

GOVP1200609827

GA 0562-05046

최 종
연구보고서

양배추의 노화억제 성분을 이용한 가공제품 다양화 기술 개발

Development of Processed Foods and Food Materials
from *Brassica oleracea* var. *capita*

연 구 기 관
한 국 식 품 연 구 원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “양배추의 노화억제 성분을 이용한 가공제품 다양화 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005 년 10 월 일

주관연구기관명: 한국식품연구원

총괄연구책임자: 책임연구원 김현구

책임연구원 홍석산

책임연구원 손동화

선임연구원 김혜영

선임연구원 류미라

선임연구원 임성일

위촉연구원 한호석

위촉연구원 임태수

위촉연구원 오현인

위탁연구기관명: 경북대학교

위탁연구책임자: 교수 권중호

연구원 최유경

연구원 노정은

연구원 이정은

요 약 문

I. 제 목

양배추의 노화억제 성분을 이용한 가공제품 다양화 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

십자화과 식물 중 양배추는 가격의 변동이 매우 심하고 과잉생산에 따른 수급 불균형이 발생하기 쉬운 농산물로서 재배농가는 재정적으로 커다란 어려움에 직면하고 있다. 최근 기능성 식품으로 유아식, 체중조절용 저칼로리 식품, 특정 의료목적용 식품, 질병예방용 식품, 스포츠용 식품, 질병 회복용 식품, 암 예방 및 노화방지용 식품 등 다양한 목적으로 design된 식품이 개발되고 있다. 소비자들은 기능성 식품에 대해 식사의 일부로 천연물질에서 유래하는 식품을 섭취함으로써 질병의 예방과 치료, 기타 의학상 건강상에 이익을 가져온다는 개념으로 다류나 음료 등의 형태로 된 기능성 식품을 선호하고 있는 실정이다. 또한 양배추로부터 생리기능성을 탐색하고 생리활성물질을 과학적으로 검증하여 건강식품으로서의 가치를 입증하여, 이를 토대로 다양한 가공식품을 개발함으로써 양배추의 새로운 수요를 창출하는 것이 절실히 요구되는 바이다.

따라서 본 연구는 십자화과 식물 중 양배추를 이용한 기능성 식품의 창출에 앞서 선행되어야 할 것으로 기능성 인자들과 소재들에 대한 탐색, 구조해석, 생리활성 기작의 규명에서부터 기능성 중간 소재화 및 제품화에 이르는 연구개발을 통한 생리활성 성분의 검색 및 유효성분 추출, 생리활성 추출물의 기능성 소재화 및 품질평가를 통하여 양배추를 이용한 가공식품을 개발 하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 양배추의 생리활성 성분의 검색 및 유효성분 추출기술 개발

양배추의 식품소재화 및 고품질의 다양한 제품개발을 위해 생리활성 성분의 검색 및 유효성분의 추출방법을 개발하였다. 또한, 전처리 방법이나 추출조건에 따른 생리활성 성분을 비교분석하였다.

가. 생리활성 검정방법 검토

나. 양배추의 전처리 및 품종별 성분조사

다. 전처리별 생리활성의 변화 검토

라. 추출방법에 따른 양배추의 유효성분 추출효과 분석 비교

2. 양배추의 최적추출조건 설정 및 추출공정별 추출물의 특성 비교

양배추의 식품소재화 및 고품질의 다양한 제품 개발을 위해 추출 용매, 온도, 시간에 따른 특성을 비교하여 최적 추출조건을 설정하였다.

가. 양배추의 최적 추출조건 설정 시험

나. 양배추의 추출공정 최적화 시험

다. 추출방법별 추출효율 및 생리활성측정에 따른 추출효과 분석

라. 추출물의 용매제거 제품평가 시험

마. 양배추의 폐기물 처리대책 강구

3. 양배추 추출물의 기능성 소재화 및 가공식품의 개발

양배추의 기능성 소재화 및 고품질의 다양한 제품 개발을 위해 양배추와 어울리는 소재를 선정하고 적절한 농도를 결정하여 음료와 차를 개발하였다.

- 가. 생리활성 추출물의 기능성 소재화 시험
- 나. 생리활성 추출물의 시제품 제조 시험
- 다. 기능성소재의 식품에의 응용 실증 시험
 - 1) 양배추 소재의 음료 개발
 - 2) 양배추 소재의 차류 개발
 - 3) 가공식품의 기호도와 효능검증

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 양배추의 생리활성 성분의 검색 및 유효성분 추출기술 개발

- 1) 시판 양배추 중 동복(Bonus), 썸머파워(Summer power), 홍월적(Ruby star) 등의 세 가지 품종에 대해 물, 50 및 100% ethanol 용매로 추출하여 생리활성을 검정하였다. 수율은 모든 품종의 물 추출물이 55.78~59.88%로 가장 높게 나타났으며, ethanol의 농도가 증가할수록 뚜렷이 감소하였다. Total polyphenol 함량은 Ruby star 품종의 물 추출물과 50% EtOH 추출물이 313.08~424.50 mg%로 가장 높게 함유되어 있었으며, Bonus 및 Summer power 품종의 경우 서로 유사한 함량을 나타내었다. 전자공여작용은 Ruby star 품종이 90% 내외로 가장 우수하였으며, SOD 유사활성에서는 Bonus

및 Summer power 품종의 물 추출물은 활성이 나타나지 않은 반면에 나머지 추출구에서는 41.62~67.44%의 범위를 나타내었다. 또한 tyrosinase 저해 작용은 모든 품종의 50% EtOH 추출물에서 가장 높게 나타났으며, 이들은 0.1% L-ascorbic acid 용액보다 우수하였다. pH 1.2에서의 아질산염 소거 작용의 경우, 모든 품종의 추출물에서 80% 이상 소거율을 보였고, 1% L-ascorbic acid 용액의 활성보다도 우수하였다.

나. 양배추의 최적추출조건 설정 및 추출공정별 추출물의 특성 비교

- 1) Bonus, Summer power, Ruby star의 최적 추출조건을 설정하기 위하여 조건별 추출물의 수율, 전자공여능, SOD 유사활성에 대한 4차원 반응표면을 superimposing하여 예측한 결과를 살펴보면, Bonus의 경우 시료에 대한 용매비 20~30 mL/g, ethanol 농도 35~65%, 추출온도 50~80℃로 나타났으며, Summer power의 경우 시료에 대한 용매비 15~30 mL/g, ethanol 농도 40~80%, 추출온도 50~90℃로 나타났고, Ruby star의 경우 시료에 대한 용매비 20~30 mL/g, ethanol 농도 25~85%, 추출온도 40~90℃로 나타났다.
- 2) 양배추의 추출공정 최적화 시험에서 Bonus에 대한 임의의 조건으로 시료에 대한 용매비 25 mL/g, 에탄올 농도 50% 및 추출온도 70℃를 설정한 후 동복에 대한 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측된 최적값은 수율 42.46%, 폴리페놀 함량 0.42%, 전자공여능 47.14%, tyrosinase 저해작용 54.05%, pH 1.0, 3.0, 4.2에 있어서의 아질산염 소거능은 각각 66.88, 60.21, 11.71% 및 SOD 유사활성은 19.72%로 나타났고, Summer power에 대한 임의의 조건으로 시료에 대한 용매비 20 mL/g, 에탄올 농도 50% 및 추출온도 70℃를 설정한 후 썬머파워에 대한 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측된 최적값은

수율 37.51%, 폴리페놀 함량 0.17%, 전자공여능 45.66%, tyrosinase 저해작용 53.59%, pH 1.0, 3.0, 4.2에 있어서의 아질산염 소거능은 각각 73.30, 65.06, 16.41% 및 SOD 유사활성은 31.01%로 나타났으며, Ruby star에 대한 임의의 조건으로 시료에 대한 용매비 25 mL/g, 에탄올 농도 50% 및 추출온도 70°C를 설정한 후 홍월적에 대한 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측된 최적값은 수율 42.67%, 폴리페놀 함량 0.79%, 전자공여능 82.98%, tyrosinase 저해작용 63.15%, pH 1.0, 3.0, 4.2에 있어서의 아질산염 소거능은 각각 97.03, 82.78, 45.17% 및 SOD 유사활성은 37.85%로 나타났다.

다. 양배추 추출물의 기능성 소재화 및 가공식품의 개발

- 1) 양배추 음료의 최종 배합비를 살펴보면, Bonus의 경우 동복 추출액 0.5%, 구기자 추출액 0.8%, 건강 추출액 0.08%, 인삼 추출액 0.18%, 물 88.44%, 설탕 및 구연산이 각각 10.0, 0.23%로 제조되었고, Summer power의 경우 썬머 파워 추출액 0.6%, 두충 추출액 0.12%, 하수오 추출액 0.3%, 대추 추출액 0.8%, 물 89.18%, 설탕 및 구연산이 각각 9.0, 0.15%로 제조되었으며, Ruby star의 경우 홍월적 추출액 0.6%, 건마늘 추출액 0.6%, 갈근 추출액 0.3%, 오미자 추출액 0.3%, 물 89.87%, 설탕 및 구연산이 각각 10.0, 0.08%의 첨가비로 제조되었다.
- 2) 농축된 양배추 추출물은 glucose 등과 함께 혼합하여 15~20 mesh 정도의 크기로 과립화하였고, 50~55°C에서 수분함량 8% 내외가 되도록 건조하여 Bonus, Summer power 및 Ruby star 과립차를 제조하였다.

2. 활용에 대한 건의

양배추의 생리활성 성분의 검색 및 대량 추출 기술을 개발하였고, 조리 방법이나 추출방법에 따른 생리활성 성분을 비교분석하였다. 양배추의 생리활성 성분을 추출용매, 온도, 시간에 따라 비교하여 추출공정별 추출특성 및 최적 추출조건 설정하였다. 또한, 양배추의 다양한 제품 개발을 위해 양배추와 어울리는 소재를 선정하고, 선정한 소재의 적절한 농도를 결정하여 다양한 종류의 음료와 차를 개발함으로써 기능성 소재화 및 실용화 기술을 확립하였다.

따라서 양배추 자원의 고도 활용에 필요한 첨단 추출기술이 종합적이고 체계적으로 확립됨과 동시에 농산 기술행정의 기반구축과 관련업계의 기술경쟁력 제고에 기여하고, 농협 및 유용 식품자원을 가공하는 식품산업체에 기술을 이전함과 동시에 본 연구결과를 즉시 산업화에 활용할 수 있는 구체적인 기술적, 경제적 자료를 농민들이 쉽게 이용할 수 있도록 시스템을 마련하여 양배추 자원을 이용한 기능성 가공식품의 수출상품화 및 내수판매 증대를 통한 고소득 농업과 국민 건강증진에 기여하도록 할 것이다.

SUMMARY

I . Title

Development of Processed Foods and Food Materials from *Brassica oleracea* var. Capita

II. Objectives and Importance of the Project

Cultivation of cabbage has continuously increased due to its delicious, nutritious, and health-stimulating properties. The processing of edible cabbage, however, has many difficulties since the vegetable generally contains 85 ~ 95% water. Therefore, consumption of cabbage is more efficient when developed as convenience food. The objective of this study was to develop the food materials and processing technology for *Brassica oleracea*.

III. Results of the Project

Section 1. Development of Processed Foods and Food Materials from Brassica oleracea var. capita

Vegetable such as broccoli, kale and cabbage contain phytochemicals as well as vitamins and minerals. Phytochemicals in cabbage include caffeic acid, chlorogenic acid and ferulic acid, coumaric acid which are reported as antioxidants.

The objective of this study was to characterize physiological activities such as electron donating ability, SOD-like activity, nitrite scavenging activity and the tyrosinase inhibitory activity of *Brassica oleracea* var. *capita* extracts. Three varieties of *Brassica oleracea* var. *capita* (Bonus, Summer power and Ruby star) were cleaned, air-dried at 45°C, ground and extracted using water and ethanol (50 and 100%) for one hours.

Physiological activities of Bonus, Summer power and Ruby star species of *Brassica oleracea* var. *capita* were examined. Yield, total polyphenol contents, electron donating ability(EDA), SOD-like activity, tyrosinase inhibitory activity and nitrite scavenging activity were examined for extracts *Brassica oleracea* var. *capita* extracted with water, 50% and 100% ethanol. Yields of all samples were increased in the order of water>50% ethyl alcohol>100% ethyl alcohol. Total polyphenolic contents were highest level in the water extracts of Ruby star species(424.50±10 mg%), and those of Bonus and Summer power species extracts were similar. Also, electron donating abilities of Ruby star extracts were highest(86.70~99.54%), but those of Summer power extracts were less than 1% L-ascorbate solution. SOD-like activities were not detected for water extracts of Bonus and Summer power species, but that of Ruby star species showed 10.44%. And those of 50% and 100% ethyl alcohol extracts for all samples were 41.62~61.69%, these values less than 1% and 0.1% L-ascorbate solution.. Tyrosinase inhibitory activities of all samples were highest in the 50% ethyl alcohol extracts, and those of samples were similar or better than 0.1% L-ascorbate solution. Nitrite scavenging activities at pH 1.2 were the most effective in water and 50% ethyl alcohol extracts of all samples.

Section 2. Optimization Modelling of Extraction and Processing Conditions for Effective Components of Brassica oleracea L.

The objective of this study was to establish fundamental technologies and techniques for *Brassica oleracea* L. as functional processing materials by screening and extracting its effective components. According to the superior extraction efficiency of microwave-assisted extraction (MAE) to conventional reflux method, optimal conditions of MAE were predicted for total yield, total phenolics, electron donating ability(EDA), and physiologically-active sulforaphane and allyl isothiocyanate contents. Besides, each regression model was validated by comparing between the predicted and experimental values for the corresponding extracts.

Based on the fundamental conditions of 20 mesh in particle size and 1:10 (g/mL) (raw) / 1:50 (g/mL) (flake) in the sample to solvent ratio, the MAE characteristics of effective components from *Brassica oleracea* L. were monitored under the independent variables of microwave power (0~160 W, X_1), ethanol concentration (0~100%, X_2) and extraction time (1~5 min, X_3). The results showed that the extract yield in raw samples increased at the conditions of 130 W microwave power, less than 40% of ethanol concentration, and more than 4 min of extraction time, which was similar to the flake samples. Total phenolics contents in extracts increased at higher than 50% solvent concentration under 70 to 90 W of microwave power and about 4 min of extraction time.

The sulforaphanes in extracts from raw samples showed an increased contents under the conditions of higher than 60% of ethanol concentration, higher power, and shorter extraction time. Whereas, around 30 W of power and 10% of solvent concentration were optimal for the flake samples. The allyl isothiocyanates were effectively extracted for around 3 min of MAP under less than 60% ethanol and 120 W power for raw samples and 10% ethanol and lower than 40 W for flake samples,

respectively.

The optimal extraction conditions of MAP for both total yield and sulforaphane contents were predicted as 50% of ethanol, 100 W powder, and 3.5 min for raw samples, while 20% ethanol, 30 W, and 4.7 min for flake samples. These predicted optimal values were in good agreement with the experimental values.

The storage stability of optimized extracts were evaluated for 8 weeks' of storage at 20°C and 40°C following heat treatments at 90°C for 15 min. The flake extracts were more stable than the extracts from raw cabbage in terms of effective components. However, sulforaphane and ally isothiocyanate contents were gradually reduced with the lapse of storage time, which supports the necessity of a means of protecting them from decreases in final products.

The cabbage beverage and soup were prepared with the optimized extracts by adding minor ingredients through sensory evaluations based on response surface methodology. The regression equation models of each dependent variable for *Brossica oleacea* L. were successively applied to broccoli and red cabbage for their processing of the above recipes, which were verified by obtaining the reasonable sensory scores.

Microwave-assisted extraction (MAE) is shown more environmental-friendly and economical process with advantages of selective heating and subsequent extraction for certain phytochemicals from natural materials. In view of these findings, the MAP extraction can be practically applied to the flake cabbage and its family in order to extract effective components for the purpose of value-added processing.

CONTENTS

I . Outlines of the Project	33
1. Objectives of the Project	33
2. Necessities of the Project	34
3. Scopes of the Project	36
II. R&D Status in Domestic and Overseas	37
1. Status and Problems in Related Technology	37
2. Levels of the Results and Prospects	38
III. Contents of the Project and Results	39
<i>Section 1. Development of Processed Foods from cabbage</i>	39
1. Introduction	39
2. Materials and methods	40
a. Materials	40
b. Experimental methods	42
1) Extraction techniques of functional active component from cabbage	42
a) Extraction yield	42
(1) Determination of yield	42
b) Determination of activities	43
(1) Electron donating abilities	43
(2) SOD-like activity	43

(3) Tyrosinase inhibitory effect	44
(4) Total polyphenol content	44
(5) ACE inhibitory effect	45
(6) Nitrite scavenging activity	46
2) Characterization of extract and optimum extraction condition by extraction process	46
a) Preliminary experiment of extraction condition	46
b) Central composite design for optimization of extraction condition	47
c) Prediction and substantiation of optimum extraction condition	50
d) Determination of yield and activities	50
e) Data analysis	50
3) Development of functional materials and processed foodstuffs	50
a) Properties of cabbage extract	50
(1) Color	50
(2) Turbidity	51
(3) Soluble solid content	51
(4) Free sugar content	51
b) Absorption of water by washing	52
c) Soluble solid contents according to change of added water amount	52
d) Development of drink using cabbage	53
e) Development of granule tea using cabbage	53
3. Results and discussion	53
a. Extraction technique of functional active compound from cabbage	53
1) Functional activities according to extraction condition of cabbage	53
a) Extraction yield	53
(1) Yield(%)	53

b) Determination of activities	55
(1) Electron donating abilities	55
(2) SOD-like activity	58
(3) Tyrosinase inhibitory effect	61
(4) Total polyphenol content	63
(5) ACE inhibitory effect	65
(6) Nitrite scavenging activity	67
2) Functional activities according to extraction condition of cabbage	69
(1) Yield(%)	69
a. Treatment of 25 mL/g extract	70
b. Treatment of 50 mL/g extract	71
c. Treatment of 100 mL/g extract	72
(2) Electron donating abilities	73
a. Treatment of 25 mL/g extract	73
b. Treatment of 50 mL/g extract	76
c. Treatment of 100 mL/g extract	78
(3) SOD-like activity	81
a. Treatment of 25 mL/g extract	81
b. Treatment of 50 mL/g extract	84
c. Treatment of 100 mL/g extract	86
(4) Tyrosinase inhibitory effect	89
a. Treatment of 25 mL/g extract	89
b. Treatment of 50 mL/g extract	91
c. Treatment of 100 mL/g extract	94
(5) Total polyphenol content	96
a. Treatment of 25 mL/g extract	96

b. Treatment of 50 mL/g extract	98
c. Treatment of 100 mL/g extract	99
(6) ACE inhibitory effect	100
a. Treatment of 25 mL/g extract	100
b. Treatment of 50 mL/g extract	101
c. Treatment of 100 mL/g extract	103
(7) Nitrite scavenging activity	105
b. Characterization and optimum extraction condition of cabbage extract	
according to extraction process	110
1) Optimum extraction condition of cabbage	110
a) Optimum extraction condition of cabbage	111
(1) Bonus	111
(2) Summer power	123
(3) Ruby star	135
b) Optimum extraction condition of cabbage	149
2) Functional activities according to extraction process of cabbage	155
a) Functional activities according to extraction process of cabbage	155
(1) Yield	155
(2) Total polyphenol content	156
(3) Electron donating abilities	158
(4) SOD-like activity	160
(5) Tyrosinase inhibitory effect	160
(6) Nitrite scavenging activity	161
b) Estimation of eliminated solvent from extract	163
(1) Estimation of eliminated solvent from extract of Bonus	163
(2) Estimation of eliminated solvent from extract of Summer power	163

(3) Estimation of eliminated solvent from extract of Ruby star	164
c) Treatment method of cabbage waste	164
(1) Manufacture compost using waste	166
(2) Manufacture feed using waste	168
(a) Method of dried feed	168
-. Drying using hot air	169
-. Drying using vacuum	169
-. Drying using infrared ray	170
(b) Method of fermented feed	170
-. Dry fermentation	170
-. Wet fermentation	171
c. Development of functional materials and processed foodstuffs	
from cabbage	173
1) Estimation and functional materials according to extraction	173
a) Properties of cabbage extract to varieties	173
(1) Properties of Bonus extract	173
(a) Color	173
(b) Turbidity	174
(c) Soluble solid content	175
(d) Free sugar content	176
(2) Properties of Summer power extract	177
(a) Color	177
(b) Turbidity	178
(c) Soluble solid content	179
(d) Free sugar content	179
(3) Properties of Buby star extract	180

(a) Color	180
(b) Turbidity	181
(c) Soluble solid content	182
(d) Free sugar content	183
b) Extraction condition according to varieties	184
(1) Extraction condition of Bonus	184
(a) Moisture content of Bonus	184
(b) Yield and sugar content according to amount water	184
(2) Extraction condition of Summer power	186
(a) Moisture content of Summer power	186
(b) Yield and sugar content according to amount water	186
(3) Extraction condition of Ruby star	188
(a) Moisture content of Ruby star	188
(b) Yield and sugar content according to amount water	189
2) Development of drink and tea using cabbage	190
a) Determination of optimum concentration on Bonus and additional materials	190
(1) Determination of optimum concentration on Bonus	190
(2) Choice of additional materials and determination of combination ratio	192
(a) Optimum concentration of <i>Lycium chinense</i> extract	192
(b) Optimum concentration of dried ginger extract	193
(c) Optimum concentration of ginseng extract	194
(d) Optimum concentration of sugar	196
(e) Citric acid according to modulation pH	197
(f) Final ratio	198

b) Determination of optimum concentration on Summer power and additional materials	199
(1) Determination of optimum concentration on Summer power	199
(2) Choice of additional materials and determination of combination ratio	201
(a) Optimum concentration of <i>Eucommia ulmoides</i> extract	201
(b) Optimum concentration of <i>Polygoni multiflori</i> extract	202
(c) Optimum concentration of jujube extract	203
(d) Optimum concentration of sugar	205
(e) Citric acid according to modulation pH	206
(f) Final ratio	208
c) Determination of optimum concentration on Ruby star and additional materials	209
(1) Determination of optimum concentration on Ruby star	209
(2) Choice of additional materials and determination of combination ratio	210
(a) Optimum concentration of dried garlic extract	210
(b) Optimum concentration of <i>Puerariae radix</i> extract	211
(c) Optimum concentration of <i>Schizandra chinensis</i> extract	212
(d) Optimum concentration of sugar	214
(e) Final ratio	215
d) Manufacturing process of drink	216
e) Preparation of granule tea using cabbage	218
(1) Extraction and concentration of cabbage	218
(2) Combination of additional materials	218
(3) Granule tea and drying	220
(4) Manufacturing process of granule tea	220

4. Conclusions	222
----------------------	-----

**Section 2. Optimization Modelling of Extraction and Processing Conditions
for Effective Components of *Brassica oleracea* L. 225**

I. Introduction	225
-----------------------	-----

II. Materials and methods	228
---------------------------------	-----

1. Experimental materials	228
---------------------------------	-----

2. Extraction apparatus and methods	228
---	-----

3. Experiment for preliminary establishment of extraction conditions	230
--	-----

1) Microwave heating properties of extraction solvents	230
--	-----

2) Preliminary establishment of microwave-assisted extraction (M228AE) conditions	230
--	-----

4. Experimental design and regression analysis for optimal extraction condition	231
--	-----

5. Quality analysis of extracts	234
---------------------------------------	-----

1) Measurement of total extract yield	234
---	-----

2) Measurement of total phenolic contents	234
---	-----

3) Measurement of electron donating ability	234
---	-----

4) Measurement of sulforaphane and allyl isothiocyanate contents	234
--	-----

6. Prediction of optimal extraction condition and verification	236
--	-----

7. Storage stability test of extracts	236
---	-----

8. Optimization of processing conditions of extract materials and application	236
--	-----

1) Preparation of cabbage beverage and soup	236
---	-----

2) Applications to <i>Brassica</i> vegetables	237
---	-----

3) Sensory evaluation	237
9. Statistical analysis	237
III. Results and discussion	237
1. Comparison of extraction efficiency between existing and MAE methods	237
2. Microwave heating properties of extraction solvents	241
3. Preliminary establishment of extraction parameters	246
1) Effect of particle size	246
2) Effect of solvent ratio	246
3) Effect of microwave power	248
4) Extraction efficiency by different solvents	249
5) Effect of extraction time	252
4. Establishment of analysis conditions for effective components by GC/MS	256
1) Quantitative analysis of sulforaphane	256
2) Quantitative analysis of ally isothiocyanate	256
5. Monitoring of quality properties of extracts by RSM	260
1) Changes in total yield	270
2) Changes in total phenolics contents	272
3) Changes in electron donating ability	274
4) hanges in sulforaphane	276
5) Changes in ally isothiocyanate	278
6. Optimization and verification of optimal extraction condition	280
7. Storage stability of extracts	284
8. Evaluation of processing properties of cabbage extract materials	290
1) Development of cabbage beverage	290

a. Establishment of preparing conditions	290
b. Establishment of optimal mix conditions	294
2) Development of cabbage soup	303
a. Establishment of preparing conditions	303
b. Establishment of optimal mix conditions	303
9. Application of predicted conditions to <i>Brassica</i> vegetables	313
IV. Goal Accomplishment and Subsequent Contributions	316
V. Application Plan of the Results	318
VI. Overseas Information on Science and Technology during	
the Project Years	320
VII. References	321

목 차

제 1 장 연구개발 과제의 개요	33
제 1 절 연구 개발의 목적	33
제 2 절 연구 개발의 필요성	34
제 3 절 연구 개발의 범위	36
제 2 장 국내외 기술개발 현황	37
제 1 절 국내외 관련 기술의 현황과 문제점	37
제 2 절 앞으로의 전망	38
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	39
제 1 세부 양배추의 노화억제 성분을 이용한 가공제품 다양화 기술 개발	39
제 1 절 서 론	39
제 2 절 재료 및 방법	40
1. 실험 재료	40
2. 실험 방법	42
가. 양배추의 생리활성 성분의 검색 및 유효성분 대량 추출기술 개발	42
1) 추출효율	42
가) 추출효율(수율) 측정	42
2) 생리활성 측정에 따른 추출효과 분석	43
가) 전자공여작용의 측정	43
나) Superoxide dismutase(SOD) 유사활성	43

