

어젠다코드	2 - 6 - 3		구분	완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	H03	작목구분코드	FR-03-FR35
과제종류	기관고유		세부사업(약어)	-	
과제명	고구마 활용한 가공용 식품 소재 개발				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	박아름		농업연구사	강원도원 농식품연구소	
연구기간	2018 ~ 2020		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 고구마 지상부 활용 식이섬유 제품 개발			농식품연구소	박아름	'18~'20
색인용어	고구마, 지상부, 식이섬유, 기능성, 가공상품 등				

## ABSTRACT

As the perception of sweet potatoes has shifted from hardy plants to functional foods and diet foods recently, the domestic and foreign production and consumption has increased. Due to the mechanization of sweet potato harvests, many non-standard sweet potatoes are produced, and the storage period is shorter than normal products and the price is lower when sold, which requires the development of added-value food materials. Also, despite the richness of functional materials and dietary fibre in the aerial part and peels, all of them are disposed of by being treated as by-products, so the research on the technology of using sweet potato fibre as an efficient food material is required. This study sought to develop low-calorie meal replacements such as porridge and cereal by manufacturing resistant starch to increase utilization of non-standard sweet potatoes. Also, this experiment was conducted to produce sheet-form food such as seaweed with aerial part of sweet potato as a main ingredient to take abundant nutrients at once, and to increase product competitiveness in storage and distribution. Also, it was intended to explore the value of prebiotic material by manufacturing fructooligosaccharide extract by sweet potato part (aerial, peel of tuber, tuber).

### 1 연구목표

고구마는 쌀, 보리 등의 곡류와 함께 주요 식량 자원으로 이용되어 왔으며(FAO, 1997), 최근 고구마에 대한 인식이 구황작물에서 기능성식품, 다이어트 식품 등으로 전환되면서 국내의 생산과 소비가 증가되고 있다. 또한 고구마는 식이섬유, 미네랄, 비타민뿐 아니라 안토시아닌, 토코페롤 베타카로틴 등과 같은 항산화 성분도 많이 함유 되어있다(Jin 등, 2005). 괴근 뿐 아니라 고구마 잎도 수용성 식이섬유가 풍부하며 단백질의 함량 및 단백질이 높아 질적으로 우수하며 폴리페놀, 안토시아닌, 플라보노이드를 비롯한 항산화 물질이 많이 함유되어 있다(Inshida H 등, 2000). 아시아, 아프리카 등 지역에서는 잎과 잎자루를 채소로 이용하고 있으며 다량의 단백질은 함유하고 있어 단백질 사료로의 가능성이

제기되기도 하였지만 지상부에 대한 이용은 아직 미미한 실정이다(Li, 2013). 국내에서도 고구마의 괴근을 중심으로 연구되어지고, 이용도에서도 지상부 중 잎자루 소량만 채소용으로 이용되며, 나머지 부위는 전량 폐기되고 있는 실정이다. 고구마의 괴근 뿐 아니라 지상부, 껍질의 부위를 산업적으로 새로운 식품소재로서의 가치를 탐색하고자 본 연구를 수행하게 되었다.

## 2 재료 및 방법

### 〈제1세부과제: 고구마 지상부 활용 식이섬유 제품 개발〉

#### (시험 1) 고구마 저항성 전분 제조

##### 가. 시험재료

고구마 3품종(풍원미, 호감미, 진홍미)을 이용하여 생전분 추출 후 시료로 사용하였다.

##### 나. 처리방법

##### (1) 저항성전분 제조

저항성 전분 제조공정은 그림 1과 같다. 고구마 생전분 40 g에 증류수를 시료의 3배를 첨가하여 충분히 볼텍싱하여 현탁액을 제조하였다. 현탁액을 autoclave(120℃)에 넣고 1시간 가열 후 incubator 4℃의 온도에서 23시간을 냉각시켰다. 이 과정을 각 처리별로 1-9회 반복처리 한 후 40℃ 냉풍건조 하여 시료분쇄기를 이용하여 150 μm 이하 입자의 크기로 분쇄하여 저항성 전분을 제조하였다.

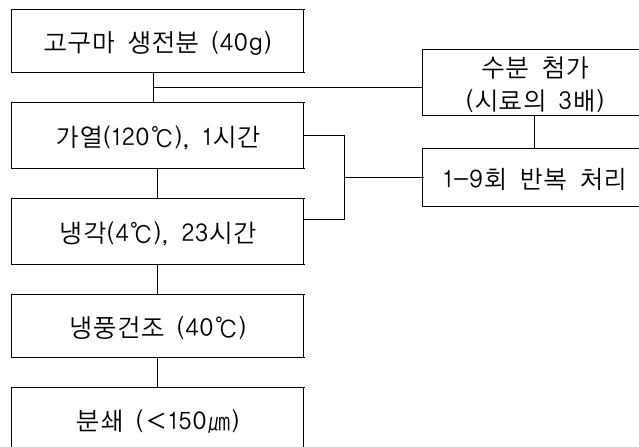


그림 1. 저항성전분 제조공정

##### 다. 분석방법

##### (1) 색도

색도는 색도색차계 (spectrophotometer cm-2600d, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 일정한 부위를

3반복 5회씩 측정하고 그 평균값으로 나타내었다. 측정 전 표준백판 (L=97.75, a=0.49, b=1.96)으로 보정한 후 사용하였으며 L(명도, Lightness), a(적색도, redness), b(황색도, yellowness)값으로 하였다.

## (2) amylose, 저항성전분 함량 측정

amylose 함량은 Juliano(Juliano BO 1971) 방법에 의해 측정하였다. 아밀로오스 함량은 쌀가루 100 mg에 95% ethanol 1 mL과 NaOH 9 mL를 첨가하여 분산시키고 100°C water bath에 넣어 10분 동안 반응시켰다. 반응 후 반응용액 5 mL를 취하고 1N CH<sub>3</sub>COOH 1 mL와 I<sub>2</sub>-KI용액 2 mL를 첨가한 후 증류수를 이용하여 100 mL가 되도록 정용하였으며, 30분 동안 방치한 후 분광광도계를 이용하여 620 nm에서 흡광도를 측정하였다. 저항전분 함량은 McCleary BV & Monghan DA(2002)의 방법에 따라 resistant starch assays kit(Megazyme Int,Bray, Co., Wicklow, Ireland)를 이용하여 측정하였다. 시료 0.1 g에 pancreatin(Sigma Chemical Co., St. Louis,MO, USA)과 amyloglucosidase(Sigma) 혼합액 4 mL를 넣고 37°C water bath에 200 strokes로 16시간 방치 후 에탄올 99% 용액 4 mL를 넣어 효소 반응을 중지시켰다. 3,000rpm에서 10분간 원심분리하고 상등액에 50% ethanol 8 mL를 넣고 voltex mixing 한 다음 원심분리하고 침전물에 2 M KOH를 2 mL 씩 넣어 녹인 후 ice water bath에서 20분간 stirring 하였다. 1.2 M sodium acetate buffer(pH 3.8) 8 mL를 넣고 섞은 후 즉시 amyloglucosidase (Megazyme) 0.1 mL를 첨가하고 50°C water bath에 30분방치하면서 5분 간격으로 섞어주었다. 3,000 rpm에서 10분원심분리 후 상등액 0.1 mL에 glucose oxidase/peroxidase reagent(Megazyme) 용액 3 mL을 넣고 50°C water bath에서 20분 방치 후 510 nm에서 흡광도로 glucose 함량을 측정하였다.

## (3) SEM, X-선 회절도

알루미늄 표본 지지대 위에서 백금으로 도금시킨 후, 주사전자현미경을 사용하여 1,000배 확대하여 내부구조를 관찰하였다. x-선 회절도는 고분해능 x선 회절기(XRD)를 이용하여 분석하였다.

