

발 간 등 록 번 호

11-1543000-000578-01

고효율 감압 건조 공정을 이용한 다양한
농산자원들의 친환경 저탄소 가공공정 적성
향상기술 및 고부가 식품 개발
(Development of Eco-friendly Process and High
Value Foods from Agricultural Products by
Efficient Low Vacuum Drying Process)

농업회사법인(주)오제주

농 립 축 산 식 품 부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “고효율 감압 건조 공정을 이용한 다양한 농산자원들의 친환경 저탄소 가
공 공정 적성 향상 기술 및 고부가 식품 개발”의 보고서로 제출합니다.

2014년 10월 7일

주관연구기관명 : 농업회사법인(주)오제주

주관연구책임자 : 최 영 범

세부연구책임자 : 최 영 범

연 구 원 : 고정립, 고경진, 김용환, 김상빈

협동연구기관명 : 한림성심대학교

협동연구책임자 : 박성진

연 구 원 : 김봄, 김민정, 심다예, 안수정

요 약 문

I. 제 목

고효율 감압 건조 공정을 이용한 다양한 농산자원들의 친환경 저탄소 가공공정 적성 향상기술 및 고부가 식품 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구는 식품분야의 저탄소 가공 공정 개발에 관한 연구로 저탄소 고효율 감압건조방식으로 국내산 농산물의 활용성을 높이고 초고압 추출방식을 접목시킨 복합공정을 개발함으로써 유용성분의 추출을 극대화 시켜 이를 적용한 고부가가치 제품을 개발하는데 있다. 감압건조는 농산자원을 계절의 제약 없이 고품질로 건조할 수 있음으로써 시기에 상관없이 원료 수급이 가능하고 경제성 대비 원재료 성분의 파괴를 최소화 할 수 있는 친환경 적인 전처리 건조공정이라고 할 수 있으며 초고압 추출은 농산자원의 경우 부위별 특성에 따른 조직 구조의 차이로 인하여 유용성분을 추출하기 힘들다는 단점을 해결 할 수 있는 공정으로 제품의 품질은 물론 적은 열에너지를 소비하며 이상물질의 생성을 극복할 수 있는 공정으로 이를 활용한 복합공정이라 말로 미래 식품산업을 위하여 지속적인 연구 및 개발이 필요하다고 할 수 있다. 이로 인하여 국내산 농산물의 수입대체효과 및 생산증대에 기여함과 아울러 국내 농수산업의 활성화와 고부가가치화를 통한 농가소득 증대 및 농수산업의 미래지향적 육성에 이바지하고, 궁극적으로는 국민보건의료사업과의 유기적 발전을 꾀하고자 함에 본 연구개발의 필요성이 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 다양한 제주 농산 자원의 활용을 위한 저탄소 고효율 가공 공정 개발

가. 전처리 건조공정(감압건조) 및 본 공정(초고압 추출)을 통한 공정 개발

나. 감귤, 블루베리, 고구마의 원료별 특성에 따른 고효율 감압 건조 전처리 공정 조건 탐색

다. 건조 전처리된 농산 자원의 2차 가공을 위해 탄소 저감이 가능한 추출 및 가공 공정 조건 탐색

- 저탄소 가공 공정을 이용한 요인별 가공물 제조

- 초고압 공정은 시료를 비닐 팩에 용매와 함께 넣어 공기가 들어가지 않도록 진공 포장한 후, 100~500 MPa의 압력으로 10~60분간(25℃이하)

- 처리 압력과 시간에 따른 수율 및 활성 성분의 용출, 생리 활성의 차이에 따라 시료에 적합한 최적 조건을 정립

라. 건조, 추출, 농축 등 공정별 최적 요인 결정

2. 대상물의 건조 공정별, 추출공정별 성분 분석 및 기능성 탐색
 - 가. 대상물의 가공 공정 요인별 성분분석
 - 나. 대상물의 특성에 따른 *in vitro* 활성(항산화) 평가

3. 다양한 농산 자원의 고기능 유지가 가능한 공정 최적화 · 표준화 확립 및 Scale-up
 - 가. 농산 자원의 고기능 유지를 위한 고효율 감압 건조 전처리 공정의 산업적 생산이 가능한 scale-up 공정 변수들의 최적 조건 확립
 - 나. 감압 전처리된 농산자원의 고부가 가공을 위한 저온, 고효율 추출 조건 확립
 - 다. 제품성 등의 가공 적성 증진이 가능한 건조, 추출, 농축 공정 확립

4. 대상물의 기능성 증진
 - 가. 1년차 평가 결과에 따른 대상물의 최적 공정 건조물 및 추출물을 이용한 고부가 식품 소재 및 제품의 기능성 및 영양평가

5. 최적 공정 건조물 및 추출물을 이용한 고기능 식품 개발 및 제품화
 - 가. 최적 공정 건조물 및 추출물을 이용한 건강기능스낵바 형태의 고부가식품 제품화

IV. 연구개발 결과 및 활용 계획

1. 연구개발 결과

가. 건조공정별 제주 농산자원의 고효율 최적 건조공정 조건 탐색

제주농산자원의 건조공정별 고효율 최적 건조공정 조건을 탐색 한 결과 순환형 감압건조 50±1℃ 조건에서 타 건조공정에 비하여 수분함량 변화가 큼을 알 수 있었으며, 블루베리, 감귤 및 고구마의 건조시간은 각각 24시간, 15시간, 15시간 및 수분함량은 각각 17.3%, 13%, 4.8% 임을 알 수 있었다. 일반성분 분석에서는 건조공정에 따른 차이는 없는 것으로 보여 지며, 갈변도 및 색도에서는 블루베리, 감귤 및 고구마 모두 동결 및 순환형 감압건조물이 열풍건조에 비하여 좋은 결과를 보여주었으며, pH에서는 차이가 없었고, 유리당 및 무기질 함량에서도 건조공정에 따라 큰 차이는 볼 수 없었다. 비타민C의 경우 순환형 감압건조 및 동결건조에서 블루베리는 각각 6.9mg/100g, 7.1mg/100g, 감귤은 301.0mg/100g, 291.6mg/100g, 고구마는 3.9mg/100g, 4.7mg/100으로 열풍에 비해서는 높았으나 두 건조공정에서는 큰 차이를 볼 수 없었다. 블루베리의 안토시아닌 함량은 동결건조시료에서 높은 수치를 보였고 감귤의 hesperidin은 감압건조에서 높은 수치를 나타내었지만 동결건조와 큰 차이는 없으므로 경제적인 측면에서 본다면 순환형 감압건조 공정이 우수하리라 판단된다.

나. 건조공정별 제주농산자원의 기능성 평가 및 고효율 최적 건조공정 조건 확립

제주농산자원의 건조공정별 기능성 평가를 및 건조별 탄소배출량 산출을 통하여 최적 건

조공정 조건을 확립 하였다. 모든 제주농산자원에서 총 폴리페놀 함량 및 페놀성분 분석에서 순환형 감압건조공정이 동결건조와 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있었고, 전자공여능에서는 원료별로 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있었다. 이러한 기능성 평가 및 건조온도, 건조시간을 토대로 건조별 탄소배출량을 산출한 결과 CO₂ 배출량은 모든 작물의 건조에서 감압건조공정이 가장 낮음을 알 수 있었다.

다. 제주 농산자원의 초고압 추출조건 탐색 및 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립

제주 농산자원의 초고압 추출조건을 탐색하고자 압력 100~300 Mpa, 시간 15~60min 조건에서 수율을 측정된 결과 모든 작물에서 300 Mpa에서 15분간 추출하는 것이 경제성을 고려할 때 가장 적합한 것으로 판단되었다. 최적 초고압 추출조건을 확립하기 위하여 기능성 평가를 통하여 확인 결과에서도 마찬가지로 모든 작물에서 일반 열수 추출, 초고압 300 Mpa에서 5min, 15min 처리 결과 추출수율, 페놀 및 플라보노이드 함량, 항산화 측정, 환원력 측정, 조직의 SEM 관찰에서 모두 전반적으로 300 Mpa, 15min 조건에서 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이는 초고압 공정으로 인하여 기존의 추출 방법으로는 용출되지 않았던 성분들이 초고압 처리를 통하여 조직과 세포막의 변형으로 인해 용출량이 증가한 결과로 원가절감 및 추출시간의 단축 등을 통해 일반열수 추출보다는 경제적인 측면에서 효과가 있을 것으로 판단된다.

라. 제주 농산자원의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립 및 Scale-up

제주 농산자원의 고기능 유지가 가능한 복합공정을 개발하기 위하여 앞에서 밝혀진 감압 건조공정 및 초고압 추출공정의 최적 추출조건을 적용하였다. 그 결과 블루베리의 경우 추출수율(26.49%), 폴리페놀(35.19 mg/g GAE), 전자공여능(57.32 µg/mL), 감귤의 경우 추출수율(28.19%), 폴리페놀(20.19 mg/g GAE), hesperidin(6.14 mg/100g), 전자공여능(48.21 µg/mL), 고구마의 경우 추출수율(46.74%), 폴리페놀(30.2 mg/g GAE), 전자공여능(46.33 µg/mL) 였으며, SEM 관찰에서 초고압 처리한 시료가 세포벽이 깨어지면서 조직 및 구조가 변화한 것을 확인 할 수 있었다. 이 결과는 모든 작물에서 초고압 추출 단일공정만 적용했을 때 보다 감압건조 및 초고압 추출을 모두 적용한 복합공정에서 높게 나온 수치로 복합공정의 우수함을 재확인 할 수 있었다. 제주농산자원별 복합공정 최적조건은 감압건조 800 hPa, 50±1℃조건 및 초고압 추출 300 MPa, 15분이며, 건조시간은 블루베리, 감귤 및 고구마 각각 24시간, 15시간, 15시간 으로 대량생산에 적용하고자 한다.

마. 고효율 복합공정물을 이용한 고부가 식품 개발 및 제품화

고효율 복합공정물을 이용한 기능성 영양바 개발 및 제품화를 위하여 블루베리, 감귤 및 고구마 각각 23°brix, 32°brix, 60°brix의 복합공정물을 주재료로 하여 수분함량 22.1%, 10%, 21.4% 의 건조물, 이외에도 볶은 곡류, 건과류, 올리고당, 펙틴을 사용하여 제조하였다. 제품화를 위하여 각 영양바의 품질특성을 조사하였으며 그 결과 블루베리 영양바는 복합공정물

20% 첨가량이, 감귤 영양바 및 고구마 영양바는 복합공정물 15% 첨가량에서 기호도를 가장 높여 줄 수 있는 것으로 판단되었다. 제품화 시 기능성 영양바인 점을 고려하여 비타민 C 및 영양성분 분석을 실시하였으며, 비타민 C의 경우 블루베리 및 감귤은 각각 12.3mg/100g, 33.5mg/100g, 고구마는 극미량 함유되어 있음을 알 수 있었다. 고구마의 경우는 영양바의 부재료로 첨가되는 반건조 제품이 제품화가 바로 가능할 것으로 판단되어 “제주고구마빼빼기” 라는 명칭으로 제품화 되었다.

2. 연구개발 결과 활용 계획

본 연구를 통하여 기능성이 증가된 복합공정물을 생산하여 영양바 제품을 개발하였으며, 2편의 특허를 출원하였다. 연구에 활용된 자원 이외에도 다양한 제주 자원의 활용가치를 높일 수 있을 뿐만 아니라 친환경적인 공정으로 제주에서 반드시 필요한 식품산업 분야로 활용되어 질 것이다. 향후 대량생산을 통하여 기능성식품의 수출상품화 및 내수판매 증대를 통한 농가 소득향상과 국민 건강증진에 기여하도록 할 것이다.

SUMMARY

I. Title

Development of Eco-friendly Process and High Value Foods from Agricultural Products by Efficient Low Vacuum Drying Process

II. Research purpose and Necessity

Research purpose of this project is developing high value foods using eco-friendly process with efficient vacuum drying, which can optimize extraction of rich materials in Jeju resources. Low Vacuum Drying Process can make it possible to produce high quality products regardless season of resources, and moreover minimize destruction of nutrition facts. This eco-friendly ultra high pressure process can overcome a demerit of "In case of agricultural resources, it is difficult to extract rich materials from piece by piece". So that this complicated process needs continuous research for future food industry. It can contribute to the displace of import and production enhancement through future oriented promotion for domestic agricultural industry.

III. Research scopes

1. Developing eco-friendly efficient drying process for Jeju resources.
 - a. Pre-process(raw vacuum dry) and main-process(ultra high pressure extraction)
 - b. Pre-processing condition for mandarin, blueberry and sweet potato based on its characteristic.
 - c. Eco-friendly secondary extraction process for pre-processed dried resource.
 - Producing products using eco-friendly process.
 - ultra high pressure process after vacuum packing under the condition of 100~500 MPa pressure and 10~60 minutes under 25°C.
 - Optimal condition set up by pressure, time, extraction ratio and rich material
 - d. Optimized factors based on Drying, Extraction and Concentration
2. Process by process analysis of component and functionality
 - a. Process by process analysis of component
 - b. *In vitro* activity(antioxidant) by characteristic of resource

3. Process optimization, standardization and scale-up.
 - a. Optimal condition of pre-process (low vacuum dry) which can sustain high functionality and scale up factors.
 - b. Extraction condition of low temperature and effectiveness for pre-processed resources
 - c. Drying, extraction and concentration process considering productivity and product characteristic.
4. Functionality enhancement
 - a. Functionality and nutrition evaluation based on result of first year investigation.
5. Development of supreme functional food using extracted material via optimized process.
 - b. Snack bar type of high quality food production.

IV. Proposal for the uses of the research & development result

1. Research & Development result
 - a. Process by process effective and optimized drying condition for Jeju resources.

As a result of process by process effective and optimized drying condition for Jeju resources, large scale of dehydration change has been detected with the condition of low vacuum dry at 50±1°C condition. Water content for blueberry, mandarin and sweet potato was 17.3%, 13%, and 4.8% for each drying time of 24H, 15H and 15H.

There found no differences during general composition analysis based on drying process. Freeze dry and Low Vacuum Dry shows better result in Browning and color change compare to the Heat Dry. Also there were no difference for pH, isolate sugar and inorganic content through drying process. In case of Vitamin C, blueberry shows 6.9mg/100g, 7.1mg/100g for each circulated low pressure dry and Freezed Dry, mandarin shows 6.9mg/100g, 7.1mg/100g and also sweet potato is 3.9mg/100g, 4.7mg/100g, which was better than Heat Dry, however we could not find a difference via the process itself. Anthocyanin content of blueberry and Hesperidin in mandarin, it shows higher figure in low pressure dry, however Freeze dry shows no difference. So it is recommended that circulated low pressure dry is more economical than freeze dry.
 - b. Process by process functionality evaluation and effective and optimized drying condition for Jeju resource.

Process by process functionality evaluation and effective and optimized drying condition for Jeju resource has been set up. There were no differences in polyphenol and phenol content both circulate low pressure dry and freeze dry. In case of Electron donating ability, however, it shows notable difference by resource. After evaluating carbon emission ratio based on functionality, and temperature and drying time, low pressure dry shows lowest figure.

c. Optimized extraction condition using ultra high pressure extraction for Jeju resource.

In order to figure out optimized extraction condition, we investigated with the condition of 100~300 Mpa. pressure in 15~60min was the optimized condition considering economical aspects. Same result has been identified through functionality analysis like as Flavonoid content, Antioxidant evaluation, reduction power and SEM investigation. This result is expected that because of ultra high pressure extraction makes it possible for extracting more components in resources compare to traditional extraction process.

d. Complicated and optimized process and scale-up of Jeju resource which sustains high functionality

In order to develop 'Complicated and optimized process and scale-up of Jeju resource which sustains high functionality' we adopted optimized condition which was described before. As a result blueberry shows 26.49 % of extraction ratio Polyphenol(35.19 mg/g GAE), Electron donating ability(57.32 $\mu\text{g}/\text{mL}$), mandarin shows 28.19% of extraction ratio, Polyphenol(20.19 mg/g GAE), hesperidin(6.14 mg/100g), Electron donating ability(48.21 $\mu\text{g}/\text{mL}$), and sweet potato shows 46.74% of extraction ratio, Polyphenol(30.2 mg/g GAE), Electron donating ability(46.33 $\mu\text{g}/\text{mL}$). Through SEM investigation, we can find a change of organization and structure after ultra high pressure processing. This result means all the resources are showing better figures when adopting complicated process of low vacuum dry with ultra high pressure process simultaneously. Optimal condition for Jeju resources are, low vacuum dry 800 hPa, 50 \pm 1 $^{\circ}\text{C}$ condition, and ultra high pressure extraction 300 MPa, 15 minutes. Drying times are 24H, 15H and 15H for blueberry, mandarin and sweet potato for mass production.

e. High value food development and production using effective and complicated process

For high value food development(nutrition bar) and production using effective and complicated process, 23 $^{\circ}$ brix, 32 $^{\circ}$ brix, 60 $^{\circ}$ brix of blueberry, mandarin and sweet potato was used and also with roasted corps, nuts, oligosaccharide and pectin. We investigated quality characteristics of nutrition bar and found that 20 % of additive through

complicated process for blueberry, mandarin and sweet potato are 15 % would be attractive to the customer. Vitamin C analysis has been accomplished before producing nutrition bar, and it was identified that there contains 12.3mg/100g and 33.5mg/100gr for each blueberry and mandarin, however sweet potato just showed infinitesimal figure. Sweet potato case, we found that half dried product can be produced with the brand name of "Jeju Gogoma Pettegi".

2. Plan for the uses of the research & development result

Through this R&D project, nutrition bar has been developed, which is increasing functionality via complicated process. Two patents are applied. It can be used for food industry as a necessary eco friendly process which is enhancing the value of various Jeju resources. By mass production, export of nutrition bar can be possible and also with domestic marketing it would be helpful for income increase of farmers and healthcare for the people.

CONTENTS

Chapter I . Introduction of the research	18
Session 1. Objectives	18
Session 2. Necessity	19
Session 3. Research scopes	23
3.1 1st year	23
3.2 2nd year	24
Chapter II . Present situation of domestic and foreign research & development	25
Session 1. Market trend	25
1.1 Domestic market trend	25
1.2 Foreign market trend	26
Session 2. Technology trend	29
2.1 Domestic technology trend	29
2.2 Foreign technology trend	33
Session 3. Current status of technology	34
Chapter III . Processing methods of R&D and results	35
Session 1. Processing methods of R&D	35
1.1 Stepwise optimal and effective drying process for resources	35
a) Resources	35
b) Drying condition	35
c) Analysis of general component	36
d) Analysis of pH, color and browning ratio	36
e) Content of isolated sugar	36
f) Content of inorganic matter	37
g) Analysis of vitamins	37
h) Analysis of Anthocyanin content	37

I) Analysis of Hesperidin	37
j) Statistical analysis	38
1.2 Stepwise optimal and effective drying process for resources and functional evaluation	38
a) Resources	38
b) Analysis of total phenol	39
c) DPPH radical evaluation	39
d) Evaluation of phenol using HPLC	39
e) Set up optimal drying process based on carbon emission ratio	41
1.3. Set up optimal extract and ultra high pressure extracting condition	41
a) Resources	41
b) Analysis of total phenol	42
c) Content of flavonoid	42
d) DPPH radical evaluation	42
e) Analysis of reducing power	43
f) SEM(Scanning Electron Microscope)	43
g) Statistical analysis	43
1.4 Set up complicated process for sustaining high functionality and scale-up	43
a) Resources	43
b) Drying process	44
c) Process for ultra high pressure extraction	44
d) Analysis of total polyphenol	44
e) Analysis of Hesperidin	44
f) DPPH radical evaluation	45
g) SEM(Scanning Electron Microscope)	46
h) Statistical analysis	46
1.5 Developing high value food and production using effective and complicated process	46
a) Trial manufactured good	46
b) Quality evaluation of nutrition bar	47
c) Vitamin C analysis for nutrition bar	48
d) Analysis of nutritional facts	49
e) Design for nutrition bar	49
Session 2. Results of R&D	50
2.1 Stepwise searching on optimal and effective drying process	50
a) Optimal drying process and stepwise quality evaluation for Jeju blueberry	50

b)	Optimal drying process and stepwise quality evaluation for Jeju mandarin	56
c)	Optimal drying process and stepwise quality evaluation for Jeju sweet potato	62
2.2	Functional evaluation and effective drying process set up	68
a)	Antioxidant evaluation for Jeju blueberry	68
b)	Optimal drying process set up utilizing carbon emission ratio for Jeju blueberry	70
c)	Antioxidant evaluation for Jeju mandarin	71
d)	Optimal drying process set up utilizing carbon emission ratio for Jeju mandarin	73
e)	Antioxidant evaluation for Jeju sweet potato	74
f)	Optimal drying process set up utilizing carbon emission ratio for Jeju sweet potato	76
2.3	Functional evaluation and effective drying process set up under the condition of ultra high pressure condition	77
a)	Extraction condition for ultra high pressure for each resource	77
b)	Optimal drying process set up utilizing carbon emission ratio and functional evaluation for Jeju blueberry	79
c)	Optimal drying process set up utilizing carbon emission ratio and functional evaluation for Jeju mandarin	83
d)	Optimal drying process set up utilizing carbon emission ratio and functional evaluation for Jeju sweet potato	87
2.4	Complicated process optimization and scale up which can sustain high functionality for Jeju resources	91
a)	Complicated process optimization for Jeju blueberry, which can sustain high functionality	91
b)	Complicated process optimization for Jeju mandarin, which can sustain high functionality	94
c)	Complicated process optimization for Jeju sweet potato, which can sustain high functionality	98
d)	Complicated process optimization for Jeju resources, which can sustain high functionality	101
2.5	Value added food development and production using effective and complicated process high functionality for Jeju resources	103
a)	Production of dried blueberry, mandarin and sweet potato	103
b)	Quality specification of nutrition bar using complicated process	104
c)	Vitamin C analysis for nutrition bar	115
d)	Nutrition facts analysis for half dried sweet potato and nutrition bar	116
e)	Design for nutrition bar	118

Chapter IV. Contributiveness and management by objectives	119
Session 1. Annual Research objectives and achievement ratio	119
Session 2. Contribution to related area	120
2.1 Technical aspects	120
2.2 Economical and industrial aspects	120
Chapter V. Proposal for the uses of the research	121
Session 1. Achievement of research	121
Session 2. Plan for result of research	132
Chapter VI. Foreign technical information acquired during research	133
Chapter VII. References	134

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	18
제 1 절 연구개발의 목적	18
제 2 절 연구개발의 필요성	19
제 3 절 연구개발의 범위	23
1. 1년차	23
2. 2년차	24
제 2 장 국내외 기술개발 현황	25
제 1 절 국내외 시장 현황	25
1. 국내 시장 현황	25
2. 국외 시장 현황	26
제 2 절 국내외 기술 현황	29
1. 국내 기술개발 현황	29
2. 국외 기술개발 현황	33
제 3 절 국내외 기술개발 현황에서 차지하는 위치	34
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	35
제 1 절 연구개발수행 내용	35
1. 건조공정별 제주 농산자원의 고효율 최적 건조공정 조건 탐색	35
가. 재료	35
나. 건조조건	35
다. 일반성분 분석	36
라. pH 및 색도 및 갈변도 측정	36
마. 유리당 함량	36

바. 무기질 함량	37
사. 비타민C 분석	37
아. 안토시아닌 함량 분석	37
자. Hesperidin 분석 및 정량	37
차. 통계처리	38
2. 건조공정별 제주 농산자원의 기능성 평가 및 고효율 최적 건조공정 조건 확립	38
가. 재료	38
나. 총 페놀 함량 분석	39
다. DPPH radical에 대한 전자공여능 측정	39
라. HPLC를 통한 페놀 성분 분석	39
마. 탄소배출량에 따른 고효율 최적 건조공정 조건 확립	41
3. 제주 농산자원의 초고압 추출조건 탐색 및 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립	41
가. 재료	41
나. 총 페놀 함량 분석	42
다. 플라보노이드 함량 분석	42
라. DPPH radical에 대한 전자공여능 측정	42
마. 환원력(Reducing power) 측정	43
바. SEM(Scanning Electron Microscope) 관찰	43
사. 통계처리	43
4. 제주 농산자원의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립 및 Scale-up	43
가. 재료	43
나. 건조공정	44
다. 초고압 추출공정	44
라. 총 폴리페놀 함량 분석	44
마. Hesperidin 분석 및 정량	44
바. DPPH radical에 대한 전자공여능 측정	45
사. SEM(Scanning Electron Microscope) 관찰	46
아. 통계분석	46
5. 고효율 복합공정물을 이용한 고부가 식품개발 및 제품화	46
가. 시제품 개발	46
나. 영양바의 품질 평가	47
다. 영양바의 비타민 C 분석	48

라. 시제품의 영양성분 분석	49
마. 영양바 제품화를 위한 패키지 디자인 개발	49
제 2 절 연구개발수행 결과	50
1. 건조공정별 제주 농산자원의 고효율 최적 건조공정 조건 탐색	50
가. 건조공정별 제주산 블루베리의 품질특성평가 및 최적 건조공정 조건 탐색	50
나. 건조공정별 제주산 감귤의 품질특성평가 및 최적 건조공정 조건 탐색	56
다. 건조공정별 제주산 고구마의 품질특성평가 및 최적 건조공정 조건 탐색	62
2. 건조공정별 제주농산자원의 기능성 평가 및 고효율 최적 건조공정 조건 확립	68
가. 제주산 블루베리의 항산화 활성	68
나. 제주산 블루베리의 건조별 탄소배출량에 따른 고효율 최적 건조공정 조건 확립	70
다. 제주산 감귤의 항산화 활성	71
라. 제주산 감귤의 건조별 탄소배출량에 따른 고효율 최적 건조공정 조건 확립	73
마. 제주산 고구마의 항산화 활성	74
바. 제주산 고구마의 건조별 탄소배출량에 따른 고효율 최적 건조공정 조건 확립	76
3. 제주 농산자원의 초고압 추출조건 탐색 및 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립	77
가. 제주농산자원의 초고압 추출조건 탐색	77
나. 제주산 블루베리의 초고압 추출 조건별 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립	79
다. 제주산 감귤의 초고압 추출 조건별 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립	83
라. 제주산 고구마의 초고압 추출 조건별 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립	87
4. 제주 농산자원의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립 및 Scale-up	91
가. 제주산 블루베리의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립	91
나. 제주산 감귤의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립	94
다. 제주산 고구마의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립	98
라. 제주 농산자원의 고기능 유지가 가능한 복합공정 Scale-up	101
5. 고효율 복합공정물을 이용한 고부가 식품개발 및 제품화	103
가. 건조블루베리, 건조감귤 및 건조 고구마의 제조	103
나. 복합공정물을 이용한 영양바의 품질 특성	104
다. 영양바의 비타민C 분석	115
라. 반건조 고구마 및 영양바의 영양성분분석	116
마. 영양바 제품화를 위한 패키지 디자인 개발	118
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	119

제 1 절 연도별 연구목표 및 달성도	119
제 2 절 관련분야 기여도	120
1. 기술적 측면	120
2. 경제·산업적 측면	120
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	121
제 1 절 연구개발 성과	121
제 2 절 성과활용 계획	132
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	133
제 7 장 참고문헌	134

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

- 최근 탄소 발생에 따른 환경문제로 인하여 친환경 저탄소 공정에 대한 관심이 증가하고 있고 이에 대한 연구가 많이 진행되고 있으나, 식품과 같이 건조 및 추출 등의 공정으로 인하여 탄소 배출이 많은 분야에서 저탄소 가공 공정의 활용 사례는 거의 드문 실정이다.
 - 식품에서의 탄소배출은 다양한 천연물의 가공 및 추출에 있어서 높은 온도의 용매나 열을 직접 사용하기 때문에 천연물 자체에 존재하는 탄소발생을 증진 시키기 때문이다.
 - 기존의 연구들은 이러한 탄소발생에 관한 문제점 분석이나 탄소발생을 줄이기 위한 근본적인 연구 자체가 미흡한 실정으로 저탄소 고효율 공정을 통해 그 자체로서의 고효율 추출과 탄소발생을 줄일 수 있는 획기적인 가공 공정이 절대적으로 필요한 현실이다.
- 감귤 및 블루베리는 열매 이용 작물이며, 고구마는 뿌리 이용 작물로서 감귤의 경우 많은 연구가 이루어졌음에도 불구하고 제품화 된 사례는 한정적이며, 블루베리 및 고구마의 경우 최근 들어 기능적인 면에서 각광을 받고 있지만 이를 활용한 가공식품은 거의 없는 실정이다.
 - 따라서 제주 대표 작물인 감귤, 감귤 대체작물인 블루베리, 제주 밭농사에 적합한 고구마와 같이 수급이 원활한 제주 농산자원을 활용하여 제주의 청정자원을 유지 할 수 있도록 친환경 저탄소 가공 공정을 활용하여 고부가 식품군을 개발하고자 한다.
- 농산 자원의 경우 부위별 특성에 따른 수분 함량과 조직 구조의 차이로 인하여 식품 소재로서 사용하기 위해서는 적합한 가공 공정을 통한 성분 유지 및 효능 증진 방법의 개발이 필요한 실정이다.
 - 기존 가공 공정은 전처리 공정인 건조과정에서부터 가공 공정인 추출과정까지 고온 공정이 수반되기 때문에 유효 성분의 수율 및 농도가 낮아 생리활성의 증

진을 기대하기 어려움

- 종래 추출 공정은 용매 사용이 극히 제한적이고 공정에서도 단순 가열에만 의존하는 방식임.
 - 기능성 천연 소재 연구는 생리활성 탐색을 통한 활성물질 분리·분석 연구에 집중 (87%)되어, 활용성 향상 및 산업화 개선을 위한 공정연구는 미흡(4%)한 실정임.
 - 따라서 이상의 문제점들을 개선하고 기존의 한계를 극복하기 위한 신개념 공정의 개발이 절실히 요구되며, 전 세계적으로 친환경 고효율 공정 기술이 주목받고 있어 유효활성의 획기적 증진이 가능한 융합 요소 기술이 요구된다.
- 따라서 본 연구진은 기존에 이용되고 있는 즉, 에너지 사용량이 많은 건조 공법과 차별화된 저탄소 식품건조가공 공법인 감압건조 및 저탄소 추출 공법인 초고압 추출공정을 접목한 복합공정을 개발함으로써 제품의 품질을 증대시켜 수익 증대를 목표로 하고자 한다.
- 제주 농산자원의 원료별 수확시기에 따라서 감압건조를 통하여 고품질 건조가 가능하며, 계절에 상관 없이 고품질의 추출원료를 활용할 수 있음으로써 저탄소·저에너지 방법으로 고부가가치 제품화가 가능하다고 할 수 있다.
 - 감압건조의 경우 낮은 온도에서 건조가 이루어지기 때문에 유효성분의 손실이 적고 초고압 추출공정의 경우 유용성분 추출을 극대화할 수 있기 때문에 다양한 기능성 소재로 활용 가능할 것으로 보인다.

제 2 절 연구개발의 필요성

- 최근에는 생활수준의 향상과 더불어 친환경 가공 산업을 통한 기능성 식품 및 생리활성 소재에 대한 연구가 활발해지고 있으며, 다른 산업군들에 비해 식품 가공에서는 농산 자원을 식품으로 활용하기 위해 저장 및 활용의 용이성을 높여 이려는 가공 개발 연구는 상용화되고 있지만, 실제 식품 산업에 직접 적용된 저탄소 고효율 가공 공정의 사례는 아직 미흡한 실정이다.
- 본 제안 공정의 목표인 저탄소 공정을 적용하여 농산 자원을 고부가 식품으로 개발하기 위해서는 농산 자원의 품질 및 활성 성분을 그대로 유지할 수 있는

고효율 전처리 건조 공정이 선행되어야 하며 이와 연계하여 추출 공정 또한 저탄소·저에너지 추출 공정이 적용되어야 탄소 발생이 적으며 높은 효율로 농산 자원의 식품 개발을 진행할 수 있다.

- 식품건조기술은 자연건조 및 열풍, 피막, 분무, 동결, 진공(감압)건조 등과 같은 인공건조로 구분할 수 있으며, 농산물 건조에서 많이 사용하고 있는 열풍건조의 경우 고온공정으로 농산자원의 조직 경화, 카라멜화 반응 등이 일어나 유용성분의 파괴 및 손실이 발생하게 되어 전처리 공정에서부터 원재료 자체의 활성이 낮아지며 독성물질이 생성될 수 있는 문제점이 있으며, 동결건조의 경우 저온으로 건조하여 열풍건조의 문제점을 해결할 수 있으나 에너지와 비용의 소비가 높은 단점이 있어 이를 보완하기 위한 다양한 건조기술 개발 및 공정 활용이 필요하다.

- 감압건조기술은 60℃ 이하의 온도와 대기압보다 낮은 기압으로 감압시켜 건조하는 기술로 열풍 건조보다는 식품의 복원성 및 품질 변화가 적으며 동결 건조보다 적은 비용이 든다. 특히 오제주의 순환형 감압건조기술은 특수 설계에 의하여 감압이 일어나며 제습된 공기의 흐름을 원활하게 함과 동시에 원적외선 코팅 판재를 적용하여 판재가 가지고 있는 열을 활용함으로써 저에너지 형태로 운영비를 최소화 할 수 있도록 개발되고 있다.

- 일반적인 추출방법으로 용매추출법, 열수추출법, 기계적 압착법 등이 있으나 이러한 방법들은 유용성분을 효율적으로 얻지 못하고 독성물질을 용출해 내는 단점이 있어 이를 보완하기 위한 복합추출 공정이 개발 되고 있다.

