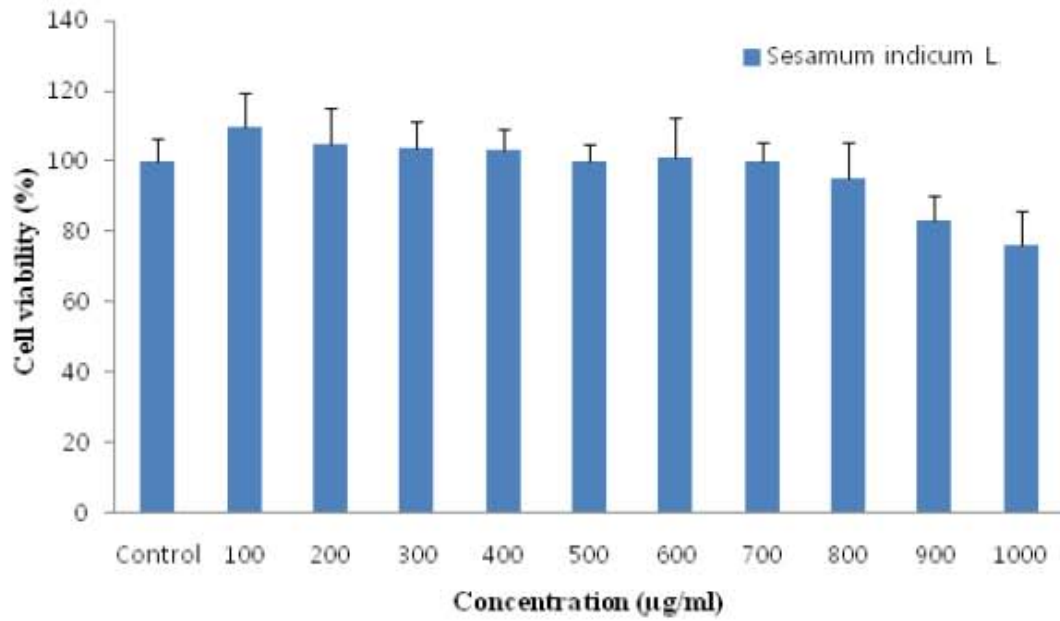


그림 5. 검은깨 동결건주물의 80% 주정추출물의 HepG2 세포열에 대한 세포독성

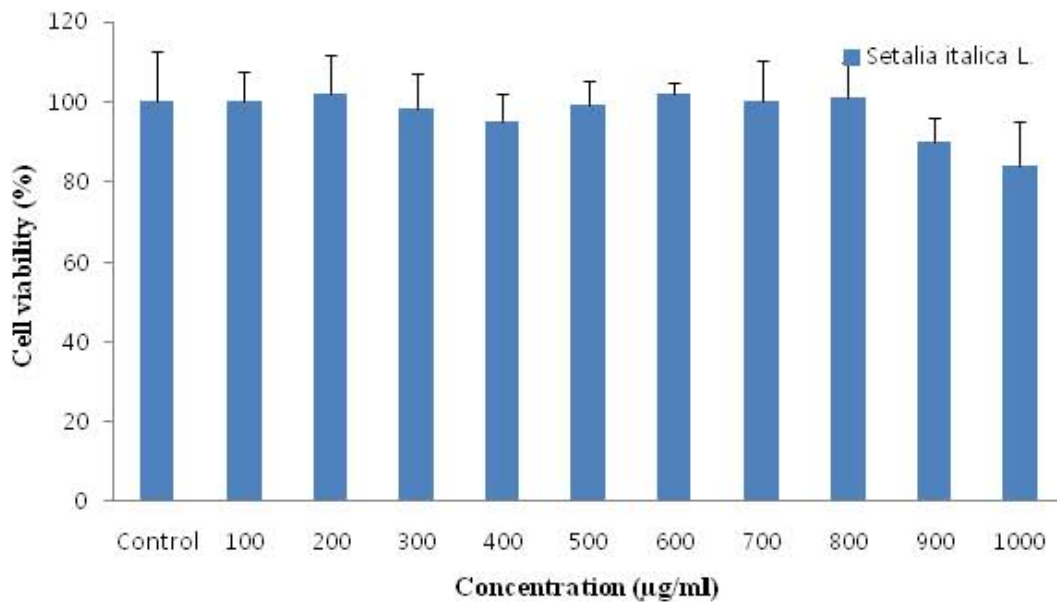


그림 6. 차조 동결건주물의 80% 주정추출물의 HepG2 세포열에 대한 세포독성

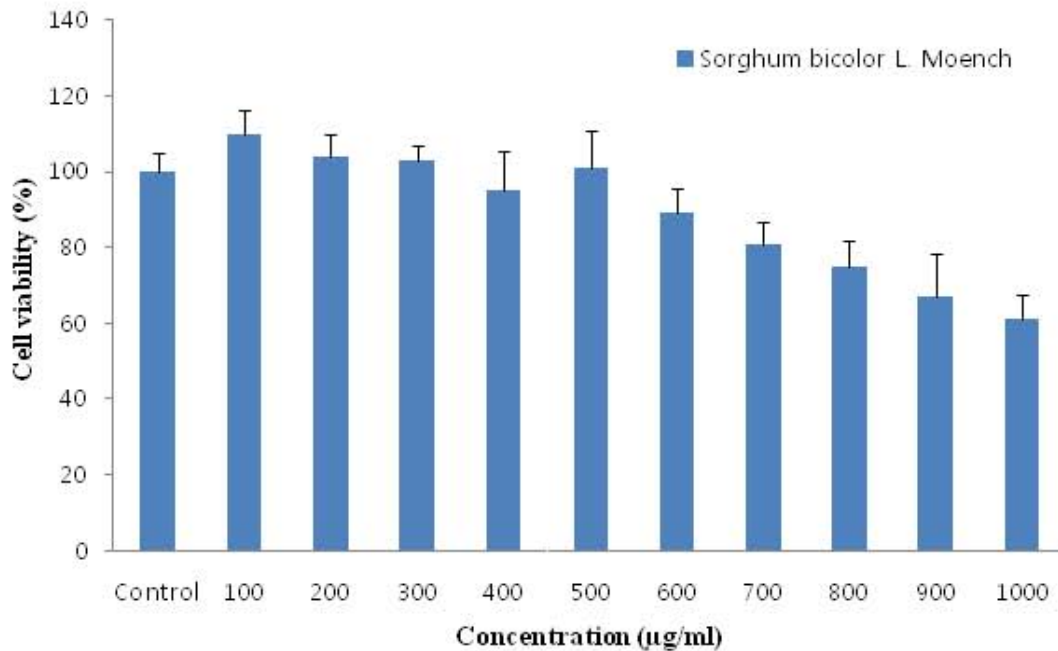


그림 7. 수수 동결건주물의 80% 주정추출물의 HepG2 세포열에 대한 세포독성

5. Caco-2 cell에서 세포 생존율의 측정

- α -amylase와 α -glucosidase 실험과 생식원료 첨가비율을 고려하여 7가지 원료를 선정하여 실험하였다. 7가지 원료 추출물을 100 $\mu\text{g/ml}$ 에서 1000 $\mu\text{g/ml}$ 까지 농도로 Caco-2 cell에 처리하였음
- 신선초 추출물을 500 $\mu\text{g/ml}$ 이하의 농도에서는 독성을 나타내지 않았으나 600 $\mu\text{g/ml}$ 부터 생존력이 감소하여 1000 $\mu\text{g/ml}$ 에서는 58%까지 감소하였고(그림 8), 케일 추출물은 500 $\mu\text{g/ml}$ 까지는 대조군과 유사한 생존력을 보였으나 600 $\mu\text{g/ml}$ 부터는 조금씩 생존력이 감소하여 1000 $\mu\text{g/ml}$ 에서는 Caco2 cell의 생존력이 40%까지 감소하였음(그림 9)
- 브로콜리 추출물의 경우 700 $\mu\text{g/ml}$ 에서부터 생존력이 점차 감소하여 1000 $\mu\text{g/ml}$ 일 때는 52%까지 생존율이 감소하였고(그림 10) 울무 추출물은 1000 $\mu\text{g/ml}$ 에서 92%로 약간 감소하는 경향을 보였으나 900 $\mu\text{g/ml}$ 이전까지는 대조군과 유사한 생존력을 보여 거의 독성이 없는 것으로 사료됨(그림 11)

- 검은깨 추출물은 800 $\mu\text{g/ml}$ 에서 92% 생존력을 보였으며 1000 $\mu\text{g/ml}$ 에서는 74% 생존율을 보였으며(그림 12). 차조 추출물은 900 $\mu\text{g/ml}$ 에서 생존율이 감소하기 시작하여 1000 $\mu\text{g/ml}$ 에서는 81%생존력을 보였음(그림 13)
- 수수 추출물은 농도 600 $\mu\text{g/ml}$ 부터 유의적으로 생존력이 감소하여 1000 $\mu\text{g/ml}$ 에서는 40% 까지 생존율을 감소시켰음(그림 14).
- Caco2 cell의 생존력은 HepG2의 생존력과 유사한 경향을 띄었고 케일, 수수의 경우 농도 1000 $\mu\text{g/ml}$ 일 때 40%로 가장 낮은 생존율을 보였으며, 이는 농도가 증가 할수록 독성을 나타내는 것으로 사료됨

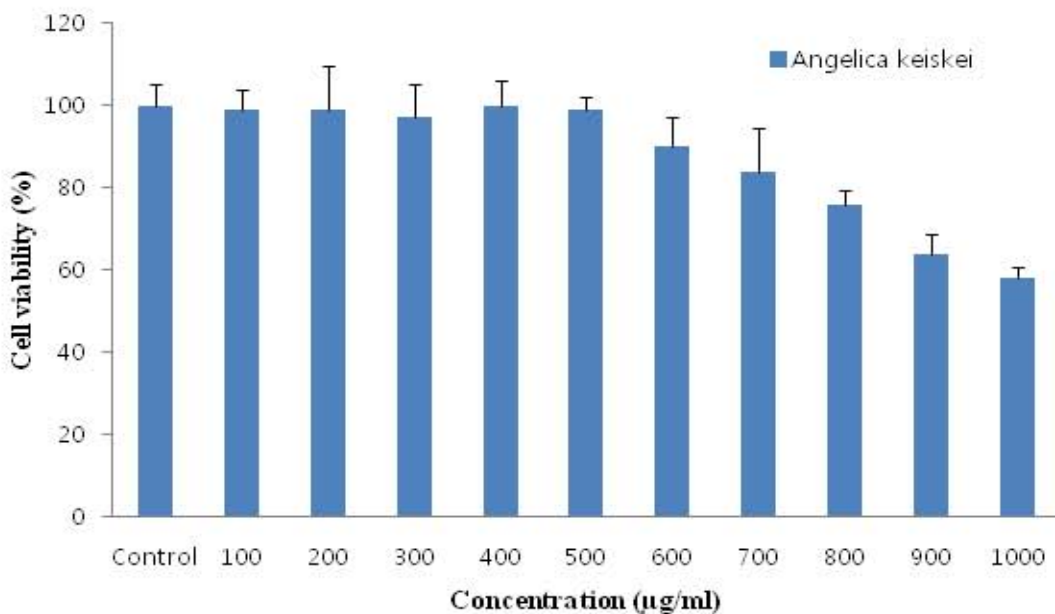


그림 8. 신선초 동결건조물의 80% 주정추출물의 Caco-2 세포열에 대한 세포독성

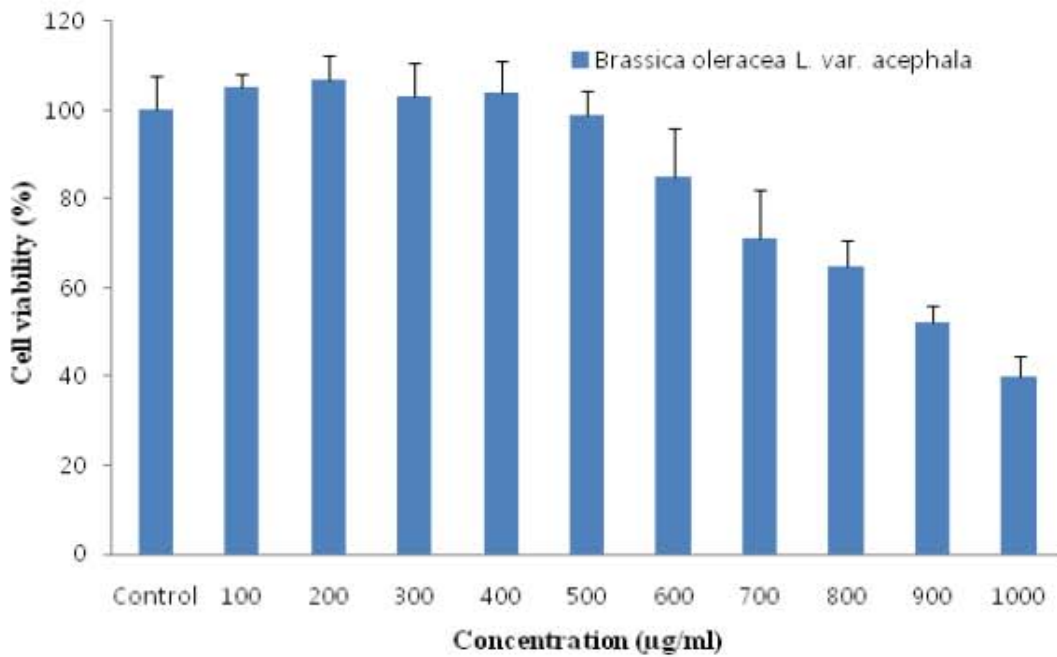


그림 9. 케일 동결건조물의 80% 주정추출물의 Caco-2 세포열에 대한 세포독성

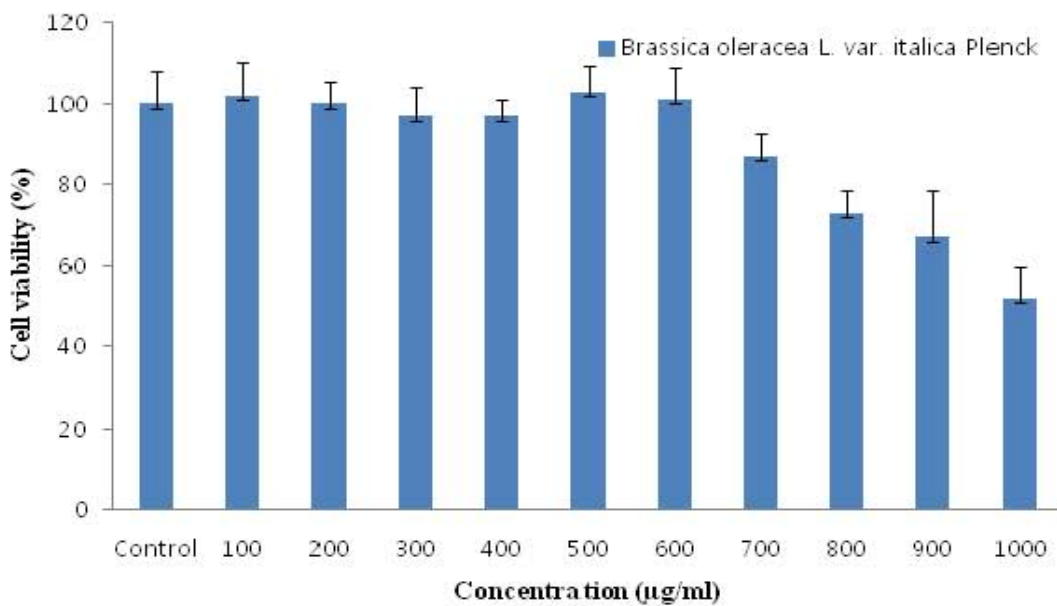


그림 10. 브로콜리 동결건조물의 80% 주정추출물의 Caco-2 세포열에 대한 세포독성

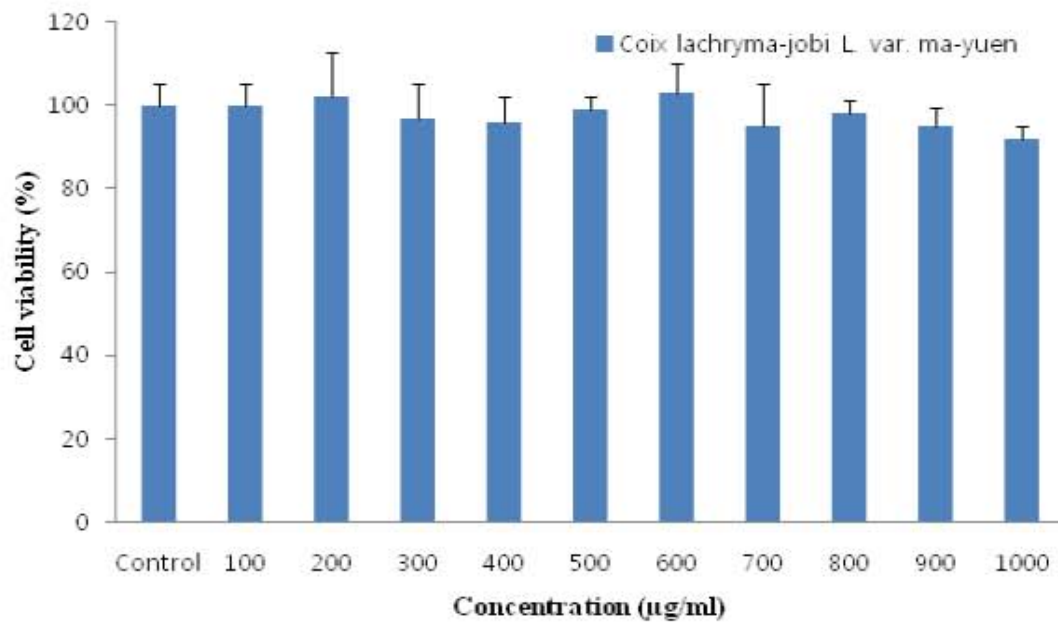


그림 11. 솔무 동결건조물의 80% 주정추출물의 Caco-2 세포열에 대한 세포독성

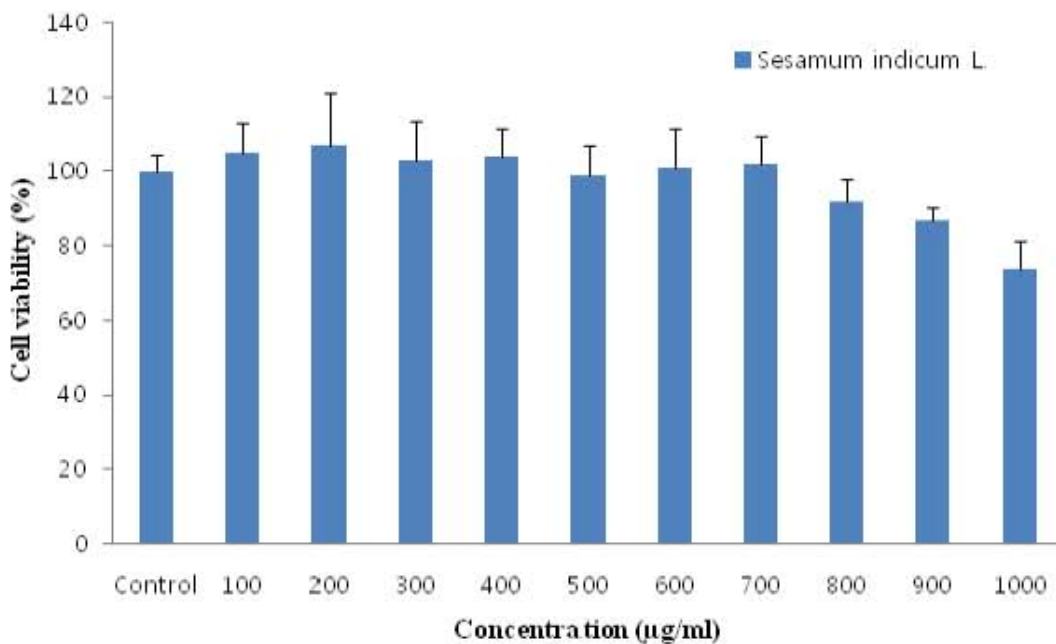


그림 12. 검은깨 동결건조물의 80% 주정추출물의 Caco-2 세포열에 대한 세포독성

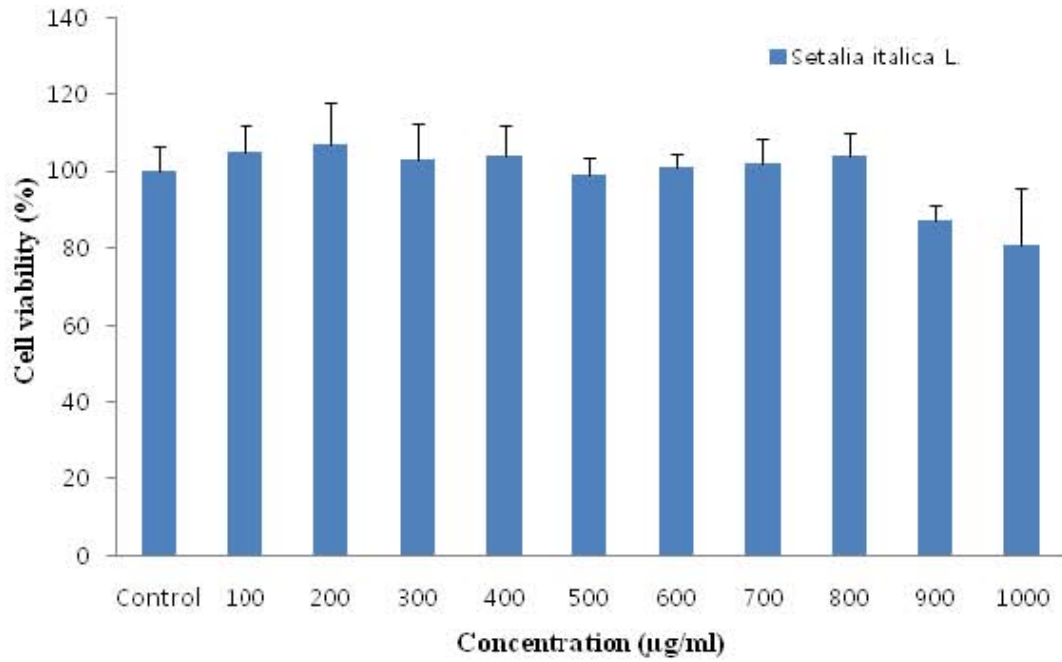


그림 13. 차조 동결건조물의 80% 주정추출물의 Caco-2 세포열에 대한 세포독성

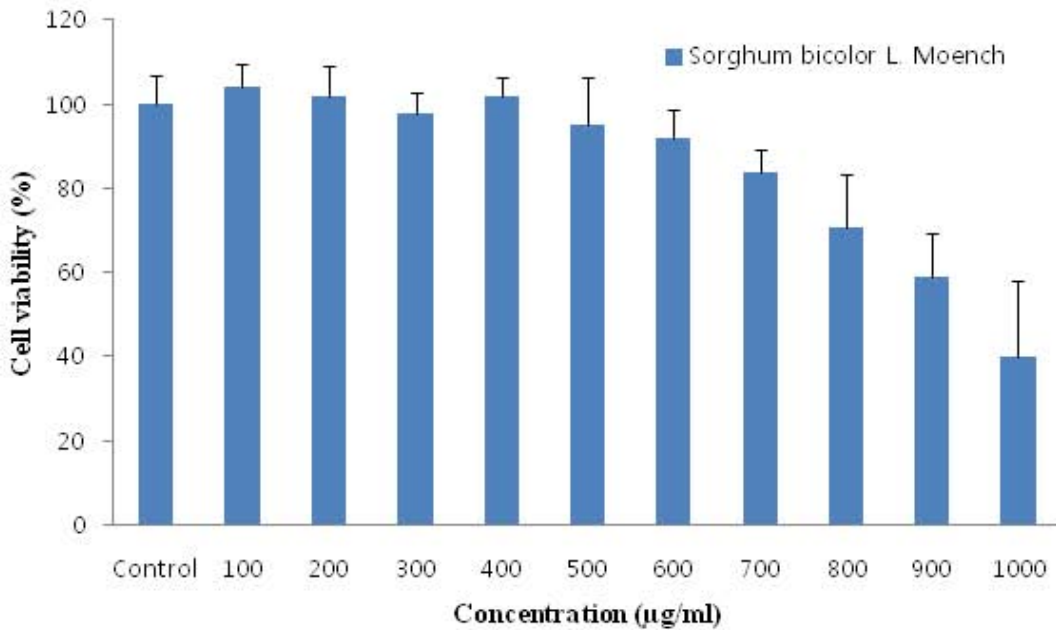


그림 14. 수수 동결건조물의 80% 주정추출물의 Caco-2 세포열에 대한 세포독성

6. Caco-2 세포에서 glucose 투과도의 측정

- 흡수된 당질이 소장에서 흡수가 억제되면 혈당을 조절하게 되어 당뇨에 도움을 주므로 생식원료 추출물이 사람의 소장세포에서 포도당 흡수저해에 미치는 영향을 측정하였음
- 세포막의 상부는 소장관 세포의 장관측(apical) 특징을 띠게 되고, membrane에 접한 쪽은 소장관 세포의 혈관측(basal)특징을 갖게 된다. 소장관으로부터 혈액으로의 Glucose흡수를 보려면 추출물과 glucose를 apical쪽에 처리한 후 basal쪽의 glucose을 정량함
- 장에는 장세포 안으로 포도당의 유입을 도와주는 운반체를 SGLT1(Sodium -glucose transport protein)이라 하고, 포도당을 세포막을 통과시켜 세포 내로 이입시키는 단백질을 포도당수송체(GLUT)라고 하는데, 혈당을 조절하기 위해서는 SGLT1의 작용이 억제되어 소장으로 흡수가 되지 않거나, GLUT2가 억제되어 소장으로 들어온 포도당을 혈액으로 보내지 않는 것이 중요함
- Caco-2세포막의 상부는 소장관 세포의 장관측(apical side, AP)특징을 띠게 되고, polycarbonate membrane에 접한 쪽은 소장관 세포의 혈관측(basal side, BL)특징을 갖게 되므로 소장관에서 혈액으로의 흡수를 보려면 샘플을 AP쪽에 넣고 BL쪽에서 샘플을 채취하여 정량하는 방법을 사용함
- Caco-2 세포를 collagen으로 코팅된 Transwell에 seeding하고 Culture flask중의 complete media를 제거한 뒤 10 ml의 DPBS를 가하고 2분 방치한 후 DPBS를 제거하고 trypsin-EDTA용액 3 ml를 가한 뒤 곧 제거하고 CO2 incubator안에서 5분 방치한 뒤, 10 ml의 배양액을 이용하여 flask 내면에 부착된 세포를 씻어내고, 세포의 밀도를 0.5×10^6 cell/well정도로 현탁 시킨 후 각 well의 polycarbonate membrane위에 $600 \mu\text{l}$ 씩 가하여 seeding함
- 이후 Transwell 아래쪽에도 1 ml의 배양액을 가하여 배양하였다. 그 후 전기저항을 통해 셀 자란 것을 확인 한 후 샘플처리하고 $50 \mu\text{M}$ 2NBDG (2-(N-(7-nitrobenz-2-oxa-1,3-diazol-4-yl)amino)-2-deoxyglucose) $5 \mu\text{l}$ 넣었다. 2NBDG는 포도당에서 산소하나가 없는 deoxyglucose에 형광성의 NBD를 결합한 합성체로서 체내에서 분해되지 않는 형광성의 포도당 유사체로서 소장세포에서 포도당이 흡수되는 정도를 형광도로 측정 할 수 있음
- Caco-2 cell에서의 세포 투과도는 추출물 $500 \mu\text{g/ml}$ 농도로 처리하였는데, 신선초 추출물의 경우 apical에서 가장 높은 값이 나왔으며 basal의 glucose양은 가장 적은 값이 나왔음
- 또한 소장세포에서 당 투과력이 16.68%로 생식원료 추출물 중 투과력을 억제하는 능력이 뛰어났으며, 케일과 브로콜리 추출물은 apical쪽의 glucose양이 신선초와 유의적 차이가 없었으며 basal쪽의 glucose양은 4번째로 적었으며 두 추출물 간의 유의적 차이는 없었음

- 당 투과력은 케일 22.94%, 브로콜리 26.74%로 브로콜리보다 케일이 약 4% 낮은 당 투과력을 볼 수 있었으며, 울무 추출물은 apical쪽의 glucose양은 control과 유의적 차이가 없었으며 basal쪽 glucose의 양 또한 control과 유의적 차이 없었는데, 이는 glucose 투과력에 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 사료됨
- 검은깨의 경우 당 투과력이 42.31%로 혈당강화에 긍정적인 영향을 줄 것으로 사료되며, 차조 추출물은 apical쪽의 glucose 양이 2번째로 많았고 basal쪽 glucose양은 3번째로 많았으며, 투과력은 33.80%으로 잡곡류에서 가장 높은 당 투과 억제력을 보였고, 수수 추출물은 당 투과력 49.73%로 거의 50% 당 흡수를 억제시켰음(그림 15, 16).

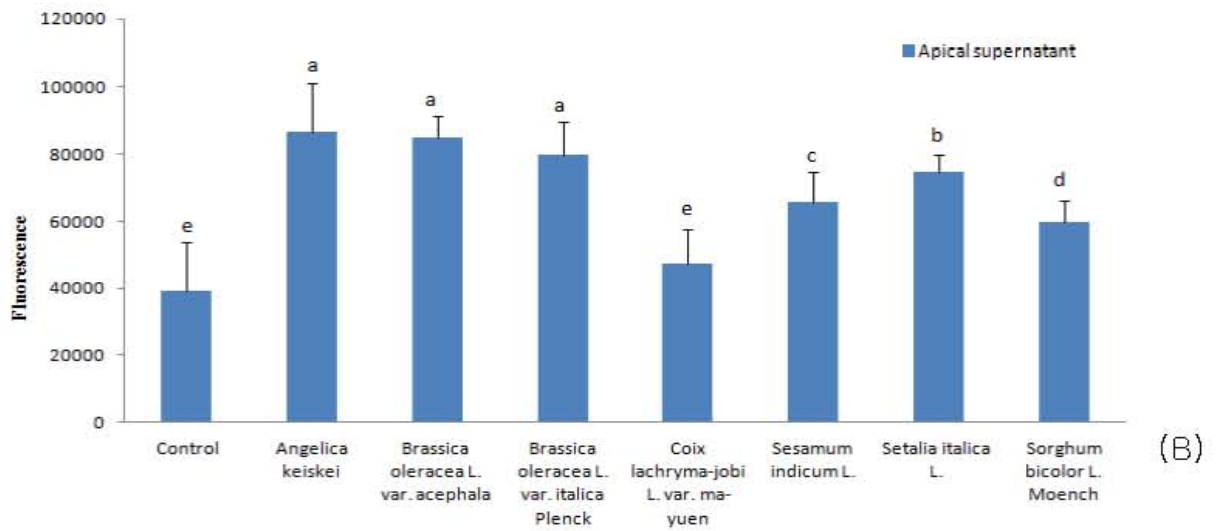
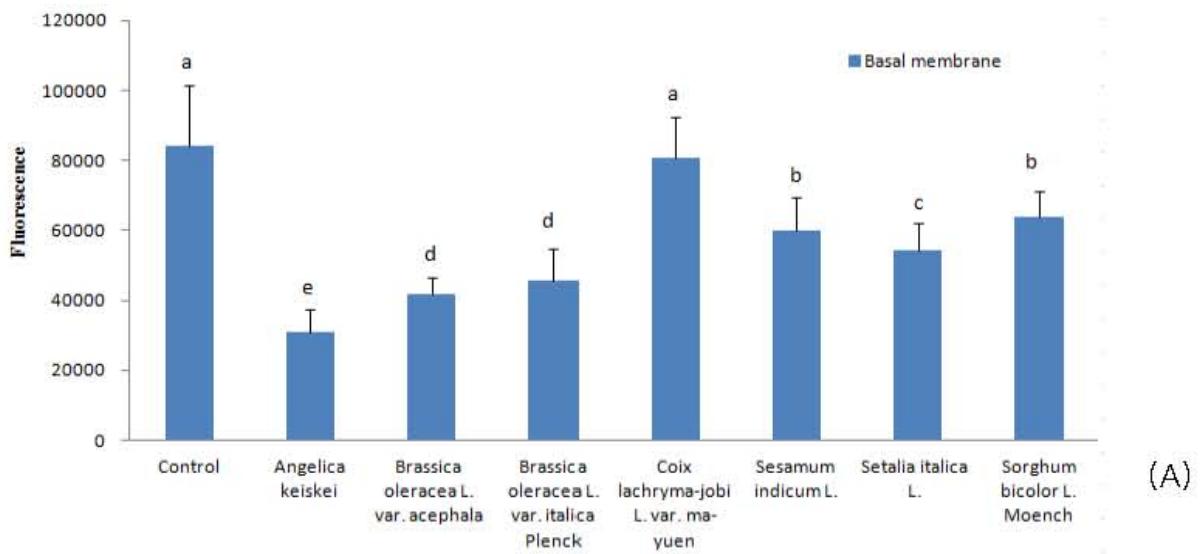


그림 15. Caco-2 세포에서 glucose 투과도에 미치는 생식 원료의 영향

^{a-e} Values with different superscripts are significantly different by ANOVA with SAS($p < 0.05$).

A) Fluorescence of Apical side

B) Fluorescence of Basolateral side

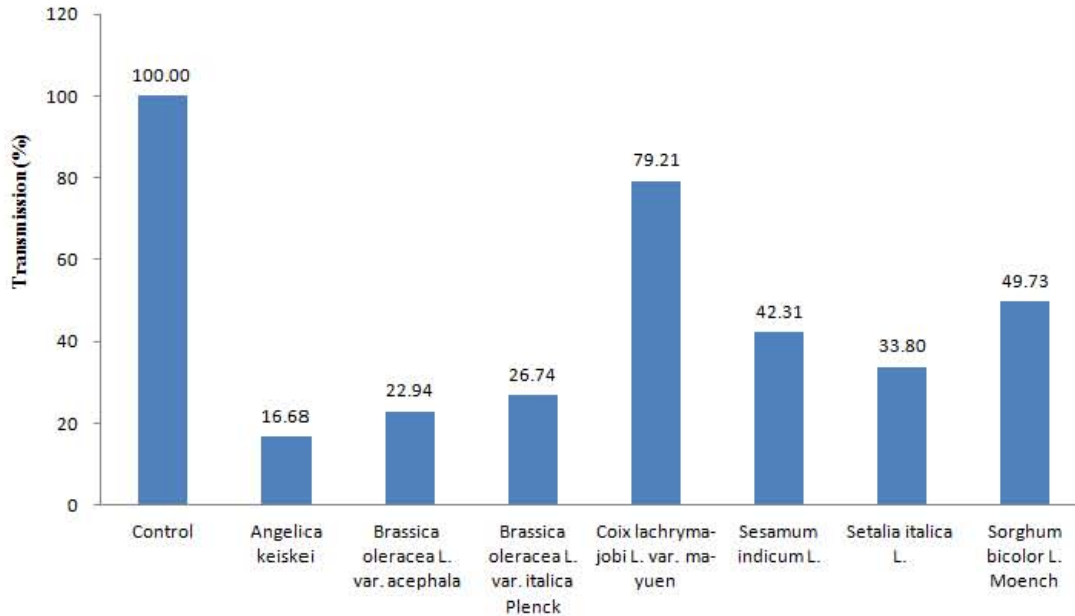


그림 16. 생식 원료 추출물이 Caco-2 세포에서 glucose uptake에 미치는 영향

6. Caco-2 세포에서 SGLT1 및 GLUT2의 단백질 발현에 미치는 영향

- SGLT1은 소장표피에서 소장내로 포도당이 흡수될 때 필요로 하는 당 수송체이고, GLUT2 소장 내에서 혈액으로 당을 이동시키는데 필요한 수송체이다. SGLT1 유전자의 발현양이 많을수록 소장내로 포도당이 많이 들어온다는 것을 의미한다. GLUT2와 SGLT2의 발현양을 확인하기 위하여 RT-PCR을 다음과 같은 조건으로 수행하였음
- 세포 부유액을 60πdish에 분주 한 후 세포가 배양접시의 80%이상 자라면 배지를 제거 후 새 배지를 교체한 후 각각의 생식 추출물을 처리하였다. 생식 추출물 처리 4시간 후 배지를 제거하고, 차가운 DPBS로 세척 한 후 10 μl 2-Mercaptoethanol 과 1 ml RLT buffer 섞은 것을 각 배양접시마다 350 μl씩 처리하여 scraper를 이용하여 세포를 수확하였음
- RNA추출은 (주)PROMEGA kit를 사용하였다. 세포를 QIA shredder에 옮긴 후 2분간 max speed로 centrifuge 돌린 후 위의 column제거하고 밑의 collection튜브에 차가운 70% 에탄올 350 μl첨가하고 micro pipette으로 up&down 시켰다. 그 후 700 μl의 sample을 따서 RNA easy mini spin column을 넣고 max speed로 20초간 원심분리후, collection tube제거한 뒤 RNA-free water 50 μl넣어 1분 동안 centrifuge 하였음
- 이를 정량 분석 후 2 μg의 RNA를 주형으로 사용하였다. 이에 master mix 10μl에 각각의 primer 2 μl를 넣고 총 20 μl volume맞춰 Quick-PCR (Promega corporation-2800 Woods Hollow Road Madison, USA)을 돌렸다. PCR생산물을 1% 한천 겔 전기영동으로 확인하였음

- 소장에서의 포도당 흡수를 알아보기 위해 Caco-2 세포에서 GLUT2유전자와 SGLT1유전자의 발현을 확인하였다. Caco-2 세포에 생식원료 추출물을 처리한 후 GLUT2와 SGLT1 mRNA발현 정도를 알아보았음(그림 17, 18)
- 신선초와 브로콜리 추출물의 경우 SGLT1의 mRNA발현 양이 Control과 같은 수준이였고 케일의 경우 SGLT1가 수수와 비슷한 mRNA발현 양을 보였으며, 울무와 차조의 경우 가장 높은 발현 양을 보여 glucose가 소장세포 안으로 수송되는 것을 촉진 시키는 것으로 사료된다. 검은깨는 2번째로 SGLT1의 mRNA발현 양이 많았음
- GLUT2 유전자의 발현양이 많을수록 소장에서 혈액으로 포도당 이동이 많다는 것을 의미하는데, GLUT2 mRNA발현정도는 SGLT1의 mRNA발현정도와 유사한 경향을 띄었으며, 신선초와 브로콜리의 GLUT2 mRNA발현양이 가장 적었으며 그 다음으로 케일과 수수의 발현양이 적었음
- 울무와 검은깨가 GLUT2 mRNA발현양이 가장 많아 혈 중 glucose양을 증가시키는데 도움을 주는 것으로 사료되며, 또한 차조도 2번째로 GLUT2 mRNA발현이 많아 울무와 검은깨와 마찬가지로 혈 중 glucose 흡수에 도움이 될 것이라 사료됨
- 그러므로 소장세포 내로의 흡수가 적고, 혈액으로의 이동도 많지 않은 신선초, 케일, 브로콜리 추출물 등은 혈당 흡수를 억제 하여 생식이 항당뇨 활성을 가지는데 도움을 줄 것으로 판단됨