## (4) 팽윤력

시료 0.5 g을 원심분리관에 넣고 증류수 40 mL를 넣어 잘 분산시킨 후 80°C에서 30분간 반응시킨 후 얼음물을 이용하여 냉각시켰다. 냉각된 시료는 40분간 원심분리한 후 상정액은 미리 향량으로 건조시킨 용기에 부어 105°C에서 건조한 후 측정된 무게를 이용하여 용해도를 구하였으며, 원심분리 후 상정액이 제거된 후 남은 침전된 잔사의 무게를 측정하여 팽윤력을 산출하였다.

$$\text{팽윤력} = [\text{침전된 전분의 무게(g)}/\text{처음시료의 무게} \times (100 - \% \text{용해도})] \times 100$$

## (시험 2) 고구마 활용 저칼로리 식사대용품 개발

### 가. 시험재료

고구마 3품종(풍원미, 진홍미, 신자미)를 슬라이스하여 건조 후 분쇄한 분말과 저항성전분을 시료로 사용하였다.

### 나. 처리방법

#### (1) 죽 제조 및 특성분석

고구마분말과 저항성전분을 이용한 죽의 제조를 위해 여러 차례의 예비실험을 거쳐 전처리방법과

배합비율(표 1)을 정하였으며, 부재료인 찹쌀분말, 정백당, 정제염, 정제수의 비율을 고정시켰고, 고구마 분말과 저항성전분의 첨가수준을 조정하여 처리하였다. 고구마 분말등의 주재료와 찹쌀, 증류수등의 부재료를 넣고 혼합하여 강한 불에서 5분 가열하고, 중간불에서 15분 간 더 끓인 후 눌러 붙지 않도록 나무주걱으로 저으면서 약한 불에서 5분간 가열하여 제조하였다. 스파우트파우치에 90 g의 양을 넣어 포장 후 65℃온도에서 30분간 저온살균하여 시료로 사용하였다. 제조한 죽은 일반성분, 당도, 점도, 펄집성, 관능검사 등을 측정하였다.

표 1. 고구마 죽 배합비

구 분	I	II	III
고구마분말(%)	6.5	10.3	3.8
저항성전분(%)	3.8	0	6.5
찹쌀분말(%)	5	5	5
정백당(%)	3	3	3
정제염(%)	0.2	0.2	0.2
정제수(%)	81.5	81.5	81.5
계	100	100	100

## (2) 시리얼 제조 및 특성분석

고구마분말과 저항성전분을 이용한 시리얼의 제조를 위해 여러 차례의 예비실험을 거쳐 전처리방법과 배합비율(표 2)을 정하였다. 제조방법은 고구마분말과 부재료를 혼합 후 반죽하여 실온에 30분간 숙성 후 1차 성형을 한 다음 35분간 증자하였다. 그 후 2차 성형을 거쳐 1시간 동안 열풍건조(70℃) 후 오븐(180℃)에서 3분간 구운 후 포장하여 시료로 사용하였다. 제조된 시리얼은 색도, 경도, 수분흡수·용해지수를 측정하여 가공적성을 탐색하였다.

표 2. 고구마 시리얼 배합비

구분	I	II	III
고구마분말(%)	58.2	60.45	62.7
저항성전분(%)	4.5	2.25	0
찹쌀분말(%)	5	5	5
정백당(%)	8	8	8
정제염(%)	0.3	0.3	0.3
폴리덱스트로스(%)	8	8	8
중력분	15	15	15
글루텐	1	1	1
계	100	100	100

### (시험 3) 고구마 지상부 활용 쌈시트 제조

#### 가. 시험재료

고구마 지상부 중 잎과 잎자루를 이용하여 쌈시트를 제조하였다. 지상부는 2019년 9월 강릉 감자연구소 시험포장에서 수확하여 100℃ 끓는물에 데친 후 찬물로 냉각 후 탈수하여 -20℃의 냉동고에서 저장하면서 시료로 사용하였다.

#### 나. 제조방법 및 품질특성

냉동한 지상부를 100℃, 끓는 물에 데친 후 탈수하여 데친 지상부와 물 1:9의 비율로 분쇄하였다. 분쇄물과 부재료를 넣고 가열하여 성형틀에 붓고 열풍 건조하여 제조하였다. 제조배합비는 은 여러 차례의 예비실험을 거쳐 전처리방법과 배합비율(표 3)을 정하였다. 품질특성을 평가 하기위해 수분함량, pH, 색도, 물성을 조사하였다.

표 3. 고구마 지상부 쌈시트 제조배합비

처 리	지상부(%)	정제수(%)	분말한천(%)	곤약(%)	총배합비(%)
I (한천 0.5%+곤약 0.5%)	10	89	0.5	0.5	100
II (한천 1%)	10	89	1	-	100
III(곤약 1%)	10	89	-	1	100

### (시험 4) 고구마 지상부 프리바이오틱스 소재 개발

#### 가. 시험재료

고구마 2품종(풍원미, 호감미)의 지상부, 괴근, 괴근껍질을 이용하여 프리바이오틱스 소재 추출물을 제조하였다. 지상부는 2019년 9월 강릉 감자연구소 시험포장에서 수확하여 건조 후 분말을 제조한 것을 이용하였고, 괴근 및 괴근껍질은 2020년도 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소에서 분양받아 시료로 사용하였다.

#### 나. 프럭토올리고당성분 추출물 조제

고구마 부위별 건조분말을 각각 채취하여 시료 g당 5배의 DAEJUNG사(Korea)의 석유에테르(cas 8032-32-4)를 넣어 잘 섞은 후, 3000rpm에서 원심분리 10분 진행하였다. 원심분리 완료 후, 석유에테르에 녹아든 시료 내 지방을 떠내어 제거하였으며, 위 과정을 2번 반복하였다. 유지 제거가 완료된 시료를 tray에 넓게 펼쳐서 후드 내에서 잔량의 석유에테르를 휘발을 통해 제거하였다. 석유에테르가 제거된 시료는 프로바이오틱스 추출 시료로 사용하였다. 위의 Soxylet (Palaniappan, A et al 2017) 방법으로 탈지한 시료 50 g 에 100 ml 0.1M sodium acetate pH 4.8을 첨가한 후, 1mg α-amylase(Sigma, A3176-500KU)을 첨가한 후 95℃ water bath에서 12시간 가열 후, 실온에서 12시간 이상 냉각하였다. 이후, 100 mg glucosidase(Sigma, X4V5C-KO)를 혼합하여 55℃ water bath에서 48시간 동안 정치하였다. 시료를 3000rpm에서 20분간 원심 분리하여 상등액 100 g당 D.W 250 ml을 섞어 실온에서 2시

간동안 정치하였다. 정치한 용액을 3000rpm에서 10분간 원심 분리하여, 상등액을 제거한 후 99% 에탄올을 3배로 넣어 잘 섞어준 후 농축을 통해 에탄올을 증발하여 추출물을 얻었다. 추출물은 동결건조 한 후 -20℃ 냉동고에 보관하였다.

#### 다. 분석방법

##### (1) 생육활성

프로바이오틱스 생육 활성을 보기 위해 고구마 부위별 올리고당 추출물을 농도별로 나눠 진행하였으며, 휴면 및 식품 유래 프로바이오틱스 균주 5종(*Lactobacillus rhamnosus* KACC11953, *Enterococcus faecium* KACC11954, *Pediococcus acidilactici* KACC12307, *Streptococcus thermophilus* SCML337, *Saccharomyces bouladii* KT000032)을 사용하였다. 24 well plate에 희석 배양액 1.25 mL, 고구마 부위별 올리고당추출물 용액 0.25 mL씩 넣었다. 용액의 농도는 50, 25 mg/mL를 사용하였다. 분광 광도계(SpectraMax i3, Molecular Devices, Busan, South Korea)를 사용하여 600 nm에서의 흡광도를 측정하고, 초기 값을 측정한 뒤 15시간 동안 37℃의 배양기에 보관하면서 3시간마다 흡광도를 측정하였다.

##### (2) 프락토올리고당 성분 함량

고구마 올리고당 추출물이 본 실험에서 표준물질로 설정한 치커리에서 유래된 프락토올리고당(GF<sub>2</sub>, F8052 Sigma-Aldrich)과 동일한 물질이 존재하는지 확인하기 위하여 HPLC-RID를 이용하여 분석하였다. C<sub>18</sub> 컬럼(300×3.9 mm; Waters, USA), 오토 샘플러, 온라인 탈기장치, 더블펌프, 컬럼 온도 컨트롤러 및 분석 워크 스테이션(Agilent Technology, Germany)이 장착되어 있는 Agilent 1260 액체 크로마토그래피 시스템(Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)을 사용하였다.