다) Tyrosinase 저해 효과 측정	44
라) 총 폴리페놀의 함량 측정	44
마) ACE inhibition effects	45
바) 아질산염 소거작용의 측정	46
나. 추출공정별 양배추의 특성 및 최적 추출조건 설정	46
1) 추출조건의 예비설정	46
2) 추출조건 최적화를 위한 중심합성 실험계획	47
3) 최적 추출조건의 예측 및 실증시험	50
4) 수율 및 생리활성 성분 측정	50
5) 통계처리	50
다. 생리활성 추출물의 기능성 소재화 및 가공식품 개발	50
1) 양배추 추출물의 특성 조사	50
가) 색 도	50
나) 탁 도	51
다) 당 도	51
라) 유리당	51
2) 수세 시 양배추의 수분 흡수량	52
3) 가수량별 당도 변화	52
4) 양배추 음료의 개발	53
5) 양배추를 이용한 과립차의 개발	53
제 3 절 결과 및 고찰	53
1. 양배추의 생리활성 성분의 검색 및 유효성분 대량 추출기술 개발	53
가. 양배추의 생리활성 성분의 검색	53
1) 추출효율	53
가) Yield(%)	53
2) 생리활성성분의 검색	55

가) Electron donating ability(EDA, %)	55
나) SOD(Superoxide dismutase)-like activity	58
다) Tyrosinase inhibitory effects(%)	61
라) Angiotensin I -converting enzyme inhibition activity	63
마) Total polyphenol contents	65
바) Nitrite scavenging ability	67
나. 양배추의 전처리 및 추출방법에 따른 유효성분 대량 추출 기술 개발	69
1) Yield(%)	69
가) 25 mL/g 추출 처리구	70
나) 50 mL/g 추출 처리구	71
다) 100 mL/g 추출 처리구	72
2) Electron donating ability(EDA, %)	73
가) 25 mL/g 추출 처리구	73
나) 50 mL/g 추출 처리구	76
다) 100 mL/g 추출 처리구	78
3) SOD(Superoxide dismutase)-like activity	81
가) 25 mL/g 추출 처리구	81
나) 50 mL/g 추출 처리구	84
다) 100 mL/g 추출 처리구	86
4) Tyrosinase inhibitory effects(%)	89
가) 25 mL/g 추출 처리구	89
나) 50 mL/g 추출 처리구	91
다) 100 mL/g 추출 처리구	94
5) Angiotensin I -converting enzyme inhibition activity	96
가) 25 mL/g 추출 처리구	96
나) 50 mL/g 추출 처리구	98

다) 100 mL/g 추출 처리구	99
6) Total polyphenol contents	100
가) 25 mL/g 추출 처리구	100
나) 50 mL/g 추출 처리구	101
다) 100 mL/g 추출 처리구	103
7) Nitrite scavenging ability	105
2. 양배추의 최적 추출조건 설정 및 추출공정별 양배추	
추출물의 특성 비교	110
가. 양배추의 최적 추출조건 설정	110
1) 양배추의 최적 추출조건 설정 시험	111
가) 동복(Bonus)	111
나) 썸머파워(Summer power)	123
다) 홍월적(Ruby star)	135
2) 양배추의 추출공정 최적화 시험	149
나. 추출공정별(용매, 추출온도, 시간) 양배추 추출물의 특성 비교	155
1) 추출방법별 추출효율 및 생리활성 측정에 따른 추출효과 분석	155
가) 수 율	155
나) 총 폴리페놀 함량	156
다) 전자공여작용	158
라) Superoxide dismutase(SOD) 유사활성	160
마) Tyrosinase 저해작용	160
바) 아질산염 소거작용	161
2) 양배추 추출물의 용매제거 제품평가 시험	163
가) 동복(Bonus) 추출물의 용매제거 제품평가	163
나) 썸머파워(Summer power) 추출물의 용매제거 제품평가	163
다) 홍월적(Ruby star) 추출물의 용매제거 제품평가	164

3) 양배추의 폐기물 처리대책 강구	164
가) 양배추 폐기물을 이용한 퇴비 제조	166
나) 양배추 폐기물을 이용한 사료 제조	168
(1) 건조사료화 방법	168
(가) 열풍건조 사료화 방법	169
(나) 진공건조 사료화 방법	169
(다) 원적외선 건조 사료화 방법	170
(2) 발효사료화 방법	170
(가) 발효건조 사료화 방법	170
(나) 습식발효 사료화 방법	171
3. 추출물의 기능성 소재화 및 양배추를 이용한 가공식품의 개발	173
가. 생리활성 추출물의 기능성 소재화 및 품질평가	173
1) 품종별 양배추 추출물의 특성 조사	173
가) 동복(Bonus) 추출물의 특성 조사	173
(1) 색 도	173
(2) 탁 도	174
(3) 당 도	175
(4) 유리당	176
나) 썸머파워(Summer power) 추출물의 특성 조사	177
(1) 색 도	177
(2) 탁 도	178
(3) 당 도	179
(4) 유리당	179
다) 홍월적(Ruby star) 추출물의 특성 조사	180
(1) 색 도	180
(2) 탁 도	181

(3) 당도	182
(4) 유리당	183
2) 품종별 양배추 추출물의 추출조건 설정	184
가) 동복(Bonus)의 추출조건 설정	184
(1) 수세 시 동복의 수분함량	184
(2) 가수량별 당도 변화 및 수율조사	184
나) 썸머파워(Summer power)의 추출조건 설정	186
(1) 수세 시 썸머파워의 수분함량	186
(2) 가수량별 당도 변화 및 수율조사	186
다) 홍월적(Ruby star)의 추출조건 설정	188
(1) 수세 시 홍월적의 수분함량	188
(2) 가수량별 당도 변화 및 수율조사	189
나. 양배추를 이용한 가공식품(음료, 차류)의 개발	190
1) 동복(Bonus) 추출물 및 부재료의 적정 음용농도 결정	190
가) 동복의 적정 음용농도 결정	190
나) 부재료 선정 및 적정 음용농도 결정	192
(1) 구기자 추출액의 적정 음용농도 결정	192
(2) 건강 추출액의 적정 음용농도 결정	193
(3) 인삼 추출액의 적정 음용농도 결정	194
(4) 적정 당 농도의 결정	196
(5) pH조절을 위한 구연산 첨가량 결정	197
(6) 최종 배합비	198
2) 썸머파워(Summer power) 추출물 및 부재료의 적정 음용농도 결정	199
가) 썸머파워의 적정 음용농도 결정	199
나) 부재료 선정 및 적정 음용농도 결정	201
(1) 두충 추출액의 적정 음용농도 결정	201

(2) 하수오 추출액의 적정 음용농도 결정	202
(3) 대추 추출액의 적정 음용농도 결정	203
(4) 적정 당 농도 결정	205
(5) 양배추 음료의 pH조절을 위한 구연산 첨가량 결정	206
(6) 양배추 음료의 최종 배합비	208
3) 홍월적(Ruby star) 추출물 및 부재료의 적정 음용농도 결정	209
가) 홍월적의 적정 음용농도 결정	209
나) 부재료 선정 및 적정 음용농도 결정	210
(1) 건마늘 추출액의 적정 음용농도 결정	210
(2) 갈근 추출액의 적정 음용농도 결정	211
(3) 오미자 추출액의 적정 음용농도 결정	212
(4) 적정 당 농도의 결정	214
(5) 양배추 음료의 최종 배합비	215
4) 양배추 음료의 제조 공정	216
5) 양배추를 이용한 과립차의 제조	218
가) 양배추의 추출 및 농도	218
나) 부형제의 배합	218
다) 과립화 및 건조	220
라) 과립차의 제조 공정	220
제 4 절 결 론	222
위탁연구 과제 양배추 유용성분 추출 및 가공조건 최적화 모델링	225
제 1 절 서 론	225
제 2 절 재료 및 방법	228
1. 실험재료	228

2. 추출장치 및 추출방법	228
3. 추출조건의 예비설정	230
가. 추출용매의 가열특성 시험	230
나. 추출조건의 예비설정 시험	230
4. 추출조건 최적화를 위한 실험계획 및 회귀분석	231
5. 추출물의 품질 분석	234
가. 총 추출수율	234
나. 총 페놀 함량 측정	234
다. 전자공여능 측정	234
라. 활성성분 sulforaphane과 ally isothiocyanate의 정량	234
6. 최적 추출조건의 예측 및 실증시험	236
7. 추출물의 저장안정성 시험	236
8. 양배추 소재의 가공조건 최적화 및 적용시험	236
가. 양배추 음료 및 수프 제조	236
나. 십자화과 채소류에 대한 적용시험	237
다. 관능평가	237
9. 결과분석	237
제 3 절 결과 및 고찰	237
1. 유용성분의 현행추출과 마이크로웨이브 추출의 효율비교	237
2. 추출용매의 마이크로파 가열특성	241
3. 추출공정 인자 별 예비조건 설정	246
가. 원료 입자크기의 영향	246
나. 용매비의 영향	246
다. 마이크로웨이브 에너지 용량의 영향	248
라. 추출용매 선정을 위한 용매별 추출효율 확인	249
마. 추출시간의 영향	252

4. 양배추 활성성분의 GC/MS 분석조건 확립	256
가. Sulforaphane의 정량	256
나. Allyl isothiocyanate의 정량	256
5. 반응표면분석에 의한 추출물의 품질특성 모니터링	260
가. 양배추 추출물의 총 수율 변화	270
나. 총 페놀 함량의 변화	272
다. 전자공여능 변화	274
라. Sulforaphane의 함량변화	276
마. Ally isothiocyanate의 함량변화	278
6. 양배추 유용성분의 추출조건 최적화 및 실증	280
7. 추출물의 저장안정성	284
8. 양배추 추출물 소재를 이용한 가공적성 평가	290
가. 양배추 음료 제조	290
1) 양배추 음료 제조조건 설정	290
2) 양배추 음료의 최적 배합조건 설정	294
나. 양배추 수프 제조	303
1) 양배추 수프 제조조건 설정	303
2) 양배추 수프 제조를 위한 최적 배합조건 설정	303
9. 십자화과 채소류의 가공조건 예측모델 적용	313
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	316
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	318
제 6 장 연구개발 과정에서 수집한 해외과학 기술정보	320
제 7 장 참고문헌	321

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구 개발의 목적

인간은 호흡할 때 1일 2,500 L 이상의 공기를 체내에 흡수하는데 흡입된 산소 가운데 2~3%가 활성산소로 변한다. 우리 신체가 젊고 건강할 때에 free radical은 무독화 되어 원래의 산소와 물로 되돌아가지만, 신체의 어느 부분에 활성산소가 이상적으로 생길 때 문제가 된다. 과잉으로 생성된 free radical은 통제가 되지 않으면 우리 신체의 생체성분 즉 지질이나 단백질, 핵산, 효소, 유전자 등에 손상을 주어 당뇨병, 동맥경화 등의 노화나 암 유발의 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 때문에 활성상태인 산소에 의해 일어나는 산화적 stress의 消去가 암의 예방, 당뇨병, 동맥경화 등의 억제에 매우 중요한 것으로 알려져 있어 활성산소의 억제나 제거에 대한 관심도 증가하고 있다. 따라서 토착 농산물 중 항산화력이 우수한 농산물을 선별하여 이를 이용한 건강식품의 개발은 시급한 과제로 다가서고 있다. 십자화과 식물 중 양배추는 가격의 변동이 매우 심하고 과잉 생산에 따른 수급 불균형이 발생하기 쉬운 농산물로서 재배농가는 재정적으로 커다란 어려움에 직면하고 있다. 이를 극복하기 위해서는 양배추로부터 생리기능성활성을 탐색하고 생리활성물질을 과학적으로 검증하여 건강식품으로서의 가치를 입증하여 이를 토대로 다양한 가공식품을 개발함으로써 양배추의 새로운 수요를 창출하는 것이 절실히 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 십자화과 식물 중 양배추를 이용한 기능성 식품의 창출에 앞서 선행되어야 할 것으로 기능성 인자들과 소재들에 대한 탐색, 구조해석, 생리활성 기작의 규명에서부터 기능성 중간 소재화 및 제품화에 이르는 연구개발을 통한 가공제품 다양화 기술을 개발하고자 한다.

제 2 절 연구 개발의 필요성

본래 사람은 활성산소를 소거하는 효소계를 가지고 있어 자기방어가 가능하지만, 노화나 그 밖의 다른 요인에 의해 자기방어기구의 부족현상이 일어나기 때문에 항산화 활성을 가진 식품 등을 섭취하는 것이 필연적이라고 할 수 있다. 종래의 산화방지는 유지식품이나 식용유의 산화에 대한 이미지가 강하지만, 현재는 활성상태인 산소에 의해 일어나는 산화적 stress의 消去가 암의 예방, 당뇨병, 동맥경화 등의 억제에 매우 중요한 것으로 알려져 있어 활성산소의 억제나 제거에 대한 가능성에 대해서도 관심이 증가하고 있다. 따라서 풍부한 토착 농산물 중 항산화력이 우수한 농산물을 선별하여 이를 이용한 건강식품의 개발은 시급한 과제로 다가서고 있다.

해방 이후 국내 식생활은 기아와 영양부족이 주 관심 대상이던 건강관리의 문제가 최근에는 과잉섭취로 인한 성인병 유발에 따른 문제로 초점이 이동되었으며 각종 성인병의 치료 역시 약물치료보다는 식생활의 조절에 의한 질병예방 차원에 더욱 관심을 가지게 되면서 한방이나 민간약으로만 이용되어 오던 식품의 식품으로의 이용 가능성뿐만 아니라 식품이 가지는 특정한 생리적 기능에 대한 관심이 고조되어 가고 있는 실정이다.

기술적 측면에서 볼 때 기능성 식품으로 유아식, 체중조절용 저칼로리 식품, 특정 의료목적의 식사요법용 식품, 질병예방용 식품, 스포츠용 식품, 당뇨병 환자용 식품, 생체리듬 및 질병의 회복을 위한 식품, 암 예방 및 노화방지용 식품 등 다양한 목적으로 design된 식품이 개발되고 있다. 소비자들은 기능성 식품에 대해 식사의 일부로 천연물질에서 유래하는 식품을 섭취함으로써 질병의 예방과 치료, 기타 의학상 건강상에 이익을 가져온다는 개념으로 다류나 음료 등의 형태로 된 기능성 식품을 선호하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 십자화과 식물 중 양배추를 이용한 기능성 식품의 창출에 앞서 선행되어야 할 것으로 기능성 인자들과 소재들에 대한 탐색, 구조해석, 생리활성 기작의 규명에서부터 기능성 중간 소재화 및 제품화에 이르는 연구개발은 꼭 풀어야 할 시급한 과제라고 생각한다.

경제적인 측면에서 볼 때 국민소득 증가에 따른 식생활 패턴의 변화로 무공해 자연식품에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 나아가 건강에 대한 관심이 고조됨에

따라 예방의학 및 질병 치료 차원에서 인체의 조절기능이 있는 기능성 식품에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다. 따라서 식품산업에 있어 기능성 식품분야가 차지하는 비중이 급신장하고 있는 추세이다. 식용자원에는 각종 기능성 성분이 함유되어 있을 것으로 판단되며 이는 기존의 일부 연구결과에서도 보고 된바 있다. 그러나 현재 양배추는 가공되지 않은 형태로 판매되고 있어 효율적 이용 차원에서 개선할 여지가 매우 크다. 즉, 산지에서 생산되는 원료농산물을 기존의 방법으로 유통, 판매시키는 데는 한계가 있기 때문에 농가의 소득증대 및 농산물의 활용측면을 고려할 때 양배추의 고급화와 고차 가공식품화가 매우 긴요한 것으로 생각된다. 현재 건강관련 식품소재의 연간 수입액이 800억원에 달하는 실정에서 농산 자원의 특성을 최대한 부각시킨 소재 및 식품이 개발된다면 원료의 효율적 이용과 경제성이 높아질 것으로 기대된다.

사회·문화적 측면에서는 1999년은 UN이 정한 세계 노인의 해로써 한국은 2001년 평균수명이 73세를 돌파하고 65세 이상 노인이 전체 인구의 7.1%를 차지할 것으로 통계청은 추정하고 있어 본격적인 고령화 시대를 맞이해 노인 건강 대책이 요구되는 시점에 있다. 또한 식생활 패턴이 서구화되고 스트레스로 인한 성인병, 노인성 질환 등이 계속적으로 증가하는 추세에서 이러한 질환의 예방과 치료 차원에서 생리활성 물질을 다량 함유한 기능성 식품에 대한 관심과 수요의 잠재력이 매우 높다고 할 수 있다. 그러나 건강 지향적 기능성 식품의 수요증가에 따라 과학적 근거가 없이 건강 보조 식품 및 특수영양 식품이 범람하고 있어 오히려 국민의 건강을 해칠 우려가 있으므로 정확한 생리활성을 기반으로 하는 기능성식품의 개발이 절실히 요구된다고 할 수 있다.

양배추는 저장, 유통, 건조 등 방법이 특용작물에 비하여 전근대적인 편이며 식품의 소재화 및 상품화 추진력도 상대적으로 미흡하다. 최근 소비자는 식품의 건강기능성에 대한 관심이 고조되고 있는 실정에서 身土不二 개념에 근거한 우리 농산물의 우수성에 대한 과학적 입증 및 소비 유도가 필요하다. 가격 경쟁력이 낮은 양배추 등의 농산물을 가공원료로 사용하기 위해서는 부가가치가 높은 제품의 개발이 필수적이다. 따라서 양배추의 산업적 응용을 위한 기술 개발은 식품산업의 고도화와 선진기술의 자립화 기반구축을 위해 절실히 요구된다.

제 3 절 연구 개발의 범위

양배추의 노화억제 성분을 이용한 가공제품 다양화 기술 개발을 위해 양배추의 생리활성 성분의 검색 및 유효성분 추출기술을 개발하고, 양배추의 전처리 및 추출방법에 따른 유효성분 대량 추출기술을 개발하였다. 또한 추출공정(용매, 추출온도, 시간)별 양배추 추출물의 특성을 비교 검토하였으며, 양배추의 최적 추출 조건을 설정하였다. 이를 바탕으로 한 생리활성 추출물의 기능성 소재화 및 품질평가를 바탕으로 양배추를 이용한 음료, 차류의 가공식품을 개발하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내외 관련 기술의 현황과 문제점

농산물 중 특용작물과 같은 고가의 생약자원에 대한 연구실적은 많이 보고 되어 왔으나 일상생활에서 손쉽게 접할 수 있는 채소류에 대한 활용실적은 미미한 실정이다. 채소류는 단순히 생체로서 유통되고 있어 생리활성에 관한 연구는 매우 낙후되어 있다. 양배추에 있어서 연도별 재배면적과 생산량을 살펴보면 다음과 같다.

표1. 양배추의 연도별 재배면적과 생산량

연 도	종 류	양배추	
		재배면적(ha)	생산량(ton)
1995		6,651	561,787
1996		5,893	268,217
1997		4,572	188,432
1998		4,400	189,392
1999		4,709	214,728
2000		5,998	270,986
2001		5,992	337,986
2002		4,901	259,094
2003		5,401	281,584

한편, 중국과 일본 등지에서는 특용작물을 포함해 채소류에 이르기까지 다양한 생리활성 성분에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 일본은 우리나라에서 생산되고 있는 농산 자원을 수집하여 그 가치에 관해서도 연구하는 수준에 와 있다. 일본은 특정보건용 식품이라는 건강식품 제도를 후생성에서 운영하고 있고 미국 국립암 연구소 (National Cancer Institute)에서 생약재를 대상으로 암 예방 물질의 발굴을 위한 연구 과제를 5년간 수행하여 그 결과를 이용, 제약회사에서 암 예방 건강식품을 생산 판매하고 있는 실정이다.

또한 '87년 물질 특허제 전면 실시로 인하여 활성물질 연구에 대한 원천 기술이 없으면 귀중한 토착자원으로부터 얻은 결과를 그대로 남에게 내주는 결과를 초래하게 된다. 물질 특허 로열티가 80년대 2-3%에서 최근 7-8%로 증가하고 있으므로 기능성 물질 개발에 필요한 원천 기술을 도입하는 것은 활성물질을 함유한 가공식품 및 의약품 소재 등 잠재적 시장에 비추어 엄청난 외화손실이 될 것이다. 따라서 토착자원의 개발에 필요한 원천기술의 확보는 경제성을 따지기 이전에 국가 부존자원을 경제적 재원으로 환원하는데 필요한 핵심기술이다. 그 동안 본 연구원에서는 국내 토착식물로부터 생리활성 성분에 관한 지속적인 연구가 이루어져 왔으며 그 동안의 경험과 기자재, database 등 개발에 필요한 기술력과 식물자원으로부터 가공식품 개발의 경험을 토대로 양배추의 고기능성 가공식품 개발에 충분히 적용할 수 있다고 생각된다.

제 2 절 앞으로의 전망

일반 채소류의 부가가치 제고와 생산비 절감 및 기능성 등 고품위 유지를 위해서는 생산지에서 수확된 각종 채소를 소재로 다양한 제품으로 가공 처리하여 유통시킬 수 있는 복합 가공기술 및 공정 개발이 필요하다. 농산가공품의 다양화, 농산물의 고품질화 및 유통구조의 현대화를 목표로 가공소재의 다양화, 안정적 수급 및 원가절감을 위하여 이용도가 단순한 양배추 등의 채소를 발굴하여 생리적 기능성 및 식품소재로서의 유용성을 평가한 후 농산 식용자원의 품질개선, 고품위 유지 및 생산비 절감을 위해 전처리, 건조, 가공 및 유통 등의 기술을 종합적으로 재검토하여 개선하며, 가내수공업 수준에서 산업적인 수준으로 향상시킬 수 있는 기술을 체계적으로 개발할 것이다. 이와 같이 고품질의 채소 생산으로 농산물의 부가가치를 높여, 농가의 안정적인 생산은 물론 건강보조식품 원료로의 사용에 따른 건강식품원료의 수입 대체 효과도 높아질 것으로 예측된다.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 세부 양배추의 노화억제 성분을 이용한 가공제품 다양화 기술 개발

제 1 절 서 론

Free radical은 생체 내에서 superoxide(O₂⁻), 과산화수소(H₂O₂), 수산화기(·OH) 및 일중항산소(¹O₂)와 같은 활성 산소 종의 산화적 대사산물로 생성되는데 이들이 생체 내에서 단백질, 생체막 DNA 등에 작용하여 생체막지질의 산화를 유발시켜 과산화지질을 생성하고 DNA의 산화적 손상으로 암을 비롯한 다양한 성인병 발병에 관여하고 있다⁽¹⁾. 산화적 스트레스는 세포가 본래 가지고 있는 항산화력의 감소 혹은 활성 산소종의 증가로부터 비롯된다. 신체 내에서 산화물질과 항산화제 간의 균형이 free radical의 과대 생성에 의해 깨어지게 되면 변이, DNA 이중가닥의 파괴, DNA간의 교차연결, chromosome의 파괴 및 재배열 등의 현상을 유발하며, 이는 노화현상 및 각종 질환의 원인이 된다⁽²⁾. 식물체는 자외선 산화나 자동산화로부터 보호하기 위해 자체적으로 polyphenol 계통의 항산화물질이 세포 내에 함유되어 있다. 특히 과채류는 polyphenol 일종인 flavonoid, phenolic acid, carotene, vitamin C 등의 phytochemical들을 함유하고 있으며, 이들은 같은 식품내의 vitamin C, E 및 β-carotene보다도 훨씬 강력한 항산화작용을 제공한다. 또한 산화적 스트레스를 유도하는 free radical을 줄이는 bioactive mechanism에 관여하는 것으로 알려져 있다⁽³⁻⁵⁾. 따라서 phytochemical을 포함한 과채류의 꾸준한 섭취는 암이나 혈관계 만성질환을 방지하는 예방 메카니즘을 신체에 제공하는데 필수적이며, 과채류 섭취량과 뇌혈관계 질환에 의한 사망률간의 유의적인 역의 상관관계가 이를 뒷받침하고 있다⁽⁶⁾.

국민소득이 증가되고 식생활 양식이 변화하여 고혈압, 동맥경화증, 심장병 등의 성인병 질환이 증가함에 따라 이의 예방관리를 위한 기능성 식품의 중요성이 실질히 인식되고 있다. 특히 식물류 중에 들어있는 생리활성 성분에 대한 관심이 높아지면

서 여러 가지 생리적 효능을 갖고 있고 인체에 대한 안전성과 약효가 입증된 천연물을 선호하는 경향이 높아지고 있다. 또한 현대인의 생활양식이 편의 위주로 변함에 따라 이러한 천연물의 유효성분을 신속하고 간편하게 이용할 수 있도록 천연물 중의 가용성 물질을 추출하여 첨가한 드링크류의 의약품이나 건강식품이 많이 개발되고 있다. 브로커리, 케일, 양배추 등과 같은 십자화과 채소는 영양적인 면에서 비타민과 미네랄 함량이 높고 특유의 향을 내는 황화합물인 isothiocyanates, nitriles, gortin 등을 함유하는 것으로 알려져 있다⁽⁷⁾. 이들 화합물들은 생체에서 암을 예방하거나 돌연변이를 억제하는 작용이 있는 것으로 알려져 있으며, 십자화과 채소 추출물이 DNA의 산화적 손상 억제, microsomes내 지질과산화에 대한 항산화력 등에 대해서도 보고 되고 있다⁽⁷⁻¹¹⁾. 특히 양배추(*Brassica oleracea* var. *capita*)는 고대부터 위장과 관련된 질환, 두통, 숙취 등을 치료하는데 이용되어 왔으며, 비타민과 미네랄 함량이 특별히 높진 않으나, 소비되는 양이 많아 성인 일일 요구량을 충분히 만족시키는 것으로 알려져 있다⁽¹²⁾. 양배추의 phytochemicals로는 hydroxycinnamate인 caffeic acid, chlorogenic acid, ferulic acid, p -coumaric acid 등이 항산화성을 가지는 것으로 보고되고 있다^(13,14).

따라서 본 연구에서는 시판되고 있는 동복(Bonus), 썸머파워(Summer power), 홍월적(Ruby star) 등 세 가지 품종의 생리활성 성분의 검색 및 유효성분 추출과 양배추의 전처리 및 추출방법에 따른 유용성분 대량 추출을 통해 기능성 식품으로써의 적용을 위한 가능성을 시험해 보고 이를 바탕으로 추출공정별 양배추 추출물의 특성 비교 및 양배추의 최적 추출 조건을 설정함과 동시에 생리활성 추출물의 기능성 소재화 및 품질평가와 더불어 양배추를 이용한 가공식품을 개발하고자 하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 양배추(*Brassica oleracea* L.)는 2002년 10월에 수확된 동복(Bonus), 썸머파워(Summer power) 및 홍월적(Ruby star) 등의 세 가지 품종을 (주)

농우 바이오에서 제공받아 실험에 사용하였다. 먼저 양배추의 생리활성 성분 검색을 위해 각 시료는 깨끗이 수세하여 0.5 cm의 크기로 세절하였으며, 추출용매로는 water, 50 및 100% ethanol을 사용하였고 첨가한 용매는 건물중량의 25배에 해당하는 부피(w/v)를 사용하여 Fig. 1과 같은 방법으로 실시하였다. 또한 양배추의 전처리 및 추출방법에 따른 유효성분 대량 추출을 위해 각 품종의 양배추 시료를 깨끗이 수세하여 0.5 mm의 크기로 세절한 후 40℃ 온도에서 열풍 건조하였다. 건조된 시료는 분쇄기(Kaiser, KFN-400S, 킹스톤기전(주), 한국)를 사용하여 0.5 mm 이하의 크기로 분쇄한 후 0.3 mm PE film에 밀봉 포장하여 냉동고에 보관하면서 사용하였다. 추출용매로는 water, 50 및 100% ethanol을 사용하여 용매량은 건물 중량의 25배, 50배, 100배의 부피(w/v)로 구분하여 Fig. 2와 같은 방법으로 추출에 사용하였다.