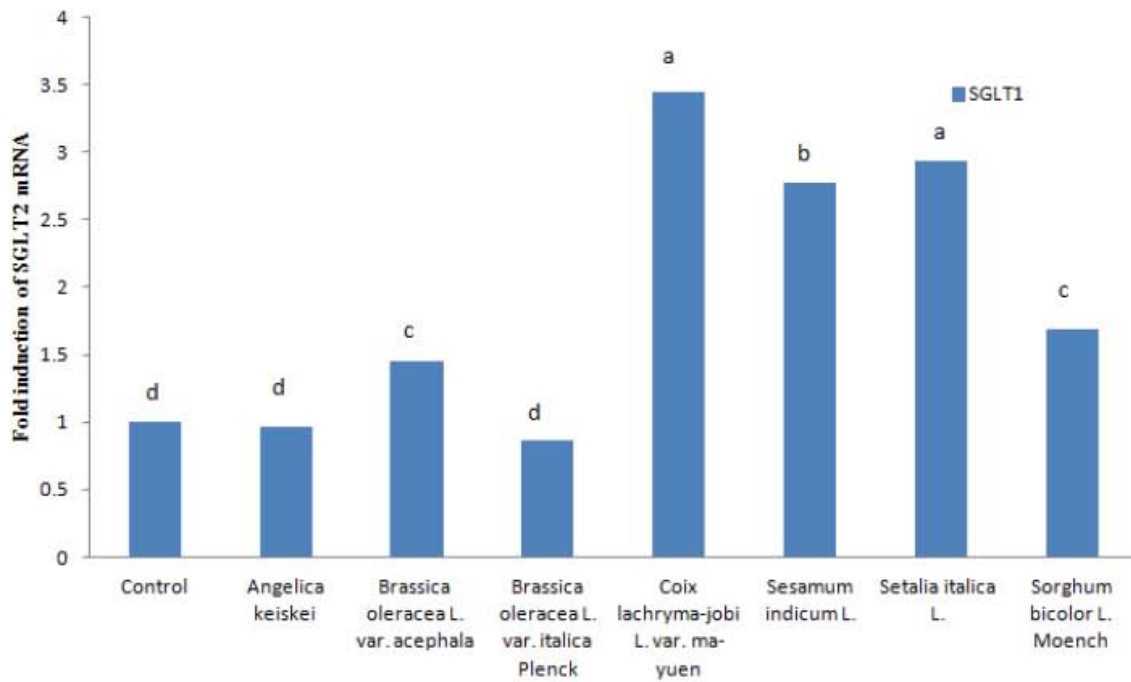


그림 17. 생식 원료 추출물이 Caco-2 세포의 SGLT1 mRNA 발현에 미치는 영향

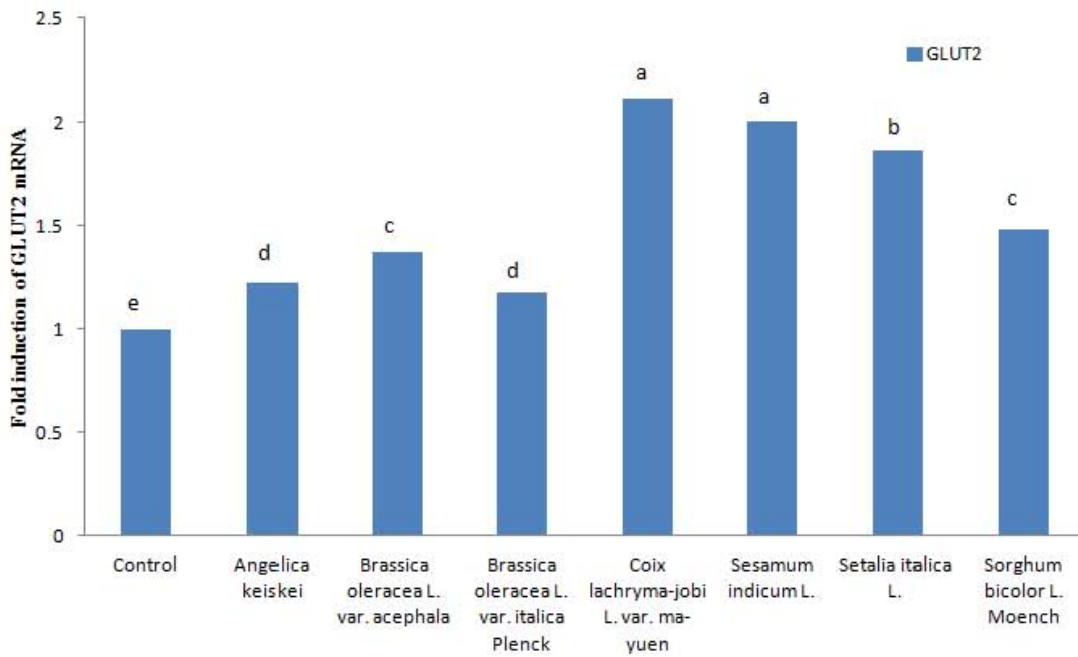


그림 18. 생식 원료 추출물이 Caco-2 세포의 GLUT2 mRNA 발현에 미치는 영향

7. Caco-2 세포에서 SGLT1 및 GLUT2 단백질 발현양 분석

- 소장에서 포도당 흡수 억제 활성을 보기 위해 Caco-2 cell에서 Western blot을 실시하여 SGLT1과 GLUT2발현 정도를 확인하였음(그림 19)
- 세포 부유액을 60π dish에 분주 한 후 세포가 배양접시의 80%이상 자라면 배지를 제거한 후 새 배지를 교체하고 생식 추출물을 4시간 동안 처리하였으며, 4시간 후 Triton X-100 완충액(50 mM HEPES, 150mM NaCl, 1mM Na₃VO₄, 1% Triton X-100, 10% glycerol)으로 분해한 후 4℃ 13000 rpm에서 20분간 원심분리를 통해 상층액을 얻었음
- 각 해조류 추출물을 처리한 세포 용해액은 bovine serum albumin (BSA)을 표준물질로 하여 Bradford assay를 통해 단백질을 정량하였고 동일한 양의 총 단백질을 포함하는 일정량의 세포 용해액 내의 단백질을 SDS-PAGE (polyacrlamide gel electrophoresis)에 의해 분리 시켰다. 분리 된 단백질을 PVDF(polyvinylidene fluoride) 막으로 이동시켜 고정시키고, 분석하고자 하는 표적 단백질에 해당하는 1차 항체를 24시간동안 반응시켰음
- Glucokinase (SANTA Cruze, CA, USA)는 원액 1:200 비율로 희석하여 반응시켰고, GLUT2 (MILLIPORE, Billerica, MA, USA)는 원액 1:500 비율로 희석하여 반응시켰으며, 그 외 Pyruvate kinase, SGLT1 (Cell signaling, Danvers, MA, USA), Glucos-6-Phospatase (LifeSpan Biosciences, USA)는 원액 1:1000비율로 희석하여 반응시켰고 2차 항체는 HRP conjugated goat anti rabbit항체(Millipore, Billerica, MA, USA)를 1:250비율로 희석하여 사용하였다. 2차 항체 반응 후 화학발광 검출법을 통해 X-ray film에 현상하여 western blot결과를 확보하였음
- 신선초, 케일, 브로콜리의 SGLT1 발현양은 울무, 검은깨, 차조보다 확연히 적게 발현되었는데, 이는 glucose가 소장 세포 안쪽으로 들어오는 것을 막아 혈당이 증가되는 것을 막아 줄 수 있다는 것을 확인 할 수 있는 결과로서, 신선초, 케일, 브로콜리는 혈당을 감소시키고 울무, 검은깨, 차조는 혈당 감소에 효과가 적은 것으로 사료됨
- GLUT2는 소장 내에서 혈액으로 당을 이동시키는데 필요한 수송체로 glucose transporter 중 간, 소장 상피세포, 췌장의 β세포에서 발견되고 있으며, GLUT2의 발현이 감소되어야 소장에서 혈액으로 당이 이동이 감소하여 혈당조절에 도움이 될 것으로 판단됨
- GLUT2의 발현양은 SGLT1의 발현양과 유사한 경향을 띄었는데, 울무, 검은깨, 차조는 control보다 많이 발현되어 glucose가 혈 중으로 흡수 되는 것을 도와주는 것으로 사료되며, 신선초, 케일, 브로콜리는 GLUT2의 발현양이 가장 적게 발현 시켜 혈 중 glucose가 증가되는 것을 막아 줄 것으로 사료됨

- SGLT1과 GLUT2의 발현양을 고려하였을 때 Caco2 cell에서의 당 투과력 결과와 유사하였으므로 신선초, 케일, 브로콜리는 혈당을 감소시키는데 효과가 있는 것으로 사료됨

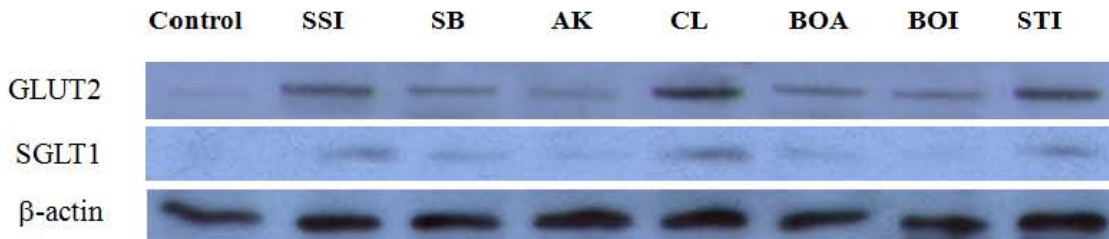


그림 19. Caco-2 세포에서 GLUT2 및 SGLT1 발현양에 미치는 생식 원료의 영향

AK: Angelica keiskei BOA: Brassica oleracea L. var. acephala,

BOI: Brassica oleracea L. var. italica Plenck, CL: Coixlachryma-jobi L. var. ma-yuen

SB: Sesamum indicum L. SSI: Setaliaitalica L. STI: Sorghumbicolor L. Moench

8. HepG2 세포에서 glucokinase, pyruvate kinase 및 glucose-6-phosphatase의 발현에 미치는 영향

- 해당과정의 활성화와 당 신생합성 억제 그리고 당의 민감성 향상을 확인하기 위해서 HepG2 cell에서 glucokinase, pyruvate kinase, glucose-6-phosphatase의 발현 정도를 보았으며(그림 20), 이때 샘플은 당 분해와 당 흡수억제에서 활성이 좋았던 신선초를 농도 별로 처리하였음
- Glucokinase는 당대사와 인슐린 분비조절인자로 알려져 있다. 세포내로 흡수된 당의 이용 속도를 증가시키기 위해서는 간에서 포도당대사에 관여하는 glucokinase 활성을 증가시켜야 하는데, 본 연구에서는 신선초 추출물을 처리함에 따라 증가하는 경향을 보여 위의 연구들과 유사한 경향을 보여 해당과정을 촉진하여 혈당을 감소시키는데 영향을 줄 것으로 사료됨
- Pyruvate kinase는 해당과정 중 ATP를 합성하는 두 가지 단계 중 하나에 관여하는 중요한 효소로 phosphoenolpyruvate를 pyruvate로 전환하는 촉매작용을 하며, 혈중 glucose량을 감소시키려면 Pyruvate kinase의 발현이 증가 되어야함
- 본 연구에서는 pyruvate kinase의 발현정도는 대조군에 비해 감소하는 경향을 띄어 신선초가 해당과정을 촉진시키는 것으로 사료됨

- Glucose-6-phosphatase는 혈당의 항상성 조절을 위한 중요한 효소이며, 간과 신장에서 glucose-6-phosphatase 효소의 결핍은 글리코겐의 저장에 이상이 생기는 원인이 되어, 간은 인산기를 제거하는 glucose-6-phosphatase를 갖고 있어 유리된 포도당을 만들 수 있고 이 포도당은 세포막을 통과하여 혈액으로 분비됨
- 즉 포도당신생합성과정으로 포도당 6인산은 간과 신장에만 존재하는 glucose-6-phosphatase에 의해 포도당으로 전환되어 혈액으로 방출되게 되는데, 포도당신생합성이란 포도당이 아닌 다른 에너지원을 포도당으로 전환시키는 것으로 당뇨에서는 포도당 신생합성이 억제되어야 함
- 본 연구의 신선초 추출물은 glucose-6-phosphatase 발현이 control과 비슷하여 신선초 추출물이 당 신생합성에 영향을 끼치지 않는 것으로 사료됨

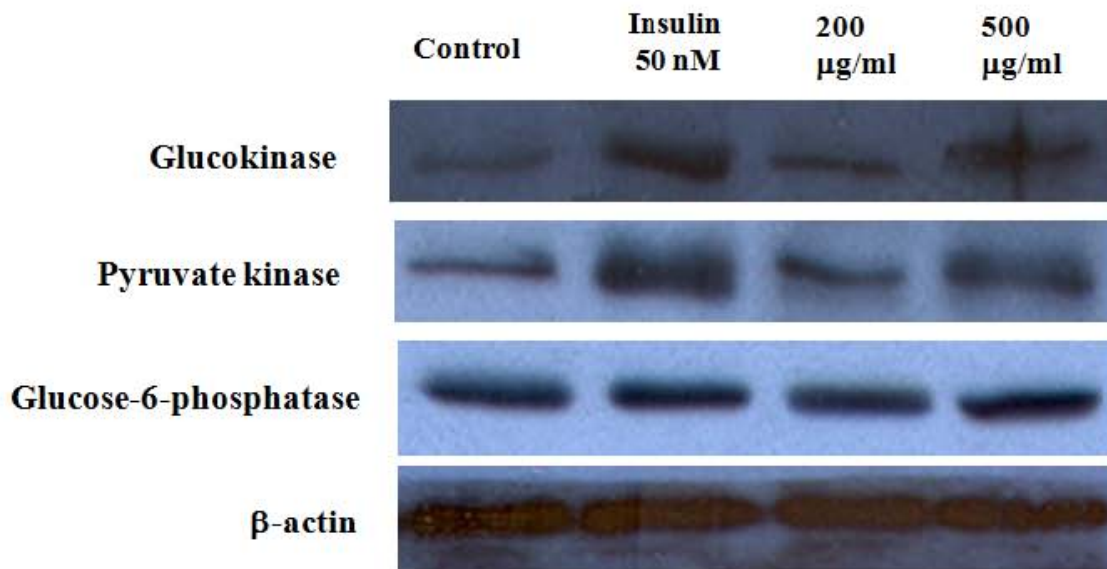


그림 20. HepG2 세포에서 pyruvate kinase and glucose-6-phosphatase 단백질 발현에 미치는 신선초 추출물의 효과

9. 건조 방법을 달리한 원료의 함당도 활성 비교 검증

- 생식은 기본적으로 동결건조법에 의해서 농산물을 건조하나 미생물학적 안정성의 문제로 인하여 당뇨 환자를 식사 대용식 규격을 만족시키는데는 한계가 있어 본 연구과제에서는 이를 극복하기 위하여 동결건조보다 미생물학적 안정성을 향상시킬 수 있는 저온 열풍 건조 방법을 이용한 건조 방법으로 생식 원료를 제조하였음
- 1차 alpha-amylase 활성이 높은 것으로 조사된 생식 원료에 대해서 주관기업인 ㈜이룸으

로부터 저온 건조 방법으로 제공되어진 분말 원료 및 동결건조 원료를 추가로 제공받았으며, 이를 상기의 방법으로 80% 에탄올 추출 한 뒤 동일한 방법으로 amylase에 대한 활성 저해 역가를 비교 분석 하였음

- 건조 방법을 달리한 7종의 시료에 대해서 수율의 비교에서는 2~5%정도의 차이가 발생하였으나 추출방법상의 차이로 생각되며, 균일한 모습을 나타내지 않아 건조방법간에 에탄올 추출물에 대한 수율의 변화는 나타나지 않은 것으로 생각됨
- 각 건조 방법별로 α -Amylase활성을 비교 분석한 결과 7종의 원료 모두에서 동결건조와 저온건조에 대해서 유사한 경향을 나타내었으며, 각 농도별로의 활성의 차이가 일부 존재하였으나 대부분 농도별로 활성의 비율이 유사하게 나타남
- 일반적으로 곡류, 엽채류 등에서 α -Amylase에 대한 저해 활성이 polyphenol류 화합물에 의해서 다수 나타난다고 알려져 있으며, polyphenol 화합물이 본 연구개발에서 사용되는 60℃이하의 저온 건조 방법에서 열안정성이 비교적 우수한 것으로 추측되기 때문에 동결건조와 저온건조 방법상에서 α -Amylase의 활성에 대한 차이는 없는 것으로 판단됨
- 따라서, 상기의 연구개발에서는 가공전 원물 중심으로 하여 항당뇨 활성을 검증하였으며, 건조 방법별로 활성에 차이가 없는 것으로 판단되었음

표 30. 건조 방법을 달리한 원료의 α -Amylase 저해 활성 비교

Sample	Drying Method	Concentration (mg/ml)			
		0.01	0.1	1	10
<i>Oryza sativa</i> var. (<i>Heugjinjubyeo</i>)	FD	0.0	3.4	9.7	123.6
	LD	0.0	7.5	8.6	94.7
<i>Coix lachryma-jobi</i> L. var. <i>ma-yuen</i>	FD	10.0	14.0	25.3	44.0
	LD	13.5	16.7	20.8	42.5
<i>Sorghum bicolor</i> L. <i>Moench</i>	FD	44.1	45.8	92.5	27.5
	LD	39.6	55.4	88.2	-
<i>Hordeum vulgare</i> L.	FD	4.3	4.7	15.1	87.9
	LD	9.4	7.5	13.2	75.4
<i>Sesamum indicum</i> L.	FD	35.1	65.8	105.2	112.6
	LD	30.6	62.0	89.5	92.4
<i>Oenanthe javanica</i> DC	FD	0.0	0.0	14.2	143.8
	LD	0.0	0.0	24.6	136.9
<i>Raphanus sativus</i> L. leaves	FD	0.3	0.4	10.7	132.5
	LD	0.0	0.0	15.4	118.6

FD : Freezing Dry, LD : Low-Temperature heat Dry

○ 또한, 엽채류를 중심으로 하여 건조방법에 따른 α -Amylase, α -glucosidase 억제 활성 및 폴리페놀 변화를 측정 한 결과는 표 31~33과 같이 나타났음

표 31. 엽채류에서 건조방법에 따른 추출물의 α -Amylase 저해 활성 비교

Sample	Drying Method	Concentration (mg/ml)			
		0.25	0.5	1	2
Allium odorum (부추)	FD	1.2	10.7	18.1	49.8
	LD	1.7	8.1	15.3	43.5
Angelica keiskei (신선초)	FD	13.9	13.4	25.8	30.3
	LD	8.7	9.4	20.4	25.9
Brassica oleracea L. var. (브로콜리)	FD	14.2	15.1	17.1	28.5
	LD	13.7	14.1	15.9	26.5
Oenanthe stolonifera DC (돌미나리)	FD	2.2	3.6	4.5	17.6
	LD	2.9	3.7	4.8	12.9

FD : Freezing Dry, LD : Low-Temperature heat Dry

표32. 엽채류에서 건조 방법에 따른 추출물의 α -glucosidase 저해 활성 비교

Sample	Drying Method	Concentration (mg/ml)			
		0.25	0.5	1	2
Allium odorum (부추)	FD	15.5	19.8	28.7	37.4
	LD	14.1	17.8	25.3	36.9
Angelica keiskei (신선초)	FD	14.2	11.0	17.3	23.5
	LD	13.9	14.5	16.6	24.2
Brassica oleracea L. var. (브로콜리)	FD	14.1	25.3	47.1	65.8
	LD	13.2	22.8	43.8	60.6
Oenanthe stolonifera DC (돌미나리)	FD	14.8	30.2	49.7	59.5
	LD	13.7	26.9	45.9	55.7

FD : Freezing Dry, LD : Low-Temperature heat Dry

표 33. 건조방법에 따른 추출물의 폴리페놀 함량비교

Sample	Drying Method	Poly phenol	
		Total phenol	Total flavonoid
Allium odorum (부추)	FD	177.1	122.8
	LD	168.1	105.1
Angelica keiskei (신선초)	FD	146.1	101
	LD	145.6	93.71
Brassica oleracea L. var. (브로콜리)	FD	55.24	29.25
	LD	51.15	26.39
Oenanthe stolonifera DC (돌미나리)	FD	85.13	97.93
	LD	78.88	94.64

FD : Freezing Dry, LD : Low-Temperature heat Dry

- 상기의 결과에서와 같이 곡류, 엽채류 모두에서 동결건조와 저온건조간의 활성 차이 및 폴리페놀 함량에서 큰 차이가 나타나지 않아 생식이 가지는 항당뇨 활성이 저온 건조를 통해서 나타날 수 있을 것으로 판단되었음

제 3 절 저온 분쇄 방식에 따른 영양소의 비교 분석

- 본 연구개발에서는 저온 가공 방법을 활용하여 미생물학적 안정성을 확보하고, 이를 통해 생식을 기반으로 한 생리활성 및 영양적 가치가 우수한 당뇨환자용 식사 대용식 제품을 개발하고자 하였음
- 생식의 특성상 건조된 원료를 미세분말로 분쇄하는 공정이 필수적으로 동반되며, 건조물의 분쇄를 위해서는 해머밀(hammer mill) 또는 핀밀(pin-mill)과 같은 분쇄기가 사용됨
- 이러한 일반적 분쇄기의 특징은 강한 충격 또는 마찰에 의해서 분쇄를 하는 방식이기 때문에 마찰에 의해서 순간적으로 원재료가 고열에 노출되는 현상이 발생할 수 있으며, 통상적으로 80~120℃ 정도의 열이 순간적으로 발생하는 것으로 알려져 있어 영양소적 측면에서 손실이 발생할 가능성이 있으며, 이를 확인하기 위하여 건조된 원재료를 기존의 햄머밀 또는 핀밀로 분쇄하는 방법과 냉동 상태에서 동결된 상태로 분쇄를 통해 열발생을 차단 하는 냉동분쇄 방법간의 영양소 비교를 수행하였음
- 기존 분쇄 방법 및 동결 분쇄 방법간의 영양소 파괴량 비교 분석을 위하여 현미, 발아현미, 당근, 호박, 케일의 5종의 원료에 대해서 각기 건조 후 냉동분쇄 및 기존분쇄 방법을 통해 분말을 제조하였으며, 이에 대해서 수분함량, 비타민 및 효소 활성 분석을 통해서 분쇄 방법간의 차이를 비교하고자 하였음
- 원료로부터 건조 이후 기존 분쇄 방법과 냉동 분쇄 방법간의 수분함량을 비교 한 결과는 표 34과 같이 나타났음

표 34. 분쇄 방법에 따른 수분함량의 변화

수분함량(%)	원물	건조물	기존분쇄	냉동분쇄
당근	91.4±0.29	5.7±0.85	6.6±0.71	6.3±0.17
호박	92.3±0.44	8.8±1.94	11.7±1.02	10.9±1.65
케일	89.0±0.53	7.1±2.12	4.8±0.82	3.9±0.83
현미	13.3±0.99	0.6±0.44	0.8±0.22	1.3±0.31
발아현미	39.7±0.37	0.8±0.17	0.8±0.27	1.3±0.31

- 건조물을 제조한 후 분쇄 방법상에서 기존 분쇄 방법과 냉동분쇄 방법간의 수분함량 차이는 없는 것으로 나타났으며, 현미, 발아현미의 경우 수분함량이 소폭 증가되는 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 나타나지 않았음

- 식품의 가공중 열에 의한 영양소 손실에서 β -carotene 또는 vitacmin C 등의 vitamin 영양소는 열에 약하기 때문에 열에 의한 손실이 다수 발생하여 가공중 열에 민감한 성분으로 알려져 있음
- 본 연구에서 기존 분쇄 및 냉동 분쇄간의 비교 분석을 위하여 중요 비타민 성분에 대한 분석을 수행하였으며, 그중 β -carotene에 대한 분석 결과는 표 35와 같이 나타났음

표 35 분쇄 방법에 따른 β -carotene 함량 변화

(mg / 100g)	원물	건조물	기존분쇄	냉동분쇄
당근	0.84±0.00 (9.77)*	15.35±0.33 (16.28)	14.39±1.04 (15.41)	13.68±0.34 (14.60)
호박	0.05±0.00 (0.65)	0.79±0.20 (0.87)	0.76±0.08 (0.86)	0.73±0.25 (0.82)
케일	0.68±0.00 (6.18)	27.99±4.17 (30.13)	22.61±0.85 (23.75)	24.68±4.66 (25.68)
현미	ND	ND	ND	ND
발아현미	ND	ND	ND	ND

* () 의 수치는 수분 함량을 보정한 수치임

- 현미와 발아현미에서는 β -carotene이 검출되지 않았으나 β -carotene을 함유한 당근, 호박, 케일에 있어서, 당근과 호박의 경우 기존 분쇄 시료에서, 케일은 냉동분쇄 시료에서 β -carotene의 함량이 평균적으로 높은 경향을 보였으나 그 차이는 미미한 것으로 판단됨
- 원료의 분쇄 방법에 따른 vitamin C의 함량 분석 결과는 표 36과 같이 나타났음

표 36. 분쇄 방법에 따른 Vitamin C의 함량 변화

	원물	건조물	기존분쇄	냉동분쇄
당근	0.04±0.03 (0.47)*	0.44±0.13 (0.47)	0.35±0.08 (0.37)	0.38±0.05 (0.41)
호박	0.02±0.04 (0.26)	0.16±0.01 (0.18)	0.13±0.02 (0.15)	0.16±0.07 (0.18)
케일	0.24±0.03 (2.18)	3.85±0.79 (4.14)	3.05±1.2 (3.20)	2.91±0.04 (3.03)
현미	0.02±0.00 (0.02)	0.02±0.01 (0.02)	0.03±0.01 (0.03)	0.02±0.01 (0.02)
발아현미	0.02±0.00 (0.03)	ND1	0.01±0.00 (0.01)	0.01±0.00 (0.01)

* () 의 수치는 수분 함량을 보정한 수치임

- 원료의 분쇄방법에 따른 Vitamin C의 함량 분석 결과에서 5종의 원료에서 동일하게 건조 물에 비해서 분쇄를 하였을 때 평균적으로 낮아지는 경향을 보였으며, 건조 방법간의 비교 에서 당근과 호박은 냉동분쇄 시료에서, 케일과 현미는 기존분쇄 시료에서 Vitamin C가 더 많이 검출되었으나 그 차이는 통계적 유의성이 나타나지 않았음
- 분쇄 방법에 의해서 수용성 Vitamin은 Vitamin B군의 함량 변화를 관찰하기 위하여 원재 료 및 건조물, 각 분쇄방법별로 분쇄된 재료의 vitamin B군의 함량을 분석한 결과는 표 37~30과 같이 나타났음

표 37. 분쇄 방법에 따른 vitamin B1 함량의 비교 분석

(mg / 100g)	원물	건조물	기존분쇄	냉동분쇄
당근	1.55±0.71 (18.02)*	22.44±3.37 (23.80)	16.40±3.61 (17.56)	23.58±2.36 (25.17)
호박	2.06±1.40 (26.75)	36.22±0.86 (39.71)	27.80±14.07 (31.48)	29.51±11.94 (33.12)
케일	12.99±10.23 (118.09)	24.66±6.94 (26.54)	24.83±1.78 (26.08)	26.20±3.6 (27.26)
현미	0.78±0.1 (0.90)	1.42±0.38 (1.43)	1.60±0.47 (1.61)	1.35±0.29 (1.37)
발아현미	1.97±0.19 (3.27)	2.36±0.58 ^c (2.38)	1.11±0.22 ^a (1.12)	1.32±0.28 ^{ab} (1.34)

* a, b, c : 신뢰도 95% 수준에서 유의성이 나타남

* () 의 수치는 수분 함량을 보정한 수치임

- 원료의 분쇄방법에 따른 vitamin B1의 함량에서 현미를 제외한 당근, 호박, 케일, 발아현미 에서 기존분쇄보다 냉동분쇄시 Vitamin B1의 함량이 높았으나 통계적으로 유의적인 차이는 없었으며, 발아현미의 경우 동결건조에 비하여 기존분쇄와 냉동분쇄 시 Vitamin B1의 양이 각각 53%, 44%로 유의적으로 감소하였으며 (p>0.05) 이는 가공 과정 중 열이나 물리적인 요소에 의해서 영향을 받은 것으로 생각되나 분쇄 방법간에는 통계적 유의성이 나타나지 않았음

표 38. 분쇄 방법에 따른 vitamin B2 함량의 비교 분석

(mg / 100g)	원물	건조물	기존분쇄	냉동분쇄
당근	0.09±0.03 (1.05)*	0.70±0.11 (0.74)	0.61±0.42 (0.65)	0.56±0.14 (0.60)
호박	0.08±0.06 (1.04)	0.53±0.13 (0.58)	0.32±0.16 (0.36)	0.42±0.08 (0.47)
케일	1.30±0.05 (11.82)	9.11±0.06 (9.81)	8.08±1.4 (8.49)	8.47±0.15 (8.81)
현미	0.08±0.01 (0.09)	0.19±0.03 (0.19)	0.18±0.02 (0.18)	0.13±0.08 (0.13)
발아현미	0.04±0.01 (0.07)	0.13±0.08 (0.13)	0.02±0.01 (0.02)	0.08±0.01 (0.08)

* () 의 수치는 수분 함량을 보정한 수치임

- 원료의 분쇄방법에 따른 vitamin B2의 함량 변화에서는 모든 재료에서 분쇄시의 vitamin B2의 함량이 건조시보다 낮아졌으며, 케일, 호박, 발아현미는 기존분쇄보다 냉동분쇄 시료에서 vitamin B2함량이 높게 검출되었고, 현미, 당근의 vitamin B2의 함량은 기존분쇄 시료가 냉동분쇄 시료보다 높았으나 유의적인 차이는 나타나지 않았음

표 39. 분쇄 방법에 따른 vitamin B6 함량의 비교 분석

	원물	건조물	기존분쇄	냉동분쇄
당근	0.09±0.03 (1.05)*	0.70±0.11 (0.74)	0.61±0.42 (0.65)	0.56±0.14 (0.60)
호박	0.08±0.06 (1.04)	0.53±0.13 (0.58)	0.32±0.16 (0.36)	0.42±0.08 (0.47)
케일	1.30±0.05 (11.82)	9.11±0.06 (9.81)	8.08±1.4 (8.49)	8.47±0.15 (8.81)
현미	0.08±0.01 (0.09)	0.19±0.03 (0.19)	0.18±0.02 (0.18)	0.13±0.08 (0.13)
발아현미	0.04±0.01 (0.07)	0.13±0.08 (0.13)	0.02±0.01 (0.02)	0.08±0.01 (0.08)

* () 의 수치는 수분 함량을 보정한 수치임

- 원료의 분쇄방법에 따른 Vitamin B6의 함량 변화에서는 모든 시료의 vitamin B6의 함량은 분쇄시 건조물에 비해 낮아졌으며, 현미를 제외하고 모두 냉동분쇄보다 기존분쇄 시료에서 Vitamin B6의 함량이 높았으나 유의적인 차이는 나타나지 않았음

- 원료의 분쇄 방법에 따라 β-carotene, vitamin C 및 vitamin B군에 대한 영양성분 분석 결과에서 원료에 따라 냉동분쇄 및 기존분쇄 방법간에 미세한 차이는 있으나 통계적 유의성이 나타나지 않아 냉동분쇄 방법이 영양소 보존적 측면에서 우수한 면이 나타나지 않음

- 원료의 분쇄시 발생하는 열은 지방산의 산패를 촉진하여 산패취를 발생시키거나 또는 저장 중의 산패를 촉진시키는 역할을 촉진할 수 있을 것으로 판단되어 분쇄 방법간의 지방산 함

량 변화를 측정하였으며, 그결과는 표 40~42과 같이 나타났음

표 40. 분쇄 방법에 따른 linoleic acid 함량의 비교 분석

(%)	원물	건조물	기존분쇄	냉동분쇄
당근	0.01 (0.12)*	0.14 (0.15)	0.15 (0.16)	0.16 (0.17)
호박	0.01 (0.13)	0.05 (0.05)	0.11 (0.12)	0.06 (0.07)
케일	0.007 (0.06)	0.08 (0.09)	0.11 (0.12)	0.08 (0.08)
현미	0.60 (0.69)	0.69 (0.69)	0.6 (0.60)	0.68 (0.69)
발아현미	0.39 (0.65)	0.73 (0.74)	0.70 (0.71)	0.67 (0.68)

* () 의 수치는 수분 함량을 보정한 수치임

표 41. 분쇄 방법에 따른 linolenic acid 함량의 비교 분석

(%)	원물	건조물	기존분쇄	냉동분쇄
당근	0.001 (0.01)*	0.019 (0.02)	0.02 (0.02)	0.03 (0.03)
호박	0.009 (0.12)	0.07 (0.08)	0.07 (0.08)	0.09 (0.10)
케일	0.02 (0.18)	0.37 (0.40)	0.31 (0.33)	0.28 (0.29)
현미	0.02 (0.02)	0.02 (0.02)	0.02 (0.02)	0.02 (0.02)
발아현미	0.02 (0.03)	0.03 (0.03)	0.03 (0.03)	0.02 (0.02)

* () 의 수치는 수분 함량을 보정한 수치임

- 원료의 분쇄방법에 따른 linoleic 과 linolenic acid의 함량 분석 결과에서 linoleic acid의 경우 케일, 호박, 발아현미는 기존분쇄 시료에서, 당근과 현미는 냉동분쇄 시료에서 함량이 높게 검출되었으나 큰 차이는 없었음
- 또한, linolenic acid의 경우 당근과 호박은 냉동분쇄 시료에서, 케일과 발아현미는 기존분쇄 시료에서 높게 검출되었으나 유의적인 차이는 없었으며 현미는 모든 방법에서 동일하게 검출되었음
- 분쇄시 발생하는 열에 의하여 비타민 등의 영양소 이외에 단백질의 하나인 효소는 열에 의한 단백질 변성으로 실활될 가능성이 높아 분쇄 방법별로 효소 중 α -amylase의 활성 분석

을 통해 분쇄 방법간의 품질 비교를 수행하였음

표 42. 분쇄 방법에 따른 α -amylase 함량의 비교 분석

(U/mg protein)	원물	동결건조	기존분쇄	냉동분쇄
당근	0.04	0.04	0.03	0.03
호박	0.02	0.04	0.04	0.03
케일	0.04	0.05	0.05	0.05
현미	0.01	0.05	0.01	0.01
발아현미	0.03	0.07	0.07	0.07

- 원료의 분쇄방법에 따른 α -amylase 활성도의 변화 분석에서 모든 시료의 α -amylase 활성도는 동결건조 및 기존분쇄와 냉동분쇄 대부분에서 거의 동일하게 나타나 유의적인 차이는 없었음
- 생식의 원료중 그 함량과 사용빈도가 높은 당근, 호박, 케일, 현미 및 발아현미를 대상으로 하여 원물과 분쇄 방법에 따른 각각의 분말시료에 대한 수분, α -amylase, Vitamin C, B1,B2,B6, β -carotene, linolenic acid, linolenic acid의 변화를 측정하한 결과 본 실험에 사용한 분말시료 모두에서 분쇄 방법에 따른 효소나 영양성분에는 뚜렷한 변화가 없는 것으로 나타났음
- 이러한 결과로 미루어 생산단가가 비교적 높은 냉동분쇄의 적용이 실질적으로 제품의 영양소 보존에 향상을 나타내지 않는 것으로 판단되어 본 연구개발에서는 제조가공비를 고려하여 저온가공 분쇄방법을 기존과 동일한 분쇄 방식을 사용하는 것으로 확인하였음

제 4 절 저온 건조 생식 원료를 이용한 당뇨 환자용 식품 개발

1. 당뇨환자용 환자식 및 생식의 규격 비교

- 생식은 1990년대 후반 세계 최초로 국내에서 상품화가 된 식품으로서 2004년 식품위생법상의 생식제품이라는 카테고리로 등재됨으로서 법적인 규격을 확정된 상품이며, 그 규격은 다음과 같으며, 생식을 이용하여 개발하고자 하는 당뇨환자용 특수영양식품의 규격과의 비교는 표 1과 같음
- 당뇨환자용 식사 대용식의 규격은 당뇨 환자의 특성을 감안하여 포화지방의 유래 열량을 총 열량의 10%미만으로 하고, 콜레스테롤을 제품 1 kg 당 100mg 이하 또는 1,000kcal당 100mg 이하로, 단당류 및 이당류 유래 열량을 총열량의 10%미만으로 규정하고 있으며 이외에도 비타민 및 무기질의 함량과 미생물학적 규격을 일반식품과는 별도로 규정하고 있으며, 해당 제품에 대한 영양학적, 의학적, 생리학적 측면에서 과학적인 입증 자료의 구비를 규정하고 있음

표 43. - 식품위생법상의 생식 함유 식품 및 당뇨환자용 특수영양식품 제품 유형

유형	생식 함유 식품 규격	당뇨환자용 특수영양식품 규격
60℃이하 가공 원료	50%이상, 80%미만	-
수분	10% 이하	10% 이하
포화지방	-	총열량의 10% 미만
당류	-	단당/이당 유래 열량은 총 열량의 10% 미만
콜레스테롤	-	100 mg / kg 이하
대장균군	-	음성
세균수	-	20,000 / g 이하
타르색소	-	불검출
대장균	불검출	-
<i>Bacillus cereus</i>	1,000 CFU /g 이하	100 / g 이하
<i>Clostridium perfringens</i>	100 CFU / g 이하	-

- 당뇨병자용 특수영양식품 규격에 대해서 일반 시판되고 있는 일반적 생식의 현황을 조사하여 비교한 결과는 표 44와 같이 나타났음

표 44 - 시판생식의 현황과 당뇨병자용 특수영양식품 규격 비교


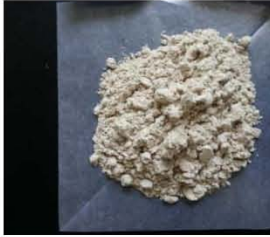

유형	당뇨환자용 특수영양식품 규격	시판 생식 현황
수분	10% 이하	3~5%
포화지방	총열량의 10% 미만	0.5~3%
당류	단당/이당 유래 열량은 총 열량의 10% 미만	총열량의 8~10%
콜레스테롤	100 mg / kg 이하	0 ~ 10 mg / kg
대장균군	음성	0 ~ 10 ²
세균수	20,000 / g 이하	10 ⁴ ~ 10 ⁷
타르색소	불검출	불검출
대장균	-	불검출
<i>Bacillus cereus</i>	100 g 이하	10 ~ 500 / g
<i>Clostridium perfringens</i>	-	10 이하

- 현재 시판되고 있는 생식 제품의 당뇨병자용 특수 대용식으로의 규격상에서 영양성분의 규격상을 검토할 때 전반적으로 생식 제품이 당뇨병자용 특수영양식품의 규격을 만족하고 있으나, 당류로부터 유래되는 열량 부분이 한계치에 근접하고 있어 실제 제품 개발시에는 이 부분을 고려하여야 할 것으로 보임
- 미생물 부분에서는 대장균군과 총세균수, *Bacillus cereus*의 규격상에서 생식 제품이 당뇨병자용 특수영양식품의 규격을 만족하기 어려운 부분이 있었으나, 당 연구의 1차년도에서 생식의 가공 규격(60℃이하 건조)을 만족시키면서 미생물의 저감화를 통해 당뇨병자용 특수용식품 규격에 적합성을 가질 수 있는 조건을 탐색하여 이를 해결하였음
- 본 연구에서는 저온건조 된 원료들을 활용하여 당뇨병자용 특수용도 영양식품의 규격을 만족시킴과 동시에 생식원료 비율을 50%이상 함유할 수 있도록 하여 생식 규격과 당뇨병자용 특수영양식품 규격을 동시에 만족 시킬 수 있는 당뇨병자용 특수영양식품을 개발하고자 하였음

2. 당뇨 환자 및 당뇨 위험군을 대상으로 한 관능 기호도 조사

- 당뇨환자용 특수 대용식 개발을 위하여 당뇨환자 및 당뇨위험군(IGT) 환자를 대상으로 한 관능 기호도 조사를 수행하였음
- 관능 조사를 위한 시료는 기존의 생식 제품을 기반으로 한 생식맛, 한국인들이 선호하는 한방 느낌을 나도록 하는 한방맛 및 바나나 맛을 기반으로 한 바나나 맛 등 총 3종의 시료를 제조하였고, 이를 당뇨환자 및 당뇨 위험군 환자 중 15명을 선발하여 기호도 조사를 수행하였음

표 45 - 기호도 조사를 위한 각 관능별 시제 제작

	생식맛	한방맛	과일맛
맛 base 원료	허브추출물혼합분말	산야초추출분말	바나나분말
맛 Base 원료 함량	0.5 %	0.8 %	4 %
이미지			

- 순수 생식의 맛은 엽채류의 향과 맛이 강하며, 베이스로는 현미 등의 곡류 맛이 주종을 이루고 있으며, 이를 보다 강화하기 위하여 허브추출물을 0.05% 추가하였고, 한방맛을 위해서는 4종의 산야초 추출물을 함유하는 산야초 추출물 분말을 0.8% 추가하였음
- 이외에 과일맛의 경우 상대적으로 향 및 맛이 약하여 바나나 분말을 4% 추가하였는데, 이는 기존의 연구에서 생식과 가장 맛이 잘 조화로운 것이 바나나맛이라는 내부 연구 결과를 바탕으로 하여 배합비를 결정하였음
- 3종의 시제품에 대해서 피검자 15인을 대상으로 한 기호도 조사를 위하여 다음과 같은 설문지를 사용하여 10점 만점으로 기호도 조사를 수행하였음

표 46 관능 기호도 조사 설문지

	생식 base	한방 base	과일 base
1. 향은 어떠한가? (진함, 맛의 기대 등)	___점	___점	___점
2. 단맛이 적당한가?	___점	___점	___점
3. 점도(겉쪽한정도)가 적당한가?	___점	___점	___점
4. 색이 좋은가?	___점	___점	___점
5. 쓴맛은 없는가?	___점	___점	___점
6. 맛과 색이 잘 어울리는가?	___점	___점	___점
7. 전체적인 기호도는 몇점인가?	___점	___점	___점
8. 우선순위 (가장 좋은 것부터 순위를 매겨주세요)	등	등	등