## 3 결과 및 고찰

### 〈제1세부과제: 고구마 지상부 활용 식이섬유 제품 개발〉

#### (시험 1) 고구마 저항성 전분 제조

생전분과 처리별 저항성 전분의 색도를 조사한 결과 생전분에 비해 저항성 전분은 명도를 나타내는 L값은 감소하여 어두운 경향을 보였고, 황색도를 나타내는 +b값은 저항전분이 높게 나타났다. 이는 가열의 과정을 여러 번 거치면서 저항성 전분이 갈변현상이 나타난 것으로 사료된다.

표 4. 색 도

구 분	색 도		
	L	a	b
생전분	93.88±0.35	-0.71±0.01	3.86±0.16
RS1	85.44±0.74	0.48±0.06	9.6±0.74

구 분	색 도		
	L	a	b
RS2	88.39±0.92	0.58±0.11	7.24±1.05
RS3	87.98±0.42	0.878±0.07	7.424±0.28
RS4	87.12±0.66	1.00±0.14	7.78±1.26
RS5	87.05±0.68	1.16±0.07	7.92±0.41
RS6	89.63±0.23	0.79±0.04	6.57±0.51
RS7	88.95±0.93	0.97±0.17	6.97±1.03
RS8	85.87±0.21	1.55±0.06	9.10±0.39
RS9	88.65±0.43	1.08±0.05	7.24±0.23

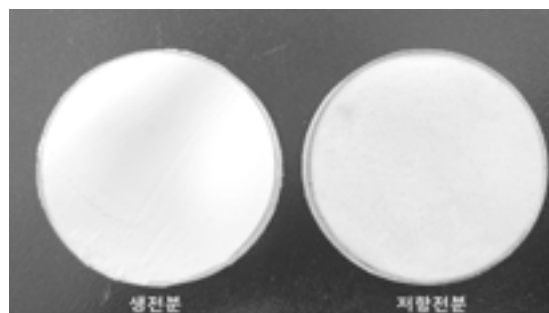
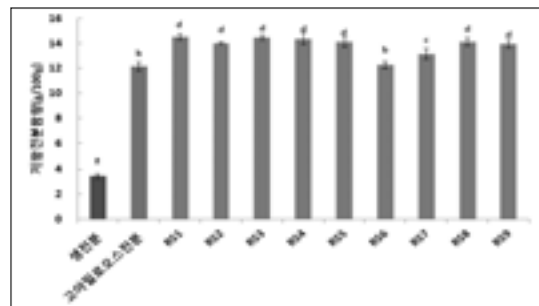
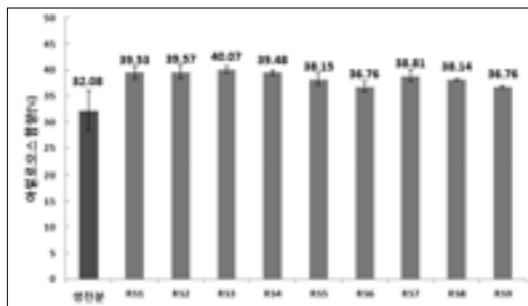


그림 2. 생전분 및 저항성 전분의 색 비교

가열-냉각 처리 횟수별 amylose와 저항성전분 함량을 측정된 결과, 생전분의 함량은 32.08%, RS 1-9처리는 36.76 ~ 40.07%함량을 나타냈다. 생전분에 비해 저항전분의 amylose 함량이 높았으며, 저항전분의 각 처리 간에는 유의차가 없는 것으로 나타났다. 저항성전분 함량을 측정된 결과, 생전분의 저항성 전분 함량은 대조구로 사용한 고아밀로오스전분은 12.15 g/100g, RS 1-9처리는 12.64 ~14.51 g/100g 의 함량을 나타냈으며, 생전분의 저항성전분 함량은 대조구 및 각 처리별 제조한 저항성 전분보다 유의적으로 낮았으며, 저항전분1-9의 각 처리 간의 차이는 크지 않았다.



amylose 함량

저항성전분 함량

그림 3. 생전분 및 저항성 전분의 amylose 함량 및 저항성전분 함량

고구마 품종에 따른 생전분과 저항성전분의 amylose 함량을 측정한 결과 진홍미와 호감미는 서로 간 유의차가 없었으며, 풍원미 품종은 생전분 보다 저항성전분이 amylose 함량이 높게 나타났고, 저항성 전분 함량은 모든 품종에서 생전분에 대비하여 처리구에서 저항성 전분 함량이 월등히 높았으며, 진홍미 품종의 저항성전분 함량이 17.93 g/100g으로 가장 높게 나타났다.

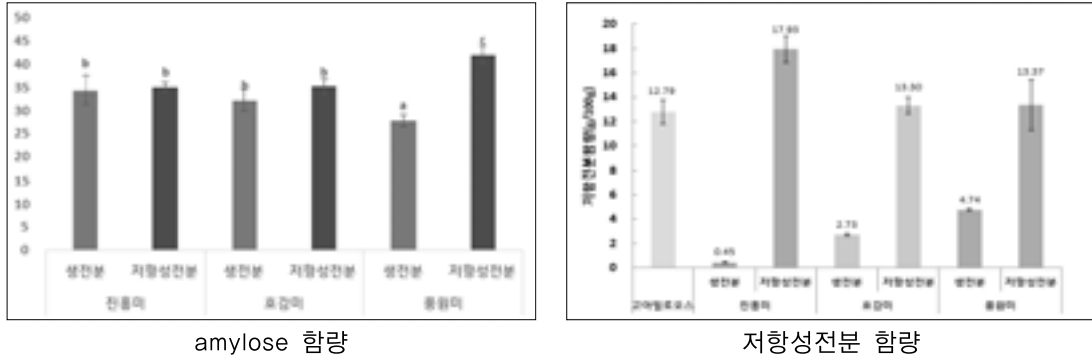


그림 4. 생전분 및 저항성 전분의 amylose 함량 및 저항성전분 함량

전분의 미세구조를 관찰하기 위하여 SEM 측정결과 생전분은 둥글둥글한 형태를 띄며, 부드러운 전분의 입자구조를 띄었으며, 저항성전분은 가열 과정 중에 완전히 호화되어 생전분의 입자 모양이 없어지고 표면이 불규칙하여 매끄럽지 못하고, 가열-냉각 과정에 의한 겔형성 및 전분사슬간의 결합에 의하여 단단한 덩어리를 형성 하였다.

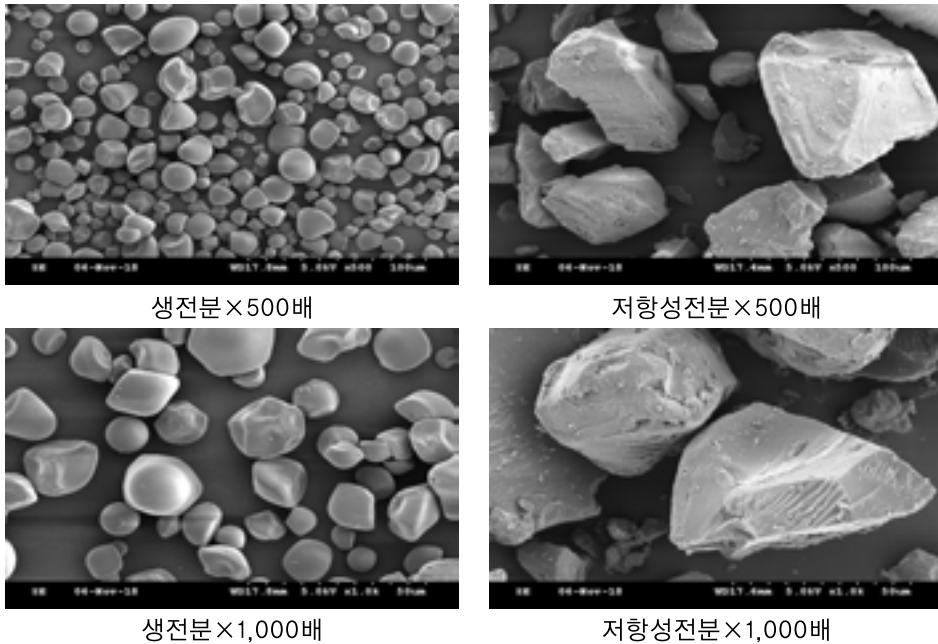


그림 5. SEM 촬영

생전분과 저항성전분의 결정형과 결정강도를 확인하기 위해 X-선 회절도를 분석한 결과 생전분은 X-선 회절도 피크가 회절각도(2θ)=15.17, 17.18, 22.88 에서 나타나 곡류 전분의 전형적인 A형의 형태를 나타냈으며, 저항성전분의 X-선 회절도 피크는 B형의 결정형 구조인 (2θ)=17 에서 피크의 강도가 강해짐을 확인 할 수 있었으며, 노화 전분의 전형적인 형태를 띠었다.