Brassica oleracea L. raw materials 10 g
□□
Extracted with water, 50 and 100% ethanol
250 mL at 50℃ for 1 hr
3 times repeat
□□
Filtered with whatman filter paper No 2.
□□
Evaporated under reduced pressure
□□
100 mL mess up with distilled water
□□
Brassica oleracea L. extracts

Fig. 1. Procedure to prepared *Brassica oleracea L.* extract for measuring physiological activities.

Brassica oleracea L. air-dried powder 10 g
□□
Extracted with water, 50 and 100% ethanol
250, 500, 1000 mL at 50°C for 1 hr
3 times repeat
□□
Filtered with whatman filter paper No 2.
□□
Evaporated under reduced pressure
□□
100 mL mess up with distilled water
□□
Brassica oleracea L. extracts

Fig. 2. Procedure to prepared *Brassica oleracea L.* extract for measuring physiological activities.

2. 실험 방법

가. 양배추의 생리활성 성분의 검색 및 유효성분 대량 추출기술 개발

1) 추출효율

가) 추출효율(수율) 측정

수율(yield)은 추출액을 회전 감압 증발기(Rotavapor R-123, Buchi, Swizerland)로

감압 농축한 후 건조오븐(Forced convection oven, Jeico Tech, Korea)을 이용하여 105℃ 상압가열건조법⁽¹⁵⁾을 적용하여 항량이 될 때까지 건조한 후 추출액 조제에 사용한 원료 건물량에 대한 고형분 수율(% , d.b.)로 나타내었다.

2) 생리활성 측정에 따른 추출효과 분석

가) 전자공여작용의 측정

추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 Kang 등의 방법⁽¹⁶⁾을 변형하여 각각의 추출물에 대한 DPPH(α , α -diphenyl-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 추출물 1 mL에 4×10^{-4} M DPPH 용액(99.9% EtOH에 용해) 1 mL을 가하여 총액의 부피가 2 mL가 되도록 하였다. 이 반응액을 약 10초간 혼합하고 실온에 30분 방치한 후 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Japan)를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여효과는 추출물의 첨가 전·후의 차이를 백분율로 나타내었다.

$$EDA(\%) = (1 - \frac{A}{B}) \times 100$$

A : 추출물 첨가구의 흡광도

B : 추출물 무첨가구의 흡광도

나) Superoxide dismutase(SOD) 유사활성

SOD 유사활성의 측정은 Marklund와 Marklund의 방법을 변형한 Kim 등의 방법⁽¹⁷⁾을 이용하여 실시하였다. 즉, 각 추출물을 감압 농축한 후 tris-HCl buffer(50 mM tris[hydroxymethyl]amino-methane+10 mM EDTA, pH 8.5)를 이용하여 pH 8.5로 조절된 시료액을 만들었다. 각 시료 0.2 mL에 pH 8.5로 보정한 tris-HCl buffer(50 mM tris[hydroxymethyl]amino-methane+10 mM EDTA) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하고 25℃에서 10분간 방치한 후 1 N HCl 1 mL로 반응을 정지시킨 후 분광광도계(UV/ VIS spectrometer, Jasco, Japan)를 이용하여 420 nm

에서의 흡광도를 측정하여 시료 첨가 및 무 첨가구간의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

$$SOD \text{ 유사활성}(\%) = (1 - \frac{A}{B}) \times 100$$

A : 추출물 첨가구의 흡광도

B : 추출물 무첨가구의 흡광도

단, A, B는 대조구의 흡광도를 제외한 수치임.

다) Tyrosinase 저해 효과 측정

Tyrosinase 저해 효과 측정은 Wong 등의 방법⁽¹⁸⁾에 따라 측정하였으며 tyrosinase 조효소액은 mushroom tyrosinase(Sigma, T7755, 110 units/mL)을 50 mM sodium phosphate buffer(pH 7.0)에 용해하여 사용하였다. 효소활성의 측정은 10 mM catechol용액 2.8 mL에 tyrosinase 조효소액 0.2 mL, 추출액 0.1 mL를 가하고 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Japan)를 사용하여 420 nm에서 흡광도 변화를 측정하였다. tyrosinase에 대한 효소활성 저해 효과는 단위시간당 변화된 초기 흡광도의 변화값을 측정하여 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$Inhibitory \ effect(\%) = \{1 - (\frac{A-B}{C})\} \times 100$$

A : 효소액 첨가구의 흡광도 변화값

B : 효소액 대신 buffer 첨가구의 흡광도 변화값

C : 추출물 대신 증류수 첨가구의 흡광도 변화값

라) 총 폴리페놀의 함량 측정

총 폴리페놀의 함량(Total polyphenol content)은 분석방법으로 널리 사용되고 있는 Folin-Denis 방법⁽¹⁹⁾으로 측정하였으며, 각각의 추출조건에 따라 제조된 추출물

의 1/2 희석액을 사용하였다. 즉, 희석액 5 mL에 Folin reagent 5 mL을 가하고 3분간 정치한 다음 5 mL의 10% Na₂CO₃용액을 가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 정치한 후 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Japan)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하고 (+)catechin을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 mg%로 구하였다.

마) ACE inhibition effects

양배추 추출물의 ACE(angiotensin I-converting enzyme) 저해작용은 Crushman과 Cheung의 방법⁽²⁰⁾을 변형하여 측정하였다. 추출물 50 µL에 450 mM NaCl을 함유하는 100 mM sodium borate buffer(pH 8.3) 100 µL를 가하고 5 mM hippuryl-histidyl-leucine(300 mM NaCl을 함유하는 100 mM sodium borate buffer(pH 8.3)에 용해) 50 µL를 가한 후 37°C에서 10분간 전배양하였다. 이 반응액에 ACE 조효소액 50 µL를 가하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 1.75 N HCl 100 µL를 가하여 반응을 종료시켰다. 여기에 ethyl acetate 1 mL를 가하여 진탕 후 상등액 0.5 mL를 취하여 100°C에서 1시간가량 건조시켜 증류수 1 mL를 가하여 용해시킨 다음 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Japan)를 이용하여 228 nm에서 흡광도를 측정한 후 아래와 같이 계산하였다. 이 때 공시험은 추출물 대신 증류수 50 µL를 가하였고 대조구는 1.75 N HCl 100 µL를 가한 후 ACE 조효소액 50 µL를 첨가하여 반응시켰다. ACE 저해효과는 추출물의 첨가 전·후의 흡광도의 차이를 백분율로 나타내었다.

$$ACE \text{ 저해율}(\%) = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

A : 추출물 첨가구의 흡광도

B : 추출물 무첨가구의 흡광도

단, A, B는 대조구의 흡광도를 제외한 수치임.

바) 아질산염 소거작용의 측정

아질산염 소거효과(nitrite-scavenging effect)는 Gray 등의 방법⁽²¹⁾으로 측정하였다. 즉, 1 mM 아질산나트륨 용액 1 mL에 각각의 추출물을 2 mL을 가하고 여기에 0.1 N 염산(pH 1.2) 및 0.2 N 구연산 완충용액(pH 3.0, 4.2 및 pH 6.0)을 7 mL 가하여 반응용액의 pH를 각각 1.2, 3.0, 4.2 및 6.0으로 달리하여 반응용액의 부피를 10 mL로 하였다. 이를 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 다음 반응액을 1 mL씩 취하고 여기에 2% 초산 5 mL, Griess 시약(acetic acid에 1% sulfanylic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것으로 사용 직전에 제조) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합시켜 15분간 실온에서 방치시킨 후 분광 광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Japan)를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염량을 구하였다. 그리고 대조구는 Griess 시약 대신 증류수 0.4 mL를 가하여 상기와 동일하게 행하였다. 아질산염 소거능은 추출액 첨가전후의 아질산염 백분율(%)로 표기하였다.

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

N : 아질산염 소거율

A : 1 mM NaNO₂ 용액에 시료를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도

B : 1 mM NaNO₂ 용액에 시료대신 증류수를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도

C : 시료 추출물 자체의 흡광도

나. 추출공정별 양배추의 특성 및 최적 추출조건 설정

1) 추출조건의 예비설정

추출조건의 예비설정에는 필요한 기초실험으로써 시료에 대한 용매비별, 에탄올 농도별, 추출온도를 확인하여 추출조건 최적화 실험에서 기본조건으로 활용하였다.

2) 추출조건 최적화를 위한 중심합성 실험계획

추출공정별 양배추 추출물 특성의 최적화를 위하여 예비실험조건을 바탕으로 중심합성계획을 실시하였다. 즉, 추출공정의 독립변수(X_i)인 시료에 대한 용매비(X_1), 에탄올 농도(X_2), 추출온도(X_3)에 대한 실험범위를 선정하여 시료별로 각각 5단계로 부호화(Table 1)하여 중심합성계획에 의해 16개 군의 추출조건을 각각 설계하였으며, Table 2는 양배추 추출물의 특성 조건을 나타내었다.

각 조건에서 얻어진 추출물의 추출특성(종속변수, Y_n)을 3회 반복으로 측정하여 각각 회귀분석을 실시하였다. 여기서 세 개의 독립변수와 종속변수들에 대한 2차 회귀모형 식은 다음과 같다.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2$$

이때 Y 는 종속(반응)변수, X_1, X_2, X_3 는 독립(요인)변수, b_0 는 절편, b_n 는 회귀계수이다. 회귀분석에 의한 최적조건의 예측은 SAS(statistical analysis system) program을 이용하였고, 회귀분석 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우에는 능선분석을 하여 최적점을 구하였다. 추출특성의 모니터링과 최적조건 범위 예측은 각 종속변수의 contour map과 3차원 반응표면을 이용하여 분석하였다.

Table 1. level in extraction conditions of cabbage(Bonus, Summer power and Ruby star) based on central composite design

Extraction conditions	Level				
	-2	-1	0	1	2
Ratio of solvent to sample content(mL/g)	10	15	20	25	30
Ethanol concentration(%)	0	25	50	75	100
Extraction temperature(°C)	35	50	65	80	95

Table 2. Central composite design for optimization of extraction conditions of cabbage(Bonus, Summer power and Ruby star)

Experiment Number ¹⁾	Ratio of solvent to sample content (mL/g)	Ethanol concentration(%)	Extraction Temperature(°C)
1	15(-1)	25(-1)	50(-1)
2	15(-1)	25(-1)	80(1)
3	15(-1)	75(1)	50(-1)
4	15(-1)	75(1)	80(1)
5	25(1)	25(-1)	50(-1)
6	25(1)	25(-1)	80(1)
7	25(1)	75(1)	50(-1)
8	25(1)	75(1)	80(1)
9	20(0)	50(0)	65(0)
10	20(0)	50(0)	65(0)
11	10(-2)	50(0)	65(0)
12	30(2)	50(0)	65(0)
13	20(0)	0(-2)	65(0)
14	20(0)	100(2)	65(0)
15	20(0)	50(0)	35(-2)
16	20(0)	50(0)	95(2)

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

3) 최적 추출조건의 예측 및 실증시험

조건별 각 추출물의 최적 추출조건 예측은 추출특성에 대한 contour map superimposing 했을 때 중복되는 부분의 범위에서 최적 추출조건 범위를 설정하였다. 또한 예측된 범위에서 임의의 중심점을 최적조건으로 예측하고 각 회귀식에 대입하여 예측값의 신뢰도를 검증하기 위하여 실증실험을 실시하였다.

4) 수율 및 생리활성 성분 측정

양배추의 추출방법에 따른 추출수율과 생리활성을 측정하고자 앞의 실험과 동일한 방법으로 측정하였다.

5) 통계처리

모든 실험은 statistical analysis system(SAS) program에 의해 ANOVA검정과 요인분석을 이용하여 실험군의 평균값 간에 유의성을 검정하였다.

다. 생리활성 추출물의 기능성 소재화 및 가공식품 개발

1) 양배추 추출물의 특성 조사

가) 색 도

색도는 색차계(color difference meter, color quest II sphere system, U.S.A)를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정하였다. 이때 표준백색판의 L, a, b 값은 100.02, 0.00, 0.00이었다. 열수추출액, 50% EtOH, 75% EtOH 추출 시 추출완료 시점에서 색도를 측정하였다.

<참 고> Hunter L, a, b color scale

(흑색) 0 <----- L(명 도) -----> 100 (백색)

(녹색) -80 <----- a(적색도) -----> 100 (적색)

(청색) -70 <----- b(황색도) -----> 70 (황색)

나) 탁 도

탁도는 650 nm에서 투과도를 측정하여 증류수 100% 투과도를 기준으로 하여 비교치로 나타내었다. 열수 추출, 50% EtOH, 75% EtOH 추출 시 추출완료 시점에서 탁도를 측정하였다.

다) 당 도

각 추출물의 당도는 굴절당도계(Atago, hand refractometer, Japan)를 사용하여 실온에서 측정하였다.

라) 유리당

양배추 추출물의 유리당 분석은 용매조건에 따라 추출한 상정액을 5,000×g에서 10분간 원심분리한 다음 membrane filter(pore size 0.2 μm)로 여과하고 이를 유리당 분석 시료로 사용하였다. 분석에 사용한 fructose, glucose, sucrose 및 manitol 등은 Sigma(USA)사였으며, HPLC 분석조건은 Table 3과 같다.

Table 3. Operating cinditions of HPLC for free sugar analysis

Instrument	Jasco HPLC System(PU-980, Jasco, Japan)
Column	Carbohydrate(4.60 × 250 mm, Waters, U.S.A)
Column oven	40°C
Eluent	Acetonitrile : H ₂ O(75 : 25)
Flow rate	1.0 mL/min
Chart speed	2.0 mm/min
Detector	RI(RI-1530, Jasco, Japan)
Injection volume	10.0 μL

2) 수세 시 양배추의 수분 흡수량

양배추는 그 특성상 수세 시 수분 흡수량이 적고 가용성 고형분 함량이 적어 가수량에 따라 그 오차가 발생하므로 시험의 일관성을 위하여 수세시의 수분 흡수량 조사가 선행되었다. 각각의 양배추 시료 50 g에 대해 침수, 세척, 탈수까지 1분 30초간 실시한 후 무게중량으로 수분 흡수량을 조사하였고, 추출 시 마다 측정하여 그 평균값을 구하였다. 이는 양배추 추출 시 그 흡수량만큼 뺀 값을 가수량으로 하여 생 양배추의 정확한 가용성 고형분량의 측정에 이용하기 위하여 조사하였다.

3) 가수량별 당도 변화

각각의 양배추 시료에 2배, 4배, 6배, 8배의 증류수를 넣은 후 환류냉각장치로 추출하면서 끓기 시작했을 때부터 시간별로 추출되어 나오는 가용성 고형분 함량(당도, °Brix)을 측정하였다.

4) 양배추 음료의 개발

본 실험에서는 양배추의 추출액과 국내산 생약재가 적절히 배합된 혼합 음료를 제조하고자 하였다. 동복(Bonus), 썸머파워(Summer power), 홍월적(Ruby star) 등의 세 가지 품종별로 추출한 추출액과 생약재를 달리하여 제조하였다. 먼저 동복(Bonus)의 경우 부재료로 사용된 생약재로는 구기자, 건강, 인삼 추출액을 사용하였고, 썸머파워(Summer power)는 두충, 하수오, 대추 추출액을 사용하였으며, 홍월적(Ruby star)의 경우 건마늘, 갈근, 오미자 추출액을 첨가하여 제조하였다. 이때 각 품종별 추출액과 생약제 추출액을 농도별로 배합하고, 관능검사를 통해 적정 음용 농도를 결정하였다.

5) 양배추를 이용한 과립차의 개발

양배추 추출액을 진공농축기에서 60 °Brix까지 농축하여 시료로 사용하였으며, 부형제와 배합된 원료를 15~20 mesh 정도의 크기로 과립화시킨 후 50~55℃에서 수분함량이 8% 내외가 되도록 건조시켜 과립차를 제조하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 양배추의 생리활성 성분의 검색 및 유효성분 대량 추출기술 개발

가. 양배추의 생리활성 성분의 검색

1) 추출효율

가) Yield(%)

품종 및 추출용매에 따른 양배추 추출물의 수율을 Table 4와 같이 나타내었다.

양배추 추출물의 수율은 3~4% 내외로 품종간의 차이는 나타나지 않았다. 동복 및 썸머파워 품종의 경우, 물 및 에탄올 처리구간의 차이는 볼 수 없었으나, 홍월적 품종의 경우 100% 에탄올 추출구의 수율이 가장 낮게 측정되었다.

Table 4. Yield of *Brassica oleracea* for three species and extract condition¹⁾

(unit : %, raw base)

Species	Et-OH conc. (%)	Yield (%)
Bonus	0	3.94 ²⁾
	50	3.97
	100	4.01
Summer power	0	3.44
	50	3.42
	100	3.13
Ruby star	0	3.69
	50	3.38
	100	2.97

¹⁾Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.

²⁾Means are three replication.

2) 생리활성성분의 검색

가) Electron donating ability(EDA, %)

산소가 에너지 획득반응의 말단에서 전자의 수여에 관여함으로써 산소는 1전자 환원된 superoxide를 생성하며 이렇게 생성된 superoxide는 계속 환원되어 H₂O를 생성한다. 이때 superoxide는 생체의 산화적 장애를 초래한다. 이러한 산화적 free radical을 소거·분해하는 항산화 물질의 검색 전단계로 전자공여 작용 조사가 요구된다. 전자공여능 측정은 DPPH(1, 1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) 라디칼 소거법으로 측정하는데 DPPH는 분자 내 radical을 함유하여 다른 free radical들과 결합하여 안정한 complex를 만들고 있어 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되며 이때의 DPPH의 고유의 청남색이 옅어지는 특성이 있고 이 색차를 비색 정량하여 전자공여능을 측정한다. 화학적으로 유도된 radical이지만, lipoxygenase에 의한 지방산화 반응계에서의 항산화 활성 측정과도 잘 부합한다.

Fig. 3, 4 및 5는 동복(Bonus), 썸머파워(Summer power), 홍월적(Ruby star) 등 3가지 양배추 품종의 각 추출용매에 따른 전자공여작용을 나타낸 것이다. 동복 및 썸머파워 품종의 전자공여작용은 40~50% 내외의 활성을 나타내었는데, 특히 물 추출과 용매 추출구간의 큰 차이를 나타내지 않았으며, 에탄올 농도에 따른 영향을 볼 수 없었다. 항산화제의 일종으로 널리 사용되고 있는 L-ascorbic acid와 비교하기 위해 각각 1% 및 0.1%의 수준에서 전자공여능력을 측정된 결과, 각각 100% 및 89.54%로 높게 나타났다. 동복 및 썸머파워 품종의 전자공여능력은 L-ascorbic acid의 공여능력에 비해 미흡하게 나타났으나, 어느 정도의 radical 포집능력이 보이고 있으므로 추출시의 시료양이나, 추출물의 농도를 좀더 높여준다면 항산화 능력에 대한 이용 가능성을 높일 수 있을 것으로 판단되었다. 또한, 홍월적 품종의 경우 물, 50% 및 100% 에탄올 추출구에서 각각 92.83, 88.46, 95.23%에 이르는 우수한 전자공여능력을 나타내었으며 이들은 서로 유사한 수준을 나타내어 다른 품종과 마찬가지로 추출용매에 의한 영향은 볼 수 없었다. 또한 다른 품종에 비해 공여능력이 월등히 우수하며, 비교물질인 L-ascorbic acid의 작용과 거의 상등하는 수준으로 나타나 free radical에 대한 포집능력이 우수한 것으로 판단되었다. 즉, 전자공여작용이 높다

는 의미는 인체 내에서 장애를 일으키는 활성산소를 소거·제거할 수 있다는 기능이 높다는 뜻이다. 또한 전자공여능이 phenolic acids와 flavonoids 및 기타 phenol성 물질에 대한 항산화작용의 지표이며, 이러한 물질은 환원력이 큰 것일수록 전자공여능이 높다고 하였다. 따라서 홍월적(Ruby star) 품종의 경우, 항산화효과를 나타내는 phenol성 물질이 다른 품종에 비해 많이 함유되어 있을 것으로 예상되며 이에 따라 전자공여능을 비롯한 여러 가지 항산화 활성이 높을 것으로 생각되었다.

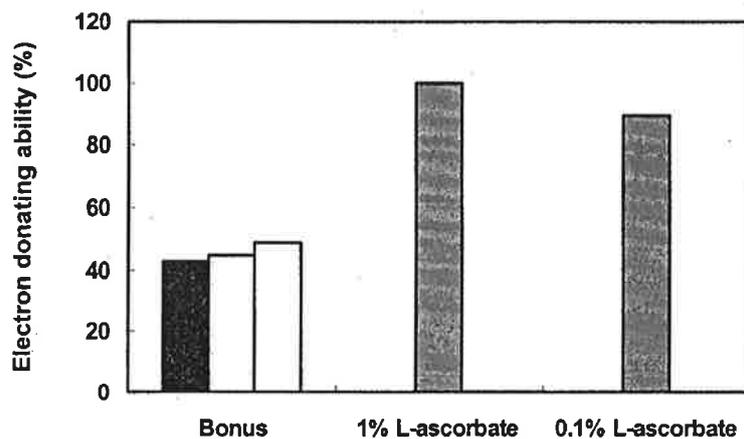


Fig. 3. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▣: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

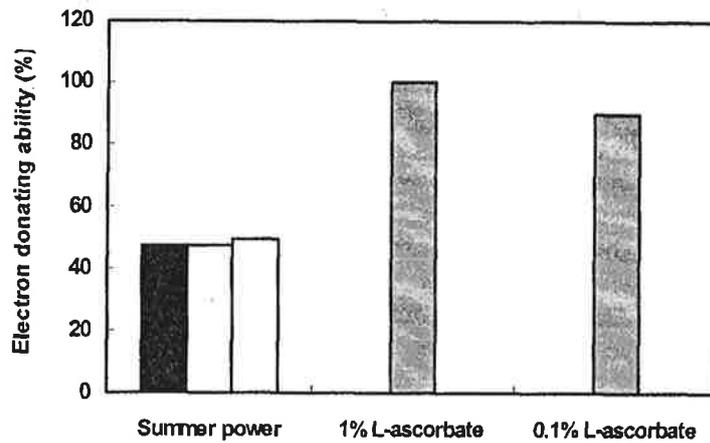


Fig. 4. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

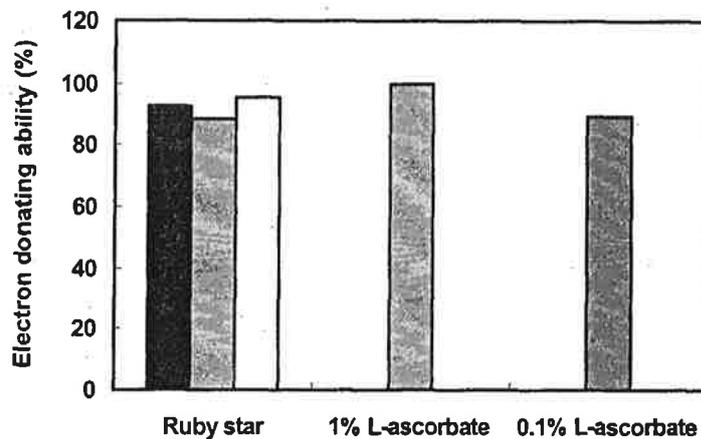


Fig. 5. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

나) SOD(Superoxide dismutase)-like activity

Superoxide dismutase는 생체 내 superoxide radical(O_2^-)을 산소로 산화시켜 주는 천연 항산화제로써, 세포 내 활성 산소를 과산화수소로 전환시키는 반응을 촉매하는 효소이다. SOD 유사활성 물질은 활성 산소의 시발물질로, superoxide anion의 저해 물질로는 생체 내 SOD라는 효소가 있지만, 이의 일종으로 SOD와 작용기작은 다르지만 인체 내에서의 역할이 유사하여 통상적으로 SOD 유사활성 물질이라 부른다. 일반적으로 과실, 채소류에는 비타민 C가 다른 식품소재에 비해 풍부하게 함유되어 있으며 비타민 C는 그 자체가 높은 SOD 유사활성을 나타내는 것으로 보고 되고 있다.

추출용매 및 품종에 따른 양배추의 SOD 유사활성을 Fig. 6, 7 및 8에 나타내었다. Fig. 6에서 보는 바와 같이, 동복(Bonus)품종의 경우 물 및 50% 에탄올 추출구에서는 활성이 전혀 나타나지 않았으며, 100% 에탄올 추출구에서는 32.31%의 활성을 보여주었다. 이에 반해 1% 및 0.1% L-ascorbic acid의 경우, 각각 95.25, 94.76%로 매우 큰 활성이 나타나, 보고 된 바와 같이 그 자체가 높은 SOD 유사활성을 나타내었다. 썬머파워 품종의 경우 물 추출구에서는 활성이 없었으며, 50% 에탄올 추출구에서는 14.12%, 100% 에탄올 추출구에서는 47.99%로 나타나 동복 품종과 마찬가지로 100% 에탄올 추출구에서 가장 우수하게 나타났다(Fig. 7). 홍월적 품종의 경우 다른 품종과 마찬가지로 물 및 50% 에탄올 추출구에서는 각각 0, 18.05%로 그 활성이 미약하나, 100% 에탄올 추출구에서는 72.75%로 활성이 매우 높게 나타났다(Fig. 8). 특히 100% 에탄올 추출구의 SOD 유사활성은 비교물질인 L-ascorbic acid에 비해서는 낮은 수준이나 어느 정도의 유사활성을 가지는 것으로 판단되었다.

본 실험에 사용된 세 가지 품종의 양배추에서 물 추출보다 고농도의 용매로 추출할 때 SOD 유사활성이 높게 나타나는 것으로 보아 항산화 물질이 용매 추출 시 더 많이 추출되는 것으로 생각되었다. 이는 여러 가지 식물체를 대상으로 SOD 유사활성을 측정한 보고에서 에탄올 추출보다 열수추출물이 효과가 크다는 결과와 다르게 나타났다. 그러나 복분자 딸기의 SOD 유사활성에 대한 보고에서 80% 메탄올, 75% 아세톤 및 열수 등과 같은 추출용매에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. 따라서 pyrogallol의 자동산화를 저해하는데 관여하는 물질은 식물체에 따라 추출양상이나

항산화 활성이 다르며, 본 실험에 사용된 양배추의 경우 SOD 유사활성을 나타내는 물질이 에탄올에 의해 추출되는 것으로 판단되었다. SOD 정제 시 열안정이 뛰어나고 SOD와 유사한 활성을 나타내는 물질을 함께 정제하여 이를 SOD와 결합된 phenol류 물질인 것으로 보고한 바 있다.