표 47 관능 기호도 조사 결과

	생식 base	한방 base	과일 base
1. 향은 어떠한가?	7.35	6.85	7.20
2. 단맛이 적당한가?	6.37	6.40	6.85
3. 점도가 적당한가?	7.95	8.04	8.23
4. 색이 좋은가?	7.40	6.74	7.23
5. 쓴맛은 없는가?	7.32	5.73	6.84
6. 맛과 색이 잘 어울리는가?	7.20	6.55	6.48
7. 전체적인 기호도는 몇점인가?	7.31	6.59	6.47
8. 우선순위	1 등 : 10 명	1 등 : 4 명	1 등 : 1 명
(3 종종 가장 좋은 것부터 순서를 매김)	2 등 : 3 명	2 등 : 2 명	2 등 : 10 명
	3 등 : 2 명	3 등 : 8 명	3 등 : 5 명

- 전반적인 기호도는 생식 베이스가 7.31점으로 가장 우수하였으며, 과일맛 베이스가 6.47점으로 가장 낮은 선호도를 보였음.
- 개별적 항목에서 분석할 때 3종 모두에서 점도는 모두 가장 우수한 점수를 받아 차후 환자 식 개발에서 본 시제품정도의 점도로서 개발이 우수할 것으로 판단되며, 단맛의 경우 전반적으로 기호도가 낮았는데, 이는 피검자가 당뇨 환자 또는 당뇨 위험군 환자로서 단맛에 대한 거부감이 일정 부분 작용하였거나 단맛의 원료로 사용되는 erythritol 및 xylitol의 감미료에 대한 기호도가 낮았던 것이 원인으로 판단되어 실제 제품 개발시에는 단맛을 강화하기 위하여 감미료의 변경이 필요할 것으로 판단됨
- 생식 맛 베이스의 경우 전반적으로 기호도가 가장 우수하였으며, 반면에 한방맛 베이스의 경우에는 쓴맛 (5.73점)에서 가장 좋지 않은 결과가 나타났고, 과일맛 베이스의 경우 맛과 색의 조화 부분에서 6.48점으로 낮은 점수를 받았음
- 과일맛 베이스의 경우 바나나 관능을 가지지만 실제로 배합된 배합물의 색과 어울리지 않는다는 답변이 많았는데, 이는 전반적으로 초록색을 띄는 제품의 색상이 바나나의 맛과 조화가 되지 않았던 것이 이유로 생각되어, 차후 과일맛 베이스 제품 개발에 있어서는 바나나 맛의 경우 초록색상보다는 노란색상을 낼 수 있는 추가 원료의 탐색을 수행하거나 또는 초록색상과 어울리는 키위 등의 과일맛을 낼 수 있는 방향의 연구가 추가로 수행되어야 할 것으로 판단됨
- 한방맛 베이스의 경우 상기에서와 같이 쓴맛에 대한 기호도가 낮은 것이 특징인데, 한방맛 베이스 특유의 쓴 맛에 대한 기호도가 낮았던 것으로 판단되며, 색과 맛의 조화에서도 낮은 점수를 보였음
- 전반적 기호도에서는 생식맛 베이스가 7.31점으로 가장 높은 기호도를 보였고, 과일맛과 한방맛은 각기 6.47점과 6.59점으로 유사한 기호도를 보였음
- 3종의 제품에 대한 기호도 순위에서는 생식맛이 가장 기호도가 좋다고 평가한 피검자가 10명인 반면, 한방맛은 4명, 과일맛은 1명으로 생식맛에 대한 기호도가 가장 우수하다라는 것을 확인하였고, 또한 한맛맛의 경우 기호도 1위를 준 피검자가 4명인 반면 가장 안 좋다고 평가한 피검자가 8명으로 한방맛에 대한 호불호가 극명하게 갈라지는 현상을 보였음
- 상기의 기호도 결과를 통해 시제품의 개발에는 생식맛을 베이스로 한 것이 가장 우수한 결과를 보여 기본 맛의 베이스는 생식맛을 기반으로 하는 것으로 결정하였음
- 또한, 단맛에 대한 기호도 개선을 위하여 기존의 생식에 사용되던 당알코올류의 감미료에 대한 기호도가 높지 않고 합성 감미료에 대한 당뇨 환자들의 거부감이 클 것으로 판단되어, 천연 감미료 계열을 활용하여 제품 개발을 수행하고자 하였음

3. 저온 건조 생식 원료 기반의 당뇨 환자용 특수영양식 배합비율 개발

- 상기 기호도 조사를 통해서 생식맛을 기반으로 하여 생식 규격과 당뇨환자용 특수영양식품 규격을 모두 만족시킬 수 있는 제품 배합비를 개발하였으며, 그 결과는 표 15와 같음

표 48 생식 기반의 당뇨환자용 식사 대응식 제품 배합비

No.	원재료명	배합비(%)
18	우영분말	0.050
19	동결건조 양배추분말	0.050
20	동결건조 브로콜리분말	0.010
21	동결건조 시금치분말	0.010
22	표고버섯분말	0.010
23	영지버섯 추출분말	0.010
24	아가리쿠스버섯균사체 추출물분말	0.010
25	클로렐라	0.010
26	녹차추출분말	0.010
27	김분말	0.007
28	미역분말	0.007
29	다시마분말	0.006
30	유기농베리블렌드	0.044
31	아로니아농축분말	0.078
32	엘더베리농축분말	0.078
33	동결건조보리순분말	0.203
34	구아바잎추출분말	0.097
	합계	100.000

- 최초 맛 베이스를 위하여 개발한 배합비가 구아바잎 추출물, 팥잎 분말 등 관능적인 측면보다는 기능적인 측면을 강화 했던 반면, 새로이 개발된 시제품은 보다 관능적인 부분을 강화시킬 수 있도록 배합비를 구성하였으며, 당뇨환자에 대한 관능 조사 결과를 기반으로 하여 개발하였음
- 개발된 제품의 특징 중 기호도 조사에서 단맛에 대한 거부감을 없애기 위하여 당알코올류 대신에 천연으로서 단맛을 나타내는 나한과추출물을 단맛을 내는 주감미료로 사용하였으며, 식후 혈당 감소 및 배변 활동 촉진 기능을 나타낼 수 있는 아가베이놀린을 주 식이섬유원으로 활용하여 기존의 생식 대비하여 보다 당뇨 증상을 개선할 수 있는 기능성을 강화시켰음
- 또한, 식후 혈당 조절 기능이 우수한 것으로 알려진 구아바잎 추출물, 보리순분말 등을 추가하여 식후 혈당 관리에 도움을 줄 수 있는 기능성분을 강화시켰음

- 개발제품의 미생물학적 안정성을 확보하기 위하여 배합비가 높고, 미생물 오염도가 상대적으로 높은 원재료에 대해서 동결건조이외에 저온 건조하는 방법으로 건조한 현미, 기장, 케일을 사용하여 미생물학적 안정성을 향상시켰으며, 이외에 미생물 오염도가 높은 감자, 우엉, 돼지감자, 표고버섯, 김, 미역, 다시마에 대해서는 일반 열풍 건조를 사용한 원료를 사용하였음
- 흑미 등 9종 원료에 대해서는 동결건조 원료를 사용하였는데, 이는 소량 원료이고 미생물학적으로 안전성이 상대적으로 높고, 또한 소량 원료의 별도 건조 방법 사용 생산 시 재고와 원료 가공비의 상승 문제를 감안하여 기존의 동결건조 원료를 사용하였음
- 원재료별 건조 및 가공방법을 요약하면 표 49과 같으며, 법규상 생식 원료는 60℃이하 가공을 원칙으로 하기 때문에 동결건조와 저온건조로 가공된 원료가 모두 생식 원료로 인정되어 개발된 제품의 최종 생식 원료 함유 비율은 63.9%로 식품위생법상 [생식함유식품]의 규격에 적합하도록 개발되었음

표 49 - 당뇨병환자용 식사 대용식 제품 원료의 가공방법별 분류

건조(가공)방법	원료분류	원재료명	총배합비
동결건조	생식 원료	흑미, 호박, 비트, 토마토, 양배추, 브로콜리, 시금치, 보리순	1.3%
저온건조		현미, 케일, 기장, 당근, 신선초	62.9%
열풍 건조 또는 가공 분말	일반원 료	상기 원료 제외한 모든 원료	36.1%

4. 당뇨병환자용 특수영양식 제품 영양성분 및 규격 검토

- 상기에서 개발된 제품의 규격 적합성을 확인하기 위하여 1차로 당뇨병환자용 식사 대용식 제품이 요구하는 영양성분에 대한 법적 규격 사항을 확인한 결과는 표 46과 같이 나타났음

표 50 개발제품의 영양성분 분석 및 당뇨병환자용 식사대용식 규격 검토

유형	개발 제품 분석 결과	당뇨환자용 식사대용식 규격
열량	368.61 kcal/100g	-
탄수화물	80.1%	-
당류	7.76 % (31.04 kcal / 100g)	36.8 kcal 이하 (전체열량의 10% 이하)
식이섬유	8.42 %	-
조단백질	11.97%	-
조지방	1.95%	-
포화지방산	0.32 g/ 100g	-
트랜스지방산	0 mg / 100g	-
콜레스테롤	3.04 mg /100g	10 mg / 100 g 이하
나트륨	112.77 mg /100g	-

- 영양성분 분석 결과에서 당뇨병자용 식사 대용식의 규격에서 요구하는 당류(단당, 이당)로부터 유래되는 열량이 총 열량의 10% 이내라는 항목에 대해서 본 연구개발을 통해 개발된 제품은 전체 열량 368.6 kcal/100g 중 당류 분석으로 확인한 당류 유래 열량은 총 31.04kcal/100g으로 전체 열량중 7.76%로 나타나 규격을 만족시키는 것으로 확인 되었음
- 또한, 콜레스테롤 함량이 10mg/100g 이하 항목에 대해서는 3.04mg/100g으로 기준 규격의 3.04% 수준으로 안정적으로 규격에 적합한 것으로 나타났음
- 이외에 유해성분으로 알려진 포화지방은 0.32g/100g으로 약 0.0032%로 분석되었고, 트랜스 지방은 검출이 되지 않아 영양학적으로 매우 안전한 제품으로 개발되었음을 확인할 수 있었음
- 당뇨병자용으로 요구되는 vitamin, mineral 함량에 대해서는 현재 분석을 진행중이며, 분석 결과에 따라서 3차년도에 당뇨병자들에게 영양학적으로 제공되어야 하는 vitamin과 mineral 함량이 확보 될 수 있도록 제품 배합비중 vitamin/mineral mixture의 vitamin 및 mineral 함량을 보정하여 사용할 계획으로 진행하고자 함
- 당뇨병자용 식사 대용식의 영양학적 법적 기준 이외에 미생물학적 법적 기준의 적합성을 확인하기 위하여 제조된 시제품을 대상으로 하여 미생물 분석을 실시하였으며 그 결과는 표 51과 같이 나타났음

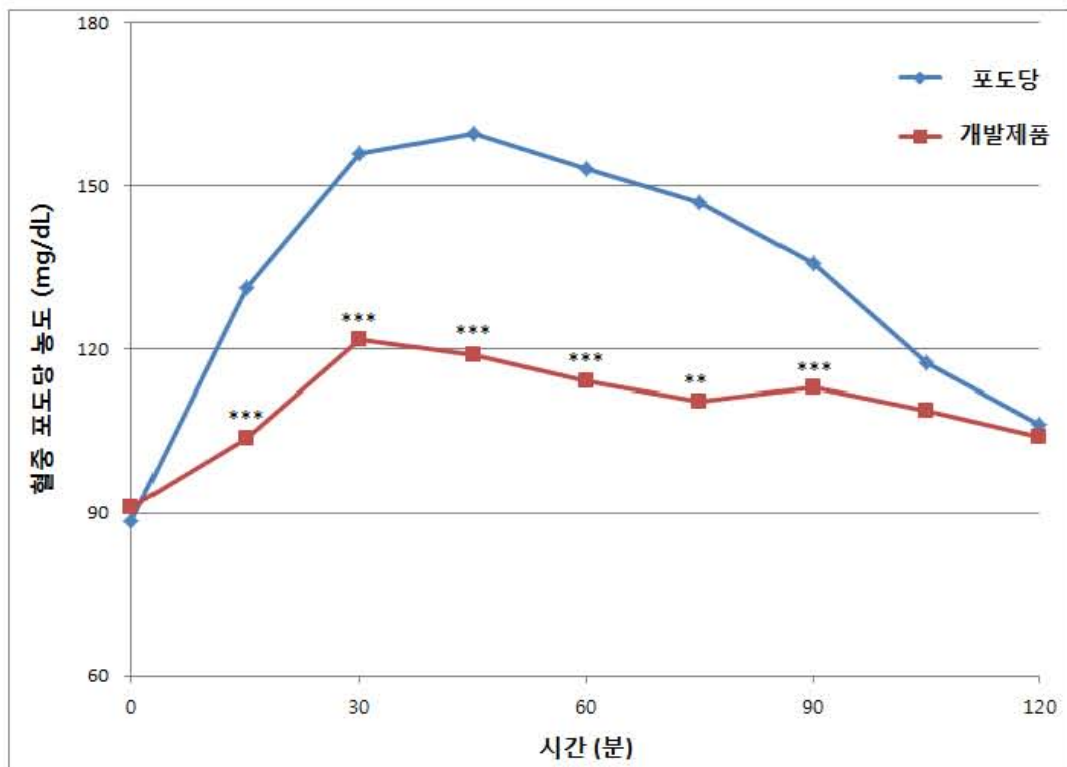
< 표 51. 개발제품의 미생물 분석 및 규격 적합성 검사 >

분석항목	기준규격설정유형	기준규격 (CFU / g)	결과 (CFU / g)
총세균수	당뇨환자용 식사대용식	2.0×10^4 이하	4.8×10^5
coli form	당뇨환자용 식사대용식	음성	음성
<i>Bacillus cereus</i>	당뇨환자용 식사대용식	1.0×10^2 이하	1.0×10^1
	생식함유식품	1.0×10^3 이하	
<i>E. coli</i>	생식함유식품	음성	음성
<i>Clostridium perfringens</i>	생식함유식품	1.0×10^2 이하	음성
Yeast & Mold	규격 없음	-	3.0×10^1
<i>Staphylococcus aureus</i>	공통규격	음성	음성
<i>Salmonella</i>	공통규격	음성	음성
<i>Shigella</i>	공통규격	음성	음성

- 미생물 분석 결과에서 생식제품의 규격으로 설정되어 있는 *Bacillus cereus*, *clostridium perfringens* 및 대장균(*E. coli*)는 모두 생식 유형에 적합한 결과를 얻을 수 있었음
- 또한, 당뇨환자용 식사 대용식 규격 항목에서 *Bacillus cereus*, coli fomr(대장균군)에 대해서는 법적 규격을 만족시킬 수 있는 적합한 결과가 얻어졌으나, 일반세균(총균수)에서는 법적 규격이 2.0×10^4 CFU / g 인 것에 비하여 측정 결과는 4.8×10^4 CFU / g 으로 나타나 법적 규격을 1 log 정도 초과하는 것으로 나타났음
- 일반 세균수의 규격 초과 원인으로서는 동결건조 또는 저온건조로 건조된 원료를 포함하여 타 가공 또는 일반 원료로부터 유래되었거나 시제품 제조 환경이 대부분 수작업으로 진행되어 자동화 되어 있는 양산 생산 환경에 비하여 열악함으로부터 유래 된 것으로 추정되며, 각 원료별 미생물 검사를 통해 규격이 초과되는 원료의 건조 조건 변경 및 생산 환경의 위생화로 극복할 수 있는 결과로 사료되며, 최종 제품에서 당뇨환자용 식사대용식 및 생식 규격을 동시에 만족시킬 수 있는 제품으로 개발 완료할 수 있을 것으로 판단됨
- 이와 함께 식품의 공통규격으로 설정되어 있는 식중독 유발균인 *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Shigella*는 모두 불검출 되어 법적 규격을 만족시킬 수 있었음

5. 당뇨병자용 특수영양식 제품 혈당 지수 분석

- 당 연구개발을 통해 1차 개발된 생식 기반의 당뇨병자용 식사 대응식 제품이 당뇨병자에 대한 유용한 기능을 규명하기 위해서 항당뇨 기능은 제1 협동과제에서 연구를 수행하였으며, 본 개발에서는 개발된 제품의 혈당지수(Glycemic index, GI)를 분석하였음
- GI의 분석은 20대초반의 정상인 남녀 12명(남 5명, 여 7명)을 대상으로 하여 당량으로서 50g을 단회 투여한 후 15분 단위로 혈당의 변화를 관찰하여 포도당 50g 섭취시와의 비교 분석을 통해서 확인하였음
- 개발 제품의 GI 분석을 통해 15분 간격으로 포도당 및 개발제품의 혈당 변화 곡선을 살펴본 결과는 그림 21 과 같음



*** : 신뢰도 99.9% 수준에서 통계적 유의성이 나타남

그림 21. 개발 제품의 혈당 반응 곡선

○ 혈당곡선으로부터 나타나는 피검자의 혈당 변화량을 요약한 결과는 표 52과 같이 나타났음

표 52 최고 혈당값 및 공복혈당에 대한 혈당 증가치

	공복혈당 (mg/dL)	Peak-Time (min)	최고혈당 (mg/dL)	Peak-Time 혈당 증가치 (mg/dL)
포도당	88.5 ± 5.2	42.0 ± 18.4	169.5 ± 27.6*	81.0 ± 28.1*
개발제품	91.2 ± 5.9	36.0 ± 10.5	126.2 ± 13.4	35.0 ± 9.5

* : 95% 수준에서 통계적 유의성을 나타냄

○ 최고 혈당치에서 포도당은 약 169.5 mg/dL를 나타낸 반면 개발제품은 126.2 mg/dL로 포도당 대비 최고 혈당치가 약 43%정도 감소한 것으로 나타났으며, 최고 혈당치를 나타낼 때 공복 혈당 대비 혈당 증가치는 포도당이 약 81.0 mg/dL, 개발제품은 35.0 mg/dL로 나타났음

○ 상기의 수치로부터 혈당지수를 산출한 결과는 표 53과 같이 나타났음

표 53 혈당반응면적(AUC), 혈당지수(GI) 및 당부하지수(GL)

AUC (min.mg/dL)		GI (%)	GL	LAR	RAR
포도당	개발제품				
		43.0 ± 11.1	12.3 ± 3.2	0.46 ± 0.32	0.49 ± 0.16
5869.6 ± 2452.1	2392.8 ± 869.4				

○ 개발 제품의 혈당반응면적 (AUC)는 약 2392.8 min.mg/dL로 포도당의 5869.6 min/mg/dL 보다 유의적으로 낮은 반응을 보였으며, 이를 통해 산출된 혈당지수는 약 43.0 으로 나타났으며, 이는 WHO의 권고사항 중 혈당지수가 55 이하인 식품에 대해서 저혈당지수식품 (Low-GI Food)로서 권장사항을 만족시킬 수 있는 수치임

○ 또한, 시험 물질의 1단위 섭취량(1 serving size)중의 식이섬유 함량을 제외한 탄수화물양에 대한 혈당 반응도를 나타내는 당부하지수(Glycemic Load, GL)에서도 개발 제품의 GL은 약 12.3으로 나타나 당부하도가 매우 낮은 식품임

○ 상기와 같이 혈당지수 및 당부하지수를 확인하였을 때 본 연구개발에서 개발된 제품은 당뇨병환자용 식사대용식의 규격에 적합하고 또한 당뇨병환자 또는 당뇨병위험군의 섭취시 혈당에

대한 부담을 낮추어 당뇨병자에게 적합한 식사대용식으로서 평가될 수 있음

6. 당뇨병자용 특수영양식 제품 품질 안정성 분석

- 개발 제품의 품질 안정성을 확인하기 위하여 개발된 제품을 대상으로 하여 가속시험을 통해 품질 안정성을 검증하고자 하였음
- 가속 시험은 개발 제품을 600g 씩 소분하여 플라스틱의 용기에 담은 후 상단을 알루미늄 호일로 sealing 하여 60°C, 60% (R.H.)의 조건에서 10주간 저장하면서 2주차별로 샘플링하여 경시적인 변화 및 수분함량, 미생물 분포의 변화도를 관찰하여 진행하였음
- 10주간의 저장 기간 동안 수분함량의 변화를 관찰한 결과는 표 54와 같이 나타났음

표 54. 가속 조건의 12주 저장에서 수분함량의 변화

저장조건	0 주	2 주	4 주	6 주	8 주	10 주
60°C / 60% R.H.	9.4 ± 0.3	9.4 ± 0.3	9.7 ± 0.1	9.7 ± 0.2	9.7 ± 0.2	9.7 ± 0.2

- 10주간의 저장기간 동안 수분의 변화는 약 0.3%정도의 평균적 증가치과 관찰되었으나 통계적 유의성은 나타나지 않았으며, 일반적으로 생식 제품의 수분함량이 3~7%정도임에 비하여 본 연구개발 제품은 9%정도로 비교적 높은 수치를 나타내었는데, 이는 저온건조에 의한 원료의 건조도가 동결건조에 비해서 높지 않았던 것에 기인하는 것으로 판단됨
- 높은 수분 함량은 저장성에 많은 악영향을 주기 때문에 차후 본제품 개발시에는 수분함량을 더 낮추어 7% 이하대로 유지하는 것으로 개선하고자 하며, 이는 상기에서 문제화 된 일반세균의 저감화와 연결되어 품질적 향상을 가질 수 있을 것으로 판단됨
- 10주간의 가속 환경의 보관하에서 제품의 색도의 변화를 관찰한 결과는 표 55와 같이 나타났음

표 55. 가속 조건의 10주 저장에서 색도의 변화

저장조건	Hunter value	0 주	2 주	4 주	6 주	8 주	10 주
60°C / 60% R.H.	L	63.17±0.07	58.69±0.78	57.08±0.32	55.87±0.57	53.53±1.81	54.22±0.68
	a	-6.83±0.08	-4.44±0.19	-4.00±0.12	-2.65±0.12	-1.26±0.37	-0.81±0.11
	b	23.87±0.08	24.31±0.28	24.84±0.08	24.75±0.26	24.56±0.21	24.89±0.13

- 10주간의 저장 기간 동안 색도의 변화를 관찰하였을 때 저장 2주차부터 색상의 변화가 나타나기 시작하였는데, 제품의 기본색상인 연한 초록색에서 점차 색상이 진해지며 녹색이 강해졌고, 10주차에 이르렀을 때는 다시 붉은기가 도는 녹색으로 색상이 변화 됨을 확인할 수 있었음
- 이러한 육안적 변화는 색도의 변화에서도 나타났는데, 저장 2주차에서 색상의 변화를 나타내는 ΔE 의 값이 12.87에서 10주차에 이르렀을 때는 그 차이가 22.36까지 증가하였으며, 일반적으로 ΔE 의 값이 10 이상이면 소비자들이 색상이 다름을 인지한다고 알려져 있어 저장 2주차에서부터 색상의 변화가 심하게 나타남을 확인할 수 있었음
- 상기와 같은 색상의 변화는 현재 생식 제품에서는 나타나지 않는 것으로 판정되었으며, 이에 따라 현재 생식 제품고의 비교 분석을 통하여 정확한 품질유지기한을 개선하기 위한 배합비율, 원료별 검토가 필요하다고 판단되었음
- 10주간 저장 기간동안 미생물 분석량의 변화는 다음과 같이 나타났으며, 기본적으로 수분 함량이 10% 미만이고, 고온에서 보관하였기 때문에 미생물의 경시적 변화는 나타나지 않았으나, 차후 중온/고습 환경에서의 가속 시험을 통해 추가적인 미생물의 경시적 변화를 관찰할 예정임

표 56 - 가속 조건의 10주 저장에서 미생물의 변화

저장조건	Microbe	0 주	2 주	4 주	6 주	8 주	10 주
60℃ / 60% R.H.	대장균	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	<i>Bacillus cereus</i>	1 × 10	ND	ND	5 × 10	ND	ND

7. 당뇨병자용 특수영양식 제품 저장 품질 개선 연구

- 상기와 같이 가속 시험중에 나타나는 색상의 경시적 변화에 대해서 일반적으로 유사한 배합비를 가지는 생식 제품에서 나타나지 않는 증상에 대한 원인 분석 및 개선 연구를 시행하고자 하였음
- 1차적으로 녹색 색상에 영향을 주는 중요 원료중 저온 건조를 실시한 케일, 신선초, 당근에 대해서 가속 기간중의 색도 변화를 관찰하고자 하였으며, 그 결과는 표 57과 같음

표 57. 60 °C 저장 중 건조 방법에 따른 건조물의 색도 변화

Sample	건조 방법	Hunter color value	Storage period (weeks)		
			0	4	8
케일	동결건조	L	56.35	54.44	52.66
		a	-0.45	-0.17	-0.13
		b	22.61	23.96	22.00
	저온건조	L	53.40	42.34	38.61
		a	-1.05	-1.27	-0.60
		b	23.70	25.23	21.07
신선초	동결건조	L	43.34	38.62	39.69
		a	-0.77	-0.85	-0.95
		b	22.44	28.89	29.07
	저온건조	L	40.47	35.15	30.69
		a	-1.14	-0.49	0.77
		b	20.46	20.57	21.48
당근	동결건조	L	76.34	76.62	75.69
		a	1.37	1.25	1.26
		b	8.44	8.89	9.07
	저온건조	L	83.77	82.71	82.27
		a	0.20	0.45	0.56
		b	6.62	7.12	7.38

- 각 원료별 건조 방법에 따른 색도 변화를 관찰한 결과 당근은 저온건조와 동결건조간에 초기 색상 차이가 있었으나, 저장 기간중에 변화를 관찰하지 못한 반면에, 케일과 신선초는 저온건조 방식으로 생산된 원료가 초기 생산 당시에는 동결건조 건조물과 색도에서 큰 차이가 나타나지 않았으나 시간이 지날수록 점차 색상이 어두워지는 증상이 나타난 반면, 동결건조물에서는 큰 차이가 나타나지 않아 색상의 변화가 건조 방법에 따른 것으로 유추되었음
- 상기 조건중 기존 동결건조 케일과 저온건조 케일의 차이점을 확인한 결과 동결건조 케일의 수분함량이 약 3~5%로 제조되는 반면 저온 건조 케일은 표 10에서 보는바와 같이 약 6~8%정도의 수분함량을 가지고 제조 되는 것이 차이점으로 생각되어 케일 및 신선초 원료를 추가 제작하여 수분 함량을 5% 이하로 낮추어 제작하여 저장성 시험을 실시하였음

- 수분함량 7%의 저온건조 케일 및 신선초 분말과 수분함량 3.5%의 저온건조 케일 및 신선초 분말의 저장성을 확인한 결과는 표 58과 같이 나타났다

표 58. 60 °C 저장 중 수분 함량에 따른 건조물의 색도 변화

Sample	수분함량	Hunter color value	Storage period (weeks)		
			0	4	8
케일	7%	L	53.40	42.34	38.61
		a	-1.05	-1.27	-0.60
		b	23.70	25.23	21.07
	4%	L	51.40	48.34	45.35
		a	-0.88	-1.35	-1.44
		b	26.44	25.77	23.62
신선초	7%	L	40.47	35.15	30.69
		a	-1.14	-0.49	0.77
		b	20.46	20.57	21.48
	4%	L	37.92	35.68	34.10
		a	-0.74	-0.45	-0.56
		b	18.72	16.49	17.48

- 수분함량 7%의 저온건조 케일 및 신선초 분말이 저장 기간에 따라 색도의 변화가 다양하게 나타난 반면에 수분함량을 4%로 감소시키도록 건조를 하였을 경우 색도의 변화가 크게 나타나지 않는 것이 확인되었음
- 따라서, 제작 제품에서 저장 기간에 따른 색도의 변화가 높은 수분함량으로 인해서 촉진되는 것으로 확인하였기 때문에 색도의 변화를 감축시키기 위하여 현재 최종 제품의 수분함량이 약 9%대에서 현미 및 중요 원료의 수분함량을 낮추도록 추가 건조하여 시료를 제작하였으며 이를 통해서 총 수분함량이 5%대인 제품을 제작하였고, 원료별 수분함량의 개선은 다음의 표 59와 같이 진행되었음

표 59. 초기 시제품과 개선 시제품의 건조 원료 및 제품의 수분함량 차이

No.	원재료명	1차 시제품 수분함량	2차 시제품 수분함량
1	현미분말(저온건조)	9.2%	5.7%
2	기장분말(저온건조)	7.5%	3.9%
3	케일분말(저온건조)	7.1%	4.0%
4	돼지감자분말	8.4%	5.2%
5	동결건조 흑미분말(흑향미)	3.2%	3.2%
7	당근분말(저온건조)	6.7%	4.2%
8	신선초분말 (저온건조)	8.4%	4.2%
9	동결건조 호박분말	3.2%	3.2%
10	고구마분말	3.5%	3.5%
11	동결건조 토마토분말	3.9%	3.9%
12	감자분말	4.2%	4.2%
13	우영분말	4.5%	4.5%
14	동결건조 양배추분말	2.7%	2.7%
15	동결건조 브로콜리분말	3.1%	3.1%
16	동결건조 시금치분말	3.5%	3.5%
	제품의 수분함량	9.3%	5.2%

○ 상기와 같이 최종 제품의 수분함량을 최초 9.3%에서 5.2%로 낮추어 제작된 시료를 통하여 품질유지기한 산출 및 기능성에 대한 규명을 실시하였음

8. 당뇨환자용 특수영양식 제품 품질유지기한 분석

- 상기 개발된 제품의 품질유지기한 설정을 위하여 아래와 같은 조건하에서 3개월간 보관하면서 가속시험을 실시하였고, 4주간격으로 샘플링 하여 분석을 통해 품질유지기한을 예측하였음

표 60. 제품 품질 유지기한 조사를 위한 가속시험 조건

구분	실험조건
저장 온도	25 °C(75 %R.H.), 35 °C(90 %R.H.), 60 °C(60 %R.H.)
저장 기간	12 주 / 2 주

- 개발 제품의 품질 유지기한 산출을 위한 품질지표 및 시험방법은 표 66과 같이 설정하여 수행하였음
- 품질지표 설정에서 수분, 색도 및 관능은 2주 간격으로 측정을 하였으며, 미생물 및 vitamin C는 4주 간격으로 측정하여 분석하였음

표 61. 제품 품질 유지기한 조사를 위한 품질 지표의 설정

품질지표		실험방법
성상		식품공전(2013)
관능	기호도척도법	식품의 유통기한 설정 실험 가이드라인 IV.유통기한 설정을 위한 관능검사 가이드라인 표8. 기호도 척도법
이화학	색도	LAB 색차계(Minolta, Japan)를 이용한 기기 측정 (표준백판 L : 97.07, a : +0.02, b : +1.94 으로 보정)
	수분	적외선 수분측정기(Kett, Japan)을 이용한 기기 측정(105 °C, 20분)
	Vitamin C	식품공전(2013)
미생물	일반세균	식품공전(2013)
	Bacillus cereus	식품공전(2013)

- 품질유지기한 설정을 위한 각 품질 지표의 품질 한계는 표 62과 같이 설정하였음

표 62. 품질유지기한 설정을 위한 품질한계의 설정

품질지표	품질한계	근거
관능 (기호도척도법)	4 이상	식품공전 정상 시험법 5점 척도 중 3점 이상 적합기준에 따라 7점 척도 4점 이상을 적합한 것으로 설정
색도	ΔE 5.0 이하	식품의 유통기한 설정 가이드라인, III.유통기한 설정 실험, 실험의 수행, 법적 규격이 없는 품질지표의 규격 값 산출 방법 참조
수분	10%	당뇨환자용 특수의료용도식품의 법적 기준 규격
Vitamin C	최초의 80%	건강기능식품 중 Vitamin 보충용 식품의 규격
일반세균	20,000 CFU / g	당뇨환자용 특수의료용도식품의 법적 기준 규격
Bacillus cereus	100 CFU / g	당뇨환자용 특수의료용도식품의 법적 기준 규격

○ 저장 기간중 수분의 함량을 측정한 결과는 다음의 표 63과 같이 나타났으며, 최초 5.1%에서 저장기간 마지막인 12주차에서 5.6~5.9%로 0.5~0.8%가 증가하였으나 그 변화의 폭이 미미하여 품질한계의 설정에서 제외 하였으며, 인습을 막을 수 있는 포장재를 사용함으로써 인습에 대한 품질 저하 요인을 사전에 차단할 수 있을 것으로 판단됨

표 63. 가속 조건에서 개발 제품의 수분 함량 변화

Moisture content (%)							
Temperature/ Humidity	Storage period(weeks)						
	0	2	4	6	8	10	12
25 °C/ 75 %R.H.	5.1 ± 0.3	4.8 ± 0.4	5.3 ± 0.1	5.2 ± 0.2	5.4 ± 0.1	5.4 ± 0.1	5.6 ± 0.1
35 °C/ 90 %R.H.		5.1 ± 0.1	5.4 ± 0.2	5.2 ± 0.1	5.1 ± 0.1	5.6 ± 0.1	5.9 ± 0.2
60 °C/ 60 %R.H.		5.2 ± 0.3	5.3 ± 0.1	5.3 ± 0.2	5.6 ± 0.1	5.7 ± 0.2	5.7 ± 0.2

○ 저장 기간중 관능의 변화를 관찰한 결과는 표 63과 같이 나타났음

표 63. 가속 조건에서 개발 제품의 관능 변화

Sensory test						
Temperature/ Humidity	Subsection	Storage period(weeks)				
		2	4	8	10	12
25 °C/ 75%R.H.	Color	6.7 ± 0.2	6.5 ± 0.4	6.5 ± 0.6	6.1 ± 0.5	6.0 ± 0.8
	Flavor	6.8 ± 1.0	6.6 ± 1.1	6.3 ± 1.3	6.0 ± 1.2	5.5 ± 1.5
	Taste	6.7 ± 0.5	6.6 ± 0.7	6.3 ± 0.4	6.2 ± 0.5	6.2 ± 1.0
	Total	6.6 ± 1.0	6.4 ± 1.0	6.4 ± 0.5	6.1 ± 1.1	5.7 ± 1.2
35 °C/ 90%R.H.	Color	6.3 ± 1.0	5.9 ± 1.1	5.5 ± 1.1	5.5 ± 1.2	5.4 ± 1.1
	Flavor	5.9 ± 1.3	5.7 ± 0.5	5.5 ± 1.0	5.1 ± 1.2	5.2 ± 1.4
	Taste	6.0 ± 0.5	6.0 ± 1.4	5.5 ± 1.2	5.2 ± 1.3	5.1 ± 1.4
	Total	6.2 ± 1.0	5.8 ± 1.5	5.2 ± 1.0	5.0 ± 1.4	5.1 ± 1.9
60 °C/ 60%R.H.	Color	5.1 ± 0.4	4.5 ± 0.5	4.3 ± 0.4	4.1 ± 0.3	3.4 ± 0.8
	Flavor	5.5 ± 0.2	5.5 ± 0.8	4.7 ± 0.6	3.7 ± 0.6	3.5 ± 0.4
	Taste	5.8 ± 0.4	5.5 ± 0.5	5.7 ± 0.5	5.0 ± 0.6	4.3 ± 0.5
	Total	5.9 ± 0.5	5.2 ± 0.4	4.1 ± 0.4	3.7 ± 0.5	3.6 ± 0.2

○ 25 °C/ 75 %R.H., 35 °C/ 90 %R.H.에서 보존된 시료는 관능의 저하가 천천히 나타나고 있으나, 60 °C/ 60 %R.H.에서 저장한 시료는 8주차에서 관능의 현저한 저하가 나타나면서 10주차에서 품질한계 이하로 나타나는 것을 관찰하였음

○ 저장 기간중 색도의 변화를 관찰한 결과는 표 64와 같이 나타났음

○ 25 °C/ 75 %R.H. 조건에서 보관한 시료는 색도의 차이가 천천히 나타나기 시작하여 12주차에 일반인들이 인지할 수 있을 정도의 색도의 변화를 나타내었으며, 35 °C/ 90 %R.H.에서 보존된 시료는 8주차에서부터 색도의 유의적 변화가 관찰되었고, 60 °C/ 60 %R.H.에서 저장한 시료는 6주차에서 색도의 변화가 나타나면서 10주차에서는 누구나 인지할 수 있을 정도로 색도의 변화가 나타나고 있었음

○ 따라서, 본 연구개발에서 품질유지기한의 산출에 주로 적용될 품질한계 지표는 색도가 중요한 지표로 나타날 것으로 예측되었음

표 64. 가속 조건에서 개발 제품의 색도 변화

		Color difference						
Temperature/ Humidity	Hunt er value	Storage period(weeks)						
		0	2	4	6	8	10	12
25 °C/ 75%R.H.	L	65.32 ± 0.14	62.73 ± 0.52	64.88 ± 0.20	64.70 ± 0.17	64.89 ± 0.06	64.52 ± 0.05	60.74 ± 0.06
	a	-6.12 ± 0.04	-6.14 ± 0.03	-6.44 ± 0.05	-6.81 ± 0.08	-6.93 ± 0.11	-5.45 ± 0.01	-5.88 ± 0.03
	b	+23.18 ± 0.10	+23.66 ± 0.11	+23.40 ± 0.11	+23.10 ± 0.14	+22.45 ± 0.15	+22.51 ± 0.04	+20.48 ± 0.04
	ΔE		0.35 ± 0.05	0.75 ± 0.14	1.21 ± 0.51	1.85 ± 0.14	1.94 ± 0.16	5.31 ± 0.13
35 °C/ 90%R.H.	L		61.22 ± 0.13	63.51 ± 0.34	62.43 ± 0.42	62.56 ± 0.12	62.53 ± 0.12	59.27 ± 0.51
	a		-6.62 ± 0.03	-6.52 ± 0.12	-6.12 ± 0.03	-5.44 ± 0.23	-5.33 ± 0.03	-5.25 ± 0.04
	b		+24.11 ± 0.10	+21.44 ± 0.23	+20.14 ± 0.15	+19.99 ± 0.45	+19.48 ± 0.14	+19.62 ± 0.03
	ΔE		0.55 ± 0.20	2.77 ± 0.35	3.24 ± 0.54	3.82 ± 0.41	5.63 ± 0.13	7.22 ± 0.42
60 °C/ 60%R.H.	L		58.23 ± 0.17	55.32 ± 0.44	51.23 ± 0.51	50.47 ± 1.17	49.25 ± 0.47	46.22 ± 1.68
	a		-6.13 ± 0.23	-5.14 ± 0.19	-4.45 ± 0.37	-3.65 ± 0.33	-2.62 ± 0.73	-1.81 ± 0.35
	b		+20.87 ± 0.80	+18.31 ± 0.42	+19.84 ± 0.44	+18.57 ± 0.50	+17.56 ± 0.64	+15.19 ± 0.31
	ΔE		3.27 ± 0.30	3.95 ± 0.08	4.57 ± 0.23	5.90 ± 0.45	7.11 ± 0.76	8.36 ± 1.44

- 품질유지기한 산출에서 미생물학적 지표에 대한 산출은 4주 간격으로 샘플링을 하여 일반 세균과 Bacillus cereus에 대해서 분석을 진행하였으며 그 결과는 표 65와 같음

표 65. 가속 조건에서 개발 제품의 일반 세균 및 Bacillus cereus의 변화

Microbiological test (Log cfu/g)					
Temperature/ Humidity	항목	Storage period(weeks)			
		0	4	8	12
25 °C/ 75%R.H.	일반세균	3.3±0.4	3.5±0.2	3.1±0.2	3.4±0.5
	Bacillus cereus	1.4±0.3	1.7±0.5	1.20±0.4	1.3±0.2
35 °C/ 90%R.H.	일반세균	3.3±0.4	3.1±0.4	3.2±0.5	3.0±0.2
	Bacillus cereus	1.4±0.3	0.9±0.2	1.1±0.1	1.2±0.4
60 °C/ 60%R.H.	일반세균	3.3±0.4	3.0±0.3	2.9±0.5	3.2±0.4
	Bacillus cereus	1.4±0.1	1.5±0.1	1.2±0.2	1.1±0.4

- 일반 세균과 Bacillus cereus의 함량 분석에서 저장 기간이 경과함에 따라 미생물의 분포는 변화가 나타났으나 모두 규격내의 변화였고, 미생물의 측정 편차가 큰 것을 감안할 때 특이한 변화는 나타나지 않은 것으로 판단되었음
- 당 제품의 수분함량은 5%정도로 일반적으로 미생물이 생육하는기에는 너무 낮은 수분함량을 나타내고 있어 미생물은 저장 기간중 포장 상태가 유지된다면 초기와 큰 변화가 나타나지 않을 것이기 때문에 품질유지기한에 대한 인자로서 적용되지 않을 것으로 판단됨