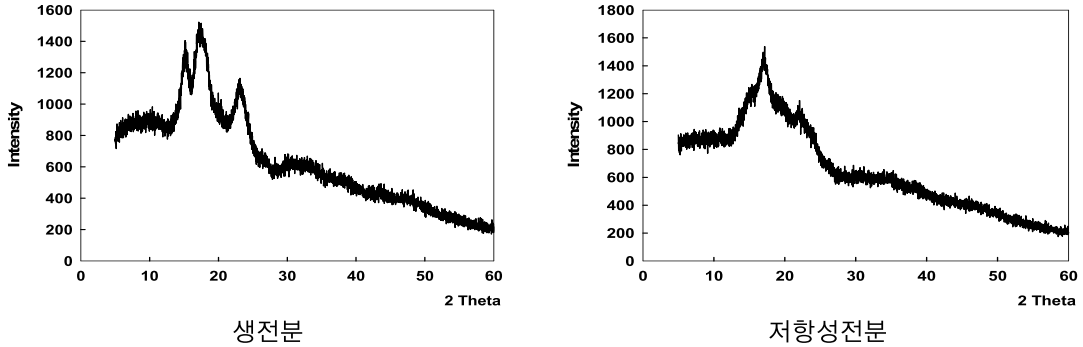


그림 6. X-선 회절도

생전분과 저항성전분의 팽윤력 측정결과, 온도가 증가함에 따라 모든 시료구에서 팽윤력이 증가함을 나타냈으나, 저항성 전분은 생전분에 비해 팽윤력이 낮게 나타나, 낮은 수분을 지닌 식품에는 전체적인 조직감이나 가공특성이 향상 될 것으로 판단된다.

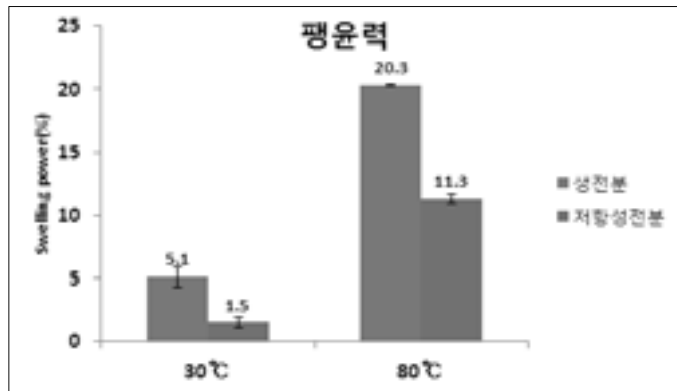


그림 7. 팽윤력

(시험 2) 고구마 활용 저칼로리 식사대용품 개발

처리	혼합	가열	포장	저온살균
처리 내용	고구마 분말 + 부재료(참쌀가루 등)	① 1차가열 : 5분, 센불 ② 2차가열 : 20분, 중불	스파우트 파우치, 90g	65°C, 30분

그림 8. 고구마 죽 제조과정



풍원미 죽

진흥미 죽

신자미 죽

그림 9. 품종별 고구마 죽

### 가. 고구마 죽 처리별 특성

품종 및 배합처리별 죽을 제조하여 일반성분의 분석결과는 표 5와 같다. 수분함량 65.43-74.67%, 탄수화물 21.67-31.33%, 조단백 0.94-2.14%, 조지방 1.22-0.11%, 조회분 0.76-1.33%, 조섬유 0.62-1.07%의 함량을 보였다. 박 등(2018)에 따르면 수분함량을 제외한 전체 건물량을 기준으로 영양성분을 비교한 결과 탄수화물, 조단백질, 조지방, 회분 순이었다.

표 5. 품종 및 처리별 고구마 죽 일반성분

품종	처리별	수분	조단백	조지방	조섬유	조회분	탄수화물
풍원미	I	68.84±0.49	1.51±0.02	0.43±0.06	0.63±0.12	0.85±0.04	27.74±0.64
	II	72.87±0.22	2.14±0.02	1.22±0.14	0.77±0.09	1.33±0.04	21.67±0.29
	III	65.43±0.12	1.48±0.01	0.35±0.01	0.65±0.04	0.76±0.05	31.33±0.17
진흥미	I	70.66±0.54	1.10±0.01	0.18±0.04	0.85±0.09	0.78±0.00	26.43±0.54
	II	75.03±0.53	1.27±0.01	0.11±0.03	0.76±0.02	0.85±0.02	21.98±0.55
	III	70.96±0.69	1.27±0.01	0.11±0.02	0.62±0.01	0.91±0.01	26.12±0.71
신자미	I	68.09±0.43	1.32±0.01	0.31±0.01	0.74±0.08	1.22±0.01	28.32±0.37
	II	69.53±0.33	1.62±0.01	0.19±0.06	1.07±0.07	0.89±0.01	26.71±0.43
	III	74.67±0.20	0.94±0.02	0.39±0.14	0.98±0.13	0.81±0.02	22.22±0.15

품종별 고구마 죽의 당도 측정 결과 풍원미>신자미>진흥미 순으로 높게 나타났으며, 이는 품종별로 지니는 고구마 고유의 단맛으로 당도의 차이가 있는 것으로 사료된다. 또한 풍원미 죽의 점도가 12-15 Pa.s로 다른 품종에 비해 낮고 퍼짐성이 7-10 cm로 가장 높아 흐름성이 좋은 것으로 나타났다.

표 6. 품종 및 처리별 고구마 죽 당도, 점도, 퍼짐성

품 종	처리별	당도(°Brix)	점도(Pa.s)	퍼짐성(cm)
풍원미	I	2.20±0.00	15	10
	II	2.67±0.06	12	7
	III	2.30±0.12	14	9
진홍미	I	1.60±0.00	220	1
	II	1.50±0.00	140	4
	III	1.47±0.06	160	5
신자미	I	1.70±0.00	200	3
	II	1.90±0.00	260	0.5
	III	1.70±0.00	300	0.5

5척점도로 관능검사 측정한 결과 외관, 향은 신자미가 가장 높았으며, 맛과 맛의 질감, 전반적 기호도는 진홍미가 높았다. 시판제품보다 직접 제조한 3품종의 고구마죽이 기호도 및 관능검사 모두 높게 나타났다.