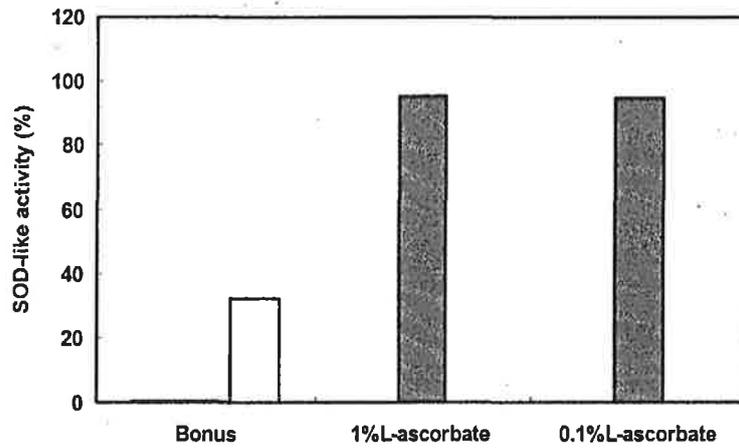


Fig. 6. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

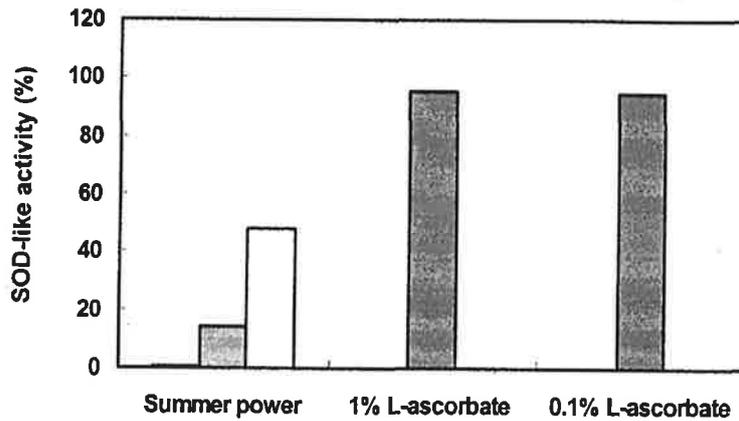


Fig. 7. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

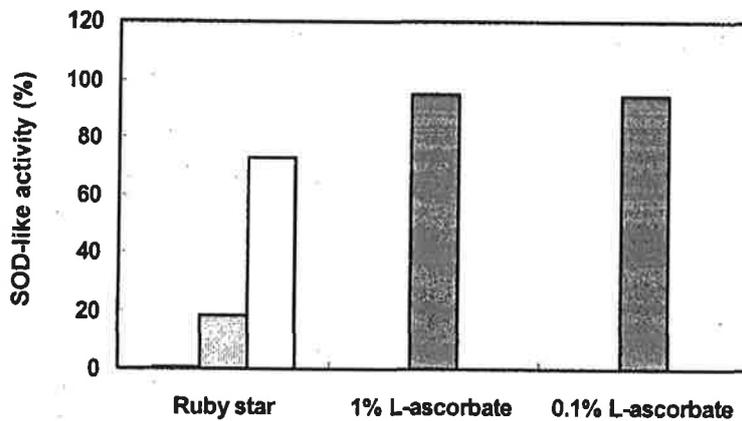


Fig. 8. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

다) Tyrosinase inhibitory effects(%)

Tyrosinase(Dihydroxy-L-phenylalanine oxygen oxidoreductase, EC 1.14.18.1)는 넓은 범위의 phenol화합물을 기질로 이용하여 효소적 갈변화를 일으키는 효소로 페놀성 물질들이 가공이나 저장 중에 갈변화하는 원인이 된다. 이를 저해함으로써 식품의 색깔뿐만 아니라 향미 및 영양가 등에 직·간접적으로 영향을 준다. Tyrosinase의 저해제로는 인체의 hyperpigmentation 치료에 이용되는 4-hydroxyanisole, hydroquinone, 4-hexyresorcinol tropolne, cinnamic acid, bezoic acid, kojic acid 등이 보고 되고 있으나, 안전성, 경제성 등에 문제가 있다.

Fig. 9, 10 및 11은 동복, 씬머파워, 홍월적 등 세 가지 양배추 품종의 물 추출물, 에탄올 추출물로 tyrosinase의 catechol에 대한 산화 갈변화 억제 효과를 측정된 결과이다. 동복 및 씬머파워 품종의 경우 물 추출물이 각각 22.19, 25.99%로 에탄올 추출물에 비해 tyrosinase에 대한 저해 작용이 낮게 나타났다. 100% 에탄올 추출물은 각각 59.5, 57.99%로 50%이상의 높은 저해효과를 나타내었다. 특히 홍월적 품종의 경우 물 추출물에서 64.53%의 저해효과를 보였으며, 50% 및 100% 에탄올 추출구에서는 90.88 및 99.16% 이상의 매우 우수한 저해작용을 나타내었다. 비교물질인 1 및 0.1% L-ascorbic acid 용액은 각각 100, 41.5%의 저해 효과를 나타내었는데, 홍월적 품종의 에탄올 추출물의 경우 0.1% L-ascorbic acid보다 우수하고, 1% L-ascorbic acid의 저해 능력에 상응하는 수준으로 나타나 다른 품종에 비해 PPO등에 의한 효소적 갈변화를 방지하는데 관여하는 phenol물질이 많이 함유한 것으로 판단되었다.

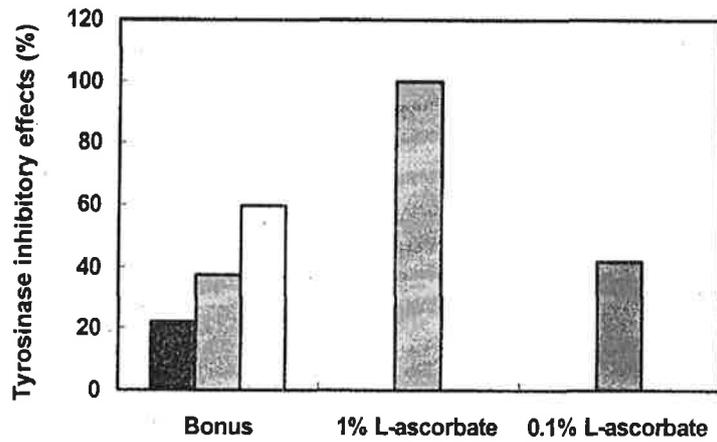


Fig. 9. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol)

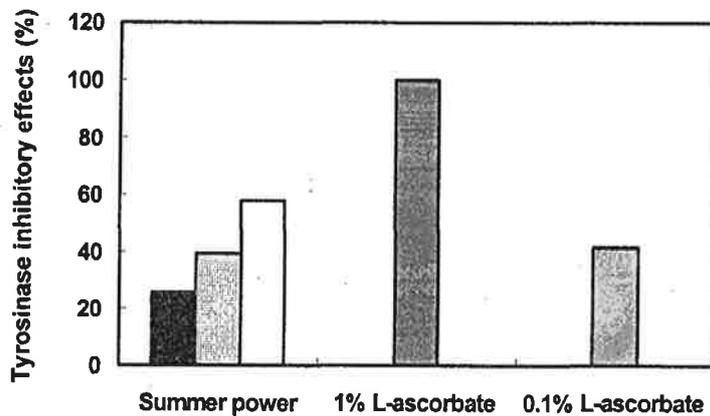


Fig. 10. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol)

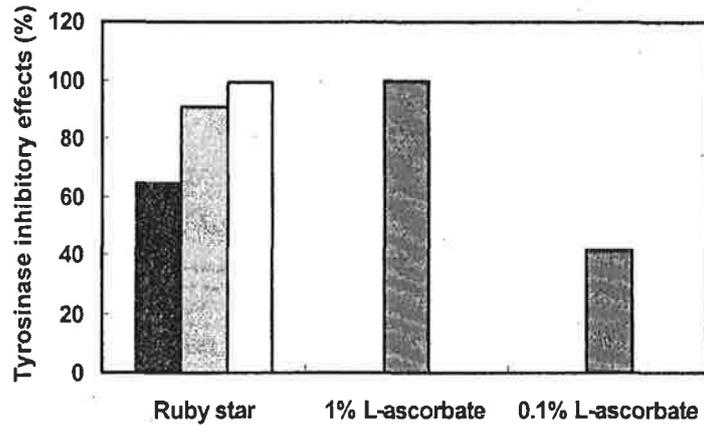


Fig. 11. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol)

라) Angiotensin I -converting enzyme inhibition activity

고혈압은 발생기작에서 renin-angiotensin system이 혈압 조절에 매우 중요한 역할을 한다. 특히 angiotensin converting enzyme(ACE)는 renin에 의하여 생성된 decapeptide인 angiotensin I 으로부터 C-말단의 dipeptide를 가수분해시킴으로써 강력한 혈관수축작용을 갖는 octapeptide인 angiotensin II를 합성하는 단계에 관여하는 효소이다. 생성된 angiotensin II는 강력한 혈관수축작용을 가지며, ACE는 또한 혈관이완작용을 가진 nonapeptide인 bradykinin을 불활성화시킴으로써 결과적으로 혈압을 상승시키는 작용을 가진다. Angiotensin II가 증가되면 catecholamine 값이 증가되고, 혈관이 수축되며, 동시에 항이뇨 호르몬인 aldosterone의 분비가 촉진된다. 이에 따라 Na^+ 및 수분배설이 억제되어 순환혈액량이 증가되어 혈압상승을 일으킨다. 따라서 ACE 작용억제는 혈관수축을 막고 체내 수분저류를 막아 혈압을 낮추는 효과를 나타낸다.

동복, 썸머과워, 홍월적 등 세 가지 품종의 양배추에 대하여 추출용매에 따른 Angiotensin I-converting enzyme 저해작용을 측정한 결과는 Fig. 12와 같다. 세 품종 모두 물 추출물의 활성이 각각 40.76, 41.65, 38.88%로 에탄올 추출물보다 angiotensin 전환 효소에 대한 저해작용이 우수하였다. 동복 및 썸머과워 품종의 효과는 거의 비슷한 수준이었으며, 홍월적 품종의 에탄올 추출물에서는 그 활성이 매우 미약하였다. 즉, angiotensin I-converting enzyme 저해작용에 관여하는 양배추의 기능성 물질은 용매에 의해서라기보다 물에서 더 많이 추출되는 것으로 생각되었다.

현재까지 captopril, enalapril과 같은 화학합성 ACE 저해제가 널리 상용되고 있지만, 높은 역가에 비해 각종 부작용이 많아 안전성 측면에서 가치가 더 높은 천연물질에 대한 탐색과 개발에 대한 더 많은 연구가 필요하다. 일반적으로 콩 단백질 유래 peptide 물질이 혈압강하의 효과가 있는 것으로 많이 보고 되고 있으며, 그 밖에 flavonoid, 탄닌류, 해조류, 장류 등에서 그 효과를 시험한 바 있다. Zuhair 등은 본태성 고혈압 쥐(spontaneously hypertensive rat)에 호박씨 투여 시 혈압강하 효과를 보고한 바 있다. Matsubara 등도 굴과피에서 분리한 플라보노이드에 대하여 천연 ACE 저해제로써의 가능성을 제시하였다.

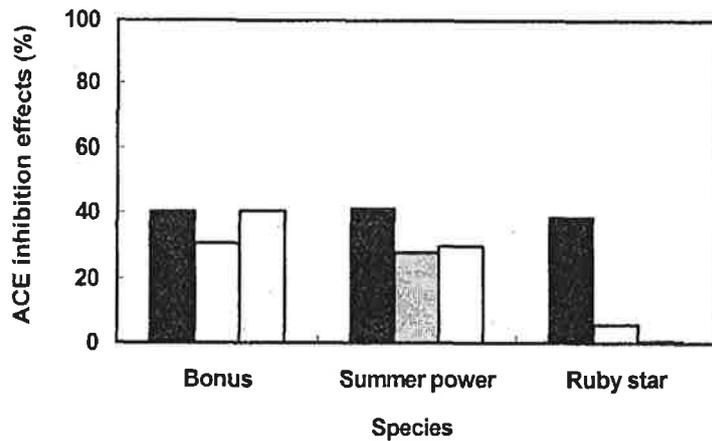


Fig. 12. Angiotensin I converting enzyme(ACE) inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for three species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

마) Total polyphenol contents

Fig. 13은 동복, 씬머파워, 홍월적 등 세 가지 양배추 품종의 물 추출물 및 에탄올 추출물에 함유된 total polyphenol 함량을 catechin을 기준물질로 하여 측정한 결과이다. 동복 품종의 에탄올 농도가 0, 50, 100% 일 때 추출된 polyphenol의 함량은 각각 33.04, 36.77, 35.51 mg%로 측정되었으며, 씬머파워 품종의 경우, 각각 34.35, 36.60, 37.81 mg%로 나타났다. 동복 및 씬머파워 품종의 polyphenol 함량은 물 추출물과 용매 추출구간의 함량이 비슷한 수준으로 나타나 추출용매에 따른 영향을 볼 수 없었다. 홍월적 품종의 경우, 추출용매에 따라 polyphenol 함량이 185.74, 171.70, 142.92 mg%로 측정되었으며, 다른 품종에 비해 polyphenol 함량이 매우 높게 나타났다. 다른 품종과는 달리 물 추출물에서의 함량이 에탄올 추출물에 비해 높게 나타나, 홍월적 품종의 phenol물질은 용매보다는 물에 의해 더 많이 추출되는 것으로 판단되었다.

특히 홍월적 품종은 짙은 자색을 가진 품종으로 다른 품종에 비해 polyphenol 함량이 높았고, 이와 비례적으로 전자공여작용 및 SOD 유사활성에서 그 활성이 높아 생리적 기능상 우수한 것으로 판단되었다. 이는 복분자 딸기의 antocyanin 색소를 활성탄에 의해 제거한 것이 제거하지 않은 경우보다 SOD 유사활성이 낮게 나온 것처럼 색소성분이 항산화성과 관련하여 여러 가지 기능적 역할을 하는 것으로 판단된다. 이에 뒷받침하여 품종별 고구마 에탄올 추출물의 항산화 정도를 비교하였을 때 유색 고구마인 자색 고구마와 황색 고구마가 다른 품종에 비하여 항산화성이 높은 것으로 보고 된바 있다.

Phenolic compound는 일반적으로 식물체에서 발견되는데, 이들은 항산화 활성을 포함한 다양한 생리적 효과를 가지는 것으로 보고 되어 왔다. Phenolic 함량이 풍부한 과일, herb, 채소류, 곡류 등과 같은 식물체의 crude extract는 식품산업에서의 관심이 증대하고 있는데, 이들이 지질의 산화적 분해를 지연시켜 식품의 품질 및 영양가를 향상시키기 때문이다. 항산화성 물질의 근원은 채소, 과일, 잎, oilseed, 곡류, 나무껍질 및 뿌리, spice류, herb 등과 같은 식물의 여러 형태에서 찾을 수 있다. Phenolic acid, stilbenes, tannins, lignans, lignin 등과 같은 flavonoid와 식물유래 phenol들은 특히 잎과 꽃잎 조직, 줄기나 껍질과 같은 나무 부분에 일반적으로 존재한다. 이들은 식물체에서 성장 발달과 해충과 상처에 대한 방어 역할로 중요하며 flavonoid는 부분적으로 꽃, 열매와 잎에 색을 제공한다. Phenolic 성분들의 항산화적 활성은 주로 산화환원 특성에 의한 것으로 그 자체가 reducing agent, hydrogen donators, singlet oxygen quencher의 역할을 하며 금속이온에 대해 chelation potential을 가지고 있다. Caffeic, chlorogenic, ferulic, sinapic, μ -coumaric acid 등의 phenolic acid 들은 μ -hydroxybenzoic, vanillic and syringic acid 등과 같은 benzoic acid의 hydroxy 유도체보다도 항산화활성이 더 높은 것으로 나타나고 있다. 또한 α -tocopherol은 in vitro상에서 chain-breaking antioxydants로 가장 우수한 활성을 보이며, carotenoids 역시 산화적 손상에 대한 보호역할을 가지고 있으며, singlet oxygen은 β -carotene에 의해 매우 강하게 억제되는 것으로 알려져 있다.

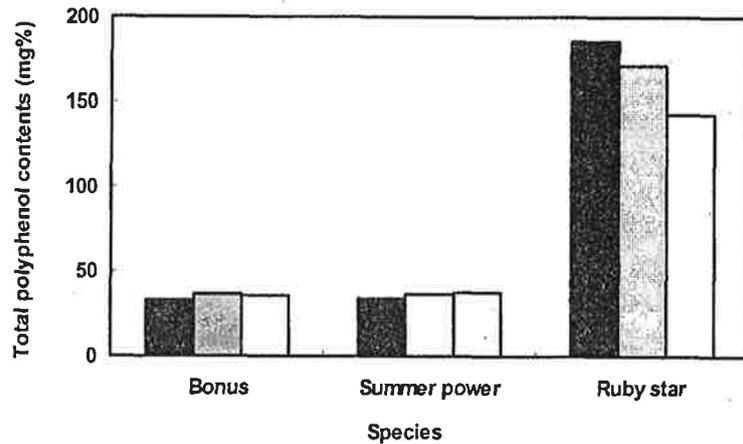


Fig. 13. Total polyphenol contents(mg%) of *Brassica oleracea* for three species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

바) Nitrite scavenging ability

발암에 관련된 물질로 알려진 nitrite는 독성을 가지고 있고, nitrate도 체내, 체외에서 효소작용에 의해 nitrite로 환원되기 때문에 일정농도 이상 섭취할 경우, 식품내의 amine류와 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 생성하고, 또한 혈액 중의 hemoglobin이 산화되어 methemoglobin을 형성하여 methemoglobin증 등의 각종 중독을 일으키는 것으로 알려져 있다. 따라서 이러한 아질산염을 소거·제거하여 그에 동반되는 질병을 억제할 수 있는 천연물 검색에 대한 연구가 필요하다. Ascorbate와 같은 환원물질이 아질산염과 반응하면 nitrosamine의 생성을 저해할 수 있으며, Gray 등은 phenolic 화합물인 tannic acid 유도체를 식품 보존료 및 N-nitrosamine 형성 저해제로 사용하였다. 또한 야채류나 향신료 등의 추출물이 nitrite를 제거하여 그 위험성을 저하시킬 수 있는 능력이 있는 것으로 알려져 있다.

품종 및 용매별 양배추 추출물의 아질산염 소거작용은 Table 5와 같다. 각 품종에

서 아질산염 소거능력은 추출용매에 따른 차이를 볼 수 없었으며, pH의 증가에 따라 감소하여 pH에 대해 의존적임을 알 수 있었다. 다만, pH 6.4에서 각 품종의 물 추출물은 에탄올 추출물에 비해 그 활성이 다소 높게 나타났다. 동복 및 썸머과워 품종은 소거능력이 서로 비슷하였으며, pH 1.2 조건에서는 70% 내외로 비교물질로 사용된 0.1 및 1% L-ascorbic acid 용액의 활성과 동등한 수준으로 나타났다. 위장 내의 낮은 pH 조건에서 nitrosamine이 쉽게 형성되므로 낮은 pH에서 아질산염 소거 작용이 큰 것은 nitrosamine 형성을 효과적으로 억제하는데 능력이 있음을 의미한다. 홍월적 품종은 pH 1.2에서 아질산염 소거 능력이 90% 이상으로 매우 높게 나타났고, 1% L-ascorbic acid 용액보다도 우수하였다. 즉, 홍월적 품종은 다른 품종에 비해 효과적으로 소거하는데 기여한 것으로 판단된다.

각종 phenol성 화합물은 산성조건에서 N-nitromopholine 형성, 즉 nitroso화 반응을 강력하게 억제하며, dihydrophenol류가 nitrous acid에 의해 quinone으로 산화되고 nitrous acid는 무해한 nitric oxide로 변화된다. 따라서 이러한 phenol성 화합물은 amine류와 반응할 수 있는 nitrite를 nitrite oxide로 변환시키며, phenol성 화합물 또한 nitrosating agent에 의해 자신이 산화되어 quinone으로 산화되는 항산화제로 작용하게 되므로 결과적으로 phenol 가운데 free hydroxy group의 수는 중요하게 되므로 이러한 phenol성 화합물의 촉매작용 기작은 C-nitrosate 후 quinone성 물질 중 caffeic acid, ferulic acid, catechol 등이 아질산과 반응하여 nitrosamine의 생성을 억제한다고 보고 된 바 있다.

Table 5. Nitrite scavenging ability of *Brassica oleracea* for extract condition¹⁾

unit : % (raw material)

Species	Et-OH conc.(%)	Nitrite scavenging ability (%)			
		pH 1.2	pH 3.0	pH 4.2	pH 6.4
Bonus	0	73.92	48.27	24.46	19.12
	50	72.65	44.49	12.50	6.52
	100	75.92	55.35	20.54	2.93
Summer power	0	74.0	44.55	15.06	16.37
	50	67.92	40.95	18.20	6.76
	100	75.54	51.49	20.83	6.89
Ruby star	0	99.04	57.50	42.03	20.13
	50	93.90	71.63	37.33	17.62
	100	97.13	68.11	26.34	7.75
1 % L-ascorbic acid		73.79	72.25	75.02	60.85
0.1 % L-ascorbic acid		74.10	67.62	41.47	26.70

¹⁾Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.

²⁾Means are three replication.

나. 양배추의 전처리 및 추출방법에 따른 유효성분 대량 추출 기술 개발

1) Yield(%)

각 품종의 양배추를 열풍건조의 방법으로 전처리 한 후 water, 50% 에탄올 및 100% 에탄올의 용매를 사용하였으며, 시료에 대한 용매의 양(v/w)을 각각 25, 50,

100 mL/g로 결정하여 품종, 용매 및 용매비에 따른 각각의 수율을 측정하였다.

가) 25 mL/g 추출 처리구

시료 대 용매비가 1:25의 비율인 추출구의 수율은 Table 6과 같다. 동복, 씬머파워 및 홍월적 품종의 수율은 사용한 에탄올 용매의 농도가 증가할수록 감소하였으며, 품종간의 차이는 크게 나타나지 않았다. 즉, water 추출구에서 각 품종의 수율은 59% 내외로 비슷하였으며, 에탄올 농도에 따라 각각 40, 25% 내외로 측정되었다.

Table 6. Yield of hot-air dried *Brassica oleracea* powder for three species and extract condition¹⁾

(unit:%, dry base)

Species	Et-OH conc.(%)	Yield (%)
Bonus	0	55.80
	50	44.44
	100	27.78
Summer power	0	59.63
	50	39.44
	100	20.74
Ruby star	0	59.88
	50	40.74
	100	20.62

¹⁾Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.

²⁾Means are three replication.

나) 50 mL/g 추출 처리구

시료 대 용매비가 1:50의 비율인 추출구의 수율은 Table 7과 같다. 동북, 씬머과워 및 홍월적 품종의 수율은 사용한 에탄올 용매의 농도가 증가할수록 감소하였으며, 품종간의 차이는 크게 나타나지 않았다. 즉, water 추출구에서 각 품종의 수율은 53% 내외로 비슷하였으며, 에탄올 농도에 따라 각각 50, 25% 내외로 측정되었다. 시료 대 용매비 1:25 비율과는 큰 차이를 나타내지 않았으나, 50% 에탄올 용매로 한 경우에 더 높은 수율을 얻을 수 있었다.

Table 7. Yield of hot-air dried *Brassica oleracea* powder for three species and extract condition¹⁾

(unit:%, dry base)

Species	Et-OH conc.(%)	Yield (%)
Bonus	0	58.97
	50	56.92
	100	32.05
Summer power	0	53.08
	50	52.82
	100	21.28
Ruby star	0	50.51
	50	49.48
	100	19.23

¹⁾Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 50 mL of ethyl alcohol.

²⁾Means are three replication.

다) 100 mL/g 추출 처리구

시료 대 용매비가 1:100의 비율인 추출구의 수율은 Table 8과 같다. 동복, 씬머과 워 및 홍월적 품종의 수율은 앞서 나타낸 결과와 마찬가지로 사용한 에탄올 용매의 농도가 증가할수록 감소하였다. 즉, water 추출구에서 각 품종의 수율은 60% 내외로 서로 비슷하였으며, 에탄올 농도에 따라 각각 50, 25% 내외로 측정되었다. 시료 대 용매비 1:25 및 1:50 비율과 비교했을 때 물 추출물의 수율이 좀 더 증가한 것으로 나타났으며, 동복 품종이 다른 품종에 비해 전반적으로 수율이 높게 측정되었다.

Table 8. Yield of hot-air dried *Brassica oleracea* powder for three species and extract condition¹⁾

(unit : %, dry base)

Species	Et-OH conc.(%)	Yield (%)
Bonus	0	65.15
	50	59.09
	100	36.36
Summer power	0	58.08
	50	53.54
	100	23.23
Ruby star	0	55.57
	50	47.47
	100	17.17

¹⁾Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1g and 100mL of ethyl alcohol.

²⁾Means are three replication.

2) Electron donating ability(EDA, %)

가) 25 mL/g 추출 처리구

전자공여능 측정은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) 라디칼 소거법으로 측정하는데 DPPH는 분자 내 radical을 함유하여 다른 free radical들과 결합하여 안정한 complex를 만들고 있어 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되며 이때의 DPPH의 고유의 청남색이 옅어지는 특성이 있고 이 색차를 비색 정량하여 전자공여능력을 측정한다. 화학적으로 유도된 radical이지만, lipoxygenase에 의한 지방산화반응계에서의 항산화 활성 측정과도 잘 부합한다.