- 저장 기간중 저장성이 비교적 약한 것으로 알려진 vitamin C에 대해서 분석한 결과는 표 66과 같이 나타났으며, 일반적으로 식품위생법의 표기 지침으로는 vitamin의 함량은 법적으로 표기량 이상을 유지하도록 되어 있으며, 건강기능식품에서는 표기량의 80% 이상을 유지하도록 설정되어 있음
- 당 분석에서는 건강기능식품법상의 기준인 표기량의 80% 이상을 유지하도록 품질 한계를 설정하였으며, 그 결과는 표 66와 같이 나타났음

표 66. 가속 조건에서 개발 제품의 Vitamin C의 변화

Vitamin C test (%)					
Temperature/ Humidity	항목	Storage period(weeks)			
		0	4	8	12
25 °C/ 75%R.H.	Vitamin C	100%	104.55±1.85	96.7±4.14	98.5±5.93
35 °C/ 90%R.H.			96.1±3.77	93.9±5.36	88.3±4.08
60 °C/ 60%R.H.			92.2.5±7.3	87.5±4.72	80.4.0±6.17

- Vitamin C 분석에서는 온도가 높을수록 감소율이 증가하는 것으로 나타났으나, 60°C 보관에서도 12주차에서 80.4%를 유지하였음
- 그러나 오차를 감안할 때 12주차에서는 80% 이하로 떨어질 가능성이 높아 실제로 제품 표기를 할 시에는 측정치의 75%선 이상을 표기함으로서 안정적인 표기가 가능할 것으로 예상되었음
- 이에 대해서 각 항목에 대한 품질 유지 기한을 산출한 결과는 표 67과 같이 나타났음

표 67. 가속 조건에서 개발 제품의 품질 유지 기한 예측

Quality index		Quality limit	Shelf life (Months)
관능	색상	4	16.47
	향	4	15.25
	맛	4	14.25
	종합점수	4	17.63
수분		10%	57.42
Color difference (ΔE)		5	13.53
일반세균 (Log CFU / g)		4	-
Bacillus cereus (Log CFU / g)		3	-
Vitamin C (%)		80%	12.55

- 본 연구개발에서 개발한 제품의 유통기한 설정 실험결과 저장기간 증가에 따라 제품 고유의 색이 천천히 변화되는 모습을 나타내었고, 고유의 향은 점차 열어지면서 이미·이취(산패취)가 나는 것으로 나타남
- 관능은 유의적인 품질저하를 나타냈는데, 특히 60 °C(60 %R.H.)의 가속조건 하 8주가 경과하면 이후의 저장기간 동안에는 품질한계 규격 4점 이하로 나타나, 온도가 상승할수록 품질저하 속도는 더 빠르게 나타나는 것을 확인하였음
- 색차는 60 °C(60 %R.H.)의 저장조건 6주차부터 육안으로 확연히 감지가 가능한 수준($\Delta E = 4$)으로 나타났으며, 따라서 품질저하 속도가 가장 빠른 항목인 동시에 품질 변화의 제한 요소로 작용하게 되었음을 확인하였음
- 미생물 항목은 저장기간 동안 유의적인 증감추세가 나타나지 않아 품질 변화의 제한 요소로 작용하지 않는 것을 확인하였음
- Vitamin C 함량은 시간과 온도에 따른 변화가 균일하게 나타났으나, 개발시 vitamin C의 함량을 120%정도 과량 처방함으로써 품질변화의 제한요소에서 제거할 수 있을 것으로 판단됨
- 개발된 제품의 저장기간에 따른 품질 변화의 제한 요소는 색 변화와 관능의 변화를 통한 품질한계 설정기준에 의한 유통기한 산출기간은 각각 13.53개월과 17.63개월로 나타났고, 저장 품질안정성 실험 결과 예상되는 유통기한은 생산 후 12개월이 품질유지의 안정권으로 예측됨

제 5 절 개발 제품의 생리활성의 규명

1. 개발 제품 및 개발 제품 인공소화액 소화물의 소화 효소 저해 활성

- 주관 기관인 ㈜이룸으로부터 당뇨환자용 특수영양식품 제품을 제공받아서, 환자식 추출물 및 환자식의 인공 소화물을 제조하였으며, 환자식 주정 추출물은 제공 받은 제품을 70% 주정으로 3시간 동안 환류 추출한 후 감 여과하여 감압 농축 시킨 후 동결 건조하였으며, 인공소화물은 사람의 소화기관에서 소화되는 시스템을 모방하여 그림과 같이 생식 인공소화물을 제조한 다음 70% 주정으로 3시간 동안 환류 추출한 후 감 여과하여 감압 농축 시킨 후 동결 건조하였음

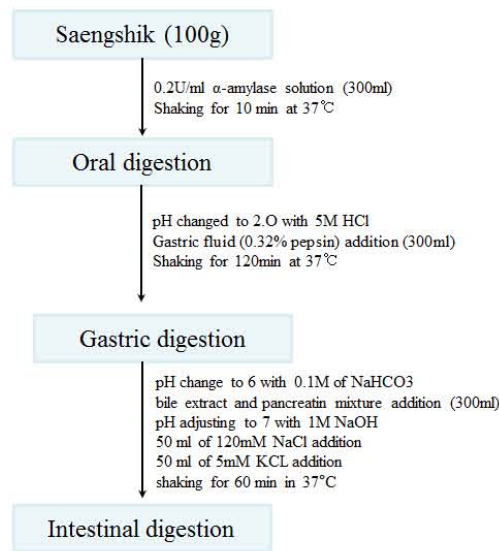


그림 22. 생식 인공소화 가수분해 조건

- 환자식의 추출 수율은 주정 추출을 경우 18.56%의 수율을 나타내었으며, 환자식 인공 소화물 추출의 경우 24.37%의 추출 수율을 나타내었고, 인공 소화물의 추출 수율이 높은 이유는 장내 소화 효소에 의해서 생식에 함유되어있는 원료들의 세포벽 성분을 구성하고 있는 다당류 및 단백질 등의 성분들이 분해되어짐에 따라서 용매가 쉽게 샘플에 흡수되어지면서 함유되어 있는 가용성 성분들이 추출되어지기 때문에 추출 수율이 높게 나타나는 것으로 판단되어짐

- 추출물의 해당효 활성을 검증하기 위하여 전분 분해 효소인 α -Amylase의 활성에 대한 생식 원료의 활성도를 조사하였으며, 추출물의 α -Amylase 저해활성은 DNS 방법을 이용하여 실험 하였음
- 시험 결과 생식 기반의 환자식 추출물 및 생식 기반의 환자식 인공소화물 추출물의 경우 농도 의존적으로 α -amylase 활성을 저해하였으며, 인공 소화물 추출물의 경우 환자식 추출물 보다 높은 저해 활성을 나타내었음

표 68. 추출물의 α -Amylase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%)

Sample	Concentration (mg/ml)			
	0.25	0.5	1	2
Saengshik	14.0±0.4	12.7±1.7	16.9±2.9	23.8±1.4
digested saengshik	14.7±0.7	18.8±1.9	26.9±1.7	37.2±1.2

- 추출물의 해당효 활성을 검증하기 위하여 전분 분해 효소인 α -glucosidase의 활성에 대한 생식 원료의 활성도를 조사하였음
- 시험 결과 α -amylase 저해활성과 같이 환자식 추출물 및 환자식 인공소화물 추출물의 경우 농도 의존적으로 α -glucosidase 저해활성을 저해하였으며, 인공 소화물 추출물의 경우 생식 추출물 보다 높은 저해 활성을 나타내었음
- 이와 같이 환자식 추출물 및 환자식 인공 소화 추출물의 경우 식이로 섭취되어진 다당류의 소화를 담당하는 α -amylase 및 α -glucosidase를 저해함으로써 식품에 함유되어 있는 당류의 분해를 억제함으로써 혈당 상승을 억제할 수 있을 것으로 예측됨
- 또한 인공소화추출이 주정 추출물보다 효소 저해활성이 인공 소화 추출물에 생리 기능성을 가지는 성분이 소화를 통해 더 많이 용출됨으로서 실제 섭취시 더 높은 효능을 나타낼 수 있을 것으로 판단되어짐

표69. 추출물의 α -glucosidase 효소 활성 저해 비율 (Unit:%)

Sample	Concentration (mg/ml)			
	0.25	0.5	1	2
Saengshik	14.1±0.5	28.6±1.7	47.7±1.9	57.6±1.8
digested saengshik	12.2±1.9	23.4±1.8	45.1±2.0	62.8±3.1

2. 개발 제품의 2형당뇨 모델에서의 항당뇨 활성 검증

- 지금까지의 *in vitro* 실험결과를 토대로 하여 생식의 항당뇨 가능성을 제2형 당뇨 모델인 *db/db* mouse를 이용하여 항당뇨 효과를 검색하였다.
- 실험동물은 선천적으로 2형 당뇨가 유도되어지는 C57BL/KsJ-*db/db* 마우스 (용성, 5주령) 및 정상 대조군인 C57BL/KsJ-*db/+* 마우스 (용성, 5주령)을 구입한 후 2주간 pellet로 적응시켜 사용하였고, 적응 기간 후 난괴법 (randomized complete block design)에 따라 제 2형 당뇨마우스에 정상식이 (AIN-93 semisynthetic diet)를 공급한 음성대조군(Negative control, NC), 정상식이의 70%를 환자식 제품으로 치환한 실험군, 정상식이에 150mg/kg B.W metform을 보충한 약물대조군 (Positive control, PC) 등 8마리씩 4군으로 나누어, 4주간 실험식이를 제공하여 실험을 진행하였음
- 동물 사육실의 환경은 항온 ($22\pm 1^{\circ}\text{C}$), 항습 ($50\pm 5\%$)과 12시간 간격 광주기를 유지하였으며, 실험동물은 스테인리스 케이지에 한 마리씩 넣어 사육하며, 식이와 식수는 제한 없이 자유롭게 섭취하도록 한다. 식이섭취량은 매일 일정한 시간에 식이 잔량을 측정하여 식이제공량에서 뺀 값으로 구하며, 실험기간 중 매주 일정한 시간에 체중 및 혈당을 측정하였다.

표70. 생식의 2형 당뇨 개선 실험군 및 처치

항목 \ 군	정상 대조군	음성 대조군	Metformin	70% 환자식
마리수(N)	8	8	8	8
시료처치	정상사료	정상사료	정상사료 + Metformin 150mg/kg	정상사료30% 환자식70% 혼합사료
투여경로	사료 자유급여		경구투여	사료 자유급여

- 시험물질 급여 4주 후 6시간 절식 후에 포도당 섭취 전 및 섭취 후 30, 60, 90 및 120분에 미정맥으로부터 채혈 후 혈당스트립을 이용하여 혈당을 측정하여 비교 평가하며, 시험물질 급여 종료 후 6시간 절식 후 ether 마취 하에 개복하여 심장으로 부터 채혈하여 보관하며, 지방, 간장 및 비장을 적출하여 멸균 PBS로 세척 및 탈수 후 무게를 측정하였음
- 혈액 분석은 전혈로부터 자동혈구분석기를 이용하여 RBC, WBC, platelets, hemoglobin 및 hematocrit을 측정하여 비교 평가하며 당화혈색소는 전혈로부터 측정 키트를 이용하여 HbA1c를 측정 후 비교 평가하였고, 전혈을 원심분리하여 혈장을 분리한 후 혈장으로부터 측정 키트를 이용하여 혈중 포도당, 중성지방, 콜레스테롤, 당화헤모글로빈 및 인슐린의 양을 측정 후 비교 평가하였음

- 시험동물의 시험기간 중 체중 변화량 및 사료 섭취량은 표 71과 같이 나타났음
- 사료 섭취 전 실험동물의 개시체중은 정상대조군이 당뇨 실험군에 대하여 유의적으로 낮은 것으로 나타났으며, 유전적 당뇨를 갖는 실험군은 각 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았음
- 사료섭취 개시시점으로부터 4주 후 종료시점 까지 실험동물의 평균 체중은 정상대조군이 당뇨 실험군 보다 유의하게 낮은 것으로 나타났으며, 당뇨 실험군은 기간에 따라 체중이 급격히 증가하는 것으로 관찰되었으나, 음성대조군에 대하여 양성대조군인 metformin 섭취군은 섭취 종료시 까지 유의한 체중의 변화를 보이지 않았음
- 환자식 섭취군은 각 주간 및 섭취 종료시점 까지 음성대조군에 대하여 체중이 유의하게 감소하는 것으로 관찰되었으며 또한 각 주간의 실험동물의 체중으로부터 일일 증체량을 환산하여 평가한 결과, 정상대조군이 당뇨 실험군에 대하여 일일 증가 체중량이 유의하게 낮은 것으로 나타났으며, 음성대조군에 대하여 양성대조군인 metformin 섭취군은 일일 증가 체중에서 유의한 차이를 보이지 않은 반면, 환자식 섭취군은 음성대조군과 metformin 섭취군에 대하여 일일 증가 체중량이 유의하게 감소된 것으로 관찰되었음
- 일일 사료섭취량은 모든 군간에 통계적 유의성을 보이지 않아, 사료섭취량이 체중의 증가에 영향을 미치지 않은 것으로 평가 되었음

표 71. 실험동물의 4주간 체중변화, 일일 증체량 및 일일 사료 섭취량

	정상 대조군	음성 대조군	Metformin 150mg/kg	70% 생식
개시 체중 (g)	20.0±0.8 ^a	28.8±1.1 ^b	28.5±1.7 ^b	28.3±1.5 ^b
1주차 체중 (g)	21.7±1.0 ^a	34.5±1.5 ^b	33.9±1.6 ^b	33.4±1.7 ^b
2주차 체중 (g)	23.1±1.3 ^a	37.9±1.7 ^b	37.4±1.4 ^b	35.9±1.4 ^b
3주차 체중 (g)	24.1±1.5 ^a	40.3±1.6 ^b	39.9±1.5 ^b	38.0±1.5 ^b
4주차 체중 (g)	25.1±1.7 ^a	41.6±2.2 ^c	41.6±1.5 ^c	38.5±1.2 ^b
증체량 (g/day)	0.18±0.04 ^a	0.46±0.04 ^c	0.47±0.01 ^c	0.37±0.03 ^b
사료섭취량 (g/day)	7.01±4.13 ^a	6.68±3.73 ^a	6.66±3.94 ^a	6.50±3.41 ^a

- 사료섭취 4주 후 실험동물을 개복하여 지방조직, 간장 및 비장을 적출하여 무게 측정 후 비교 평가한 결과는 표 72와 같이 나타났음
- 개복한 실험동물의 피하, 부고환 및 신장후 복막하 지방조직의 무게를 합산한 것을 총 지방조직량으로 하여 비교한 결과, 정상대조군에 대하여 당뇨 실험군의 총 지방조직량이 유의하게 높은 것으로 나타났으며, 당뇨 실험군 간에서 음성대조군에 대하여 양성대조군인 metformin 섭취군은 총 지방량에 유의한 차이를 보이지 않았으며, 생식 섭취군은 음성대조군에 대하여 총 지방량이 유의하게 감소한 것으로 나타났음

- 실험동물의 간장 무게는 정상대조군에 대하여 당뇨 실험군이 유의하게 높은 것으로 나타났으며, 당뇨 실험군 간에는 서로 유의적인 차이가 없는 것으로 관찰되었으며, 실험동물의 비장 무게는 정상대조군에 대하여 음성대조군 및 당뇨식 섭취군은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, metformin 섭취군은 유의하게 높은 것으로 나타났음

표 72. 시료섭취 4주 후 실험동물의 총 지방조직, 간장 및 비장의 무게

	정상 대조군	음성 대조군	Metformin 150mg/kg	70% 생식
총 지방조직 (g)	0.26±0.03 ^a	2.01±0.10 ^c	2.11±0.11 ^c	1.85±0.09 ^b
간장무게 (g)	1.20±0.10 ^a	2.49±0.25 ^b	2.68±0.27 ^b	2.54±0.32 ^b
비장무게 (g)	0.311±0.021 ^a	0.341±0.015 ^{ab}	0.378±0.031 ^b	0.322±0.030 ^a

- 시료섭취 전과 섭취 후 4주간에 6시간 공복을 유지시킨 후 실험동물의 미정맥으로부터 채혈하여 공복혈당을 측정하여 비교 평가한 결과는 그림 23과 같이 나타났음
- 각 주간의 공복혈당은 정상대조군에 대하여 당뇨 실험군이 유의하게 높은 것으로 나타났고, 섭취 전으로부터 섭취 후 4주 까지 각 주간에 대하여 정상대조군의 공복혈당이 유의적인 변화를 보이지 않은 반면, 당뇨 실험군은 주령의 증가에 따라 유의적으로 증가한 것으로 관찰되었음
- 음성대조군에 대하여 양성대조군인 metformin 섭취군은 3주와 4주에서 유의적으로 크게 감소한 것으로 평가 되었으며, 음성대조군에 대하여 생식 섭취군은 1주차 혈당이 유의하게 감소한 것으로 나타났으나, 2주, 3주 및 4주차에서는 감소한 경향은 나타냈으나 통계적 유의성은 보이지 않은 한편, metformin 섭취군과도 유의차를 보이지 않아 의미 있게 감소한 것으로 평가 되었음
- 음성대조군에 대하여 환자식 섭취군은 섭취 후 4주까지 유의적으로 혈당이 감소한 것으로 평가 되었으며, 최종적으로 미정맥 채혈 공복혈당의 변화의 차이는 metformin 섭취군이 가장 우수하였으며, 이외에 당뇨환자식 섭취군, 음성 섭취군 순으로 나타났음

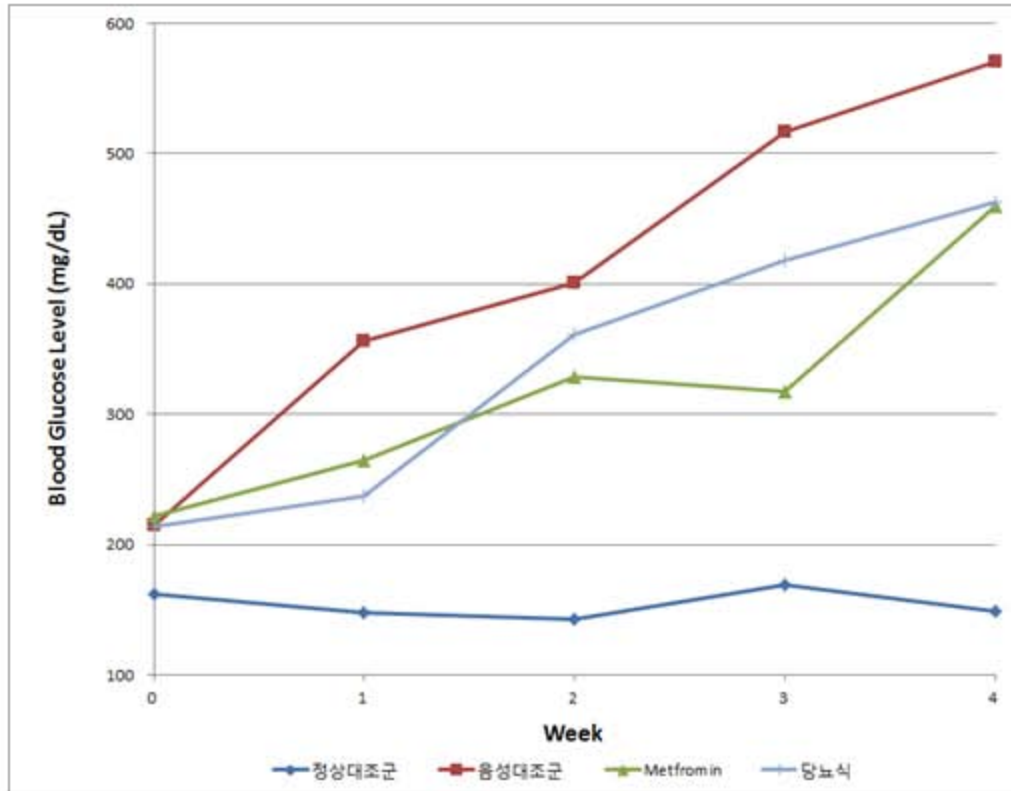


그림 23. 시료섭취에 따른 실험동물의 섭취 전 및 4주간의 미정맥 채혈 공복혈당의 변화

- 시료섭취 4주 후 6시간 절식을 유지시킨 후 포도당을 2g/kg의 용량으로 경구부여 한 후 0분, 30분, 60분, 90분 및 120분에 미정맥으로부터 채혈하여 혈당의 변화를 측정한 후 비교평가 한 결과는 그림 24와 같이 나타났음
- 포도당 섭취 후 120분 까지의 혈당의 변화는 모든 실험군이 30분까지 최고혈당치에 도달 하였으며, 정상대조군에 대하여 당뇨 실험군이 유의적으로 높은 것으로 관찰 되었으며, 당뇨 실험군 내에서 음성대조군에 대하여 양성대조군인 metformin 섭취군은 공복혈당 및 포도당 섭취 후 60분, 90분 및 120분의 혈당값이 유의하게 감소한 것으로 관찰 되었음
- 음성대조군에 당뇨환자식 섭취군은 공복혈당 및 포도당 섭취 후 60분에서 유의하게 혈당이 감소한 것으로 관찰되었으며 최고혈당값은 스트립타입의 혈당측정기기의 측정 한계치가 600mg/dL로, 그 이상의 혈당값을 반영하지 못하는 실험적 오차가 있어 혈당반응곡선면적 (AUC)의 비교평가는 의미가 없는 것으로 사료되어 결과값에 반영하지 아니하였음

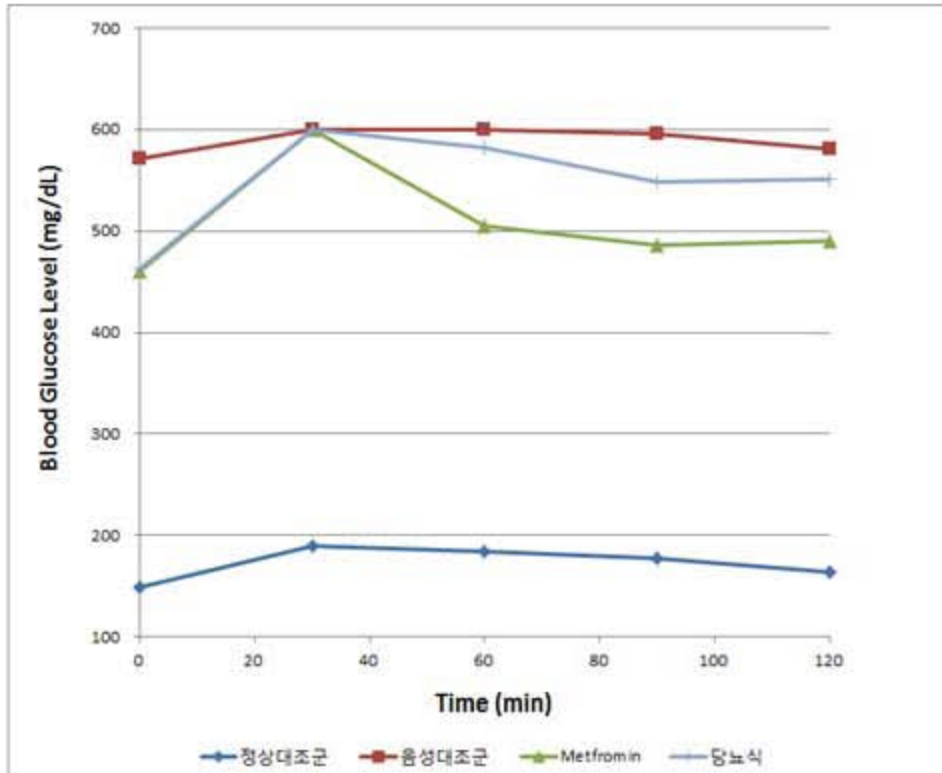


그림 24. 시료섭취에 4주 후 실험동물의 포도당 섭취 전 및 섭취 후 30분, 60분, 90분 및 120분의 혈당의 변화

- 시료섭취 4주 후 6시간 절식을 유지시킨 후 실험동물의 심장으로부터 채혈하여 전혈로부터 당화헤모글로빈(HbA1c)과 혈장으로부터 공복혈당 및 인슐린 농도를 측정하여 비교 평가한 결과는 표 10과 같이 나타났음
- 시료섭취 4주 후의 공복혈당은 정상대조군이 당뇨 실험군에 대하여 유의하게 낮은 것으로 관찰되었으며, 음성대조군에 대하여 양성대조군인 metformin 섭취군이 유의하게 낮은 것으로 관찰되었으며, 한편, 음성대조군에 대하여 생식 섭취군은 통계적 유의차는 보이지 않았으나, 혈당이 유의하게 감소한 경향을 나타내고 양성대조군인 metformin 섭취군에 대하여도 통계적 유의차를 보이지 않은 점으로부터 혈당이 유의하게 감소한 것으로 나타났음
- 시료섭취 4주 후 혈중 인슐린 농도는 정상대조군이 당뇨 실험군에 대하여 유의하게 낮은 것으로 관찰되었으며, 음성대조군에 대하여 양성대조군인 metformin 섭취군, 생식 섭취군은 모두 유의차를 보이지 않은 한편, metformin 섭취군 및 생식 섭취군은 정상대조군에 대하여도 통계적 유의차를 보이지 않아 인슐린 농도가 유의하게 감소한 것으로 평가 되었다. 시료섭취 4주 후 혈중 당화헤모글로빈의 농도는 정상대조군이 당뇨 실험군에 대하여 유의하게 낮은 것으로 관찰되었으며, 음성대조군에 대하여 생식 섭취군이 유의하게 감소한 것으로 관찰된 한편, metformin 섭취군은 음성대조군과 유의차를 보이지 않았으나, 당뇨관자식 섭취군에 대하여도 유의차를 보이지 않은 점으로부터 당화헤모글로빈이 유의하게 감소한 것

으로 생각됨

표 73. 시료섭취 4주 후 실험동물의 혈장 공복혈당, 인슐린 농도 및 당화헤모글로빈의 변화

	정상 대조군	음성 대조군	Metformin 150mg/kg	70% 당뇨식
공복혈당 (mg/dL)	289.3±56.2 ^a	706.2±38.6 ^c	574.0±132.6 ^b	626.5±54.2 ^{bc}
인슐린 (mIU/L)	0.48±0.07 ^a	0.65±0.08 ^b	0.61±0.17 ^{ab}	0.66±0.12 ^b
당화헤모글로빈 (%)	4.1±0.3 ^a	7.2±0.6 ^c	6.7±0.6 ^{bc}	6.4±0.6 ^b

- 시료섭취 4주 후 6시간 절식을 유지시킨 후 실험동물의 심장으로부터 채혈하여 혈장으로부터 중성지방 및 총 콜레스테롤을 측정하여 비교 평가하였으며, 그 결과는 표 74과 같이 나타났음
- 시료섭취 4주 후 혈중 총 콜레스테롤의 농도는 정상대조군에 대하여 당뇨 실험군이 유의하게 높은 것으로 관찰되었으며, 당뇨 실험군 내에서 음성대조군에 대하여 당뇨식 섭취군의 혈중 총 콜레스테롤이 유의하게 감소한 것으로 관찰되었음
- 시료섭취 4주 후 혈중 중성지방의 농도는 정상대조군에 대하여 당뇨 실험군이 유의하게 높은 것으로 관찰되었으며, 당뇨 실험군 내에서 음성대조군에 대하여 당뇨환자식 섭취군이 정상대조군에 유의차를 보이지 않는 수준으로 유의하게 감소한 것으로 나타난 한편, metformin 섭취군은 음성대조군에 대하여 유의차는 보이지 않았으나, 당뇨환자식 섭취군과도 유의차를 보이지 않은 점으로부터 혈중 중성지방이 유의하게 감소한 것으로 나타났음

표 74. 시료섭취 4주 후 혈중 중성지방 및 총 콜레스테롤의 변화

	정상 대조군	음성 대조군	Metformin 150mg/kg	70% 생식
총 콜레스테롤 (mg/dL)	103.3±10.8 ^a	175.0±16.5 ^c	155.6±10.3 ^b	149.3±18.6 ^b
중성지방 (mg/dL)	71.2±15.5 ^a	253.0±144.0 ^c	193.1±69.4 ^{bc}	129.7±34.2 ^{ab}

- 시료섭취 4주 후 6시간 절식을 유지시킨 후 실험동물의 심장으로부터 채혈하여 전혈로부터 자동혈구분석기를 이용하여 혈액성분을 분석하여 비교평가 하였으며, 그 결과는 표 75와 같이 나타났음
- 적혈구, 헤마토크릿 및 헤모글로빈 수치는 정상대조군과 음성대조군에 대하여 metformin 섭취군, 당뇨환자식 섭취군이 유의하게 높은 것으로 관찰 되었으며, 혈소판 수치는 정상대조군에 대하여 당뇨실험군 중 metformin 섭취군이 유의하게 감소한 것으로 관찰되었다. 음성대조군은 정상대조군과 유의차를 보이지 않았은 한편, 당뇨환자식 섭취군은 정상대조군 및 음성대조군에 대하여 혈소판이 유의하게 증가한 것으로 나타났으며, 백혈구 수치는 정상대조군에 대하여 당뇨 실험군이 유의하게 감소한 것으로 나타났음
- 당뇨 실험군 내에서 생식 섭취군은 정상대조군과 유의차를 보이지 않은 점에서 백혈구 수치가 유의하게 증가한 것으로 나타남

표 75. 시료섭취 4주 후의 실험동물의 혈액성분의 변화

	정상대조군	음성대조군	Metformin 150mg/kg	70% 생식
적혈구 ($10^6/mm^3$)	9.2±0.1 ^a	9.4±1.3 ^a	10.7±0.3 ^b	10.7±0.6 ^b
헤마토크릿 (%)	41.2±0.9 ^a	44.1±6.2 ^a	49.9±1.7 ^b	49.2±2.4 ^b
혈소판 ($10^3/mm^3$)	847.4±108.1 ^b	838.1±197.5 ^b	600.0±123.8 ^a	1099.2±250.9 ^c
백혈구 ($10^3/mm^3$)	3.5±0.6 ^b	1.9±1.2 ^a	2.3±1.0 ^a	2.6±0.6 ^{ab}
헤모글로빈 (g/dL)	13.7±0.6 ^a	14.6±1.8 ^a	16.1±0.5 ^b	16.1±0.6 ^b

- 상기의 실험결과와 같이 *db/db* mouse를 이용하여 4주간 70% 생식이 함유되어 있는 사료를 급여 하였을 경우 혈당 강화 약물 보다는 약하나 어느 정도의 혈당 강화 효과 있음이 확인되었음
- 또한 혈당 강화와 함께 체내 지방 축적을 억제 혈액 내 지질 성분 개선에도 도움을 주는 것으로 나타났음을 알 수 있었으며, 이상의 결과를 종합하여 볼 때 2형 당뇨 모델에 대해서 생식 섭취는 혈당을 더 이상 증가되는 것을 예방과 동시에 어느 정도의 혈당강화 효과를 나타냄으로 본 연구개발을 통해 개발된 당뇨환자용 환자식이 당뇨 환자용 특수 영양식으로의 이용 가능성 높음을 제시하였다고 볼 수 있음
- 본 연구개발에서는 당뇨 환자용 식사 대응식으로 개발된 생식 기반의 조성물에 대하여 1형

당뇨에 대한 추가적인 효능 및 용량 의존성을 확인하기 위하여 현재 당뇨환자식 조성물을 각기 20, 40, 60%로 함유한 식이 투여를 통하여 추가적인 항당뇨 활성에 대한 검증을 진행하였음

3. 개발 제품의 1형당뇨 모델에서의 항당뇨 활성 검증

- 생식의 1형 당뇨 예방 억제 활성은 췌장 b-cell 기능 저해제인 streptozotocin을 투여하여 당뇨를 유발시키는 mouse model을 이용하여 항당뇨 효과를 검색하였음
- 실험동물은 ICR 마우스 (5주령) 구입한 후 2주간 pellet로 적응시켜 사용하였으며, 적응 후 난피법으로 정상군(Blank group), 대조군(Control group), 당뇨환자식 섭취군(SS-20, SS-40, SS-60 group)으로 분류하였음
- 당뇨 유발은 당뇨 유발제인 STZ를 투여하여 유발하였으며, 약제의 투여 12시간 전 공복을 시킨 다음 streptozotocin(STZ, Sigma-Aldrich, USA)을 0.1M citrate buffer에 용해 시켜 45mg/kgdm로 복아 투여하며, 이를 5일간 반복하여 1형 당뇨를 유발시켰음
- 대조군은 STZ 대신에 동량의 citrate buffer를 투여하였다. 투여 1주일 후 혈당을 측정하여 공복 혈당이 250mg/dL 이상 유지되는 개체들만을 이용하여 실험을 진행하였고, Blank, Control group은 AIN-93M normal diet을 6주간 자유 공급하였으며, 당뇨환자식 섭취 그룹은 AIN-93M diet에서 식이의 total calory는 일정하게끔 당뇨환자식 20, 40, 60%가 첨가된 식이를 공급하면서 6주간 사육하였음
- 동물 사육실의 환경은 항온 ($22\pm 1^{\circ}\text{C}$), 항습 ($50\pm 5\%$)과 12시간 간격 광주기를 유지하였다. 실험동물은 스테인리스 케이지에 한 마리씩 넣어 사육하며, 식이와 식수는 제한 없이 자유롭게 섭취하도록 한다. 식이섭취량은 매일 일정한 시간에 식이 잔량을 측정하여 식이제공량에서 뺀 값으로 구하며, 실험기간 중 매주 일정한 시간에 체중 및 혈당을 측정하였음
- Blank 그룹 및 당뇨가 유발 그룹, 당뇨 유발 후 당뇨환자식 섭취 그룹의 체중 변화는 주 1회 6주간 측정된 결과 blank group은 체중이 증가하였으나, 당뇨 유발군은 체중이 감소하였고, 당뇨 유발 후 당뇨환자식 섭취 그룹은 당뇨 유발 그룹과 유사한 경향을 나타내었으나, 당뇨환자식 섭취량에 따른 차이는 나타나지 않았음
- 일일 사료섭취량은 모든 군간에 통계적 유의성을 보이지 않아, 사료섭취량이 체중의 증가에 영향을 미치지 않은 것으로 평가 되었음
- 장기 무게는 간의 경우 blank group에 비하여 당뇨 유발군에서 감소하는 경향을 나타냈으며, 당뇨환자식 섭취 그룹에서는 당뇨환자식 20, 40% 섭취군은 control 그룹과 유사하나 당뇨환자식 60% 섭취군은 간의 무게가 증가하였고, 지방의 무게는 Blank group과 비교했을 때 당뇨 유발 group에서 모두 유의적으로 감소하였으나 control group과 당뇨환자식 섭

취 그룹간에는 유의적인 차이를 나타내지 않았음

표 76. 시료섭취 6주 후 실험동물의 몸무게 변화 및 장기 무게

	Blank	Control	SS-20%	SS-40%	SS-60%
Initial body weight					
Final body weight	35.20±2.0 ^a	22.74±1.9 ^b	24.67±3.3 ^b	26.37±3.8 ^b	27.46±4.3 ^b
Organ weight (g)					
Liver	2.2±0.4 ^a	1.67±0.34 ^b	1.71±0.57 ^b	1.64±0.47 ^b	1.86±0.21 ^{ab}
Kidney	0.74±0.04	0.73±0.06	0.71±0.05	0.69±0.07	0.74±0.05
Adipose tissue	2.40±0.34 ^a	0.59±0.04 ^b	0.67±0.09 ^b	0.64±0.04 ^b	0.68±0.06 ^b

- 시료섭취 6주 후 12시간 절식을 유지시킨 후 실험동물의 심장에서부터 채혈하여 전혈로부터 당화헤모글로빈(HbA1c)과 혈장으로부터 공복혈당 및 인슐린 농도를 측정하여 비교 평가하였음
- 시료섭취 6주 후의 공복혈당은 blank group이 당뇨 실험군에 대하여 유의하게 낮은 것으로 관찰되었으며, control group에 대하여 당뇨병자식 섭취군은 통계적 유의차는 보이지 않았으나, 혈당이 조금씩 감소한 경향을 나타내었음(그림 25).

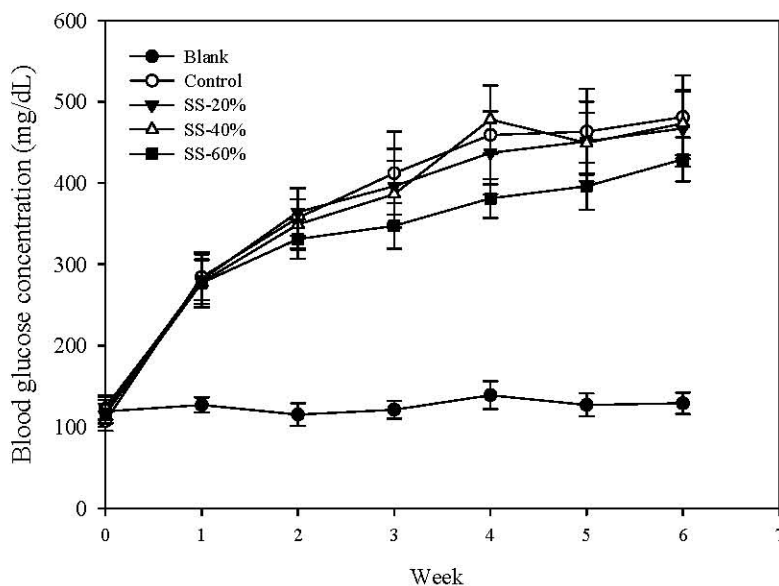


그림 25. 시료섭취에 따른 실험동물의 섭취 전 및 4주간의 미정맥 채혈 공복혈당의 변화

- 시료섭취 6주 후 혈중 인슐린 농도는 blank group에 비하여 당뇨 유발군들의 insulin 농도는 낮게 측정되었는데, 이는 STZ투여가 췌장의 b-cell을 파괴하여 인슐린 생산을 감소시키기 때문이며, 이는 인슐린 의존형 당뇨병인 1형 당뇨병의 중요한 특성임
- 당뇨 유발 그룹에서 control group과 당뇨병자식 섭취 group간에는 insulin 농도차이는 유의적인 차이는 나타나지 않았으나, 당뇨병자식 섭취량에 따라 인슐린 농도는 증가하는 경향을 나타내었음(표 77)
- 또한, 시료섭취 6주 후 혈중 당화헤모글로빈의 농도는 blank group이 당뇨 실험군에 대하여 유의하게 낮은 것으로 관찰되었으며, control group에 대하여 당뇨병자식 섭취군이 감소한 것으로 나타내었으나, 당뇨식 섭취군간에는 유의차를 보이지 않았다(표 16). 이에 따라 6주간의 당뇨병자식 섭취가 1형 당뇨병 유발 후 혈당 및 혈당 증가로 인한 당화 혈색소를 감소시키지만, 뛰어난 혈당 강하 효과는 나타나지 않음을 알 수 있었으며, 당뇨병자식 섭취로 인하여 췌장 b-cell을 활성화시켜 insulin 분비를 증가시키는 것으로 사료된다.