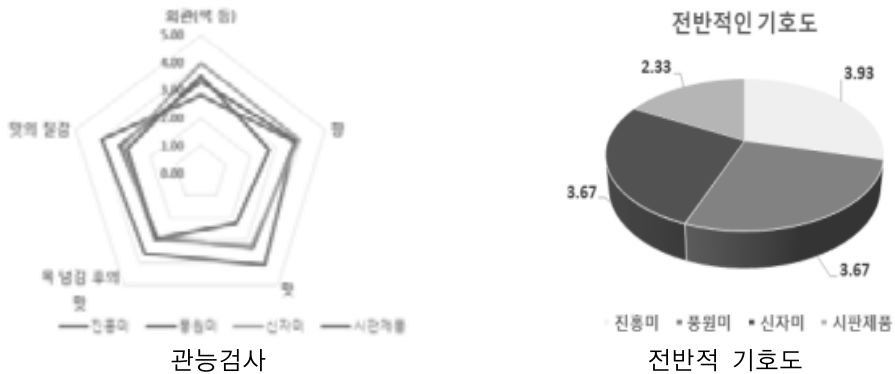


그림 10. 생전분 및 저항성 전분의 amylose 함량 및 저항성전분 함량

나. 고구마 시리얼 처리별 특성

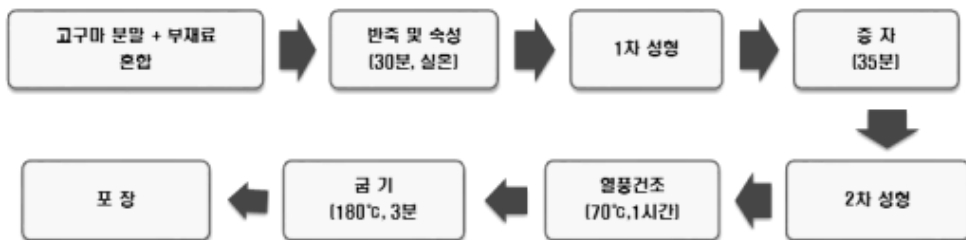




그림 11. 고구마 시리얼 제조과정

배합 처리별 고구마 시리얼을 제조하여 색도를 측정된 결과 L값 80.40~82.9, a값 0.73~1.30 b값 11.19~13.37을 나타냈다.

표 7. 처리별 고구마 시리얼 색도

처리별	색도		
	L	a	b
I	82.97±3.41	0.73±0.07	11.19±0.48
II	81.97±0.83	1.01±0.05	12.65±0.31
III	80.40±1.57	1.30±0.05	13.37±0.43

시리얼의 경도를 측정된 결과는 그림 12와 같다. II 처리구에서 가장 경도값이 높게 나타나 바삭함의 식감이 가장 좋게 나타났다.

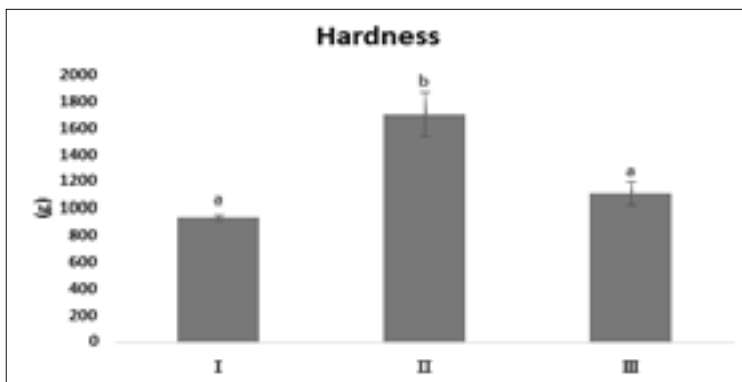


그림 12. 처리별 고구마 시리얼 경도(I, II, III)

스낵류의 품질지표로 사용되는 수분흡수지수, 수분용해지수는 전분과 단백질의 수화를 나타내는 지표로 호화도와 팽화율에 영향을 받으며, 스낵제품으로서 이들의 수치는 높을수록 좋은 품질로 인정된다. 배합 처리별 수분흡수, 용해지수 측정결과 II 처리구에서 유의적으로 가장 높게 나타나 품질이 가장 좋은 것으로 나타났다.

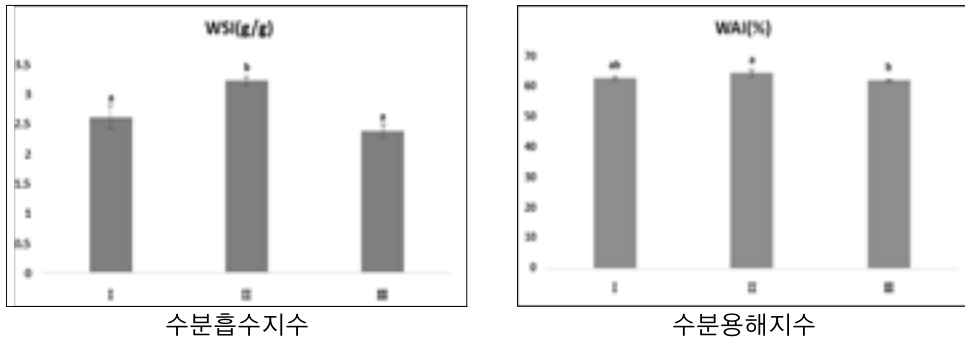


그림 13. 시리얼의 수분흡수, 수분용해지수 비교

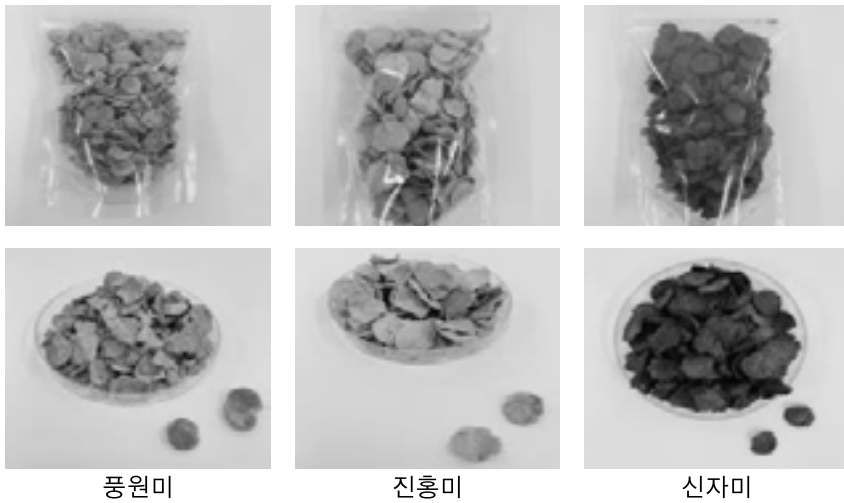


그림 14. 고구마 품종별 시리얼

### (시험 3) 고구마 지상부 활용 찜시트 제조

고구마 지상부를 주원료로 김 형태와 같은 시트 형태의 식품을 제조하여 풍부한 영양성분을 한 번에 섭취하고, 저장성 및 유통에서의 상품 경쟁력을 키우기 위해 본 실험을 수행하였다. 제조공정은 그림 15와 같다.



그림 15. 고구마 지상부 찜시트 제조공정

찜시트를 각각의 부재료 첨가 처리별로 제조하여 품질특성을 분석한 결과, 수분함량은 부재료인 한천만 첨가한 시료가 8.67%로 가장 높았으며, 한천과 곤약 복합 첨가 시료의 수분함량은 5.85%로 가장 낮게 나타났다. 색도는 한천, 곤약 복합 첨가에서 L값이 가장 높아 색이 밝은 경향을 보였으며 a값은 -0.63으로 녹색을 띄었고, 황색도도 가장 높아 색이 가장 관능적으로 좋은 것으로 나타났다.

표 8. 삼시트 배합 처리별 특성조사

처리	수분함량(%)	pH	색도		
			L	a	b
I (한천 0.5%+곤약 0.5%)	5.85±0.15	5.40±0.01	48.77±0.31	-0.63±0.01	8.51±0.32
II (한천 1%)	8.67±0.40	5.70±0.01	44.68±0.36	0.39±0.01	5.06±0.44
III (곤약 1%)	6.71±0.52	4.80±0.01	44.97±0.78	0.28±0.02	4.49±0.14

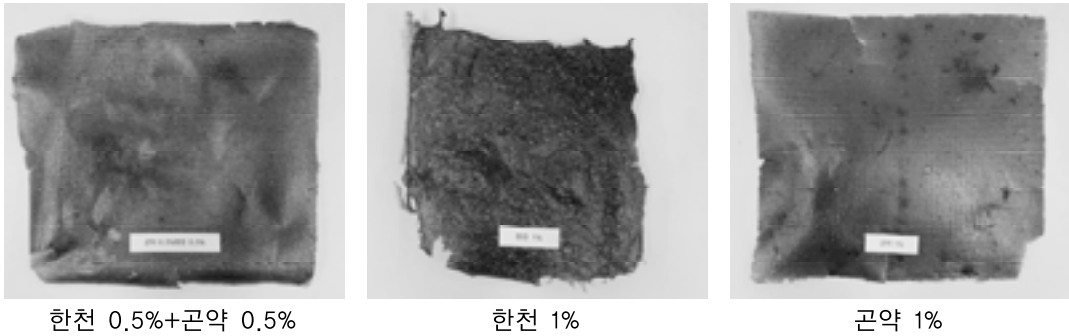


그림 16. 부재료 첨가별 삼시트

부재료 첨가 처리별 물성을 조사한 결과 응집성은 한천 단독 첨가 처리에서 가장 높게 나타났으며, 한천+곤약 복합 첨가 처리와 곤약 단독처리는 큰 차이가 없었으며, 탄력성은 한천+곤약 처리에서 6.242 mm로 나타났으며, 처리 간 차이는 없었다.