Fig. 14, 15 및 16은 동복(Bonus), 썸머파워(Summer power), 홍월적(Ruby star) 등 3가지 양배추 품종에 대하여 열풍건조 시료 g당 25 mL의 추출용매에 따른 전자공여작용을 나타낸 것이다. 동복 품종의 전자공여작용은 에탄올 농도에 따라 85.31, 73.96, 63.53%로 물 추출물에서의 활성이 가장 높게 나타났다. Summer power 품종 역시 물 추출물에서 80.21%로 가장 높게 나타났다. 항산화제의 일종으로 널리 사용되고 있는 L-ascorbic acid를 1 및 0.1%의 수준에서 전자공여능력을 측정한 결과, 각각 100 및 89.54%로 높게 나타났다. 동복 및 썸머파워 품종의 전자공여능력은 1% 농도에는 미치지 못하나 0.1% L-ascorbic acid의 공여능력에 해당하는 것으로 나타났다. 또한, 홍월적(Ruby star) 품종의 경우 물, 50 및 100% 에탄올 추출구에서 각각 92.77, 97.54, 86.03%에 이르는 우수한 전자공여능력을 나타내었으며, 이들은 서로 유사한 수준을 나타내어 다른 품종과 달리 추출용매에 의한 영향은 볼 수 없었다. 또한 다른 품종에 비해 공여능력이 월등히 우수하며, 비교물질인 L-ascorbic acid의 작용과 거의 상등하는 수준으로 나타나 free radical에 대한 포집 능력이 우수한 것으로 판단되었다. 즉, 전자공여작용이 높다는 의미는 인체 내에서 장애를 일으키는 활성산소를 소거·제거할 수 있다는 기능이 높다는 뜻이다. 또한 전자공여능이 phenolic acids와 flavonoids 및 기타 phenol성 물질에 대한 항산화작용의 지표이며, 이러한 물질은 환원력이 큰 것일수록 전자공여능이 높다고 하였다. 따라서 홍월적(Ruby star) 품종의 경우 항산화효과를 나타내는 phenol성 물질이 다른 품종에 비해 많이 함유되어 있을 것으로 예상되며, 이에 따라 전자공여능을 비롯한 여러 가지 항

산화 활성이 높을 것으로 생각되었다. 산소가 에너지 획득반응의 말단에서 전자의 수여에 관여함으로써 산소는 1전자 환원된 superoxide를 생성하며 이렇게 생성된 superoxide는 계속 환원되어 H₂O를 생성한다. 이때 superoxide는 생체의 산화적 장애를 초래한다. 이러한 산화적 free radical을 소거·분해하는 항산화 물질의 검색 전 단계로 전자공여작용이 적용되고 있다.

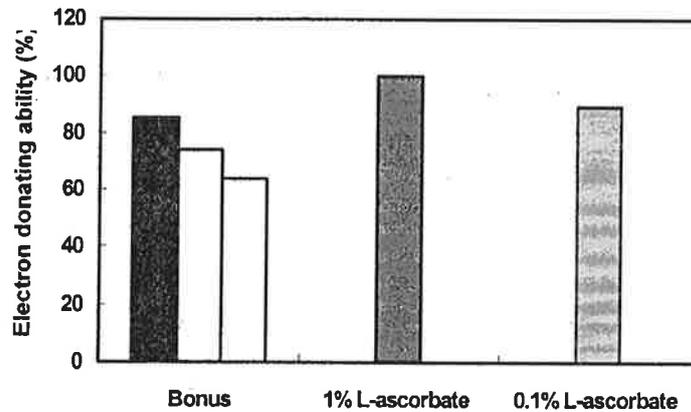


Fig. 14. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 25 mL of ethyl alcohol.)

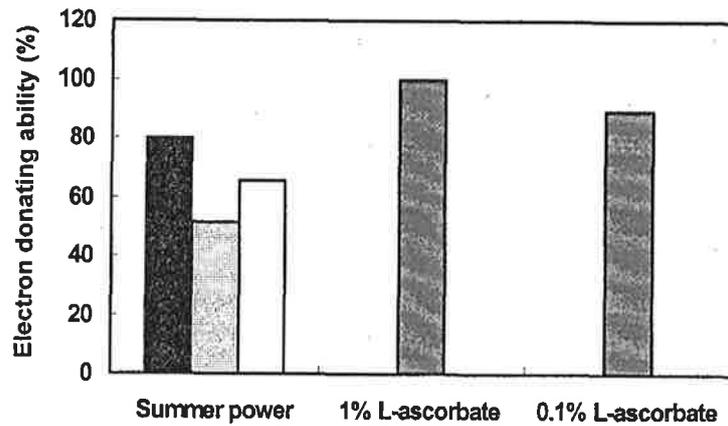


Fig. 15. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 25 mL of ethyl alcohol.)

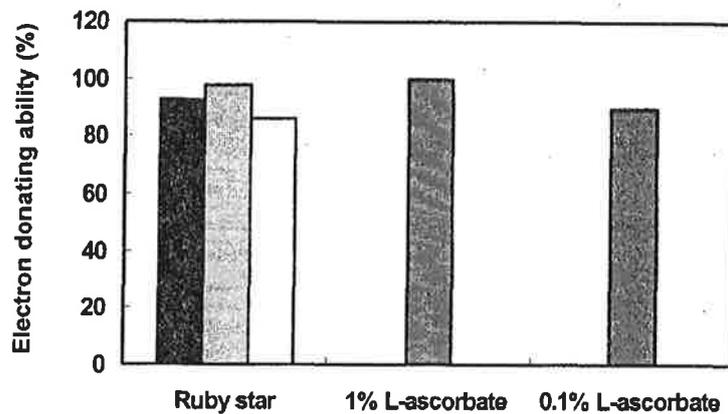


Fig. 16. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 25 mL of ethyl alcohol.)

나) 50 mL/g 추출 처리구

Fig. 17, 18 및 19는 동복(Bonus), 썸머파워(Summer power), 홍월적(Ruby star) 등 3가지 양배추 품종에 대하여 열풍건조 시료 g당 50 mL의 추출용매에 따른 전자공여작용을 나타낸 것이다. 동복 품종의 전자공여작용은 에탄올 농도에 따라 각각 62.40, 70.14, 70.73%로 시료 대 용매비 25 mL 처리구와는 달리 용매에 따른 영향은 볼 수 없었으며, 약간 낮은 수준으로 나타났다. Summer power 품종의 공여능력은 각각 71.14, 63.28, 69.92%로 동복 품종과 유사한 수준이었으며, 마찬가지로 용매에 의한 영향은 나타나지 않았다. 홍월적(Ruby star) 품종의 경우 물, 50 및 100% 에탄올 추출구에서 각각 88.91, 97.54, 96.75%에 이르는 우수한 전자공여능력을 나타내었으며, 이들 역시 에탄올 농도에 의한 영향은 볼 수 없었다. 또한 다른 품종에 비해 공여능력이 월등히 우수하며, 1% L-ascorbic acid 용액의 작용과 거의 상등하는 수준으로 나타나 free radical에 대한 포집 능력이 우수한 것으로 판단되었다. 즉, 전자공여작용이 높다는 의미는 인체 내에서 장애를 일으키는 활성산소를 소거·제거할 수 있다는 기능이 높다는 뜻이다. 또한 전자공여능이 phenolic acid와 flavonoids 및 기타 phenol성 물질에 대한 항산화작용의 지표이며, 이러한 물질은 환원력이 큰 것일수록 전자공여능이 높다고 하였다.

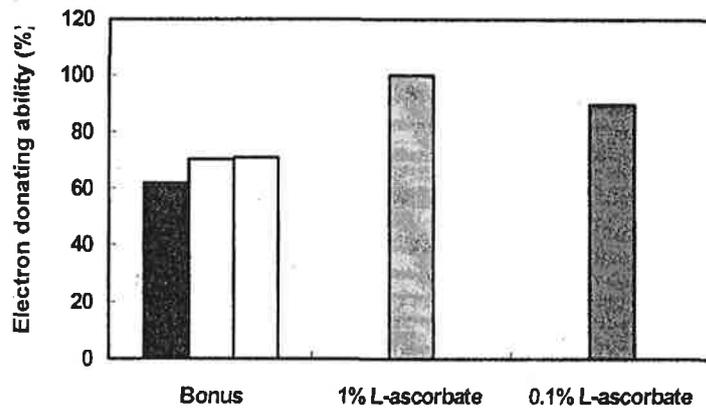


Fig. 17. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

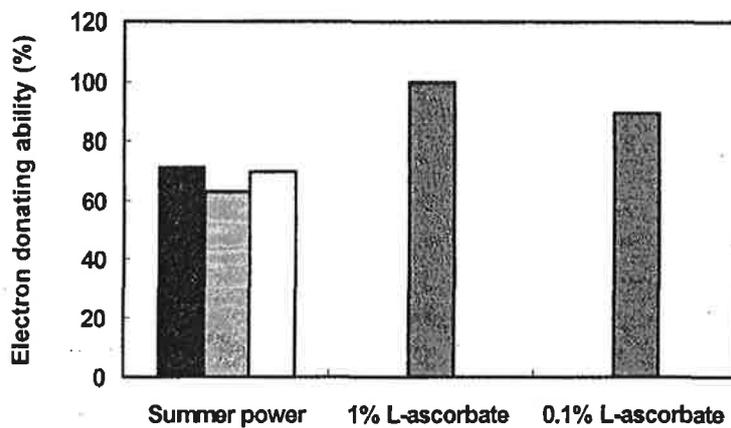


Fig. 18. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

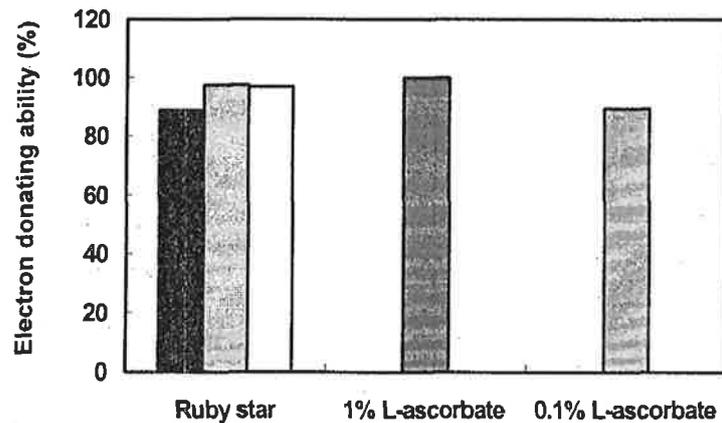


Fig. 19. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

다) 100 mL/g 추출 처리구

Fig. 20, 21 및 22는 동복(Bonus), 썸머파워(Summer power), 홍월적(Ruby star) 등 3가지 양배추 품종에 대하여 열풍건조 시료 g당 100 mL의 추출용매에 따른 전자공여작용을 나타낸 것이다. 동복 품종의 전자공여작용은 에탄올 농도에 따라 각각 73.52, 67.35, 51.94%로 시료 대 용매비 25 mL 처리구와 유사하게 에탄올의 농도가 증가할수록 공여능력은 감소하는 것으로 나타났다. 썸머파워(Summer power) 품종의 공여능력은 각각 70.56, 63.28, 64.98%로 동복 품종과 유사한 수준이었으며, 용매에 의한 영향은 나타나지 않았다. 홍월적(Ruby star) 품종의 경우 물, 50 및 100% 에탄올 추출구에서 각각 84.50, 98.54, 75.27%에 이르는 우수한 전자공여능력을 나타내었으며 50% 에탄올 처리구에서 가장 높게 나타났다. 이는 다른 품종에 비해 공여능력이 월등히 우수하며, 1% L-ascorbic acid 용액의 작용과 거의 상응하는 수준으로 나타났다. 전자공여작용이 높다는 의미는 인체 내에서 장애를 일으키는 활성산소를 소

거·제거할 수 있다는 기능이 높다는 뜻으로 생각할 수 있다. 또한 전자공여능이 phenolic acids와 flavonoids 및 기타 phenol성 물질에 대한 항산화작용의 지표이며, 이러한 물질은 환원력이 큰 것일수록 전자공여능이 높다고 하였다.

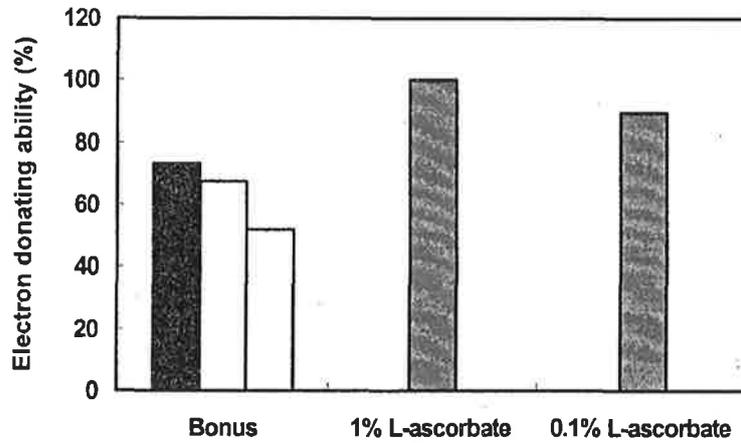


Fig. 20. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

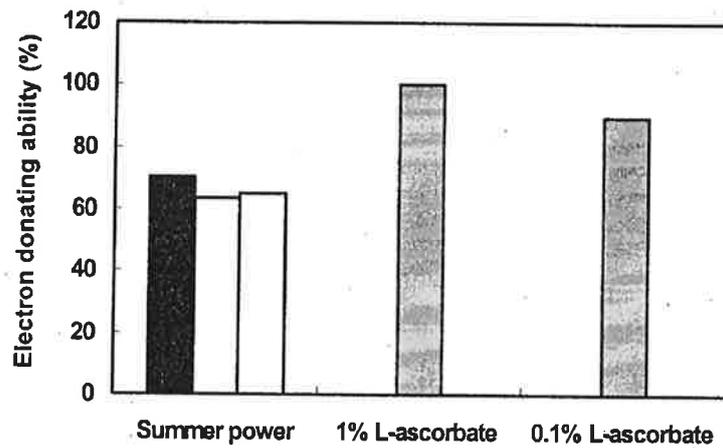


Fig. 21. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

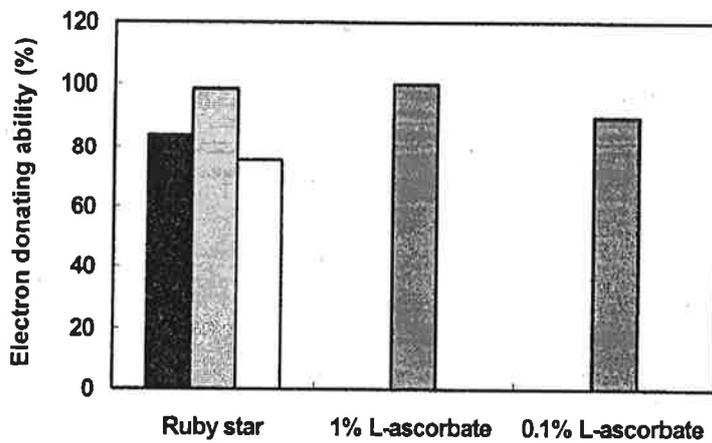


Fig. 22. Electron donating ability(EDA) of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

따라서 홍월적(Ruby star) 품종의 경우, 다른 품종에 비해 시료자체의 색이 특징적으로 짙은 자색을 띠고 있어 항산화효과를 나타내는 phenolic 물질이 많이 함유되어 있을 것으로 예상되며 이에 따라 전자공여능을 비롯한 여러 가지 항산화 활성이 높을 것으로 생각되었다. 결과적으로 전자공여능력에 대해 시료에 대한 추출용매의 비(v/w)는 각 수준에서 비슷한 값을 나타내서 크게 영향을 미치지 않는 것으로 생각되었다. 즉, 첨가한 용매의 양이 증가한다고 해서 공여능력이 유의적으로 크게 나타나지 않았다. 페놀성 물질 중 phenolic acid와 flavonoids 및 catechol류와 chlorogenic acid 등을 포함한 기타 페놀성 물질 등의 전자공여능 비교에서 작용의 크기는 환원력이 큰 것은 높은 값을 나타낸다.

3) SOD(Superoxide dismutase)-like activity

가) 25 mL/g 추출 처리구

SOD 유사활성 물질은 활성산소의 시발물질로, superoxide anion의 저해물질로는 생체 내 SOD라는 효소가 있지만, 이의 일종으로 SOD와 작용기작은 다르지만 인체 내에서의 역할이 유사하여 통상적으로 SOD 유사활성 물질이라 부른다. 일반적으로 과실, 채소류에는 비타민 C가 다른 식품소재에 비해 풍부하게 함유되어 있으며 비타민 C는 그 자체가 높은 SOD 유사활성을 나타내는 것으로 보고 되고 있다.

시료 g당 25 mL의 용매로 추출했을 때 에탄올 농도 및 품종에 따른 양배추의 SOD 유사활성을 Fig. 23, 24 및 25에 나타내었다. Fig. 22에서 보는 바와 같이, 동복(Bonus) 품종의 경우 물 추출구에서는 활성이 전혀 나타나지 않았으며, 50 및 100% 에탄올 추출구에서는 각각 60.08, 61.69%의 활성을 보여주었다. 이에 반해 1 및 0.1% L-ascorbic acid의 경우, 각각 95.25, 94.76%으로 매우 큰 활성이 나타나 보고 된 바와 같이 그 자체가 높은 SOD 유사활성을 나타내었다. 썸머파워(Summer power) 품종의 경우 마찬가지로 물 추출구에서는 활성이 없었으며, 50% 에탄올 추출구에서는 41.62%, 100% 에탄올 추출구에서는 59.00%로 나타나 100% 에탄올 추출구에서 가장 우수하게 나타났다(Fig. 24). 홍월적(Ruby star) 품종의 경우 물 추출물에서 미약하

나 10.44%의 활성을 나타내었으며, 50 및 100% 에탄올 추출구에서는 각각 67.44, 51.75%의 활성이 나타났다(Fig. 25). 결과적으로 양배추의 에탄올 추출물에서 superoxide 유사활성에 대하여 superoxide의 반응성을 억제하고 superoxide로 인한 산화적 장애를 방해하여 노화억제의 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각되었다.

SOD 정제 시 열안정이 뛰어나고 SOD와 유사한 활성을 나타내는 물질을 함께 정제하여 이를 SOD와 결합된 phenol류 물질인 것으로 보고한 바 있다. SOD 유사활성 물질은 효소가 아니지만 SOD와 유사한 역할을 하는 저분자 물질로 주로 phytochemical에 속하며, superoxide의 반응성을 억제하여 superoxide로부터 생체를 보호한다. 따라서 SOD 유사활성물질의 섭취로 인해 인체 내의 superoxide를 제거함으로써 산화적 장애를 방어하고 노화억제의 효과를 기대할 수 있다.

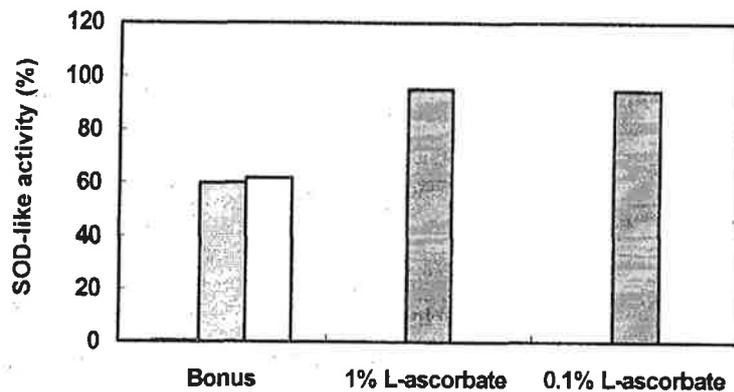


Fig. 23. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

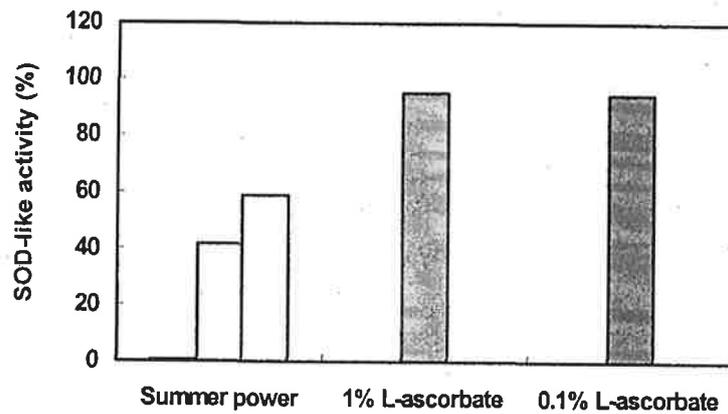


Fig. 24. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

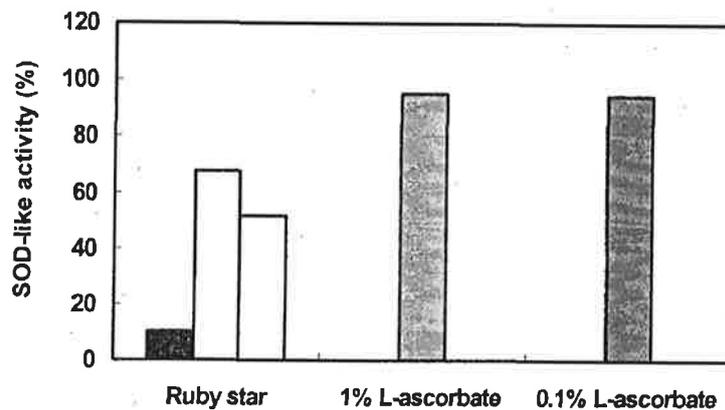


Fig. 25. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.)

나) 50 mL/g 추출 처리구

시료 g당 50 mL의 용매로 추출했을 때 에탄올 농도 및 품종에 따른 양배추의 SOD 유사활성을 Fig. 26, 27 및 28에 나타내었다. Fig 26에서 보는 바와 같이, 동북 (Bonus) 품종의 경우 물 추출구에서는 활성이 전혀 나타나지 않았으며, 50 및 100% 에탄올 추출구에서는 각각 45.71, 26.55%의 활성을 보여주었다. 썸머파워(Summer power) 품종의 경우 마찬가지로 물 추출구에서는 활성이 없었으며, 50% 에탄올 추출구에서는 63.63%, 100% 에탄올 추출구에서는 23.89%로 나타났다(Fig. 27). 홍월적 (Ruby star) 품종의 경우 물 추출구에서는 각각 68.63, 21.78%의 활성이 측정되었다 (Fig. 28). 용매비 25 mL 처리구에서는 50 및 100% 에탄올 추출구간의 차이가 크게 나타나지 않았으나 용매비 50 mL 처리구에서는 모든 품종의 50% 에탄올 추출구에서 SOD 유사활성이 가장 우수하게 나타났다.

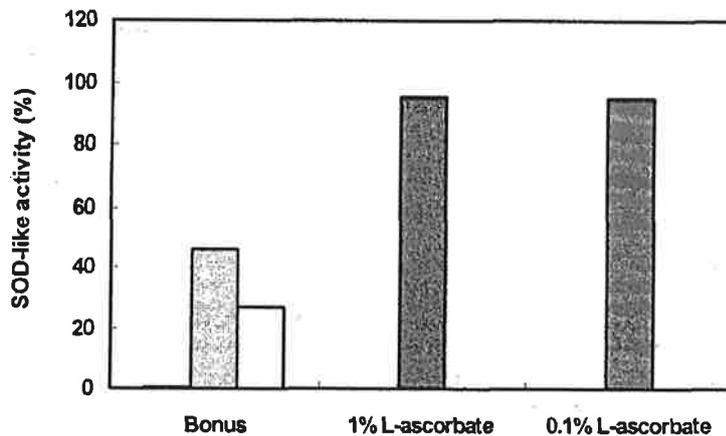


Fig. 26. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

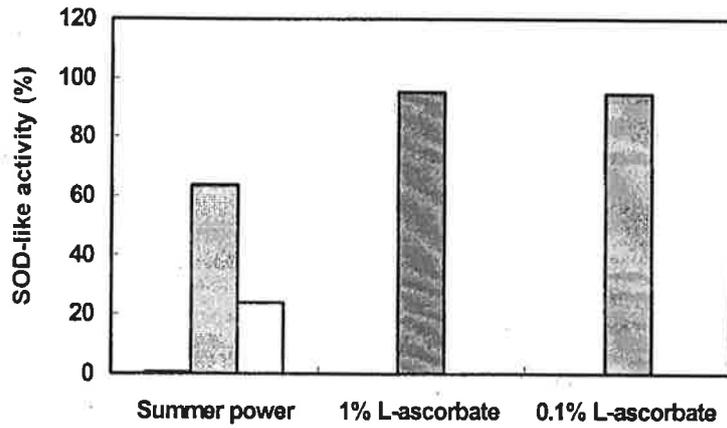


Fig. 27. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

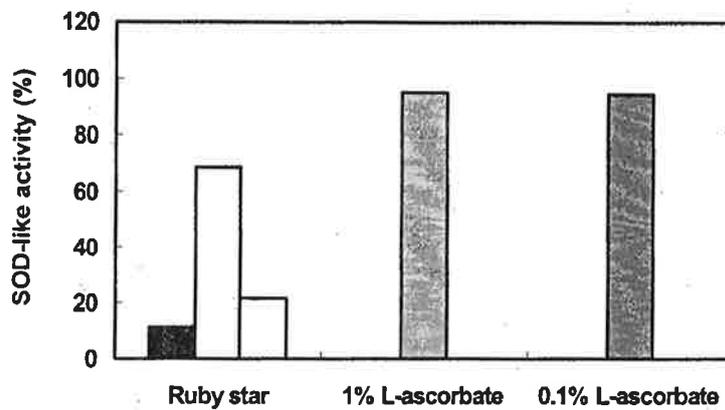


Fig. 28. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

다) 100 mL/g 추출 처리구

시료 g당 100 mL의 용매로 추출했을 때 에탄올 농도 및 품종에 따른 양배추의 SOD 유사활성을 Fig. 29, 30 및 31에 나타내었다. 동복(Bonus) 품종의 경우 다른 처리구와 마찬가지로 물 추출구에서는 활성이 전혀 나타나지 않았으며, 50 및 100% 에탄올 추출구에서는 각각 50.04, 31.81%의 활성을 보여주었다. 썸머파워(Summer power) 품종의 경우 역시 물 추출구에서는 활성이 없었으며, 50% 에탄올 추출구에서는 67.81%, 100% 에탄올 추출구에서는 33.16%로 나타났다(Fig. 30). 홍월적 품종의 경우 물 추출물에서 8.77%의 활성을 나타내었으며 50 및 100% 에탄올 추출구에서는 각각 81.84, 37.74%의 활성이 측정되었다(Fig. 31). 용매비 25 mL 처리구에서는 50 및 100% 에탄올 추출구간의 차이가 크게 나타나지 않았으나, 용매비 50 mL 처리구와 마찬가지로 모든 품종의 50% 에탄올 추출구에서 SOD 유사활성이 우수하게 나타났다. 홍월적 품종의 물 추출물은 다른 품종의 물 추출물이 SOD 유사활성을 전혀 나타내지 못한 반면, 미약하나마 10% 내외의 활성을 보여주었으며, 특히 50% 에탄올 추출구의 경우 80% 이상의 활성을 나타내어 홍월적 품종의 superoxide anion에 대한 저해 가능성을 판단할 수 있었다. 또한 전자공여작용에서와 마찬가지로 시료에 대한 용매비 역시 활성에 크게 영향을 미치지 못하였다.