표 77. 시료섭취 4주 후 실험동물의 혈장 공복혈당, 인슐린 농도 및 당화헤모글로빈의 변화

	<i>Blank</i>	<i>Control</i>	<i>SS-20%</i>	<i>SS-40%</i>	<i>SS-60%</i>
인슐린 (μU/ml)	1.90±1.36 ^a	0.76±0.27 ^b	0.81±0.29 ^b	0.79±0.27 ^b	0.82±0.31 ^b
당화헤모글로빈 (%)	5.14±0.4 ^a	9.07±1.04 ^b	8.95±0.87 ^b	8.79±1.29 ^b	8.69±0.87 ^b

- 시료섭취 6주 후 12시간 절식을 유지시킨 후 포도당을 2g/kg의 용량으로 경구투여 한 후 0분, 30분, 60분, 90분, 120분 및 150분에 미정맥으로부터 채혈하여 혈당의 변화를 측정한 후 비교 평가 하였음
- 포도당 섭취 후 150분 까지의 혈당의 변화는 모든 실험군이 30분까지 최고혈당치에 도달하였으며, blank group 에 대하여 당뇨 실험군이 유의적으로 높은 것으로 관찰 되었으며, 당뇨 실험군 내에서 control group에 대하여 당뇨병자식 섭취군은 당뇨병자식 20, 40% 섭취군은 control group 과 유사한 수준으로 혈당이 증가 되어다가 감소하였으며, 당뇨병자식 60% 섭취군은 control group alc 다른 당뇨병자식 섭취군 보다 낮은 혈당치 및 혈당 감소 효과를 나타내었음

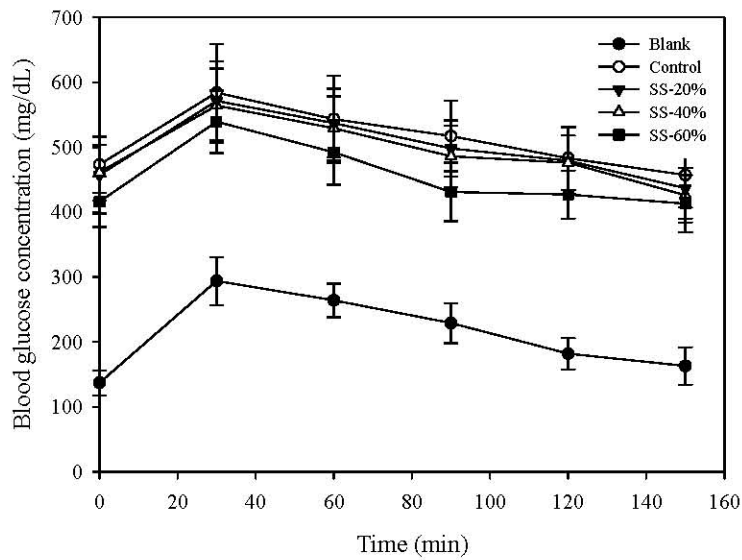


그림 26 시료섭취에 6주 후 실험동물의 포도당 섭취 전 및 섭취 후 30분, 60분, 90분, 120분 및 150분 의 혈당의 변화

- 실험결과와 같이 *db/db* mouse를 이용한 2형당뇨 예방 실험 및 STZ를 이용한 1형당뇨 예방 실험에서 를 이용하여 당뇨환자식이 함유되어 있는 사료를 급이 하였을 경우 혈당 강화 약물 보다는 약하나 어느 정도의 혈당 강화 효과 있음이 확인되었다. 또한 혈당 강화와 함께 체내 지방 축적을 억제 혈액 내 지질 성분 개선에도 도움을 주는 것으로 나타났음을 알 수 있었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 1형 및 2형 당뇨 모델에 대해서 당뇨환자식 섭취는 혈당을 더 이상 증가되는 것을 예방과 동시에 혈당강화 효과를 나타냄으로 당뇨환자식이 당뇨 환자용 특수 영양식으로로서 충분한 기능성을 가지고 있음을 확인할 수 있던 결과로 사료됨

제 6 절 개발 제품의 제품화

1. 개발 제품의 배합비율 확정 및 법적 규격의 검증

- 상기 기호도 조사를 통해서 생식맛을 기반으로 하여 생식 규격과 당뇨환자용 특수영양식품 규격을 모두 만족시킬 수 있는 제품 배합비를 개발하였으며, 그 결과는 표 78과 같고, 총 생식 배합비율은 64.71%로 생식함유제품의 50%를 넘겨 생식 유형을 만족하였음

표 78 생식 기반의 당뇨환자용 식사 대용식 제품 배합비

No.	원재료명	배합비(%)
1	현미분말(저온건조)	58.47%
2	아가베이눌린	23.010
3	베지프로틴100	8.330
4	비타민믹스JV	1.800
5	기장분말(저온건조)	1.790
6	케일분말(저온건조)	1.580
7	대두발효분말	1.000
8	구아검	0.750
9	동결건조 흑미분말(흑향미)	0.510
10	당근분말(저온건조)	0.500
11	신선초분말 (저온건조)	0.500
12	나한과추출물분말(80%)	0.100
13	동결건조 호박분말	0.127
14	고구마분말	0.120
15	스피루리나	0.100
16	동결건조 토마토분말	0.5435
17	감자분말	0.079
18	우영분말	0.050
19	동결건조 양배추분말	0.050
20	동결건조 브로콜리분말	0.010
21	동결건조 시금치분말	0.010
22	표고버섯분말	0.010
23	영지버섯 추출분말	0.010
24	아가리쿠스버섯균사체 추출물분말	0.010
25	클로렐라	0.010
26	녹차추출분말	0.010
27	김분말	0.007
28	미역분말	0.007
29	다시마분말	0.006
30	유기농베리블렌드	0.044
31	아로니아농축분말	0.078
32	엘더베리농축분말	0.078
33	동결건조보리순분말	0.203
34	구아바잎추출분말	0.097
	합계	100.000

○ 특수의료용도식품 중 당뇨병환자용 식품의 개별 규격 및 영양요구성은 표 79와 같음

표 79. 특수의료용도식품 중 당뇨병환자용 식품의 식품위생법상 규격

유형	당뇨환자용 특수용도식품의 규격
성상	고유의 색택과 향미를 가지고 이미 이취가 없어야 한다
수분	10.0% 이하
조단백질	표시량 이상
조지방	표시량 이하 (단, 포화지방은 10% 미만)
당류	표시량 이하 (단당류 및 이당류에 한함)
식이섬유	표시량 이상
비타민	표시량 이상 (비타민 A, B1, B2, B6, C, D, E, 나이아신, 엽산)
무기질	표시량 이상 (칼슘, 철, 아연)
대장균군	음성
세균수	20,000 / g 이하
타르색소	불검출
Bacillus cereus	100 / g 이하
영양요구성	1000kcal 당 비타민 A, B1, B2, B6, C, D, E, 나이아신, 엽산, 단백질, 칼슘, 철, 아연은 영양소 기준치의 50%이상 포화지방 유래 열량은 총열량의 10% 미만 단당류 및 이당류 유래 열량은 총열량의 10% 미만 콜레스테롤은 1000kcal 당 100g 이하

- 본 연구개발에서 개발된 제품의 당뇨병환자용 특수의료용도식품과의 개별 규격과의 규격 적합성에 대해서 미네랄 및 비타민, 영양소와 미생물 규격 검증 결과는 다음과 같이 나타났음

표 80. 개발 당뇨병환자용 식품에 대한 규격 분석 사항 (40g, 150kcal 당)

항목	단위	당뇨 환자용 특수의료용도식품	
		함량	%영양소기준치
열량	kcal	150	-
탄수화물	g	32	6%
당류	g	2.9	-
식이섬유	g	3	-
단백질	g	5	9%
지방	g	1	4%
포화지방	g	0	0%
트랜스지방	g	0	-
콜레스테롤	mg	5mg 미만	1%
나트륨	mg	50	0%
비타민A	ug RE	443.0	60%
비타민E	mg α -TE	12.5	110%
비타민C	mg	62.9	62%
철	mg	2.1	17%
칼슘	mg	353.7	50%
아연	mg	4.6	53%
비타민B1	mg	0.3	30%
비타민B2	mg	0.3	22%
비타민B6	mg	0.5	42%
나이아신	mgNE	9.9	66%
엽산	ug	52.1	15%
대장균군	CFU	음성	적합
일반세균수	CFU	5 724	적합
바실러스세레우스	CFU	50	적합
타르색소	-	불검출	적합

- 본 연구개발에서 개발된 제품의 당뇨병환자용 특수의료용도식품과의 영양 요구성을 판단하기 위하여 영양 요구성 기준인 1000kcal 당으로 환산하면 다음과 같음개별 규격과의 규격 적 합성 검증 결과는 다음과 같이 나타났음

표 80. 개발 당뇨병환자용 식품에 대한 규격 분석 사항 (267g, 1,000 kcal 당)

항목	단위	당뇨 환자용 특수의료용도식품	
		함량	%영양소기준치
열량	kcal	1000	-
탄수화물	g	215	40%
당류	g	20	-
식이섬유	g	20	-
단백질	g	33	60%
지방	g	7	27%
포화지방	g	0	0%
트랜스지방	g	0	-
콜레스테롤	mg	5mg 미만	1%
나트륨	mg	350	25%
비타민A	ug RE	2950.0	400%
비타민E	mg α -TE	83.5	734%
비타민C	mg	420	420%
철	mg	14	110%
칼슘	mg	2360	335%
아연	mg	30.7	350%
비타민B1	mg	2.0	200%
비타민B2	mg	2.0	145%
비타민B6	mg	3.33	280%
나이아신	mgNE	66.1	440%
엽산	ug	347.8	100%

- 3종 시제품에 대한 규격 분석 결과에서 미생물, 영양요구사항에 대해서 모두 적합함을 나타내었으며, 특히 관리가 요구되는 비타민 A, B1, B2, B6, C, D, E, 나이아신, 엽산, 단백질, 칼슘, 철, 아연은 모두 영양소 기준치의 50% 이상으로 나타나 규격에 적합함을 확인하였음
- 특히, 미생물 규격에서도 생식 기준 규격을 만족하는 원료를 사용하여 일반세균의 경우 규격 수치의 20선, Bacillus cereus는 50% 미만으로 나타나 매우 안정적인 수치를 보인 것으로 판단되어 차후 상품화 과정상에서 규격 상의 문제 야기는 없을 것으로 확인 되었음

2. 개발 제품의 제품화 허가 사항 및 제품 디자인

- 본 연구 개발을 위하여 개발된 제품의 본격적인 양산을 위하여 특수의료용도식품의 규격으로 [주보케어]라는 제품명으로 품목제조신고를 완료하여 즉시 생산이 가능한 상태임

식품(식품첨가물) 품목제조보고서

보고인	성명 박재홍, 최창원	생년월일 1957년 1월 24일	
	주소 경기도 광주시 고불로 453, 102동 404호	전화번호 033-248-8234	
		휴대전화 010-4317-5104	
영업소	명칭(상호) 주식회사 이름		
	소재지 강원도 춘천시 토계농공로 111		
제품정보	식품의 유형	특수의료용도식품 (당뇨환자용식품)	영업신고번호 제01-01-283호
	제품명	주보케어	
	유통기한 품질유지기한	제조일부터 12 월 제조일부터 일(월, 년)	
	원재료명 또는 성분명 및 배합비율	별첨	
	용도 용법	1포(40g)를 160~180ml 의 생수에 넣고 잘 흔들어 천천히 드십시오	
	보관방법 및 포장재질	직사광선 및 고온 다습한 곳을 피해 보관하십시오/ 내포장재질: 폴리에틸렌(PE)	
	포장방법 및 포장단위	15g, 35g, 40g × 7, 10, 12, 14, 30, 50, 60, 90, 100, 120포	
	성상	고유 설탕의 분말로써 이미, 미취, 이물이 없어야 한다.	
	고열량·저영양 식품 해당 여부	[]예 []아니오 [0]해당 없음	

기타

「식품위생법」 제37조제5항 및 같은 법 시행규칙 제45조제1항에 따라 식품(식품첨가물) 품목제조 사항을 보고합니다.

2014년 9월 18일

보고인

최창원 박재홍 (대표이사인)

춘천시장 귀하

- 첨부서류
1. 제조방법설명서 1부
 2. 식품위생검시기관이 발급한 식품등의 한시적 기준 및 규격 검토서 1부
 3. 식품의약품안전청장이 정하여 고시한 방법에 따라 설정한 유통기한의 설정서류서 1부

유의사항

1. 품목제조보고서는 제품생산의 개시 전이나 개시 후 7일 이내에 제출하여야 합니다.
2. 배합비율 표시는 식품공전 및 식품첨가물공전에 사용기준이 정하여져 있는 원재료 또는 성분의 경우만 해당합니다.

210mm×297mm[일반용지 60g/㎡ (저활용종)]

그림 27. 특수의료용도식품 중 당뇨환자용식품의 품목제조신고서 #1

제조방법 설명서


제품명	주보케이
성분명 (성분배합비율)	<p>성분명(배합비%):</p> <p>현미분말 (58.4705%), 아가베이눌린 (23.010%), 베지프로틴100 (8.33%), 비타민JV (해조칼슘(88.31%), 비타민C(5.633), 푸마르산칼슘(1.58%), 비타민E분말(DL-알파-토코페릴 아세테이트, 변성칼분, 말토덱스트린, 이산화규소)(1.5%), 니코틴산아미드(0.93%), 산화아연(0.81%), 비타민A분말(비타민A 아세테이트, 말토덱스트린, 아라비아검, 옥수수전분, DL-알파-토코페롤)(0.4%), 판토텐산칼슘(0.35%), 비타민B6 염산염(0.12%), 비타민D3분말(비타민D3, 아라비아검, 자당, 옥수수전분, 가공유지, DL-알파-토코페롤, 이산화규소)(0.1%), 비타민B1염산염(0.09%), 비타민B2(0.09%), 비타민B12분말(비타민B12, 구연산삼나트륨, 구연산, 텍스트린)(0.07%), 엽산(0.015%), 비오틴(0.002%)】 (1.8%), 기장분말(1.79%), 케일분말 (1.58%), 돼지감자분말 (1.0%), 구아검 (0.75%), 동결건조흑미분말(0.51%), 동결건조 당근분말 (0.5%), 스피룰리나 (0.5%), 나한과추출물분말 (0.1%), 동결건조 호박분말 (0.127%), 고구마분말(0.12%), 동결건조 비트분말(0.1%), 동결건조 토마토분말 (0.5435%), 감자분말 (0.079%), 우영분말 (0.05%), 양배추분말 (0.05%), 브로콜리분말 (0.01%), 시금치분말 (0.01%), 표고버섯분말(0.01%), 영지버섯 추출분말 (0.01%), 아가리쿠스버섯 균사체 추출물 분말 (0.01%), 클로렐라 (0.01%), 녹차추출분말 (0.01%), 김분말 (0.007%), 미역분말 (0.007%), 다시마분말 (0.006%), 유기농 베리블렌드 (0.044%), 아로니아농축분말 (0.078%), 엘더베리농축분말 (0.078%), 동결건조보리순분말 0.203%), 구아바잎 추출물분말(0.097%)</p> <p>합계 100%</p>
제조방법	<div style="text-align: right; margin-bottom: 10px;">  </div> <p>1)기준 및 규격에 적합한 원료를 확인 구입한다. 2)구입한 원료는 배합비율에 따라 칭량한 후 혼합기에 혼합한다. 4)혼합분을 일정량씩 포장기를 이용하여 폴리에틸렌(PE)에 충전한 후 기준 및 규격에 적합한 것만을 케이스에 포장한다.</p>
유통기한	제조일로부터 12개월 (직사광선 및 고온 다습한 곳을 피해 실온에서 보관 유통)
용도용법	1포(35g)를 160~180ml 의 생수에 넣고 잘 흔들어 천천히 드십시오
포장방법 및 포장단위	15g, 35g, 40g × 7, 10, 12, 14, 30, 50, 60, 90, 100, 120포
성상	고유 색택의 분갈로써 이미, 이취, 이물이 없어야 한다.
특이사항	

그림 28. 특수의료용도식품 중 당뇨환자용식품의 품목제조신고서 #2

- 본 연구 개발의 결과물에 대한 상품화를 위하여 패키지 디자인을 완료하였으며, 그 내용은 다음과 같으며, 식품의유형을 특수의료용도식품과 동시에 생식 규격을 만족할 수 있다는 내용의 광고 문구를 삽입하여 차후 광고심의를 진행할 예정임

erom



그림 29. 특수의료용도식품 중 당뇨환자용 식품의 패키지 디자인 초안

- 본 연구 개발의 결과물중 당 제품을 위하여 시행된 동물 시험 및 각종 효능 자료를 논문으로 출판 후 적극적인 마케팅 활동을 통하여 제품화를 시행할 예정임

제 7 절 저온 압출 성형 공정을 이용한 생식 제품의 개발

1. 저온압출 공정변수에 따른 생식 후레이크의 물리적 특성

- 압출성형에 사용된 재료는 (주)이름에서 각각 제공받아서 표 1과 같이 직접 배합을 하여 사용하였음

표 81. 압출성형 연구를 위한 배합비율

배합비 (%)	알파현미	현미분말	채소분	팔라티노스+올리고당
	28	51	5	16

- 압출성형은 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery, Incheon, Korea)를 사용하였으며 수분함량은 펌프를 사용하여 원료 사입구에 직접 주입하였음
- 사출구는 Slit으로 0.8 mm인 것을 사용하였다. 시료의 수분함량은 20과 25%로 조절하였으며 스크루 회전속도는 100 rpm, 배럴온도는 60℃ 이내 원료 사입량은 120 g/min으로 고정하였고, 수분함량 25%일 때 CO2가스를 100, 300 ml/min으로 주입하였음
- 제조된 압출성형물은 50℃에서 8시간 건조하여 팽화율과 비길이를 측정하고, Micro Hammer-cutter Mill을 사용하여 0.5 mm이하로 분쇄하여 분석시료로 사용하여 분석을 시행하였으며, 세부 분석 항목은 다음과 같음
- 비기계적에너지(specific mechanical energy, SME) 투입량은 Ryu & Mulvaney(1997)의 방법을 이용하여 압출성형기 내부가 정상상태일 때 원료의 단위 질량당 소비된 전기 에너지로 나타내었다. 즉 원료투입시의 전력에서 모터 공회전시의 전력을 감한 실제 원료에 투입된 전력을 구하였다(식1).

$$SME \text{ input} = (E-E_0)/PR \quad (1)$$

SME input : specific mechanical energy input (kJ/ kg)

E : electric power when input to material (kJ/s)

E0: electric power when idling (kJ/s)

PR: production rate (kg/s)

- 두께 팽화율(expansion index)은 켈리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Japan)를 이용하여 측정한 압출성형물의 두께와 사출구의 두께의 비로 나타내었다. 또한 사출구방향에서의 팽화 지표로서 팽화물의 비길이(specific length) 즉 단위 무게 당 길이를 산출하였다. 각각의 두께 팽화율과 비길이는 10번 측정한 평균값으로 나타내었음

- 시료의 수용성 성질을 분석하기 위하여 AACC방법(1983)을 응용하여 건량기준의 시료 1.5 g에 증류수 30 mL을 가하여 30°C의 항온수조(BF-45SB, Biofree Co., Seoul, Korea)에서 30분간 교반 후 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Gangneung, Korea)에서 3000 rpm으로 20분간 원심 분리하였고, 상등액은 알루미늄 접시에 부은 후 침전물의 무게를 측정하고 알루미늄 접시를 105°C의 열풍건조기(HB-502MP, Han Beak Co., Bucheon, Korea)에서 2시간 동안 건조하여 상등액의 고형분 함량을 측정하여 수분용해지수(water soluble index, WSI)와 수분흡착지수(water absorption index WAI)를 각각 식(2)과 식(3)로 결정하였음

$$WSI(\%) = (\text{Dry solid wt. recovered by evaporating the supernatant} / \text{Dry sample wt.}) \times 100 \quad (2)$$

$$WAI = (\text{Hydrated sample wt.} - \text{Dry sample wt.}) / \text{Dry sample wt.} \quad (3)$$

- Slit 사출구를 사용하여 만든 생식 후레이크는 모양은 그림 30과 같이 직사각형 모양으로 만들어졌으며 기존의 다른 압출성형물과는 다르게 단단하였고 CO₂ gas를 주입하였지만 크게 달라진 부분이 없었기때문에 압출물의 물성을 변화시키기 위하여 사출구의 모양을 바꿔 후레이크로서의 특성을 살펴보았음

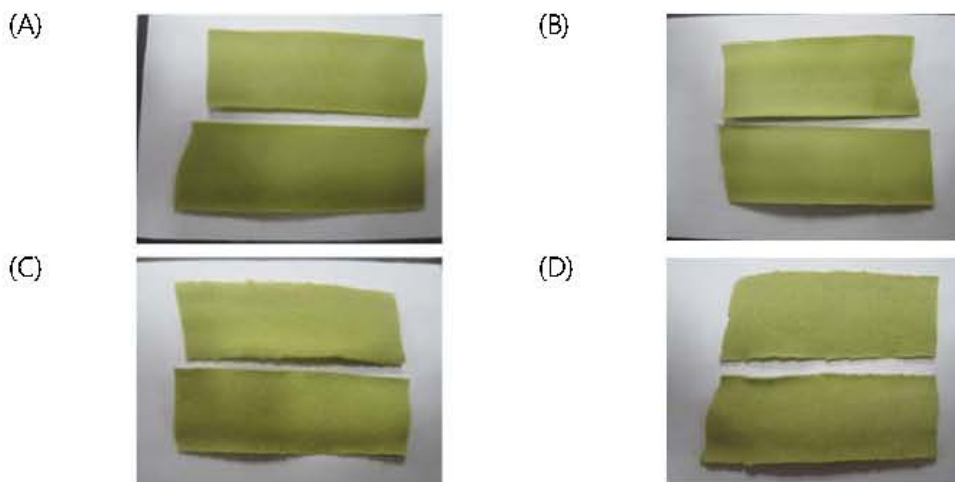


그림 30. Appearance of extrudates at different extrusion conditions.

- (A) Moisture content-20% CO₂ gas injection-0 ml/min
- (B) Moisture content-25% CO₂ gas injection-0 ml/min
- (C) Moisture content-25% CO₂ gas injection-100 ml/min
- (D) Moisture content-25% CO₂ gas injection-300 ml/min

- 압출성형공정에서 비기계적 에너지 투입량은 중요한 시스템변수로서 전분의 호화, 팽윤, 용해도, 전분사슬의 절단, 체류시간에 영향을 미치기 때문에 비기계적 에너지 투입량을 산출

하였음

- 표 82는 압출성형에 투입된 비기계적 에너지 투입량으로 압출성형 공정에서 수분함량 20% 일 때 260.84 kJ/kg 으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 수분함량 25%, CO2 gas 주입량이 300 ml/min일 때 171.85 kJ/kg으로 가장 낮은 비기계적 에너지 투입량을 나타내었고, 수분함량 25%와 비교하여 20%에서 비기계적 에너지 투입량이 높았는데, 이는 수분함량이 감소함에 따라 내부용융물의 점도가 증가하여 비기계적 에너지 투입량이 증가한 것으로 사료됨

표 82. Effect of moisture content and CO2 gas injection on SME input

Moisture content(%)	CO2 gas injection(ml/min)	SME input(kJ/kg)
20	0	260.84
	0	243.03
25	100(3.0MPa)	250.86
	300(1.0MPa)	171.85

- 대부분의 생물고분자물질은 압출성형 공정변수인 수분함량과 사출구온도, 스크루 회전속도에 따라 두께 팽화율이 변화하며, 압출성형 공정에서 수분함량과 CO2 gas 주입량이 두께 팽화율에 미치는 영향을 표 83에 나타내었음
- 수분함량 20%일 때 두께 팽화율이 1.13으로 가장 낮은 값을 나타내었고 수분함량 25%, CO2 gas 주입량이 100 ml/min(3.0MPa)일 때 1.28로 가장 높은 값을 나타내었음
- 하지만 그 값의 차가 크지 않아 수분함량과 CO2 gas 주입량이 저온으로 압출성형 할 경우 두께 팽화율에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 사료됨
- 표 83 에서와 같이 비길이는 수분함량이 증가하고 CO2 gas 주입량이 증가할수록 그 값이 증가하였다. 이는 수분함량과 CO2 gas 주입량이 증가할수록 원료 용융물의 점도가 감소하여 사출구를 통과 할 때 평균유속이 증가하여 비길이가 증가한다고 보고된 논문과 본 연구 결과가 일치하였음

표 83. Effect of moisture content and CO₂ gas injection on expansion index and specific length

Moisture content (%)	CO ₂ gas injection (ml/min)	Expansion index	Specific length (m/kg)
20	0	1.13±0.03	47.74±2.12
	0	1.16±0.01	48.26±0.87
25	100(3.0MPa)	1.28±0.04	53.09±1.15
	300(1.0MPa)	1.25±0.01	54.57±2.26

○ 압출성형 공정에서 수분함량과 CO₂ gas 주입량에 따른 압출성형물의 수분흡착지수와 수분용해지수는 표 84에 나타내었으며, 수분함량과 CO₂ gas 주입량의 변화에 따른 수분흡착지수와 수분용해지수는 큰 차이는 없었다. 이와 같은 결과는 기존의 고온압출성형과는 다른 결과를 나타내었음

○ 고온압출성형물은 수분함량이 감소할 때 수분용해지수는 증가하였고 수분흡착지수는 감소는 경향이 있어, 본 실험의 저온압출성형물은 고온압출팽화물의 결과와 다른 결과를 나타내었으며, 이는 60℃ 이하의 저온에서 CO₂ gas 주입에 의해 팽화시켰기 때문으로 사료됨

표 84. Effect of moisture content and CO₂ gas injection on water absorption index and water solubility index

Moisture content (%)	CO ₂ gas injection (ml/min)	WAI(g/g)	WSI(%)
20	0	2.51±0.05	24.66±0.9
	0	2.56±0.03	25.02±0.17
25	100(3.0MPa)	2.66±0.04	25.83±0.63
	300(1.0MPa)	2.52±0.01	24.40±0.28
	RAW	2.28±0	24.79±0.08

2. 나노분쇄한 호화현미 첨가량과 압출성형조건(수분함량, CO2가스주입량)에 따른 물리적 특성













- 압출성형에 사용된 재료는 (주)이룸에서 각각 제공받아서 표 85와 같이 직접 배합을 하였으며 미리 수분을 15%로 조절하여 사용하였음

표 85. Formulation of raw materials

배합비 (%)	알파현미	현미분말	채소분	팔라티노스+ 올리고당
	나노분쇄			
	25	54	5	16
	28	51	5	16

- 압출성형은 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery, Incheon, Korea)를 사용하였으며 수분함량은 펌프를 사용하여 원료 사입구에 직접 주입하여 사용하였으며, 사출구는 원형으로 3 mm인 것을 사용하였다. 시료의 수분함량은 27, 28(28, 29)%, CO2가스 주입량은 0, 150, 300 ml/min(3.0MPa)로 조절하였고 스크루 회전속도는 100 rpm, 배럴 온도는 60℃ 이내 원료 사입량은 100 g/min으로 고정하였다. 제조된 압출성형물은 50℃에서 8시간 건조하여 팽화율과 비길이를 측정하고, Micro Hammer-cutter Mill을 사용하여 0.5 mm이하로 분쇄하여 분석시료로 사용하였음
- 직경 팽화율(expansion index)은 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Japan)를 이용하여 측정한 압출성형물의 직경과 사출구의 직경의 비로 나타내었고, 또한 사출구방향에서의 팽화 지표로서 팽화물의 비길이(specific length) 즉 단위 무게 당 길이를 산출하였다. 각각의 직경 팽화율과 비길이는 10번 측정한 평균값으로 나타내었음
- 압출성형물의 단면을 백금으로 코팅 후 고분해능 주사전자 현미경(MIRA LMH, Tescan s.r.o., Brno, Czech)으로 가속전력 5kV에서 미세 구조를 관찰하였음
- 원형 사출구를 사용하여 압출성형물은 표 86으로 나타내었는데, 지난 실험에 슬릿(slot) 사출구를 사용하여 압출성형물을 만들었을 때 단단함이 강하고 탄산가스의 효과를 보지 못해 원형 사출구로 바꾸어 압출성형을 하였음
- 압출성형물은 PHASE 1과는 다르게 단단함도 감소하였고 나노분쇄한 원료를 사용하여 압출성형물의 모양도 유지가 되었다. 알파현미의 배합비 차이는 맛과 바삭함에 크게 영향을 주지 않았음

표 86. Appearance of extrudates at different extrusion conditions

α-Brown rice (%)	Moisture content (%)	CO2 gas injection(ml/min)		
		0	150	300
25	27			
	28			
28	28			
	29			

○ 비기계적 에너지 투입량은 표 87, 88 에 나타내었다. 표 87은 나노분쇄한 알파현미가 25% 첨가된 배합비로 압출성형할 때, 표 8은 나노분쇄한 알파현미가 28% 첨가된 배합비로 압출성형할 때의 비기계적 에너지 투입량을 나타내었음

○ 표 87에서 비기계적 에너지 투입량은 수분함량 28%, CO2 gas주입량이 300 ml/min 일 때 167.11 kJ/kg으로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 수분함량 27%, CO2 gas주입량이 0 ml/min 일 때 175.45 kJ/kg으로 가장 높은 값을 나타내었다. 수분함량 28%와 비교하여 27%에서 비기계적 에너지 투입량이 높았음

표 87. Effect of moisture content and CO₂ gas injection on SME input

α-Brown rice (%)	Moisture content (%)	CO ₂ gas injection (ml/min)	SME input (kJ/kg)
25	27	0	175.45±0.33
		150(3.0MPa)	175.02±0.59
		300(3.0MPa)	174.76±1.53
	28	0	171.72±1.54
		150(3.0MPa)	171.14±2.05
		300(3.0MPa)	167.11±2.56

- 표 88에서 비기계적 에너지 투입량은 수분함량 29%, CO₂ gas주입량이 0 ml/min 일 때 153.91 kJ/kg으로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 수분함량 28%, CO₂gas주입량이 150 ml/min 일 때 167.27 kJ/kg으로 가장 높은 값을 나타내었음
- 표 87, 88에 나타난 것과 같이 수분함량이 감소할수록 비기계적 에너지 투입량은 증가하였는데 수분함량이 감소함에 따라 내부용융물의 점도가 증가하여 비기계적 에너지 투입량이 증가한 것으로 사료되고, CO₂ gas주입량은 비기계적 에너지 투입량에 미치는 영향이 없었음

표 88. Effect of moisture content and CO₂ gas injection on SME input.

α-Brown rice (%)	Moisture content (%)	CO ₂ gas injection (ml/min)	SME input (kJ/kg)
28	28	0	166.13±2.68
		150(3.0MPa)	167.27±0.34
		300(3.0MPa)	166.61±3.13
	29	0	153.91±0.6
		150(3.0MPa)	156.09±1.86
		300(3.0MPa)	160.83±1.92

- 대부분의 생물고분자물질은 압출성형 공정변수인 수분함량과 사출구온도, 스크루 회전속도에 따라 직경 팽화율이 변한다. 압출성형 공정에서 수분함량과 CO₂ gas 주입량이 직경 팽화율에 미치는 영향을 표 89, 90에 나타내었고, 표 88에서 수분함량 28%일 때 CO₂ gas 주입량이 300 ml/min일 때 직경 팽화율이 4.14로 가장 낮은 값을 나타내었고 수분함량 28%, CO₂ gas 주입량이 150 ml/min일 때 4.39로 가장 높은 값을 나타내었음

표 89. Effect of moisture content and CO₂ gas injection on expansion index and specific length.

α -Brown rice (%)	Moisture content (%)	CO ₂ gas injection (ml/min)	Expansion index	Specific length (m/kg)
25	27	0	4.19±0.08	87.37±3.43
		150(3.0MPa)	4.38±0.11	101.11±3.68
		300(1.0MPa)	4.2±0.07	108.52±3.81
	28	0	4.32±0.03	89.82±0.94
		150(3.0MPa)	4.39±0.06	96.93±1.81
		300(1.0MPa)	4.14±0.02	115.73±4.29

- 표 90에서는 수분함량 29%일 때 CO₂ gas 주입량이 300 ml/min일 때 직경 팽화율이 4.33로 가장 낮은 값을 나타내었고 수분함량 29%, CO₂ gas 주입량이 150 ml/min일 때 4.47로 가장 높은 값을 나타내었다. 하지만 그 값의 차가 크지 않아 수분함량과 CO₂ gas 주입량이 저온으로 압출성형 할 경우 직경 팽화율에 미치는 영향이 적다고 사료됨
- 표 89, 90에서 비길이는 수분함량이 증가하고 CO₂ gas 주입량이 증가할수록 그 값이 증가한다. 이는 수분함량과 CO₂ gas 주입량이 증가할수록 원료 용융물의 점도가 감소하여 사출구를 통과 할 때 평균유속이 증가하여 비길이가 증가한다고 보고된 연구결과와 일치하였음

표 90. Effect of moisture content and CO₂ gas injection on expansion index and specific length.

α -Brown rice (%)	Moisture content (%)	CO ₂ gas injection (ml/min)	Expansion index	Specific length (m/kg)
28	28	0	4.42±0.04	85.98±1.05
		150(3.0MPa)	4.43±0.03	100.12±1.93
		300(1.0MPa)	4.4±0.04	95.02±2.27
	29	0	4.4±0.06	86.98±0.69
		150(3.0MPa)	4.47±0.05	93.85±3.32
		300(1.0MPa)	4.33±0.08	99.24±3.11

- 압출성형 공정에서 수분함량과 CO₂ gas 주입량에 따른 압출성형물의 수분흡착지수와 수분용해지수는 표 91, 92에 나타내었다. 수분함량과 CO₂ gas 주입량의 변화에 따른 수분흡착지수와 수분용해지수는 큰 차이는 나타나지 않았음
- 이와 같은 결과는 기존의 고온압출성형과는 다른 결과를 나타내었다. 고온압출성형물은 수분함량이 감소할 때 수분용해지수는 증가하였고 수분흡착지수는 감소하였다. 이번의 저온압출성형물은 기존의 결과와는 다른 결과를 나타내었다. 이는 온도에 따른 변화로 사료됨

표 91. Effect of moisture content and CO₂ gas injection on water absorption index and water solubility index.

α -Brown rice (%)	Moisture content (%)	CO ₂ gas injection (ml/min)	WAI(g/g)	WSI(%)
25	27	0	2.31±0.07	23.09±0.38
		150(3.0MPa)	2.44±0.03	25.2±0.43
		300(3.0MPa)	2.45±0.04	24.95±0.34
	28	0	2.36±0.02	23.14±0.42
		150(3.0MPa)	2.42±0.03	23.69±0.21
		300(3.0MPa)	2.58±0.02	24.91±0.18
	RAW		2.22±0.01	24.29±0.12

표 92. Effect of moisture content and CO₂ gas injection on water absorption index and water solubility index.

α-Brown rice (%)	Moisture content (%)	CO ₂ gas injection (ml/min)	WAI(g/g)	WSI(%)
28	28	0	2.4±0.04	21.51±0.13
		150(3.0MPa)	2.55±0.03	23.80±0.58
		300(3.0MPa)	2.45±0.04	21.74±0.49
	29	0	2.39±0.02	21.85±0.30
		150(3.0MPa)	2.33±0.01	20.59±0.17
		300(3.0MPa)	2.34±0.01	21.58±0.33
RAW			2.32±0.02	26.09±0.14

- 그림 31은 나노분쇄한 알파현미 25%를 첨가한 배합비로 만든 압출성형물의 수분함량과 CO₂ gas주입량에 따른 미세구조를 나타낸 것으로, 기존의 고온압출성형시 수분함량이 증가할수록 기공의 수는 증가하고 기공벽이 두꺼워짐을 볼 수 있었음
- 하지만 이번의 저온압출성형은 기공형성제인 물의 상변화가 일어나지 않아 기공이 형성되지 않음을 알 수 있었으며, 또한 CO₂ gas주입량에 따라서도 기공의 수와 크기가 증가하여야 하지만 그림 31에서는 기공의 수와 크기의 큰 차이를 볼 수 없었다. 이는 압출성형공정시에 CO₂ gas가 잘 혼합되지 않은 것으로 사료됨

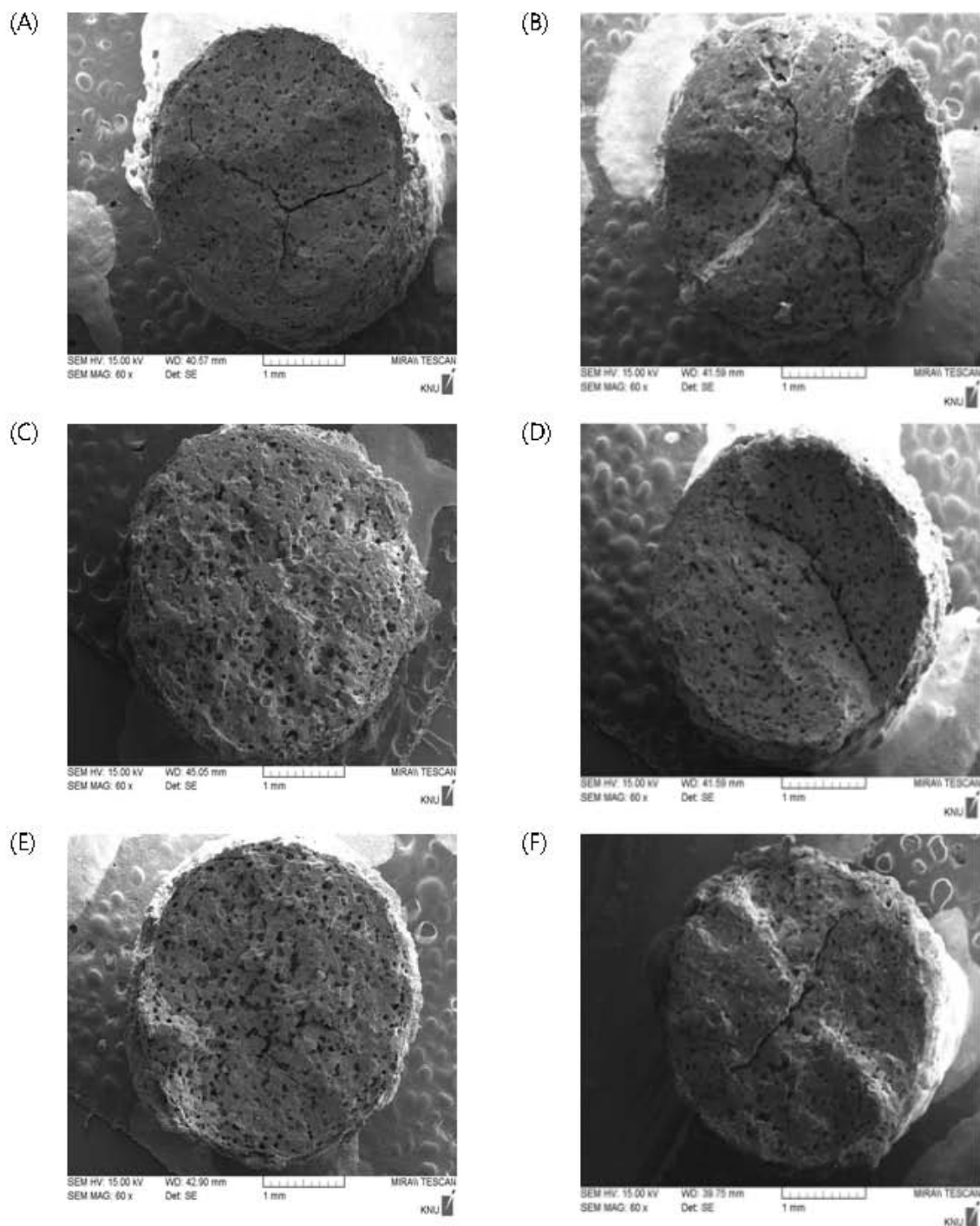


그림 31. Scanning electron micrographs of extrudates at different moisture content and CO₂ gas injection.