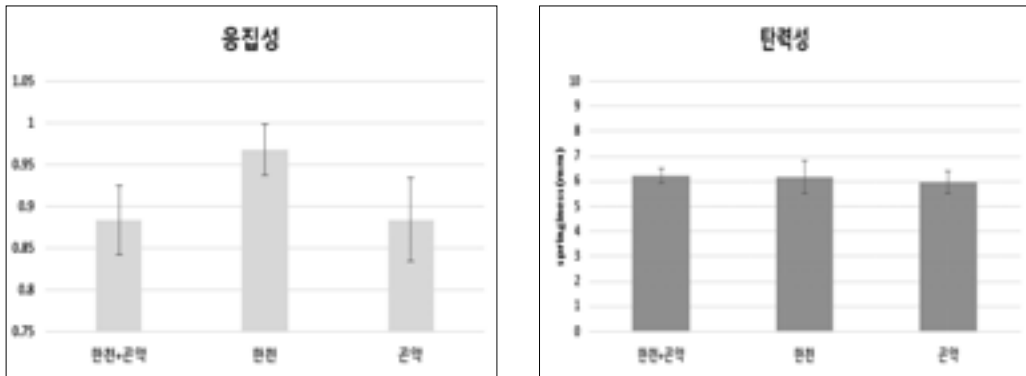


그림 17. 부재료 첨가 처리별 물성조사

위의 배합비율에 따라 한천+곤약 복합 첨가 처리구를 선발하여 건조온도 조건 설정시험을 하였다. 수분함량은 부재료인 40℃에서 건조한 처리구가 11.73%로 가장 높았고, 150℃ 건조 시료가 1.78%로 가장 낮게 나타났다. 색도측정 결과 70℃에서 건조한 처리구에서 명도가 가장 높고, 밝은 녹색을 띄었다.

표 9. 싼시트 건조온도별 특성조사

처 리	수분함량(%)	pH	색도		
			L	a	b
40℃	11.73±0.27	5.31±0.01	45.94±0.39	0.82±0.03	5.17±0.27
70℃	5.85±0.15	5.40±0.01	48.77±0.31	-0.63±0.01	8.51±0.32
150℃	1.78±0.41	5.26±0.01	43.79±0.21	1.28±0.02	4.57±0.19

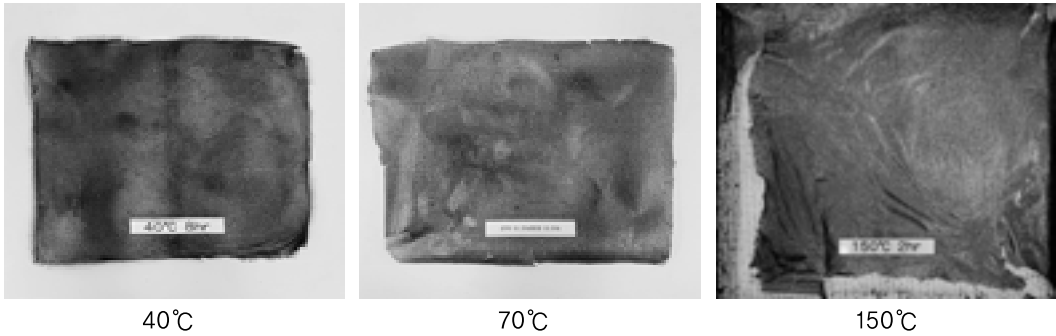


그림 18. 건조 온도별 싼시트

건조온도별 물성을 조사한 결과 응집성과 탄력성은 큰 차이가 없게 나타났다.

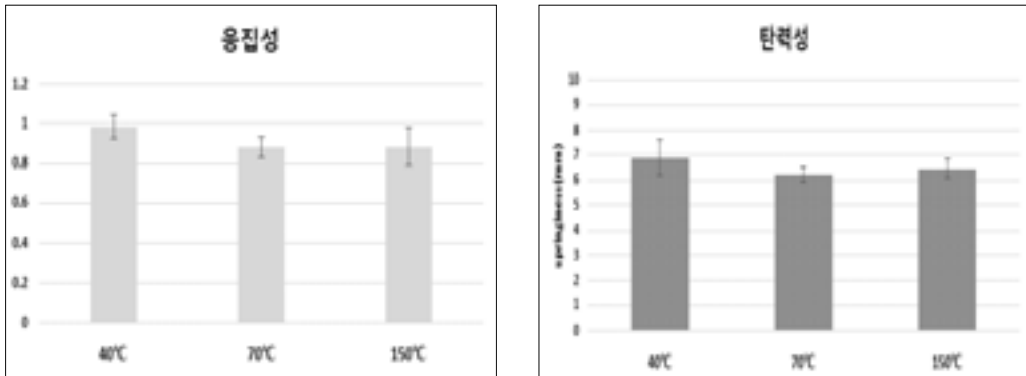


그림 19. 부재료 첨가 처리별 물성조사

#### (시험 4) 고구마 지상부 프리바이오틱스 소재 개발

고구마 부위별(괴근, 괴근 껍질, 지상부)를 활용하여 프리바이오틱스 소재로서의 가치를 탐색하기 위하여 프럭토올리고당 성분을 그림 20과 같이 추출하였다. 추출 수율은 지상부는 풍원미 22%, 호감미 15%, 괴근 껍질은 풍원미 21%, 호감미 29%, 괴근은 풍원미 28%, 호감미 44%로 나타나 괴근의 수율이 가장 높게 나타났다.



그림 20. 프럭토올리고당 성분 추출 공정

5종의 프로바이오틱스 균주(유산균 4종, 효모 1종)에 대한 고구마 부위별 프럭토올리고당 추출물의 생육 증진 효능분석은 표 10과 같다. 시료는 20, 50 mg/mL의 농도로 control과 비교하여 생육활성 검정하였다. 그 결과 풍원미 지상부의 생육활성 효능은 *E. faecium*, *S. thermophilus*, *S.bou-ladii* 균주에서 효능이 있었으며, 호감미 지상부의 생육활성 검정 결과 *E. faecium*, *P. acidilactici*, *S.bouladii* 균주에서 효능이 있었다. 풍원미 괴근 껍질은 *L. Rhamnosus*를 제외하고, 모든 균주에서 생육활성이 우수하였으며, 호감미 괴근 껍질은 *E. faecium*, *P. acidilactici*, *S.bouladii* 균주에서 효능이 있었다. 괴근은 두 품종 모두 생육증진 효능이 없는 것으로 나타났다.