- 이 중에서도 식품산업 및 제약산업의 소재개발에 많이 적용하는 초고압(High hydrostatic pressure(HHP)) 기술은 100~1000MPa의 압력을 이용하여 압력 매체로 물이나 오일을 이용해 압력을 순간적으로 균일하게 전달시키는 비가열처리 기술 중의 하나이며, 미생물의 형태, 생화학적 반응, 세포막 및 세포벽에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

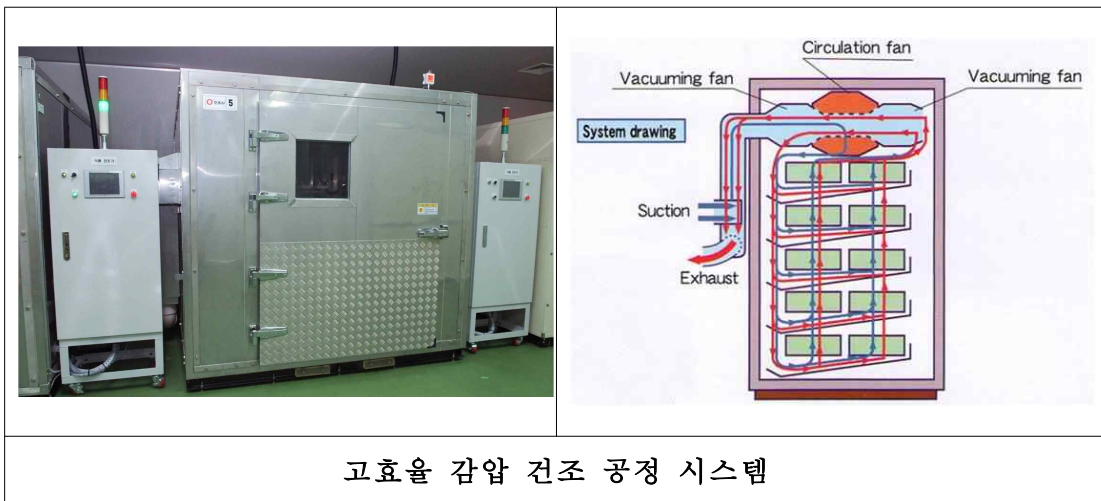
- 주요 장점으로서는 공정의 간편화와 시간 및 비용절감효과와 함께 상온 또는 저온에서 실행가능하고, 단백질의 응고, 천연의 맛과 향미, 색, 신선도를 유지할 수 있으며, 모든 방향에서 압력이 균일하게 작용하므로 처리 정도의 차이가 존재하지 않고, 플라스틱 필름과 같은 파우치 형태의 bag을 이용할 수 있어

실험을 용이하게 할 수 있다.

- 현재 식품산업은 고품질, 고 기능성 제품에 대한 활용도가 높아져 기능성 소재개발 적용에 중요성이 커지고 있으나 국내에서는 설비의 고비용 등으로 산업적 이용이 활발하지 못한 실정으로 지속적인 연구 및 공정 개발로 활용성을 높일 필요가 있다.

- 본 연구진은 저에너지로 경제성을 확보하며 고기능성 소재를 얻기 위하여 농산 자원을 저온에서 고효율 감압건조가 가능한 제조기술을 일본과 공동으로 개발하였으며, 일반 감압건조 기술보다 저에너지 고효율로 고품질 건조함으로써 국내는 물론 미국, 홍콩 등에 자사의 감압건조제품을 수출하고 있다.

- 자사의 고효율 감압 건조 공정



- 고품질 감압건조 : Air blower를 이용해 건조기 내부의 감압을 높여 수분의 증발을 빠르게 함으로써 원재료의 품질 손실을 최소화함.
 - 에너지 절약형 건조 : 따뜻하고 습한 공기가 열 교환기의 필터를 거치면서 제습이 이루어지고, 제습된 공기는 다시 건조기 내부로 주입시킴으로써 건조기 내부의 열 손실을 줄여 주는 시스템으로 높은 에너지 효율을 보여줌.
 - 다양한 건조제품 : 과일, 채소, 버섯류 및 약초 등에 다양하게 적용 가능함
- 따라서 본 연구진은 저탄소 고효율 감압 건조에 초고압 추출 공정을 이용하여 낮은 온도에서 높은 효율로 추출 및 가공을 진행하여 고온으로 인한 생리활성 성분의 파괴 및 변질을 막을 수 있으며, 높은 에너지 소비 및 탄소 발생의 문제

점을 해결할 수 있을 것으로 보인다.

- 이와 같은 저탄소 고효율 감압 건조 및 추출 공정은 기존 공정의 한계인 유용 생리활성물질의 수율 저하와 추출시간의 비효율성을 극복하기 위한 효율적이고 환경 친화적인 공정 기술이라고 할 수 있다.

제 3 절 연구개발의 범위

1. 1년차

■ 다양한 제주 농산 자원의 활용을 위한 저탄소 고효율 가공 공정 개발

- 전처리 건조공정(감압건조) 및 본 공정(초고압 추출)을 통한 공정 개발
- 감귤, 블루베리, 고구마의 각 원료별 특성에 따른 고효율 감압 건조 전처리 공정 조건 탐색
- 건조 전처리 된 농산 자원의 2차 가공을 위해 탄소 저감이 가능한 추출 및 가공 공정 조건 탐색
 - 저탄소 가공 공정을 이용한 요인별 가공물 제조
 - 초고압 공정은 시료를 비닐 팩에 용매와 함께 넣어 공기가 들어가지 않도록 진공 포장한 후, 100~500 MPa의 압력으로 10~60분간(25℃ 이하)
 - 처리 압력과 시간에 따른 수율 및 활성 성분의 용출, 생리활성의 차이에 따라 시료에 적합한 최적 조건을 정립
- 건조, 추출, 농축 등 공정별 최적 요인 결정

■ 대상물의 건조 공정별, 추출공정별 성분 분석 및 기능성 탐색

- 대상물의 가공 공정 요인별 성분분석
- 대상물의 특성에 따른 *in vitro* 활성(항산화) 평가

2. 2년차

■ 다양한 농산 자원의 고기능 유지가 가능한 공정 최적화 · 표준화 확립 및 Scale-up

- 농산자원의 고기능 유지를 위한 고효율 감압 건조 전처리 공정의 산업적 생산이 가능한 scale-up 공정 변수들의 최적 조건 확립
- 감압 전처리된 농산자원의 고부가 가공을 위한 저온, 고효율 추출 조건 확립
- 제품성 등의 가공 적성 증진이 가능한 건조, 추출, 농축 공정 확립

■ 대상물의 기능성 증진

- 1년차 결과에 따른 대상물의 최적 공정 건조물 및 추출물을 이용한 고부가 식품 소재 및 제품의 기능성 및 영양평가

■ 최적 공정 건조물 및 추출물을 이용한 고기능 식품 개발 및 제품화

- 상기 최적 공정 건조물 및 추출물을 이용한 건강기능스낵바 형태의 고부가 식품 제품화

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내외 시장 현황

1. 국내 시장 현황

- 2009년도 식품 및 식품첨가물 생산실적 조사결과 국내 식품 제조산업의 총 생산 규모는 40조 4,088억원으로 2008년도 36조 6,496억원에 비해 10.3% 증가하였고, 국내 총생산에 대한 비중은 3.8%, 제조업 GDP에 대한 비중은 15.2%로 2008년도 3.6%, 14.2%에 비해 소폭 증가한 것으로 집계되었다(출처 : 2010년 한국은행 통계자료).
- 건조제품에 대한 국내의 수요 통계는 잡혀 있지 않지만 최근 들어 보관이 용이하고 영양소 파괴가 적은 건조 가공기법을 이용한 농산물 가공제품들이 점차 다양해지고 있으며, 바쁜 현대인들이 생과일을 대체해 섭취할 수 있는 과일 가공품의 수요가 확대되어 소비자의 주목을 끌고 있다.
 - 특히 과일 가공품의 수요확대에 발맞춰 건조과일 시장 또한 성장할 것으로 예상되어지며, 더욱이 생과일과 건조과일의 영양 성분이 큰 차이가 없다는 결과가 밝혀지면서 생과일보다 한결 간편하게 즐길 수 있는 건조과일의 수요 증가를 이끌고 있다.
- 영양소 파괴를 최소화하는 건조 가공기법은 일반 건조 나물류, 스낵류, 조미료류 및 영양선식과 같은 음료 제품 등의 공정에 이용되면서 별도의 첨가물 없이 본연의 향과 맛, 영양소를 보존할 수 있다는 장점을 갖고 있다.
- 식품가공에서 건조공정의 중요성이 커지고 있어 관련 시장도 동반하여 성장될 것으로 전망되고 있는바, 정부에서도 식품에 대한 국민의 관심이 증대함에 따라 각종 식품 안전과 위생에 대한 규제를 2009년부터 대폭 강화하고 있어 건조 공정에서 위생을 증진하기 위한 일련의 노력이 병행하여 진행되고 있다.
- 이와 같이 가공식품의 소비 증가, 식품의 고품질화 및 정부의 건조식품 위생 및 에너지 효율화를 위한 정책에 따라 농산물 건조기 시장은 지속적인 상승세를 유

지할 것으로 전망되어 진다.

- 2006년부터 2011년까지의 농산물 건조기의 생산량은 연평균 11.5% 증가추세로 나타났음. 향후 이와 유사한 증가세를 보인다고 할 경우 농산물 건조기의 국내 생산량은 아래 표와 같이 2011년 12,018대에서 2016년 20,695대로 증가할 것으로 예상된다.

<표 1> 농산물 건조기 시장 전망

(단위 : 대, 억원)

연도	2011	2012	2013	2014	2015	2016	CAGR ¹⁾
대수	12,108	13,398	14,936	16,652	18,654	20,695	11.5%
규모	6,610	7,369	8,215	9,158	10,210	11,382	

<출처 : 통계청 광공업 통계(농산물 건조기)치를 토대로 추정>(대당 평균 단가는 2011년 수출금액 및 수출량 통계로부터 추산하여 0.55억원/대를 적용함)

¹⁾ CAGR(Compound Annual Growth Rate, 연평균성장률)

2. 국외 시장 현황

- 식품산업 중 가공식품의 세계시장규모는 2009년 약 2조 7천억 달러였고 2010년 2009년보다 3.8% 증가한 약 2조 8천억 달러로 추정되었으며 동 자료에 따르면, 식품산업은 연평균(2006년~2010년) 약 3% 이상의 꾸준한 성장세를 이어가고 있는 것으로 나타났다.

(출처 : DATAMONITOR, Interactive Consumer Database, 2010)

- 그 중 건조과일의 시장동향을 <표 2>와 <표 3>에 제시하였다.

- 세계 수입동향을 살펴보면 총 수입량은 2011년 기준 31억 1,683만 2,201 달러로 전년대비 6.23% 증가함.
- EU 25개국의 건조과일 수입량은 전년대비 4.06% 증가한 총 4억 5,169만 5,589 달러로 집계됨.
- 가장 수입량이 많은 국가는 독일로, 2011년 한해 동안의 건조과일 수입량은 전년대비 8.72% 증가한 1억 9,106만 1,412 달러로 집계됨.

<표 2> 세계 건조과일 수입동향(2009~2011년)

Reporting Country	United States Dollars			% Change 2011/2010
	2009	2010	2011	
Reporting Total	2,777,283,910	2,934,047,898	3,116,832,201	6.23
EU2b(External Trade)	406,386,693	434,082,701	451,695,589	4.06
1 Germany	172,728,909	175,733,383	191,061,412	8.72
2 United Kingdom	164,354,983	163,648,158	185,137,836	13.13
3 United States	151,417,027	146,654,630	174,611,759	19.06
4 Russia	176,192,033	202,528,072	110,391,449	-45.49
5 China	99,100,104	78,171,112	99,246,105	26.96
30 South Korea	8,285,923	14,336,722	12,814,917	-10.61

출처 : Global Trade Atlas : GTA

- 2011년 건조과일의 세계 수출동향을 살펴보면 총 수출량은 22억 8,491만 1,910달러로 전년대비 21.14% 증가한 것으로 나타남.
- 가장 수출량이 많은 국가는 터키로, 2011년 한 해 동안의 건조과일 수출량은 전년대비 3.36% 증가한 총 3억 7,895만 1,261달러로 집계됨.
- 2011년 EU 25개국의 건조과일 수출량은 8,581만 9,482달러로 전년대비 10.12% 증가하였음.
- 한국산 건조과일의 2011년 수출량은 전년대비 22.39% 증가한 75만 7,146달러로 집계되어 세계 건조과일의 국가별 수출 순위 중 46위에 랭크됨.

<표 3> 세계 건조과일 수출동향(2009~2011년)

Reporting Country	United States Dollars			% Change 2011/2010
	2009	2010	2011	
Reporting Total	1,699,161,197	1,886,121,218	2,284,911,910	21.14
EU2b(External Trade)	65,532,205	70,213,642	85,819,482	22.23
1 Turkey	294,675,022	366,627,030	378,951,261	3.36
2 United States	26,364,974	298,600,139	33,538,837	12.29
3 Thailand	102,776,359	103,053,813	305,783,221	196.72
4 Chile	133,129,478	163,604,843	152,355,535	-6.88
5 Germany	107,849,495	113,539,019	131,308,854	15.65
30 South Korea	468,097	618,615	757,146	22.39

출처 : Global Trade Atlas : GTA

- 미국의 견과 및 건조과일 시장은 2009년 60억 달러 이상의 매출을 기록하였으며, 경기후퇴에도 불구하고 꾸준히 성장하여 건강을 고려하고 있는 소비자는 진지하게 건강 스낵을 찾는 것에 관심을 기울이고 있는 것으로 보여진다.
- 미국 소비자들이 건강스낵이라고 여겨지는 식품에 대하여 조사한 결과<표4> 견과류, 말린과일, 요구르트 등이 건강과 스낵을 함께 생각하는 소비자 사이에서 가장 많이 선호하는 제품군으로 나타났고, 이외에도 떡, Trail Mix(견과류와 과일 등이 혼합되어 있는 스낵), 스낵 바 등이 건강스낵으로 분류되었다.

<표 4> 건강스낵으로 간주되는 식품

건강스낵	2007 FDM 매출 (백만 달러)	스낵으로 먹는 인구비율(%)	건강스낵으로 여기는 인구비율(%)	Healthy snacking multiple
견과류	1,713	84	86	72.2
말린과일	622	76	87	66.1
요구르트	3,410	63	94	59.2
떡	220	70	81	56.7
Trail mix	199	78	66	51.5
스낵바	2,217	71	63	44.7
팝콘	851	84	45	37.8
치즈	2,144	60	61	36.6
프레첼	608	81	34	27.5
감자· 옥수수칩	5,317	78	6	4.7

- 주) 1) FDM 매출 : Food(식품), Drug(약품), Mass Merchant(대량판매상) 판매(월마트 제외)
 2) Healthy snacking multiple : 소비자들이 스낵을 먹을때 건강식품으로 여기는 정도에 대한 관계를 조사한 것.

<자료원> Mintel/Greenfield Online based on information resources, Inc.

제 2 절 국내외 기술 현황

1. 국내 기술개발 현황

- 고부가가치 건조제품의 개발은 원물 품질의 파괴를 최소한으로 하는 건조공정과 직접적으로 연관이 있다고 볼 수 있으며 이러한 건조기술의 개발현황을 살펴보면 아래와 같다.
 - 동국대학교 식품공학과 이광근 교수팀이 한국기계연구원과 공동으로 분무동결 건조기술을 이용하여 고부가가치 식품개발에 유용한 기술개발(출처 : 이광근, 가공식품 소재 생산을 위한 분무동결건조 기술 개발, 동국대학교, 2010)
 - 이유체 노즐을 통해 의약품을 분사하고 이를 동결 건조하는 방식으로, 이유체 노즐을 통해 두 개의 유체(의약품 수용액과 공기)가 노즐 내부에서 혼합되고 노즐의 내부 구조로 인하여 작은 입자로 극저온 환경에 분무되도록 한 다음 분사된 입자를 동결건조하여 최종 분말을 획득하는 것임.
 - 새우와 표고버섯 향기분말을 분무동결건조 결과 재수화 용해성이 우수하며 좁은 입경분포도를 보였으며 동결건조 후 분말의 세균의 증식이 획기적으로 억제된 결과를 획득하였음.
 - 전남대학교 이형우 교수팀은 기존 열풍 또는 외부 열원으로부터 열전도의 형태로 피가열체 혹은 피건조체의 가열과 비교하여 에너지 절감이 가능한 마이크로파를 이용한 식품 건조시스템을 개발함(출처 : 이형우, 건조기술의 혁신과 건조기의 선정, 전남대학교, 2009)
 - 마이크로파-대류 복합 건조시스템은 대표적인 복합 시스템으로서, 마이크로파의 전자기 에너지가 경우에 따라 각기 다른 건조단계에 적용되어 건조공기로부터 공급되는 열에너지를 보충하여 줌으로써 전자기에너지가 건조물질 내에 직접 흡수되므로 열손실을 크게 절감할 수 있도록 하였음.
 - 마이크로파-감압 복합 건조시스템은 농산물이나 식품 등에는 품질 유지를 위하여 건조 중 높은 온도를 적용할 수 없어 감압을 통하여 증발온도를 낮춤으로써 제품의 품질을 유지하는 기술이 요구되는 분야에 적용하기 위해 개발한 복합 건조시스템으로서, 열에 민감한 동시에 고품질이 요구되는 제품의 가공 공정에서 동결건조(freeze drying) 보다 비용이 적게 소요되는 것으로 평가되었음.

- 식품의 보존성을 향상시키기 위해 전혀 열을 가하지 않거나 제한적으로 열처리를 함으로써 고품질의 식품을 생산할 수 있는 기술로서 비가열 식품 가공 기술(nonthermal food processing)이 있다. 비열처리 기술의 종류로는 물리적 방법의 고전압 펄스 자기장, 진동 자기장, 조사법, 광 펄스(intense pulsed light), 초음파, 고압 내지는 초고압, 마이크로웨이브, Ohmic heating 등이 있으며, 이 중에서 특히 초고압(ultra-high pressure) 및 펄스 전기장(pulsed electric field) 기술은 21세기 식품공업에 큰 변화를 가져올 emerging technology로 평가되고 있다.
- 초고압 공정 기술은 장치의 고비용 문제와 연속 조업이 곤란한 점 등의 단점이 있으나, 살균, 유효성분 추출 증대, 관능적 특성의 향상 등 식품에 적용하여 얻을 수 있는 이점이 많아 응용연구가 활발히 이루어지고 있다.
- 국내 식품산업에서 초고압 기술은 열을 사용하지 않고 조리가 가능한 새로운 식품가공 기술로서 1,000~10,000 기압의 고압에서 미생물의 살균 및 효소반응 조절과 불활성화를 유도하는 것으로 최근까지 많은 연구가 이루어지고 있으며, 식품의 풍미나 품질에는 영향을 주지 않으면서, 영양분의 손실, 이취의 발생, 이상물질의 생성, 에너지의 대량소비 등을 극복할 수 있다.
- 초고압 기술의 장점은 열처리가공에 비해 현저히 적은 열에너지를 소비하며, 상온 또는 저온에서 실행이 가능하고, 모든 방향에서 압력이 균일하게 작용하므로 처리 정도의 차이가 존재하지 않으며, 미생물 사멸 외에도 단백질의 변성 또는 변형, 효소 활성화 또는 불활성화, 효소 기질 특이성 변화, 탄수화물과 지방의 특성 변화 등을 유도할 수 있다.

<표 5> 초고압 기술의 적용사례 및 처리효과

적용사례	처리효과
최소가공제품	풍미 및 조직감 보존, 살균
해산물, 신선한 야채류	비가열처리를 통한 살균
냉동식품	균일한 해동(세포손상방지)
육가공제품	육류의 숙성, 저장성, 조직 특성, 맛 향상
즉석밥	소화율 증가, 관능적 특성 향상, 유효성분의 증가(GABA)
기능성 식품	유효성분의 추출 증대

- 초고압 기술은 두 가지 관점인 에너지분야(온도, 압력, 시간)와 용매분야로 나뉘 볼 수 있다.
 - 첫 번째 에너지 분야에서는 압력이 주로 100~800 MPa 으로, 온도는 4~75℃ 까지, 시간은 2min에서 최대 12시간까지 광범위하게 사용하였으며, 짧은 시간 인 2~10 min의 사용이 많았고 국내 특허의 출원 시 100~400 MPa와 온도는 0~60℃, 시간은 1~30min 을 많이 적용하였다.
 - 두 번째 용매분야에서는 인체에 유해한 유기용매를 사용할 필요가 없고, 주로 물을 용매로 사용하여 청정추출기법을 통한 생체 내 부작용 또는 독성 방지 효과를 달성 할 수 있으며 추출물의 물에 대한 용해도가 탁월해 제품화 적용성이 우수한 효과를 가지고 있다.
 - 그리고 유용성분 물질을 추출하려면 조건이 까다로워 식물의 표면과 내부 깊숙한 보이지 않는 곳까지 전혀 손상을 입히지 않으면서 단시간 내에 물질의 내부까지 강력한 에너지가 전파되어 화학적, 물리적 영향력으로 전달되어 추출되는 장점이 있다.

- 국내에서도 100~500 MPa의 고압기술을 이용한 추출방법에 대한 연구가 진행되고 있으며, 이러한 이유로 즉석 밥을 시작으로 면류, 빵류, 반찬류, 주류, 과채류, 냉동식품 분야에서 초고압을 응용한 시장이 형성될 것으로 전망되어 진다.

- 식품가공에서 초고압 기술은 일본과 미국, 유럽 등에서 햄, 사과농축 및 주스류 등에서 널리 활용되고 있는 신개념 공법으로, 아직은 응용초기 단계로서 학계와 산업계에서 일부 제품화에만 적용되고 있는 실정이지만 앞으로는 기능성 소재개발의 가공법으로 기대를 모을 것이며 대량생산 제품에 적합하고 용도별 특성에 맞게 다양하게 할 수 있고 환경을 보호하려는 취지에서 무취, 무독성, 무공해 공정으로 기대할 수 있을 것으로 보인다.

<표 6> 초고압 추출 국내특허 현황

Products	High Hydrostatic Pressure(HHP) Condition
추출물(항산화활성물질)	건조된 시료를 상온에서 30min동안 물로 수화시킨 후, 200MPa 이상의 초고압 상태에서 1~3min 동안 처리
굴의 저장성 증진	시료의 초고압 처리는 온도 0℃~22℃, 압력 100~400MPa, 시간 5~45min에서 실시 후 저장성을 최대한 증진
추출물(모든 유용성분)	높은 유체 압력 추출 방법을 이용하여 200~300MPa의 높은 압력을 이용하여 짧은 시간 1~5min 동안 추출한 후 제조
전분 가수분해	전분현탁액에 1~300min 동안 100MPa 이상의 초고압을 가하고 초고압 처리된 전분현탁액에 대해 고액분리
두유 및 두부의 제조	초고압 미세화 공정은 1,500(BAR) 이상에서 1회 처리만으로 미세한 입자를 얻을 수 있으므로 생산효율이 향상
추출물(모든 유용성분)	약용식물의 수분 함량이 70~75% 되도록 냉풍 건조, 약용식물을 100~400MPa, 30sec ~ 90min, 0~25℃ 조건하에서 처리하는 저온 초고압 처리방법
백삼 및 홍삼의 제조방법	시료의 수분 함량이 70~75% 되도록 냉풍 건조, 초고압 처리 공정을 거쳐 60℃에서 열풍 건조시킨 후 7~30일간 양건하는 공정
인삼가공 방법 (진세노사이드 등의 유효성분)	초고압처리기를 사용하여 압력 200~1200MPa, 온도 60~90℃에서 5~30min간 처리가공
당근가공 방법 (생 당근을 고압 블렌칭한 후 고압살균)	고압 블렌칭의 조건을 압력 4000~8000 MPa, 온도 30~60℃로 조절 하며, 고압 살균의 조건을 압력 4000~8000MPa, 온도 0~70℃로 조절
페이스트상 식품(살균법)	초고압 장치를 이용하여 페이스트상 장류에, 온도 27~100℃에서 10~60min, 200~800MPa 의 압력을 가해, 세균, 효모, 곰팡이와 같이 미생물을 사멸시키는 것

2. 국외 기술개발 현황

- 열펌프를 이용한 건조기술은 1970년대부터 섬유, 목재 및 식품 건조분야를 중심으로 사용되기 시작하여 1970년대와 1980년대에 외국에서 많이 보급되었고, 다년간의 경험으로 열펌프 건조기의 기술이 성숙되어 있다(출처 : 이잔만, 식품산업의 가공기술 현황과 전망, 호서대학교, 2008).
 - 열펌프 건조기는 초기설비 투자비가 크다는 단점이 있으나 기술개발로 운전비용을 점감함으로써 대형 시스템에서는 경쟁력 있는 제품을 출시하고 있으며, 운전 조건에 따라서 기존 열풍건조기에 비하여 60~80%의 에너지 절감을 달성하는 사례가 보고되고 있다.

- 미국, 캐나다, 독일, 영국 및 일본 등의 선진국을 중심으로 열풍-마이크로파 이용 복합 건조기 개발이 대학 및 연구기관을 중심으로 활발하게 추진 중에 있다.(출처 : 김기복, 마이크로파를 이용한 식품 가열장치 및 응용, 2009)
 - 미국의 IMS L.L.C., Cober Electronics, Kemp Development Co., 독일의 AMT Ltd., Gisip Se, Co., GEA Powder Technology GmbH 및 일본의 Komats Bara Iron Works Ltd. 등에서 상용화 되고 있다.
 - 국외 마이크로파를 기반으로 하는 복합 건조기술은 유동층, 진공, 회전건조 방식 등과 결합되어 의약품, 화공제품, 세라믹 분말, 목재 등 다양한 용도에 적용하고 있다.

- 일본에서는 초고압 추출에 의한 다양한 식품들이 연구 되었으며, 이미 초고압 기술을 상품화하여 딸기, 사과, 키위, 무화과 잼을 생산, 판매하였고 이외에 젤리나 소스 등 15종 이상을 발매하였다. 국내의 산업화로 개발된 제품 예로는 동원 F&B의 즉석밥 ‘쎬쿱’(3000기압 초고압식품공법)과 같은 브랜드인 천지인 초고압 ‘홍삼정’등이 유통되고 있다.

- 지금까지 상품화되기에 부적절했던 초고압기기가 현실적으로 가능해지면서 나온 결과로 사료되어진다.

제 3 절 국내의 기술개발 현황에서 차지하는 위치

- 미래 식품산업은 건강·기능성 신소재 식품산업이 주종을 이룰 것으로 예상되며, 이와 관련한 가공 시 탄소 배출로 인하여 친환경 가공산업 또한 많은 관심의 대상이 되고 있다.
- 그러나 기능성 소재개발은 다양한 건조, 추출 및 정제 방법 등의 기술이 요구되어 지고 있는데 식품과 같이 건조 및 추출 등의 공정으로 인하여 탄소 배출이 많은 분야에서 저탄소 가공 공정의 활용 사례는 거의 드문 실정이다.
- 따라서 본 연구진이 추진한 감압건조 및 초고압 추출공정을 통한 저탄소 고효율 가공 공정 개발은 저탄소·저에너지 연구 사례로 충분히 활용되어 질 것으로 판단되어 진다.
- 이로 인하여 생산되어 지는 기능성 소재는 기능성 영양바는 물론이고 이외에도 다양한 제품에 접목이 가능하며 국외에도 유통될 수 있는 고부가가치 제품으로, 이를 국내 농수산자원을 이용하여 개발함으로써 우리 식품소재 및 제품의 우수성을 널리 알릴 수 있을 것이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구개발수행 내용

1. 건조공정별 제주 농산자원의 고효율 최적 건조공정 조건 탐색

가. 재료

본 실험에 사용된 블루베리, 감귤 및 고구마는 2012년 제주도에서 수확한 것을 사용하였으며, 블루베리의 경우 세척 후 -20°C 에서 냉동보관된 것을 사용하였다. 각 원료별 특이성을 고려하여 감귤 및 고구마는 5mm 두께로 단면 절단 하였으며, 원과 그 대로를 사용하였다.

나. 건조조건

각 원료별 특성에 맞는 고효율 감압 건조 전처리 공정 조건을 탐색하기 위하여 세 가지 건조방법 즉, 동결건조법, 열풍건조법, 순환형 감압 건조방법을 이용하여 건조시켰다. 동결건조는 동결건조기(FDS, Ilshin Bio Base, Korea)를 이용하여 0.07485 mmHg 진공도에서 행하였고, 열풍건조는 열풍건조기(C-DF2, Changsin Lab, Korea)를 이용, 순환형 감압건조는 오제주의 감압건조기(Cyclic low pressure drying system, O'JEJU AFT HOLDINGS, INC. Korea)를 이용하여 압력 800 hPa 조건에서 건조하였으며, 건조공정 운영 효율을 감안하여 건조시간은 24시간 이내, 온도 조건은 예비 건조실험 결과 효율이 좋은 온도대를 선정하여 열풍건조의 경우 $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 순환형 감압건조는 $50 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 건조 하였다. 각 원료의 건조 상태를 비교하기 위하여 시료는 3시간 간격으로 채취하여 수분함량을 측정하였고 105 $^{\circ}\text{C}$ 상압건조법을 사용하였다. 성분 분석에 사용된 시료는 밀폐된 용기에 넣어 냉동보관하면서 실험에 사용하였다.

특히 오'제주 순환형 감압건조기는 고품질의 건조가 가능도록 하기 위해서 건조기내의 air blower를 이용해 건조기 내부의 감압을 높여 수분의 증발을 빠르게 함으로써 시간을 단축시켜 원재료의 품질 손실을 최소화 할 수 있으며, 따뜻하고 습한 공기가 열 교환기의 필터를 거치면서 제습이 이루어지고, 제습된 공기는 다시 건조기 내부로 주입시킴으로써 건조기 내부의 열 손실을 줄여주는 시스템으로 에너지 절약형 건조방법이라고 할 수 있다.

다. 일반성분 분석

일반성분은 AOAC 법에 의하여 분석하였다. 즉, 수분 함량은 105°C 상압건조법, 조회분 함량은 550°C에서 직접회화법을 이용하여 분석하였다. 조단백질 함량은 micro-kjeldahl 법을 이용한 단백질 자동분석기(Kjeltec protein analyzer, Tecator Co., Hoeganaes, Sweden)로, 조지방 함량은 Soxhlet 법을 이용하여 분석하였다. 총 당질 함량은 위의 측정치를 합한 값을 100에서 뺀 값으로 하였다.

라. pH 및 색도 및 갈변도 측정

pH는 시료에 10배 물을 가하여 균질화한 다음 pH meter(PHM 210, Radiometer Analytical, Lyon, France)를 이용하여 측정하였다. 건조 시료의 기계적 색도는 표준 색판 (L=97.82, a=-0.39, b=+2.06)으로 보정된 색차계(CR-200, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter color인 명도(lighrness, L), 적색도(redness, a) 및 황색도 (yellowness, b) 값을 측정하였다. 이때 측정은 10회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 갈변도는 시료 5.0 g에 50% 에탄올 50 mL를 가하여 실온에서 24시간 동안 추출한 다음 여과지(Whatman No.2)로 여과하여 UV-spectrophotometer (UV-1601, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

마. 유리당 함량

유리당 함량은 HPLC 분석조건을 응용하였다. 즉, 시료 5g 을 칭량하여 80% methanol 100 mL를 넣고 13,000 rpm에서 3분 동안 균질화 하였다. 이 균질체를 환류냉각기를 부착한 추출장치에 옮긴 후 80°C에서 2시간 동안 추출한 후 여과하였다. 이 추출조작을 2회 반복하여 모은 여액을 45°C에서 감압·농축한 후 증류수를 넣어 100 mL로 정용하였다. 이렇게 조제한 시료용액은 -70°C에서 냉동 보관하면서 분석하였다. 분석조건은 Sugar-Pak I column (Waters, USA, 300 mm X 6.5 mm)과 용출용매 Ca-EDTA (500 mg/L)를 조합하였다. 전처리된 시료 1 mL를 취하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 후 column에 20 µL씩 주입하였다. 이때의 column의 온도는 90°C를 유지하였다. 용출용매는 0.5 mL/min로 흘려보냈으며 검출은 refractive index(RI) detector를 이용하였다. 표준품 용액과 시료의 유리당 peak를 직접 비교하여 확인하였다. 정량은 각 표준품의 검량곡선을 따로 작성한 후 peak의 면적에서 산출하였다.

바. 무기질 함량

무기질 함량은 시료를 예비탄화한 후 550°C 회화로에서 회화시킨 회분에 염산을 가하여 용해시키고 일정량으로 정용한 후 ICP-AES (inductively coupled plasma, JA38 PLUS, ISA instrument S.A., Longjumeau, France)로 분석하였다. ICP-AES의 작동조건은 power: 1 kW for aqueous, nebulizer pressure: 3.5 bars for meinhasd type C, aerosol flow rate: 0.3 L/min이었으며, 각 무기질의 검출과장은 Ca: 393.37, Mg: 279.55, K: 766.49, Na: 588.99, P: 213.62, Fe: 238.20, Zn: 213.86, Cu: 224.80, Mn: 766.49 nm이었다.

사. 비타민C 분석

비타민 C의 함량은 분말시료 2 g에 5% metaphosphoric acid 용액 10mL를 가하여 원심분리 후 여과하여 20배 희석한 것을 시료로 2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNP) 비색법을 이용 540 nm에서 흡광도를 3회 반복 측정하였다.

아. 안토시아닌 함량 분석

Anthocyanin의 경우 블루베리와 같은 적색을 띠는 식물에 다량 함유되어 있는 성분으로 건조 블루베리 시료만 안토시아닌을 함량을 분석하였다. 분석은 Yoon 등의 방법을 조금 변형하여 측정하였으며 시료 1 g에 0.1% HCl이 포함된 methanol을 10 mL씩 가하여 교반(150 rpm, 2 hr, 25°C) 후 원심분리(3000 rpm, 20 min)한 상등액을 anthocyanin 분석 시료로 사용하였다. 위 추출물 1 mL에 0.025 M potassium chloride buffer(pH 1.0) 1 mL을 더해 510 nm와 700 nm에서 측정하였다. 총 안토시아닌 함량(mg/L)은 cyanidin-3-glucoside의 몰흡광계수($\epsilon=269000-1 \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 아래 식에 의해 산출하였다.

$$\begin{aligned} \text{Anthocyanin content (mg/L)} &= A \times \text{MW} \times 1000 / \epsilon \times V \\ A \text{ (Absorbance)} &= (A_{510} - A_{700})_{\text{pH}1.0} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH}4.5} \\ \text{MW (molecular weight of cyanidine-3-glucoside)} &= 449.2 \\ \epsilon &= 26,900 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \\ V &= \text{추출물의 부피} \end{aligned}$$

자. Hesperidin 분석 및 정량

Hesperidin의 경우 감귤에 다량 함유되어 있는 유용성분으로 건조감귤 시료만 함량을 측정하였다. 본 실험에서 사용한 고성능 액체크로마토 그래피(HPLC)는 Waters 1525 binary HPLC pump (Waters, Milford, MA, USA), Waters 2487 dual

λ absorbance detector(Waters, Milford, MA, USA), Waters 717plus autosampler(Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였다. 실험에 이용된 모든 시약은 HPLC급 용매를 사용하였다. Hesperidin 표준품 Hesperidin(Tokyo Chemical Co, Japan)은 0.05~0.3 mg/mL로 조제하여 standard curve를 작성한 후 표준액으로 사용하였다. 10 mg/mL의 감귤 시료는 0.45 μ m membrane filter(Millipore, USA)로 여과시킨 것을 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. HPLC의 column은 Sunfire C18 (4.6 \times 250 mm)를 사용하였고, 이동상으로는 물과 메탄올을 사용하였으며, 이동상 용매의 조성 시간과 비율은 Table 1과 같다.