- (A) Moisture Content-27%, CO₂ gas injection-0 ml/min
- (B) Moisture Content-27%, CO₂ gas injection-150 ml/min
- (C) Moisture Content-27%, CO₂ gas injection-300 ml/min
- (D) Moisture Content-28%, CO₂ gas injection-0 ml/min
- (E) Moisture Content-28%, CO₂ gas injection-150 ml/min
- (F) Moisture Content-28%, CO₂ gas injection-300 ml/min

3. CO2 gas 주입량에 따른 압출성형물의 특성

- 이전의 실험에서 압출성형물의 CO2 gas 주입량에 따른 특성을 분석한 결과 CO2 gas 주입이 원활하게 원료에 혼합되지 않은 것으로 판단되어 CO2 gas 주입장치를 보완하여 CO2 gas 주입량에 따른 압출성형물의 특성 변화를 측정하였음
- 압출성형에 사용된 재료는 (주)이름에서 각각 제공받아서 표 93과 같이 직접 배합을 하였으며 수분을 15%로 조절하였음

표 93. Formulation of raw materials

배합비 (%)	알파현미	현미분말	채소분	팔라티노스+ 올리고당
	나노분쇄			
	25	54	5	16

- 압출성형은 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery, Incheon, Korea)를 사용하였으며 수분함량은 펌프를 사용하여 원료 사입구에 직접 주입하였음
- 사출구는 원형으로 3 mm인 것을 사용하였다. 시료의 수분함량은 미리 15%로 준비하여 최종수분은 27%, 스크루 회전속도는 100 rpm, 배럴온도는 60°C 이내 원료 사입량은 100 g/min으로 고정하였고, CO2가스주입량은 0, 150, 300, 450 ml/min(2.0MPa)로 조절하였으며, 제조된 압출성형물은 50°C에서 8시간 건조하여 팽화율과 비길이를 측정하고, Micro Hammer-cutter Mill을 사용하여 0.5 mm이하로 분쇄하여 분석시료로 사용하였음
- 압출성형물의 파괴력과 겔보기탄성계수는 Sun Rheometer를 사용하여 10회 측정하여 평균 값을 산출하였다. 측정조건은 probe angle type(65°), 최대응력 2 kg, 지지대 이동속도 60 mm/min, 지대간의 거리 3 cm이었다. 측정치를 아래의 식을 이용하여 파괴력(Fbs)과 겔보기탄성계수(Eapp)를 각각 식(4)와 식(5)로 계산하였음

$$F_{mf} = F_m \quad (4)$$

F_{mf}: Maximum force (N)

F_m: Maximum stress of extrudate (N)

$$E_{app} = (dF/dl)(64d^3/48\pi d^4) \quad (5)$$

E_{app} : Apparent elastic modulus (N/m²)

dF/dl : Slope of the linear section of the force-distance curve (N/m)

D: Diameter of extrudate (m)

d: Distance between two supports (m)

- 페이스트 점도를 측정하기 위하여 신속점도측정기(Rapid Visco Analyser, RVA)를 사용하였고, 14% 수분함량을 기준으로 계산한 압출성형물 시료 3 g 을 알루미늄캔에 넣은 후 25 ml의 증류수를 가하고 유리막대기를 이용하여 30초 동안 1차 교반 후 페이스트 점도를 측정하였음
- 페이스트 점도는 초기온도 25℃에서 2분 동안 25℃로 유지한 다음 5분 동안 95℃로 가열 후 3분 동안 95℃로 유지하였으며 5분에 걸쳐 25℃로 냉각한 뒤 5분 동안 온도를 유지시켰으며, 총소요시간은 25분이며 시료의 분산을 증가시키기 위하여 10초간 960 rpm 으로 페달을 회전시킨 후 160 rpm 에서 점도를 측정하였음
- CO₂ gas 주입량에 따른 압출성형물은 그림 32로 나타내었다. CO₂ gas 의 주입량의 압력을 맞추어 2.0MPa로 주입을 해주고 수분함량은 27%로 고정하여 탄산가스 주입량만 변화를 주어 압출성형 하였음
- 기계의 보완과 압력계의 효과로 탄산가스의 주입과 주입압력을 정하여 만든 압출성형물은 전 실험의 압출성형물보다 바삭하였으며 적은 힘으로도 부서지는 효과를 나타내어 생식후레이크로의 물성을 가졌으므로 생식후레이크 제조의 가능성을 발견하였음

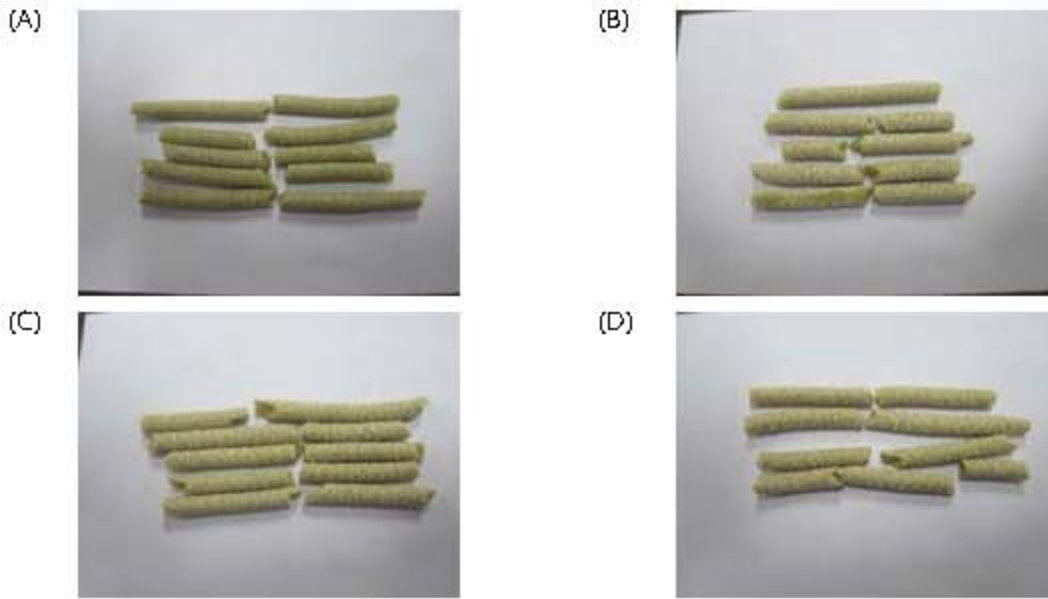


그림. 32. Appearance of extrudates at different extrusion conditions.

- (A) Moisture content-27% CO₂ gas injection-0 ml/min
- (B) Moisture content-27% CO₂ gas injection-150 ml/min
- (C) Moisture content-27% CO₂ gas injection-300 ml/min
- (D) Moisture content-27% CO₂ gas injection-450 ml/min

- 압출성형 공정에서 CO₂ gas 주입량이 직접 팽화율에 미치는 영향을 Table 13에 나타내었으며, CO₂ gas 주입량이 150 ml/min(2.0MPa)일 때 4.65로 가장 높은 값을 나타내었으며, CO₂ gas 주입량이 0 ml/min일 때 4.28로 가장 낮은 값을 나타내었으나 그 값의 차가 미미하여 CO₂ gas 주입량이 저온으로 압출성형 할 경우 직접 팽화율에 미치는 영향이 적다고 사료됨
- 표 94에서와 같이 비길이는 CO₂ gas 주입량이 증가할수록 그 값이 증가하였다. 이는 CO₂ gas 주입량이 증가할수록 원료 용융물의 점도가 감소하여 사출구를 통과 할 때 평균유속이 증가하여 비길이가 증가한다고 보고된 논문과 본 연구결과가 일치하였음

표 94. Effect of CO₂ gas injection on expansion index and specific length

CO ₂ gas injection (ml/min)	Expansion index	Specific length (m/kg)
0	4.28±0.04	91.94±2.02.
150(2.0MPa)	4.65±0.05	100.42±3.82
300(2.0MPa)	4.49±0.07	109.04±5.05
450(2.0MPa)	4.51±0.11	110.63±3

- 압출성형물의 파괴력과 겉보기 탄성계수는 각각 그림 33, 34와같음
- 겉보기 탄성계수는 압출성형물의 단단함 정도를 나타내며, 비길이와 압출성형 기공의 강도가 겉보기 탄성계수에 영향을 미치며, 또한 낮은 겉보기 탄성계수는 압출성형물의 바삭거리 는 조직감을 증가시키는 것으로 알려져 있음
- CO₂ gas 주입량이 0 ml/min 에서 150 ml/min 으로 증가할수록 파괴력과 겉보기탄성계수 는 증가하였고, 300 ml/min 이상일 경우는 기계에서 측정이 어려울 정도로 낮은 값이 나오 므로 CO₂ gas 주입량이 파괴력과 겉보기탄성계수의 감소에 영향을 주며 생식으로 후웨이 크를 만들어도 바삭거리 는 조직감을 CO₂ gas 주입량의 조절을 통해 증가시킬 수 있을 것 으로 사료됨

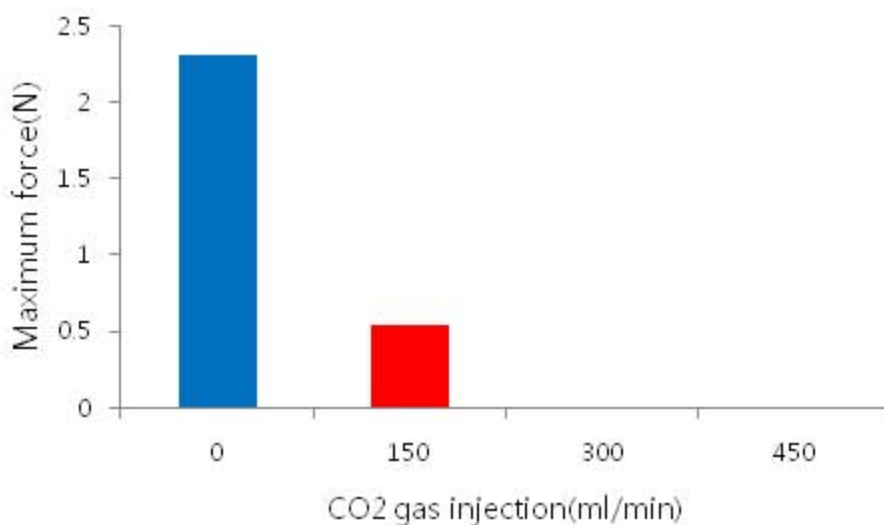


그림 33. Maximum force of extrudates at different CO₂ gas injection.

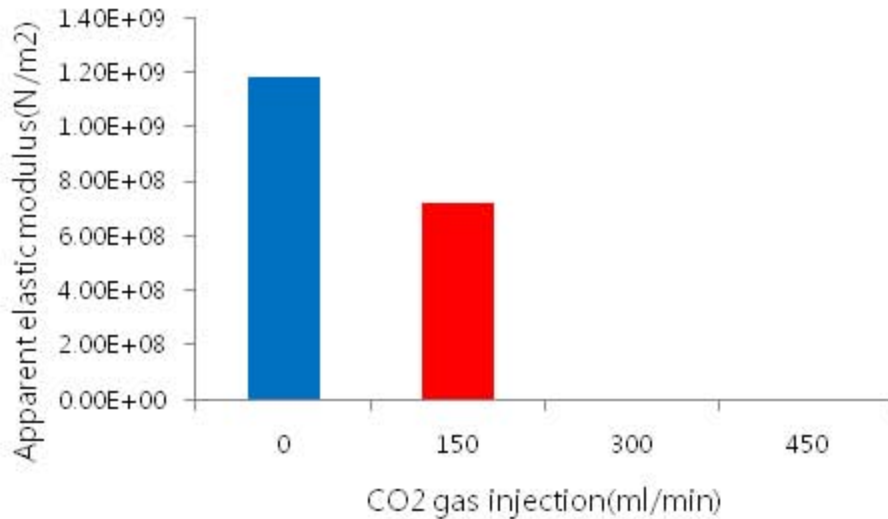


그림 34. Apparent elastic modulus of extrudates at different CO2 gas injection.

- 압출성형 공정에서 CO2 gas 주입량에 따른 압출성형물의 수분흡착지수와 수분용해지수는 표 95에 나타내었으며, 압출성형 공정에서 CO2 gas를 주입하지 않았을 때보다 주입되었을 때 수분용해지수는 증가하였지만 앞서 실시한 실험결과와 CO2 gas 주입량의 변화에 따른 수분흡착지수와 수분용해지수는 큰 차이는 없었음

표 95. Effect of moisture content and CO2 gas injection on water absorption index and water solubility index

CO2 gas injection(ml/min)	WAI(g/g)	WSI(%)
0	2.27±0.05	22.8±0.01
150	2.38±0.03	25.28±0.09
300	2.39±0.01	25.83±0.08
450	2.36±0.07	26.37±0.46
RAW	2.32±0.02	26.23±0.15

- 압출성형물의 페이스트 점도는 표 96과 그림. 35에 나타내었다. 일반적으로 생식의 경우 60℃이내로 열을 가하기 때문에 호화가 일어나지 않기 때문에 이번 점도 측정은 압출성형을 하였을 경우에 호화가 일어나는지 여부를 알기 위해 분석을 실시하였음
- 결과는 압출성형을 하지 않은 RAW 와 CO2 gas를 주입한 다른 압출성형물과의 페이스트 점도가 매우 비슷하게 나옴을 볼 수 있는데, 이는 압출성형을 하여도 생식의 특성을 유지하고 있다고 사료된다.

표 96. Pasting properties of extrudates at different CO2 gas injection

CO2 gas injection (ml/min)	Paste viscosity(RVU)				
	TV	BV	FV	SV	PT
0	7.75	0.25	36.00	28.25	9.07
150(2.0MPa)	6.75	0.50	33.75	27.00	8.07
300(2.0MPa)	7.08	0.58	34.67	27.58	7.67
450(2.0MPa)	9.17	0.17	36.25	27.08	8.73
RAW	7.75	0.25	43.50	35.75	9.59

TV: Through viscosity, BV: Breakdown viscosity, FV: Final viscosity, SV: Setback viscosity, PT: Peak time

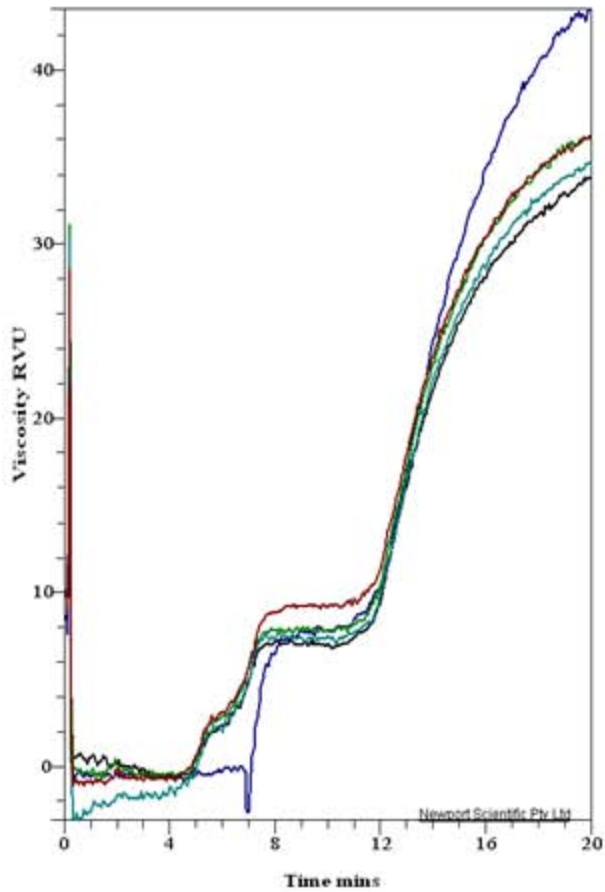


그림. 35. Pasting properties of extrudates at different CO₂ gas injection.

BLUE: RAW material, GREEN: CO₂ gas injection-0ml/min, LIGHTGREEN:CO₂ gas injection-150ml/min, BLACK:CO₂ gas injection-300ml/min,RED:CO₂ gas injection-450ml/min

4. 압출성형 조건 및 채소분의 종류에 따른 압출성형물의 물리적 특성 변화

- 압출성형에 사용된 재료는 (주)이름에서 각각 제공받았고 녹차가루는 가루나라에서 구매하여 표 97과 같이 토마토, 호박, 녹차를 각각 넣은 배합으로 총 3가지를 만들어 사용하였음

표 97. Formulation of raw materials

배합비 (%)	알파현미	현미분말	채소분 (토마토, 호박, 녹차)	팔라티노스+올리고당
	25	50	9	16

- 압출성형은 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery, Incheon, Korea)를 사용하였으며 수분함량은 펌프를 사용하여 원료 사입구에 직접 주입하였다.
- 사출구는 원형으로 3 mm인 것을 사용하였으며, CO₂ 가스주입은 일정한 압력(2.0 MPa)에서 0, 150 mL/min, 사출구 온도는 60, 80, 100°C로 조절하였으며, 수분함량은 27%, 스크류 회전속도는 100 rpm, 원료 사입량은 100 g/min으로 고정하였고, 제조된 압출성형물은 50°C에서 8시간 건조하여 팽화율과 비길이, 겉보기 탄성계수와 파괴력, 밀도를 측정하였고, Micro Hammer-cutter Mill을 사용하여 0.5 mm이하로 분쇄하여 분석시료로 사용하였음

- 비기계적에너지투입량은 Ryu & Mulvaney(1997)의 방법을 이용하여 압출성형기 내부가 정상상태일 때 원료의 단위 질량당 소비된 전기에너지로 나타내었고, 원료투입시의 전력에서 모터 공회전시의 전력을 감소한 실제 원료에 투입된 전력을 구하였음(식1).

$$SME_{input} = \frac{(E - E_0)}{P_R} \quad (1)$$

SME input : specific mechanical energy input(kJ/kg)

E : electric power when input to material(J/s)

E₀ : electricpowerwhenidling(J/s)

P_R : productionrate(kg/s)

- 직경팽화율은 압출성형물의 직경을 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Japan)를 이용하여 측정한 압출성형물 직경과 사출구의 직경의 비로 나타내었으며, 또한 사출구방향에서의 팽화 지표로서 팽화물의 비길이(specific length) 즉 단위 무게 당 길이를 산출하였다. 각각의 직경 팽화율과 비길이는 10번 측정한 평균값으로 나타내었음
- 압출성형물의 체적밀도는 차조를 이용한 종자 치환법으로 총 10회 반복하여 식(2)을 이용하여 평균값을 계산하였다.

$$\rho_E = \frac{M_0}{M + M_0 - M_1} \rho \quad (2)$$

ρ_E : Bulk density of extrudate

ρ : Bulk density of waxy millet

M : Mass of waxy millet in 125 mL cup

M_0 : Mass of extrudate

M_1 : Mass of extrudate and waxy millet in 125 mL cup

- 압출성형물의 겔보기탄성계수와 파괴력은 Sun Rheometer(Compac-100II, Sun Sci. Co., Japan)를 사용하여 10회 측정하여 평균값을 산출하였고, 측정조건은 probe angle type(65°), 최대응력 10 kg, 지지대 이동속도 60 mm/min, 지지대간의 거리 3 cm였다. 측정치를 Launary & Lisch(1993)과 Ryu & Ng(2001)이 제시한 아래의 식을 이용하여 겔보기탄성계수(E_{app})와 파괴력(F_{bs})을 각각 식(3)과 식(4)로 계산하였음

$$E_{app} = (dF/dl)(64d^3/48\pi D^4) \quad (3)$$

E_{app} : Apparent elastic modulus(N/m²)

dF/dl : Slope of the linear section of the force-distance curve (N/m)

D : Diameter of extrudate (m)

d : Distance between two supports (m)

$$F_{bs} = F_s/S \quad (4)$$

F_s : Maximum stress of extrudate(N)

S : Cross-sectional area (m²)

- 시료의 수용성 성질을 분석하기 위하여 AACC방법(15)을 응용하여 건량기준의 시료 1.5 g에 증류수 30 mL를 가하여 30°C의 항온수조(BF-45SB, Biofree Co., Seoul, Korea)에서 30분간 교반 후 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Gangneung, Korea)에서 3000 rpm으로 20분간 원심 분리하여, 상등액은 알루미늄 접시에 부은 후 침전물의 무게를 측정하고 알루미늄 접시를 105°C의 열풍건조기(HB-502MP, Han Beak Co., Bucheon, Korea)에서 2시간 동안 건조하여 상등액의 고형분 함량을 측정하여 수분용해지수(water soluble index, WSI)와 수분흡착지수(water absorption index, WAI)를 각각 식(5)와 식(6)으로 결정하였음







$$WSI(\%) = \frac{\text{Dry solid wt. recovered by evaporating the } \overset{\text{ernatant}}{\text{supernatant}}}{\text{Dry sample wt.}} \times 100 \quad (5)$$







$$WAI(g/g) = \frac{\text{Hydrated sample wt.} - \text{Dry sample wt.}}{\text{Dry sample wt.}} \quad (6)$$







- 압출성형물의 단면을 백금으로 코팅 후 고분해능 주사전자현미경(MIRA LMH, Tescan, Czech)으로 가속전력 5 kV에서 미세 구조를 관찰하였다.

○ 원형 사출구를 사용하여 만든 압출성형물은 표 98에 나타내었다. 지난 실험들과 다르게 온도의 변화와 채소분 종류에 변화를 주어 만든 압출성형물중 토마토와 호박의 경우 60~100℃까지 전체적으로 단단하고 팽화율에서도 유의적인 차이는 보이지 않았지만 녹차의 경우는 60℃에서 다른 온도와 다르게 단단함에 있어서 낮은 값을 나타내어 바삭함에 큰 영향을 주었기 때문에 녹차를 채소 원료로 고려해보아도 된다고 사료됨

표 98. Appearance of extrudates at different extrusion conditions

Material	Die temperature (°C)	CO ₂ gas injection (ml/min)	
		0	150
Green tea	60		
	80		
	100		

Material	Die temperature (°C)	CO ₂ gas injection (ml/min)	
		0	150
Tomato	60		
	80		
	100		

Material	Die temperature (°C)	CO ₂ gas injection (ml/min)	
		0	150
Pumpkin	60		
	80		
	100		

- 압출성형공정에서 비기계적 에너지 투입량은 중요한 시스템 변수로서 전분의 팽윤, 용해, 호화도, 전분사슬의 절단, 체류시간에 영향을 미침
- 표 99는 압출성형에 투입된 비기계적 에너지 투입량으로 압출성형 공정에서 용융물 온도 60℃, CO₂가스 주입량 150 mL/min, 토마토가루를 첨가했을 때 169.41 kJ/kg으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 용융물 온도 100℃, CO₂가스 주입량 150 mL/min, 호박가루를 첨가했을 때 52.67 kJ/kg으로 가장 낮은 값을 나타내었음
- 녹차, 토마토, 호박을 첨가하였을 때 온도가 증가할수록 비기계적 에너지 투입량이 모두 감소함을 나타내었는데, 이는 사출구 온도가 증가하면 반죽의 점도가 감소하여 비기계적 에너지 투입량이 감소한 것으로 사료되며, 녹차를 첨가하고 CO₂가스 주입시 비기계적 에너지 투입량이 감소함을 나타내었으며, 토마토의 경우 녹차와 반대로 증가함을 나타내었다. 호박의 경우는 80, 100℃에서는 CO₂가스 주입시 감소하지만 60℃에서는 증가함을 나타내었음

표 99. Effects of die temperature and CO₂ gas injection on specific mechanical energy input of extruded product with different vegetable

Die temperature (℃)	CO ₂ gas injection ¹⁾ (mL/min)	SME input(kJ/kg)		
		Green tea	Tomato	Pumpkin
60	0	158.49±1.15	163.68±0.44	151.31±2.61
	150	158.43±1.13	169.41±4.00	154.81±2.55
80	0	69.70±0.69	94.93±22.89	65.12±0.06
	150	68.89±1.01	99.56±21.67	61.77±0.44
100	0	80.42±3.92	77.40±2.17	53.40±0.24
	150	69.07±0.05	85.87±0.12	52.67±0.68

1) CO₂ gas injection pressure at 2.0 Mpa

- 팽화 특성(직경팽화율, 비길이, 체적밀도)은 압출성형물의 조직감에 영향을 미치는 중요한 인자로 제품의 질 및 소비자의 기호에 영향을 미친다. 사출구 온도와 CO₂ 가스 주입량과 야채류에 따른 압출성형물의 팽화 특성은 표 100에 나타내었음
- 직경팽화율은 온도변화에 따라 큰 변화가 없었으며, 토마토와 호박을 첨가하였을 때 60℃에서 CO₂ 가스를 주입하면 팽화율이 증가하였지만 80, 100℃에서는 감소하였고, 녹차의 경우 사출구 온도 60, 80℃에서 CO₂ 가스를 주입하면 팽화율이 감소하지만 100℃에서는 증가하였음

- 온도 100℃, CO₂가스 주입량 150 mL/min, 녹차가루를 첨가 했을 때 팽화율이 1.52로 가장 높았으며, 온도 100℃, CO₂가스 주입량 150 mL/min, 토마토가루를 첨가 했을 때 0.91로 가장 낮은 값을 나타내었음
- 비길이는 CO₂가스 주입량이 0 mL/min에서 150 mL/min으로 증가할수록 비길이는 증가하는 경향을 보였으며 사출구 온도의 영향은 받지 않는 것으로 나타났고, 온도 80℃, CO₂가스 주입량 150 mL/min, 녹차가루를 첨가했을 때 비길이는 159.05 m/kg으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 온도 100℃, CO₂가스 주입량 0 mL/min, 녹차가루를 첨가했을 때 83.02 m/kg으로 가장 낮은 값을 나타내었음
- 밀도는 온도 100℃, CO₂가스 주입량 150 mL/min, 녹차가루를 첨가한 압출성형물이 0.46 g/cm³으로 가장 낮았으며, 60℃, CO₂가스 주입량 0 mL/min, 녹차가루를 첨가한 압출성형물이 1.11 g/cm³으로 가장 높았다. 녹차가루를 첨가한 경우 사출구 온도가 높아질수록 값이 낮아지고 CO₂가스를 주입하지 않을 때 보다 주입하였을 때 더 낮은 값을 나타내었음
- 반면에 토마토와 호박을 첨가하였을 때는 온도증가와 CO₂가스 주입시 감소하는 경향을 보였으나 큰 변화는 없었다. CO₂가스 주입량이 증가할수록, 사출구 온도가 감소할수록 밀도가 감소함을 나타내었고, 녹차가루 첨가의 경우 팽화율이 높아질수록 밀도는 낮아지는 역상관 관계를 나타내었다. 이는 녹차를 첨가하였을 경우 팽화율이 증가하고 밀도가 낮아져 그만큼 안에 기공이 많아져서 바삭한 조직감이 높아졌다고 볼 수 있음

표 100. Effects of die temperature and CO₂ gas injection on expansion properties of extruded product with different vegetable

Feed material	Die temperature (°C)	CO ₂ gas injection ¹⁾ (mL/min)	Expansion index	Specific length (m/kg)	Bulk density (g/cm ³)
Green tea	60	0	1.12±0.02	102.25±4.18	1.11±0.38
		150	1.08±0.01	119.61±5.56	0.68±0.05
	80	0	1.03±0.01	112.18±1.96	0.70±0.05
		150	0.90±0.01	159.05±2.31	0.55±0.05
	100	0	1.21±0.09	83.02±1.41	0.71±0.06
		150	1.52±0.02	89.36±2.50	0.46±0.03
Tomato	60	0	1.09±0.01	99.32±0.74	0.79±0.06
		150	1.14±0.02	85.59±1.49	0.83±0.09
	80	0	1.08±0.01	100.21±2.02	0.74±0.05
		150	0.98±0.02	124.82±3.39	0.76±0.04
	100	0	1.02±0.02	100.43±4.51	0.81±0.07
		150	0.91±0.02	142.51±2.13	0.62±0.07
Pumpkin	60	0	1.09±0.01	100.10±0.98	0.82±0.07
		150	1.10±0.03	105.67±1.73	0.70±0.06
	80	0	1.04±0.01	108.12±1.12	0.83±0.08
		150	0.93±0.02	142.46±2.90	0.68±0.06
	100	0	1.10±0.01	91.11±0.64	0.75±0.03
		150	0.94±0.03	127.48±7.69	0.67±0.06

1) CO₂ gas injection pressure at 2.0 Mpa

○ 겉보기 탄성계수와 파괴력은 팽화율, 밀도, 기공구조에 영향을 받으며 압출성형물의 품질을 결정하는 중요한 인자이다. 온도와 CO₂가스 주입량과 야채류에 따른 압출성형물의 기계적 특성은 표 101에 나타내었음

○ 녹차를 첨가한 압출성형물의 경우 사출구 온도가 증가할 때 겉보기 탄성계수와 파괴력 모두 증가하였으며, 같은 온도에서 CO₂ 가스 주입시 파괴력은 감소하였고, 토마토를 첨가한 압출성형물은 사출구 온도와 CO₂ 가스 주입량에 따라 겉보기 탄성계수와 파괴력이 서로 반비례 관계로 나타났으며 호박을 첨가한 압출성형물은 사출구 온도와 CO₂가스 주입량에 따라 겉보기 탄성계수와 파괴력 모두 감소함을 나타내었다. 녹차를 첨가한 압출성형물의 사

출구 온도 60℃에서 겉보기 탄성계수가 1.12E+09, 1.13E+09으로 다른 조건들보다 높게 나타났지만 파괴력은 1.59E+05, 1.50E+05으로 다른 압출성형조건에 비해 낮은 값을 나타내었음

- 기존의 다른 실험에서는 팽화율이 증가하면 파괴력이 감소했다고 하였는데 이와 결과가 다르게 나온 것은 60℃라는 저온의 특성과 녹차가루의 첨가로 인해 다르게 나온 것으로 사료됨

표 101. Effects of die temperature and CO₂ gas injection on mechanical properties of extruded product with different vegetable

Feed material	Die temperature (℃)	CO ₂ gas injection ¹⁾ (mL/min)	Apparent elastic modulus(N/m ²)	Breaking strength(N/m ²)
Green tea	60	0	1.12E+09	1.59E+05
		150 ¹⁾	1.13E+09	1.50E+05
	80	0	1.26E+09	6.05E+05
		150	8.94E+08	2.69E+05
	100	0	8.14E+08	7.94E+05
		150	4.03E+08	4.12E+05
Tomato	60	0	7.64E+08	7.12E+05
		150	6.20E+08	7.96E+05
	80	0	6.39E+08	7.77E+05
		150	7.51E+08	6.01E+05
	100	0	8.20E+08	7.45E+05
		150	8.46E+08	2.91E+05
Pumpkin	60	0	9.41E+08	7.91E+05
		150	9.12E+08	4.49E+05
	80	0	8.43E+08	6.77E+05
		150	8.03E+08	1.98E+05
	100	0	8.00E+08	7.65E+05
		150	7.60E+08	3.11E+05

1) CO₂ gas injection pressure at 2.0 Mpa

- 수분흡착지수와 수분용해지수는 표 102에 나타내었다. 녹차, 토마토, 호박을 첨가한 모든 조건에서 수분용해지수(WSD)는 온도가 증가할수록 그 값은 감소하였으며, CO₂ 가스 주입량이 0 mL/min에서 150 mL/min으로 증가할수록 녹차와 토마토를 첨가한 조건에서 수분용해지수의 값이 증가하였고 호박의 경우는 60℃에서 CO₂ 가스 주입량이 0 mL/min에서 150 mL/min으로 증가할수록 수분용해지수는 증가하였지만 80, 100℃에서는 반대로 감소하였음

- 수분흡착지수(WAD)는 녹차의 경우 온도증가와 CO₂ 가스 주입량이 0 mL/min에서 150 mL/min으로 증가할수록 모두 증가하였고, 토마토는 일정한 경향을 나타내지 않았고, 호박의 경우 온도가 증가할수록 수분흡착지수도 증가하였지만 CO₂ 가스 주입량이 0 mL/min에서 150 mL/min으로 증가하여도 큰 변화가 없었음

表 102. Effects of die temperature and CO₂ gas injection on water absorption and water solubility index of extruded product with different vegetable

Feed material	Die temperature(°C)	CO ₂ gas injection ¹⁾ (ml/min)	WAI ²⁾ (g/g)	WSI ³⁾ (%)
Green tea	60	0	2.22±0.00	23.77±0.04
		150	2.30±0.01	24.03±0.17
	80	0	2.41±0.01	21.08±0.48
		150	2.47±0.01	21.44±0.36
	100	0	3.46±0.07	20.71±0.10
		150	3.63±0.01	21.85±0.42
Tomato	60	0	2.19±0.01	28.33±0.15
		150	2.17±0.01	28.56±0.09
	80	0	2.62±0.02	26.43±0.16
		150	2.57±0.06	26.73±0.17
	100	0	2.39±0.02	24.86±0.04
		150	2.48±0.02	25.54±0.84
Pumpkin	60	0	2.41±0.02	24.37±0.07
		150	2.44±0.01	24.63±0.69
	80	0	2.44±0.01	21.81±0.27
		150	2.29±0.04	20.80±0.37
	100	0	2.67±0.03	21.66±0.14
		150	2.67±0.02	21.51±0.25

1) CO₂ gas injection pressure at 2.0 Mpa 2) Water absorption index 3) Water solubility index

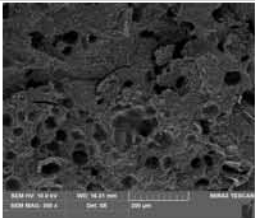
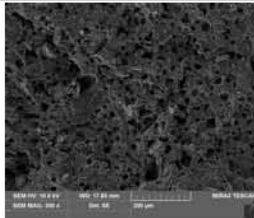
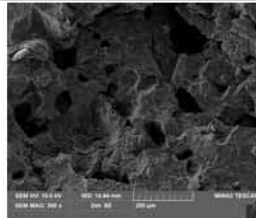
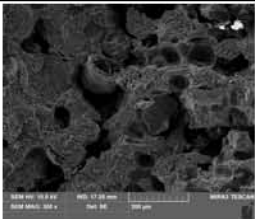
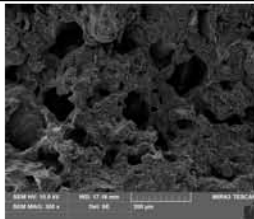
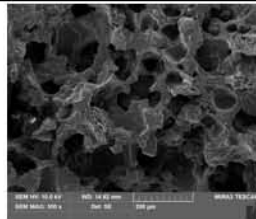
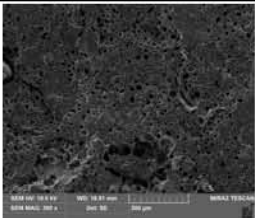
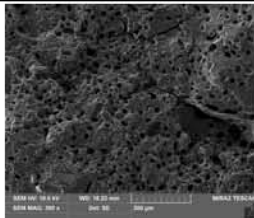
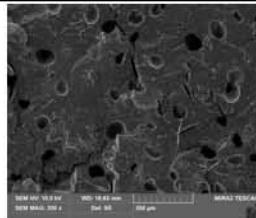
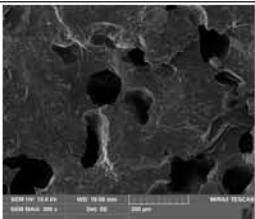
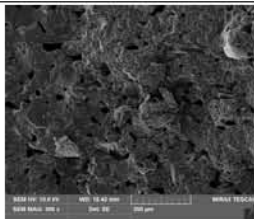
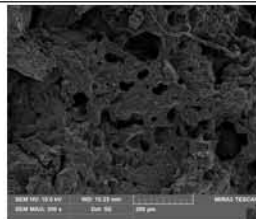
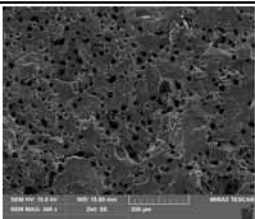
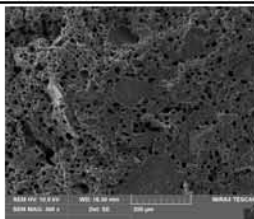
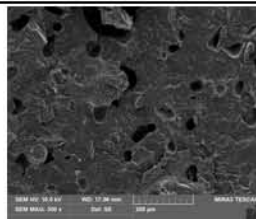
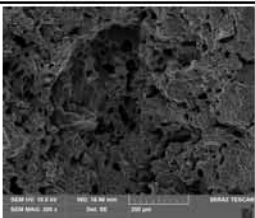
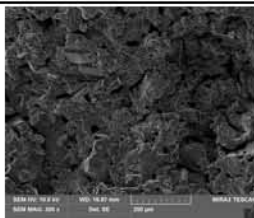
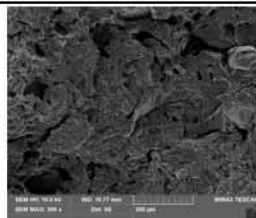
- 색도측정의 값은 표 103에 나타내었으며, 녹차를 첨가한 압출성형물은 온도가 60에서 80℃로 변할 때 명도는 증가하고 100℃에서는 감소하였음
- CO₂ 가스 주입시 60, 80℃에서는 명도가 감소하고 100℃에서는 증가하였다. 적색도는 온도 증가와 함께 증가하였으며, CO₂ 가스 주입시 감소하였고, 황색도의 경우 CO₂ 가스 주입시 증가하였음
- 토마토를 첨가한 압출성형물은 온도증가시 명도는 감소하고, CO₂ 가스 주입시에는 명도가 증가하였다. 적색도와 황색도는 CO₂ 가스 주입시 감소하였음
- 호박을 첨가한 압출성형물은 CO₂ 가스 주입시 명도가 증가하고, 적색도는 감소하였다. 총색도차는 녹차의 경우 온도 증가와 CO₂ 가스 주입시 색도차가 감지할 정도로 증가하였고, 호박의 경우 색차가 거의 없었던 반면에 토마토는 온도 증가와 CO₂ 가스 주입시 모두 색도차이가 극히 심하게 나타났음
- 사출구 온도와 CO₂ 가스 주입량과 야채류에 따른 압출성형물의 기공의 구조를 표 104에 나타낸바와 같이 CO₂ 가스 주입량이 0 mL/min, 사출구 온도 60, 80℃에서는 야채류 모두 기공형성제인 물의 상변화가 일어나지 않아 기공의 수와 크기에 변화가 없었으며, 100℃에서는 미묘하지만 기공이 형성되었음
- 또한 CO₂ 가스 주입량이 0 mL/min에서 150 mL/min으로 증가할수록 기공의 수와 크기가 증가하였는데, 이와 같은 결과는 Jeng 등의 결과에서 CO₂ 가스 주입량이 증가할수록 압출성형물의 단면적에 대한 기공단면적 크기가 증가하였다는 보고와 일치하였음
- 녹차를 첨가한 압출성형물의 경우 토마토와 호박을 첨가한 압출성형물보다 CO₂ 가스 주입에 따른 기공의 수와 크기가 표 103에서 보이는 바와 같이 월등히 커짐을 확인할 수 있었다.