본 실험에 사용된 세 가지 품종의 양배추에서 물 추출보다 에탄올 용매로 추출할 때 SOD 유사활성이 높게 나타나는 것으로 보아 항산화 물질이 용매 추출 시 더 많이 추출되는 것으로 생각되었다. 이는 여러 가지 식물체를 대상으로 SOD 유사활성을 측정한 보고에서 에탄올 추출보다 열수추출물이 효과가 크다는 결과와 다르게 나타났다. 그러나 복분자 딸기의 SOD 유사활성에 대한 보고에서 80% 메탄올, 75% 아세톤 및 열수 등과 같은 추출용매에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. 따라서 pyrogallol의 산화를 저해하는데 관여하는 물질은 식물체에 따라 추출양상이나 항산화 활성이 다르며, 본 실험에 사용된 양배추의 경우 SOD 유사활성을 나타내는 물질이 에탄올에 의해 추출되는 것으로 판단되었다.

물 추출물의 경우 전자공여작용은 1% L-ascorbic acid에 상응할 만큼 우수하였으나, SOD 유사활성은 나타나지 않았으며 에탄올 추출물의 경우도 그 활성이 전자공여능력에 비해 미약하였다. 따라서 특정물질이 생체의 산화 반응 또는 radical 반응

전반에 걸쳐 반응성을 억제하지는 못한다고 판단되며, 활성 산소의 종류나 radical source 및 반응기작에 따라 반응성을 억제할 수 있는 항산화 물질의 연구가 필요하다고 생각된다.

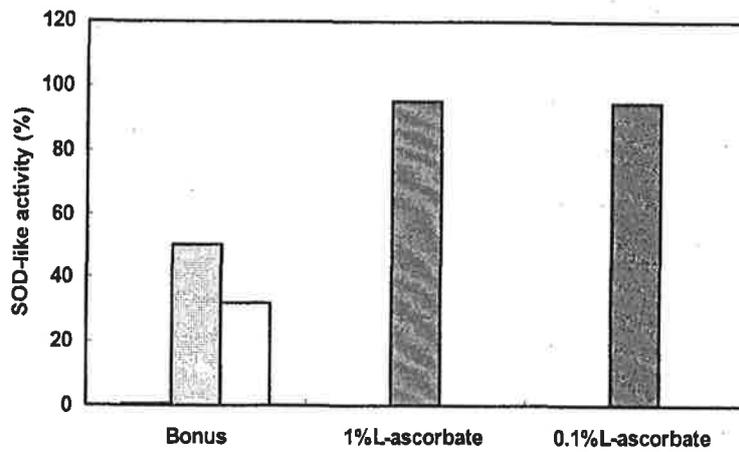


Fig. 29. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▣: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

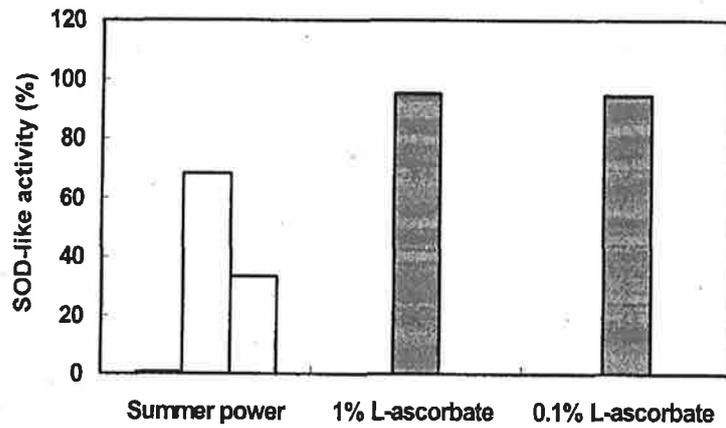


Fig. 30. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▣: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

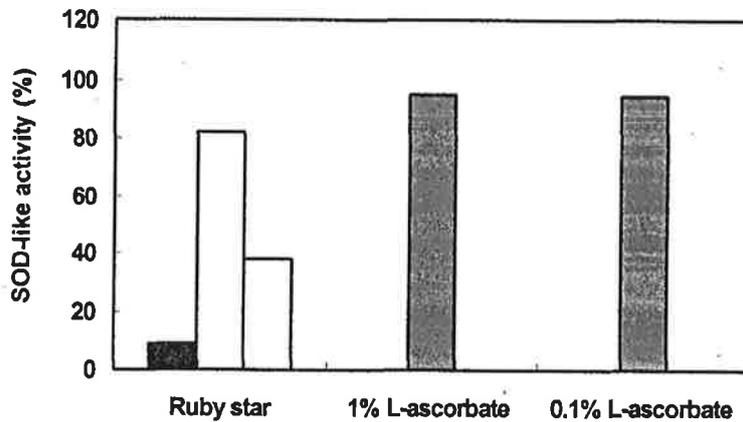


Fig. 31. Superoxide dismutase(SOD)-like activity of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▣: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

4) Tyrosinase inhibitory effects(%)

가) 25 mL/g 추출 처리구

Tyrosinase(Dihydroxy-L-phenylalanine oxygen oxidoreductase, EC 1.14.18.1)는 넓은 범위의 phenol화합물을 기질로 이용하여 효소적 갈변화를 일으키는 효소로 페놀성 물질들이 가공이나 저장 중에 갈변화하는 원인이 된다. 이를 저해함으로써 식품의 색깔뿐만 아니라 향미 및 영양가 등에 직·간접적으로 영향을 준다. Tyrosinase의 저해제로는 인체의 hyperpigmentation 치료에 이용되는 4-hydroxyanisole, hydroquinone, 4-hexyresorcinol tropolone, cinnamic acid, benzoic acid, kojic acid 등이 보고 되고 있으나 안전성, 경제성 등에 문제가 있다. 따라서 천연 식품소재에 함유된 항산화 활성물질을 포함한 기능성 물질을 규명하려는 연구가 활발히 진행되고 있는데 특히 차잎에서 추출된 페놀화합물 성분이 PPO(polyphenol oxidase) 효소활성을 저해하며, 무화과의 향기성분 resorcinol은 tyrosinase의 저해제로 잘 알려져 있다.

Fig. 32, 33 및 34는 동복, 씬머과워, 홍월적 등 데 품종의 물 추출물, 에탄올 추출물로 tyrosinase의 catechol에 대한 산화 갈변화 억제 효과를 측정된 결과이다. 동복 및 씬머과워 품종의 경우 물 추출물이 각각 44.50, 48.65% 이며, 50% 에탄올 추출물은 각각 60.34, 58.54% 그리고 100% 에탄올 추출물은 각각 34.50, 33.29%로 나타났다. 100% 에탄올 추출구의 저해활성이 가장 낮게 나타난 반면 50% 에탄올 추출구에서 가장 우수하였다. 특히 홍월적 품종의 경우 물 추출물에서 62.16%, 50 및 100% 에탄올 추출구에서는 각각 68.87% 및 36.37%로 다른 품종과 마찬가지로 50% 에탄올 추출구의 저해활성이 우수하였다. 비교물질인 1 및 0.1% L-ascorbic acid는 각각 100, 41.65%의 저해 효과를 나타내었는데, 모든 품종의 물 및 50% 에탄올 추출물의 경우 1% L-ascorbic acid의 저해 능력에는 미치지 못하나, 0.1% L-ascorbic acid보다 우수하였다.

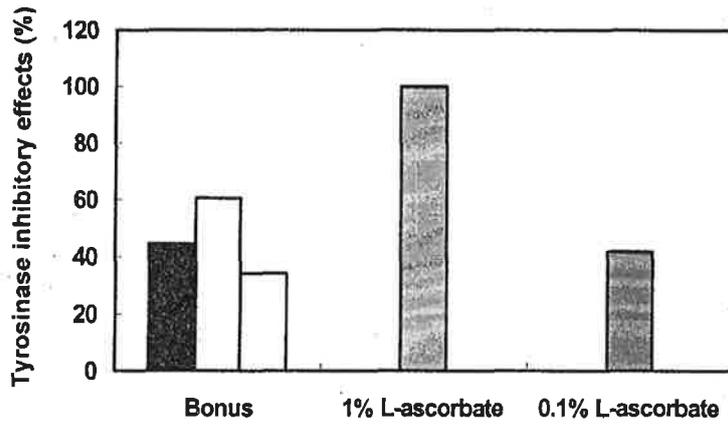


Fig. 32. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 25 mL of ethyl alcohol.)

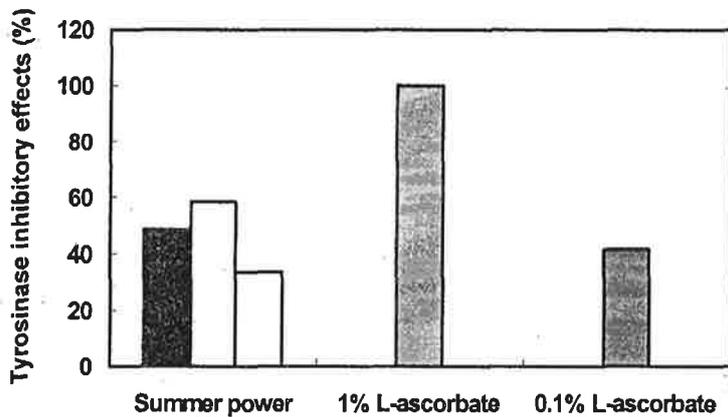


Fig. 33. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 25 mL of ethyl alcohol.)

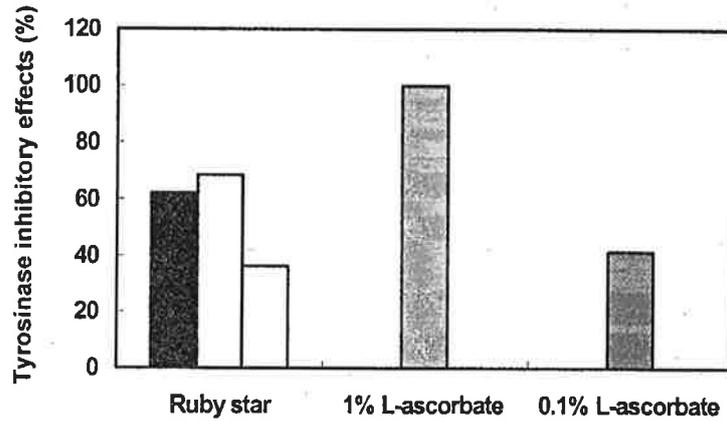


Fig. 34. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 25 mL of ethyl alcohol.)

나) 50 mL/g 추출 처리구

Fig. 35, 36 및 37은 시료 g당 용매비 50 mL로 추출한 동복, 썸머파워, 홍월적 품종의 tyrosinase의 catechol에 대한 산화 갈변화 억제 효과를 측정된 결과이다. 동복 및 썸머파워 품종의 경우 물 추출물이 각각 52.60, 51.48%이며, 50% 에탄올 추출물은 각각 47.24, 55.03%, 그리고 100% 에탄올 추출물은 각각 33.23, 33.31%로 나타났다. 25 mL 추출구와 달리 물 추출구와 50% 에탄올 추출구간의 차이는 크지 않았고 저해수준 또한 큰 차이를 보이지 않았으며, 100% 에탄올 추출구의 저해활성이 가장 낮게 나타나 유사한 추출특성을 보여주었다. 홍월적 품종의 경우, 물 추출물과 50 및 100% 에탄올 추출구에서는 각각 62.01, 62.59 및 38.80%로 나타나 다른 품종에 비해 물 추출구 및 50% 에탄올 추출구의 저해활성이 우수하였고, 용매비의 증가에 따른 저해활성의 차이는 나타나지 않았다. 모든 품종의 물 및 50% 에탄올 추출물의 경우 0.1% L-ascorbic acid 용액의 저해능력보다 우수하였다. 전반적으로 25 mL 용매비

와 활성의 차이가 크지 않아 용매비 증가에 따른 영향은 미치지 못하는 것으로 판단되었다.

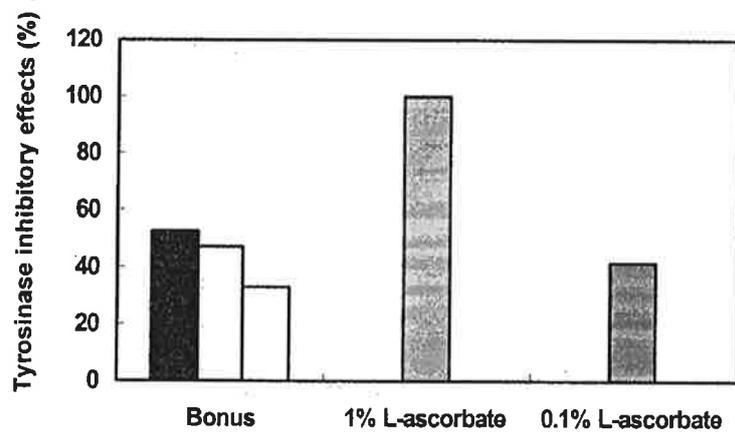


Fig. 35. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

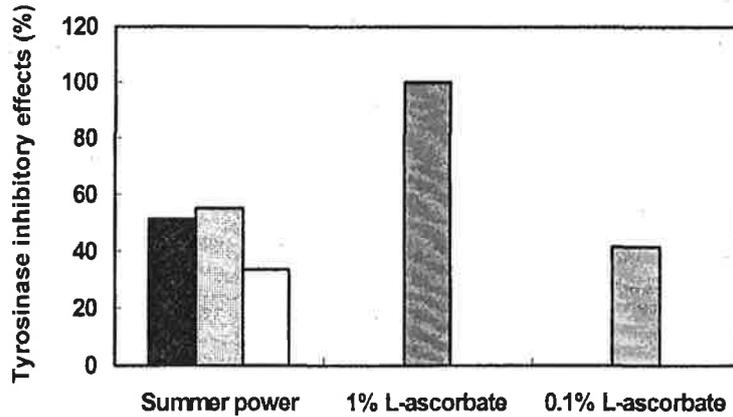


Fig. 36. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▣: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

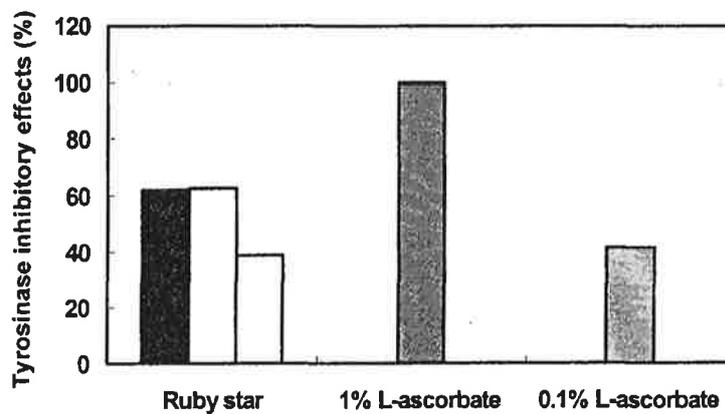


Fig. 37. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▣: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

다) 100 mL/g 추출 처리구

Fig. 38, 39 및 40은 시료 g당 용매비 100 mL로 추출한 동복, 썸머파워, 홍월적 품종의 tyrosinase의 catechol에 대한 산화 갈변화 억제 효과를 측정된 결과이다. 동복 및 썸머파워 품종의 경우 물 추출물이 각각 42.72, 48.53%이며, 50% 에탄올 추출물은 각각 43.36, 49.51%, 그리고 100% 에탄올 추출물은 각각 36.09, 47.38%로 나타났다. 50 mL 추출구와 마찬가지로 물 추출구와 50% 에탄올 추출구간이 차이는 크지 않았고 용매비 증가에 따른 저해수준 역시 큰 차이를 보이지 않았으며, 100% 에탄올 추출구의 저해활성이 가장 낮게 나타나 유사한 추출특성을 보여주었다. 홍월적 품종의 경우, 물 추출물과 50 및 100% 에탄올 추출구에서는 각각 59.69, 57.62 및 51.08%로 나타나 100% 에탄올 추출물 추출구 및 50% 에탄올 추출구의 저해활성이 우수하였고, 용매비의 증가에 따른 저해활성의 차이는 나타나지 않았다. 모든 품종의 물 및 50% 에탄올 추출물의 경우 0.1% L-ascorbic acid 용액의 저해능력보다 우수하였다. 전반적으로 25 및 50 mL의 용매비와 활성의 차이가 크지 않아 용매비 증가에 따른 영향은 미치지 못하는 것으로 판단되었다. Tyrosinase의 저해제로는 인체의 hypopigmentation 치료에 이용되는 4-hydroxyanisole, hydroquinone, 4-hexyresorcinol tropolone, cinnamic acid, benzoic acid, kojic acid 등이 보고되고 있으나 안전성, 경제성 등에 문제가 있다. 따라서 천연 식품소재에 함유된 항산화 활성물질을 포함한 기능성 물질을 규명하려는 연구가 활발히 진행되고 있는데 특히 차 잎에서 추출된 페놀화합물 성분이 PPO(polyphenol oxidase) 효소활성을 저해하며, 무화과의 향기성분 resorcinol은 tyrosinase의 저해제로 잘 알려져 있다.

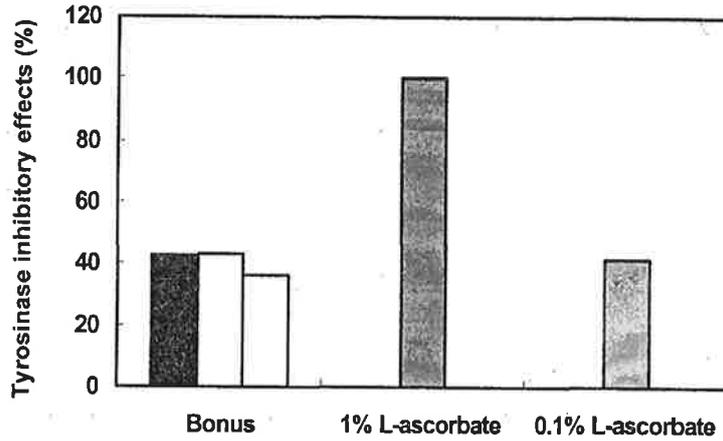


Fig. 38. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Bonus species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

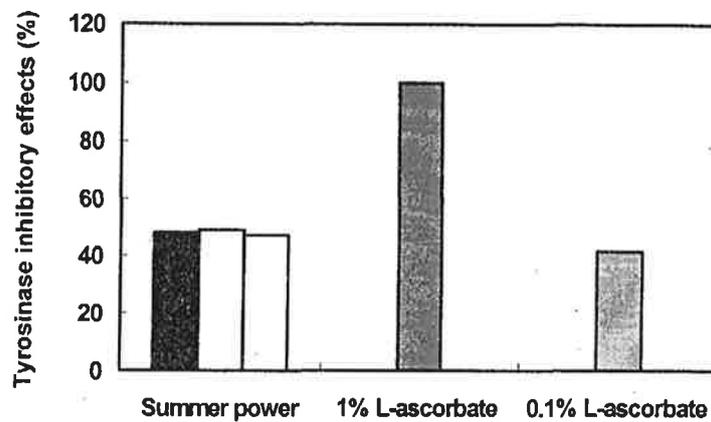


Fig. 39. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Summer power species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

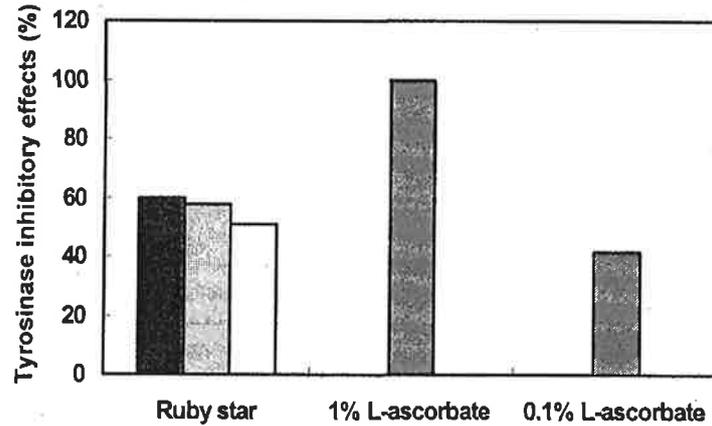


Fig. 40. Tyrosinase inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for Ruby star species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

5) Angiotensin I -converting enzyme inhibition activity

가) 25 mL/g 추출 처리구

고혈압은 발생기작에서 renin-angiotensin system이 혈압 조절에 매우 중요한 역할을 한다. 특히 angiotensin converting enzyme(ACE)는 renin에 의하여 생성된 decapeptide인 angiotensin I 으로부터 C-말단이 dipeptide를 가수분해시킴으로써 강력한 혈관수축작용을 갖는 octapeptide인 angiotensin II를 합성하는 단계에 관여하는 효소이다. 생성된 angiotensin II는 강력한 혈관수축작용을 가지며, ACE는 또한 혈관 이완작용을 가진 nonapeptide인 bradykinin을 불활성화시킴으로써 결과적으로 혈압을 상승시키는 작용을 가진다. Angiotensin II가 증가되면 catecholamine 값이 증가되고, 혈관이 수축되며 항이뇨 호르몬인 aldosterone의 분비가 촉진된다. 이에 따라 Na⁺ 및 수분배설이 억제되어 순환혈액량이 증가되어 혈압상승을 일으킨다. 따라

서 ACE 작용억제는 혈관수축을 막고 체내 수분저류를 막아 혈압을 낮추는 효과를 나타낸다.

동복, 썸머파워, 홍월적 등 세 가지 품종의 양배추에 대하여 시료 g당 25 mL의 추출용매에 따른 angiotensin I-converting enzyme 저해작용을 측정한 결과는 Fig. 41과 같다. 세 품종 모두 물 추출물의 활성이 각각 70.08, 72.98, 74.17%이었으며, 50% 에탄올 추출물의 경우 77.73, 65.77, 59.06%로 나타났다. 100% 에탄올 추출물은 각각 13.77, 48.30, 40.35%로 다른 추출용매에 비해 angiotensin 전환효소에 대한 저해활성이 낮은 경향이였다. 각 품종간의 효과는 거의 비슷한 수준이었으며, angiotensin I-converting enzyme 저해작용에 관여하는 양배추의 기능성 물질은 고농도의 용매에 의해서라기보다 물에서 더 많이 추출되는 것으로 생각되었다. 현재까지 Captopril(2-D-mercaptopropanoyl-L-proline), Enalapril과 같은 화학합성 ACE 저해제가 널리 상용되고 있지만, 높은 역가에 비해 미각이상, 백혈구 감소 등 부작용이 많아 안전성 측면에서 가치가 더 높은 천연물질에 대한 탐색과 개발에 대한 더 많은 연구가 필요하다. 단백질 유래 peptide 물질이 혈압강하의 효과가 있는 것으로 많이 보고 되고 있으며, 그 밖에 flavonoid, 탄닌류, 해조류, 장류 등에서 그 효과를 시험한 바 있다. Zuhair 등은 본태성 고혈압 쥐(spontaneously hypertensive rat)에 호박씨 투여 시 혈압강하 효과를 보고한 바 있다. Matsubara 등도 꿀과피에서 분리한 플라보노이드에 대하여 천연 ACE 저해제로서의 가능성을 제시하였다.

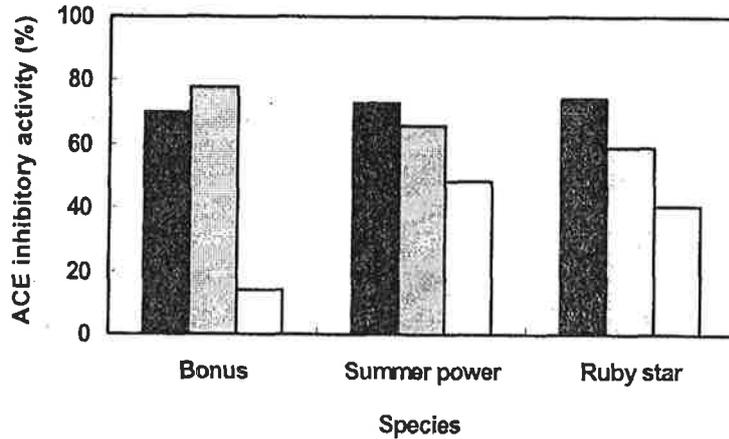


Fig. 41. Angiotensin I converting enzyme(ACE) inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for three species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 25 mL of ethyl alcohol.)

나) 50 mL/g 추출 처리구

시료 g당 50 mL의 추출용매에 따른 angiotensin I-converting enzyme 저해작용을 측정한 결과는 Fig. 42와 같다. 세 품종 무두 물 추출물의 활성이 각각 75.86, 63.62, 77.21%이었으며, 50% 에탄올 추출물의 경우 80.00, 17.65, 38.57%로 타나났다. 100% 에탄올 추출물은 각각 17.65, 4.89, 16.79%로 다른 추출용매에 비해 angiotensin 전환 효소에 대한 저해활성이 낮은 경향이였다. 각 품종간의 효과는 거의 비슷한 수준이었으며, angiotensin I-converting enzyme 저해작용에 관여하는 양배추의 기능성 물질은 고농도의 용매보다 물 및 50% 에탄올에서 더 많이 추출되는 것으로 생각되었다. 이러한 경향은 용매 25 mL 처리구와 동일하였으며, ACE 저해 수준 역시 큰 차이를 나타내지 않아 용매비 증가에 따른 영향을 판단할 수 없었다.

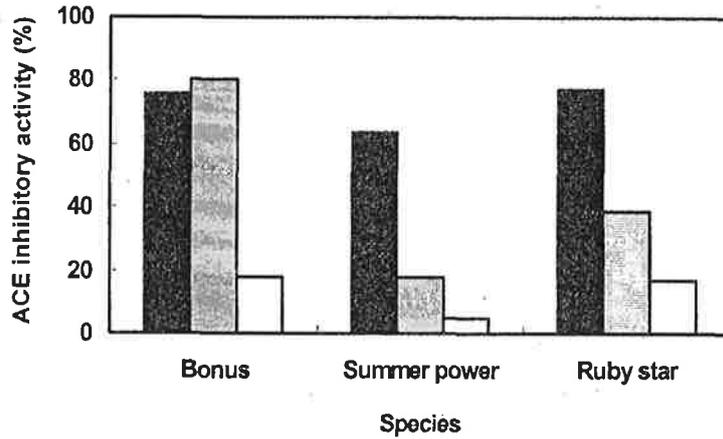


Fig. 42. Angiotensin I converting enzyme(ACE) inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for three species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

다) 100 mL/g 추출 처리구

시료 g당 100 mL의 추출용매에 따른 angiotensin I -converting enzyme 저해작용을 측정된 결과는 Fig. 43과 같다. 세 품종 모두 물 추출물의 활성이 각각 70.89, 59.43, 42.40%이었으며, 50% 에탄올 추출물의 경우 86.50, 82.88, 67.96%로 나타났다. 100% 에탄올 추출물은 다른 추출용매에 비해 angiotensin 전환 효소에 대한 저해활성이 낮은 경향을 나타내었다. 각 품종은 거의 비슷한 수준이었으며, 용매비 증가에 따른 영향을 확인 할 수 없었다. 천연 ACE 저해제로서는 1960년대 말 *Bothropsjararaca* 독사의 독에서 BPFs가 발견되었고 BPFs 중 nonapeptide인 SQ20881이 Engel 등에 의해서 우수한 ACE저해제로 제시되었다. 식품관련 분야에서는 우유, 대두, 옥수수, 정어리, 참치 등의 단백질 가수 분해물, 돼지혈장에서 분리된 peptide 등의 주로 C 말단에 proline을 가지는 peptide류, 감귤 및 과실류의 flavonoid 배당체류, 차성분의 카테킨류, tannin류 등이 있다. 이들 성분은 천연물이라는 측면에

서 안전성이 높지만 ACE 저해에 대한 역가가 captopril보다 최소한 20배 이상 낮아 우수한 ACE 저해능을 가지는 천연물질에 대한 탐색과 개발에 대한 연구가 필요하다.