Table 1. The operating conditions of HPLC for hesperidin

Items		Conditions	
Instrument		JASCO, Japan	
Detector		UV 285 nm	
Column		SunFire C18 5 μ m (4.6 mm ID x 250 mm, Waters)	
		Water	Methanol
5 min		80	20
15 min		0	100
17 min		0	100
18 min		80	20
23 min		80	20
Flow rate		0.5 mL/min	
Injection volume		10 μ L	

차. 통계처리

모든 실험은 3회이상 반복 측정하였으며, 그 결과는 SPSS 14.0 (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내 비교하였다.

2. 건조공정별 제주농산자원의 기능성 평가 및 고효율 최적 건조공정 조건 확립

가. 재료

본 실험에 사용된 블루베리, 감귤, 고구마는 2012년 제주도에서 재배된 것을 구입하였으며, 블루베리는 -20 $^{\circ}$ C에서 냉동 보관한 것을 감귤 및 고구마는 원과 그대로를 사용하였다. 세 가지 건조방법 즉, 동결건조법, 열풍건조법, 순환형 감압 건조방법을 이용하여 시료를 건조하여 사용하였다. 동결건조는 동결건조기(FDS, Ilshin Bio Base, Korea)를 이용하여 0.07485 mmHg 진공도에서 행하였고, 열풍건조는 열풍건조기

(C-DF2, Changsin Lab, Korea)를 이용하여 $60 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서, 순환형 감압건조는 오제주의 감압건조기(Cyclic low pressure drying system, O'JEJU AFT HOLDINGS, INC. Korea)로 800 hPa, 건조온도는 $50 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 행하였다. 건조된 시료는 밀폐된 용기에 넣어 냉동보관하면서 실험에 사용하였다. 또한, 항산화 활성의 측정을 위한 증류수에 24시간 3회 추출하였고 Whatman No. 1(Whatman Ltd, Maidson, Kent, UK) 여과지를 이용하여 여과한 후 회전진공농축기(EYELA, SN-1100, Yokyo, Japan)를 사용하여 50°C 에서 감압농축하였다. 농축된 추출물은 동결건조기(PVTFA 10AT, ILSIN, Korea)를 이용하여 -55°C 에서 급속동결과정을 거쳐 분말 상태로 준비하여 시료로 사용하였다.

나. 총 페놀 함량 분석

총 폴리페놀 화합물 함량은 Folin-Ciocalteu's의 방법에 따라 측정하였다. 각 시료를 methanol에 50 mg/mL로 각각 희석한 후 이 시료를 0.1 mL 취하고 증류수 8.4 mL와 50% Folin-Ciocalteu's 시약(2 N) 0.5 mL을 첨가하고 20% Na_2CO_3 1 mL을 가하여 1시간 방치 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid를 이용한 표준 검량 식에 적용하여 시료 중 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

다. DPPH radical에 대한 전자공여능 측정

건조된 시료의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 각각의 시료에 대한 DPPH (α,α -diphenyl-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 에탄올 1 mL, 시료 10 μL , 100 mM sodium acetate buffer (pH 5.5) 990 μL 를 분주한 시험관에 0.5 mM DPPH 용액 (Abs. EtOH soln.) 0.5 mL를 넣어 교반하고, 암실에서 5분간 반응을 유도한 후, 잔존 radical의 농도를 UV spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 측정하였다(22). 전자공여능(%)은 $[(1-A_s/A_c) \times 100]$ 으로 나타내었고, A_s 와 A_c 에 실험군과 대조군의 흡광도 값을 각각 대입하여 계산하였다.

$$\text{EDA}(\%) = \left(1 - \frac{A_s}{A_c}\right) \times 100$$

A_s : 추출물 첨가구의 흡광도

A_c : 추출물 무첨가구의 흡광도

라. HPLC를 통한 페놀 성분 분석

건조된 시료의 페놀 성분을 분석하기 위하여 HPLC로 분석하였다. HPLC로 분석

하기 이전에 공정별 건조물 10 mg을 50% ethanol로 녹였으며 0.45 μ m Millipore membrane filter로 여과하였다. HPLC 장비는 Waters 2690이며 column은 shiseido C₁₈(5 μ m 4.6 x 250 nm, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 검출기는 photodiode array detector(PDA)을 이용하여 278 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이동상은 solvent A(acetic acid : water = 3 : 97, v/v)와 solvent B(acetic acid : acetonitrile : water = 3 : 25 : 72, v/v)을 사용하여 1 mL/min의 유속으로 60분간 분석하였다. HPLC condition은 Table 2에 기술하였다.

Table 2. HPLC conditions for analysis of phenolic compound

Instriment	Water 2690 (Waters, Milford, MA, USA)
Column	Shiseido C ₁₈ (5 μ m 4.6 x 250 nm, Tokyo, Japan)
Mobile phase	A : 3% acetic acid, 97% water B : 3% acetic acid, 25% acetonitrile, 72% water
Flow rate	1 mL/min
Injection volume	20 μ L
Gradient	80% A + 20% B
Detector	278 nm

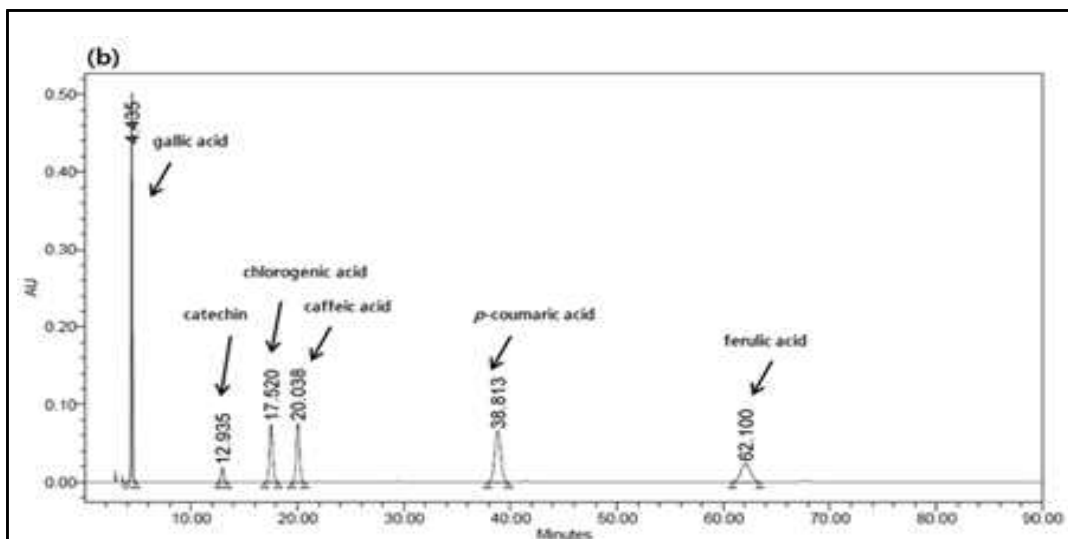


Fig. 1. Standard phenolic compounds HPLC chromatograms.

마. 탄소배출량에 따른 고효율 최적 건조공정 조건 확립

건조 공정별 시간당 전력소비량을 기준으로 각각의 제주산 농산자원의 건조시간을 아래의 식에 적용하여 산출하였으며, 품질특성 및 기능성 평가 결과를 토대로 품질적인 면과 에너지 소비량에 따른 경제성 및 탄소 배출량을 고려하여 고효율의 최적 건조공정 조건을 확립하였다.

$$\begin{aligned} \text{○ CO}_2 \text{ 배출량(Ton)} &= \text{에너지 소비량(TOE)} \times \text{연소별 탄소배출계수(Ton C/TOE)} \\ &\quad \times \text{이산화탄소 분자량(CO}_2\text{)} 44 / \text{탄소 원자량(C)} 12 \\ \text{○ 에너지 소비량(TOE)} &= \text{연료 발열량 kcal} / 10^5 \text{ kcal} \end{aligned}$$

※ 전기 사용 1kwh 당 총 발열량 = 2,150 kcal

전기 사용 탄소배출계수 = 0.215

3. 제주농산자원의 초고압 추출조건 탐색 및 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립

가. 재료

본 실험에 사용된 블루베리, 감귤, 고구마는 2012년 제주도에서 재배된 것을 구입하였으며, 블루베리는 -20℃에서 냉동 보관한 것을 감귤 및 고구마는 원과 그대로를 사용하였다. 초고압 추출은 시료 50 g을 비닐 팩에 약 2배의 증류수를 함께 넣어 공기가 들어가지 않도록 잘 밀봉한 후, 초고압 추출 장치(Fig.2)를 이용하여 100~500 Mpa 범위에서 15분, 30분, 45분, 60분으로 추출 조건을 다르게 하여 실행하였다. 초고압 추출이 끝난 시료를 각각 수직 환류 냉각기에 부착된 추출 flask에 시료 중량에 대하여 각각 10배의 증류수를 추출용매로 사용하여 60℃에서 24시간 추출하였다. 대조군으로는 시료 50g을 초고압 추출과정은 제외하고 나머지는 같은 조건인 60℃에서 24시간 열수 추출하였다. 얻어진 각각의 추출물들을 감압여과장치(Rotary Vacuum Evaporator N-N series, EYELA, Germany)로 여과하여 농축을 하였고, 동결건조를 한 후에 실험에 사용하였다. 기능성 평가는 추출수율이 가장 적합한 압력 및 시간대의 시료로 실행하였다.



Fig. 2. Equipment of extraction.

나. 총 페놀 함량 분석

총 폴리페놀 화합물 함량은 Folin-Ciocalteu's의 방법에 따라 측정하였다. 각 시료를 methanol에 50 mg/mL로 각각 희석한 후 이 시료를 0.1 mL 취하고 증류수 8.4 mL와 50% Folin-Ciocalteu's 시약(2 N) 0.5 mL을 첨가하고 20% Na_2CO_3 1 mL을 가하여 1시간 방치 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid를 이용한 표준 검량 식에 적용하여 시료 중 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

다. 플라보노이드 함량 분석

총 플라보노이드는 Moreno 등의 방법에 따라 추출물 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL 및 1 M potassium acetate 0.1 mL, ethanol 4.3 mL를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 정치한 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin(Sigma Co., USA)를 표준물질로 하여 0~100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도 범위에서 얻어진 표준 검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

라. DPPH radical에 대한 전자공여능 측정

추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 각각의 추출물에 대한 DPPH (α,α -diphenyl-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 에탄올 1 mL, 시료 10 μL , 100 mM sodium acetate buffer (pH 5.5) 990 μL 를 분주한 시험관에 0.5 mM DPPH 용액 (Abs. EtOH soln.) 0.5 mL를 넣어 교반하고, 암실에서 5분간 반응을 유도한 후, 잔존 radical의 농도를 UV spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 측정하였다. 전자공여능(%)은

[(1-As/Ac)×100]으로 나타내었고, As와 Ac에 실험군과 대조군의 흡광도 값을 각각 대입하여 계산하였다.

$$EDA(\%) = (1 - \frac{As}{Ac}) \times 100$$

As : 추출물 첨가구의 흡광도

Ac : 추출물 무첨가구의 흡광도

마. 환원력 측정(Reducing power)

추출물의 환원력은 Oyaizu의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 1 mL에 pH 6.6의 200 mM 인산 완충액 및 1%의 potassium ferricyanide를 각 1 mL씩 차례로 가하여 교반한 후 50℃의 수욕상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% TCA 용액을 1 mL 가하여 13,500 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride를 각 1 mL씩 혼합하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원력은 시료 첨가군과 대조군의 흡광도 비를 %값으로 환산하였다.

바. SEM(Scanning Electron Microscope) 관찰

초고압 공정을 거친 후 세포조직의 형태학적 변화를 관찰하기 위한 저 진공주사 현미경(Low Vacuum-Scanning Electron, × 400)은 일본의 Hitachi Science systems의 S-3500N으로 촬영하여 추출물의 표면을 관찰하였다.

사. 통계 처리

SPSS program(ver. 12.0, SPSS Inc, Chicago, IL, USA)의 t-test로 검정하였으며 모든 data는 평균±표준편차로 나타내었다.

4. 제주농산자원의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립 및 Scale-up

가. 재료

본 실험에 사용된 블루베리, 감귤, 고구마는 제주도에서 수확한 것을 사용하였으며, 블루베리의 경우 세척 후 -20℃에서 냉동보관된 것을 감귤 및 고구마는 원과 그대로를 사용하였다. 그리고 원료 특이성을 고려하여 감귤 및 고구마는 5~6mm 두께로 단면 절단하였다.

나. 건조 공정

건조공정은 건조 전처리 공정 조건 탐색 및 기능성 탐색 시 경제적인 측면 및 기능적인 측면에서 효율성을 기대할 수 있는 순환형 감압건조장치(Cyclic low pressure drying system, O'JEJU AFT HOLDINGS, INC. Korea)를 이용하여 진행하였으며, 압력은 800 hPa, 건조온도는 $50\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 건조를 진행하였다.

다. 초고압 추출공정

초고압 추출공정은 건조시료 50 g을 비닐 팩에 약 2배의 증류수를 함께 넣어 공기가 들어가지 않도록 잘 밀봉한 후, 초고압 추출 장치를 이용하여 300 MPa의 압력을 5분, 15분으로 추출 조건을 다르게 하여 실행하였다. 초고압 추출이 끝난 시료를 각각 수직 환류 냉각기에 부착된 추출 flask에 시료 중량에 대하여 각각 10배의 증류수를 추출용매로 사용하여 60°C 에서 24시간 추출하였다. 대조군으로는 건조시료 50 g을 초고압 추출과정은 제외하고 나머지는 같은 조건으로 추출하였다. 얻어진 각각의 복합공정 추출물들을 여과하여 농축(CCA-1100, Eyela, Tokyo, Japan)을 하였고, 동결건조(PVTFA 10AT, ILSIN, Korea)를 한 후에 분석용 실험에 사용하였다.

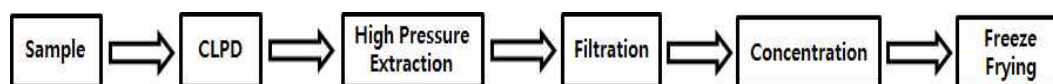


Fig. 3. Preparation procedure for material extraction

라. 총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법에 따라 복합공정 추출물 1 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 및 10% Na_2CO_3 용액을 각 1 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 1시간 정치한 후 spectrophotometer(UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. Caffeic acid(Sigma Co., USA)를 0 ~ 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준 검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀 함량을 산출하였다.

마. Hesperidin 분석 및 정량

Hesperidin의 경우 감귤에 다량 함유되어 있는 유용성분으로 건조감귤 시료만 함량을 측정하였다. 본 실험에서 사용한 고성능 액체크로마토 그래피(HPLC)는 Waters 1525 binary HPLC pump (Waters, Milford, MA, USA), Waters 2487 dual

λ absorbance detector(Waters, Milford, MA, USA), Waters 717plus autosampler(Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였다. 실험에 이용된 모든 시약은 HPLC급 용매를 사용하였다. Hesperidin 표준품 Hesperidin(Tokyo Chemical Co, Japan)은 0.05 ~ 0.3 mg/mL로 조제하여 standard curve를 작성한 후 표준액으로 사용하였다. 10 mg/mL의 감귤 시료는 0.45 μm membrane filter(Millipore, USA)로 여과시킨 것을 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. HPLC의 column은 Sunfire C₁₈ (4.6 × 250 mm)를 사용하였고, 이동상으로는 물과 메탄올을 사용하였으며, 이동상 용매의 조성 시간과 비율은 Table 3과 같다.

Table 3. The operating conditions of HPLC for hesperidin

Items	Conditions		
Instrument	JASCO, Japan		
Detector	UV 285 nm		
Column	SunFire C18 5 μm (4.6 mm ID x 250 mm, Waters)		
		Water	Mathanol
	5 min	80	20
Mobile	15 min	0	100
phase	17 min	0	100
	18 min	80	20
	23 min	80	20
Flow rate	0.5 mL/min		
Injection volume	10 μL		

바. DPPH radical에 대한 전자공여능 측정

복합공정 추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 각각의 추출물에 대한 DPPH (α,α-diphenyl-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 에탄올 1 mL, 시료 10 μL, 100 mM sodium acetate buffer (pH 5.5) 990 μL를 분주한 시험관에 0.5 mM DPPH 용액 (Abs. EtOH soln.) 0.5 mL를 넣어 교반하고, 암실에서 5분간 반응을 유도한 후, 잔존 radical의 농도를 UV spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 측정하였다. 전자공여능(%)은 $[(1-As/Ac) \times 100]$ 으로 나타내었고, As와 Ac에 실험군과 대조군의 흡광도 값을 각각 대입하여 계산하였다.

$$EDA(\%) = \left(1 - \frac{As}{Ac}\right) \times 100$$

As : 추출물 첨가구의 흡광도

Ac : 추출물 무첨가구의 흡광도

사. SEM(Scanning Electron Microscope) 관찰

복합공정을 거친 후 세포조직의 형태학적 변화를 관찰하기 위해 저진공주사현미경(Low Vacuum-Scanning Electron, $\times 400$)은 일본의 Hitachi Science systems의 S-3500N으로 촬영하여 시료의 표면을 관찰하였다.

아. 통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였으며, 그 결과는 SPSS 14.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내 비교하였고, 평균값의 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

5. 고효율 복합공정물을 이용한 고부가 식품개발 및 제품화

가. 시제품 개발

(1) 재료

시제품 개발 시 사용된 재료는 블루베리, 감귤, 고구마 복합공정 추출 농축물과 건조블루베리, 건조감귤, 건조고구마를 주 원료로 하였으며, 이외의 볶은 현미, 볶은 찰현미, 볶은 수수, 볶은 보리, 볶은 밀, 아몬드, 해바라기씨, 올리고당, 펙틴을 사용하였고 제주지역 할인마트에서 구입하여 사용하였다.

(2) 건조블루베리, 건조감귤 및 건조 고구마의 제조

고효율 복합공정물을 이용한 건강기능 영양바 시제품 개발을 위하여 주재료와 함께 들어가는 건조블루베리, 건조감귤 및 건조고구마를 제조하였다. 건조감귤은 현재 생산하는 품목으로 $45 \sim 55^\circ\text{C}$ 에서, 건조블루베리의 경우는 식감을 고려하여 반건조 형태로 건조하기 위하여 $45 \sim 50^\circ\text{C}$ 에서 건조하였다. 건조고구마의 경우는 최적조건 설정 시와는 달리 찢 고구마를 사용하기 때문에 재료의 특성을 고려하여 블루베리와 마찬가지로 $45 \sim 50^\circ\text{C}$ 에서 건조하였다.

(3) 영양바의 제조

복합공정 추출 농축액 첨가 영양바의 배합비율은 Table 4에 나타난 바와 같이 사용하였으며, 영양바의 제조는 총 중량 175.5g으로 로스팅 곡류 50g, 견과류 20g, 각 영양바 종류에 따라 잘게 절단한 감압건조시료(건조감귤 30g, 건조블루베리 20g, 건

조고구마 20g)를 혼합한 후 복합공정 추출 농축액 및 당 용액, 펙틴을 잘 섞이도록 가열하여 거품이 올라와 끓기 시작하면 넣어 준다. 이때 복합공정 농축액은 각 시료별로 0%, 5%, 10%, 15%, 20%로 조절하였다. 나무로 제작한 성형몰드 바닥에 잘 섞인 재료를 나무롤러를 사용하여 윗면이 평평하게 되도록 손의 적당한 압력으로 성형하였다. 완성된 평판 영양바는 냉장고에 넣어 약 30분 정도 냉각시킨 후 칼로 썰 원하는 크기로 절단하여 시제품을 제조하였다.

Table 4. Ingredient formulation of nutrition bar

Materials (g)	Concentration of citrus fruit extract				
	0%	5%	10%	15%	20%
Roasted rice	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Nuts	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
in case of citrus	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Dried product in case of blueberry	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
in case of sweet potato	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Concentrate(Citrus, Blueberry, sweet potato)	0.0	8.8	17.5	26.5	35.1
Oligo saccharide	75.0	66.2	57.5	48.5	39.9
Pectin	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	175.5	175.5	175.5	175.5	175.5

나. 영양바의 품질 평가

(1) 색도 및 pH

영양바의 색도는 색차계(CHROMA METER CR-200b, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter's color value(L*, a*, b*) 값을 측정하였고, 이때 사용한 표준 백색판은 L값 97.75, a값 0.49, b값 1.93으로 보정한 후 사용하였다. 영양바의 pH는 시료52 1g을 취해서 증류수를 9 mL를 가해 균질화 시킨 후, 1,500 rpm으로 10분 동안 원심분리(Combi 514R, HANIL, Korea) 하였다. 상등액을 여과지(Whatman No. 1)에 여과한 후 여과액을 직접 pH meter(FiveEasy, Mettler-Toledo, Greifensee, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

(2) 조직감 측정

영양바의 조직감은 Texture Analyzer(Sun Compac-100, Sun Scientefic Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 TPA(texture profile analyzer) 분석을 실시하였다. 측정 조건은 Table 5와 같으며, 시료를 측정 후 얻어진 force-time graph로부터 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)을 분석하였다.

Table 5. Operating conditions of the texture profile analysis of nutrition bar

Measurement	Condition
Type	Texture profile analysis
Probe	34 Φ mm cylinder probe
Strain	30%
Pre-test speed	5.0 mm/s
Test speed	1.0 mm/s
Post-test speed	1.0 mm/s

(3) 관능평가

영양바의 관능평가는 30명의 훈련 받은 패널에 의해 각 항목을 7점 척도법(1점은 “매우 나쁨”, 7점은 “매우 좋음”)으로 평가하였다. 평가항목은 영양바의 기호도 특성에 영향을 미치는 색(color), 향(flavor), 조직감(texture), 단맛(sweetness), 전체기호도(overall accetability)를 대상으로 하였다. 시료는 제조 후 실온에서 30분 방치한 뒤 일정한 크기(30 X 30 X 10 mm)로 준비하여 물과 함께 제공하였다.

(4) 통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였으며, 그 결과는 SPSS 14.0(Statistical Package for Social Siences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내 비교하였다.

다. 영양바의 비타민 C 분석

영양바의 비타민 C의 함량은 앞에서와 같은 동일한 방법을 사용하였으며 3회 반복 측정하였다.

라. 시제품의 영양성분 분석

영양바의 경우 식품 유형상 과자류에 포함되므로 제품화를 위하여 의무 조건인 영양성분분석을 실시하였으며, 반건조 고구마의 경우도 영양적인 면을 홍보하기 위하여 실시하였다.

마. 영양바 제품화를 위한 패키지 디자인 개발

기능성 영양바의 제품화를 위하여 각 제품의 특성에 맞는 패키지 디자인을 디자인 업체에 의뢰하였다.

제 2 절 연구개발수행 결과

1. 건조공정별 제주 농산자원의 고효율 최적 건조공정 조건 탐색

가. 건조공정별 제주산 블루베리의 품질특성평가 및 최적 건조공정 조건 탐색

(1) 건조공정별 수분함량 변화

제주산 블루베리의 고효율 건조 전처리 공정 조건 탐색을 위하여 동결건조, 열풍건조 및 순환형 감압건조 시 건조시간에 따른 수분함량 변화를 측정하였다. 블루베리의 경우 원과 특성 상 껍질로 인하여 다른 농산물에 비하여 건조시간이 길었으며, 특히 동결건조의 경우 24시간 이후에도 수분함량에 큰 변화가 없었다. 80.44%의 수분함량을 갖는 블루베리는 24시간 건조 시 동결건조(0.07485mmHg), 열풍건조($60 \pm 1^\circ\text{C}$) 및 순환형 감압건조(800hPa, $50 \pm 1^\circ\text{C}$) 시료 각각 27.9%, 13.1%, 17.3%의 수분함량을 나타내어 건조방법에 따라 시간별 수분함량에 큰 차이가 나는 것을 볼 수 있었으며, 감압건조의 경우 수분함량은 건조시간이 증가할수록 감소하는 정도가 다른 건조방법에 비하여 빠른 것을 알 수 있었다(Fig. 4).

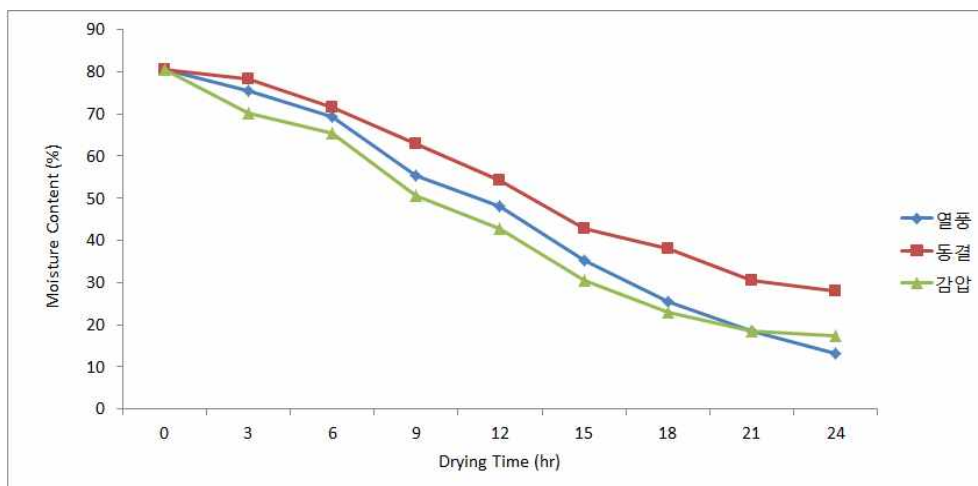


Fig. 4. Moisture content of change of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to drying method.

(2) 감압건조 온도별 조건에 따른 수분함량 변화

Fig. 5는 블루베리의 순환형 감압건조(800hPa) 시 온도에 따른 수분함량 변화를 나타낸 것으로 40°C 에서는 다른 온도에 비하여 건조시간이 증가할수록 수분함량의 감소

가 작은 것을 알 수 있었다. 50℃와 60℃ 에서는 건조시간이 증가할수록 수분함량의 변화에서 큰 차이가 나지 않았는데, 24시간 건조 시 각각 17.3%, 17.1%의 수분함량을 나타내었다.

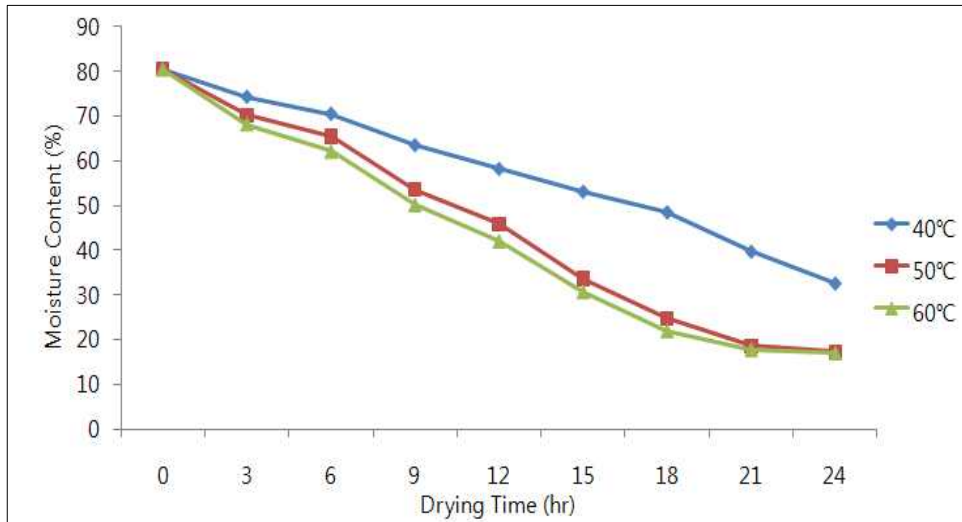


Fig. 5. Moisture content change of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to cyclic low pressure drying method.

(3) 일반성분 분석

건조 방법에 따른 블루베리의 일반성분을 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. 수분함량은 열풍이 13.1%, 순환형 감압건조가 17.3%, 동결이 27.9%로 동결건조시료의 수분함량이 더 높았고, 회분함량은 열풍이 0.9%, 순환형 감압건조가 1.1%, 동결이 0.7%로 감압건조시료의 회분함량이 더 높았으며, 조지방 함량은 열풍이 0.6%, 순환형 감압건조가 0.7%, 동결이 1.2%로 동결건조시료의 조지방 함량이 약간 높았고, 조단백 함량은 열풍이 5.4%, 순환형 감압건조가 3.8%, 동결이 1.6%로 열풍건조시료가 더 높은 함량을 나타냈다. 건조블루베리 분석결과 가용성 무질소물 81.36%, 수분 10.47%, 조단백 2.66%, 조지방 2.04%, 회분 1.99% 및 조섬유 1.48% 순으로 보고한 Jeong 등의 보고와 유사한 결과를 나타내었다. Oh 등은 국내산 나무딸기류 6종 즉, black raspberry, Korean raspberry, mountain raspberry, blackberry, raspberry 및 boysenberry의 수분함량을 측정된 결과 82.0~90.3%의 범위를 보여 모든 품종이 80% 이상의 수분을 함유하고 있다고 보고하였다. 또한 Cha 등은 복분자 딸기를 미숙과, 완숙과 및 잎으로 구분하여 일반성분을 분석한 결과 수분 60.63~87.09%, 단백질 1.37~8.41%, 조지방 1.52~3.39%, 조섬유 3.05~10.55% 및 조회

분 0.59~2.55%였다고 보고하여 본 실험에 사용된 블루베리와 수분함량과 많은 차이를 보이는데 이는 건조공정에 따른 수분의 증발현상에 의한 것으로 생각된다.

Table 6. Proximate composition of Blueberry (*Vaccinium ashei*) according to drying method

(Unit : %)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Moisture	13.10 ± 0.37 ¹⁾	17.32 ± 0.56	27.93 ± 0.49
Ash	0.91 ± 0.04	1.11 ± 0.19	0.71 ± 0.12
Crude fat	0.58 ± 0.27	0.71 ± 0.17	1.25 ± 0.99
Crude protein	5.41 ± 0.61	3.84 ± 0.53	1.63 ± 0.94
Carbohydrate	80.00 ± 0.84	77.02 ± 0.66	68.48 ± 1.17

¹⁾ Mean ± SD (n=3).

(4) pH, 색도 및 갈변도

건조방법에 따른 블루베리의 pH 및 색도, 갈변도 측정 결과를 Table 7에 나타내었다. 순환형 감압건조 시료의 pH가 열풍, 동결건조시료에 비해 약간 높게 나타내었으나 큰 차이는 보이지 않았다. 건조 방법별로 제조된 블루베리의 갈변도는 0.31 ~ 0.21의 값으로 건조 방법별로 차이가 많았다. 특히, 열풍 건조된 블루베리의 경우 갈변도가 가장 높았고 동결 건조가 가장 낮은 값을 보였는데, 이는 열풍건조의 경우 비교적 고온에 장시간 노출되면서 열에 의한 갈변의 촉진이 원인이라고 사료된다. 일반적으로 가열 온도가 높고 가열시간이 길어질수록 갈변 기질물질의 감소와 갈변물질의 생성이 증가되는 것으로 알려져 있다. 색도측정 결과, L값(명도)과 a값(적색도)은 동결 건조한 시료가 더 높게 나타난 반면, b값(황색도)의 경우 순환형 감압건조 시료에서 높은 값을 나타내었다. 건조처리 된 블루베리의 색도는 육안으로는 보이는 것과 마찬가지로 동결건조시료가 감압 및 열풍건조시료보다 색이 좀 더 밝고 붉은 색을 나타내었다. 건조조건이 오미자의 색도에 미치는 영향에 관한 연구에서 열풍 및 동결건조 된 오미자의 색도를 측정한 결과 L값과 a값이 열풍건조 시료에 비해 동결 건조한 시료에서 높았다고 보고하였으며, 건조 처리된 마의 경우, 동결건조분말에 비해 열풍건조분말의 경우 명도가 낮고 황색도가 높게 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서는 명도, 적색도 및 황색도가 높은 동결 및 순환형 감압건조 제품의 기호도가 열풍건조방법으로 제조된 제품에 비해 기호도가 높을 것이라

사료된다.

Table 7. pH, browning index and Hunter's color value of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to drying method

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying	
pH	2.83 ± 0.01 ¹⁾	2.93 ± 0.04	2.90 ± 0.03	
Browning index (abs. at 420 nm)	0.31 ± 0.01	0.23 ± 0.02	0.21 ± 0.02	
Hunter's color value ²⁾	L	24.17 ± 0.02	29.31 ± 0.08	32.49 ± 0.02
	a	8.21 ± 0.12	13.24 ± 0.07	15.39 ± 0.10
	b	7.64 ± 0.03	6.04 ± 0.03	5.30 ± 0.02

¹⁾ Mean ± SD (n=3).

²⁾ L : Degree of lightness (white +100 ↔ 0 black)

a : Degree of redness (red +100 ↔ -80 green)

b : Degree of yellowness (yellow +70 ↔ -80 blue)

(5) 유리당 함량

건조방법에 따른 유리당은 glucose, sucrose, fructose, maltose로 총 4종류가 있었으며, 그 함량 변화를 살펴보면 Table 8과 같다. 유리당 함량변화는 glucose, fructose, sucrose, maltose 순으로 Jeong 등의 분석결과와 유사한 결과를 나타내었으며 건조 방법에 따른 유리당 함량변화는 크게 차이가 나지 않는 것으로 나타났다.

Table 8. Free sugar contents of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to drying method

(Unit : mg/100g)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Glucose	229.01 ± 0.14 ¹⁾	221.14 ± 0.44	219.14 ± 0.11
Fructose	212.74 ± 0.07	200.14 ± 0.29	196.37 ± 0.42
Sucrose	152.51 ± 0.11	157.51 ± 0.42	158.51 ± 1.94
Maltose	101.24 ± 1.01	109.24 ± 1.08	107.20 ± 1.57
Total	695.5	688.03	681.22

¹⁾ Mean ± SD (n=3).