표 10. 생육증진 효능

시 료	균 주				
	<i>L. Rhamnosus</i>	<i>E. faecium</i>	<i>P. acidilactici</i>	<i>S. thermophilus</i>	<i>S. bouladii</i>
PA	-	+	-	+	+
HA	-	+	+	-	+
PP	-	+	+	+	+
HP	-	+	+	-	+
PT	-	-	-	-	-
HT	-	-	-	-	-

PA: 풍원미 지상부, HA: 호감미 지상부, PP: 풍원미 껍질, HP: 호감미 껍질, PT: 풍원미 괴근, HT: 호감미 괴근

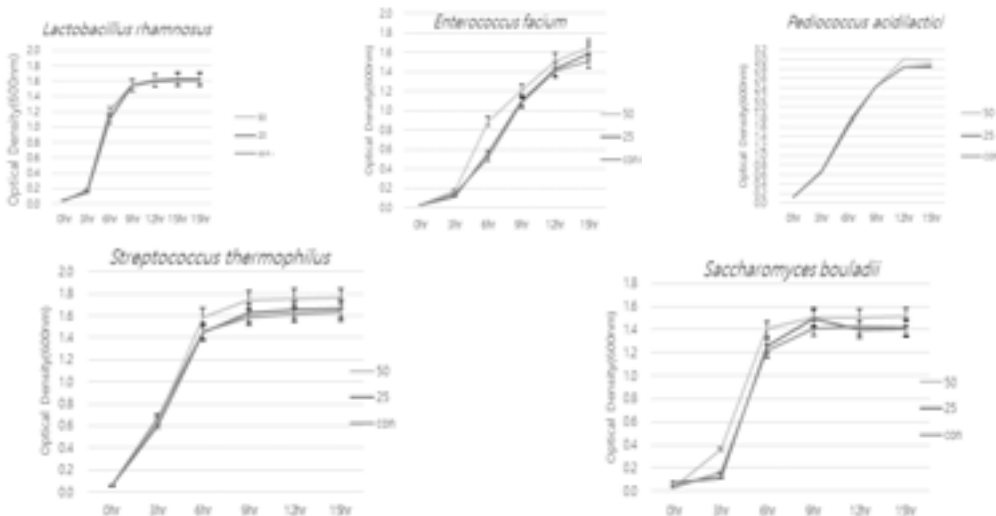


그림 21. 풍원미 지상부 생육활성

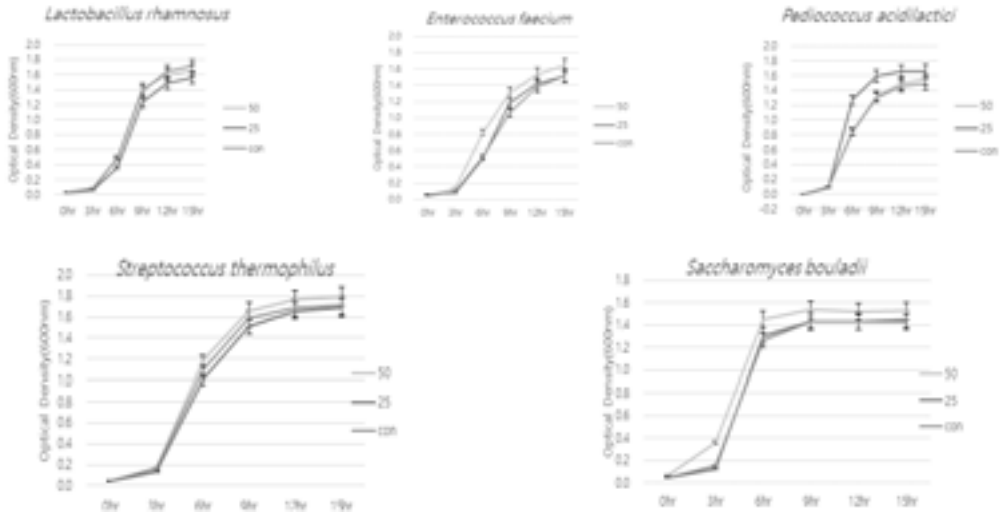


그림 22. 호감미 지상부 생육활성

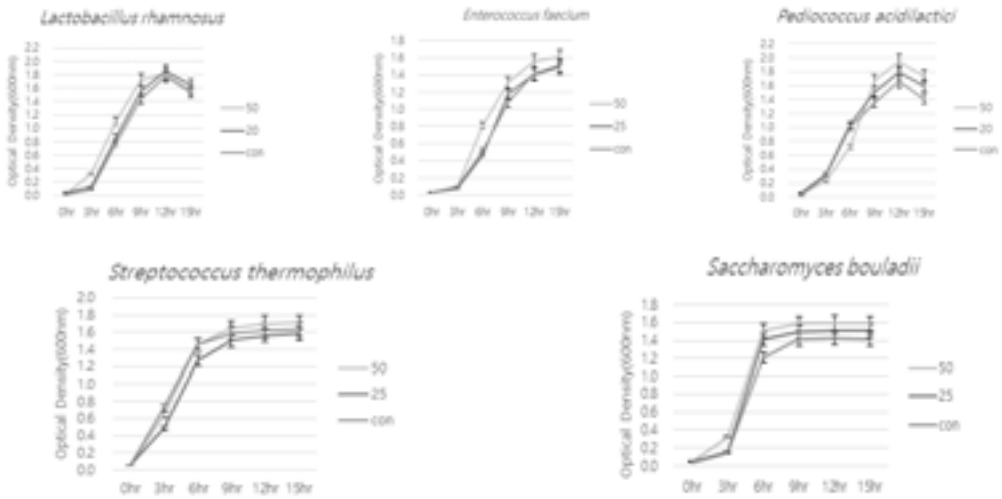


그림 23. 풍원미 괴근 껍질 생육활성



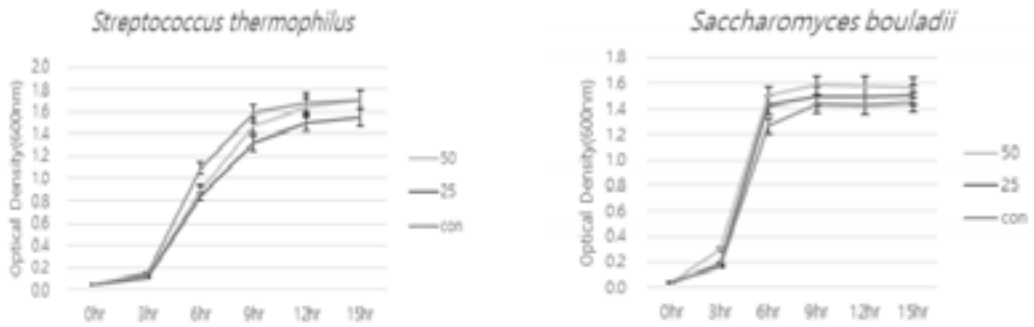


그림 24. 호감미 괴근 껍질 생육활성

표준품으로 프락토올리고당 5종(Kestotetraose, Kestopentaose, Kestose, Levanbiose, Levantriose), 이눌린 1종을 사용하였다. 프락토올리고당 5종과 이눌린 1종에 대해 HPLC 분석결과 프락토 올리고당 성분 중 kestose, levanbiose 2종과 이눌린이 검출되었다.

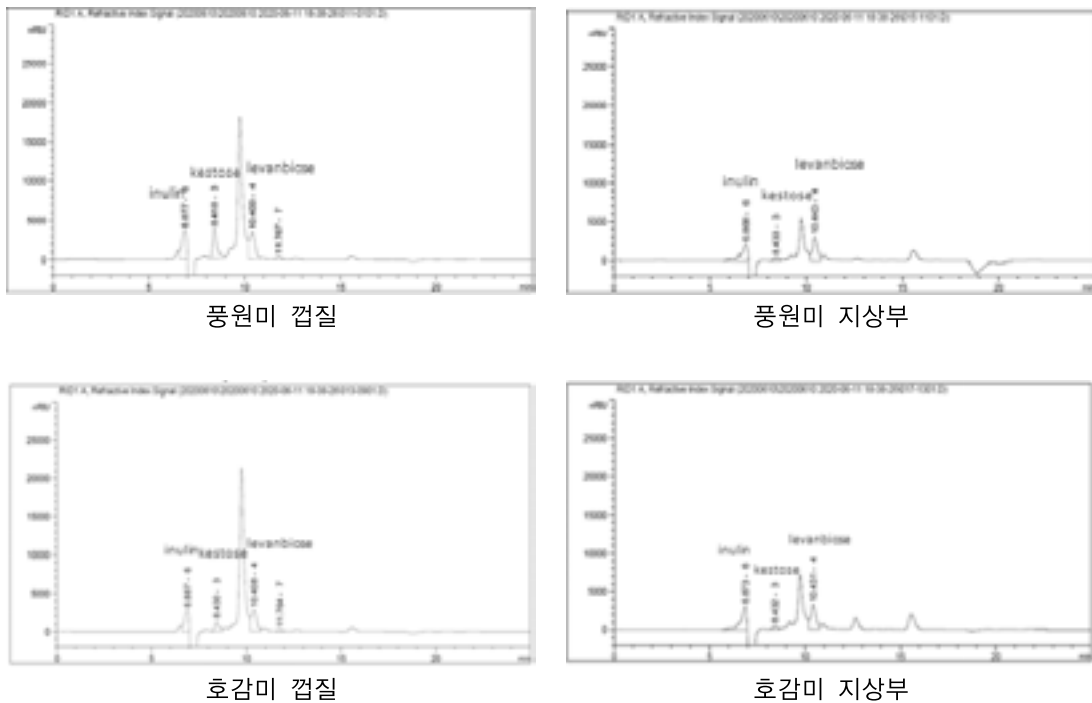


그림 25. HPLC 크로마토그램

프락토올리고당 함량 측정 결과 풍원미 껍질의 프락토올리고당 함량이 482 mg/g으로 가장 높게 나타났으며, 그다음으로 호감미 껍질의 함량(172 mg/g)이 높았다. 지상부에서는 62-85 mg/g 으로 나타내 미량 측정되었다.