№ 103. Effects of die temperature and CO₂ gas injection on powder color of extruded product with different vegetable and control

Feed material	Die temperature (°C)	CO ₂ gas injection ¹⁾ (ml/min)	Powder color					
			Lightness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)	Color difference		
Green tea	Control ²⁾		68.11	-6.34	24	0		
		60	0	65.82	-6.43	25.84	2.92	
			150	64.58	-6.43	26.15	4.07	
	80	0	68.5	-6.15	24.25	-0.18		
		150	67.08	-6.47	25.8	1.92		
	100	0	63.09	-5.56	25.17	4.57		
		150	65.14	-5.94	26.11	3.53		
	Tomato	Control		78.65	3.22	17.58	0	
			60	0	77.43	6.95	36.23	15.74
				150	77.5	6.69	36.84	16.19
		80	0	77.38	6.54	35.05	14.7	
			150	78.82	4.99	34.01	12.87	
100		0	72.35	10.09	41.22	23.11		
		150	77.97	4.95	35.28	14.37		
Pumpkin		Control		80.59	-2.38	40.99	0	
			60	0	80.67	-2.78	41.61	0.55
				150	81.87	-2.78	40.61	-1.08
		80	0	81.44	-2.54	40.34	1.55	
			150	81.71	-2.62	41.22	-0.21	
	100	0	79.53	-1.68	44.56	3.66		
		150	81.81	-2.59	40.42	-0.98		

1) CO₂ gas injection pressure at 2.0 Mpa 2) Before extrusion raw material









Fig. 104. Scanning electron micrographs of cross section of extruded different vegetable at different die temperature and CO₂ gas injection

Feed material	CO ₂ gas injection ¹⁾ (mL/min)	Die temperature(°C)		
		60	80	100
Green tea	0			
	150 ¹⁾			
Tomato	0			
	150			
Pumpkin	0			
	150			

5. CO₂ 가스 주입과 당 함량에 따른 압출성형물의 특성

- 사출구 온도와 CO₂ 가스 주입량과 야채류에 따른 압출성형물의 기공의 구조를 표 104에 나타낸바와 같이 CO₂ 가스 주입량이 0 mL/min, 사출구 온도 60, 80℃에서는 야채류 모두 기공형성체인 물의 상변화가 일어나지 않아 기공의 수와 크기에 변화가 없었으며, 100℃에서는 미묘하지만 기공이 형성되었음
- 또한 CO₂ 가스 주입량이 0 mL/min에서 150 mL/min으로 증가할수록 기공의 수와 크기가 증가하였는데, 이와 같은 결과는 Jeng 등의 결과에서 CO₂ 가스 주입량이 증가할수록 압출성형물의 단면적에 대한 기공단면적 크기가 증가하였다는 보고와 일치하였음
- 녹차를 첨가한 압출성형물의 경우 토마토와 호박을 첨가한 압출성형물보다 CO₂ 가스 주입에 따른 기공의 수와 크기가 표 104에서 보이는 바와 같이 월등히 커짐을 확인할 수 있었음
- 이전의 실험에서 압출성형물의 채소분 종류와 온도차에 의한 실험 결과에서 CO₂ 가스 주입의 효과를 보기 어려워 당성분이 CO₂ 가스 섞임에 영향을 주는 것으로 판단되어 당 함량에 변화를 주어 압출성형물의 특성 변화를 측정하였음
- 압출성형에 사용된 재료는 (주)이룸에서 각각 제공받아서 알파현미 : 현미분말 : 채소분(당근, 호박, 케일, 신선초의 동량 혼합물) : 팔라티노스 + 올리고당 = 25 : 50 : 9 : (0, 5, 10, 15)의 비율로 직접 배합을 하였으며 수분을 15%로 조절하였다.
- 압출성형은 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery, Incheon, Korea)를 사용하였으며 수분함량은 펌프를 사용하여 원료 사입구에 직접 주입하였 사용하였음
- 사출구는 원형으로 3 mm인 것을 사용하였으며, CO₂ 가스주입은 일정한 압력(2.0 MPa)에서 0, 150 mL/min로 조절하였으며, 수분함량은 29%, 사출구 온도 60℃, 스크류 회전속도는 100 rpm, 원료 사입량은 100 g/min으로 고정하였고, 제조된 압출성형물은 50℃에서 8시간 건조하여 팽화율과 비길이, 겉보기 탄성계수와 파괴력을 측정하였음
- 원형 사출구를 사용하여 당함량에 변화를 주어 만든 압출성형물은 표 105에 나타내었음
- 지난 실험에 채소분 종류의 변화와 온도 변화에 따른 실험 결과를 반영하여 팽화율에 영향을 줄 것으로 생각되는 당함량에 변화를 주어 압출성형을 하였으며, 표 105에서 보이는 것과 같이 육안으로는 당함량과 CO₂ 가스 주입에 따라 큰 변화를 보이지 않았다. 따라서 다음 실험에서는 CO₂ 가스 주입량을 늘려 변화를 확인하도록 계획하였음

표 105. Appearance of extrudates at different extrusion conditions

Material ¹⁾	CO ₂ gas injection ²⁾ (ml/min)	
	0	150
0		
5		
10		
15		

1)Palatinose + oligosaccharides 2) CO₂ gas injection pressure 2.0 Mpa

- 비기계적 에너지 투입량은 표 10에 나타내었다. 표 10에서 비기계적 에너지 투입량은 당함량 0%에 CO₂ 가스 투입량 150 ml/min 일 때 288.20 kJ/kg으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 당함량 15%, CO₂ 가스 투입량 0 ml/min 일 때 165.89 kJ/kg으로 가장 낮은 값을 나타내었음
- 표 106에 나타난 것과 같이 당함량이 증가할수록 비기계적 에너지 투입량은 감소하였는데 이는 당함량의 증가로 인해 용융물의 점도가 감소하여 비기계적 에너지 투입량이 감소한 것으로 사료되고, CO₂ 가스 투입량은 비기계적 에너지 투입량에 미치는 영향이 없었음

표 106. Effects of CO₂ gas injection on specific mechanical energy input of extruded product with different material

Material ¹⁾	CO ₂ gas injection ²⁾ (ml/min)	SME input (kJ/kg)
0	0	268.79±3.39
	150	288.20±4.63
5	0	250.43±0.03
	150	245.75±0.50
10	0	173.75±4.85
	150	170.76±6.71
15	0	165.89±5.54
	150	166.50±0.16

1)Palatinose + oligosaccharides 2) CO₂ gas injection pressure 2.0 Mpa

- 압출성형 공정에서 당함량과 CO₂ 가스 주입이 직경 팽화율과 비길이에 미치는 영향을 표 107에 나타내었음
- 표 107에서 당함량 0%, CO₂ 가스 투입량 150 ml/min 일 때 1.24로 가장 높은 팽화율을 나타내었고, 당함량 15%, CO₂ 가스 투입량 150 ml/min 일 때 1.02로 가장 낮은 값을 나타내었음
- 전체적으로 당함량이 증가할수록 팽화율이 낮아지는 것으로 나타나고 있는데, 이것으로 당함량이 팽화율에 미치는 부정적인 영향을 준다고 사료됨
- 표 107에서 나타낸 비길이는 당함량 15% CO₂ 가스 투입량 150 ml/min 일 때 130.51 m/kg으로 가장 큰 값을 나타내었고, 당함량 0%, CO₂ 가스 투입량 0 ml/min 일 때 89.82 m/kg으로 가장 낮은 값을 나타냈음
- 전체적으로 당함량과 CO₂ 가스 투입량 증가와 함께 비길이가 증가하는 것으로 나타나고 있다. 이는 당함량과 CO₂ 가스 투입량이 증가할수록 용융물의 점도가 감소하여 사출구를 통과 할 때 평균 유속이 증가하여 비길이가 증가한다고 보고된 연구결과와 일치하는 결과를 얻었음

표 107. Effects of CO₂ gas injection on expansion properties of extruded product with different material

Material ¹⁾	CO ₂ gas injection ²⁾ (ml/min)	Expansion index	Specific length (m/kg)
0	0	1.11±0.02	89.82±0.97
	150	1.24±0.02	99.82±2.28
5	0	1.15±0.01	92.37±2.39
	150	1.14±0.01	105.42±2.34
10	0	1.11±0.01	94.34±0.57
	150	1.11±0.03	104.90±1.87
15	0	1.04±0.02	106.42±1.43
	150	1.02±0.03	130.51±4.13

1)Palatinose + oligosaccharides 2) CO₂ gas injection pressure 2.0 Mpa

- 압출성형물의 겉보기 탄성계수와 파괴력은 표 108에 나타났다. 겉보기 탄성계수는 압출성형물의 단단한 정도를 나타내며, 비겉이와 압출성형 기공의 강도가 겉보기 탄성계수에 영향을 미친기 때문에 이 부분을 분석을 실시하였음
- 또한 낮은 겉보기 탄성계수는 압출성형물의 바삭거리는 조직감을 증가시키며, 겉보기 탄성계수는 당함량 0% CO₂ 가스 투입량 150 ml/min 일 때와 당함량 10%, CO₂ 가스 투입량 0 ml/min 일 때 낮은 값을 나타내었으며, 당함량이 적을수록 CO₂ 가스 투입하였을 때 겉보기 탄성계수가 낮아짐을 보였음
- 파괴력은 CO₂ 가스 투입량과 당함량 변화에 따라 패턴이 일정하지 않았지만 당함량이 증가할수록 CO₂ 가스 투입량에 영향을 주는 것을 나타내었는데, 이는 당함량이 겉보기 탄성계수와 파괴력에 영향을 주는 것으로 보이며, 생식으로 후레이크를 만들 시 당함량을 줄이는 방법을 선택해야한다고 사료됨

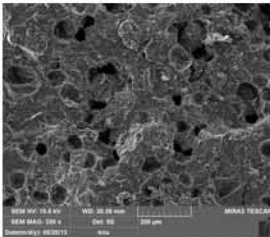
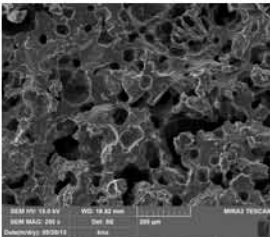
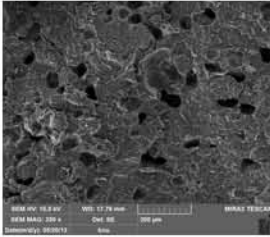
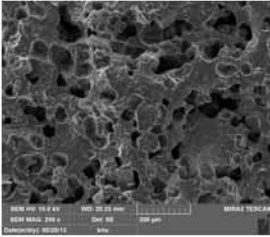
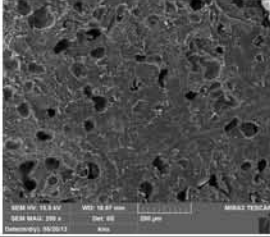
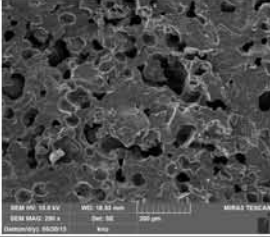
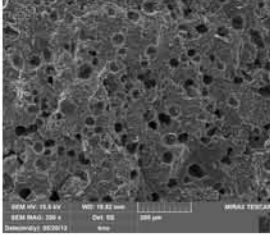
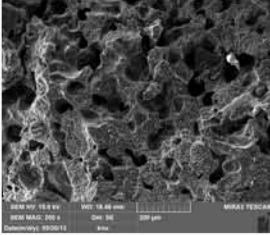
표 108. Effects of CO₂ gas injection on mechanical properties of extruded product with different material

Material ¹⁾	CO ₂ gas injection ²⁾ (ml/min)	Apparent elastic modulus (N/m ²)	Breaking strength (N/m ²)
0	0	1.90E+09	1.03E+05
	150	1.15E+09	9.77E+04
5	0	1.28E+09	1.27E+04
	150	1.20E+09	3.64E+04
10	0	1.06E+09	1.33E+04
	150	1.34E+09	1.79E+04
15	0	1.12E+09	2.46E+04
	150	1.37E+09	1.25E+04

1)Palatinose + oligosaccharides 2) CO₂ gas injection pressure 2.0 Mpa

○ 표 109는 당함량과 CO₂ 가스 투입량에 변화를 주어 만든 압출성형물의 미세구조를 나타낸 것이며, CO₂ 가스 투입하지 않고 당함량만으로 비교해 보았을 때 당함량이 증가할수록 바삭한 조직감의 지표로 삼을 수 있는 기공의 수와 크기가 적어짐을 나타내었고, CO₂ 가스 투입시 당함량이 0% 일때와 5~15%로 증가한 것을 비교해 보아도 그 기공의 수가 차이가 남을 볼 수 있었는데, 이는 당성분이 기공의 형성과 CO₂ 가스 효과에 나쁜 영향을 미친다고 사료됨

표 109. Scanning electron micrographs of cross section of extruded different material at different CO₂ gas injection

Material ¹⁾	CO ₂ gas injection ²⁾ (ml/min)	
	0	150
0		
5		
10		
15		













1)Palatinose + oligosaccharides 2) CO₂ gas injection pressure 2.0 Mpa

6. CO₂ 가스 주입과 당 함량에 따른 압출성형물의 특성 II

- 이전의 실험에서 압출성형물의 CO₂ 가스가 원활하게 원료와 혼합되지 않은 것으로 보여 CO₂ 가스 주입량 증가와 당함량에 변화를 주어 압출성형물의 특성 변화를 측정하였음
- 압출성형에 사용된 재료는 (주)이룸에서 각각 제공받아 이전 실험과 같이 알파현미 : 현미분말 : 채소분 : 팔라티노스 + 올리고당 = 25 : 50 : 9 : (0, 7, 14)로 당함량만 변화를 주어 직접 배합하였으며, 수분은 15%로 조절하여 사용 하였음
- 압출성형은 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery, Incheon, Korea)를 사용하였으며 수분함량은 펌프를 사용하여 원료 사입구에 직접 주입하여 사용하였음

- 사출구는 원형으로 3 mm인 것을 사용하였으며, CO₂ 가스주입은 일정한 압력(2.0 MPa)에서 0, 150, 300, 450 mL/min로 조절하였으며, 수분함량은 29%, 사출구 온도 60℃, 스크류 회전속도는 100 rpm, 원료 사입량은 100 g/min으로 고정하였다. 제조된 압출성형물은 50℃에서 8시간 건조하여 팽화율과 비길이, 겉보기 탄성계수와 파괴력을 측정하였음
- 원형 사출구를 사용하여 당함량과 CO₂ 가스 주입량에 변화를 주어 만든 압출성형물은 표 14에 나타내었고, 지난 실험에 당함량과 CO₂ 가스 주입에 따른 실험 결과에 따라 CO₂ 가스 주입량을 좀 더 늘려 보고자 하여 압출성형을 하였음
- 표 110에 나타난 그림과 같이 압출성형물을 제조하였으며, 당함량이 0% 일 때 CO₂ 가스 주입량이 증가할수록 바삭한 조직감이 좋아짐을 보였으나 육안으로 보이는 크기의 차이는 크지 않았다. 단 당함량이 7~14%로 증가할수록 단단함은 강해졌음

표 110. Appearance of extrudates at different extrusion conditions

Material ¹⁾	CO ₂ gas injection ²⁾ (ml/min)			
	0	150	300	450
0				
7				
14				

- 비기계적 에너지 투입량은 표 15에 나타내었다. 표 15에서 비기계적 에너지 투입량은 당함량 0%에 CO₂ 가스 투입량 150 ml/min 일 때 299.86 kJ/kg으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 당함량 14%, CO₂ 가스 투입량 0 ml/min 일 때 166.38 kJ/kg으로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 표 111에 나타난 것과 같이 당함량이 증가할수록 비기계적 에너지 투입량은 감소하였는데 이와 같은 값은 지난 실험에서와 비슷한 경향을 나타내며 당함량의 증가로 인해 용융물의 점도가 감소하여 비기계적 에너지 투입량이 감소한다는 결과를 뒷받침해주는 결과가 되었음

표 111. Effects of CO₂ gas injection on specific mechanical energy input of extruded product with different material

Material ¹⁾	CO ₂ gas injection ²⁾ (ml/min)	SME input (kJ/kg)
0	0	289.30±1.97
	150	299.86±0.12
	300	283.53±4.00
	450	287.33±3.61
7	0	192.15±3.24
	150	177.74±2.50
	300	181.23±1.54
	450	187.56±3.30
14	0	166.38±0.98
	150	174.88±0.83
	300	167.17±3.77
	450	179.00±1.51

1)Palatinose + oligosaccharides 2) CO₂ gas injection pressure 2.0 Mpa

- 압출성형 공정에서 당함량과 CO₂ 가스 투입량이 직경 팽화율과 비길이에 미치는 영향을 표 112에 나타내었는데, 표 112에서 당함량 0%, CO₂ 가스 투입량 450 ml/min 일 때 1.3으로 가장 높은 팽화율을 나타내었고, 당함량 0%, CO₂ 가스 투입량 0 ml/min 일 때 1.03로 가장 낮은 값을 나타내었음
- 전체적으로 당함량이 증가할 때 CO₂ 가스 투입량에 상관없이 변화가 없었으나 당함량 0%에서는 CO₂ 가스 투입량이 증가할수록 증가되는 것을 볼 수 있었고, 이는 지난 실험과 같이 당함량이 팽화율에 부정적인 영향을 준다는 사실에 근거를 보여준다고 사료됨
- 표 112에서 나타낸 비길이는 당함량 14% CO₂ 가스 투입량 300 ml/min 일 때 122.18 m/kg으로 가장 큰 값을 나타내었고, 당함량 0%, CO₂ 가스 투입량 450 ml/min 일 때 86.06 m/kg으로 가장 낮은 값을 나타냈으며, 전체적으로 당함량과 CO₂ 가스 투입량 증가와 함께 비길이가 증가하는 것으로 나타나고 있음
- 이러한 현상은 당함량과 CO₂ 가스 투입량이 증가할수록 용융물의 점도가 감소하여 사출구를 통과 할 때 평균 유속이 증가하여 비길이가 증가한다고 보고된 연구결과와 일치하는 결과를 얻었음

표 112. Effects of CO₂ gas injection on expansion properties of extruded product with different material

Material ¹⁾	CO ₂ gas injection ²⁾ (ml/min)	Expansion index	Specific length (m/kg)
0	0	1.03±0.02	94.88±1.17
	150	1.28±0.02	92.96±1.59
	300	1.25±0.02	97.68±3.59
	450	1.3±0.03	86.06±0.72
7	0	1.07±0.02	93.24±2.22
	150	1.09±0.02	104.75±2.65
	300	1.07±0.03	106.56±5.19
	450	1.08±0.02	101.69±1.20
14	0	1.08±0.03	99.01±3.10
	150	1.05±0.04	116.36±3.61
	300	1.06±0.04	122.18±6.7
	450	1.09±0.04	109.68±1.93

1)Palatinose + oligosaccharides 2) CO₂ gas injection pressure 2.0 Mpa

- 당함량과 CO₂ 가스 투입량에 따른 압출성형물의 겉보기 탄성계수와 파괴력은 표 113에 나타내었으며, 파괴력은 압출성형물의 단단한 정도를 나타내며, 비길기와 압출성형 기공의 강도가 겉보기 탄성계수에 영향을 미치고 있으며, 또한 낮은 겉보기 탄성계수는 압출성형물의 바삭거리는 조직감을 증가시키며, 씹힘성은 파괴력의 높고 낮음으로 그 정도를 알 수 있음
- 겉보기 탄성계수는 당함량 0% CO₂ 가스 투입량 300, 450 ml/min 일 때 낮은 값을 나타내었으며, 당함량이 증가할수록 CO₂ 가스 투입하였을 때 겉보기 탄성계수가 높아짐을 나타냈으나, 파괴력은 당함량 증가에 따라 그 값이 낮아졌지만 CO₂ 가스 투입량에 따른 영향은 나타나지 않았는데, 이는 지난 실험과 비교했을 때 패턴이 다른 현상이 나와 한번 추가적 연구 필요가 있다고 보고 있음

표 113. Effects of CO₂ gas injection on mechanical properties of extruded product with different material

Material ¹⁾	CO ₂ gas injection ²⁾ (ml/min)	Apparent elastic modulus (N/m ²)	Breaking strength (N/m ²)
0	0	2.40E+09	8.43E+04
	150	1.25E+09	1.11E+05
	300	1.13E+09	8.43E+04
	450	1.18E+09	8.15E+04
7	0	1.36E+09	1.33E+04
	150	1.36E+09	2.01E+04
	300	1.36E+09	1.37E+04
	450	1.49E+09	1.29E+04
14	0	1.36E+09	1.22E+04
	150	1.94E+09	1.14E+04
	300	1.50E+09	1.05E+04
	450	1.56E+09	1.15E+04

1)Palatinose + oligosaccharides 2) CO₂ gas injection pressure 2.0 Mpa

- 표 114는 당함량과 CO₂ 가스 투입량에 변화를 주어 만든 압출성형물의 미세구조를 나타낸 것이며, CO₂ 가스 투입하지 않고 당함량만으로 비교해 보았을 때 당함량이 변화여도 기공의 크기와 개수는 크게 변화가 없었음
- 하지만 CO₂ 가스 투입량에 따른 비교에서는 당함량 0%일 때 CO₂ 가스 투입량 증가와 함께 기공의 수와 크기가 커진 것을 확인할 수 있었으며, 다른 당함량에서는 CO₂ 가스 투입량에 따른 변화가 크지 않았는데, 이는 바삭함의 지표가 되는 기공의 수와 크기가 당함량 0%에서 CO₂ 가스 투입량의 증가와 함께 늘어남을 볼 수 있는데, 이는 당함량이 기공에 영향을 미치는 영향을 나타내고 있다. 이는 당성분이 기공의 형성과 CO₂ 가스 효과에 나쁜 영향을 미친다고 사료됨

표 114. Scanning electron micrographs of cross section of extruded different material at different CO₂ gas injection.

Material ¹⁾	CO ₂ gas injection ²⁾ (ml/min)			
	0	150	300	450
0				
7				
14				

1) Palatinose + oligosaccharides 2) CO₂ gas injection pressure 2.0 Mpa

- 상기의 연구결과에서 생식 규격이 가능한 저온 압출 성형을 이용한 플레이크 제형 개발 연구를 통해서 당의 함량이 높을수록 저온압출성형 된 압출물의 플레이크로서의 물성이 좋지 않은 영향을 끼치는 것으로 판단되며, 야채종에 따른 물성의 변화를 관찰한 결과 호박, 토마토와 같이 당함량이 높은 야채종에서 물성의 변화 및 팽화율 감소에 따른 저작감의 약화가 예상되어 채소분에서 당함류가 높을 것으로 예상되는 원료를 제외하도록 함
- 특히, 토마토, 호박 등에서 가공공정상에서 색상의 변화가 동반되는 반면 녹차잎 등에서는 그 변화가 크지 않아 특색 계열의 열채류의 함유량을 상승시킬 필요가 있음
- 또한, 생식의 감미를 위해서 첨가하였던 당류는 첨가량에 따라서 저작감 및 물성이 좋지 않은 방향으로 나타나는 것을 확인하여 실제 생산시에는 당류를 사용하지 않도록 배합비를 개발하였으며, 공정 변수를 최소화하기 위하여 배합비는 곡류 및 열채류에 대해서 단순한 배합비를 개발하여 플레이크 저온 압출 성형 조건을 최적화 하고자 하였으며, 배합비는 표 115와 같음

표 115 생식 규격의 플레이크 제형 가공을 위한 배합비 설정

원료명	배합예상비율	배합사유
알파현미	20~55%	호화전분으로서 저온 압출성형에서 조직을 형성하게 하고자 함
동결건조 현미/곡류 복합물	50~70%	식품 규격상 60℃이하 가공원료가 50%이상 함유되어야 하기 때문에 주원료로서 동결건조 곡류를 사용하고자 함 (조성비 : 동결건조 현미 93%, 기장 2%, 보리 2%, 울무 1%, 찹살현미 1%, 흑미 1% 조성)
야채분	5%	당류의 함량이 낮은 엽채류 위주의 원료로부터 선별하여 공정 가공성을 향상시키고자 함 (조성비 케일 50%, 신선초 30%, 호박 10%, 당근 10%)
당류/.기능성원료	미사용	플레이크 가공 공정이 종료된 후 코팅 등의 형식으로 후첨가형태로 하며, 우유, 두유 등의 플레이크의 섭취 방식과 관능적으로 우수한 당류를 선택하고자 하며, 건강 컨셉 상 설탕 등을 이용하지 않을 예정임

7. 예비호화 현미분 함량과 CO2 가스 주입량에 따른 생식 조성물 압출성형물의 물리적 특성 변화

○ 압출성형물 제조를 위한 원료인 알파현미분, 동결건조 곡류혼합분(이하 동결건조 분말), 채소분(당근, 호박, 케일, 신선초, 이하 채소분)은 (주)이름에서 제공받아 사용하였다. 채소분은 당근, 호박, 케일, 신선초를 표 115의 배합비율로 혼합하여 5%로 고정하였고, 알파현미분과 동결건조 분말은 0/95, 30/65, 50/45%로 배합하여 사용하였으며, 생식 규격에 필요한 비가열 건조 원료의 함량이 최소한 50%가 넘도록 조정하였고, 영양성분 및 호화도를 측정하였음

○ 상기의 3종 조성물에 대한 기본 구성비 및 성분 분석 결과는 다음의 표

표 116. 플레이크 저온 압출 성형을 위한 조성비의 설정 및 영양 성분 분석

항목 (%)	0/95	30/65	50/45
알파현미	0	30	50
동결건조 곡류분	95	65	45
동결건조 야채분	5	5	5
생식함유율	100	70	50
수분	13.2	13.2	13.3
회분	1.2	1.2	1.2
조지방	1.6	1.4	1.3
조단백	6.04	6.04	6.0
호화도	17.63	34.98	63.63

○ 압출성형물 제조는 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Inchon Machinery, Inchon, Korea)를 사용하였다. 스크루 직경은 3.0 cm이며 길이와 직경비 (L/D ratio)는 23:1이었고 사출구는 원형으로 직경이 3 mm인 것을 사용하였으며, 스크루 배열은 그림 36과 같은 것을 사용하였음

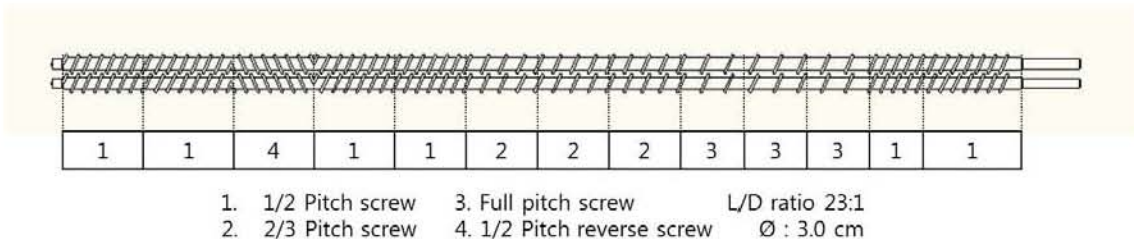


그림 36.. Screw configuration used in brown rice-vegetable extrudate(Model THK 31T).

- 압출성형 원료의 수분함량은 펌프를 사용해 원료사입구에 직접 주입하여 30%로 고정하였고, 스크루 회전속도 100 rpm, 원료 사입량 100 g/min, 사출구 온도 60°C로 고정하였으며, CO₂ 가스 주입은 0, 300, 600, 800 mL/min으로 각각 조절하였고, 제조된 압출성형물은 50°C에서 8시간 건조하여 팽화율, 비길이, 겉보기탄성계수와 파괴력, 밀도를 측정하였고, Micro Hammer-cutter Mill(Type 3, Culatti AG Co., Zurich, Switzerland)을 사용하여 0.5 mm이하로 분쇄한 시료를 사용하였음
- 팽화율 및 비기계적에너지 투입량, 수분용해지수 및 수분흡착지수등은 상기에서 기술된 방법을 사용하여 측정하였으며, 체적밀도는 압출성형 후레이크의 체적밀도는 차조를 이용한 종자 치환법으로 총 10회 반복하여 식(1)를 이용하여 평균값을 계산하였음

$$\rho_e = \frac{M}{M + M_0 - M_1} \times \rho_m \quad (4)$$

ρ_e : Bulk density of extrudate

ρ_m : Bulk density of waxy millet

M : Mass of waxy millet in 125 mL cup

M_0 : Mass of extrudate

M_1 : Mass of extrudate and waxy millet in 125 mL cup

- 압출성형물의 겉보기탄성계수와 파괴력은 Sun Rheometer(Compac-100II, Sun Sci. Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 10회 측정하여 평균값을 산출하였으며, 측정조건은 probe angle type(65°), 최대응력 10 kg, 지지대 이동속도 60 mm/min, 지지대간의 거리 3 cm이었고, 측정치를 겉보기탄성계수(E_{app})와 파괴력(F_{bs})을 각각 식(2)와 식(3)으로 계산하였음

$$E_{app} = \left(\frac{dF}{dl} \right) \left(\frac{64d^3}{48\pi D^4} \right) \quad (2)$$

E_{app} : Apparent elastic modulus (N/m²)

dF/dl : Slope of the linear section of the force-distance curve (N/m)

D : Diameter of extrudate (m)

d : Distance between two supports (m)

$$F_{bs} = \frac{F_s}{S} \quad (3)$$

F_{bs} : Breaking strength (N/m²)

F_s : Maximum stress of extrudate (N)

S : Cross-sectional area (m²)

- 예비호화 현미분 함량과 CO₂ 가스 주입량에 따른 현미-야채류 압출성형물의 호화도 측정은 Nelson의 방법을 응용하여 효소반응 동안 방출된 환원당을 측정하여 분석하였는데 그림 37에 그 방법을 도식화하였으며, 그 결과를 식(4)의 계산식으로 호화도를 계산하였다.

$$G(\%) = \frac{(A - a)}{(A' - a)} \times 100 \quad (4)$$

G : Degree of gelatinization

A : Reducing sugars amount of sample hydrolyzed by enzyme

A' : Reducing sugars amount of NaOH-treated sample hydrolyzed by enzyme
(100% gelatinization)

a : Blank

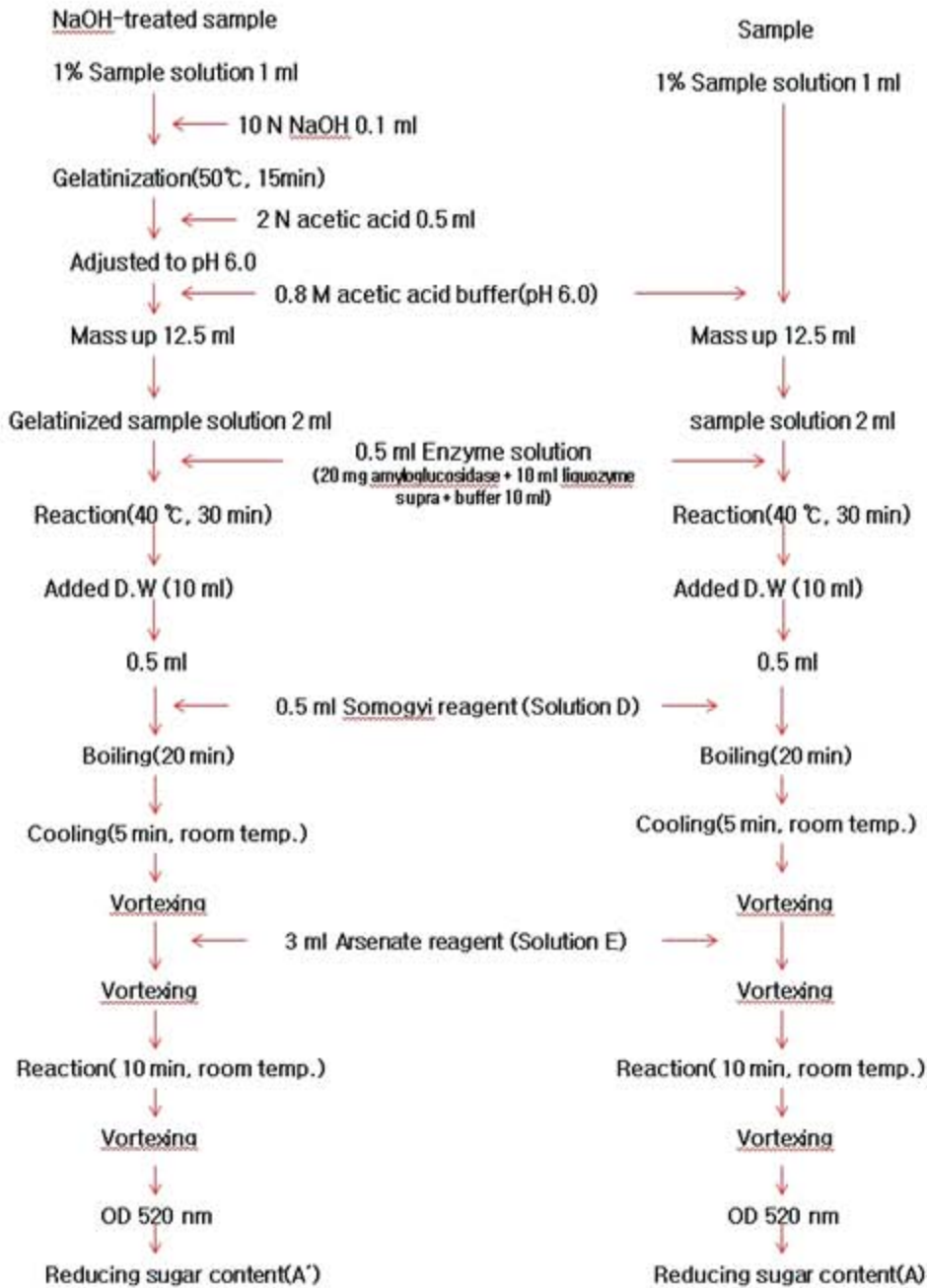


그림 37. The method for determination of gelatinization degree.

- 곡류 원료중 알파화를 통하여 호화도가 높은 알파현미분의 함량의 증가는 호화도가 낮은 동결건조 곡류분의 함량이 증가하는 것이며, 이에 따른 CO₂ 가스 주입량에 따른 생식 압출 성형물의 비기계적 에너지 투입량은 표 117과 같이 나타났음
- 비기계적에너지 투입량은 동결건조 곡류분 함량이 95%(알파현미 0%, 야채혼합분 5%)일 때, CO₂ 가스 주입량 150 mL/min에서 279.05 kJ/kg으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 알파현미분 함량이 30%일 때, CO₂ 가스 주입량 0 mL/min에서 164.55 kJ/kg으로 가장 낮은 값을 나타내었음
- 이후 동결건조 곡류분의 감소와 알파현미분 함량이 증가할수록 비기계적 에너지 투입량은 모두 감소하였으며, CO₂ 가스 주입에 따른 영향은 보이지 않았는데, 이는 100℃ 이상의 재래식 압출성형공정으로 밀가루와 옥수수를 압출성형 하였을 때 사출구 온도가 증가하면 반죽의 점도가 감소하여 비기계적에너지 투입량이 감소하였던 결과와 비교할 때 본 실험결과 동결건조분 현미 함량의 감소에 따른 비기계적 에너지 투입량이 감소는 100℃ 이상의 재래식 압출성형공정에서 전분이 호화가 증가와 함께 반죽의 점도가 감소하는 것과 같이 내부 용융물의 점도가 감소하여 60℃에서도 비기계적 에너지 투입량이 감소된다고 판단됨

표 117. Effects of different α -brown rice ratio and CO₂ gas injection on specific mechanical energy(SME) input and mechanical properties of extruded freeze-dried cereal- vegetable mix¹⁾

Feed material ²⁾ (%)	CO ₂ gas injection (ml/min)	SME input (kJ/kg)	Apparent elastic modulus (N/m ²)	Breaking strength (N/m ²)
0/95/5	0	272.26±0.06 _a	1.43×10 ¹⁰ a	3.36×10 ⁵ cd
	300	279.05±2.00 _a	6.63×10 ⁹ bc	3.15×10 ⁵ cde
	600	260.93±0.03 _b	5.55×10 ⁹ c	3.72×10 ⁵ c
	800	267.58±4.51 _b	5.97×10 ⁹ c	3.44×10 ⁵ cd
30/65/5	0	164.55±0.42 _e	7.51×10 ⁹ b	1.97×10 ⁵ e
	300	168.91±0.96 _{de}	6.73×10 ⁹ bc	1.03×10 ⁶ a
	600	215.92±0.37 _c	5.98×10 ⁹ c	8.48×10 ⁵ b
	800	171.25±2.16 _{de}	5.64×10 ⁹ c	2.23×10 ⁵ de
50/45/5	0	178.61±0.92 _d	7.57×10 ⁸ d	2.75×10 ⁴ f
	300	168.31±0.23 _{de}	5.20×10 ⁸ d	1.04×10 ⁵ f
	600	174.98±0.53 _{de}	6.43×10 ⁸ d	2.88×10 ⁴ f
	800	169.49±1.96 _{de}	1.21×10 ⁹ d	3.63×10 ⁴ f

¹⁾Values with in the same column with different letters are significantly different at $P < 0.05$.

²⁾ α -brown rice/brown rice(FD)/vegetable mix(FD) ratio.

- 호화도가 높은 알파현미와 호화도가 낮은 동결건조 곡류분의 비율에 따른 압출성형물의 팽화율은 직경팽화지수와 길이팽화지수(비길이) 두가지의 기준에 의해 측정하였으며, 알파현미분 함량과 CO₂ 가스 주입량에 따른 생식 조성물 압출성형물의 팽화 특성은 그림 38과 같이 나타났음
- 직경 팽화율은 동결건조 현미분 45%, CO₂ 가스 주입량 150 mL/min일 때 1.44로 가장 높았으며, 동결건조 현미분 45%, CO₂ 가스 주입량 800 mL/min일 때 0.92로 가장 낮은 값을 나타내었고, 동결건조현미분 45%에서 CO₂ 가스 주입량이 0에서 300 mL/min으로 증가하였을 때 직경 팽화율은 증가되었으며, CO₂ 가스 주입량 600과 800 mL/min으로 증가될 때 직경 팽화율은 감소되었음
- 동결건조 곡류분 65%에서는 CO₂ 가스 주입량이 600 mL/min까지 직경 팽화율이 증가되었으나 CO₂ 가스 주입량 800 mL/min으로 증가할 때 감소되었던 반면에 동결건조 곡류분 95%일 때는 CO₂ 가스 주입량이 0에서 800 mL/min으로 증가할수록 직경 팽화율이 증가되었음
- 이러한 결과는 호화도가 높은 알파현미분의 증가로 인해 내부 용융물의 점도가 낮아져 CO₂ 가스 주입량이 증가될수록 압출성형물의 내부의 기공이 붕괴와 수축율이 증가하여 직경 팽화율이 감소한 것으로 판단됨
- 비길이는 동결건조 곡류분말 45%, CO₂ 가스 주입량 800 mL/min일 때 103.63 m/kg으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 동결건조 곡류분말 45%, CO₂ 가스 주입량 0 mL/min일 때 72.04 m/kg으로 가장 낮은 값을 나타내었음
- 기존의 곡류의 압출팽화 연구를 살펴 볼 때 옥수수가루와 유제품 분말을 원료로 CO₂ 가스 주입 압출성형 하였을 때 주입압력이 증가함에 따라 팽화율과 비길이는 증가하는 경향을 보였으며, 이는 CO₂ 가스 주입량이 증가함에 따라 원료 용융물의 점도가 감소하여 용융물이 사출구로 사출되는 순간 유속이 증가하여 CO₂ 가스를 주입하지 않을 때보다 비길이가 증가한다는 보고와 일치하였음
- 직경 팽화율이 증가하면 비길이는 감소하였는데, 이는 밀과 옥수수가루를 이용한 130℃ 이상의 재래식 압출성형공정에서 직경 팽화율이 증가하면 비길이는 감소하는 음의 상관관계를 갖는다는 기존의 보고와 유사한 결과 였음
- 체적밀도는 동결건조현미분말 95%, CO₂ 가스 주입량 800 mL/min으로 주입한 압출성형물이 0.61 g/cm³으로 가장 낮았으며, 동결건조현미분말 45%, CO₂ 가스 주입량 0 mL/min일 때 0.97 g/cm³으로 가장 높았으며, 알파현미분 함량에 따른 압출성형물의 체적밀도는 직경 팽화율과 연관성을 나타내었음
- 직경 팽화율이 증가하면 체적밀도는 감소하였으며, 반대로 감소하면 체적밀도는 증가되었

다. 전체적으로 CO₂ 가스가 주입되면 체적밀도는 감소되었다. 또한 Jeong 등의 CO₂ 가스 주입량이 증가함에 따라 밀도가 감소한 보고와 일치함

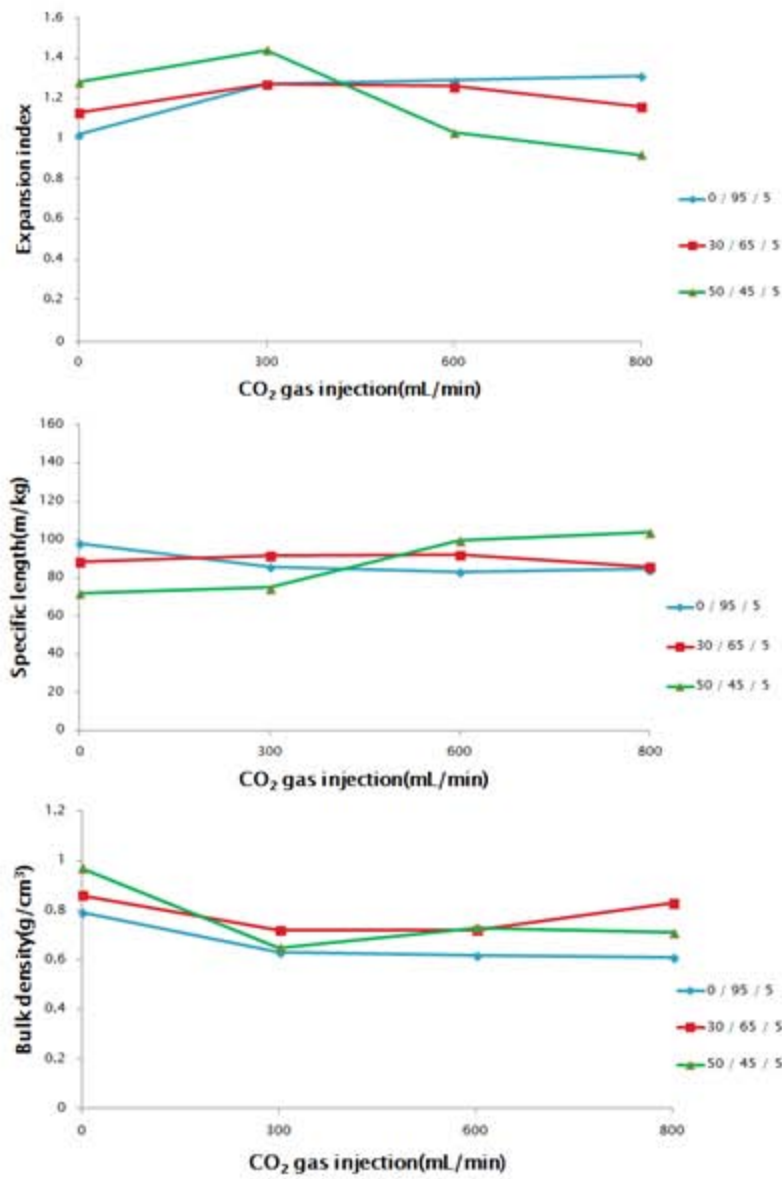


그림 38. Effects of different freeze-dried brown rice ratio(95, 65, 45%) and CO₂ gas injection on expansion properties of extruded saengshik pre-mix.