(6) 무기질 함량

Table 9는 건조 공정에 따른 블루베리 100g중 무기질 함량을 분석한 결과이다. 칼륨이 가장 함량이 높았고 그 다음이 나트륨, 인, 칼슘이었으나, 건조공정에 따른 무기질 함량의 차이는 없는 것으로 판단된다.

Table 9. Mineral contents of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to drying method.

(unit : mg/100g)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Ca	45.2 ± 15.68	38.7 ± 13.64	28.3 ± 14.21
Mg	37.6 ± 13.21	30.0 ± 10.11	27.3 ± 9.34
Na	210.0 ± 6.87	203.9 ± 5.21	173.2 ± 7.23
K	436.3 ± 18.32	323.4 ± 10.29	360.5 ± 11.34
P	65.3 ± 13.28	49.6 ± 9.31	58.6 ± 8.67
Fe	3.5 ± 5.24	1.7 ± 3.17	2.3 ± 1.69
Zn	1.4 ± 0.24	1.1 ± 0.39	1.2 ± 0.44
Cu	5.8 ± 0.04	4.5 ± 0.19	4.2 ± 0.97
Mn	37.6 ± 1.08	0.8 ± 0.94	1.0 ± 0.37

Values are mean ± S. E. Values are mean of triplicates.

(7) 비타민 C 및 안토시아닌 함량

건조방법에 따른 블루베리의 비타민 C 함량은 Fig. 6과 같다. 열풍건조한 시료의 비타민 C 함량은 5.6 mg/100 g 이었으며, 순환형 감압건조 및 동결건조 시료의 비타민 C 함량은 6.9 mg/100 g, 7.1 mg/100 g 으로 나타나, 경제적인 측면에서 본다면 순환형 감압건조의 방법도 우수하리라 생각된다. 동결건조 시 열에 의한 비타민 C의 파괴를 최소화할 수 있는 것으로 나타났으며, 이는 비타민 C의 열에 의한 약한 성질에 기인하는 것으로, 건조방법을 달리하여 제조한 당근편의 연구결과와 일치하였다. 한편, 열풍건조 시 상대적으로 많은 양의 비타민 C의 손실은 열풍에 의한 ascorbic acid의 산화에 기인하는 것이며, 반면 동결 건조 시 비타민 C의 보존은 동결건조 공정이 매우 낮은 온도에서 진행되기 때문으로 사료된다.

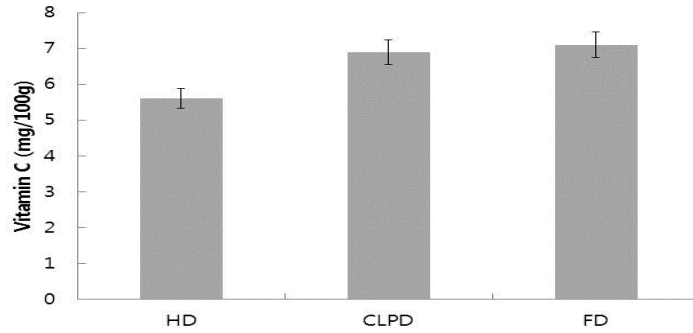


Fig. 6. Total vitamin C contents of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to drying method.(HD : Hot air drying, CLPD : Cyclic low pressure drying, FD : Freeze drying.)

안토시아닌은 식물에 매우 광범위하게 분포되어 있는 수용성 적색색소의 일종으로서 건조방법에 따른 블루베리의 안토시아닌 함량 분석결과는 Fig. 7과 같다. 열풍 건조, 순환형 감압건조, 동결건조 시료가 각각 10.08 mg/100 g, 29.41 mg/100 g, 33.87 mg/100 g의 함량을 나타내어 안토시아닌 함량 역시 동결건조시료에서 더 높은 수치를 나타내었다.

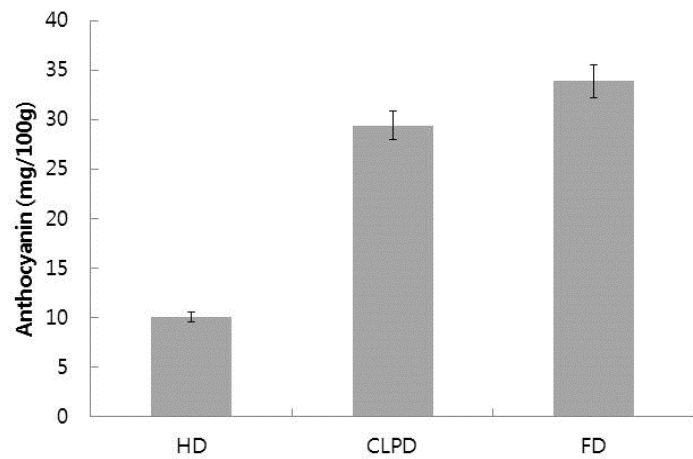


Fig. 7. Anthocyanin contents of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to drying method.

HD : Hot air drying, CLPD : Cyclic low pressure drying, FD : Freeze drying.

나. 건조공정별 제주산 감귤의 품질특성평가 및 최적 건조공정 조건 탐색

(1) 건조공정별 수분함량 변화

제주산 감귤의 고효율 건조 전처리 공정 조건 탐색을 위하여 동결건조, 열풍건조 및 순환형 감압건조 시 건조시간에 따른 수분함량 변화를 측정하였다. 감귤의 경우 5mm 두께로 절단 후 건조하였기 때문에 블루베리에 비하여 건조시간이 짧았으나 동결건조의 경우는 마찬가지로 유사한 수분함량에 도달하기까지 건조시간이 길어짐을 알 수 있었다. 83.5%의 수분함량을 갖는 감귤은 동결건조(0.07485mmHg)에서 13.8%의 수분함량에 도달하기까지 24시간, 열풍건조(60 ± 1°C)에서 10.6%의 수분함량에 도달하기까지 18시간, 순환형 감압건조(800hPa, 50 ± 1°C)에서 13%의 수분함량에 도달하기까지 15시간이 소요됨을 알 수 있었다(Fig. 10). 이는 순환형 감압건조의 경우 건조온도가 50°C임에도 불구하고 60°C로 건조한 열풍건조 보다 수분함량의 감소의 폭이 커서 건조시간이 짧았으며, 유용성분의 파괴 최소화 및 효율적인 면에서도 유리할 것으로 보여 진다.

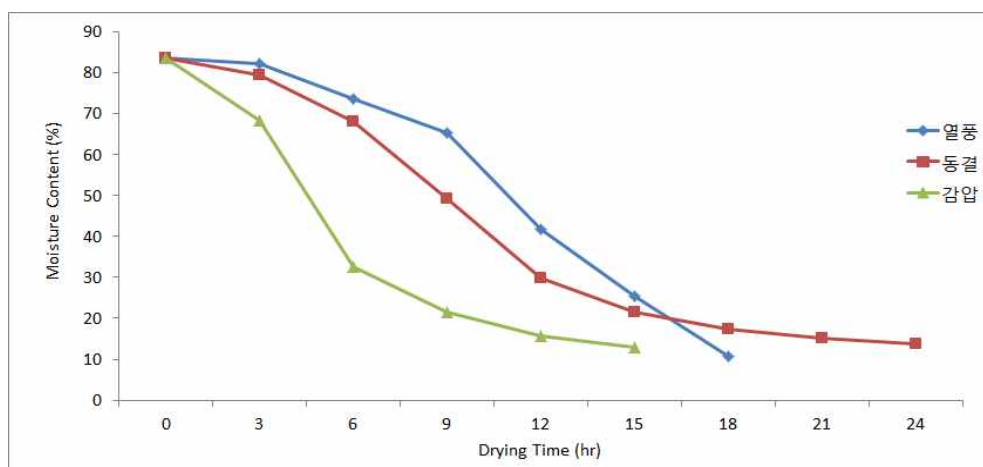


Fig. 10. Moisture content of change of *Citrus* according to drying method.

(2) 감압건조 온도별 조건에 따른 수분함량 변화

Fig. 11은 감귤의 순환형 감압건조(800hPa) 시 온도에 따른 수분함량 변화를 나타낸 것으로 블루베리와 마찬가지로 40°C에서 건조 시 다른 온도에 비하여 시간에 따른 수분함량의 감소가 작은 것을 알 수 있었으며, 50°C와 60°C 에서도 유사한 경향을 나타내는 것을 볼 수 있었다. 50°C와 60°C 각각 13%, 12.3%의 수분함량에 도달하는데 15시간이 소요됨을 알 수 있으므로 감귤의 고효율 건조시 순환형 감압건조의 온도는 50°C가 적합함을 알 수 있었다.

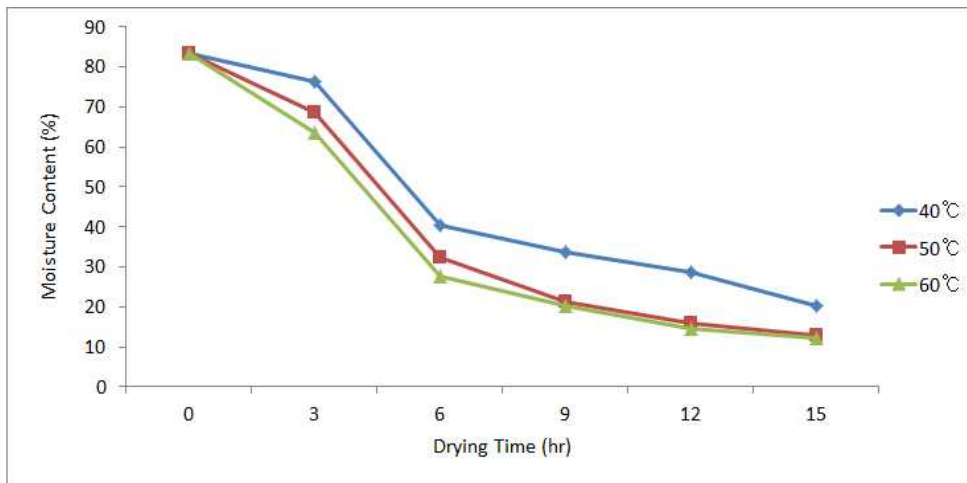


Fig. 11. Moisture content change of *Citrus* according to cyclic low pressure drying method.

(3) 일반성분 분석

건조 방법에 따른 감귤의 일반성분을 분석한 결과는 Table 10에 나타내었다. 수분함량은 열풍이 10.6%, 순환형 감압건조가 13.0%, 동결이 13.8%로 동결건조시료의 수분함량이 더 높았고, 회분함량은 2.3%로 건조방법에 따른 변화는 없는 것으로 나타났다. 조지방 함량은 열풍이 1.1%, 순환형 감압건조가 1.4%, 동결이 1.4%로 동결 및 감압건조시료의 조지방 함량이 약간 높았고, 조단백 함량은 열풍이 3.8%, 순환형 감압건조가 5.3%, 동결이 6.0%로 동결건조시료가 더 높은 함량을 나타냈다.

Table 10. Proximate composition of *Citrus* according to drying method

(Unit : %)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Moisture	10.6 ± 0.24 ¹⁾	13.0 ± 0.29	13.8 ± 0.51
Ash	2.3 ± 0.02	2.3 ± 0.11	2.3 ± 0.26
Crude fat	1.1 ± 0.21	1.4 ± 0.30	1.4 ± 0.49
Crude protein	3.8 ± 0.34	5.3 ± 0.23	6.0 ± 0.36
Carbohydrate	82.2 ± 0.61	78.0 ± 0.11	76.5 ± 0.94

¹⁾ Mean ± SD (n=3).

(4) pH, 색도 및 갈변도

건조방법에 따른 감귤의 pH 및 색도, 갈변도 측정 결과를 Table 11에 나타내었다. 순환형 감압건조 시료의 pH가 열풍, 동결건조시료에 비해 약간 높게 나타내었으나 큰 차이는 보이지 않았다. 건조 방법별로 제조된 감귤의 갈변도는 0.28 ~ 0.19의 값으로 건조 방법별로 차이가 많았다. 특히, 열풍 건조된 감귤의 경우 갈변도가 가장 높았고 동결 건조가 가장 낮은 값을 보였는데, 이는 열풍건조의 경우 비교적 고온에 장시간 노출되면서 열에 의한 갈변의 축진이 원인이라고 사료된다. 일반적으로 가열 온도가 높고 가열시간이 길어질수록 갈변 기질물질의 감소와 갈변물질의 생성이 증가되는 것으로 알려져 있다. 색도측정 결과, L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)은 모두 동결 건조한 시료가 더 높게 나타났다. 건조처리 된 감귤의 색도는 육안으로는 보이는 것과 마찬가지로 열풍건조시료가 감압 및 동결건조시료보다 색이 좀 더 어두운 색을 나타내었다.

Table 11. pH, browning index and Hunter's color value of *Citrus* according to drying method

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying	
pH	3.39 ± 0.01 ¹⁾	3.42 ± 0.04	3.37 ± 0.03	
Browning index (abs. at 420 nm)	0.28 ± 0.01	0.22 ± 0.02	0.19 ± 0.02	
Hunter's color value ²⁾	L	31.24 ± 0.02	47.22 ± 0.08	49.32 ± 0.02
	a	16.27 ± 0.12	13.24 ± 0.07	15.39 ± 0.10
	b	15.24 ± 0.03	30.14 ± 0.03	34.28 ± 0.02

¹⁾ Mean ± SD (n=3).

²⁾ L : Degree of lightness (white +100 ↔ 0 black)

a : Degree of redness (red +100 ↔ -80 green)

b : Degree of yellowness (yellow +70 ↔ -80 blue)

(5) 유리당 함량

건조방법에 따른 유리당을 glucose, sucrose, fructose, maltose로 총 4종류를 분석한 결과, 그 함량 변화를 살펴보면 Table 12와 같다. 유리당 함량변화는 glucose, fructose순으로 나타났으며 건조 방법에 따른 유리당 함량변화는 크게 차이가 나지 않는 것으로 나타났다.

Table 12. Free sugar contents of *Citrus* according to drying method (Unit : %)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Glucose	13.5 ± 0.14 ¹⁾	11.2 ± 0.44	10.8 ± 0.11
Fructose	13.2 ± 0.07	10.5 ± 0.29	10.3 ± 0.42
Sucrose	ND	ND	ND
Maltose	ND	ND	ND
Total	26.7	21.7	21.1

¹⁾ Mean ± SD (n=3).

(6) 무기질 함량

Table 13은 건조 공정에 따른 감귤 100g중 무기질 함량을 분석한 결과이다. 칼륨이 가장 함량이 높았고 그 다음이 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 인이었으나, 건조공정에 따른 무기질 함량의 차이는 없는 것으로 판단된다.

Table 13. Mineral contents of *Citrus* according to drying method (unit : mg/100g)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Ca	110.6 ± 11.38	118.8 ± 12.17	111.1 ± 10.31
Mg	69.1 ± 12.95	72.1 ± 9.47	67.6 ± 8.67
Na	22.7 ± 5.39	32.0 ± 4.31	21.9 ± 2.69
K	707.2 ± 14.31	701.4 ± 9.47	714.3 ± 6.94
P	84.0 ± 11.39	79.3 ± 8.47	82.6 ± 8.37
Fe	1.8 ± 3.67	4.3 ± 2.47	6.2 ± 1.49
Zn	0.7 ± 0.11	0.9 ± 0.38	0.8 ± 0.49
Cu	0.6 ± 0.04	0.7 ± 0.28	0.6 ± 0.47
Mn	0.8 ± 0.49	1.2 ± 0.97	0.8 ± 0.31

Values are mean ± S. E. Values are mean of triplicates.

(7) 비타민 C 및 헤스페리딘 함량

건조방법에 따른 감귤의 비타민 C 함량은 Fig. 12와 같다. 열풍건조한 시료의 비타민 C 함량은 230.1 mg/100 g 이었으며, 순환형 감압건조 및 동결건조 시료의 비타민 C 함량은 301.0 mg/100 g, 291.6 mg/100 g으로 나타나, 영양적 측면에서 큰 차이를 보이는 것은 아니지만 경제적인 측면을 고려한다면 순환형 감압건조의 방법이 우수한 것으로 기대할 수 있다. 동결건조 시 열에 의한 비타민 C의 파괴를 최소화 할 수 있는 것으로 나타났으며, 이는 비타민 C의 열에 의한 약한 성질에 기인하는 것으로 판단된다.

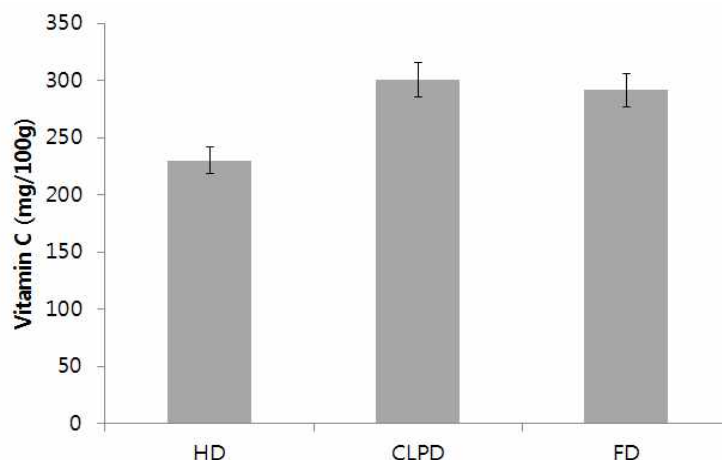


Fig. 12. Total vitamin C contents of *Citrus* according to drying method.

HD: hot air drying, CLPD: Cyclic low pressure drying, FD: freeze drying.

한편, 열풍건조 시 상대적으로 많은 양의 비타민 C의 손실은 열풍에 의한 ascorbic acid의 산화에 기인하는 것이며, 반면 동결 건조 시 비타민 C의 보존은 동결건조 공정이 매우 낮은 온도에서 진행되기 때문으로 사료된다.

천연으로 존재하는 flavanone 배당체의 일종인 hesperidin은 귤이나 오렌지 등에 비교적 다량 함유되어 있으며 예전부터 비타민 P로서 혈압을 내리는 작용 등 여러 가지 생리작용을 가진 유용물질로서 알려져있다. 건조방법에 따른 감귤의 hesperidin 함량 분석결과는 Fig. 13과 같다. 열풍건조, 순환형 감압건조, 동결건조 시료가 각각 0.017 mg/mg, 0.021 mg/100 g, 0.019 mg/100 g의 함량을 나타내어 hesperidin의 함량은 감압건조에서 높은 수치를 나타내었지만 건조 공정별로 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

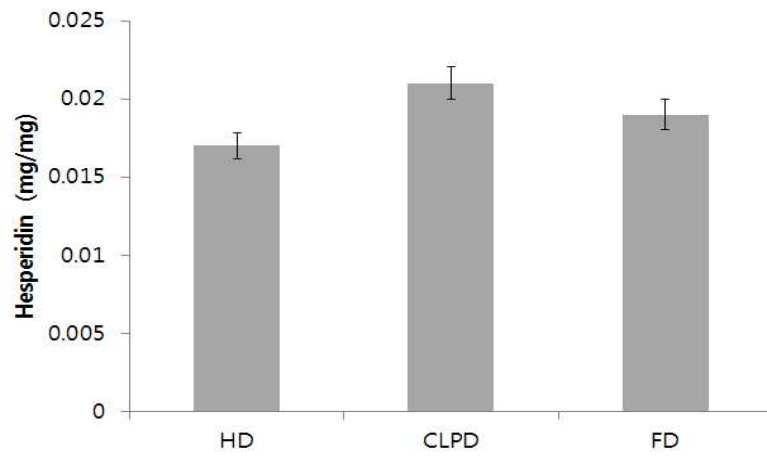


Fig. 13. Hesperidin contents of *Citrus* according to drying method.

HD: hot air drying, CLPD: Cyclic low pressure drying, FD: freeze drying.

다. 건조공정별 제주산 고구마의 품질특성평가 및 최적 건조공정 조건 탐색

(1) 건조공정별 수분함량 변화

제주산 고구마의 고효율 건조 전처리 공정 조건 탐색을 위하여 동결건조, 열풍 건조 및 순환형 감압건조 시 건조시간에 따른 수분함량 변화를 측정하였다. 고구마의 경우 5mm 두께로 절단 후 건조하였기 때문에 감귤과 마찬가지로 블루베리에 비하여 건조시간이 짧았으나 동결건조의 경우는 마찬가지로 유사한 수분함량에 도달하기까지 건조시간이 길어짐을 알 수 있었다. 78.1%의 수분함량을 갖는 고구마는 동결건조(0.07485mmHg)에서 5.9%의 수분함량에 도달하기까지 24시간, 열풍 건조(60 ± 1°C)에서 3.6%의 수분함량에 도달하기까지 15시간, 순환형 감압건조(800hPa, 50 ± 1°C)에서 4.8%의 수분함량에 도달하기 까지 15시간이 소요됨을 알 수 있었다(Fig. 14). 열풍건조와 순환형 감압건조 간에 건조정도 차이는 조금 있었으나 60°C로 건조한 열풍건조보다 50°C에서 건조한 순환형 감압건조가 건조 초기 시 수분함량의 감소의 폭이 큰 것을 알 수 있었다. 이는 감압으로 인하여 열풍건조보다 낮은 온도임에도 불구하고 수분 증발력이 높기 때문에 유사한 건조상태 시 순환형 감압건조가 유용성분의 파괴 최소화 및 효율적인 면에서 유리할 것으로 보여 진다.

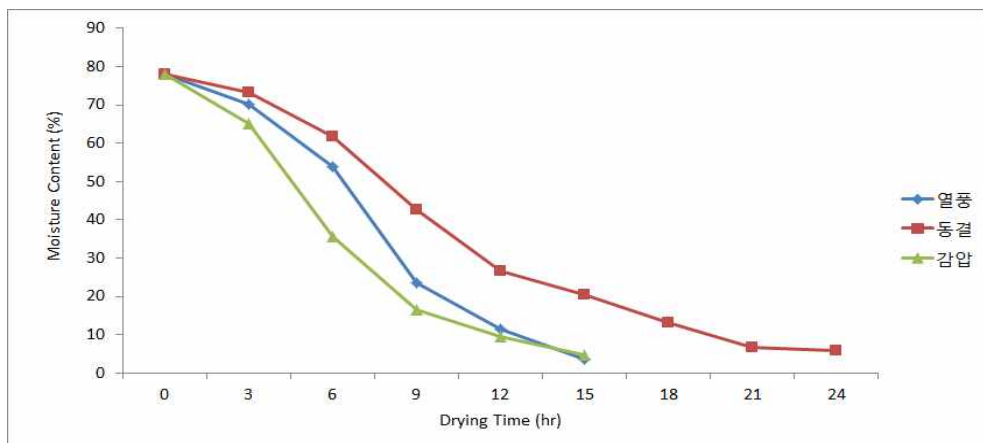


Fig. 14. Moisture content of change of sweet potato according to drying method.

(2) 감압건조 온도별 조건에 따른 수분함량 변화

Fig. 15는 고구마의 순환형 감압건조(800hPa) 시 온도에 따른 수분함량 변화를 나타낸 것으로 다른 작물과 마찬가지로 40°C에서 건조 시 다른 온도에 비하여 시간에 따른 수분함량의 감소가 작은 것을 알 수 있었으며, 50°C와 60°C 에서도 유사한 경향을 나타내는 것을 볼 수 있었다. 건조시간은 15시간으로 50°C와 60°C에서의 수분함량은 각각 4.8%, 3.9% 유사하여, 고구마의 고효율 건조시 순환형 감압건조의 온도는 50°C가 적합함을 알 수 있었다.

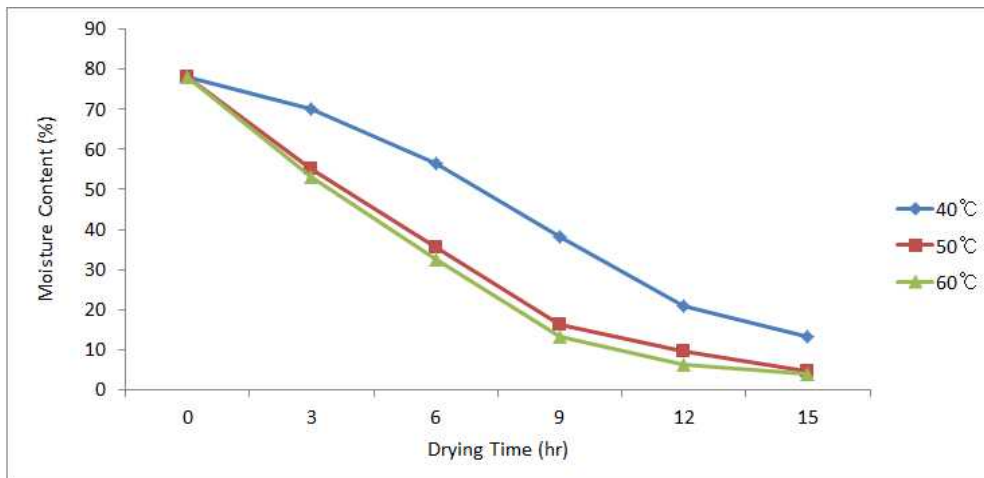


Fig. 15. Moisture content change of sweet potato according to cyclic low pressure drying method.

(3) 일반성분 분석

건조 방법에 따른 고구마의 일반성분을 분석한 결과는 Table 14에 나타내었다. 수분함량은 열풍이 3.6%, 순환형 감압건조가 4.8%, 동결이 5.9%로 동결건조시료의 수분함량이 더 높았고, 회분함량은 열풍이 3.5%, 순환형 감압건조가 3.1%, 동결이 3.0%로 열풍건조의 시료가 회분함량이 더 높았으며, 조지방 함량은 열풍이 0.8%, 순환형 감압건조가 0.6%, 동결이 0.5%로 조단백 함량은 열풍이 8.6%, 순환형 감압건조가 6.1%, 동결이 8.7%로 나타냈다. 일반적으로 고구마의 영양성분에 관한 연구의 결과와 유사한 결과를 나타내었으나, 건조 공정에 따른 차이는 관찰할 수 없었다.

Table 14. Proximate composition of sweet potato according to drying method

(Unit : %)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Moisture	3.6 ± 0.14 ¹⁾	4.8 ± 0.23	5.9 ± 0.22
Ash	3.5 ± 0.09	3.1 ± 0.14	3.1 ± 0.18
Crude fat	0.8 ± 0.39	0.6 ± 0.39	0.5 ± 1.31
Crude protein	8.6 ± 0.45	6.1 ± 0.48	8.7 ± 0.64
Carbohydrate	83.5 ± 0.17	85.4 ± 0.59	81.9 ± 1.07

¹⁾ Mean ± SD (n=3).

(4) pH, 색도 및 갈변도

건조방법에 따른 고구마의 pH 및 색도, 갈변도 측정 결과를 Table 15에 나타내었다. 순환형 감압건조 시료의 pH가 열풍, 동결건조시료에 비해 약간 높게 나타내었으나 큰 차이는 보이지 않았다. 건조 방법별로 제조된 고구마의 갈변도는 0.48 ~ 0.20의 값으로 건조 방법별로 차이가 많았다. 특히, 열풍 건조된 고구마의 경우 갈변도가 가장 높았고 동결 건조가 가장 낮은 값을 보였는데, 이는 열풍건조의 경우 비교적 고온에 장시간 노출되면서 열에 의한 갈변의 촉진이 원인이라고 사료된다. 일반적으로 가열 온도가 높고 가열시간이 길어질수록 갈변 기질물질의 감소와 갈변물질의 생성이 증가되는 것으로 알려져 있다. 색도측정 결과, L값(명도)과 b값(황색도)은 동결 건조한 시료가 더 높게 나타난 반면, a값(적색도)의 경우 열풍건조 시료에서 높은 값을 나타내었다. 건조처리 된 고구마의 색도는 육안으로는 보이는 것과 마찬가지로 동결건조시료가 감압 및 열풍건조시료보다 색이 좀 더 밝고 흰색을 나타내었다. 고구마의 과피 색 측정결과명도(L)와 황색도(b)가 각각 50.3과 15.4로 나타나 연구 결과와 차이가 없는 것으로 판단되며 본 연구에서는 명도, 적색도 및 황색도가 높은 동결 및 순환형 감압건조 제품의 기호도가 열풍건조방법으로 제조된 제품에 비해 기호도가 높을 것이라 사료된다.

Table 15. pH, browning index and Hunter's color value of sweet potato according to drying method

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
pH	6.0 ± 0.01 ¹⁾	6.1 ± 0.04	6.2 ± 0.03
Browning index (abs. at 420 nm)	0.48 ± 0.02	0.29 ± 0.01	0.20 ± 0.01
Hunter's color value ²⁾			
L	34.29 ± 0.02	55.01 ± 0.08	84.61 ± 0.02
a	1.67 ± 0.12	-0.97 ± 0.07	-1.88 ± 0.10
b	24.36 ± 0.03	24.98 ± 0.03	26.9 ± 0.02

¹⁾ Mean ± SD (n=3).

²⁾ L : Degree of lightness (white +100 ↔ 0 black)

a : Degree of redness (red +100 ↔ -80 green)

b : Degree of yellowness (yellow +70 ↔ -80 blue)

(5) 유리당 함량

건조방법에 따른 유리당을 glucose, sucrose, fructose, maltose로 총 4종류로 분석한 결과, 그 함량 변화를 살펴보면 Table 16 와 같다. 유리당 함량변화는 maltose, fructose, glucose 순으로 고구마의 품종이나 산지에 따라 62.4~40.1%까지 함량이 다양한 결과와 비교한다면 건조 방법에 따른 유리당 함량변화는 크게 차이가 나지 않는 것으로 나타났다.

Table 16. Free sugar contents of sweet potato according to drying method
(Unit : %)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Glucose	1.4 ± 0.14 ¹⁾	1.2 ± 0.44	1.1 ± 0.11
Fructose	1.6 ± 0.07	1.6 ± 0.29	1.3 ± 0.42
Sucrose	ND	ND	ND
Maltose	2.3 ± 1.01	2.1 ± 1.08	1.5 ± 1.57
Total	5.3	4.9	3.9

¹⁾ Mean ± SD (n=3).

(6) 무기질 함량

Table 17은 건조 공정에 따른 고구마 100g중 무기질 함량을 분석한 결과이다. 칼륨이 가장 함량이 높았고 그 다음이 인, 칼슘이었으나, 김 등 연구 결과와 비슷한 수치를 나타내었으며 건조공정에 따른 무기질 함량의 차이는 없는 것으로 판단된다.

Table 17. Mineral contents of Sweet potato according to drying method
(unit : mg/100g)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Ca	86.9 ± 12.34	84.1 ± 14.31	78.3 ± 12.37
Mg	89.7 ± 10.97	75.2 ± 14.11	85.9 ± 6.34
Na	80.9 ± 4.32	127.0 ± 4.17	132.7 ± 5.37
K	114.8 ± 11.27	1,053.7 ± 15.39	912.7 ± 10.47
P	110.0 ± 10.36	123.9 ± 9.34	105.9 ± 7.14
Fe	5.1 ± 5.31	6.7 ± 2.17	6.5 ± 0.31
Zn	0.7 ± 0.11	1.2 ± 0.47	0.3 ± 0.41
Cu	0.8 ± 0.03	0.9 ± 0.11	0.8 ± 0.71
Mn	1.7 ± 0.97	2.4 ± 0.47	1.2 ± 0.11

Values are mean ± S. E. Values are mean of triplicates.

(7) 비타민 C 함량

건조방법에 따른 고구마의 비타민 C 함량은 Fig. 16과 같다. 열풍건조한 시료의 비타민 C 함량은 1.8 mg/100 g 이었으며, 순환형 감압건조 및 동결건조 시료의 비타민 C 함량은 3.9 mg/100 g, 4.7 mg/100 g으로 나타나, 경제적인 측면에서 본다면 순환형 감압건조의 방법도 우수하리라 생각된다. 동결건조 시 열에 의한 비타민 C의 파괴를 최소화 할 수 있는 것으로 나타났으며, 이는 비타민 C의 열에 의한 약한 성질에 기인하는 것으로, 김 등의 연구 결과와는 많은 차이를 나타내었으나 이는 열풍건조 시 상대적으로 많은 양의 비타민 C의 손실은 열풍에 의한 ascorbic acid의 산화에 기인하는 것이며, 반면 동결 건조 시 비타민 C의 보존은 동결건조 공정이 매우 낮은 온도에서 진행되기 때문으로 사료된다.

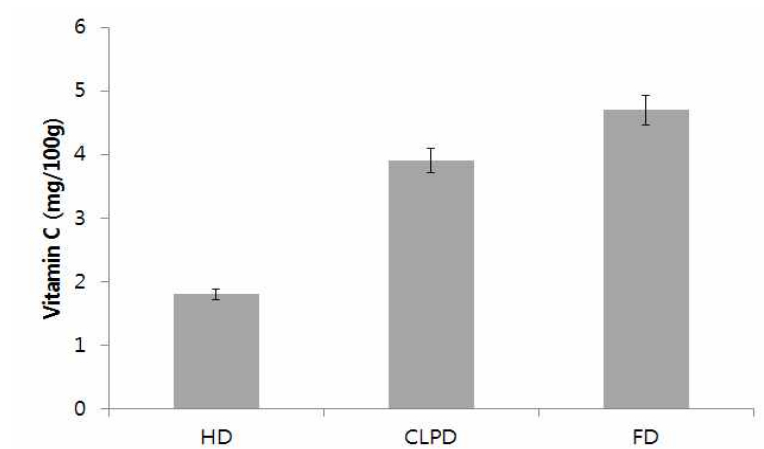


Fig. 16. Total vitamin C contents of sweet potato according to drying method.

HD: hot air drying, CLPD: Cyclic low pressure drying, FD: freeze drying.

2. 건조공정별 제주농산자원의 기능성평가 및 고효율 최적 건조공정 조건 확립

가. 제주산 블루베리의 항산화 활성

(1) 총 폴리페놀 함량

블루베리 잎에 들어있는 flavonoid와 같은 phenolics는 식물성 천연물에 많이 함유되어 있는 성분으로 이들의 주요 역할은 free radicals를 소거하는 것이라는 연구가 많이 보고되고 있으며, 이러한 phenolics인 flavonoid, phenolic acids 및 anthocyanins 등의 총량인 total phenolics 함량은 ABTS/DPPH 라디칼 소거활성과 같은 항산화 활성에 중요한 인자로 작용한다. 총 페놀 함량의 경우 Table 18에 나타난 바와 같이 10.3~17.2 mg/g의 범위를 보이면서 동결건조, 순환형감압건조, 열풍건조의 순으로 높게 나타났다.