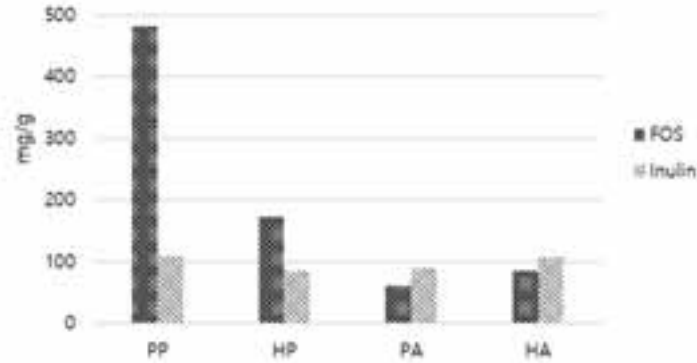


그림 26. 프리바이오틱스 소재(프럭토올리고당, 이눌린) 함량

## 4 적 요

### 〈제1세부과제: 고구마 식이섬유 및 기능성 탐색〉

- 가. 저항성 전분을 제조하여 생전분과 저항성 전분의 처리별 품질특성을 조사한 결과 생전분에 비해 저항성 전분이 amylose 함량 및 저항성전분의 함량이 높게 나타남
- 나. 각 처리별 amylose 및 저항성 전분 함량은 생전분에 비해 저항성 전분이 높게 나타났으며, 저항성 전분 처리 간의 차이는 크지 않았음
- 다. SEM 측정 결과 생전분은 둥글둥글한 형태를 띄며 부드러운 전분의 입자구조를 띠는 반면 저항성 전분은 가열 과정에서 완전히 호화되어 생전분의 입자 모양이 없어지고 표면이 불규칙하여 매끄럽지 못하고, 가열-냉각 과정에 의한 겔형성 및 전분사슬간의 결합에 의하여 단단한 덩어리를 형성하였음
- 라. X-선 회절도 측정결과 생전분은 곡류전분의 전형적인 A형의 형태를 띄었으며, 저항성 전분은 노화전분의 전형적인 형태를 띄었음
- 마. 팽윤력 측정결과 온도가 증가함에 따라 팽윤력이 증가하였고, 저항성 전분은 생전분에 비해 팽윤력이 낮게 나타남
- 바. 풍원미, 진홍미, 신자미 품종을 이용하여 죽을 제조하였으며 재료로는 고구마 분말과 저항성전분, 참쌀분말 정백당, 정제염을 이용하여 배합비율을 설정하였음
- 사. 품종별 고구마 죽의 당도 측정 결과 풍원미가 가장 높았으며, 신자미, 진홍미 순으로 높게 나타났으며, 풍원미 품종으로 제조한 죽이 점도가 낮고 퍼짐성이 높아 흐름성이 가장 높게 나타났음
- 아. 죽의 관능검사 결과 외관과 향은 신자미가 가장 높았으며, 맛과 맛의 질감, 전반적 기호도는 진홍미가 높게 나타났음
- 자. 고구마 시리얼은 고구마분말, 저항성전분, 참쌀분말 등의 주재료와 정제염, 글루텐 등의 부재료를 이용하여 배합비율을 설정하였음
- 차. 품질특성조사 결과 경도는 2처리구에서 높게 나타났으며 수분흡수, 용해지수는 2처리구가 유의적으로 가장 높게 나타났음

- 카. 지상부 껍시트 부재료로 한천 0.5%+곤약0.5% 복합 첨가 비율을 선발하였으며, 건조 온도는 70°C의 열풍건조 조건을 선발하였음
- 티. 한천 0.5%+곤약0.5% 복합 첨가 시 색도 및 외관이 우수하였음
- 파. 고구마 부위별 (지상부, 괴근껍질, 괴근)로 프럭토올리고당 성분을 추출하여 프리바이오틱스 효능을 탐색한 결과 풍원미 괴근껍질 > 지상부 > 괴근 순으로 유익균 생육증진 효능이 우수한 것으로 나타나 최종적으로 괴근껍질과 지상부를 선발하였음
- 하. 프리바이오틱스 소재인 프럭토올리고당과 이눌린의 함량을 측정한 결과 풍원미 껍질에서 함량이 가장 높게 나타났음

## 5 인용문헌

FAO, 1997. Food and Agriculture Organization. FAO production yearbook of Rome. FAO 51.

Jin S, Chung M.N, Kim J.T, Chi H.Y, Son J.R, 2005. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. Korean J. Crop Sci. 50:141-146

India H, Suzuno H, Sugiyama N, Innami S, Tadokoro T, Maekawa A, 2000. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes. Food Chem. 68:359-367

Li Meishan, 2013. Physicochemical Characteristics and Optimization of Funtional Components Extraction in Sweet potato(Ipomoea batatas L.) Leaves and Stalks, Chungbuk University.

Li L, 1974. Variation in protein content and its relation to other characters in sweet potatoes(Ipomoea bataas L.). Chinese J. Agric assoc 88:17-22

Juliano BO. 1971. A simplified assay for milled rice-amylose. Cereal Sci Today 16:334-338

McCleary BV, Monghan DA. 2002. Measurement of resistant starch. J AOAC Int 85(3): 665 -675

Palaniappan, A., Balasubramaniam, V. G., & Antony, U. 2017. Prebiotic potential of xylooligosaccharides derived from finger millet seed coat. Food Biotechnology, 31(4), 264-280.

Park JS, Na HS. 2018. Development of fermented pumpkin porridge as a meal replacement. J. FOOD Preserv 25:501-506

## 6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2019(2년)	영농정보	고구마 간편식 죽 제조공정
2020(3년)	기술이전	고구마 지상부 껍시트 제조기술(한국곤드레)
	영농정보	고구마 부위별 프리바이오틱스 효능 정보 제공
	학술발표	Comparison of Effective of Prebiotics in Each Variety and part of Sweet potato(한국영양학회)

성과지표명	연 도	2년차(2019)		3년차(2020)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적
기술이전				1	1	1	1
학술 발표	국제			1	1	1	1
	국내						
영농 활용	기술						
	정보	1	1	1	1	2	2
계		1	1	3	3	4	4

## 7 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'18	'19	'20
과제책임자	농식품연구소	농업연구사	박아름	과제 총괄	○	○	○
세부책임자	농식품연구소	농업연구사	박아름	세부주관 수행	○	○	○
공동연구자	농식품연구소	농업연구관	안문섭	연구자문	○	-	○
	"	"	권순배	연구자문	-	○	-
	"	"	함진관	연구자문	-	-	○
	"	"	김시창	연구자문	○	-	-
	"	"	최성진	연구자문	-	○	○
	"	"	권혜정	연구자문	-	○	
	"	농업연구사	노희선	시험수행	○	-	
	"	"	김희연	시험수행	○	○	-
	"	"	이효영	시험수행	-	○	-
	"	"	박지선	시험수행	-	-	○
	"	"	임재길	시험수행	-	-	○
	"	"	이재희	시험수행	-	-	○
	"	"	이기연	시험수행	-	-	○
	"	공업주사보	최병철	연구지원	○	○	○
	"	운전서기	윤석원	연구지원	-	○	○
"	공무직	배선화	시료분석	○	○	○	
"	"	임계현	시료조제	-	-	○	