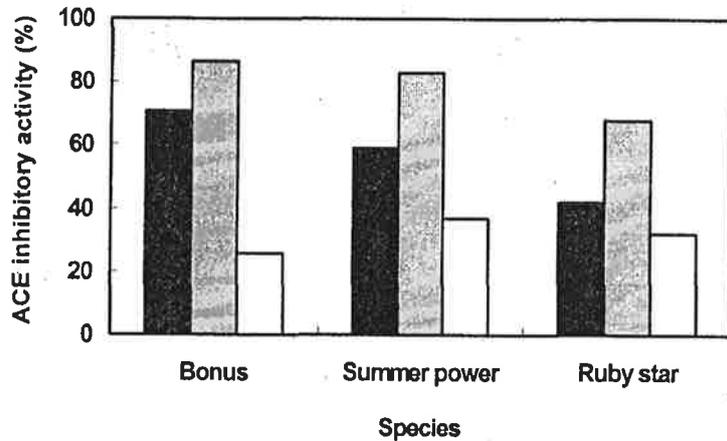


Fig. 43. Angiotensin I converting enzyme(ACE) inhibition effects(%) of *Brassica oleracea* for three species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

6) Total polyphenol contents

가) 25 mL/g 추출 처리구

동복, 씬머파워, 홍월적 등 세 가지 양배추 품종을 시료 g당 25 mL의 용매로 추출하였을 때 catechin을 기준물질로 하여 total polyphenol 함량을 Fig. 44와 같이 나타내었다. 동복 품종의 에탄올 농도가 0, 50, 100% 일 때 추출된 polyphenol의 함량은 각각 57.18, 100.20, 53.13 mg%로 측정되었으며, 씬머파워 품종의 경우, 각각 48.96,

71.49, 49.90 mg%로 나타났다. 동복 및 씬머파워 품종의 polyphenol 함량은 50% 에탄올 추출구에서 그 함량이 가장 좋게 나타났으며, 물 추출구와 100% 에탄올 추출구간은 비슷한 수준이었다. 홍월적 품종의 경우, 추출용매에 따라 polyphenol 함량이 424.46, 313.08, 72.45 mg%로 측정되었으며, 다른 품종에 비해 polyphenol 함량이 매우 높게 나타났다. 다른 품종과 마찬가지로 홍월적 품종은 물 추출구 및 50% 에탄올 추출구에서의 polyphenol 함량이 높게 나타나, 홍월적 품종의 phenol 물질은 고농도의 에탄올 용액보다는 물에 의해 더 많이 추출되는 것으로 판단되었다.

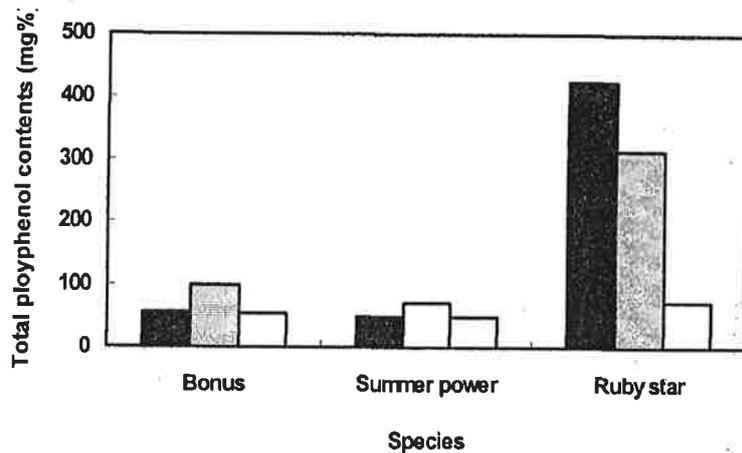


Fig. 44. Total polyphenol contents(mg%) of *Brassica oleracea* for three species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 25 mL of ethyl alcohol.)

나) 50 mL/g 추출 처리구

동복, 씬머파워, 홍월적 등 세 가지 양배추 품종을 시료 g당 50 mL의 용매로 추출하였을 때 catechin을 기준물질로 하여 total polyphenol 함량을 Fig. 45와 같이 나타

내었다. 동복 품종의 에탄올 농도가 0, 50, 100% 일 때 추출된 polyphenol의 함량은 각각 95.27, 84.43, 48.37 mg%로 측정되었으며, 썸머파워 품종의 경우, 각각 81.14, 76.72, 43.60 mg%로 나타났다. 동복 및 썸머파워 품종의 polyphenol 함량은 시료 g 당 25 mL 용매비에 비해 물 추출구에서 함량이 증가하여 가장 높은 수준으로 나타났으며, 50 및 100% 에탄올 추출구는 서로 비슷한 수준이었다. 홍월적 품종의 경우, 추출용매에 따라 polyphenol 함량이 305.74, 304.14, 80.11 mg%로 측정되었으며, 다른 품종에 비해 polyphenol 함량이 매우 높게 나타났다. 다른 품종과 마찬가지로 100% 에탄올 추출구에서의 polyphenol 함량이 가장 낮아 홍월적 품종의 phenol 물질은 물 및 저농도의 에탄올에 의해 더 많이 추출되는 것으로 판단되었다. 결과적으로 시료에 대한 용매비가 2배 이상 증가하였을 때 추출되는 총 polyphenol의 함량은 비례적으로 증가하지 않았으나, 물 추출물의 경우 그 함량이 크게 증가하였으며, 양배추에 함유된 polyphenol 물질은 고농도의 에탄올 용매에 대해 상대적으로 적게 추출되는 양상이 뚜렷하였다.

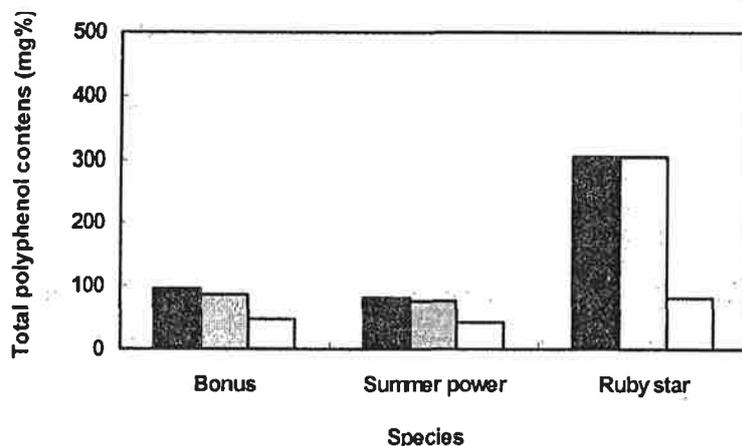


Fig. 45. Total polyphenol contents(mg%) of *Brassica oleracea* for three species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 50 mL of ethyl alcohol.)

다) 100 mL/g 추출 처리구

동복, 썸머과워, 홍월적 등 세 가지 양배추 품종을 시료 g당 100 mL의 용매로 추출하였을 때 catechin을 기준물질로 하여 total polyphenol 함량을 Fig. 46과 같이 나타내었다. 동복 품종의 에탄올 농도가 0, 50, 100% 일 때 추출된 polyphenol의 함량은 각각 79.29, 89.13, 60.08 mg%로 측정되었으며, 썸머과워 품종의 경우, 각각 81.85, 74.55, 62.72 mg%로 나타났다. 동복 및 썸머과워 품종의 polyphenol 함량은 물 추출구와 50% 에탄올 추출구간의 비슷한 수준이었으며, 100% 에탄올 추출구에서 그 함량이 가장 낮게 나타났다. 홍월적 품종의 경우, 추출용매에 따라 polyphenol 함량이 가장 낮게 나타났다. 다른 품종과 마찬가지로 물 추출구 및 50% 에탄올 추출구에서의 polyphenol 함량이 높게 나타나, 홍월적 품종의 phenol 물질은 고농도의 에탄올 용액보다는 물에 의해 더 많이 추출되는 것으로 판단되었다. 시료에 대한 용매가 증가하여도 추출되는 총 polyphenol의 함량에는 큰 차이가 없었으며, 물 및 50% 에탄올 용매에 대해 선택적인 추출특성을 나타내었다.

특히 홍월적 품종은 짙은 자색을 가진 품종으로 다른 품종에 비해 polyphenol 함량이 높았고, 이와 비례적으로 다른 품종에 비해 전자공여작용과 SOD 유사활성 및 tyrosinase 저해 능력에서 그 활성이 높게 나타났다. 이는 복분자 딸기의 antocyanin 색소를 활성탄에 의해 제거한 것이 제거하지 않은 경우보다 SOD 유사활성이 낮게 나온 것처럼 색소성분이 항산화성과 관련하여 여러 가지 기능적 역할을 하는 것으로 판단된다. 이에 뒷받침하여 품종별 고구마 에탄올 추출물의 항산화 정도를 비교하였을 때 유색 고구마인 자색 고구마와 황색고구마가 다른 품종에 비하여 항산화성이 높은 것으로 보고 된바 있다. 따라서 홍월적 품종의 생리적 기능이 뚜렷이 우수한 결과로 볼 때, 높은 함량의 polyphenol 물질 및 radical scavenger 역할을 하는 항산화제로서의 가능성을 판단할 수 있으므로 천연 식품소재에 함유된 항산화 활성물질을 포함한 기능성물질을 규명할 필요가 있을 것이다.

Phenolic compound는 일반적으로 식물체에서 발견되는데, 이들은 항산화 활성을 포함한 다양한 생리적 효과를 가지는 것으로 보고 되어 왔다. Phenolic 함량이 풍부한 과일, herb, 채소류, 곡류 등과 같은 식물체의 추출물에 대해 식품산업에서의 관심이 증대하고 있는데, 지질의 산화적 분해를 지연시켜 식품의 품질 및 영양가를 향

상시키기 때문이다. 항산화성 물질의 근원은 채소, 과일, 잎, oilseed, 곡류, 나무껍질 및 뿌리, spice류, herb 등과 같은 식물의 여러 형태에서 찾을 수 있다. Phenolic acid, stilbenes, tannins, lignans, lignin 등과 같은 flavonoid와 식물유래 phenol들은 특히 잎과 꽃잎 조직, 줄기나 껍질과 같은 나무 부분에 일반적으로 존재한다. 이들은 식물로 꽃, 열매와 잎에 색을 제공한다. Phenolic 성분들의 항산화적 활성은 주로 산화환원 특성에 의한 것으로 그 자체가 reducing agent, hydrogen donators, singlet oxygen quencher의 역할을 하며, 금속이온에 대해 chelation potential을 가지고 있다. Caffeic, chlorogenic, ferulic, sinapic, p-coumaric acid 등의 phenolic acid들은 p-hydroxybenzoic, vanillic and syringic acid 등과 같은 benzoic acid의 hydroxy 유도체보다도 항산화활성이 더 높은 것으로 나타나고 있다. 또한 α -tocopherol은 in vitro 상에서 chain-breaking antioxidants로 가장 우수한 활성을 보이며, carotenoids 역시 산화적 손상에 대한 보호역할을 가지고 있으며, singlet oxygen은 β -carotene에 의해 매우 강하게 억제되는 것으로 알려져 있다.

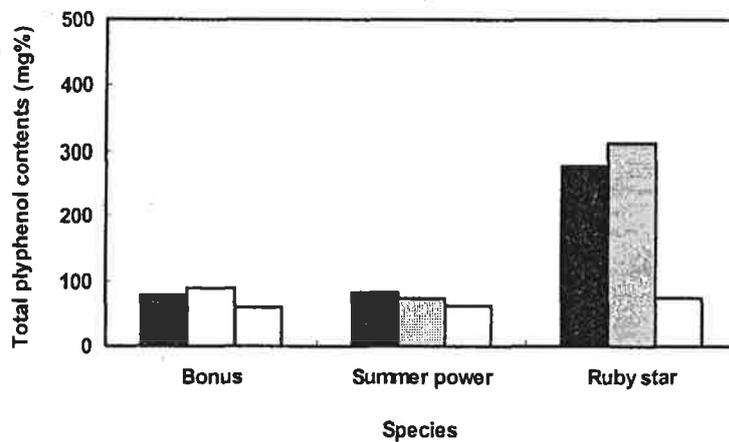


Fig. 46. Total polyphenol contents(mg%) of *Brassica oleracea* for three species and extraction solvents. (■: water, ▨: 50% Et-OH, □: 100% Et-OH, Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g(dry base) and 100 mL of ethyl alcohol.)

7) Nitrite scavenging ability

질산염은 식물체내, 소화관 및 식품의 저장 과정에서 질산 환원효소, 환원세균 등의 작용에 의해 아질산염으로 환원된다. 질산염을 많이 함유한 식품을 다량 섭취하게 되면, methemoglobin증 등 중독 증상이 발병되고 아질산염과 제 2급 및 3급 아민과의 nitroso화 반응은 위장 내의 낮은 산성 조건에서 쉽게 일어나며 발암 물질인 nitrosamine을 생성할 수 있게 되므로 이러한 아질산염을 소거, 제거하여 그에 동반되는 질병을 억제할 수 있는 천연물에 대한 검색이 많이 이루어지고 있다.

시료 g당 용매비를 달리하였을 때 품종 및 용매별 양배추 추출물의 아질산염 소거작용을 Table 9, 10 및 11과 같이 나타내었다. 시료 g당 25 mL의 용매를 첨가하였을 때 Table 9에 나타난 바와 같이 각 품종에서 아질산염 소거능력은 추출용매에 따른 차이를 볼 수 없었으며, pH의 증가에 따라 그 값은 감소하여 pH에 대해 의존적임을 알 수 있었다. 다만, pH 6.4에서 각 품종의 물 추출물은 에탄올 추출물에 비해 그 활성이 매우 높게 나타났다. 양배추 품종간의 소거능력은 서로 유사한 수준이었으며, pH 1.2 조건에서는 비교물질로 사용된 0.1 및 1% L-ascorbic acid 용액의 활성인 73% 보다도 높은 수준으로 나타났다. 위장 내의 낮은 pH 조건에서 nitrosamine이 쉽게 형성되므로 낮은 pH(pH 1.2)에서 아질산염 소거작용이 큰 것은 nitrosamine 형성을 효과적으로 억제하는데 능력이 있음을 의미한다. 시료 g당 50 mL의 용매를 첨가하였을 때, 각 품종의 아질산염 소거능력은 pH 1.2 조건에서 모두 90% 이상으로 나타났고, pH가 증가할 때의 소거능력은 시료 g당 25 mL의 추출용매에 비해 전반적으로 우수하였으며, 추출용매에 무관한 것으로 나타났다(Table 10). Table 11에 나타난 바와 같이 추출용매가 100 mL로 증가하였을 때도 아질산염에 대한 소거활성은 80% 이상으로 높은 소거능력을 보였으며, 에탄올 농도에 의한 소거활성의 차이는 크게 영향 받지 않는 것으로 판단되었다. 즉, 세 가지 양배추 품종의 물 및 에탄올 추출물은 1% L-ascorbic acid 용액의 질산염에 대한 소거능력보다도 우수하였으며 이러한 결과는 야채류나 향신료 등의 추출물이 nitrite를 제거하여 그 위험성을 저하시킬 수 있는 능력이 있다는 보고와 일치하였다.

각종 phenol성 화합물은 산성조건에서 N-nitromopholine형성, 즉 nitroso화 반응을

강력하게 억제하며, dihydrophenol류가 nitrous acid에 의해 quinone으로 산화되고 nitrous acid는 무해한 nitric oxide로 변화된다. 따라서 이러한 phenol성 화합물은 amine류와 반응할 수 있는 nitrite를 nitrite oxide로 변환시키며, phenol성 화합물 또한 nitrosating agent에 의해 자신이 산화되어 quinone으로 산화되는 항산화제로 작용하게 되므로 결과적으로 phenol 가운데 free hydroxy group의 수는 중요하게 되며 이러한 phenol성 화합물의 촉매작용 기작은 C-nitrosate 후 quinone monoxine tautomer로 되어 N_2O_3 와 반응하여 N-nitrosating agent를 생성한다. Phenol성 물질 중 caffeic acid, ferulic acid, catechol 등이 아질산과 반응하여 nitrosamine의 생성을 억제한다고 보고 된바 있다.

Table 9. Nitrite scavenging ability of hot-air dried *Brassica oleracea* powder for extract condition¹⁾

unit : % (dry base)

Species	Et-OH conc.(%)	Nitrite scavenging ability (%)			
		pH 1.2	pH 3.0	pH 4.2	pH 6.4
Bonus	0	85.81 ²⁾	52.29	46.50	42.90
	50	85.73	34.08	12.53	0.65
	100	81.57	41.34	20.11	13.18
Summer power	0	77.71	49.95	43.59	41.10
	50	81.44	30.47	6.66	0.09
	100	75.81	32.84	19.78	7.43
Ruby star	0	85.38	55.41	44.10	40.96
	50	64.18	33.81	2.14	-
	100	70.44	31.87	11.99	7.44
1 % L-ascorbic acid		73.79	72.25	75.02	60.85
0.1 % L-ascorbic acid		74.10	67.62	41.47	26.70

¹⁾Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 25 mL of ethyl alcohol.

²⁾Means are three replication.

Table 10. Nitrite scavenging ability of hot-air dried *Brassica oleracea* powder for extract condition¹⁾

unit : % (dry base)

Species	Et-OH conc.(%)	Nitrite scavenging ability (%)			
		pH 1.2	pH 3.0	pH 4.2	pH 6.4
	0	90.00 ²⁾	62.20	47.80	39.60
Bonus	50	91.60	60.19	33.55	37.42
	100	93.12	49.12	40.33	29.57
	0	90.67	55.72	46.63	38.87
Summer power	50	91.73	55.70	30.44	28.67
	100	85.47	45.02	34.21	25.72
	0	95.10	73.35	47.70	35.98
Ruby star	50	99.76	69.75	41.69	38.20
	100	91.33	52.81	39.12	30.26
1 % L-ascorbic acid		73.79	72.25	75.02	60.85
0.1 % L-ascorbic acid		74.10	67.62	41.47	26.70

¹⁾Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 50 mL of ethyl alcohol.

²⁾Means are three replication.

Table 11. Nitrite scavenging ability of hot-air dried *Brassica oleracea* powder for extract condition¹⁾

unit : % (dry base)

Species	Et-OH conc.(%)	Nitrite scavenging ability (%)			
		pH 1.2	pH 3.0	pH 4.2	pH 6.4
	0	88.90 ²⁾	32.09	19.09	15.26
Bonus	50	97.42	40.63	6.45	0.34
	100	89.41	39.04	2.89	-
	0	92.20	23.74	18.45	12.83
Summer power	50	98.52	36.84	8.85	1.21
	100	83.94	33.73	3.17	-
	0	77.62	48.55	13.23	9.83
Ruby star	50	94.06	37.27	10.64	1.03
	100	81.08	38.55	1.62	-
1 % L-ascorbic acid		73.79	72.25	75.02	60.85
0.1 % L-ascorbic acid		74.10	67.62	41.47	26.70

¹⁾Extraction was performed for one hour at 50°C on mixture composed 1 g and 100 mL of ethyl alcohol.

²⁾Means are three replication.

2. 양배추의 최적 추출조건 설정 및 추출공정별 양배추 추출물의 특성 비교

가. 양배추의 최적 추출조건 설정

본 실험에서는 반응표면 분석법(response surface methodology, RSM)을 이용하여 추출물의 이화학적 특성을 모니터링 하였다. 추출조건에 대한 실험계획은 중심합성계획을 사용하였으며, SAS(statistical analysis system) program을 사용하여 회귀분석에 사용하였다. 실험계획은 Table 1과 같이 시료에 대한 용매비(10, 15, 20, 25, 30 mL/g), 에탄올 농도(0, 25, 50, 75, 100%), 추출온도(35, 50, 65, 80, 95℃)를 -2, -1, 0, 1, 2의 5단계로 부호화 하였다. Table 1에 나타난 독립변수(X_i)는 중심합성계획에 따라 Table 2와 같이 16구간으로 설정하여 추출실험을 실시하였다. 또한 이들 독립변수에 영향을 받는 종속변수(Y_i)는 수율, 총 폴리페놀 함량, 전자공여능, tyrosinase 저해효과, 아질산염 소거능, SOD 유사활성으로 하였으며, 각 조건별 3회 반복 측정하여 그 평균값을 회귀분석에 사용하였다.

중심합성계획에 의한 16구간의 추출조건에 따라 추출실험을 실시하여 얻어진 결과는 Table 12, 16 및 20에 나타내었다. 각각의 결과를 이용하여 반응표면 회귀분석을 실시하고 각 반응변수에 대한 회귀식을 얻어 Table 13, 17 및 21에 나타내었다. 또한 변수에 대한 추출조건의 영향과 최적 추출조건과 품질특성 값을 예측하여 Table 14, 15, 18, 19, 22 및 23에 나타내었으며, 이들의 4차원 반응표면은 시료에 대한 용매비와 에탄올 농도 및 추출시간을 독립변수로 하여 Fig. 47~68에 각각 나타내었다.

최적 추출조건은 반응변수인 추출물의 특성 즉, 수율, 전자공여능, SOD 유사활성의 4차원 반응표면을 superimposing하여 중복되는 부분의 범위로 예측하여 Fig. 69~71 및 Table 24에 나타내었다. 또한 예측된 범위에서 임의의 점을 설정한 후 회귀식에 대입하여 최적값들을 예측한 결과를 Table 25에 나타내었다.

1) 양배추의 최적 추출조건 설정 시험

가) 동복(Bonus)

중심합성계획에 의한 추출조건별 결과는 Table 12에 나타내었으며, 결과에 대한 반응표면 회귀식은 Table 13에 나타내었다. 수율에 대한 회귀식의 R^2 는 0.8177이고 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 실시하여 본 결과, 수율의 최대값은 44.07%이었고, 이때의 요인변수들의 값은 시료에 대한 용매비 27.94 mL/g, 에탄올 농도 24.35% 및 추출온도 55.21°C이었다 (Table 14). 수율에 대한 반응표면은 Fig. 46에서와 같이 시료에 대한 용매비가 증가할수록 증가되는 경향을 나타내었다. 수율에 대한 추출조건의 영향은 Table 15에서와 같이 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받고 있었으며, 시료에 대한 용매비와 추출온도에 대한 영향은 적은 것으로 나타났다.

총 폴리페놀 함량에 대한 회귀식의 R^2 는 0.3881로 유의성이 인정되지 않았다. 전자공여능에 대한 회귀식의 R^2 는 0.8177로 10% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 예측된 정상점은 최대점으로 최대 전자공여능은 48.44%로 예측되었다. 이 예측값을 추출할 수 있는 조건은 시료에 대한 용매비 21.11 mL/g, 에탄올 농도 58.53% 및 추출온도 68.83°C로 Table 14와 같이 나타났으며, 전자공여능에 대한 반응표면은 Fig. 48에 나타내었다. Fig. 48에서 보는 바와 같이 전자공여능은 시료에 대한 용매비 15~25 mL/g, 에탄올 농도 30~90% 및 추출온도 50~90°C에서 가장 높은 것으로 나타났다. 전자공여능에 대한 추출조건의 영향은 Table 15에서와 같이 에탄올 농도에 가장 크게 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

Tyrosinase 저해효과에 대한 회귀식의 R^2 는 0.8899로 5% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 실시하여 본 결과 최대값은 68.94%로 나타났다. 이때의 추출조건은 Table 14에서와 같이 시료에 대한 용매비 24.08 mL/g, 에탄올 농도 10.49% 및 추출온도 78.71°C이었다. Fig. 49에서 보는 바와 같이 tyrosinase 저해효과는 에탄올 농도가 낮을수록, 시료에 대한 용매비가 높을수록 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 추출조건에 대한 영향은 Table 15에서와 같이 에탄올 농도에 가장 크게 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 시료에 대한

용매비와 추출온도에 대해서는 적은 영향을 받는 것으로 나타났다.

추출조건에 따른 아질산염 소거능은 Table 12와 같이 pH에 따른 영향이 크게 나타났다. pH 1.0, 3.0 및 4.2에 따른 아질산염 소거능에 대한 추출물의 회귀식의 R^2 는 각각 0.8317, 0.8230 및 0.8357이고, 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 이때 예측된 정상점은 pH 1.0에서 최소점, pH 3.0에서 최대점 및 pH 4.2에서 안장점을 나타내었다. 최대값은 각각 90.16%, 68.71% 및 34.46%로 예측되었다. 이때 58% 이상의 높은 아질산염 소거능을 나타내는 pH 1.0에서는 시료에 대한 용매비 10.62 mL/g, 에탄올 농도 66.80% 및 추출온도 62.39°C가 가장 높은 값을 나타내었으며, pH 3.0에서는 시료에 대한 용매비 20.71 mL/g, 에탄올 농도 30.33% 및 추출온도 64.61°C이었다. 또한 pH 4.2에서 최대값을 나타내는 조건은 시료에 대한 용매비 18.77 mL/g, 에탄올 농도 0.38% 및 추출온도 65.16°C로 나타났다. 추출조건에 따른 아질산염 소거능에 대한 반응표면을 살펴보면 pH 1.0(Fig. 50)에서는 시료에 대한 용매비가 낮고, 추출온도가 50~90°C에서 아질산염 소거능은 증가하는 경향을 나타내었으며, pH 3.0(Fig. 51)과 pH 4.2(Fig. 52)에서는 에탄올 농도가 낮을수록 아질산염 소거능이 증가하였다. Table 15에서 보는 바와 같이 아질산염 소거능에 대한 추출조건의 영향은 pH 1.0에서는 시료에 대한 용매비의 영향이 가장 크게 나타났으며, pH 3.0과 4.2에서는 에탄올 농도에 의한 영향이 가장 큰 것으로 나타났다.