Table 18. Total phenol contents of Blueberry (*Vaccinium ashei*) according to drying method

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Total polyphenols (mg/g GAE ¹⁾)	10.3±0.39 ²⁾	12.2±0.57	17.2± 1.74

¹⁾ GAE: gallic acid equivalents

²⁾ Mean ± SD (n=3).

(2) 전자공여능

전자공여능 측정에 사용된 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH)은 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타내며, 전자 또는 수소를 받으면 517 nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성 산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있으며 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 건조방법에 따른 블루베리의 DPPH radical 소거능을 측정한 결과, 건조 방법에 따라 28.57~39.83%의 범위를 나타내었다(Fig. 17)

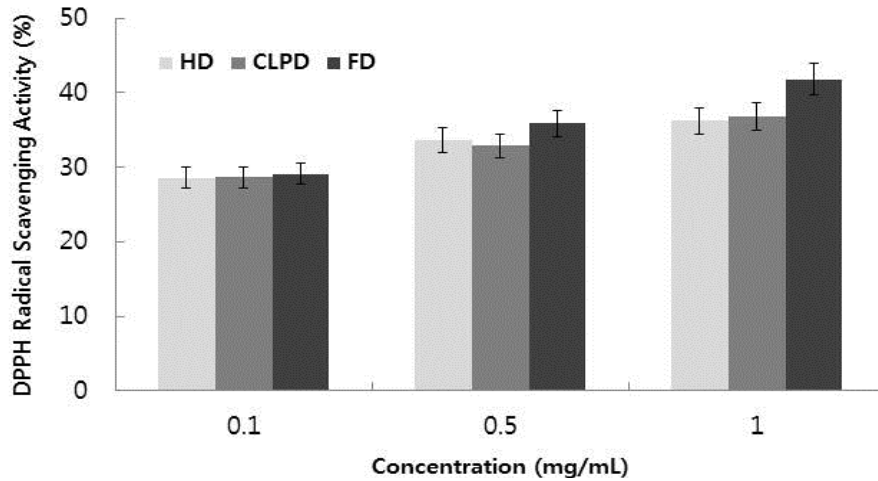


Fig. 17. DPPH radical scavenging activity of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to drying method.

HD: hot air drying, CLPD: Cyclic low pressure drying, FD: freeze drying.

(3) HPLC를 통한 페놀성분 분석

건조 공정별 추출물의 페놀 함량 분석결과를 Table 19에 나타내었다. HPLC 의한 분석 결과 추출물의 페놀 함량은 chlorogenic acid가 364.54 ppm으로서 가장 많은 양이 함유되어 있는 것으로 확인이 되었고, 건조 공정에 의한 성분의 차이는 없는 것으로 나타났다.

Table 19. Phenolic compounds of extracts from Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to drying method by HPLC

(unit : ppm)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Gallic acid	172.35 ± 0.23	180.24 ± 0.29	182.17 ± 0.46
Catechin	170.83 ± 0.23	169.11 ± 0.13	169.88 ± 0.39
Chlorogenic acid	364.54 ± 0.62	367.29 ± 0.30	364.59 ± 0.84
Caffeic acid	68.50 ± 0.35	70.21 ± 0.44	69.17 ± 0.39
<i>p</i> -coumaric acid	207.56 ± 0.42	200.14 ± 0.65	205.36 ± 0.59
Ferulic acid	170.37 ± 0.48	134.54 ± 0.17	132.29 ± 0.47

Values are mean ± S. E. Values are mean of triplicates.

1) ND : Not detected

나. 제주산 블루베리의 건조별 탄소배출량에 따른 고효율 최적 건조공정 조건 확립

표 7은 제주산 블루베리의 고효율 건조 전처리 공정 조건을 결정하기 위하여 건조방법 별 탄소 배출량을 나타낸 것으로 시간당 전력 소비량을 기준으로 계산한 것이다. 열풍건조(60 ± 1℃), 순환형 감압건조(800hPa, 50 ± 1℃), 동결건조(0.07485mmHg)의 시간당 전력 소비량은 각각 14,000w, 10,800w, 17,860w 건조시간은 모두 24hr으로 CO₂ 배출량은 감압건조가 4.393224로 가장 낮은 것을 알 수 있었다.

<표 7> 제주산 블루베리의 건조방법 별 탄소 배출량

	열풍건조	순환형 감압건조	동결건조
온도 (℃)	60	50	-50
시간 (h)	24	24	24
시간당 전력 소비량 (W)	14000	10800	17860
에너지 소비량 (kwh)	336	259.2	428.64
전기사용 1kwh당 총발열량	722400	557280	921576
에너지 소비량 (TOE)	7.224	5.5728	9.21576
전기 사용 탄소배출계수	0.215	0.215	0.215
CO ₂ 배출량(Ton)	5.69492	4.393224	7.2650908



다. 제주산 감귤의 항산화 활성

(1) 총 폴리페놀 함량

감귤에 들어있는 flavonoid와 같은 phenolics는 식물성 천연물에 많이 함유되어 있는 성분으로 이들의 주요 역할은 free radicals를 소거하는 것이라는 연구가 많이 보고되고 있으며, 이러한 phenolics인 flavonoid, phenolic acids 및 anthocyanins 등의 총량인 total phenolics 함량은 ABTS/DPPH 라디칼 소거활성과 같은 항산화 활성에 중요한 인자로 작용한다. 총 페놀 함량의 경우 Table 20에 나타난 바와 같이 8.4~11.2 mg/g의 범위를 보이면서 동결건조, 순환형감압건조, 열풍건조의 순으로 높게 나타났다.

Table 20. Total phenol contents of *Citrus* according to drying method

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Total polyphenols (mg/g GAE ¹⁾)	8.4±0.39 ²⁾	10.7±0.57	11.2± 1.74

¹⁾ GAE: gallic acid equivalents

²⁾ Mean ± SD (n=3).

(2) 전자공여능

전자공여능 측정에 사용된 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH)은 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타내며, 전자 또는 수소를 받으면 517 nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성 산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있으며 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 건조방법에 따른 감귤의 DPPH radical 소거능을 측정한 결과, 건조 방법에 따라 25.34~29.67%의 범위를 나타내었으며(Fig. 18), 이는 수확시기별 감귤의 항산화 활성을 연구한 김 등의 결과와는 약간의 차이를 나타내었다.

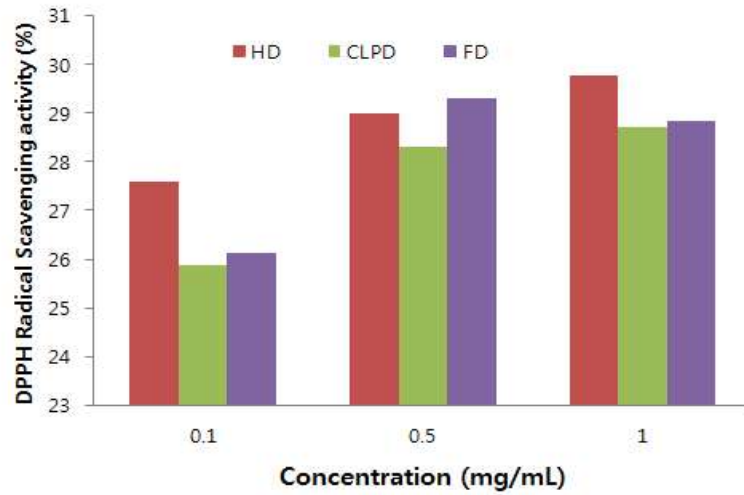


Fig. 18. DPPH radical scavenging activity of Citrus according to drying method.

HD: hot air drying, CLPD: Cyclic low pressure drying, FD: freeze drying.

(3) HPLC를 통한 페놀성분 분석

건조 공정별 추출물의 페놀 함량 분석결과를 Table 21에 나타내었다. HPLC의 한 분석 결과 공정별 추출물의 페놀 함량은 chlorogenic acid, ferrulic acid, caffeic acid가 확인이 되었지만 극미량으로 확인되었으며, catechin, gallic acid, *p*-coumaric acid는 확인되지 않았다.

Table 21. Phenolic compounds of extracts from *Citrus* according to drying method by HPLC.

(unit : mg/100g)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Gallic acid	ND	ND	ND
Catechin	ND	ND	ND
Chlorogenic acid	5.64 ± 0.62	8.14 ± 0.30	8.61 ± 0.84
Caffeic acid	4.11 ± 0.35	5.04 ± 0.44	5.01 ± 0.39
<i>p</i> -coumaric acid	ND	ND	ND
Ferulic acid	0.17 ± 0.48	0.24 ± 0.17	0.22 ± 0.47

Values are mean ± S. E. Values are mean of triplicates.

1) ND : Not detected

라. 제주산 감귤의 건조별 탄소배출량에 따른 고효율 최적 건조공정 조건 확립

표 8은 제주산 감귤의 고효율 건조 전처리 공정 조건을 결정하기 위하여 건조방법별 탄소 배출량을 나타낸 것으로 시간당 전력 소비량을 기준으로 계산한 것이다. 열풍건조(60 ± 1℃), 순환형 감압건조(800hPa, 50 ± 1℃), 동결건조(0.07485mmHg)의 시간당 전력 소비량은 각각 14,000w, 10,800w, 17,860w이며, 건조시간은 18hr, 15hr, 24hr으로 CO₂ 배출량은 순환형 감압건조가 2.745765로 가장 낮은 것을 알 수 있었다.

<표 8> 제주산 감귤의 건조방법 별 탄소 배출량

	열풍 건조	순환형 감압건조	동결건조
온도 (℃)	60	50	-50
시간 (h)	18	15	24
시간당 전력 소비량 (W)	14000	10800	17860
에너지 소비량 (kwh)	252	162	428.64
전기사용1kwh당총발열량	541800	348300	921576
에너지 소비량 (TOE)	5.418	3.483	9.21576
전기 사용 탄소배출계수	0.215	0.215	0.215
CO ₂ 배출량(Ton)	4.27119	2.745765	7.2650908



마. 제주산 고구마의 항산화 활성

(1) 총 폴리페놀 함량

고구마에 들어있는 flavonoid와 같은 phenolics는 식물성 천연물에 많이 함유되어 있는 성분으로 이들의 주요 역할은 free radicals를 소거하는 것이라는 연구가 많이 보고되고 있으며, 이러한 phenolics인 flavonoid, phenolic acids 및 anthocyanins 등의 총량인 total phenolics 함량은 ABTS/DPPH 라디칼 소거활성과 같은 항산화 활성에 중요한 인자로 작용한다. 총 페놀 함량의 경우 Table 22에 나타난 바와 같이 21.4~22.6 mg/g의 범위를 보이면서 동결건조, 순환형감압건조, 열풍건조의 순으로 높게 나타났으며, 송 등의 연구결과와는 차이가 나타났는데 이는 건조에 따른 수분 증발에 의한 것으로 판단된다.

Table 22. Total phenol contents of sweet potato according to drying method

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Total polyphenols (mg/g GAE ¹⁾)	21.4 ± 0.72 ²⁾	21.7 ± 0.35	22.6 ± 0.78

GAE: gallic acid equivalents

²⁾ Mean ± SD (n=3).

(2) 전자공여능

전자공여능 측정에 사용된 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH)은 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타내며, 전자 또는 수소를 받으면 517 nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성 산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있으며 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 건조방법에 따른 고구마의 DPPH radical 소거능을 측정한 결과, 건조 방법에 따라 22.4~26.7%의 범위를 나타내었다(Fig. 19).

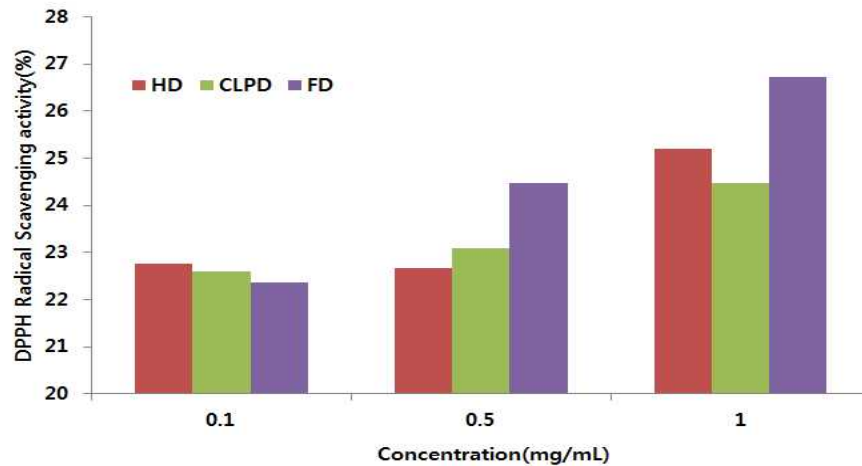


Fig. 19. DPPH radical scavenging activity of sweet potato according to drying method. HD: hot air drying, CLPD: Cyclic low pressure drying, FD: freeze drying.

(3) HPLC를 통한 페놀성분 분석

건조 공정별 추출물의 페놀 함량 분석결과를 Table 23에 나타내었다. HPLC의한 분석 결과 고구마 추출물의 페놀 함량은 chlorogenic acid와 caffeic acid가 함유되어 있는 것으로 확인이 되었고 catechin, gallic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid는 확인되지 않았다.

Table 23. Phenolic compounds of extracts from sweet potato according to drying method by HPLC

(unit : mg/100g)

	Hot air drying	Cyclic low pressure drying	Freezing drying
Gallic acid	ND	ND	ND
Catechin	ND	ND	ND
Chlorogenic acid	80.2 ± 0.14	89.6 ± 0.49	92.6 ± 0.77
Caffeic acid	41.3 ± 0.14	48.6 ± 0.42	47.2 ± 0.11
<i>p</i> -coumaric acid	ND	ND	ND
Ferulic acid	ND	ND	ND

Values are mean ± S. E. Values are mean of triplicates.

1) ND : Not detected

바. 제주산 고구마의 건조별 탄소배출량에 따른 고효율 최적 건조공정 조건 확립

표 9는 제주산 감귤의 고효율 건조 전처리 공정 조건을 결정하기 위하여 건조방법 별 탄소 배출량을 나타낸 것으로 시간당 전력 소비량을 기준으로 계산한 것이다. 열풍건조(60 ± 1℃), 순환형 감압건조(800hPa, 50 ± 1℃), 동결건조(0.07485mmHg)의 시간당 전력 소비량은 각각 14,000w, 10,800w, 17,860w이며, 건조시간은 15hr, 15hr, 24hr으로 CO₂ 배출량은 순환형 감압건조가 2.745765로 가장 낮은 것을 알 수 있었다.

<표 9> 제주산 고구마의 건조방법 별 탄소 배출량

	열풍 건조	순환형 감압건조	동결건조
온도 (℃)	60	50	-50
시간 (h)	15	15	24
시간당 전력 소비량 (W)	14000	10800	17860
에너지 소비량 (kwh)	210	162	428.64
전기사용1kwh당총발열량	451500	348300	921576
에너지 소비량 (TOE)	4.515	3.483	9.21576
전기 사용 탄소배출계수	0.215	0.215	0.215
CO ₂ 배출량(Ton)	3.559325	2.745765	7.2650908



3. 제주농산자원의 초고압 추출조건 탐색 및 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립

가. 제주농산자원의 초고압 추출조건 탐색

본 실험에서는 수율측정을 통하여 초고압 추출조건(압력 100~300Mpa)을 탐색하였다. 시료별 압력 및 시간에 따른 수율은 차이가 있었지만 Table 24와 같이 수율 측면과 경제적 측면 등을 고려하였을 때 고압추출의 최적 조건은 300 Mpa에서 15분간 추출하는 것이 가장 적합한 것으로 보인다. 이상의 실험결과 초고압 처리를 실시 하였을 경우 일반 열수 추출에 비해 높은 수율을 나타내었다. 이것은 기존의 추출 방법으로는 나오지 않았던 유용생리활성 물질들이 초고압 처리를 통해 조직과 세포막 파괴로 인해 용매들이 세포 안으로 쉽게 들어감으로서 기존 물질들의 용출량 증가하고 새로운 물질의 용출로 인한 것으로 생각된다.

Table 24. The extraction yield of the water extract with high pressure on extract according to pressure and holding time from Blueberry

Sample	Pressure (Mpa)	Holding time (minutes)	Yield (% , w/w)
Blueberry	0	0	12.36
	100	15	12.39
	100	30	12.41
	100	45	12.94
	100	60	13.02
	200	15	13.03
	200	30	14.17
	200	45	14.84
	200	60	15.01
	300	15	19.89
	300	30	20.30
	300	45	21.04
	300	60	21.69

Table 25. The extraction yield of the water extract with high pressure on extract according to pressure and holing time from Citrus & Sweet potato

Sample	Pressure (Mpa)	Holing time (minutes)	Yield(%, w/w)
Citrus	0	0	17.21
	100	15	17.53
	100	30	17.92
	100	45	18.26
	100	60	18.33
	200	15	18.32
	200	30	18.55
	200	45	19.27
	200	60	20.01
	300	15	22.31
	300	30	22.43
	300	45	22.94
	300	60	23.17
	Sweet Potato	0	0
100		15	14.32
100		30	15.49
100		45	15.97
100		60	16.20
200		15	15.97
200		30	16.36
200		45	16.97
200		60	19.27
300		15	25.97
300		30	26.01
300		45	26.19
300		60	26.94

나. 제주산 블루베리의 초고압 추출 조건별 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립

(1) 추출 수율

Table 26는 블루베리 추출조건별 추출 수율을 3회 추출하여 그 평균값을 수율로 계산하였다. 추출 수율 결과를 통해 초고압 처리 추출물의 수율이 18.48, 19.89%로 높은 추출 수율을 나타내어 일반 열수추출공정과 비교하여 약 1.6배의 높은 추출수율을 나타내었는데, 이는 초고압 5분, 15분 처리추출물이 일반 열수 추출에 비해 각각 1.8배, 1.9배까지 증가하였다고 보고된 내용과 유사한 결과로서 초고압 공정을 통해 블루베리의 수율이 증가하는 결과를 확인할 수 있었다. 또한, 이와 비슷한 연구결과로 저온 고압공정이 일반열수 추출 공정의 8.39%에 비해 약 3%가 높은 11.41%의 추출 수율을 나타내었다. 이처럼 초고압 공정에 의해 기존의 추출 방법으로는 용출되어지지 않았던 성분들이 초고압 처리를 통한 조직과 세포막의 변형으로 인해 용매들이 세포 안으로 쉽게 들어감으로써 기존 물질들의 용출량이 증가한 결과라 사료된다.

Table 26. Comparison of the extraction yield from Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to different extraction processes.

Sample	Solvent	Temperature	High Pressure /Time	Yield (% _{w/w})
WE			-	12.36 ± 0.27
HPE5	water	60℃	300Mpa, 5 min	18.48 ± 0.38
HPE15			300Mpa, 15 min	19.89 ± 0.11

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60℃

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60℃ with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60℃ with water solvent

(2) 페놀 및 플라보노이드 함량 비교

블루베리의 일반적인 열수 추출물의 경우 총페놀 함량은 27.4 mg/g의 함량을 나타내었고, 총 플라보노이드는 5.2 mg/g의 함량으로 나타났다. 이를 초고압 추출물과 비교한 결과를 Table 27에 나타내었다. 이와 같은 결과로 초고압 공정에 따른 변화 비교에서는 초고압 공정을 병행하였을 시 총 페놀과 총 플라보노이드 함량이 초고압 공정을 거치지 않은 것보다 다소 증가되는 것으로 보아 활성성분의 용출이 증진

된 것으로 보인다. 특히, phenol 유도체를 비롯한 sesamol, tocopherol, flavonoids와 이의 유도체들 및 페놀 화합물등의 천연 항산화제로서 잘 알려져 있는 물질등이 초고압 공정을 통해서 같은 조건의 추출을 하였을 시 이와 같은 유용성분의 용출이 증가할 수 있음을 확인할 수 있었다.

Table 27. Difference total polyphenol and total flavonoids contents enhancement of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to different extraction processes.

Sample	Total polyphenol(GAL/g)	Total flavonoids(QUE/g)
WE	27.4 ± 0.52	5.2 ± 1.00
HPE5	28.3 ± 1.32	5.9 ± 1.07
HPE15	28.9 ± 0.94	6.0 ± 0.48

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(3) DPPH radical에 대한 전자공여능

*In vitro*상에서의 블루베리 초고압 추출물과 일반 추출물의 DPPH에 대한 전자공여능을 비교하여 Table 28에 나타내었다. 전자공여능 측정에 사용된 DPPH는 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517nm 부근에서 최대 흡수치를 나타낸다. 전자 또는 수소를 받으면 517nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄 시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있다. 또한, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 블루베리의 일반 열수추출물과 초고압 추출물에 대한 DPPH 소거 활성을 농도별로 측정하였다. 측정 결과 모든 sample이 농도가 증가할수록 소거 활성 또한 증가하였다. 항산화 활성도는 시료농도에 의존적으로 시료의 농도가 증가함에 따라 증가하였고, 일반 열수 추출물 보다는 초고압 열수 추출물의 항산화도가 높게 측정 되었다. 항산화 활성은 갈변을 일으키는 페놀성 화합물의 항산화 작용에 의한 것으로 추측되며, 이러한 결과는 초고압 추출공정을 통해 블루베리 세포 및 조직의 파괴로 인한 활성 물질의 용출이 증가되었으며, 초고압 처리가 활성물질의 변성 및 파괴에 효과적으

로 기여하는 것으로 사료된다.

Table 28. DPPH radical scavenging ability of Blueberry (*Vaccinium ashei*) according to different extraction processes

(%)

Sample	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)				
	200	400	600	800	1,000
WE	30.76 ± 0.59	34.11 ± 0.87	39.70 ± 0.47	42.14 ± 0.78	47.61 ± 0.19
HPE5	32.14 ± 0.62	34.93 ± 0.31	40.58 ± 0.23	45.20 ± 0.57	49.67 ± 0.44
HPE15	32.97 ± 0.24	35.29 ± 0.11	42.59 ± 0.18	49.31 ± 0.69	53.84 ± 0.32

Values are mean \pm S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(4) 환원력 측정

항산화 작용의 여러 가지 기작 중에서 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력이므로 이를 측정하여 항산화 활성을 검정하는 수단으로 이용할 수 있으며, 환원력이 강할수록 녹색에 가깝게 발색되므로 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다. 블루베리 추출물의 환원력을 조사한 결과를 Table 29에 나타내었으며, 최종농도 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 에서 일반추출물의 경우 0.16, 초고압 추출물의 경우 0.18, 0.21로, 일반 추출물 보다는 초고압 추출물의 활성이 높았고, 초고압 추출을 병행하였을 시에 활성도가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이에 따라, 초고압 공정의 병행을 통해 활성이 증진되는 것으로 유용성분의 수율 증진가능성을 확인 할 수 있었다. 특히, 초고압 공정을 통한 유용성분 증진은 시료 자체의 조직에 따라 추출 수율 및 유용생리활성 물질의 차이를 보인 것으로 판단된다. 또한, 초고압 공정을 통한 추출 방법은 실험실 규모에서는 작은 차이라도 대규모 공정으로 활용될 시에는 큰 수율의 증진을 보일 것으로 기대되는 추출공정법이라 사료된다.

Table 29. Reducing power of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to different extraction processes.

(%)

Sample	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)				
	200	400	600	800	1,000
WE	0.08 ± 0.17	0.09 ± 0.34	0.12 ± 0.18	0.13 ± 0.17	0.16 ± 0.94
HPE5	0.08 ± 0.22	0.09 ± 0.54	0.12 ± 0.22	0.15 ± 0.74	0.18 ± 1.28
HPE15	0.09 ± 0.48	0.11 ± 0.22	0.12 ± 0.28	0.18 ± 0.63	0.21 ± 0.99

Values are mean \pm S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(5) SEM(Scanning Electron Microscope) 관찰

추출공정에 따른 블루베리 시료의 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰한 추출공정에 따른 블루베리 시료의 조직은 Fig. 20에 나타내었다. 결과를 통해 일반 60°C 추출 시료의 조직(a)이 아직 크게 남아 있는 반면 초고압을 5분(b), 15분(c) 처리한 시료는 작은 절편으로 조각나 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 초고압 추출이 블루베리 내부 조직까지 영향을 주어 세포벽이 깨어지면서 조직 및 구조가 변화한 것으로 이를 통해 수율 및 활성 성분의 용출 증가가 이루어진 것으로 사료된다.

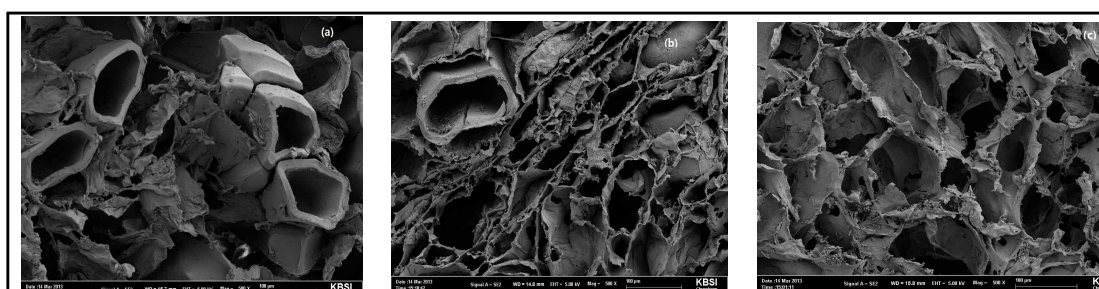


Fig. 20. Scanning electron microphotographs of the surface of Blueberry (*Vaccinium ashei*) after treating high pressure process for 5 minutes, 15 minutes and only water extract.

a: water extract at 60°C,

b: holding high pressure for 5 minutes at 60°C with water solvent

c: holding high pressure for 15 minutes at 60°C with water solvent

다. 제주산 감귤의 초고압 추출 조건별 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립

(1) 추출 수율

Table 30은 감귤 추출물의 추출 조건별 수율로 3회 추출하여 그 평균값을 수율로 계산하였다. 추출 수율 결과를 통해 초고압 처리 추출물의 수율이 20.31 22.31%로 높은 추출 수율을 나타내어 일반 열수추출공정과 비교하여 약 1.3배의 높은 추출수율을 나타내었는데, 이는 초고압 5분, 15분 처리추출물이 일반 열수 추출에 비해 각각 1.8배, 1.9배까지 증가하였다고 보고된 내용과 유사한 결과로서 초고압 공정을 통해 감귤의 수율이 증가하는 결과를 확인할 수 있었다. 또한, 이와 비슷한 연구결과로 저온 고압공정이 일반열수 추출 공정의 8.39%에 비해 약 3%가 높은 11.41%의 추출 수율을 나타내었다. 이처럼 초고압 공정에 의해 기존의 추출 방법으로는 용출되어지지 않았던 성분들이 초고압 처리를 통한 조직과 세포막의 변형으로 인해 용매들이 세포 안으로 쉽게 들어감으로써 기존 물질들의 용출량이 증가한 결과라 사료된다.

Table 30. Comparison of the extraction yield from *Citrus* according to different extraction processes.

Sample	Solvent	Temperature	High Pressure/Time	Yield (%,w/w)
WE			-	17.21 ± 0.27
HPE5	water	60°C	300Mpa, 5 min	20.31 ± 0.38
HPE15			300Mpa, 15 min	22.31 ± 0.11

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(2) 페놀 및 플라보노이드 함량 비교

감귤의 일반적인 열수 추출물의 경우 총페놀 함량은 11.5 mg/g의 함량을 나타내었고, 총 플라보노이드는 2.6 mg/g의 함량으로 나타났다. 이를 초고압 추출물과 비교한 결과를 Table 31에 나타내었다. 이와 같은 결과로 초고압 공정에 따른 변화 비교에서는 초고압 공정을 병행하였을 시 총 페놀과 총 플라보노이드 함량이 초고압 공정을 거치지 않은 것보다 다소 증가되는 것으로 보아 활성성분의 용출이 증진

된 것으로 보인다. 특히, phenol 유도체를 비롯한 sesamol, tocopherol, flavonoids 와 이의 유도체들 및 페놀화합물등의 천연 항산화제로서 잘 알려져 있는 물질등이 초고압 공정을 통해서 같은 조건의 추출을 하였을 시 이와 같은 유용성분의 용출이 증가할 수 있음을 확인할 수 있었다.

Table 31. Difference total polyphenol and total flavonoids contents enhancement of *Citrus* according to different extraction processes.

Sample	Total polyphenol(mg GAL/g)	Total flavonoids(mg QUE/g)
WE	11.5 ± 0.21	2.6 ± 0.28
HPE5	15.3 ± 0.64	2.9 ± 0.49
HPE15	16.1 ± 1.17	3.1 ± 1.03

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(3) DPPH radical에 대한 전자공여능

*In vitro*상에서의 감귤 초고압 추출물과 일반 추출물의 DPPH에 대한 전자공여능을 비교하여 Table 32에 나타내었다. 전자공여능 측정에 사용된 DPPH는 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517nm 부근에서 최대 흡수치를 나타낸다. 전자 또는 수소를 받으면 517nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄 시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있다. 또한, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 감귤의 일반 열수 추출물과 초고압 추출물에 대한 DPPH 소거 활성을 농도별로 측정하였다. 측정 결과 모든 sample이 농도가 증가할수록 소거 활성 또한 증가하였다. 항산화 활성도는 시료 농도에 의존적으로 시료의 농도가 증가함에 따라 증가하였고, 일반 열수 추출물 보다는 초고압 열수 추출물의 항산화도가 높게 측정 되었다. 항산화 활성은 갈변을 일으키는 페놀성 화합물의 항산화 작용에 의한 것으로 추측되며, 이러한 결과는 초고압 추출공정을 통해 감귤 세포 및 조직의 파괴로 인한 활성 물질의 용출이 증가 되었으며, 초고압 처리가 활성물질의 변성 및 파괴에 효과적으로 기여하는 것으로 사료된다.

Table 32. DPPH radical scavenging ability of *Citrus* according to different extraction processes.

(%)

Sample	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)				
	200	400	600	800	1,000
WE	25.86 \pm 0.21	27.31 \pm 0.01	27.91 \pm 0.69	28.69 \pm 0.45	30.00 \pm 0.33
HPE5	29.17 \pm 0.11	30.14 \pm 0.39	31.02 \pm 0.38	31.99 \pm 0.69	33.21 \pm 0.94
HPE15	31.27 \pm 0.39	32.01 \pm 0.22	33.29 \pm 0.74	34.01 \pm 0.19	35.22 \pm 0.17

Values are mean \pm S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(4) 환원력 측정

항산화 작용의 여러 가지 기작 중에서 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력이므로 이를 측정하여 항산화 활성을 검정하는 수단으로 이용할 수 있으며, 환원력이 강할수록 녹색에 가깝게 발색되므로 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다. 감귤 추출물의 환원력을 조사한 결과를 Table 33에 나타내었으며, 최종농도 1.000 $\mu\text{g/mL}$ 에서 일반추출물의 경우 0.20, 초고압 추출물의 경우 0.21, 0.25로, 일반 추출물 보다는 초고압 추출물의 활성이 높았고, 초고압 추출을 병행하였을 시에 활성도가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이에 따라, 초고압 공정의 병행을 통해 활성이 증진되는 것으로 유용성분의 수율 증진가능성을 확인할 수 있었다. 특히, 초고압 공정을 통한 유용성분 증진은 시료 자체의 조직에 따라 추출 수율 및 유용생리활성 물질의 차이를 보인 것으로 판단된다. 또한, 초고압 공정을 통한 추출 방법은 실험실 규모에서는 작은 차이라도 대규모 공정으로 활용될 시에는 큰 수율의 증진을 보일 것으로 기대되는 추출공정법이라 사료된다.

Table 33. Reducing power of *Citrus* according to different extraction processes. (%)

Sample	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)				
	200	400	600	800	1,000
WE	0.173 ± 0.17	0.174 ± 0.34	0.182 ± 0.18	0.911 ± 0.17	0.200 ± 0.94
HPE5	0.174 ± 0.22	0.175 ± 0.54	0.184 ± 0.22	0.197 ± 0.74	0.211 ± 1.28
HPE15	0.180 ± 0.48	0.183 ± 0.22	0.194 ± 0.28	0.237 ± 0.63	0.250 ± 0.99

Values are mean \pm S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(5) SEM(Scanning Electron Microscope) 관찰

추출공정에 따른 감귤 시료의 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰한 추출공정에 따른 감귤 시료의 조직은 Fig. 21에 나타내었다. 결과를 통해 일반 60°C 추출 시료의 조직(a)이 아직 크게 남아 있는 반면 초고압을 5분(b), 15분(c) 처리한 시료는 작은 절편으로 조각나 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 초고압 추출이 감귤 내부 조직까지 영향을 주어 세포벽이 깨어지면서 조직 및 구조가 변화한 것으로 이를 통해 수율 및 활성 성분의 용출 증가가 이루어진 것으로 사료된다.



Fig. 21. Scanning electron microphotographs of the surface of *Citrus* after treating high pressure process for 5 minutes, 15 minutes and only water extract.

a: water extract at 60°C,

b: holding high pressure for 5 minutes at 60°C with water solvent

c: holding high pressure for 15 minutes at 60°C with water solvent

라. 제주산 고구마의 초고압 추출 조건별 기능성 평가에 따른 최적 추출조건 확립

(1) 추출 수율

Table 34는 고구마 추출물의 추출 조건별 수율을 3회 추출하여 그 평균값을 수율로 계산하였다. 추출 수율 결과를 통해 초고압 처리 추출물의 수율이 24.36, 25.97%로 높은 추출 수율을 나타내어 일반 열수추출공정과 비교하여 약 1.8배의 높은 추출수율을 나타내었는데, 이는 초고압 5분, 15분 처리추출물이 일반 열수 추출에 비해 각각 1.8배, 1.9배까지 증가하였다고 보고된 내용과 유사한 결과로서 초고압 공정을 통해 고구마의 수율이 증가하는 결과를 확인할 수 있었다. 또한, 이와 비슷한 연구결과로 저온 고압공정이 일반열수 추출 공정의 8.39%에 비해 약 3%가 높은 11.41%의 추출 수율을 나타내었다. 이처럼 초고압 공정에 의해 기존의 추출 방법으로는 용출되어지지 않았던 성분들이 초고압 처리를 통한 조직과 세포막의 변형으로 인해 용매들이 세포 안으로 쉽게 들어감으로써 기존 물질들의 용출량이 증가한 결과라 사료된다.