- 동결건조 곡류분 함량과 CO₂ 가스 주입량에 따른 생식 조성물의 압출성형물의 기계적 특성은 표 118과 같이 나타났음
- 팽화지수, 밀도, 기공구조로 인해 영향을 받으며 압출성형물의 품질을 결정하는 중요한 인자인 겔보기 탄성계수는 동결건조 곡류분 45%, CO₂ 가스 주입량 300 mL/min일 때 5.20×10^8 N/m² 으로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 동결건조 곡류분 95%, CO₂ 가스 주입량 0 mL/min일 때 1.43×10^{10} N/m² 으로 가장 높은 값을 나타내었음
- 파괴력은 동결건조 곡류분 45%, CO₂ 가스 주입량 0 mL/min일 때 2.75×10^4 N/m² 으로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 동결건조 곡류분 95%, CO₂ 가스 주입량 600 mL/min일 때 3.72×10^5 N/m² 으로 가장 높은 값을 나타내었음
- 동결건조 곡류분말이 감소할수록 겔보기 탄성계수와 파괴력 모두 감소하였으며, 겔보기 탄성계수는 CO₂ 가스를 주입하지 않을 때보다 주입하였을 때 결과가 감소하였으나, 파괴력에 대한 CO₂ 가스 주입에 따른 영향은 없었다.
- 옥수수전분을 사용하여 배럴온도 110~200℃의 재래식 압출성형공정을 이용한 Chinnaswamy 등은 팽화율이 증가하면 파괴력이 감소했다고 하였는데 이는 재래식 압출성형공정과 다르게 60℃의 압출성형공정에서는 물의 상변화로 인한 기공이 형성되지 않아 파괴력이 증가 되었다고 판단됨
- 동결건조 곡류분 함량과 CO₂ 가스 주입량에 따른 생식 조성물 압출성형물의 수분흡착지수(WAI)와 수분용해지수(WSI)는 표 116과 같이 나타났으며, 동결건조 곡류분 95%를 첨가한 압출성형 처리구의 수분흡착지수와 수분용해지수가 무 처리구에 비해 증가하였으나 동결건조 곡류분말 65%, 45%를 첨가한 경우 압출성형 처리구의 수분용해지수가 무 처리구에 비해 감소하였음
- 이러한 결과는 배럴 내부의 예비호화 현미분의 함량이 0%인 경우 점도가 높아져 체류시간이 길어지고 강한 전단력을 받아 전분의 사슬이 절단되어 수분용해지수가 증가된 것으로 판단되며, 이와 반대로 동결건조 곡류분의 함량이 45, 65%로 증가할 경우는 점도가 낮아져 수분용해지수가 무 처리구에 비해 감소한 것으로 판단됨
- 이전 연구결과에서 CO₂ 가스 주입량을 증가시키면 수분흡착지수와 수분용해지수가 증가하는 경향을 보인다고 보고하였으며, 본 연구결과는 CO₂ 가스 주입에 의한 수분용해지수의 증가는 배럴 내부에서 CO₂ 가스와 수분의 반응으로 약산성인 CO₂가 생성되어 전분사슬을 절단해 수분용해지수가 증가와 일치하였음

- 선행 연구에 의하면 일반적인 압출성형 공정을 통해 생산된 압출성형물의 수분용해지수는 비기계적 에너지 투입량의 증가와 함께 증가한다고 하였으나 CO₂ 가스를 주입한 본 연구는 재래식 압출성형공정과 다르게 비기계적 에너지 투입량이 감소할수록 수분용해지수가 증가되는 것으로 나타났음
- 예비호화 현미분 및 동결건조 곡류분 함량과 CO₂ 가스 주입량에 따른 생식 조성물 압출성형물의 페이스트 점도는 표 116과 같이 나타났는데, 알과 현미분 함량과 CO₂ 가스 주입량에 따른 생식 조성물(현미-야채류) 압출성형물의 고온최고점도와 최종점도는 예비호화 현미분의 함량이 증가할수록 값이 감소하였으며, CO₂ 가스 주입량이 증가할수록 최고점도가 감소하였다. 이는 Ryu의 보고와 같이 CO₂ 가스와 물이 반응하여 약산인 CO₂가 전분의 가수분해를 유도해 CO₂ 가스 주입량이 증가할수록 전분 사슬의 절단으로 인하여 점도가 낮아져 감소한 것으로 판단됨
- 구조파괴점도는 예비호화 현미분 0%(동결건조 곡류분 95%) 압출성형물은 원료에 비해 매우 낮게 측정되었으며, 예비호화 현미분 30%(동결건조 곡류분 65%)는 원료와 차이가 줄어들었으나 예비호화 현미분 0%(동결건조 곡류분 95%)는 원료보다 높은 구조파괴점도를 나타내었음
- 회복점도는 압출성형물의 예비호화 현미분이 증가할수록 감소하며, 압출성형물 전부 원료보다는 낮은 회복점도를 나타내었으며, 예비호화 현미분의 함량이 증가할수록 peak time이 원료와 비교해 단축되었는데, 이는 예비호화 현미분의 증가로 인해 peak time이 단축되었다고 판단된다. 재래식 고온 압출성형 공정은 CO₂ 가스를 주입한 압출성형에 비해 배럴 내부 흐름의 저항이 높아 용융물은 높은 충밀도를 받아 전분의 사슬의 손상이 증가하여 저온 최고점도가 존재하지만 본 연구에서는 저온최고점도가 아닌 고온최고점도가 나타난 것은 60℃의 저온 압출성형이 고온 압출 성형과의 차이점에서 기인한 것으로 판단됨

Table 118. Effects of different α -brown rice ratio and CO₂ gas injection on water absorption, water solubility index and paste viscosity of extruded brown rice- vegetable mix and control

Feed material ¹⁾ (%)	CO ₂ gas injection (mL/min)	WAI ²⁾ (g/g)	WSI ²⁾ (%)	Paste viscosity(cp)					
				PV	TV	BV	FV	SV	PT
0/95/5	Control ³⁾	2.30±0.02 ^j	3.15±0.01 _h	491 ₈	175 ₀	316 ₈	4793	304 ₃	7.79
	0	2.95±0.05 _{ef}	5.32±0.05 _g	717	489	228	1800	131 ₁	7.99
	300	3.30±0.04 _{ab}	5.86±0.08 ^f	627	388	239	1615	122 ₇	7.79
	600	3.40±0.01 _a	5.71±0.14 ^f _g	631	376	255	1564	118 ₈	7.66
	800	3.00±0.04 _{edf}	6.18±0.04 ^f	646	389	257	1585	119 ₆	7.66
30/65/5	Control	2.39±0.01 ⁱ	10.39±0.1 _{2^d}	138 ₇	101 ₈	369	2625	160 ₇	7.86
	0	2.83±0.05 _h	9.99±0.22 _d	437	269	168	1047	778	7.33
	300	2.93±0.01 ^f _g	8.46±0.04 _e	428	272	156	1018	746	7.53
	600	3.02±0.06 _{de}	9.58±0.07 _d	437	276	161	1009	733	7.39
	800	2.86±0.04 _{gh}	8.96±0.08 _e	428	255	173	1006	751	7.46
50/45/5	Control	3.10±0.02 _d	15.79±0.0 _{4^a}	540	438	102	1362	924	7.59
	0	3.23±0.02 _c	8.49±0.12 _e	386	87	299	554	467	6.46
	300	3.18±0.03 _c	10.10±0.1 _{0^d}	363	84	279	553	469	6.66
	600	3.25±0.06 _{bc}	12.55±0.0 _{7^b}	441	90	351	556	466	6.06
	800	3.08±0.01 _d	10.92±0.1 _{0^c}	438	76	362	545	469	6.13

¹⁾ α -brown rice / brown rice / vegetable mix ratio.

²⁾Values with in the same column with different letters are significantly different at $P < 0.05$. Each value is the mean±SD of three replicates.

³⁾Before extrusion raw material.

PV: Peak viscosity, CPV: Cold peak viscosity, TV: Through viscosity, BV: Breakdown viscosity,

FV: Final viscosity, SV: Setback viscosity, PT: Peak time(min).

- 동결건조 곡류분과 알파현미의 함량과 CO₂ 가스 주입량에 따른 생식 조성물 압출성형물의 기공 구조는 표119와 같이 나타났음
- CO₂ 가스 주입량이 0 mL/min, 동결건조 곡류분 함량이 95%, 65%, 45%(예비호화 현미분의 함량 0, 30, 50%)일 때 사출구 온도가 60℃로 기공형성제인 수분의 상변화가 일어나지 않아 기공이 형성되지 않음을 볼 수 있었으며, 예비호화 현미분의 함량이 0%(동결건조 곡류분 95%)일 때 CO₂ 가스 주입량이 300~800 mL/min으로 증가할수록 기공의 크기와 수가 증가하였고, 예비호화 현미분의 함량 30%(동결건조 곡류분 65%), CO₂ 가스 주입량이 300, 600 mL/min으로 주입했을 때 기공의 수가 CO₂ 가스를 주입하지 않을 때보다 증가된 것을 확인하였음
- 예비호화 현미분의 함량 0%(동결건조 곡류분 95%)일 때는 CO₂ 가스 주입량이 300 mL/min에서만 기공의 수가 증가되었는데, 이는 Jeong 등은 CO₂ 가스 주입량이 증가할수록 압출성형물의 기공의 크기와 수가 증가하였다고 보고한 내용과 일치하였음
- 또한 직경 팽화율의 결과와도 매우 유사한 경향을 보였는데, 직경 팽화율이 증가한 조건에서 기공의 크기와 수가 증가된 미세구조를 확인할 수 있었으며 체적밀도와 비교해 보아도 기공의 수와 크기가 증가된 부분에서 밀도가 감소된 것을 확인할 수 있었음
- 이와 같은 결과로 예비호화 현미분의 함량이 감소할수록 CO₂ 가스 주입을 통한 기공형성 제 효과를 높여 직경 팽화율을 증가시키고 밀도는 감소시킬 수 있다고 판단됨

표 119. Scanning electron micrographs of cross section of extruded freeze-dried cereal-vegetable mix at different pregelatinized brown rice ratio and CO₂ gas injection.

Feed material ¹⁾ (%)	CO ₂ gas injection (mL/min)			
	0	300	600	800
0/95/5				
30/65/5				
50/45/5				

¹⁾ α-brown rice / freeze-dried brown rice / freeze dried vegetable mix ratio.

- 알파현미분 함량과 CO₂ 가스 주입량에 따른 생식 조성물 압출성형물의 소화도 측정 결과는 그림 39와 같이 나타났음
- 알파현미분 0%(동결건조 곡류분 95%)인 압출성형물 원료의 소화도는 17.63%로 측정되었으며, 알파현미분 30%인 압출성형물 원료의 소화도는 34.98%로 측정되었고, 알파현미분 50%인 압출성형물 원료의 소화도는 63.63%로 측정되었음
- 알파현미분 0%일 때 압출성형물의 CO₂ 가스 주입이 증가할수록 소화도도 35~60%로 증가하였으며, 예비호화 현미분 30%(동결건조 곡류분 65%)일 때 압출성형물의 CO₂ 가스 주입이 증가하여도 소화도는 39~64%로 증가하였으며, 알파 현미분 50%(동결건조 곡류분 45%)일 때 압출성형물의 CO₂ 가스 주입이 증가할수록 소화도도 64~85%로 증가하였음
- 알파현미분 0, 30% 첨가된 압출성형물중 생식 제조의 기준이 되는 소화된 원료 50% 이하, CO₂ 가스 주입에 의한 저온압출공정에 의해 가열온도 60℃ 이하를 충족시키는 압출성형 조건에서 팽화를 통한 플레이크 제형의 제조가 가능한 것으로 최종 판단되었으며, 기본적인 플레이크로서의 특성을 차기 연구에서 조사하였음

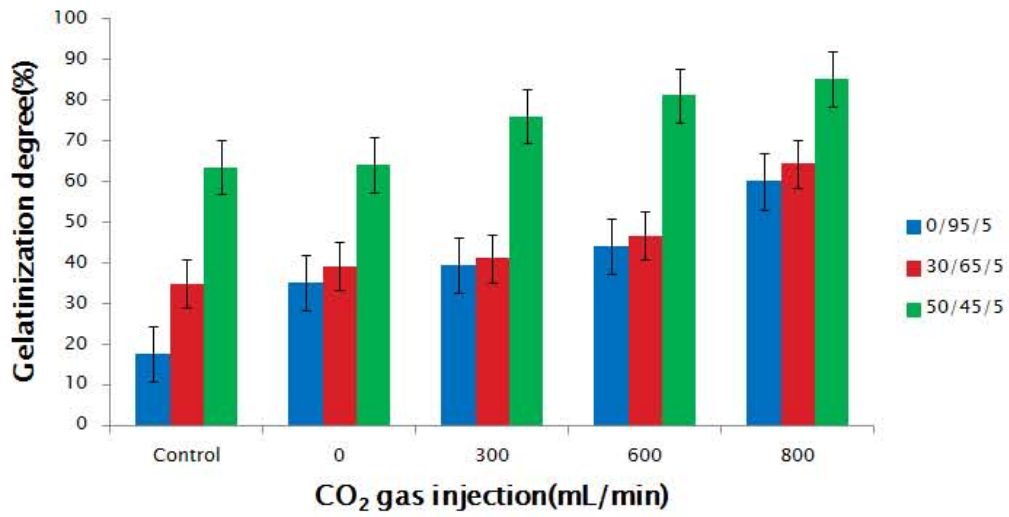


그림 39. Effects of different pregelatinized brown rice ratio(0, 30, 50%) and CO₂ gas injection on gelatinization degree of extruded freeze-dried brown rice-vegetable mix.

8. CO₂ 가스 주입량에 따른 생식의 저온 압출성형으로 제조한 플레이크의 물리적 특성 변화

- 상기의 연구 결과에서 제조된 생식 조성물의 저온압출성형 조건과 CO₂ 가스 주입량에 따라 제작된 생식 플레이크의 그림 40에 나타냈으며, 팽화율, 체적밀도, 압착강도, 수분용해지수, 수분흡착지수와 조직감 유지시간은 표 120과 같이 나타났음

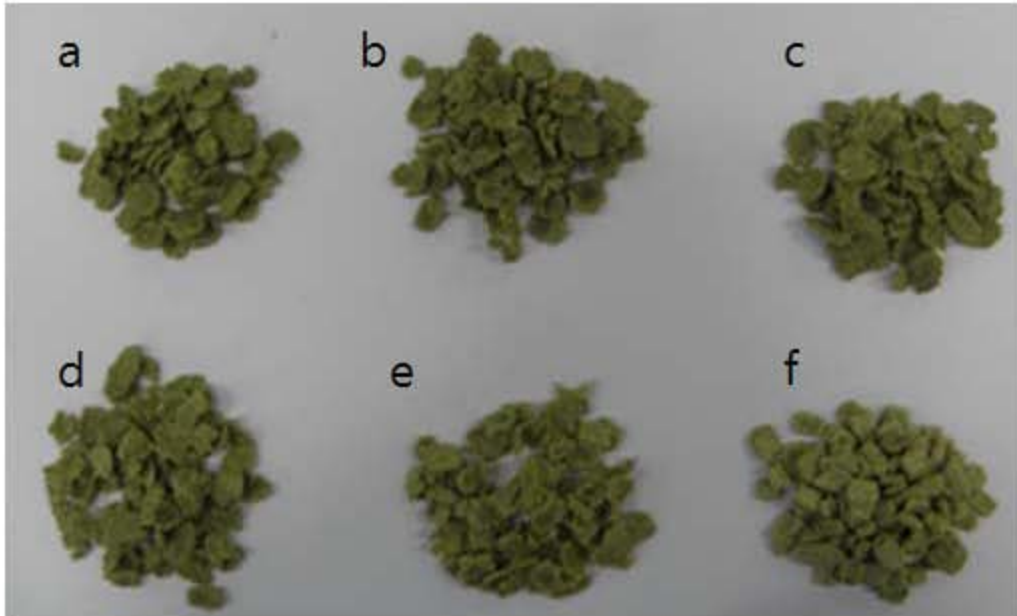


그림 40. Appearance of extrudates at different CO₂ gas injection, extrusion conditions

- a: CO₂ gas injection-0mL/min
- b: CO₂ gas injection-200mL/min
- c: CO₂ gas injection-400mL/min
- d: CO₂ gas injection-600mL/min
- e: CO₂ gas injection-800mL/min
- f: CO₂ gas injection-1000mL/min

표 120. Effects of CO₂ gas injection on physical properties of extruded brown rice-vegetable mix.

CO ₂ gas injection (mL/min)	Expansion index	Bulk density (g/cm ³)	Breaking strength (N/m ²)	WAI	WSI	Bowl life (min)
RAW				2.85	16.02	
0	1.18	0.012212	718645692	3.82	9.24	13
200	1.18	0.012267	839415109	3.86	9.51	13
400	1.17	0.012202	594767089	3.06	10.15	10
600	1.18	0.012122	605315394	3.17	9.82	11
800	1.21	0.012197	472341639	3.37	11.79	12
1000	1.16	0.012191	523460856	3.46	12.37	13

- 팽화율은 CO₂ 가스 주입량이 0에서 1000 mL/min으로 증가하였을 때 1.16-1.21의 범위로 나타났으며, CO₂ 가스 주입량이 0에서 800 mL/min으로 증가하였을 때 증가하는 경향이었으나 800에서 1000 mL/min으로 증가하였을 때 감소하여 1000 mL/min에서 최소를 나타내었다. 이는 CO₂ 가스 주입량이 증가함에 따라 조직이 파괴되어 팽화율이 감소된 것으로 추정됨
- 체적밀도는 CO₂ 가스 주입량에 따른 변화가 거의 없었음
- 압착강도는 CO₂ 가스 주입량이 0에서 1000 mL/min으로 증가함에 따라 718645692에서 523460856(N/m²)으로 감소하는 경향을 나타내었음
- 압출성형에 의하여 수분흡착지수는 증가하였으며, 수분용해지수는 감소하였는데, CO₂ 가스 주입량에 따라서는 수분흡착지수는 CO₂ 가스 주입량이 증가함에 따라 증가하다가 감소하였으며, 수분용해지수는 증가하는 경향을 나타내었음
- 플레이크와 같은 breakfast cereal은 일반적으로 주스나 우유 등에 넣어서 먹게 되므로 후레이크의 수분용해지수와 수분흡착지수 등 물리적 성질들이 중요한 가공적성의 요인이 되기 때문에 가공 후 수분용해지수와 수분흡착지수는 제품의 품질과 직접적으로 연결된 인자로 할 수 있음
- 타연구에서 보리 파쇄립으로 제조한 후레이크의 수분용해지수의 범위는 7.05-10.12%, 수분흡착지수의 범위는 2.45-5.95이었다고 보고하였고, 현미 후레이크의 수분용해지수의 범위는 0.5-3.1, 수분흡착지수의 범위는 4.7-9.8이었다고 보고하였으며, 김 등은 고아미 후레이크의 수분용해지수는 7.48-16.88% 범위, 수분흡착지수는 3.13-4.46 범위였다고 보고하고 있음

- 본 연구개발에서 저온 압출 성형 된 생식 플레이크의 수분용해지수는 보리 파쇄립 후레이크에 비해 높은 값을 나타내었고, 현미 후레이크와는 비슷한 값을 고아미 후레이크보다는 높은 값을 나타내어 상업적으로 사용이 가능한 수준으로 판단됨
- 수분흡착지수는 보리 파쇄립 후레이크, 현미 후레이크 그리고 고아미 후레이크 보다 낮은 값을 나타내었으며, 일반적 플레이크와 유사한 성질을 가지고 있는 것으로 판단됨
- 조직감 유지시간(bowl life)은 모든 시료에 있어서 10분 이상을 나타내어 후레이크의 제조에 문제가 없는 것으로 나타났으며, 차후 제품으로 양산 시 소비자 품질에서 문제가 없는 수준으로 판단되었음
- 생식 후레이크의 바삭한 정도, 거친 정도, 단단한 정도, 색 및 전체적인 기호도에 대한 관능검사 결과는 표 121과 같이 나타났음
- 팽화율이 CO₂ 가스 주입량이 증가함에 따라 증가하다가 1000 mL/min에서 감소한 것과 동일하게 바삭한 정도와 전체적인 기호도에서 CO₂ 가스 주입량이 0에서 800 mL/min으로 증가함에 따라 증가하다가 1000 mL/min에서 소폭 감소하는 것으로 나타났음
- 색상에서는 CO₂ 가스 주입량이 증가함에 따라 점수가 3.2에서 4.4로 증가하였는데 이는 CO₂ 가스 주입에 따라 색이 보다 소비자에게 높은 기호도를 나타낼 수 있는 색상으로 변화하는 것에 따라 기호도가 증가한 것을 여겨짐

표 121. Sensory results of flakes prepared in different CO₂ gas injection

CO ₂ gas injection (mL/min)	Crispiness	Coarseness	Hardness	Color	Overall quality
0	3.0	3.6	4.5	3.2	3.1
200	3.2	3.5	4.2	3.3	3.1
400	3.5	3.5	4.3	3.3	3.5
600	3.8	3.4	3.9	3.8	3.6
800	4.0	3.4	3.8	4.0	4.2
1000	3.2	3.3	3.7	4.4	4.0

- 상기의 결과에 따라서 CO₂ 가스의 주입량은 최적으로 800mL/min으로 설정하였으며, 이에 따른 시료를 제조하여 품질적 특성을 검토하였음

9. 생식의 저온 압출성형으로 제조한 플레이크의 품질적 특성 검증

- 생식 분말을 사용하여 제조 한 저온 압출 성형 플레이크의 생식으로서의 규격 검증을 실시 하여으며 그 결과는 표 122와 같음

표 122. 생식 분말을 사용한 플레이크의 생식 규격 적합성 검증

분석항목	기준규격	검증 결과	비고
수분	10% 이하	6.3%	
대장균	음성	음성	
<i>Bacillus cereus</i>	1,000 / g 이하	500 / g	
<i>Clostridium perfringens</i>	100 / g 이하	불검출	
비가열 원료 함량	50% 이상	67.5%	생식함유제품
<i>Staphylococcus aureus</i>	공통규격	음성	
<i>Salmonella</i>	공통규격	음성	
<i>Shigella</i>	공통규격	음성	

- 제조된 플레이크는 총 비가열원료(60℃ 이하 건조)의 함량이 67.5%로 식품위생법상 생식 함유제품으로 분류되며, 이외의 생식 규격에서 요구되는 모든 규격 조건을 만족하는 것으로 나타나 차후 상품화가 가능할 것으로 보임
- 플레이크의 가공중 압출공정과 건조공정에서 가열은 60℃이하이나, 고압이 가해지기 때문에 플레이크는 생식 분말과는 다른 형상을 가질 것으로 예상되며, 이에 동일한 배합비에 대해서 195℃의 오븐으로 생식 분말을 구운 후 품질적 규격 특성을 비교 검사한 결과는 표 123과 같이 나타났음
- 저온 압출 성형을 시행한 생식 분말 플레이크와 다르게 고온 성형시 미생물은 대부분이 불 검출되는 것으로 나타났으며, 수분함량은 2.7%로 낮은 편임

표 123. 저온압출성형 플레이크와 고온 성형 생식 분말의 규격 검증 비교

분석항목	저온압출성형 (60℃ 이하)	고온 성형(195℃)	비교
수분	6.3%	2.7%	
대장균	음성	음성	
<i>Bacillus cereus</i>	500 / g	불검출	
<i>Clostridium perfringens</i>	불검출	불검출	

○ 가공중에 영양소 중 열에 약한 영양소로 알려진 vitamin군에 대한 비교 분석결과는 표 124와 같이 나타났음

표 124. 저온압출성형 플레이크와 고온 성형 생식 분말의 비타민 함량 비교

분석항목	생식 분말 원료	저온압출성형 (60℃ 이하)	고온 성형(195℃)
Vitamin C	17.4 mg/100g	12.7 mg /100g	2.1 mg / 100g
Vitamin B1	33 ug / 100g	26 ug / 100g	10 ug / 100g
Vitamin E	476 ug TE / 100g	355 ug TE / 100g	288 ug TE / 100g

- 원료로 사용된 생식 분말의 비타민 함량 대비 저온 압출성형을 실시하였을 경우 각 비타민은 약 30%정도의 감소가 나타났으나, 195℃로 고온 성형한 경우 70% 이상의 파괴율을 보였음
- 생식은 가공을 최소한의 열을 가하여 제조하는 제품으로 원재료의 영양소를 살린다는 점에서 의미가 있는 제품이며, 저온압출성형 공정이 열과 압력에 의하여 영양소의 파괴가 생식 분말에 비해서 일부 발생하나 일반적으로 사용되는 고온 가공 공정에 비하여 그 비율이 매우 낮아 저온압출 성형된 생식 플레이크가 생식으로서의 특징점을 살릴 수 있는 제품으로 평가됨

- 제조된 생식 플레이크의 품질적 특성의 안정성을 확인하기 위하여 플레이크를 알루미늄 +PE로 된 포장제내에 밀봉한 후 60℃, 60% R.H. 조건하에서 12주간 보관하며, 4주간격으로 샘플링 하여 법적 규격 및 영양소중 저장성이 취약한 vitamin C에 대한 분석을 통해 특성을 확인하였으며, 각각의 분석항목은 제 4절의 품질 유지기한 설정과 동일한 방법을 사용하였음

표 125. 저온 압출 성형의 저장성 제품 저장 안정성 검증

분석항목	0 주	4 주	8 주	12 주	
수분(%)	6.3 ± 0.2	6.7 ± 0.1	6.6 ± 0.3	6.6 ± 0.1	
관능	성상	7.0	6.7±0.3	6.5±0.3	5.7±1.2
	향	7.0	6.5±0.4	5.5±0.6	4.8±1.0
	종합	7.0	6.6±0.2	6.0±0.4	5.3±0.7
Bacillus cereus (CFU/g)	500 / g	500 / g	400 / g	250 / g	
Vitamin C (mg / 100g)	12.7±0.3	10.6±0.3	8.8±0.5	7.2±0.3	

- 12주간 보관중 수분함량은 큰 차이를 나타내지 않았는데, 이는 알루미늄+PE로 제조된 포장지가 흡습을 최대한 억제하기 때문이며, 차후 상품화시 충분한 흡습을 억제할 수 있는 포장재를 선별할 수 있도록 함
- 보관중 관능의 변화에서 향은 8주차부터, 성상은 5주차부터 색상의 변화로 차이가 크게 나타났으며, 종합적으로도 8주 이후부터는 큰 변화를 나타내어, 품질유지가한은 8~10개월 정도로 추산될 것으로 추정됨
- 미생물 규격인 Bacillus cereus는 저장 기간중 낮은 수분함량으로 증식은 되지 않고 소폭의 감소가 나타났으나, 측정오차 범위내로 생각되며, 60℃ 보관중에 일부 사멸될 가능성도 높은 것으로 생각됨
- Vitamin C는 저장기간중 약 40%정도의 감소가 나타났으며, 이는 앞서의 연구결과에서 분말상의 감소폭과 유사하여 플레이크 제형에서의 특이적 감소는 나타나지 않은 것으로 판단됨
- 따라서, 상기의 연구결과를 종합 할 때 플레이크 타입의 생식 제품의 유통기한은 밀봉된 상태에서 약 8~10개월정도로 추산되며, 이는 일반적인 시리얼 제품과 유사할 것으로 예상됨

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

연구 목표	연구 결과의 목표 달성도	관련 산업 기여
저온 미생물 저감화 건조 공정 확립	식품위생법상 생식 규격에 적합하도록 60℃ 이하의 저온 건조 조건을 확립하였고, 곡류, 열채류, 구근류에 대하여 저감화 수준을 파악하여 최초 원산물의 미생물 오염 기준을 수립하였으며, 이를 통한 최종 산물이 생식 규격에 적합하면서 미생물 저감화 된 원료 생산 가능하도록 하여 목표를 달성함	기존 생식 제품의 미생물 수준의 저감화를 생식 규격에 적합한 60℃ 이하의 온도에서 시행함으로써 관련 산업의 저온 건조 기술을 발전시킬 수 있는 계기를 마련함
특수의료용도식품 규격에 적합한 생식 기준 규격 원재료 생산	특수의료용도식품 중 분말제형은 생식 원재료보다 더 엄격한 미생물 규격을 요구하고 있으나, 상기의 저온 미생물 저감화 공정을 통해서 특수의료용도식품의 미생물 규격에 적합한 원료를 생산함으로써, 특수의료용도식품에 생식 원료를 사용할 수 있도록 하여 목표를 달성함	기존 생식 규격 원료는 미생물이 상대적으로 높은 수준으로 특수 의료용도 식품으로 사용이 어려웠으나, 본 연구개발을 통해서 특수의료용도식품 규격에 적합한 생식 원료를 생산함으로써 특수의료용도식품 원료의 선택폭을 넓힘으로서 소비자 선택권을 강화할 수 있음
생식과 특수의료용도식품 규격을 모두 만족하는 특수의료용도식품 개발	미생물 저감화가 가능한 저온 건조 공정을 통해 생산한 생식 원료를 기반으로 당노환자용 식품을 개발하였으며, 규격 검증 결과 생식 및 특수의료용도식품 규격을 모두 만족하는 것으로 확인하여 목표를 달성함	현재 특수의료용도 식품은 가공 분말을 중심으로 하여 영양소 기준치를 중심으로 개발되고 있으나, 천연 생식 원료를 이용하여 특수의료용도식품을 개발할 수 있음으로서 기존에 알려진 생식의 유용성과 특수의료용도 식품과의 융합 효과를 통해 상승 효과를 기대할 수 있음
생식의 중요 원료의 항당뇨 기능성 규명 및 건조 방법별 활성 비교	생식의 중요 원료별 항당뇨 기능성을 소화효소 흡수 억제, 세포의 당 흡수 기전 억제 활성을 조사하여 생식 제품의 항당뇨 기능성에 대한 근거 및 기전을 제시하였고, 건조 방법별로 활성을 비교분석하여 목표를 달성함	현재까지 생식은 제품으로서 항당뇨 기능성에 대한 연구 결과라 발표되었으나, 생식의 중요 원료별 항당뇨 기능성을 규명함으로써 차후 제품 개발에 기여함

연구 목표	연구 결과의 목표 달성도	관련 산업 기여
생식 기반의 당뇨환자용 특수 의료용도식품의 안정성 검증 및 인허가	미생물 저감화 된 생식 원료를 이용한 당뇨환자용 식품의 품질유지기한 검사를 통해 생식 원료의 포함이 품질열화에 큰 기여를 하지 않고 있음을 규명하였으며, 개발 제품이 품질적 안정성을 확보하고 있음을 규명하고 식품의약품안전처에 품목제조신고를 통해 제조 허가를 받음으로서 목표를 달성하였음	생식 기반의 비가열 가공된 제품의 안정성 검증을 통해 관련 비가열 식품의 개발을 활성화할 수 있을 것으로 판단됨
생식 기반의 당뇨 환자용 수의료용도식품의 항당뇨 활성 규명	개발 제품의 항당뇨 활성을 제1형당뇨 모델 및 제2형 당뇨 모델을 통하여 규명하였으며, 인체시험을 통한 혈당지수를 산출하여 Low GI 식품으로서 적합함을 확인하였음	생식 제품의 항당뇨 활성에 대한 연구는 소수 진행되었으나 발아곡물과 같은 기능성 소재의 첨가에 의한 항당뇨활성을 규명함으로써 생식 제품의 유용성과 발전 가능성을 제시하였음
저온 분쇄 가공 기술과 기존 분쇄 기술간의 차이점 규명	저온 분쇄 방식중 냉동 분쇄 방식과 일반적인 식품 분쇄 기술간의 영양학적 비교를 통하여 냉동분쇄와 일반 분쇄 방법간의 차이점이 없음을 규명하여 목표를 달성함	냉동분쇄는 안정성을 향상시키는 상대적으로 고가의 제조기술이나 생식류의 분쇄에 있어서는 그 차이를 발견하지 못하여 향후 비가열 식품의 분쇄 기술에 대한 참고 자료로 활용 가능
생식 규격에 적합한 저온압출 성형 조건의 확립	기존의 압출성형 방식과 달리 생식 규격에 적합하도록 60℃ 이하의 가공 온도에서 플레이크 제형의 생식 제조 조건을 개발하였으며, 제형 제조를 위하여 곡류, 엽채류의 비율, 호화전분의 함유 비율 등에 대한 가이드라인 구축 및 이를 활용한 시제품을 개발하여 목표를 달성함	플레이크를 성형하기 위하여 현재까지는 최소 90℃ 이상의 가열 공정이 필요하였으나, 본 연구 개발을 통하여 60℃이하에서의 플레이크 성형을 가능하도록 하여 비가열 식품 제조 공정에 새로운 기술을 제공함으로써 관련 산업의 제품 다양화에 기여하였으며, 생식 제품의 제형 다변화를 통하여 생식 시장의 확대 및 나아가 해외 시장으로의 진출을 가능하게 함
저온압출 성형된 플레이크형 생식 제품의 품질 특성 규명	저온 압출 성형 기술로 제조된 플레이크형 생식 제품의 영양학적 변화를 포함한 생식 규격 검증 및 저장 안정성 분석을 통하여 생식 규격에 적합하고 제품화가 가능한 수준의 품질유지기한을 가지고 있음을 검증하여 목표를 달성함	저온 압출 성형 기법으로 제조된 플레이크의 품질 안정성을 규명함으로써 제품 가능성을 확인하여 제품의 다양화에 기여함

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 학술적 성과

구분	논문제목	발표지	저자	발표일자	비고
학술발표	Inhibitory effect of seaweed ethanol extracts on alpha-glucosidase and alpha-amylase activities, and the metabolic regulation on glycolysis in HepG2 cells.	식품영양과학회	곽한섭 정윤화	2011	
학술발표	Anti-diabetic effects of cereals and pulses in saengshik	International Biotechnology Symposium and Exhibition	김미숙 정윤화	2012	
학술발표	Anti-diabetic effects of vegetable ingredients in Saengshik. 2012년 15th	International Biotechnology Symposium and Exhibition	엄태길 정윤화	2012	
학술발표	생식 기반 조성물의 1형 및 2형 당뇨병에 대한 항당뇨 효과	식품영양과학회	곽한섭 정윤화	2014	가을학회 예정
학술발표	현미분과 탄산가스 주입량에 따른 압출성형물의 물리적 특성에 미치는 영향	식품영양과학회	길선국 최지혜 류기형	2013	
학술발표	생식 기반의 항당뇨 조성물의 품질유지기한 특성	식품영양과학회	이강형 정지상 홍성길	2014	가을학회 예정

구분	논문제목	발표지	저자	발표일자	비고
학술논문 (SCIE)	The ingredients in Saengshik, a fomulated health food, inhibited the activity of alpha-amyalse and alpha-glucosidase as anti-diabetic functioin	Nutrition Research and Practice	Misook Kim, Eunji Kim, Hansub Kwak, Yoonhwa Jeong	2014	
학술논문	사출구 온도와 CO2 가스 주입이 현미/야채류 압출 성형물의 물리적 특성에 미치는영향	한국식품영양과 학회지	길선국, 류기형	2013	
학술논문	예비호화 현미분 함량과 CO2 가스 주입량에 따른 저온 현미-야채류 압출성형물의 물리적 특성 변화	한국식품영양과 학회지	길선국, 김미환, 류기형	2014	게재예정
학술논문 (SCI)	Angelica keiskei extract improved glucose, lipid metabolism and insulin signaling by activatiing AMPK and PPAR pathway in HepG2 cells.	Food Chemistry	Misook Kim, Eunji Kim, Hansub Kwak, Yoonhwa Jeong	2014	투고중
학술논문 (SCI)	Effects of Saengshik, a vegetable formulation, on glucose and lipid metabolism in C57BLKsJ-db/db mice model of type 2 diabetes mellitus.	Food Science Biotechnology	Taegil Um, Misook, Kim Yoonhwa Jeong	2014	투고중
학술논문	동결건조물의 분쇄시 분쇄 온도에 따른 비타민 및 영양성분의 함량변화	식품영양학회지	정지상 홍보경 홍성길	2014	투고중

2. 특허 성과

구분	특허명	발명인	출원인	출원일자	비고
국내출원	혈당 조절 기능을 가지는 당뇨병자용 식사 대용식 조성물	장혜은 정지상 홍성길	(주)이룸	2013	
국내출원	생식을 주성분으로 하는 당뇨병자용 식사 대용식	홍성길 오현택 홍보경	(주)이룸	2014	
국내출원	미생물 저감화를 위한 저온 건조기술	홍성길 이강형 정지상	(주)이룸	2014	출원예정

3. 추가 연구 및 타연구 활용 계획

(1) 추가 특수 의료용도 식품의 개발

- 당 연구개발을 통하여 얻어진 생식 기반의 당뇨병자용 특수의료용도 식품은 생식 원재료의 건조/분쇄 등의 저온 가공 기술을 통해서 60℃이하의 저온 가공 기술을 통해서 특수의료용도식품의 미생물 기준 규격의 적합성을 가지도록 한 제품으로서, 본 연구개발을 통해서 얻어진 미생물 저감화 관련 기술을 통해서 얻어진 원료를 다양한 식품으로의 응용이 가능함
- 특히, 생식은 다양한 유용성을 가지고 있고, 다수의 연구 논문을 통해서 유용성을 입증하였기 때문에 특수의료용도식품의 다양한 유형(환자용 균형영양식 등)의 제품 개발에 응용함으로써 점차 성장하고 있는 환자용 특수의료용도 시장에 중소기업으로서의 경쟁력을 가지고 진입할 수 있다는 장점이 있음
- 또한, 환자용 특수의료용도식품은 아직까지 영양소 균형에 중점을 맞추고 있는 반면 생식은 천연물을 그대로 건조함으로서 얻어지는 원료를 이용하기 때문에 가공물에서 얻을 수 없는 다양한 천연 식물성 영양소를 공급할 수 있어 생식을 기반으로 한 특수의료용도식품의 개발은 시장에서 높은 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 판단되어, 이에 대한 추가 특수의료용도식품으로의 확대 연구를 계획하고 있음

(2) 중국 현지화 식품 개발

- 당 연구에서는 중국인의 소비자 및 기호도 조사를 통하여 생식 제품의 중국 수출시 개발 방향을 설정할 수 있었으며 이를 활용한 신규 현지화 생식 제품을 개발하는데 성공 하였음
- 본 연구개발에 추가적으로 파악된 중국인의 기호도와 식습관을 바탕으로 하여 두유, 음료

제품을 비롯한 口 건강기능식품의 현지화 개발 전략을 추진하고자 하고 있으며, 본 연구개발을 통하여 얻어진 연구자료를 최대한 활용하여 추진할 계획임

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 해외 시장의 미생물 규격

- 전 세계적으로 웰빙 문화의 확산은 slow-food 및 유기농 식품의 증가로 이어지고 있으며 이중 비가열 식품의 시장은 미국과 유럽을 중심으로 하여 천연 식물의 섭취라는 측면에서 점차 시장을 확대 하고 있으며, 국내의 생식 제품은 이러한 웰빙형 친환경 식품이라는 측면에서 높은 경쟁력을 가지고 있는 것이라 판단됨
- 그러나 비가열 식품의 특성을 반영한 미생물 규격이 아직까지 해외 국가의 기준 규격으로 정립되어 있지 않아 생식을 기반으로 한 제품 및 비가열 식품의 해외 수출은 미생물 규격상의 제한으로 어려운 것이 현실임
- 특히, 해외 시장 중 한류 열풍에 의해서 한국 식품에 대한 높은 기대감을 가지는 중국 및 동남아 시장으로의 진입을 위해서 중국, 태국, 말레이시아의 비가열 식품(생식)의 제품 진입 규격을 현지 시장 조사를 통하여 확인하였음

	중국 (Solid drink)	태국 (Drinks in sealed container)	말레이시아 (Dried Vegetable/Fruit)
총세균수	30,000 이하	-	20,000 이하
대장균군	90 이하	2.2 이하	200 이하
대장균	-	불검출	불검출
<i>Clostridium perfringens</i>	-	100 이하	-
진균류	50 이하	10 이하	200 이하
<i>Shigella</i>	불검출	-	-
<i>Salmonella</i>	불검출	불검출	불검출
<i>Staphylococcus aureus</i>	불검출	불검출	불검출

- 중국은 생식과 같은 분말 제품을 믹스 커피와 동일한 고체 음료 규격으로 설정하고 있으며, 태국 역시 섭취 방법에 따라 캔음료와 동등하게 처리하고 있고, 말레이시아만이 건조 파실류로서 별도의 기준 규격을 설정하고 있음

- 일반적으로 국내에서 생산되는 비가열 가공 식품은 상기 기준 규격을 만족시키기 매우 어려운 편이기 때문에 생식을 포함한 비가열 식품을 수출하기 위해서는 저온에서 미생물을 저감화 공정 기술 개발이 절대적으로 필요함

2. 해외의 중금속 관리 체계

- 중국의 식품내 중금속 관리 체계는 국내와 항목 설정은 유사하나 항목별 기준 수치의 차이가 일부 존재하고 있음
- 국내 업체에서 수출시 주의하여야 할 중금속 항목은 바로 구리(Cu)인데, 국내에서는 일반 영양소로 분류되어 상한선 설치가 되어 있지 않으나, 중국을 중심으로 한 화교권 국가에서는 구리를 중금속으로 분류하고 있으며, 보통 식품내 규격 상한선을 5 ppm으로 규정하고 있는 것이 일반적임
- 국내에서 생식 등 다수의 분말 가공 업체에서는 비타민과 미네랄의 함량을 보정하기 위하여 기 제조된 비타민&미네랄 프리믹스를 사용하는 경우가 많은데 중국 수출용 제작을 위해서는 이 믹스내의 구리함량을 확인하여야 할 필요가 있음
- 특히, 생식과 원물로부터 다량의 미량 영양소가 발생하는 식품의 경우 비타민&미네랄의 함량 수치를 비타민&미네랄 믹스로부터 추산하여 최소 평가하는 경우가 많은데, 이 경우 구리 함량이 중금속 상한치를 넘을 수 있어 각별한 주의가 요구됨
- 생식 기반 제품의 경우 구리 함량이 2~3ppm을 유지하고 있어 규격상 문제는 없으나 일반적인 비타민&미네랄 믹스를 추가하여 사용시 5 ppm을 초과하는 경우가 발생하고 있어 해외 수출용 생식 기반 제품에는 구리의 함량을 항시 주의하여야 할 것으로 보임

제 7 장 연구시설·장비 현황

해당 사항 없음

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.