Table 34. Comparison of the extraction yield from sweet potato according to different extraction processes.

Sample	Solvent	Temperature	High Pressure/Time	Yield (%,w/w)
WE			-	14.35 ± 0.30
HPE5	water	60°C	300Mpa, 5 min	24.36 ± 0.51
HPE15			300Mpa, 15 min	25.97 ± 0.22

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(2) 페놀 및 플라보노이드 함량 비교

고구마의 일반적인 열수 추출물의 경우 총페놀 함량은 25.0 mg/g의 함량을 나타내었고, 총 플라보노이드는 10.4 mg/g의 함량으로 나타났다. 이를 초고압 추출물과 비교한 결과를 Table 35에 나타내었다. 이와 같은 결과로 초고압 공정에 따른 변화 비교에서는 초고압 공정을 병행하였을 시 총 페놀과 총 플라보노이드 함량이 초고압 공정을 거치지 않은 것보다 다소 증가되는 것으로 보아 활성성분의 용출이 증진된 것으로 보인다. 특히, phenol 유도체를 비롯한 sesamol, tocopherol, flavonoids와 이

의 유도체들 및 페놀 화합물등의 천연 항산화제로서 잘 알려져 있는 물질 등이 초고압 공정을 통해서 같은 조건의 추출을 하였을 시 이와 같은 유용성분의 용출이 증가할 수 있음을 확인할 수 있었다.

Table 35. Difference total polyphenol and total flavonoids contents enhancement of sweet potato according to different extraction processes.

Sample	Total polyphenol (mg GAL/g)	Total flavonoids (mg QUE/g)
WE	25.0 ± 1.89	10.4 ± 0.73
HPE5	25.9 ± 0.14	10.9 ± 0.17
HPE15	26.0 ± 0.94	11.2 ± 0.28

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(3) DPPH radical에 대한 전자공여능

*In vitro*상에서의 고구마의 초고압 추출물과 일반 추출물의 DPPH에 대한 전자공여능을 비교하여 Table 36에 나타내었다. 전자 공여능 측정에 사용된 DPPH는 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517nm 부근에서 최대 흡수치를 나타낸다. 전자 또는 수소를 받으면 517nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄 시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있다. 또한, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 고구마의 일반 열수추출물과 초고압 추출물에 대한 DPPH 소거 활성을 농도별로 측정하였다. 측정 결과 모든 sample이 농도가 증가할수록 소거 활성 또한 증가하였다. 항산화 활성도는 시료농도에 의존적으로 시료의 농도가 증가함에 따라 증가하였고, 일반 열수 추출물 보다는 초고압 열수 추출물의 항산화도가 높게 측정 되었다. 항산화 활성은 갈변을 일으키는 페놀성 화합물의 항산화 작용에 의한 것으로 추측되며, 이러한 결과는 초고압 추출공정을 통해 감귤 세포 및 조직의 파괴로 인한 활성 물질의 용출이 증가되었으며, 초고압 처리가 활성물질의 변성 및 파괴에 효과적으로 기여하는 것으로 사료된다.

Table 36. DPPH radical scavenging ability of sweet potato according to different extraction processes.

(%)

Sample	Concentration (µg/mL)				
	200	400	600	800	1,000
WE	23.90 ± 0.11	24.03 ± 0.03	25.97 ± 0.70	26.49 ± 0.35	27.12 ± 0.12
HPE5	23.93 ± 0.12	23.94 ± 0.31	24.39 ± 0.11	25.39 ± 0.17	27.31 ± 0.56
HPE15	24.03 ± 0.36	24.19 ± 0.29	26.64 ± 0.41	26.99 ± 0.21	27.91 ± 0.97

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(4) 환원력 측정

항산화 작용의 여러 가지 기작 중에서 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력이므로 이를 측정하여 항산화 활성을 검정하는 수단으로 이용할 수 있으며, 환원력이 강할수록 녹색에 가깝게 발색되므로 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다. 고구마 추출물의 환원력을 조사한 결과를 Table 37에 나타내었으며, 최종농도 1,000 µg/ml에서 일반추출물의 경우 0.11, 초고압 추출물의 경우 0.16으로, 일반 추출물 보다는 초고압 추출물의 활성이 높았고, 초고압 추출을 병행하였을 시에 활성도가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이에 따라, 초고압 공정의 병행을 통해 활성이 증진되는 것으로 유용성분의 수율 증진가능성을 확인할 수 있었다. 특히, 초고압 공정을 통한 유용성분 증진은 시료 자체의 조직에 따라 추출 수율 및 유용생리활성 물질의 차이를 보인 것으로 판단된다. 또한, 초고압 공정을 통한 추출 방법은 실험실 규모에서는 작은 차이라도 대규모 공정으로 활용될 시에는 큰 수율의 증진을 보일 것으로 기대되는 추출공정법이라 사료된다.

Table 37. Reducing power of sweet potato according to different extraction processes. (%)

Sample	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)				
	200	400	600	800	1,000
WE	0.09 ± 0.11	0.09 ± 0.22	0.09 ± 0.12	0.10 ± 0.13	0.11 ± 0.32
HPE5	0.10 ± 0.12	0.10 ± 0.53	0.11 ± 0.35	0.14 ± 0.75	0.16 ± 0.64
HPE15	0.11 ± 0.12	0.12 ± 0.45	0.12 ± 0.37	0.13 ± 0.54	0.16 ± 0.13

Values are mean \pm S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE5 : high pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

(5) SEM(Scanning Electron Microscope) 관찰

추출공정에 따른 고구마 시료의 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰한 추출공정에 따른 고구마 시료의 조직은 Fig. 22에 나타내었다. 결과를 통해 일반 60°C 추출 시료의 조직(a)이 아직 크게 남아 있는 반면 초고압을 5분(b), 15분(c) 처리한 시료는 작은 절편으로 조각나 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 초고압 추출이 고구마 내부 조직까지 영향을 주어 세포벽이 깨어지면서 조직 및 구조가 변화한 것으로 이를 통해 수율 및 활성 성분의 용출 증가가 이루어진 것으로 사료된다.

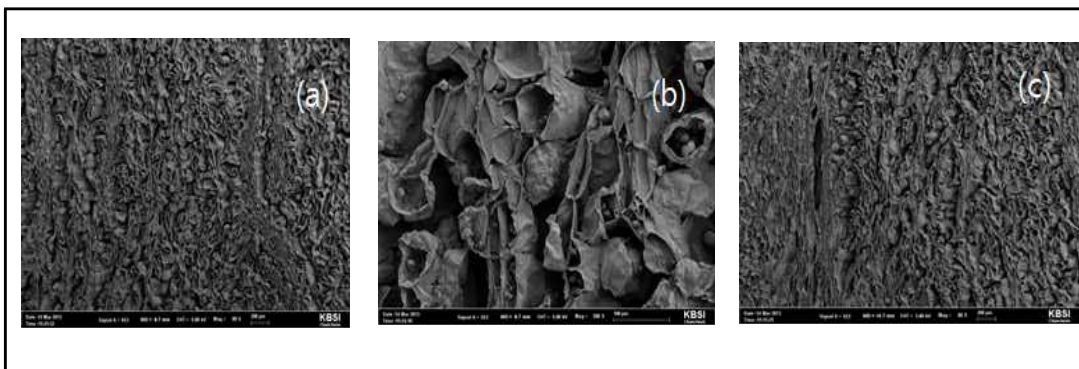


Fig. 22. Scanning electron microphotographs of the surface of sweet potato after treating high pressure process for 5 minutes, 15 minutes and only water extract.

a: water extract at 60°C,

b: holding high pressure for 5 minutes at 60°C with water solvent

c: holding high pressure for 15 minutes at 60°C with water solvent

4. 제주 농산자원의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립 및 Scale-up

가. 제주산 블루베리의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립

(1) 추출 수율

Table 38은 각 공정에 따른 추출수율을 3회 추출하여 그 평균값을 나타내었다. 추출 수율 결과를 통해 순환형 감압건조 후 초고압 처리 추출물의 수율이 22.17과 26.49%로 높은 추출 수율을 나타내었으며, 이는 초고압 5분, 15분 처리추출물이 일반 열수 추출에 비해 각각 1.2배와 1.3배까지 증가하였다고 보고된 내용과 유사한 결과로서 순환형 감압 건조 및 초고압 추출 공정을 통해 블루베리의 수율이 증가하는 결과를 확인할 수 있었다. 또한, 이와 비슷한 연구결과로 저온 고압공정이 일반 열수 추출 공정의 8.39%에 비해 약 3%가 높은 11.41%의 추출 수율을 나타내었다.

Table 38. Comparison of the extraction yield of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to different extraction methods

Sample	High Pressure/Time	Yield(% w/w)
RA	-	12.36 ± 0.27 ^{e1)}
RHPE5	300Mpa, 5 min	18.48 ± 0.38 ^d
RHPE15	300Mpa, 15 min	19.89 ± 0.11 ^d
CLPD	-	20.41 ± 0.17 ^c
CHPE5	300Mpa, 5 min	22.17 ± 0.27 ^b
CHPE15	300Mpa, 15 min	26.49 ± 0.23 ^a

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

1) The same superscripts in a column are not significantly different each other at p<0.05

† RA : Raw material water extraction at 60°C

RHPE5 : high hydrostatic pressure extraction for 5 minutes at 60°C with water solvent of RA

RHPE15 : high hydrostatic pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent of RA

CLPD : Cyclic low pressure drying material water extraction at 60°C

CHPE5 : high hydrostatic pressure extraction for 5 minutes at 60°C with water solvent of CLPD

CHPE15 : high hydrostatic pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent of CLPD

따라서 수율 측면에서 감압건조 800 hPa, 50±1°C 조건 및 초고압 추출 300 MPa, 15분 조건의 복합공정에서 가장 높은 추출수율을 보임을 확인할 수 있었다. 이처럼 감압 건조 및 초고압 추출 공정을 통한 복합공정에 의해 기존의 추출 방법으로는 용출되어지지 않았던 성분들이 공정을 통한 조직과 세포막의 변형으로 인해 용매들이 세포 안으로 쉽게 들어감으로써 기존 물질들의 용출량이 증가한 결과라 사료된다.

(2) 총 폴리페놀 함량

블루베리에 들어있는 flavonoid와 같은 phenolics는 식물성 천연물에 많이 함유되어 있는 성분으로 이들의 주요 역할은 자유기를 소거하는 것이라는 연구가 보고되고 있으며, 이러한 phenolics인 flavonoid, phenolic acids 및 anthocyanins 등의 총량인 총폴리 페놀함량은 ABTS/DPPH 라디칼 소거활성과 같은 항산화 활성에 중요한 인자로 작용한다. 총 페놀 함량의 경우 Table 39에 나타난 바와 같이 29.31 ~ 35.19 mg/g의 범위를 보이면서 순환형 감압건조와 초고압공정을 처리하였을 때 6.9 ~ 21.8% 로 증가하는 경향을 나타내었다.

Table 39. Total polyphenol contents of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to different extraction methods

Sample ¹⁾	Total polyphenol(mg/g GAE ²⁾)
RA	27.4 ± 0.52 ^{d3)}
RHPE5	28.3 ± 1.32 ^d
RHPE15	28.9 ± 0.94 ^d
CLPD	29.31 ± 0.44 ^c
CHPE5	32.91 ± 0.39 ^b
CHPE15	35.19 ± 0.94 ^a

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

¹⁾ See the group legend of Table 36

²⁾ GAE: gallic acid equivalents

³⁾The same superscripts in a column are not significantly different each other at p<0.05

(3) DPPH radical에 대한 전자공여능 측정

*In vitro*상에서의 공정에 따른 DPPH에 대한 전자공여능을 비교하여 Table 40에 나타내었다. 전자공여능 측정에 사용된 DPPH는 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타낸다. 전자 또는 수소를 받으면 517nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있다. 또한, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 항산화 활성도는 시료농도에 의존적으로 시료의 농도가 증가함에 따라 증가하였고, 일반 열수 추출물 보다는 초고압 열수 추출물의 항산화도가 높게 측정되었다. 항산화 활성은 갈변을 일으키는 페놀성 화합물의 항산화 작용에 의한 것으로 추측된다.

Table 40. DPPH radical scavenging ability of Blueberry(*Vaccinium ashei*) according to different extraction methods.

Sample ¹⁾	Concentration (µg/mL) ^e				
	200	400	600	800	1,000
RA	30.76±0.59	34.11±0.87	39.70±0.47	42.14±0.78	47.61±0.19
RHPE5	32.14±0.62	34.93±0.31	40.58±0.23	45.20±0.57	49.67±0.44
RHPE15	32.97±0.24	35.29±0.11	42.59±0.18	49.31±0.69	53.84±0.32
CLPD	31.24±0.61	35.25±0.24	40.12±0.41	43.54±0.13	48.31±0.39
CHPE5	35.19±0.33	37.95±0.17	42.45±0.31	47.11±0.59	50.23±0.11
CHPE15	39.14±0.44	41.24±0.38	46.38±0.27	51.20±0.22	57.32±0.24

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

¹⁾ See the group legend of Table 36

(4) SEM(Scanning Electron Microscope)관찰

복합공정에 따른 블루베리 시료의 조직을 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰하여 Fig. 23에 나타내었다. 결과를 통해 순환형 감압건조 후 60℃ 열수추출 시료의 조직(A)이 아직 크게 남아 있는 반면 순환형 감압건조 후 초고압을 5분(B), 15분(C) 처리한 시료는 작은 절편으로 조각나 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 초고압 추출이 블루베리 내부 조직까지 영향을 주어 세포벽이 깨어지면서 조직 및 구조가 변화한 것으로 이를 통해 수율 및 활성 성분의 용출 증가가 이루어진 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다.

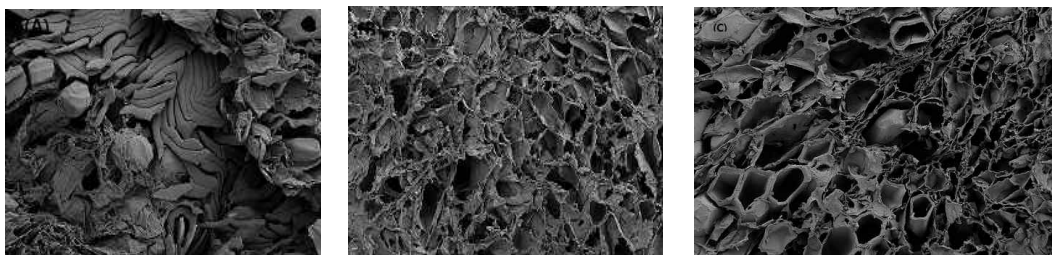


Fig. 23. Scanning electron microphotographs of the surface of Blueberry(*Vaccinium ashei*) after treating high pressure process for 5 minutes, 15 minutes and only water extract.

A : Cyclic low pressure drying material water extraction at 60℃

B : high hydrostatic pressure extraction for 5minutes at 60℃ with water solvent of CLDP

C : high hydrostatic pressure extraction for 15 minutes at 60℃ with water solvent of CLDP

(5) 결론

블루베리 복합공정의 최적화는 추출수율(26.49%), 폴리페놀(35.19 mg/g GAE), 전자공여능(57.32 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 및 SEM 등을 고려한다면 감압건조 800 hPa, $50\pm 1^\circ\text{C}$ 조건 및 초고압 추출 300 MPa, 15분으로 확인할 수 있었다.

감압건조의 경우 다른 건조방법에 비하여 원재료의 성분 파괴를 최소화 하면서 저탄소 공정이 가능하여 대량생산 적용 시 운영적 측면에서 효율적이며, 초고압 추출의 경우도 공정이 간편하고 시간 및 비용절감효과와 함께 상온 또는 저온에서 실행 가능함으로써 일반 열수 추출 보다는 경제적인 면에서 효율적일 것으로 판단된다.

나. 제주산 감귤의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립

(1) 추출 수율

Table 41는 각 공정에 따른 추출수율을 3회 추출하여 그 평균값을 나타내었다. 추출 수율 결과를 통해 순환형 감압건조 후 초고압 처리 추출물의 수율이 23.47과 28.19%로 높은 추출 수율을 나타내었으며, 이는 초고압 5분, 15분 처리추출물이 일반 열수 추출에 비해 각각 1.8배와 1.9배까지 증가하였다고 보고된 내용과 유사한 결과로서 순환형 감압 건조 및 초고압 공정을 통해 감귤의 수율이 증가하는 결과를 확인할 수 있었다. 또한, 이와 비슷한 연구결과로 저온 고압공정이 일반열수 추출 공정의 8.39%에 비해 약 3%가 높은 11.41%의 추출 수율을 나타내었다. 블루베리와 마찬가지로 수율 측면에서 감압건조 800 hPa, $50\pm 1^\circ\text{C}$ 조건 및 초고압 추출 300 MPa, 15분 조건의 복합공정에서 가장 높은 추출수율을 보임을 확인할 수 있었다. 이처럼 감압 건조 및 초고압 공정에 의해 기존의 추출 방법으로는 용출되지 않았던 성분들이 공정을 통한 조직과 세포막의 변형으로 인해 용매들이 세포 안으로 쉽게 들어감으로써 기존 물질들의 용출량이 증가한 결과라 사료된다.

Table 41. Comparison of the extraction yield of *Citrus* according to different extraction methods

Sample	High Pressure/Time	Yield (%,w/w)
RA	-	17.21 \pm 0.27 ^{e1)}
RHPE5	300Mpa, 5 min	20.31 \pm 0.38 ^d
RHPE15	300Mpa, 15 min	22.31 \pm 0.11 ^c
CLPD	-	20.41 \pm 0.18 ^d
CHPE5	300Mpa, 5 min	23.47 \pm 0.11 ^b
CHPE15	300Mpa, 15 min	28.19 \pm 0.15 ^a

Values are mean \pm S. D. Values are mean of triplicates

1) The same superscripts in a column are not significantly different each other at $p < 0.05$

† RA : Raw material water extraction at 60°C

RHPE5 : high hydrostatic pressure extraction for 5 minutes at 60°C with water solvent of RA

RHPE15 : high hydrostatic pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent of RA
 CLPD : Cyclic low pressure drying material water extraction at 60°C
 CHPE5 : high hydrostatic pressure extraction for 5 minutes at 60°C with water solvent of CLDP
 CHPE15 : high hydrostatic pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent of CLDP

(2) 총 폴리페놀 함량

감귤에 들어있는 flavonoid와 같은 phenolics는 식물성 천연물에 많이 함유되어 있는 성분으로 이들의 주요 역할은 자유기를 소거하는 것이라는 연구가 보고되고 있으며, 이러한 phenolics인 flavonoid, phenolic acids 및 anthocyanins 등의 총량인 총폴리 페놀함량은 ABTS/DPPH 라디칼 소거활성과 같은 항산화 활성에 중요한 인자로 작용한다. 총 페놀 함량의 경우 Table 42에 나타난 바와 같이 10.7~20.19 mg/g의 범위를 보이면서 순환형 감압건조와 초고압공정을 처리하였을 때 19.9 ~ 25.4% 로 증가하는 경향을 나타내, 초고압 처리에 의한 매자나무의 활성 연구의 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

Table 42. Total polyphenol contents of *Citrus* according to different extraction methods

Sample ¹⁾	Total polyphenol(mg/g GAE ²⁾)
RA	8.92 ± 0.14 ³⁾
RHPE5	15.3 ± 0.23 ^e
RHPE15	16.1 ± 0.37 ^c
CLPD	10.7 ± 0.57 ^d
CHPE5	18.21 ± 1.29 ^b
CHPE15	20.19 ± 2.00 ^a

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

¹⁾ See the group legend of Table 39

²⁾ GAE: gallic acid equivalents

³⁾The same superscripts in a column are not significantly different each other at p<0.05

(3) Hesperidin 함량

천연으로 존재하는 flavanone 배당체의 일종인 hesperidin은 귤이나 오렌지 등에 비교적 다량 함유되어 있으며 예전부터 비타민 P로서 혈압을 내리는 작용 등 여러 가지 생리작용을 가진 유용물질로서 알려져 있다. 추출 공정에 따른 감귤의 hesperidin 함량 분석결과는 Table 43과 같다. 순환형 감압건조, 건조 후 초고압 5분, 15분에서 각각 2.14 mg/100g, 4.75 mg/100 g, 6.14 mg/100 g의 함량을 나타내어 hesperidin의 함량은 감압건조를 거쳐 초고압 공정을 실시한 경우가 더 높은 수치를 나타내었으며, 추출방법에 따른 감귤의 항산화효과에 관한 연구와 유사한 결

과를 나타내었다.

Table 43. Hesperidin content of *citrus* according to different extraction methods

Sample ¹⁾	Hesperidine(mg/100g)
RA	1.84 ± 0.21 ²⁾
RHPE5	2.68 ± 0.11 ^d
RHPE15	4.12 ± 0.49 ^c
CLPD	2.14 ± 0.27 ^e
CHPE5	4.75 ± 1.54 ^b
CHPE15	6.14 ± 1.69 ^a

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

¹⁾ See the group legend of Table 39

²⁾The same superscripts in a column are not significantly different each other at p<0.05

(4) DPPH radical에 대한 전자공여능 측정

*In vitro*상에서의 공정에 따른 DPPH에 대한 전자공여능을 비교하여 Table 42에 나타내었다. 전자공여능 측정에 사용된 DPPH는 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타낸다. 전자 또는 수소를 받으면 517nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄 시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있다. 또한, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 항산화 활성도는 시료농도에 의존적으로 시료의 농도가 증가함에 따라 증가하였고, 일반 열수 추출물 보다는 초고압 열수 추출물의 항산화도가 높게 측정되었다. 항산화 활성은 갈변을 일으키는 페놀성 화합물의 항산화 작용에 의한 것으로 추측되며, 이러한 결과는 순환형 감압 건조 및 초고압 추출공정을 통해 감귤 세포 및 조직의 파괴로 인한 활성 물질의 용출이 증가되었으며, 초고압 처리가 활성물질의 변성 및 파괴에 효과적으로 기여하는 것으로 사료된다.

Table 44. DPPH radical scavenging ability of *citrus* according to different extraction methods.

Sample ¹⁾	Concentration (µg/mL) ^e				
	200	400	600	800	1,000
RA	25.86±0.21 ²⁾	27.31±0.01 ^f	27.91±0.69 ^f	28.69±0.45 ^f	30.00±0.33 ^e
RHPE5	29.17±0.11 ^d	30.14±0.39 ^d	31.02±0.38 ^d	31.99±0.69 ^e	33.21±0.94 ^d
RHPE15	31.27±0.39 ^c	32.01±0.22 ^c	33.29±0.74 ^c	34.01±0.19 ^c	35.22±0.17 ^c
CLPD	28.36±0.61 ^e	29.14±0.47 ^e	30.15±0.11 ^e	32.14±0.88 ^d	35.21±0.18 ^c
CHPE5	32.99±0.19 ^b	33.24±0.35 ^b	33.39±0.27 ^b	35.62±0.41 ^b	36.94±0.21 ^b
CHPE15	34.21±0.14 ^a	35.84±0.24 ^a	39.27±0.34 ^a	42.31±0.14 ^a	48.21±0.14 ^a

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

¹⁾ See the group legend of Table 39

²⁾The same superscripts in a column are not significantly different each other at p<0.05

(5) SEM(Scanning Electron Microscope)관찰

복합공정에 따른 감귤 시료의 조직을 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰하여 Fig. 24에 나타내었다. 결과를 통해 순환형 감압건조 후 60°C 추출 시료의 조직(A)이 아직 크게 남아 있는 반면 순환형 감압건조 후 초고압을 5분(B), 15분(C) 처리한 시료는 작은 절편으로 조각나 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 초고압 추출이 감귤 내부 조직까지 영향을 주어 세포벽이 깨어지면서 조직 및 구조가 변화한 것으로 이를 통해 수율 및 활성 성분의 용출 증가가 이루어진 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다.

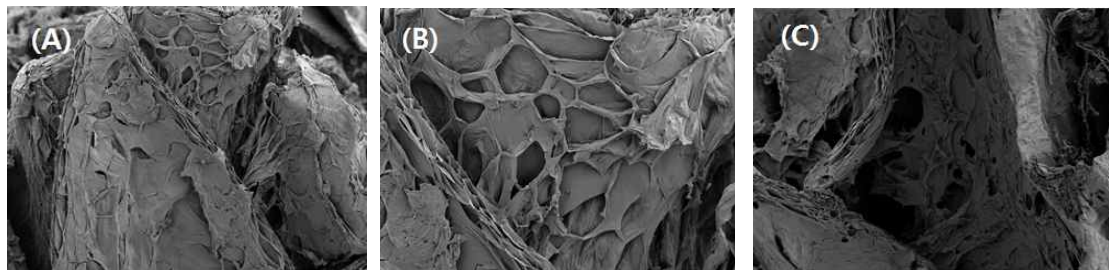


Fig. 24. Scanning electron microphotographs of the surface of *citrus* after treating high pressure process for 5 minutes, 15 minutes and only water extract.

A : Cyclic low pressure drying material water extraction at 60°C

B : high hydrostatic pressure extraction for 5minutes at 60°C with water solvent of CLDP

C : high hydrostatic pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent of CLDP

(6) 결론

감귤 복합공정의 최적화는 추출수율(28.19%), 폴리페놀(20.19 mg/g GAE), hesperidin(6.14 mg/100g), 전자공여능(48.21 µg/mL) 및 SEM 등을 고려한다면 감압 건조 800 hPa, 50±1°C 조건 및 초고압 추출 300 MPa, 15분으로 확인할 수 있었다.

다. 제주산 고구마의 고기능 유지가 가능한 복합공정 최적화 확립

(1) 추출 수율

Table 45은 각 공정에 따른 추출수율을 3회 추출하여 그 평균값을 나타내었다. 추출 수율 결과를 통해 순환형 감압건조 후 초고압 처리 추출물의 수율이 31.67와 46.74%로 높은 추출 수율을 나타내었으며, 이는 초고압 5분, 15분 처리추출물이 일반 열수 추출에 비해 각각 1.3배와 1.8배까지 증가하였다고 보고된 내용과 유사한 결과로서 순환형 감압 건조 및 초고압 공정을 통해 고구마의 수율이 증가하는 결과를 확인할 수 있었다. 또한, 이와 비슷한 연구결과로 저온 고압공정이 일반열수 추출 공정의 8.39%에 비해 약 3%가 높은 11.41%의 추출 수율을 나타내었다. 블루베리 및 감귤과 마찬가지로 수율 측면에서 감압건조 800 hPa, 50±1°C 조건 및 초고압 추출 300 MPa, 15분 조건의 복합공정에서 가장 높은 추출수율을 보임을 확인할 수 있었다. 이처럼 감압 건조 및 초고압 공정에 의해 기존의 추출 방법으로는 용출되어지지 않았던 성분들이 공정을 통한 조직과 세포막의 변형으로 인해 용매들이 세포 안으로 쉽게 들어감으로써 기존 물질들의 용출량이 증가한 결과라 사료된다.

Table 45. Comparison of the extraction yield of sweet potato according to different extraction methods

Sample	High Pressure/Time	Yield (%,w/w)
RA	-	14.35 ± 0.30
RHPE5	300Mpa, 5 min	24.36 ± 0.51
RHPE15	300Mpa, 15 min	25.97 ± 0.22
CLPD	-	15.31 ± 0.20
CHPE5	300Mpa, 5 min	31.67 ± 0.31
CHPE15	300Mpa, 15 min	46.74 ± 0.48

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

† RA : Raw material water extraction at 60°C

RHPE5 : high hydrostatic pressure extraction for 5 minutes at 60°C with water solvent of RA

RHPE15 : high hydrostatic pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent of RA

CLPD : Cyclic low pressure drying material water extraction at 60°C

CHPE5 : high hydrostatic pressure extraction for 5 minutes at 60°C with water solvent of CLDP

CHPE15 : high hydrostatic pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent of CLDP

(2) 총 폴리페놀 함량

고구마에 들어있는 flavonoid와 같은 phenolics는 식물성 천연물에 많이 함유되어 있는 성분으로 이들의 주요 역할은 자유기를 소거하는 것이라는 연구가 보고되고 있으며, 이러한 phenolics인 flavonoid, phenolic acids 및 anthocyanins 등의 총량인 총폴리 페놀함량은 ABTS/DPPH 라디칼 소거활성과 같은 항산화 활성에 중요한 인자로 작용한다. 총 페놀 함량의 경우 Table 46에 나타난 바와 같이 26.1~30.2 mg/g의 범위를 보이면서 순환형 감압건조와 초고압공정을 처리하였을 때 4.4 ~ 16.2% 로 증가하는 경향을 나타내었다.

Table 46. Total polyphenol contents of sweet potato according to different extraction methods

Sample ¹⁾	Total polyphenol(mg/g GAE ²⁾)
RA	25.0 ± 1.89
RHPE5	25.9 ± 0.14
RHPE15	26.0 ± 0.94
CLPD	26.1 ± 0.31
CHPE5	27.1 ± 0.65
CHPE15	30.2 ± 1.47

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

¹⁾ See the group legend of Table 43

²⁾ GAE: gallic acid equivalents

(3) DPPH radical에 대한 전자공여능 측정

*In vitro*상에서의 공정에 따른 DPPH에 대한 전자공여능을 비교하여 Table 47에 나타내었다. 전자공여능 측정에 사용된 DPPH는 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타낸다. 전자 또는 수소를 받으면 517nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄 시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있다. 또한, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 항산화 활성도는 시료농도에 의존적으로 시료의 농도가 증가함에 따라 증가하였고, 일반 열수 추출물 보다는 초고압 열수 추출물의 항산화도가 높게 측정되었다. 항산화 활성은 갈변을 일으키는 페놀성 화합물의 항산화 작용에 의한 것으로 추측된다.

Table 47. DPPH radical scavenging ability of sweet potato according to different extraction methods.

Sample ¹⁾	Concentration (µg/mL)				
	200	400	600	800	1,000
RA	23.90±0.11	24.03±0.03	25.97±0.70	26.49±0.35	27.12±0.12
RHPE5	23.93±0.12	23.94±0.31	24.39±0.11	25.39±0.17	27.31±0.56
RHPE15	24.03±0.36	24.19±0.29	26.64±0.41	26.99±0.21	27.91±0.97
CLPD	24.30±0.25	26.00±0.14	28.36±0.36	30.29±0.14	32.15±0.23
CHPE5	27.09±0.12	27.99±0.14	30.25±0.69	32.69±0.58	35.28±0.11
CHPE15	30.21±0.11	32.09±0.22	40.27±0.22	43.66±0.47	46.33±0.58

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

¹⁾ See the group legend of Table 43

(4) SEM(Scanning Electron Microscope)관찰

복합공정에 따른 고구마 시료의 조직을 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰하여 Fig. 25에 나타내었다. 결과를 통해 순환형 감압건조 후 60℃ 추출 시료의 조직(A)이 아직 크게 남아 있는 반면 순환형 감압건조 후 초고압을 5분(B), 15분(C) 처리한 시료는 작은 절편으로 조각나 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 초고압 추출이 고구마 내부 조직까지 영향을 주어 세포벽이 깨어지면서 조직 및 구조가 변화한 것으로 이를 통해 수율 및 활성 성분의 용출 증가가 이루어진 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다.



Fig. 25. Scanning electron microphotographs of the surface of *sweet potato* after treating high pressure process for 5 minutes, 15 minutes and only water extract.

A : Cyclic low pressure drying material water extraction at 60℃

B : high hydrostatic pressure extraction for 5minutes at 60℃ with water solvent of CLDP

C : high hydrostatic pressure extraction for 15 minutes at 60℃ with water solvent of CLDP

(5) 결론

고구마 복합공정의 최적화는 추출수율(46.74%), 폴리페놀(30.2 mg/g GAE), 전자공여능(46.33 µg/mL) 및 SEM 등을 고려한다면 감압건조 800 hPa, 50±1°C 조건 및 초고압 추출 300 MPa, 15분으로 확인할 수 있었다.

라. 제주 농산자원의 고기능 유지가 가능한 복합공정 Scale-up

제주 농산자원인 블루베리, 감귤, 고구마의 기능성 영양바 시제품 제조를 위한 저탄소 고효율 복합공정 추출 농축물의 대량생산을 위한 최적조건 요인 및 공정도를 확립하였다.

(1) 제주 농산자원의 복합공정 최적요인 확립

제주 농산자원인 블루베리, 감귤 및 고구마의 감압건조공정 최적조건은 표 10과 같이 온도 50°C±1°C, 건조시간은 각각 24hr, 15hr, 15hr 이었으며, 수분함량은 각각 17%, 13%, 4.8% 로 최적요인을 확립할 수 있었다. 따라서 건조 전처리 공정의 최적요인을 대량생산에 적용하고자 한다.

본 공정인 초고압 추출공정에서는 앞에서 복합공정 추출물들의 추출수율 및 기능성 평가 결과 모든 시료에서 300 MPa에서 15분 초고압 추출 공정이 최적의 효과를 나타냄을 알 수 있었다. 따라서 표 11과 같이 초고압 공정의 최적요인을 대량생산에 적용하고자 한다.

표 10. 블루베리, 감귤 및 고구마의 복합공정 최적요인

Sample	Pressure(hPa)	Temp.(°C)	Time(hr)	Moisture Contents(%)
Blueberry	800	50±1	24	17.32±0.56
Citrus	800	50±1	15	13.0±0.29
Sweet potato	800	50±1	15	4.8±0.23
Sample	High Pressure (Mpa, min)		Extraction Temp. (°C)	Yield (%)
Blueberry	300, 15		60	26.49±0.23
Citrus	300, 15		60	28.19±0.15
Sweet potato	300, 15		60	46.74±0.48

(2) 제주농산자원 고효율 복합공정물의 시제품 적용을 위한 최종 농도 결정

기능성 영양바 제조를 위하여 블루베리, 감귤 및 고구마의 복합공정 추출물의 농축이 필요하였다. 예비실험을 통하여 표 12와 같이 시제품에 적용될 블루베리, 감귤 및 고구마의 고형분 함량은 각각 23, 32, 60 °brix 로 최종 농도를 결정하였다.

표 12. 블루베리, 감귤 및 고구마 복합공정물의 고형분 함량

Sample	Solid content of concentrate(%)
Blueberry	23±0.02
Citrus	32±0.10
Sweet potato	60±0.01

(3) 제주 농산자원의 고효율 복합공정물 대량생산을 위한 공정도 확립

저탄소 고효율 복합공정물을 이용한 고부가 식품을 개발하기 위하여 블루베리, 감귤 및 고구마 영양바를 제조하기 위한 복합공정물 각각의 조건별 대량생산 공정도를 Fig. 26과 같이 나타내었다.

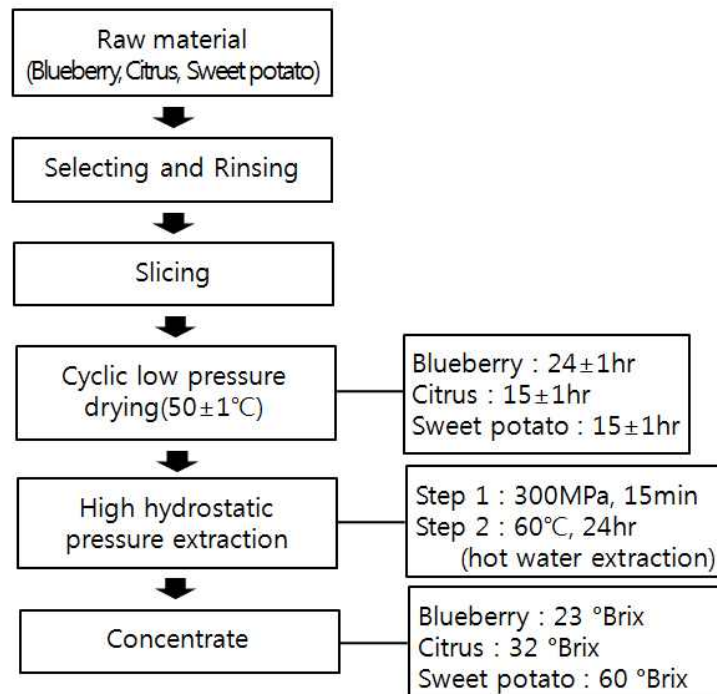


Fig. 26. 고효율 복합 공정물 생산 공정도

5. 고효율 복합공정물을 이용한 고부가 식품 개발 및 제품화

가. 건조블루베리, 건조감귤 및 건조 고구마의 제조

고효율 복합공정물을 이용한 건강기능 영양바 시제품 개발을 위하여 주재료와 함께 들어가는 건조블루베리, 건조감귤 및 건조고구마를 제조하였다. 각 제품의 원료 특성을 고려하여 건조감귤의 경우 기존 자사에서 생산하고 있는 수분 10% 정도의 건조감귤을 사용하였으며, 건조블루베리는 관능적인 면을 감안하여 수분 22% 정도의 반건조 형태로 제조하였으며, 건조고구마의 경우는 식감을 고려하여 증기로 찐 후 블루베리와 비슷한 수분 21% 정도로 제조하였다. 특히 건조고구마는 반건조 형태로 건조되어 영양바 적용 이외에도 제품화가 가능하여 시제품화 하였다.

Table 51. Drying conditions of dried Blueberry, Citrus & Sweet potato

	Pressure(hPa)	Temp.(°C)	Time(hr)	Yield(%)	Moisture(%)
Dried Blueberry	800	45~50	24±1	20±0.24	22.1±0.02
Dried Citrus	800	45~55	15±1	9.4±0.64	10.0±0.12
Dried Sweet potato	800	45~50	15±1	19±0.07	21.4±0.29

		
Dried Blueberry	Dried Citrus (Jeju Mandarin Orange)	Dried Sweet potato

나. 복합공정물을 이용한 영양바의 품질 특성

(1) 블루베리 영양바의 품질 특성

(가) 영양바의 색도

블루베리 농축액의 첨가량을 달리하여 제조한 영양바의 색도 측정 결과는 Table 52와 같다. 영양바의 색도는 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)에서 모두 대조군과 첨가군 간의 유의적인 차이가 나타났다($p < 0.05$). 제과제품의 색은 향미, 맛과 함께 소비자의 기호도에 영향을 미치는 가장 중요한 품질 요인 중 하나이다. 영양바의 명도는 대조군이 72.3으로 가장 높았으며, 블루베리 농축액의 첨가량이 증가할수록 명도값은 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 적색도는 대조군(0.8)에 비해 블루베리 농축액이 증가함에 따라 적색도는 증가하였으며 20% 첨가군에서 3.9로 가장 높게 나타났다. 황색도 역시 적색도와 마찬가지로 첨가량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 색은 일정한 조건 하에서 주로 당에 의한 영향이 크고 환원당에 의한 비효소적 갈색화반응, 열에 불안정한 당에 의한 카라멜화 반응에 의해 크게 영향을 받는다.

Table 52. Color differences for nutritonal blueberry bar

Color values ²⁾	Concentration of blueberry extract				
	0%	5%	10%	15%	20%
Whiteness (L)	72.3±0.44 ¹⁾	68.3±0.37	60.3±0.24	52.3±0.97	49.2±0.38
Redness (a)	0.8±0.08	1.3±0.64	1.8±0.31	2.2±0.34	3.9±1.10
Yellowness (b)	13.4±0.15	13.9±1.35	15.3±0.24	17.9±0.21	19.3±0.31

1) Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

2) L : Degree of lightness (white +100 ↔ 0 black)

a : Degree of redness (red +100 ↔ -80 green)

b : Degree of yellowness (yellow +70 ↔ -80 blue)

(나) 영양바의 pH

블루베리 농축액의 첨가량을 달리하여 제조한 영양바의 pH 측정 결과는 Table 53과 같다. 영양바의 pH는 대조군과 블루베리 농축액 첨가군 간의 유의적인 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 대조군이 7.10, 첨가군이 6.57 ~ 7.02의 범위로 대조군의 pH보다는 낮게 나타났다. 아마씨 가루를 첨가한 쿠키과 들깨잎 분말을 첨가한 쿠키의 연구에서는 재료의 첨가량이 증가함에 따라 반죽의 pH가 증가한다고 보고하여 영

양바의 pH도 첨가되는 원료의 pH에 영향을 받는 것으로 사료된다.

Table 53. pH of nutritional blueberry bar with different levels of blueberry extract

Contents (%)	pH
0	7.10 ± 0.02
5	6.97 ± 0.03
10	6.88 ± 0.14
15	6.57 ± 0.02
20	6.55 ± 0.03

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

(다) 영양바의 조직감

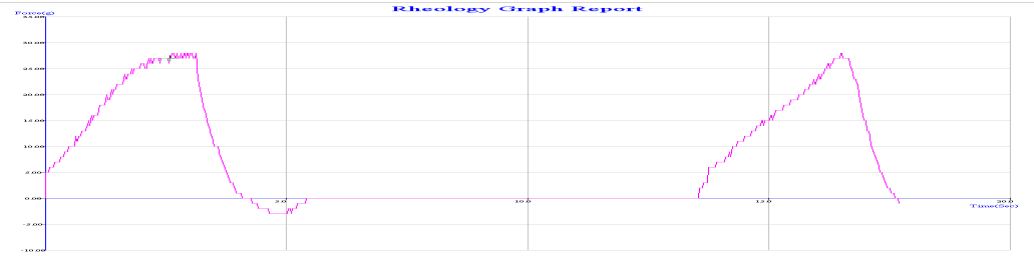
블루베리 농축액의 첨가량을 달리하여 제조한 영양바의 조직감을 texture analyzer를 이용하여 측정한 결과는 Table 54와 같다. TPA (texture profile analysis)를 이용하여 측정한 영양바의 경도는 블루베리농축액이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었지만 유의적인 차이는 나타내지 않았다($p < 0.05$). 탄력 및 응집성은 블루베리 농축액 증가에 따라 감소하였으며, 씹힘성은 대조군에 비해 감소하는 경향을 나타내었다. Lee JS 등의 연구에서 흑마늘 분말을 첨가량에 따른 스펀지 케이크의 조직감을 측정한 결과, 흑마늘 분말 첨가수준이 증가함에 따라 경도와 씹힘성은 증가하였고, 탄성과 응집성은 감소하는 결과를 나타내어 본 연구와 상반되는 경향을 나타내었다.

Table 54. Texture profile analysis of nutritional blueberry bar with different contents of blueberry fruits extract

Contents (%)	Nutritional Cereal Bar			
	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
0	23,210±1,627	0.86±0.05	0.57±0.01	8,236±1,023
5	23,001±1,320	0.73±0.12	0.55±0.21	8,031± 981
10	22,863±1,201	0.72±0.02	0.55±0.05	7,823±1,369
15	20,309±2,148	0.69±0.22	0.54±0.07	7,726±2,367
20	18,324±1,236	0.67±0.09	0.50±0.22	7,539±1,497

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

TPA test



(라) 영양바의 관능검사

블루베리 농축액을 첨가하여 제조한 영양바의 색, 향, 맛, 조직감, 전체적인 기호도에 대한 관능평가를 실시한 결과는 Table 55에 나타내었다. 평가 결과 영양바의 색, 향, 맛, 조직감, 전체적인 기호도에서 대조군과 첨가군간의 통계적인 유의적인 차를 나타내었다($p < 0.05$). 영양바의 색의 기호도는 10% 첨가군이 가장 높게 평가되었으며, 향의 기호도는 15% 첨가군이 가장 높게 평가되었다. 맛에 대한 기호도는 통계적으로 유의적인 차를 나타내지는 않았지만 20% 첨가군에서 높은 값을 나타내었다. 영양바의 조직감에 대한 기호도는 10% 첨가군에서 높은 기호도를 나타내었다. 전체적인 기호도는 대조군이 4.67, 첨가군이 5.01-6.21의 범위에서 20% 블루베리 농축액을 첨가한 영양바가 대조군보다 선호되는 것을 알 수 있었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 블루베리농축액의 첨가는 무첨가 군에 비해 관능적인 평가에서 더 선호하는 경향을 나타내었으며, 블루베리 농축액 첨가가 기호도를 향상시키는 것으로 나타났다. 이로써 블루베리농축액 20% 첨가수준에서 영양바 제조 시 영양바에 대한 기호도를 높여줄 수 있을 것으로 판단된다.

Table 55. Sensory evaluation result for the likeness of nutritional blueberry bar

Contents (%)	Concentration of blueberry extract				Overall Acceptability
	Color	Flavor	Taste	Texture	
0	5.84±0.27	5.21±0.41	5.37±1.27	5.29±0.99	4.67±0.34
5	5.93±0.21	5.30±0.53	5.97±0.43	5.93±0.42	5.01±0.21
10	6.94±0.71	6.06±0.49	6.03±0.52	6.27±0.39	5.31±0.41
15	6.91±0.51	6.09±0.27	5.97±0.29	6.11±0.43	6.01±0.37
20	6.14±0.53	6.01±0.49	6.87±0.91	6.15±0.48	6.21±0.83

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates



(2) 감귤 영양바의 품질 특성

(가) 영양바의 색도

감귤 농축액의 첨가량을 달리하여 제조한 영양바의 색도 측정 결과는 Table 56과 같다. 영양바의 색도는 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)에서 모두 대조군과 첨가군 간의 유의적인 차이가 나타났다($p < 0.05$). 제과제품의 색은 향미, 맛과 함께 소비자의 기호도에 영향을 미치는 가장 중요한 품질 요인 중 하나이다. 영양바의 명도는 대조군이 72.3으로 가장 높았으며, 감귤 농축액의 첨가량이 증가할수록 명도값은 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 적색도는 대조군(0.8)에 비해 감귤 농축액이 증가함에 따라 적색도는 증가하였으며 20% 첨가군에서 2.7로 가장 높게 나타났다. 황색도 역시 적색도와 마찬가지로 첨가량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 색은 일정한 조건 하에서 주로 당에 의한 영향이 크고 환원당에 의한 비효소적 갈색화반응, 열에 불안정한 당에 의한 카라멜화 반응에 의해 크게 영향을 받는다.

Table 56. Color differences for nutritional citrus bar^{1),2)}

Color values ²⁾	Concentration of citrus fruit extract				
	0%	5%	10%	15%	20%
Whiteness (L)	72.3±0.64	71.2±0.14	64.3±0.05	63.2±0.19	61.0±0.07
Redness (a)	0.8±0.08	0.9±0.21	1.6±0.39	2.7±1.28	2.7±2.39
Yellowness (b)	13.4±0.15	15.2±2.38	20.3±0.37	21.4±0.27	22.9±1.27

1) Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

2) L : Degree of lightness (white +100 ↔ 0 black)

a : Degree of redness (red +100 ↔ -80 green)

b : Degree of yellowness (yellow +70 ↔ -80 blue)

(나) 영양바의 pH

감귤 농축액의 첨가량을 달리하여 제조한 영양바의 pH 측정 결과는 Table 57과 같다. 영양바의 pH는 대조군과 감귤 농축액 첨가군 간의 유의적인 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 대조군이 7.10, 첨가군이 6.57 ~ 7.02의 범위로 대조군의 pH보다는 낮게 나타났는데, 이는 감귤의 유기산에 의한 pH가 낮아진 것으로 판단된다. 아마씨 가루를 첨가한 쿠키과 들깨잎 분말을 첨가한 쿠키의 연구에서는 재료의 첨가량이 증가함에 따라 반죽의 pH가 증가한다고 보고하여 영양바의 pH도 첨가되는 원료의 pH에 영향을 받는 것으로 사료된다.

Table 57. pH of nutritional citrus bar with different levels of citrus fruit extract

Contents (%)	pH
0	7.10 ± 0.02 ^{a,1)}
5	6.97 ± 0.01 ^{b)}
10	6.71 ± 0.03 ^{c)}
15	6.64 ± 0.01 ^{d)}
20	6.57 ± 0.01 ^{e)}

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

1) Different superscripts in a column are significantly different each other at $p < 0.05$

(다) 영양바의 조직감

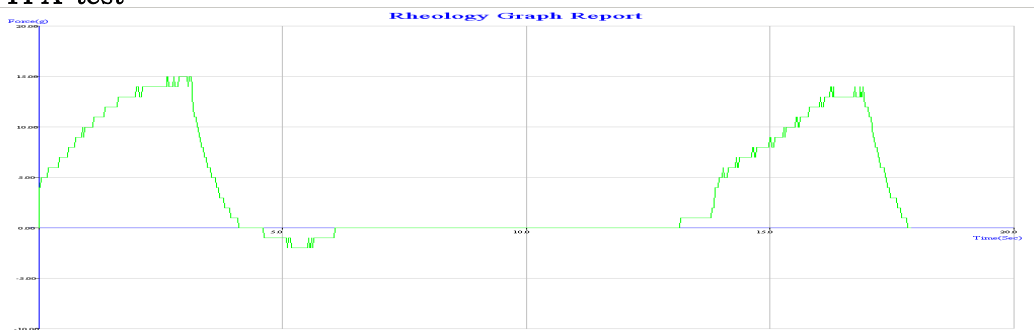
감귤 농축액의 첨가량을 달리하여 제조한 영양바의 조직감을 texture analyzer를 이용하여 측정된 결과는 Table 58과 같다. TPA(texture profile analysis)를 이용하여 측정된 영양바의 경도는 감귤농축액이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었지만 유의적인 차이는 나타내지 않았다($p < 0.05$). 탄력 및 응집성은 감귤 농축액 증가에 따라 감소하였으며, 씹힘성은 대조군에 비해 감소하는 경향을 나타내었다. Lee JS 등의 연구에서 흑마늘 분말을 첨가량에 따른 스펀지 케이크의 조직감을 측정된 결과, 흑마늘 분말 첨가수준이 증가함에 따라 경도와 씹힘성은 증가하였고, 탄성과 응집성은 감소하는 결과를 나타내어 본 연구와 상반되는 경향을 나타내었다.

Table 58. Texture profile analysis of nutritional citrus bar with different contents of citrus fruits extract

Contents (%)	Nutritional Citrus Bar			
	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
0	22,317±2,914	0.86±0.06	0.57±0.02	9,521±2,042
5	21,024±1,267	0.80±0.04	0.56±0.01	9,126±1,039
10	20,843±1,648	0.78±0.02	0.56±0.03	8,671±2,279
15	18,487±3,547	0.79±0.01	0.55±0.02	8,701±2,369
20	17,248±2,347	0.74±0.06	0.51±0.03	8,102±1,359

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

TPA test



(라) 영양바의 관능검사

감귤농축액을 첨가하여 제조한 영양바의 색, 향, 맛, 조직감, 전체적인 기호도에 대한 관능평가를 실시한 결과는 Table 59에 나타내었다. 평가 결과 영양바의 색, 향, 맛, 조직감, 전체적인 기호도에서 대조군과 첨가군간의 통계적인 유의적인 차를 나타내었다($p < 0.05$). 영양바의 색의 기호도는 15% 첨가군이 가장 높게 평가되었으며, 향의 기호도는 20% 첨가군이 가장 높게 평가되었다. 맛에 대한 기호도는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지는 않았지만 15% 첨가군에서 높은 값을 나타내었다. 영양바의 조직감에 대한 기호도는 15% 첨가군에서 높은 기호도를 나타내었다. 전체적인 기호도는 대조군이 4.67, 첨가군이 4.77-6.21의 범위에서 15% 감귤 농축액을 첨가한 영양바가 대조군보다 선호되는 것을 알 수 있었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 감귤농축액의 첨가는 무첨가 군에 비해 관능적인 평가에서 더 선호하는 경향을 나타내었으며, 감귤 농축액 첨가가 기호도를 향상시키는 것으로 나타났다. 이로써 감귤농축액 15% 첨가수준에서 영양바 제조 시 영양바에 대한 기호도를 높여줄 수 있을 것으로 판단된다.

Table 59. Sensory evaluation result for the likeness of nutritional citrus bar

Contents (%)	Concentration of citrus fruit extract				Overall Acceptability
	Color	Flavor	Taste	Texture	
0	5.84±0.27	5.21±0.41	5.37±1.27	5.29±0.99	4.67±0.34
5	6.24±0.31	5.84±0.27	5.61±0.37	6.29±0.99	4.77±0.01
10	6.21±0.97	6.16±0.35	6.24±0.49	6.31±0.22	4.81±0.29
15	6.91±0.68	6.51±0.38	6.34±0.67	6.97±0.34	6.21±0.01
20	6.30±0.68	6.91±0.02	5.67±0.37	5.27±0.23	4.63±0.05

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates



(3) 고구마 영양바의 품질 특성

(가) 영양바의 색도

고구마 농축액의 첨가량을 달리하여 제조한 영양바의 색도 측정 결과는 Table 60과 같다. 영양바의 색도는 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)에서 모두 대조군과 첨가군 간의 유의적인 차이가 나타났다($p < 0.05$). 제과제품의 색은 향미, 맛과 함께 소비자의 기호도에 영향을 미치는 가장 중요한 품질 요인 중 하나이다. 영양바의 명도는 대조군이 72.3으로 가장 높았으며, 고구마 농축액의 첨가량이 증가할수록 명도 값은 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 적색도는 대조군(0.8)에 비해 고구마 농축액이 증가함에 따라 적색도는 증가하였으며 20% 첨가군에서 3.5로 가장 높게 나타났다. 황색도 역시 적색도와 마찬가지로 첨가량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 색은 일정한 조건 하에서 주로 당에 의한 영향이 크고 환원당에 의한 비효소적 갈색화 반응, 열에 불안정한 당에 의한 카라멜화 반응에 의해 크게 영향을 받는다.

Table 60. Color differences for nutritional sweet potato bar

Color values ²⁾	Concentration of sweet potato extract				
	0%	5%	10%	15%	20%
Whiteness (L)	72.3±0.64	70.8±0.21	69.4±0.29	60.1±0.30	51.3±0.19
Redness (a)	0.8±0.08	1.2±0.39	2.0±0.28	3.0±2.07	3.5±0.17
Yellowness (b)	13.4±0.15	14.3±1.47	16.2±1.07	18.6±1.39	20.7±0.34

1) Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

2) L : Degree of lightness (white +100 ↔ 0 black)

a : Degree of redness (red +100 ↔ -80 green)

b : Degree of yellowness (yellow +70 ↔ -80 blue)

(나) 영양바의 pH

고구마 농축액의 첨가량을 달리하여 제조한 영양바의 pH 측정 결과는 Table 61과 같다. 영양바의 pH는 대조군과 고구마 농축액 첨가군 간의 유의적인 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 대조군이 7.10, 첨가군이 7.09-7.14의 범위로 대조군의 pH보다는 낮게 나타났다. 아마씨 가루를 첨가한 쿠키와 들깨잎 분말을 첨가한 쿠키의 연구에서는 재료의 첨가량이 증가함에 따라 반죽의 pH가 증가한다고 보고하여 영양바의 pH도 첨가되는 원료의 pH에 영향을 받는 것으로 사료된다.

Table 61. pH of nutritional sweet potato bar with different levels of sweet potato extract

Contents (%)	pH
0	7.10 ± 0.02
5	7.09 ± 0.24
10	7.09 ± 0.05
15	7.14 ± 0.57
20	7.11 ± 0.39

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

(다) 영양바의 조직감

고구마 농축액의 첨가량을 달리하여 제조한 영양바의 조직감을 texture analyzer를 이용하여 측정한 결과는 Table 62와 같다. TPA(texture profile analysis)를 이용하여 측정한 영양바의 경도는 고구마농축액이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었지만 유의적인 차이는 나타내지 않았다($p < 0.05$). 탄력 및 응집성은 감귤 농축액 증가에 따라 감소하였으며, 씹힘성은 대조군에 비해 감소하는 경향을 나타내었다. Lee JS 등의 연구에서 흑마늘 분말을 첨가량에 따른 스펀지 케이크의 조직감을 측

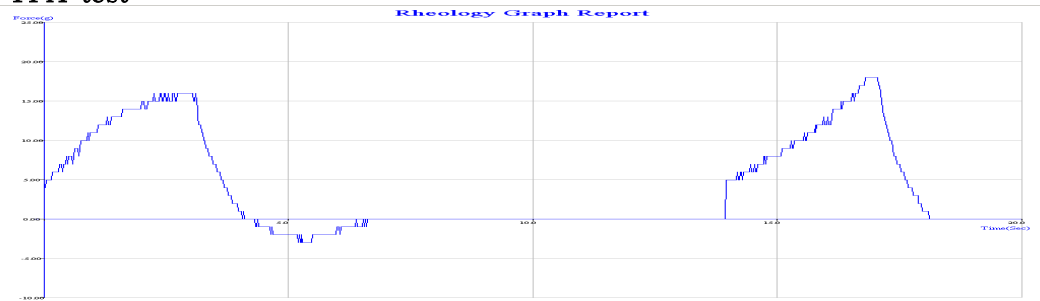
정한 결과, 흑마늘 분말 첨가수준이 증가함에 따라 경도와 씹힘성은 증가하였고, 탄성과 응집성은 감소하는 결과를 나타내어 본 연구와 상반되는 경향을 나타내었다.

Table 62. Texture profile analysis of nutritional sweet potato bar with different contents of sweet potato extract

Contents (%)	Nutritional Sweet potato Bar			
	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
0	22,317±1,357	0.86±0.06	0.57±0.02	9,521±2,042
5	19,031±1,479	0.84±0.01	0.55±0.21	8,912±1,397
10	19,320±2,031	0.81±0.09	0.56±0.55	8,814±2,039
15	19,007±2,399	0.82±0.07	0.49±0.19	8,326±1,247
20	18,247±1,327	0.82±0.05	0.50±0.11	8,021±2,697

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

TPA test



(라) 영양바의 관능검사

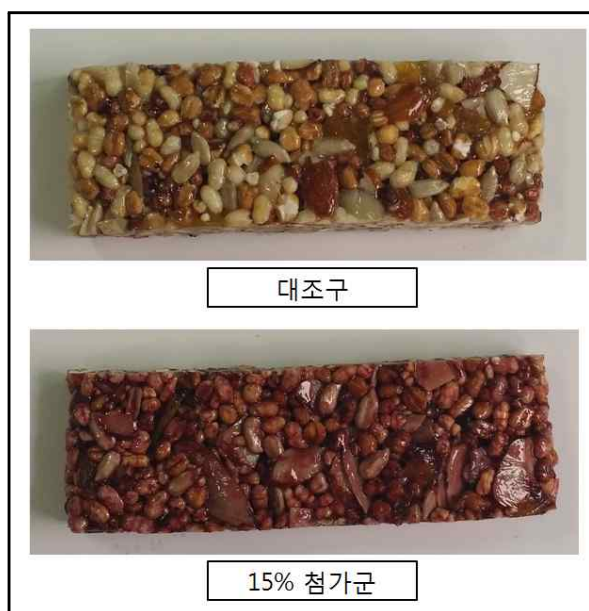
고구마농축액을 첨가하여 제조한 영양바의 색, 향, 맛, 조직감, 전체적인 기호도에 대한 관능평가를 실시한 결과는 Table 63에 나타내었다. 평가 결과 영양바의 색, 향, 맛, 조직감, 전체적인 기호도에서 대조군과 첨가군간의 통계적인 유의적인 차를 나타내었다(p<0.05). 영양바의 색의 기호도는 15% 첨가군이 가장 높게 평가되었으며, 향의 기호도는 10% 첨가군이 가장 높게 평가되었다. 맛에 대한 기호도는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지는 않았지만 10% 첨가군에서 높은 값을 나타내었다. 영양바의 조직감에 대한 기호도는 10% 첨가군에서 높은 기호도를 나타내었다. 전체적인 기호도는 대조군이 4.67, 첨가군이 5.10-6.54의 범위에서 10% 고구마 농축액을 첨가한 영양바가 대조군보다 선호되는 것을 알 수 있었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 고구마농축액의 첨가는 무첨가 군에 비해 관능적인 평가에서 더 선호하는 경향을 나타내었으며, 고구마 농축액 첨가가 기호도를 향상시키는 것으로 나

타났다. 이로써 고구마농축액 15% 첨가수준에서 영양바 제조 시 영양바에 대한 기호도를 높여줄 수 있을 것으로 판단된다.

Table 63. Sensory evaluation result for the likeness of nutritional sweet potato bar

Contents (%)	Concentration of sweet potato extract				Overall Acceptability
	Color	Flavor	Taste	Texture	
0	5.84±0.27	5.21±0.41	5.37±1.27	5.29±0.99	4.67±0.34
5	5.92±0.44	5.36±0.33	5.91±0.21	6.22±0.18	5.10±0.21
10	6.10±0.36	6.94±0.57	6.10±0.91	6.51±0.39	6.50±0.28
15	6.47±0.78	6.74±0.83	6.37±0.55	6.43±0.48	6.54±0.31
20	6.22±0.27	6.84±0.17	6.01±0.83	5.39±0.89	5.11±0.11

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates



다. 영양바의 비타민 C 분석

각각의 영양바를 제조 한 후 영양성분 중 비타민 C 분석 결과를 Fig. 27에 나타내었다. 영양바 중 감귤 영양바가 비타민 C의 함량이 33.5 mg/100g으로 가장 많은 함량을 나타내었다. 또한 고구마 영양바의 경우 증숙과정 중에 비타민 C가 파괴되어 영양바 제조시 미량이 검출되었다. 블루베리의 경우 비타민 C가 12.3 mg/100g 함유 되어 있는 것으로 나타났다.

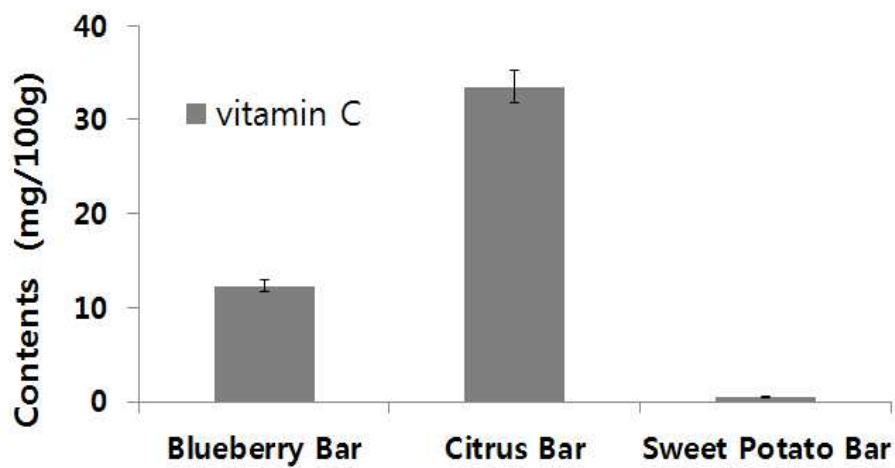


Fig. 27. Total vitamin C contents of Nutrition Bar

라. 반건조 고구마 및 영양바의 영양성분분석

반건조 고구마의 제품화를 위하여 영양성분을 분석한 결과를 Table 64에 나타내었다. 패키지 표기시에는 포장 단위별로 환산하여 표기하고자 한다.

Table 64. Nutrition Facts of dried Sweet potato

항목	Dried Sweet potato
Calories(kcal/100g)	289.0
Total Carbohydrate(g/100g)	68.6
Dietary Fiber(g/100g)	5.0
Sugars(g/100g)	24.5
Protein(g/100g)	3.5
Total Fat(g/100g)	0.1
Saturated Fat(g/100g)	0.1
Trans Fat(g/100g)	0
Cholesterol(mg/100g)	0
Sodium(mg/100g)	37.4
Calcium(mg/100g)	55.6
Potassium(mg/100g)	928.5
Iron(mg/100g)	1.7
Phosphorus(mg/100g)	85.1



반건조 고구마 상품화<제주 고구마 빼빼기>

기능성 영양바의 제품화를 위하여 Table 65와 같이 영양성분을 분석하였다. 특이사항은 식이섬유에서 고구마 보다 블루베리의 함량이 더 높음을 알 수 있었고 모든 영양바에서 칼륨 및 인의 함량이 높음을 알 수 있었다.

Table 65. Nutrition Facts of nutrition bar

	Blueberry bar	Citrus bar	Sweet potato bar
Calories(kcal/100g)	382.1	397.8	367.1
Total Carbohydrate(g/100g)	75.2	76.4	71.2
Dietary Fiber(g/100g)	25.8	18.8	10.0
Sugars(g/100g)	12.8	28.3	15.1
Protein(g/100g)	11.7	7.9	12.2
Total Fat(g/100g)	3.8	6.7	3.7
Saturated Fat(g/100g)	1.3	2.3	1.2
Trans Fat(g/100g)	0.0	0.0	0.0
Cholesterol(mg/100g)	0.0	0.0	0.0
Sodium(mg/100g)	6.7	7.3	22.8
Calcium(mg/100g)	33.4	66.0	50.0
Potassium(mg/100g)	195.7	605.6	685.9
Iron(mg/100g)	8.4	1.0	1.7
Phosphorus(mg/100g)	200.2	172.0	206.8

마. 영양바 제품화를 위한 패키지 디자인 개발

복합공정물을 활용한 기능성 영양바의 상품화를 위하여 간편하게 먹을 수 있도록 개별 포장의 패키지를 선택하였으며 제품의 특성에 맞도록 패키지 디자인을 개발하였다.



<오제주 영양바 패키지 디자인>

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연도별 연구목표 및 달성도

구 분	연구 목 표	평가의 착안점	
		착 안 사 항	달성도 (%)
1차년도 (2013년)	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 제주 농산자원의 활용을 위한 저탄소 고효율 가공 공정 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 고효율 가공 공정 개발 	100
	<ul style="list-style-type: none"> 대상물의 건조 공정별, 추출 공정별 성분 분석 및 기능성 탐색 	<ul style="list-style-type: none"> 건조공정별 성분 분석 및 기능성 탐색 추출 공정별 성분 분석 및 기능성 탐색 	100
2차년도 (2014년)	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 농산 자원의 고기능 유지가 가능한 공정 최적화·표준화 확립 및 Scale-up 	<ul style="list-style-type: none"> 감압건조 공정 최적요인 확립 초고압 추출공정 최적요인 확립 고효율 복합공정물 대량생산을 위한 공정도 확립 	100
	<ul style="list-style-type: none"> 대상물의 기능성 증진 	<ul style="list-style-type: none"> 영양바의 성분 분석 및 항산화성 탐색 	100
	<ul style="list-style-type: none"> 최적 공정 건조물 및 추출물을 이용한 고기능 식품 개발 및 제품화 	<ul style="list-style-type: none"> 제품의 관능검사를 통한 기호도 탐색 3종의 영양바 시제품 제작 반건조 고구마 제품화 	100
최종평가	<ul style="list-style-type: none"> 제주 특산물 등 다양한 농산 자원들의 원료별 특성에 따른 친환경 저탄소 공정의 효율성 증진, 제품성 향상 등이 가능한 가공 공정 개발 및 이를 이용한 건강기능스낵바 고부가 식품군 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 고효율 가공 공정을 통한 고부가 식품군 개발 및 제품화 	100

본 연구는 고효율 감압건조 및 초고압 추출과 같은 친환경 저탄소 가공공정을 활용하여 기능성 스낵바 고부가 제품 및 그 제조기술을 개발하여 계획된 목표를 100% 달성하였다. 연도별 각각의 세부내용 또한 계획된 목표를 100% 달성하였다.

제 2 절 관련분야 기여도

1. 기술적 측면

- 가. 친환경 저탄소 가공공정으로 고효율 감압건조 및 초고압 추출 복합공정 개발 능력이 확보되었다.
- 나. 저탄소 고효율 복합공정 활용으로 인한 이 분야의 연구가 촉진될 것이다.
- 다. 국내산 농산물을 이용한 고부가가치 제품 개발 능력 확보로 기능성식품분야 및 식품산업분야에 경쟁력을 제고시킬 것이다.

2. 경제·산업적 측면

- 가. 적용 작물 이외에도 다양한 제주 농산자원의 활용을 기대해 볼 수 있다.
- 나. 새로운 용도창출을 통해 농식품산업의 재도약 기회를 제공할 것이다.
- 다. 본 공정을 활용함으로써 제주 농산물의 부가가치 제고를 통한 농가 소득증대에 기여할 것이다.
- 라. 국내에서 개발된 우수한 제품을 수출을 통한 국가 경제발전에 기여할 것이다.
- 마. 식품산업의 경쟁력 확보로 인한 식품시장의 유기적 자생력 강화에 기여할 것이다.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 연구개발 성과

1. 산업화 계획(자체 기술 실시)

본 연구를 통하여 개발되어진 기술은 자체실시로 진행되어질 계획이며, 개발되어진 제품은 기능성 영양바 및 반건조 고구마 제품으로 반건조 고구마 제품은 ‘제주 고구마빼떼기’란 명칭으로 바로 제품화가 가능하여 현재 판매 중이다.



<오제주 영양바>



<제주고구마빼떼기>

2. 홍보

- 2013 제6차 산업박람회 참가 : 제주고구마빼빼기 홍보
- 2013 서울국제식품산업대전 참가 : 제주고구마빼빼기 홍보



- 2014 뉴욕 Fancy Food Show 참가 : 오제주 영양바 홍보



3. 논문, 학술발표 및 지식재산권 실적

○ 논문

가. 건조방법에 따른 블루베리의 품질 및 생리활성, 한국조리학회지, 20(1), pp.55~64(2014)

The Korean Journal of Culinary Research
Vol. 20, No. 1, pp. 55~64 (2014)

55

건조방법에 따른 블루베리의 품질 및 생리활성

박성진¹⁾ · 최영범²⁾ · 고정림³⁾ · 니영아³⁾ · 이현용⁴⁾

한림성심대학교 관광의식조리과/ 한림성심대학교 생물소재연구소¹⁾ · 농업회사법인 (주)오'제주
울지대학교 식품산업의식학과²⁾ · 사원대학교 식품공학과³⁾

Effects of Drying Methods on the Quality and Physiological Activities of Blueberry (*Vaccinium ashei*)

Sung-Jin Park¹⁾ · Young-Bum Choi²⁾ · Jung-Rim Ko³⁾ ·
Young-Ah Rha³⁾ · Hyeon-Yong Lee⁴⁾

Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallym Polytechnic University
Research Institute of Biomaterial, Hallym Polytechnic University, Chuncheon 200-711, Korea¹⁾
Agro Foodtech Holdings O'JEU, Jeju Special Self-Governing Province, 690-804, Korea²⁾
Dept. of Food Technology and Services, Eulji University, Seongnam, Gyeonggi-do, 461-713, Korea³⁾
Dept. of Food Science and Technology, Seowon University, Chungbuk 361-742, Korea⁴⁾

Abstract

This study was performed to determine the effects of drying methods on the quality and physiological activities of blueberry. Blueberries (*Vaccinium ashei*) were dried by hot-air (60°C), cyclic low pressure (50°C), and freeze drying methods. They contained high properties of carbohydrates (68.48~80.00%), crude protein (1.63~5.41%), crude fat (0.58~1.25%), and ash (0.71~1.11%) regardless of the drying method. There were no differences in pH according to the drying methods. Browning index increased as the drying temperature increased. The L, a values of the freeze-dried sample were higher than those of the other dried samples, whereas the b value of the cyclic low pressure dried sample was higher than that of the other samples. The free sugar contents of the hot-air sample were higher than those of the other samples. Vitamin C content of the freeze dried sample was higher than that of either the hot-air or cyclic low pressure dried sample. The contents of total polyphenols and anthocyanins were higher in the freeze dried sample. The DPPH radical scavenging activity of freeze drying sample was higher than that of either the hot-air or cyclic low pressure dried sample. The result indicated that there were no differences in product quality depending on the freeze-drying and cyclic low pressure drying methods.

Key words: *Vaccinium ashei*, physicochemical, quality, cyclic low pressure drying

I. 서론

생활수준이 향상됨에 따라 건강에 대한 관심이 커지면서 식생활의 중요성이 강조되고 있으며,

건강유지를 위해 매일 섭취하는 식품의 선택이 매우 중요한 인자로 인식되고 있다(Kim JP 등 2004). 오늘날의 식품은 단순히 맛이나 영양가뿐만 아니라 식품을 통해 기능성 물질을 섭취하려

✉: 이현용, 010-8902-5700, hyeonl@seowon.ac.kr, 충북 청주시 흥덕구 우암서도 337-3 사원대학교 식품공학과

초고압 처리가 블루베리의 항산화 증진에 미치는 영향

- 연구노트 -

박성진^{1*}, 최영범², 고정림², 김영연³, 이현용⁴

¹한림대학교 관광리조트리피/생물소재연구소, ²농업법인회사(주)오'제주
³한국식품연구원 대사기능연구본부, ⁴서원대학교 식품공학과

Enhancement of Antioxidant Activities of Blueberry (*Vaccinium ashei*) by Using High-Pressure Extraction Process

Sung Jin Park^{1*}, Young Bum Choi², Jung Rim Ko², Young Eon Kim³, and Hyeon Yong Lee⁴

¹Dept. of Tourism Food Service Cuisine and Research Institute of Biomaterial, Hallym Polytechnic University, Gangwon 200-711, Korea

²Agro Foodtech Holdings O'JEJU, Jeju 690-901, Korea

³Div. of Metabolism and Functionality Research, Korea Food Research Institute, Gyeongsang 463-746, Korea

⁴Dept. of Food Science and Technology, Seouon University, Chungbuk 361-742, Korea

ABSTRACT We developed a method for improving the antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium ashei*) extracts through an ultra high-pressure extraction process. Blueberries were subjected to water extraction at 60°C and 300 MPa for 5 min (HPE5) and 15 min (HPE15). Extraction yields obtained by ultra high-pressure extraction process were 18.48, and 19.89%, respectively. Total polyphenol contents were estimated to be 28.3, and 28.9 mg/g, whereas flavonoid contents were measured as 5.9 and 6.6 mg/g, respectively. Generally, HPE resulted in higher yields than the conventional extraction process. Further, HPE15 showed 53.84% DPPH radical scavenging activity (EDA, %) at 1,000 µg/mL. Reducing power of HPE15 showed its highest activity of 0.21. In general, antioxidant activities of blueberry increased by HPE. Therefore, HPE of blueberry resulted in higher antioxidant activity than conventional water extraction. These results demonstrate obvious advantages in terms of higher efficiency, shorter extraction time, and lower energy costs.

Key words: *Vaccinium ashei*, high-pressure extraction, antioxidant activity, anthocyanin, scanning electron microphotographs

서 론

현대 사회는 과학의 발달로 인간의 수명은 연장되었으나 육류 위주의 서구식 식생활로써 변화로 인한 비만, 당뇨, 고혈압, 동맥경화, 알zheimer 병 발생 연령이 내려가고 있다. 연구에 의하면 활성산소종이 동맥경화 및 심혈관 질환 예방의 중심적 역할을 하는 것으로 규명되었고(1,2), 인간의 노화현상이나 암 발생은 생체 내에서 산화되는 생리기능에 스트레스를 가하는 현상인 oxidative stress를 유발하는 자유기(free radical)에 기인하는 것으로 알려져 있다(3). 인간의 세포는 매일 산화적 손상을 받는데 인체 각 세포의 DNA는 하루에 약 10,000번의 산화적 공격을 받는다. 이로 인한 손상은 일부 회복되지만 회복되지 않은 손상이 축적되어 노화, 암, 심혈관 등의 질병을 일으키게 된다(4,5). 또한 항산화 영양 성분으로는 β-carotene, 비타민 E, 비타민 C 등의 카로티노이드, Se, Cu, Mn, Zn 등의 미량원소와 phenol이 알려

져 있는데 이들 미량성분의 항산화효과는 항산화 능력에 기인한다는 연구결과도 보고되었다(6,7).

초고압 처리는 최근 식품에서 주목받고 있는 가공기술 분야로서 식품의 보존성, 품질, 기능성을 향상시켜 준다. 100~1,000 MPa의 압력을 이용하여 압력체로 물이나 오일의 압력을 순간적으로 균일하게 전달시키는 원리이다. 식품가공에서 열처리와 압력처리는 모두 소화성을 향상시키는데, 열처리는 화학변화가 많이 일어나는데 반하여 압력처리는 화학적으로 큰 변화를 일으키지 않는 장점이 있다(8). 따라서 초고압 공정은 비가열처리 가공방법이므로 식품 내 주요 성분을 변형시키지 않아 신선감을 유지시킬 수 있는 가공기술로 평가되고 있고 기존의 가열처리에 의한 식품의 조직강화, 맛, 향 등도 파악할 수 있다(8). 한편 초고압처리 기술은 소수성결합이나 이온결합의 파괴를 촉진하고 분자량이 작은 물질보다는 소수성결합 등을 포함하는 거대분자에 대해 선택적으로 작용한다. 이를 통하여 추출 시에 그 수율 증진을 위한 공경으로 사용될 수 있다고 보고되고 있다(8). 기존의 천연물 추출에 사용된 전통적인 방법은 추출효율이 낮고 에너지 소비가 많으며 열로 인한 많은 유용성분의 파

Received 21 October 2013; Accepted 1 November 2013

*Corresponding author.

E-mail: sjpark@hbc.ac.kr, Phone: +82-33-240-9234

다. 초고압 처리에 의한 감귤의 추출물 및 특성변화, 한국조리학회지, 20(3), pp.13~21(2014)

초고압 처리에 의한 감귤의 추출물 및 특성변화

박성진¹⁾ · 최영범²⁾ · 고정람²⁾ · 나영아³⁾ · 이현용⁴⁾

한림성심대학교 관광외식조리과/ 한림성심대학교 생물소재연구소¹⁾,

농업회사법인 (주)오계주²⁾ · 을지대학교 식품산업외식학과³⁾ · 서원대학교 식품공학과⁴⁾

Quality Characteristics of Citrus Fruit by Cyclic Low Pressure Drying and High Hydrostatic Pressure Extraction

Sung-Jin Park¹⁾ · Young-Bum Choi²⁾ · Jung-Rim Ko²⁾ · Young-Ah Rha³⁾ · Hyeon-Yong Lee⁴⁾

Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallym Polytechnic University Research Institute of Biomaterial, Hallym Polytechnic University, Chuncheon 200-711, Korea¹⁾

Agro Foodtech Holdings O'JEU, Jeju Special Self-Governing Province, 690-804, Korea²⁾

Dept. of Food Technology and Services, Eulji University, Seongnam, Gyeonggi-do, 461-713, Korea³⁾

Dept. of Food Science and Technology, Seowon University, Chungbuk 361-742, Korea⁴⁾

Abstract

We developed a method for improving the antioxidant activities of Citrus extracts through cyclic low pressure drying (CLPD) and a high hydrostatic pressure extraction (HPE) process. Citrus fruits were prepared for water extraction at 60°C and 300 MPa for 5 min (high hydrostatic pressure extraction, HPE5) and 15 min (high hydrostatic pressure extraction, HPE15) after cyclic low pressure drying method. Extraction yields obtained by cyclic low pressure drying and high hydrostatic pressure extraction process were 20.41, 23.47, and 28.19%, respectively. Total polyphenol contents were increased by combined process. Generally, CLPD and HPE resulted in higher yields than the conventional extraction process. Further, HPE15 showed 48.21% DPPH radical scavenging activity (EDA, %) at 1,000 µg/mL. In general, antioxidant activities of Citrus increased by CLPD and HPE. Therefore, CLPD and HPE of Citrus resulted in higher antioxidant activity than conventional water extraction.

Key words: Citrus, Cyclic low pressure drying, High hydrostatic pressure extraction, extraction yields, quality characteristics

1. 서 론

과일이나 채소류는 해파 맛을 즐기는 기호성 식품인 동시에 무기질과 비타민, 식이섬유소 등이 기대되는 건강지향성 식품으로 예전에는 주로 생식용으로 이용되어 왔으나, 최근에는 생활수준

의 향상으로 기호성이 증대됨에 따라 많은 가공품의 개발이 요구되고 있다(Kim JS et al 2013; Youn KS 1998). 감귤은 기능성 물질과 약효 성분이 많이 함유되어 있는 과일로서 한방약이나 생약의 원료로 사용되고 있다. 우리나라에서는 내한성이 강한 만다린계의 은주 밀감이 주로 생산

*1: 이현용, 010-8902-5700, hyeonli@seowon.ac.kr, 충북 청주시 흥덕구 무심서로 337-3 서원대학교 식품공학과

라. 감귤농축액 첨가로 인한 영양바의 기능성 향상, 한국조리학회지 20(6) 게재 예정

○ 학술발표

가. 2013 한국식품조리과학회 춘계학술대회(2013. 5. 31)

1) Effects of Drying Methods on the Quality and Antioxidant Activities of Citrus

FPP-12

Effects of Drying Methods on the Quality and Antioxidant Activities of Citrus

Sun-Jin Park^{1*}, Jeong-Lim Go², Yeong-Beom Choi²
Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallim Polytechnic University¹,
Agro Foodtech Holdings 0² JEJU²

This study was performed to determine the effects of drying methods on the quality and physiological activities of citrus. Citrus was dried by the hot-air, cyclic low pressure, and freeze drying methods. The citrus contained high properties of carbohydrates(76.5-82.2%), crude protein(3.8-6.0%), crude fat(1.1-1.4%), and ash(2.3%) regardless of the drying methods. The L, a value in the freeze-dried sample was higher than that in the other dried samples, whereas the b value in the cyclic low pressure dried sample higher than other samples. Vitamin C content of the freeze dried sample was higher than that of either the hot-air or cyclic low pressure dried samples. The DPPH radical scavenging activity of freeze drying sample was higher than that of either the hot-air or cyclic low pressure dried samples. The result indicated that there were no difference in product quality depending on the freeze-drying and cyclic low pressure drying method.

2) Enhancement of Antioxidant Activities of Citrus by using High-Pressure Extraction Process

FPP-13

Enhancement of Antioxidant Activities of Citrus by using High-Pressure Extraction Process

Sun-Jin Park^{1*}, Jeong-Lim Go², Yeong-Beom Choi²,
Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallim Polytechnic University¹,
Agro Foodtech Holdings 0² JEJU²

We investigated a method to improve antioxidant activities of citrus extracts by ultra high pressure extraction process. The citrus was extracted by water at 60°C and 300 MPa for 5 min (High Pressure Extraction, HPE5) and 15min (High Pressure Extraction, HPE15). The extraction yield by ultra high pressure extraction process was 19.57, 20.14%. Total phenolic acid contents of different extraction processes were estimated as 11.5, 14.3, and 15.2 mg GAL/g, respectively. The flavonoids contents of different extraction processes were measured as 2.6, 3.2, and 3.5 mg QUE/g, respectively. Generally, contents of phenolic acid and flavonoids, HPE was higher than conventional extraction process. HPE15 showed 95.4% of DPPH radical scavenging activity (EDA, %) in 1,000 µg/ml. The reducing power of HPE15 also showed the high activity as 0.28. In generally, antioxidant activities of citrus was increased by high pressure extraction process. We could tell that the HPE extracts of citrus had higher antioxidant activity than conventional water extraction. The results of HPE showed obvious advantages in higher efficiency, shorter extraction time, at lower energy costs.

나. 2013 KFN International Symposium and Annual Meeting(한국식품영양과학회, 2013. 11. 13~15)

1) Effects of Drying Method on the Quality and Physiological Activities of Sweet Potatoes

P03-16

Effects of Drying Methods on the Quality and Physiological Activities of Sweet Potatoes

Sung Jin Park^{1,2*}, Young Bum Choi³, Jung Rim Ko³, Hyeon Yong Lee⁴. ¹Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallym College, Gangwon 200-711, Republic of Korea, ²Research Institute of Biomaterial, Hallym College, Gangwon 200-711, Republic of Korea, ³Agro Foodtech Holdings O'JEJU, Jeju 441-853, Republic of Korea, ⁴Dept. of Food Science and Technology, Seowon University, Chungbuk 361-742, Republic of Korea

This study was performed to determine the effects of drying methods on the quality and physiological activities of sweet potatoes. Sweet potato was dried by the hot-air (60°C), cyclic low pressure (50°C), and freeze drying methods. The sweet potato contained high properties of carbohydrates(81.9~83.5%), crude protein(6.1~8.7%), crude fat(0.5~0.8%), and ash(3.1~3.5%) regardless of the drying methods. There was no differences in pH according to drying methods. Browning index increased as the drying temperature increased. The L, a value in the freeze-dried sample was higher than that in the other dried samples, whereas the b value in the cyclic low pressure dried sample higher than other samples. The free sugar contents of the hot-air sample was higher than that of the other samples. Vitamin C content of the freeze dried sample was higher than that of either the hot-air or cyclic low pressure dried samples. The contents of total polyphenols and anthocyanins was higher than freeze dried sample. The DPPH radical scavenging activity of freeze drying sample was higher than that of either the hot-air or cyclic low pressure dried samples. The result indicated that there were no difference in product quality depending on the freeze-drying and cyclic low pressure drying method.

2) Enhancement of Antioxidant Activities of Sweet Potatoes by using High-Pressure Extraction Process

P03-17

Enhancement of Antioxidant Activities of Sweet Potatoes by using High-Pressure Extraction Process

Sung Jin Park^{1,2*}, Young Bum Choi³, Jung Rim Ko³, Hyeon Yong Lee⁴. ¹Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallym College, Gangwon 200-711, Republic of Korea, ²Research Institute of Biomaterial, Hallym College, Gangwon 200-711, Republic of Korea, ³Agro Foodtech Holdings O'JEJU, Jeju 441-853, Republic of Korea, ⁴Dept. of Food Science and Technology, Seowon University, Chungbuk 361-742, Republic of Korea

We investigated a method to improve antioxidant activities of sweet potatoes extracts by ultra high pressure extraction process. The sweet potato was extracted by water at 60°C and

300 MPa for 5 min (High Pressure Extraction, HPE5) and 15min (High Pressure Extraction, HPE15). The extraction yield by ultra high pressure extraction process was 24.36, 25.97%. Total phenolic acid contents of different extraction processes were estimated as 25.0, 25.9 and 26.0 mg GAL/g, respectively. The flavonoids contents of different extraction processes were measured as 10.4, 10.9 and 11.2 mg QUE/g, respectively. Generally, contents of phenolic acid and flavonoids, HPE was higher than conventional extraction process. HPE15 showed 27.91% of DPPH radical scavenging activity (EDA, %) in 1,000 ug/ml. The reducing power of HPE15 also showed the high activity as 0.16. In generally, antioxidant activities of sweet potato was increased by high pressure extraction process. We could tell that the HPE extracts of sweet potato had higher antioxidant activity than conventional water extraction. The results of HPE showed obvious advantages in higher efficiency, shorter extraction time, at lower energy costs.

다. 2014 춘계연합학술대회(한국식품조리과학회, 2014. 5. 17)

1) Quality Characteristics of dried *Vaccinium ashei* by Combined Process

FPP-3

Quality Characteristics of dried *Vaccinium ashei* by Combined Process

Sung-Jin Park¹, Young-Bum Choi, Jung-Rim Ko

¹Hallym Polytechnic University, Agro Foodtech Holdings O'JEJU

We developed a method for improving the antioxidant activities of *Vaccinium ashei* extracts through cyclic low pressure drying (CLPD) and an ultra high-pressure extraction (HPE) process. *Vaccinium ashei* were subjected to water extraction at 60°C and 300 MPa for 5 min (High-Pressure Extraction, HPE5) and 15 min (High-Pressure Extraction, HPE15) after cyclic low pressure drying method. Extraction yields obtained by cyclic low pressure drying and ultra high-pressure extraction process were 18.21, 20.14, and 25.31%, respectively. Total polyphenol contents were increased by combined process. Generally, CLPD and HPE resulted in higher yields than the conventional extraction process. Further, HPE15 showed 64.21% DPPH radical scavenging activity (EDA, %) at 1,000 µg/mL. In general, antioxidant activities of *Vaccinium ashei* increased by CLPD and HPE. Therefore, CLPD and HPE of *Vaccinium ashei* resulted in higher antioxidant activity than conventional water extraction. These results demonstrate obvious advantages in terms of higher efficiency, shorter extraction time, and lower energy costs.

○ 특허출원

가. 순환형 감압건조를 이용한 블루베리 제조방법, 10-2013-0061926(2013. 5. 30)

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2013.05.30
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2013-0061926 (접수번호 1-1-2013-0483292-06)
 출원인명칭 농업회사법인 주식회사 오제주(1-2011-009588-0)
 대리인성명 김현진(9-2008-000522-3)
 발명자성명 최영범 최우식 고정림 박성진
 발명의명칭 순환형 감압건조를 이용한 블루베리 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 * 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신청서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 * 특허포(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 * 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 * 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표 디자인은 6개월 이내
 * 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주정출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자특허출원서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 * 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 통보된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

나. 감압건조 및 초고압 공정을 이용한 감귤의 가공방법, 10-2014-0097171(2014. 7. 30)

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2014.07.30
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2014-0097171 (접수번호 1-1-2014-0722002-13)
출원인명칭 농업회사법의 주식회사 오제주(1-2011-009588-0)
대리인성명 김현진(9-2008-000522-3)
발명자성명 최영범 최우식 고경림 박성진
발명의명칭 감압건조 및 초고압 공정을 이용한 감귤의 가공방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
* 납부자번호 : 0131(기판코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
* 특허포(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보장이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
* 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
* 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
* 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자과고행허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
* 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

제 2 절 성과활용 계획

1. 활용방안

본 연구과제의 수행으로 얻은 연구결과 및 기술은 국내외 전문학술지에 논문으로 게재되었으며, 특히, 연구결과는 향후 신문, 방송 등 다양한 매체를 통하여 홍보할 것이다. 이를 통하여 다양한 농산물의 활용방안을 증대시켜 농가소득을 향상시키고 국민건강증진에 기여할 것이다. 또한 제품개발과 관련된 신기술은 특허출원과 등록을 통하여 가공식품 및 기능성 제품 생산에 적극 활용할 예정이다.

2. 활용계획

- 가. 신기술 특허출원(기존 특허에서 개량화를 통한 특허 출원 진행)
- 나. 지속적인 국내외 전문학회에 연구결과 발표 및 학술논문지 게재
- 다. 전시회, 상담회 및 다양한 매체를 통한 영양바의 홍보 및 소비 촉진 자료로 활용

3. 상품화 추진방안

개발된 기술을 참여기업에서 적정 lay out 및 공정별 최적시스템을 구축한 후 가공제품의 유통업체 견본품 제공과 국내외 전시회 등 다양한 홍보매체를 통하여 건조 및 영양바 제품의 상품화를 추진할 계획이다.

5. 추가연구의 필요성

제품의 유통기한 설정을 위한 안정성 평가가 필요하다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 농산식품의 친환경 가공에 대한 관심이 증가하고 있고 본 연구사업과 밀접한 관계를 가진 바 저탄소 공정개발과 관련된 기술정보를 조사 하였다.
2. 식물자원의 천연물을 이용한 소재개발이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있었다.
3. 천연물 소재가 많은 연구자들에 의해 추진되고 있어 향후 탁월한 천연물 소재 개발이 가시화 될 전망으로 판단된다.

제 7 장 참고문헌

1. A.O.A.C., Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D.C., p 788 (1990a)
2. Kim HK, Kee BY, Shin DB, Kwon JH. Effect of roasting conditions on physicochemical characteristics and volatile flavor components of chicory roots. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1279-1284 (1998)
3. Mill MB, Daron CM, Roe JH. Ascorbic acid, dehydroascorbic acid and diketogluconic acid in fresh and processed foods. Anal. Chem. 29: 707-710 (1949)
4. Yoon HH, Paik YS, Kim JB, Hahn TR. Identification of anthocyanin and physical-mechanic properties of three sweet cherry varieties (*Prunus avium*. L.) in Turkey. JFood Eng. 74: 568-575 (1995)
5. Richmond ML, Brandao SCC, Gray JI, Markakis P, Stine CM. Analysis of simple sugar and sorbitol in fruit by HPLC. J. Agric. Food Chem. 29: 4-7 (1981)
6. Osborne DT, Voogt P. 1981. The analysis of nutrients in foods. In: Food Science and Technology. Stewart GF, Mark EM, Chichester CO, Scott JK, Hawthorn J, Von Sydow E (eds). Academic Press, London, UK. pp. 169-169
7. Jeong CH, Dhoi SG, Heo HJ. Analysis of nutritional compositions and antioxidative activities of Korean commercial blueberry and raspberry. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 1375-1381(2008)
8. Oh HH, Hwang KT, Kim MY, Lee HK, Kim SZ. Chemical characteristics of raspberry and blackberry fruits produced in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 738-743 (2008)
9. Cha HS, Lee MK, Hwang JB, Park MS, Park KM. Physicochemical characteristics of *Rubus coreanus* Miquel. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 1021-1025 (2001)
10. Kim YJ, Lee TG, Choi YW, Kim YC. Effects of drying conditions on the profile of volatile terpenoid and colour of schizandra fruit (*Schizandra Chinensis fructus*). J. Life Sci. 18: 1066- 1071 (2008)
11. Kwon JH, Lee GD, Lee SJ, Chung SK, Choi JU. Changes in chemical components and physical propereties with freeze drying and hot air drying of *Dioscorea batatas*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 908-913 (1998)
12. Kim HR, Seog EJ, Lee JH, Rhim JW. Physicochemical properties of onion powder ad influenced by drying methods. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 342-347 (2007)
13. Lin TM, Durance TD, Scaman CH. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. Food Res. Int. 31: 111-117 (1998)

14. Hong JH, Chung HS, U H, Youn KS. Storage stability of anthocyanin pigment isolated from a wasted grape peels. *Korean J. Food Preserv.* 9: 327-331 (2002)
15. Jeong CH, Dhoi SG, Heo HJ. Analysis of nutritional compositions and antioxidative activities of Korean commercial blueberry and raspberry. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 1375-1381 (2008)
16. Jeong CH, Choi SG, Heo HJ. Analysis of nutritional components and evaluation of functional activities of *Sasa borealis* leaf tea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 586-592 (2008)
17. He X, Kim SS, Park SJ, Seong DH, Yoon WB, Lee HY, Park DS, Ahn JH. Combined effects of probiotic fermentation and high-pressure extraction on the antioxidant, antimicrobial, and antimutagenic activities of Deodeok (*Codonopsis lanceolata*). *J Agric Food Chem* 58: 1719-1725 (2010)
18. Ling J, Han JG, Ha JH, Jeong HS, Kwon MC, Ahn JH, Kim JC, Choi GP, Chung EK and Lee HY. Effect of immune activity on *Berberis koreana* Palibin by ultra high pressure low temperature process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16: 439-445 (2008)
19. Francis AR, Shetty TK, Bhatta Charya RK. Nodulating effect of plant flavonoids on the mutagenicity of N-methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine. *Carcinogenesis* 10: 1953-1955 (1989)
20. Kim YD, Ko WJ, Koh KS, Jeon YJ, Kim SH. Composition of flavonoids and antioxidative activity from juice of jeju native citrus fruits during maturation. *Korean J Nutri.* 42:3 278-290 (2009)
21. Kim SY, Ryu CH. Studies on the nutrition components of purple sweet potato(*Ipomoea batatas*). *Korean j. Food Sci. Technol.* 24:5 819-825 (1995)
22. Song J, Chung MN, Kim JT, Chi HY, Son JR. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Korean J Crop Sci.* 50(S): 141-146 (2005)
23. Bennett PB, Marquis RE, Demchenko I . High pressure biology and medicine. University of Rochester Press, New York, USA. p. 1-428 (1998)
24. Cheigh CI, Jung WG, Chung EY, Ko MJ, Cho SW, Lee JH, Chang PS, Park YS, Paik HD, Kim KT, Chung MS. Comparison on the extraction efficiency and antioxidant activity of flavonoid from Citrus Peel by different extraction methods. *Food Engineering Progress* 14(2): 166-172 (2010)
25. Choi KH, Jeong JS, Moon CH, Kim ML. Effect of carbon source supplement on the gel production from citrus juice by *Gluconacetobacter Hansenii* TL-2C. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33(1): 170-175 (2004)

26. Choi YB. The Manufacturing Method of Dried Kimchi by Using Reduced Pressure Drying. Korea Patent. 1020100077718 (2010)
27. Chung SK, Kim SH, Choi YH, Song EY, Kim SH. Status of citrus fruit production and view of utilization in Cheju. *Food Ind Nutr* 5(2): 42-52 (2000)
28. Eun JB, Jung YM, Woo GJ. Identification and determination of dietary fibers and flavonoids in pulp and peel of Korean tangerine (*Citrus aurantium* var.). *Korean J Food Sci Technol* 28(2): 371-377 (1996)
29. George JP, Datta AK . Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices. *J Food Eng* 52(1): 89-93 (2002)
30. Gutfinger T. Polyphenols in olive oils. *JAACS* 58(11): 966-967 (1981)
31. He XL, Kim SS, Park SJ, Seong DH, Yoon WB, Lee HY, Park DS, Ahn JH. Combined effectes of probiotic fermentation and high-pressure extraction on the antioxidant, antimicrobial, and antimutagenic activities of Deodeok(*Codonopsis lanceolata*). *J Agric Food Chem* 58: 1719-1725 (2010).
32. Hwang OS, Park HJ, Chun HK, Chang CM. A study on the manufacturing of vinegar from fallen apples. *Res Rept RDA* 32: 40-47 (1990)
33. Kang SH, Lee YJ, Lee CH, Kim SJ, Lee DH, Lee YK, Park DB. Physical activities of peel of Jeju-indigenous Citrus sunki Hort. Tanaka. *Korean J Food Sci Technol* 37(6): 983-988 (2005)
34. Kim CH, Kwon MC, Han JG, Na CS, Kwak HG, Choi GP, Park UY, Lee HY. Skin-Whitening and UV protective effects of *Angelica gigas* Nakai extracts on ultra high pressure extraction process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16(4): 255-260 (2008)
35. Kim CH, Kwon MC, Syed AQ, Hwang B, Nam JH, Lee HY. Toxicity reduction and improvement of anticancer activities from *Rhodiola sachalinensis* A. Bor by ultra high pressure extracts process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 15(6): 411-416 (2007)
36. Ling J, Han JG, Ha JH, Jeong HS, Kwon MC, Ahn JH, Kim JC, Choi GP, Chung EK, Lee HY. Effect of immune activity on *Berberis koreana* Palibin by ultra high pressure low temperature process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16(6): 439-445 (2008)
37. Lee HH, Lee SY. Cytotoxic and antioxidant effects of *Taraxacum coreanum* Nakai. and *T. officinale* WEB. extracts. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16(2): 79-85 (2008)
38. Moon YG, Lee KJ, Heo MS. Characteristics of citrus by-product ferment using *Bacillus subtilis* as starter extracts. *Korean J Microbiol Biotechnol* 35(2): 142-149 (2007)

39. Park JH, Lee HS, Mun HC, Kim DH, Seong NS, Jung HG, Bang JK, Lee HY. Effect of ultrasonification process on enhancement of immuno-stimulatory activity of *Ephedra sinica* Stapf and *Rubus coreanus* Miq. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19(2): 113-117 (2004)
40. Park SJ, Choi YB, Ko JR, Kim YE, Lee HY. Enhancement of Antioxidant Activities of Blue berry (*Vaccinium Ashei*) by using High-Prerssure Extraction Process. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43(3): 471-476 (2014)
41. Que F, Mao L, Zhu C, Xie G. Antioxidant properties of Chinese yellow wine, its concentrate and volatiles. *LWT-Food Sci Technol* 39(2): 111-117 (2006)
42. Rhee CO, Shin DH, Yoon IH, Han PJ. Studies on the processing quality of Korean Citrus fruits. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 22(1): 28-32 (1979)
43. Rhyu MR, Kim EY, Bae IY, Park YK. Contents of naringin, hesperidin and neohesperidin in premature Korean citrus fruits. *Korean J Food Sci Technol* 34(1): 132-135 (2002)
44. Youn KS. Utilization of osmotic dehydration as pretreatment prior to drying. *Korean J Postharvest Sci Technol* 5(3): 305-314 (1998)
45. Aramouni FM, Abu-Ghoush MH. Physicochemical and sensory characteristics of no-bake wheat-soy snack bars. *J Sci Food Agric* 91(1): 44-51 (2010)
46. Choi KH, Jeong JS, Moon CH, Kim ML. Effect of carbon source supplement on the gel production from citrus juice by *Gluconacetobacer Hansenii* TL-2C. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33(1): 170-175 (2004)
47. Choi YS, Um YH. The quality characteristics of soybean Dasik added with ramie leaf extract powder (*Boehmerianivea*) Powder. *The Korean J Culinary Res* 19(5): 1-10 (2013)
48. Chung SK, Kim SH, Choi YH, Song EY, Kim SH. Status of citrus fruit production and view of utilization in Cheju. *Food Ind Nutr* 5(2): 42-52 (2000)
49. Jeong HC, Ji JL. Quality characteristics and dough rheological properties of pan bread with waxy aarley powder. *The Korean J Culinary Res* 19(4): 119-135 (2013)
50. John AB. Sensory charateristics and consumer liking for cereal bar snack foods. *J Sens Stud* 15(3): 327-345 (2000)
51. Han SH, Kum JS, Park JD. Development and quality properties of cereal bars. *Korea J Food Preserv* 12(3): 235-240 (2005)
52. Hong II, Choi SK. A study on the development of Burdock Gruel. *The Korean J Culinary Res* 20(1): 18-26 (2014)
53. Kang HJ, Choi HJ, Lim JK. Quality Characteristics of Cookies with Ginseng powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(11): 1595-1599 (2009)

54. McMahon DJ, Adams SL, McManus WR. Hardening of high-protein nutrition bar and sugar/poly-protein phase separation. *J Food Sci* 74(6): 312-321 (2009)
55. Moon YG, Lee KJ, Heo MS. Characteristics of citrus by-product ferment using *Bacillus subtilis* as starter extracts. *Korean J Microbiol Biotechnol* 35(2): 142-149 (2007)
56. Park SJ, Choi YB, Ko JR, Rha YA, Lee HY. Quality characteristics of citrus fruit by cyclic low pressure drying and high hydrostatic pressure extraction. *The Korean J Culinary Res* 20(3): 13-21 (2014)
57. Purlis EJ. Cake baking technology. *Baking science technology*. Sosland Publishing Co., Merriam Kansas, USA Vol II, pp 992 (2010)
58. Ramirez-Jimenez A, Guerra-Hernandez E, Garcia-Villanova B. Browning indicators in bread. *J Agric Food Chem* 48(9): 4176-4181 (2000)
59. Rhyu MR, Kim EY, Bae IY, Park YK. Contents of naringin, hesperidin and neohesperidin in premature Korean citrus fruits. *Korean J Food Sci Technol* 34(1): 132-135 (2002)

주 의

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