SOD 유사활성에 대한 추출물의 회귀식의 R^2 는 0.9520으로 유의성이 1% 이내의 유의수준에서 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점으로 나타나 능선분석을 실시하였다. 그 결과 최대값은 24.78%로 나타났으며, 이때의 추출조건은 시료에 대한 용매비 22.66 mL/g, 에탄올 농도 45.69% 및 추출온도 93.81°C일 때로 나타났다(Table 14). SOD 유사활성에 대한 반응표면은 Fig. 53에 나타내었다. 에탄올 농도가 50% 정도에서 추출온도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 추출조건에 대한 영향은 Table 15에서 보는 바와 같이 SOD 유사활성은 에탄올 농도와 추출온도에 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 시료에 대한 용매비에 대한 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 12. Experimental data on yield, polyphenol, electron donating ability, tyrosinase inhibition, nitrite-scavenging ability and superoxide dismutase(SOD)-like activity of cabbage(Bonus) by central composite design for response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Yield (%)	Polyphenol content (%)	Electron donating ability (%)	Tyrosinase inhibition (%)	Nitrite-scavenging ability (%)			SOD-like activity (%)
					pH 1.0	pH 3.0	pH 4.2	
1	31.000	0.292	20.915	51.267	81.919	61.797	28.162	0.000
2	31.250	0.129	31.152	62.416	82.838	68.027	28.135	15.009
3	30.125	0.281	37.054	40.791	80.416	46.834	4.718	17.671
4	37.250	0.219	46.350	43.999	77.008	33.559	1.870	22.424
5	39.875	0.181	27.884	63.601	78.834	64.058	25.903	0.000
6	37.500	0.164	34.638	66.141	74.177	59.434	25.039	15.251
7	31.500	0.179	41.891	38.733	60.420	45.463	5.274	14.938
8	41.875	0.246	48.650	52.967	58.712	23.956	2.297	19.135
9	40.125	0.204	45.420	49.003	70.293	66.492	9.697	17.307
10	40.875	0.175	45.315	46.449	70.892	66.659	9.688	18.820
11	27.500	0.077	27.739	35.676	86.135	50.916	8.177	16.787
12	44.125	0.169	42.481	51.889	72.743	61.848	9.212	21.373
13	39.125	0.169	21.339	61.113	77.110	54.434	25.802	0.000
14	23.000	0.131	25.864	32.787	75.723	39.431	1.192	12.874
15	36.750	0.121	28.641	45.668	79.543	49.547	8.046	0.000
16	39.855	0.181	32.321	56.682	68.785	37.000	2.139	27.215

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

Table 13. Polynomial equations calculated by RSM program for extraction conditions of cabbage(Bonus)

Response	Second order polynomial equations ¹⁾	R ²	Significance
Yield	$Y_Y = -0.749271 + 2.943229X_1 + 0.056979X_2 + 0.059438X_3$ $- 0.046875X_1^2 - 0.009125X_1X_2 - 0.003775X_2^2$ $+ 0.001042X_1X_3 + 0.006542X_2X_3 - 0.002442X_3^2$	0.8177	0.0978
Polyphenol content	$Y_{PC} = 0.525785 - 0.002829X_1 - 0.002241X_2 - 0.006918X_3$ $- 0.000665X_1^2 + 0.000001000X_1X_2 - 0.000015800X_2^2$ $+ 0.000458X_1X_3 + 0.000061667X_2X_3 - 0.000042778X_3^2$	0.3881	0.8815
Electron donating ability	$Y_{EDA} = -134.737347 + 5.509517X_1 + 1.128295X_2 + 2.534897X_3$ $- 0.102575X_1^2 - 0.003318X_1X_2 - 0.008706X_2^2$ $- 0.010033X_1X_3 - 0.000312X_2X_3 - 0.016541X_3^2$	0.8177	0.0979
Tyrosinase inhibition	$Y_{TI} = 37.263618 + 2.465446X_1 - 0.176262X_2 - 0.419810X_3$ $- 0.039435X_1^2 - 0.009149X_1X_2 - 0.000310X_2^2$ $+ 0.004028X_1X_3 + 0.001251X_2X_3 + 0.003832X_3^2$	0.8899	0.0265
Nitrite-scavenging ability	<p>pH 1.0</p> $Y_{pH1.0} = 124.629583 - 2.751675X_1 + 0.217852X_2 - 0.490258X_3$ $+ 0.088465X_1^2 - 0.026546X_1X_2 + 0.002330X_2^2$ $- 0.006460X_1X_3 - 0.000459X_2X_3 + 0.003968X_3^2$	0.8317	0.0802
	<p>pH 3.0</p> $Y_{pH3.0} = -158.766007 + 6.434125X_1 + 1.333192X_2 + 4.365719X_3$ $- 0.101935X_1^2 - 0.004642X_1X_2 - 0.007857X_2^2$ $- 0.031810X_1X_3 - 0.012129X_2X_3 - 0.025891X_3^2$	0.8230	0.0910
	<p>pH 4.2</p> $Y_{pH4.2} = 13.157243 + 0.158175X_1 - 0.527787X_2 + 0.701669X_3$ $- 0.009980X_1^2 + 0.006338X_1X_2 + 0.0001522X_2^2$ $- 0.001610X_1X_3 - 0.001645X_2X_3 - 0.005111X_3^2$	0.8357	0.0734
SOD-like activity	$Y_{SOD} = -76.140069 - 0.016983X_1 + 1.226197X_2 + 1.405194X_3$ $+ 0.010165X_1^2 - 0.006264X_1X_2 - 0.004651X_2^2$ $- 0.000523X_1X_3 - 0.007103X_2X_3 - 0.005001X_3^2$	0.9520	0.0026

¹⁾X₁ : ratio of solvent to sample content (mL/g), X₂ : ethanol concentration (%),
X₃ : extraction temperature (°C)

Table 14. Predicted levels of extraction condition for the maximum responses of variables by the ridge analysis in cabbage(Bonus)

Responses	X ₁ ¹⁾	X ₂ ²⁾	X ₃ ³⁾	Maximum	Morphology	
Yield(%)	27.94	24.35	55.21	44.07	Saddle point	
Polyphenol content(%)	24.94	75.00	86.34	0.26	Saddle point	
Electron donating ability(%)	21.11	58.53	68.83	48.44	Maximum	
Tyrosinase inhibition(%)	24.08	10.49	78.71	68.94	Saddle point	
Nitrite-scavenging ability(%)	pH 1.0	10.62	66.80	62.39	90.16	Minimum
	pH 3.0	20.71	30.33	64.51	68.71	Maximum
	pH 4.2	18.77	8 0.38	65.16	34.46	Saddle point
SOD-like activity(%)	22.66	45.69	93.81	24.78	Saddle point	

¹⁾Ratio of solvent to sample content (mL/g)

²⁾Ethanol concentration (%)

³⁾Extraction temperature (°C)

Table 15. Regression analysis for regression model of physiochemical properties in extraction condition of cabbage(Bonus)

Extraction conditions	F-Ratio							
	Yield	Polyphenol content	Electron donating ability	Tyrosinase inhibition	Nitrite-scavenging ability			SOD-like activity
					pH 1.0	pH 3.0	pH 4.2	
Ratio of solvent to sample content	3.39	0.70	1.61	1.90	5.52**	0.49	0.04	0.18
Ethanol concentration	3.25*	0.32	4.97**	8.43**	2.50	5.30**	7.29**	13.39***
Extraction temperature	1.28	0.77	2.12	1.66	0.75	3.07	0.26	16.68***

*Significant at 10% level ; **significant at 5% level ; ***significant at 1% level

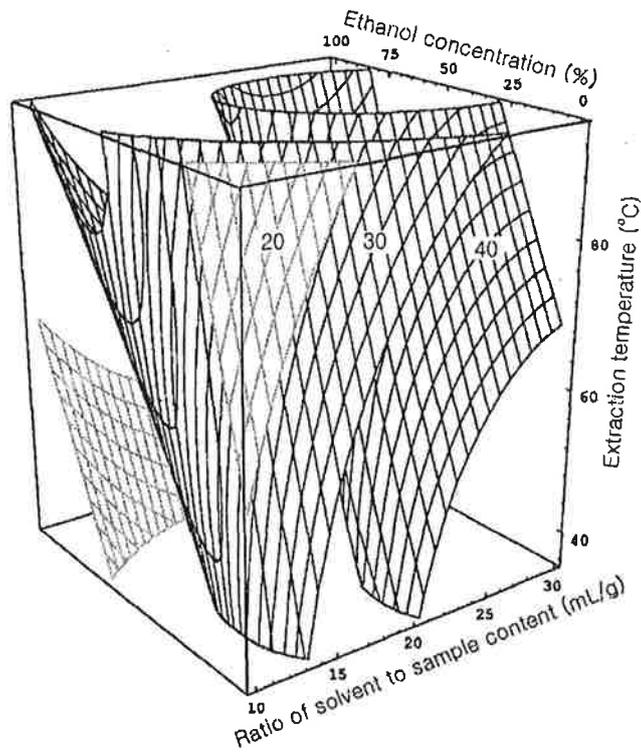


Fig. 47. Response surface for yield in cabbage(Bonus) extract at constant values(yield: 20-30-40%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

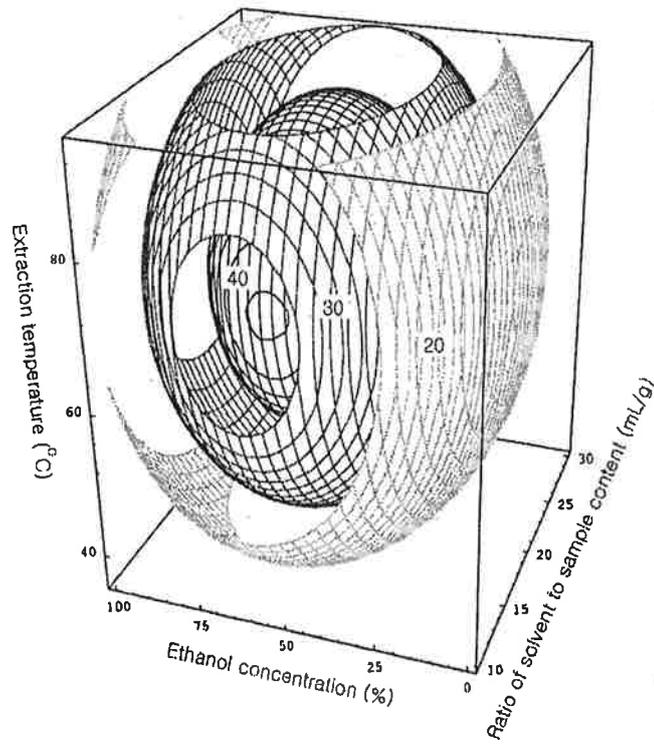


Fig. 48. Response surface for electron donating ability in cabbage(Bonus) extract at constant values(electron donating ability: 20-30-40%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

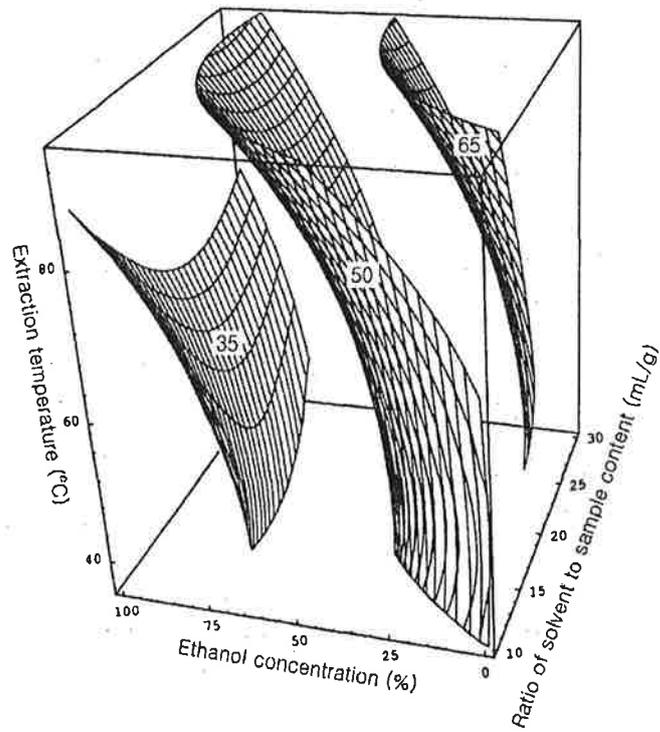


Fig. 49. Response surface for tyrosinase inhibition in cabbage(Bonus) extract at constant values(tyrosinase inhibition: 35-50-65%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

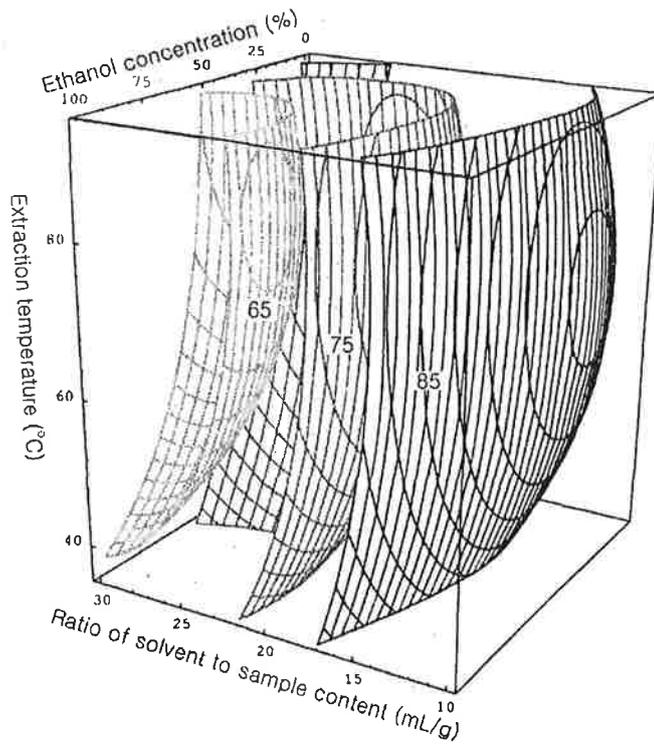


Fig. 50. Response surface for nitrite-scavenging ability(pH 1.0) in cabbage(Bonus) extract at constant values(nitrite-scavenging ability, pH 1.0: 65-75-85%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

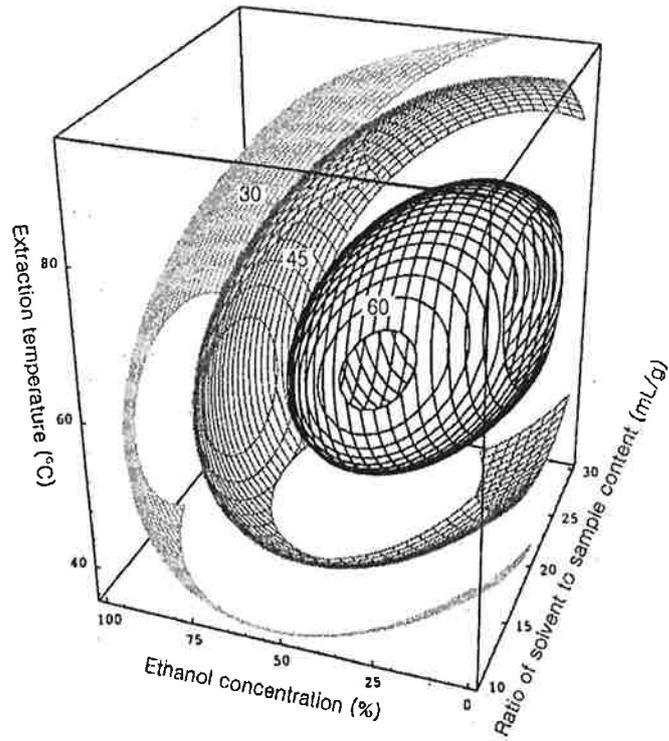


Fig. 51. Response surface for nitrite-scavenging ability(pH 3.0) in cabbage(Bonus) extract at constant values(nitrite-scavenging ability, pH 3.0: 30-45-60%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

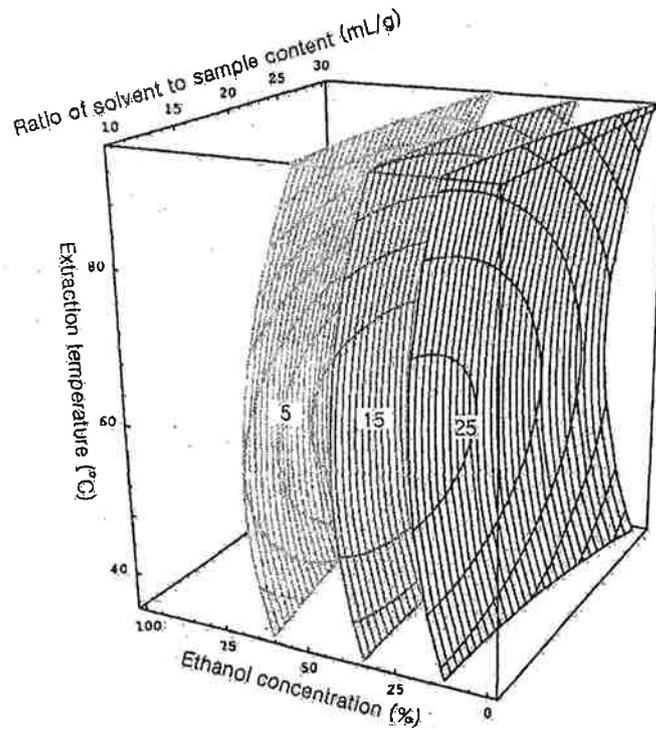


Fig. 52. Response surface for nitrite-scavenging ability(pH 4.2) in cabbage(Bonus) extract at constant values(nitrite-scavenging ability, pH 4.2: 5-15-25%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

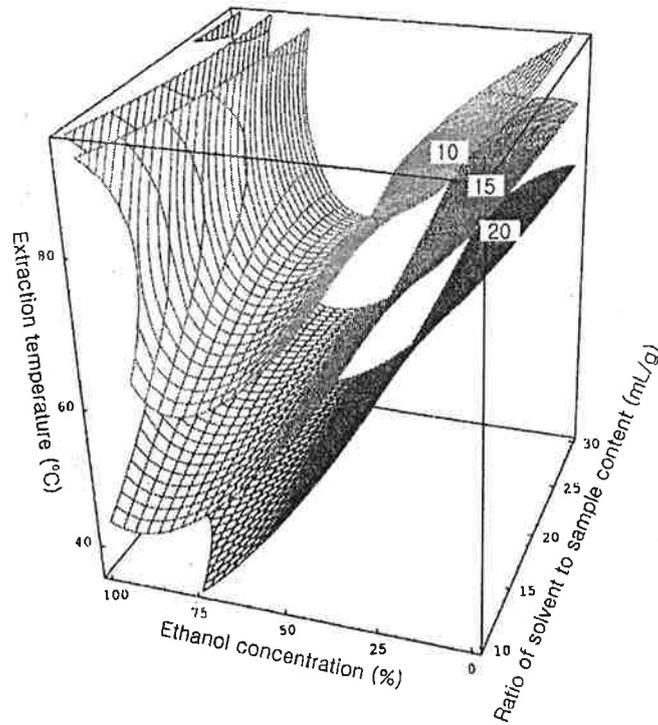


Fig. 53. Response surface for SOD-like activity in cabbage extract(Bonus) at constant values(SOD-like activity: 10-15-20%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

나) 썬머파워(Summer power)

Table 16은 추출조건에 따른 썬머파워의 추출실험 결과를 나타내었으며, 결과에 대한 반응표면 회귀식은 Table 17에 나타내었다. 추출조건에 따른 수율의 회귀식의 R^2 는 0.8162이었고, 유의성은 10% 이내의 유의수준에서 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점이므로 능선분석을 실시하였다. 그 결과 Table 18과 같이 시료에 대한 용매비 20.00 mL/g, 에탄올 농도 50.00% 및 추출온도 65.00°C의 추출조건에서 최대값 36.90%를 나타내었다. 수율에 대한 반응표면은 Fig. 54와 같이 시료에 대한 용매비가 증가할수록 수율이 증가되는 경향을 나타내어 동북의 수율과 유사하였다. 수율에 대한 추출조건의 영향을 살펴보면 Table 19에서와 같이 에탄올 농도에 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 시료에 대한 용매비와 추출온도에 의한 영향은 적은 것으로 나타났다.

총 폴리페놀 함량에 대한 회귀식의 R^2 는 0.2190으로 유의성이 인정되지 않았다. 전자공여능에 대한 추출물의 회귀식의 R^2 는 0.8173으로 10% 이내의 유의수준에서 인정되었으며, 예측된 정상점은 최대점으로 나타났다. 예측된 최대값은 49.60%로 이때의 추출조건은 시료에 대한 용매비 29.23 mL/g, 에탄올 농도 67.95%, 추출온도 69.07°C이었다(Table 9). 전자공여능의 반응표면은 Fig. 55와 같으며 전자공여능은 에탄올 농도 30% 이상에서 높은 값을 나타내었다. 추출조건에 의한 영향을 살펴보면 Table 19에서 보는 바와 같이 동북의 전자공여능과 마찬가지로 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

추출물의 tyrosinase 저해효과에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9374이고 유의성은 1% 이내의 유의수준에서 인정되었다. 예측된 정상점은 최대점으로 나타났으며, 시료에 대한 용매비 19.10 mL/g, 에탄올 농도 8.28% 및 추출온도 81.31°C에서 최대값 63.55%를 가지는 것으로 나타났다(Table 18). Tyrosinase 저해효과에 대한 반응표면은 Fig. 56에서와 같이 에탄올 농도 40%이하에서 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 전자공여능이 에탄올 농도에 영향을 받고 있는 결과와 유사하나, 전자공여능이 에탄올 농도 30% 이하에서 높은 반면, tyrosinase 저해효과는 에탄올 농도 40% 이상에서 가장 높게 나타나 상이한 결과를 나타내었다. 추출조건의 영향을 살펴보면 Table 19에서와 같이 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. 설정된 범위

내에서 시료에 대한 용매비와 추출온도에 대한 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

각 조건별 추출물의 아질산염 소거능에 대한 결과는 Table 16에서 보는 바와 같이 pH에 따라 추출조건에 따라 큰 변화를 나타내었다. pH 1.0, 3.0 및 4.2에 따른 아질산염 소거능에 대한 추출물의 회귀식의 R^2 는 각각 0.8648, 0.8654 및 0.8650이고, 유의성은 각각 5%, 5% 및 10% 이내의 유의수준에서 인정되었다. 예측된 정상점은 pH 1.0에서는 안장점, pH 3.0과 4.2에서는 최대점을 나타내었다. pH 1.0, 3.0 및 4.2에 따른 아질산염 소거능에 대한 추출물의 추출조건별 아질산염 소거능의 최대값은 각각 91.15%, 72.96% 및 26.85%로 나타났다. pH 1.0에서는 44% 이상의 아질산염 소거능을 나타내었으며, 최대값을 나타낸 추출조건은 시료에 대한 용매비 11.23 mL/g, 에탄올 농도 67.93% 및 추출온도 55.44°C이었다. pH 3.0에서 최대값을 나타낸 추출조건은 시료에 대한 용매비 20.32 mL/g, 에탄올 농도 11.32% 및 추출온도 78.76°C이었으며, pH 4.2에서는 시료에 대한 용매비 19.54 mL/g, 에탄올 농도 0.09% 및 추출온도 63.85°C이었다. 추출조건에 따른 아질산염 소거능에 대한 반응표면은 Fig. 57~59에 나타내었다. pH 1.0(Fig. 57)에서는 시료에 대한 용매비와 에탄올 농도에 영향을 받고 있었으며, pH 3.0(Fig. 58)에서는 시료에 대한 용매비 20 mL/g 이상, 에탄올 농도 60% 이하, 추출온도 50°C 이상에서 높은 값을 가지는 것으로 나타났다. pH 4.2(Fig. 59)에서는 에탄올 농도가 20% 이하, 시료에 대한 용매비 15~25 mL/g, 추출온도 50~70°C의 범위에서 높은 값을 가지는 것으로 나타났다. 추출조건의 영향을 살펴보면 Table 19에서 보는 바와 같이 pH 1.0에서는 시료에 대한 용매비와 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받고 있었으며, pH 3.0과 4.2에서는 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

SOD 유사활성에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9116으로 5% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 최대점이고, Table 18에서와 같이 시료에 대한 용매비 29.03 mL/g, 에탄올 농도 71.39% 및 추출온도 65.85°C일 때 최대값 35.78%를 가지는 것으로 나타났다. SOD 유사활성에 대한 반응표면은 Fig 60에서와 같이 에탄올 농도 40% 이상, 추출온도 50~90°C에서 가장 높은 것으로 나타났다. 추출조건의 영향을 살펴보면 Table 19에서와 같이 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났으며, 다음으로 추출온도에 의한 영향이 큰 것으로 나타났다. 하지만 설정된 범

위 내에서 시료에 대한 용매비에 의한 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 동복의 SOD 유사활성과 유사한 경향이였다.

Table 16. Experimental data on yield, polyphenol, electron donating ability, tyrosinase inhibition, nitrite-scavenging ability and superoxide dismutase(SOD)-like activity of cabbage(Summer power) by central composite design for response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Yield (%)	Polyphenol content (%)	Electron donating ability (%)	Tyrosinase inhibition (%)	Nitrite-scavenging ability (%)			SOD-like activity (%)
					pH 1.0	pH 3.0	pH 4.2	
1	31.375	0.213	27.475	50.657	84.289	64.365	24.802	0.000
2	32.270	0.139	33.577	60.772	82.059	71.137	23.055	21.812
3	27.000	0.280	40.927	30.744	84.553	51.159	3.348	25.660
4	33.875	0.217	50.826	30.991	75.255	35.522	0.000	29.172
5	37.145	0.170	28.390	65.675	81.005	66.547	22.303	0.000
6	35.875	0.165	34.865	61.564	81.503	70.295	23.060	18.310
7	33.875	0.191	48.436	42.512	48.566	48.566	4.523	30.896
8	38.395	0.177	51.201	43.263	44.140	24.141	1.256	28.736
9	36.875	0.146	43.389	50.800	73.372	64.761	15.271	26.143
10	36.725	0.131	43.566	55.557	73.347	64.312	15.563	33.914
11	27.875	0.107	38.498	46.580	77.971	53.649	6.047	17.798
12	38.500	0.125	46.301	51.212	70.214	50.241	7.210	37.051
13	37.375	0.146	23.197	58.929	74.669	55.744	19.395	0.000
14	13.875	0.126	30.163	24.104	56.614	30.846	0.912	20.811
15	34.500	0.084	27.950	45.067	76.982	41.442	6.915	0.000
16	42.500	0.112	39.424	53.614	65.800	48.654	0.685	32.397

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

Table 17. Polynomial equations calculated by RSM program for extraction conditions of cabbage(Summer power)

Response	Second order polynomial equations ¹⁾	R ²	Significance
Yield	$Y_Y = 12.796076+2.350167X_1+0.025283X_2-0.178472X_3$ $-0.035875X_1^2+0.002020X_1X_2-0.004470X_2^2$ $-0.007533X_1X_3+0.003923X_2X_3+0.001889X_3^2$	0.8162	0.0998
Polyphenol content	$Y_{PC} = 0.074979+0.000442X_1+0.002642X_2+0.001467X_3$ $-0.000225X_1^2-0.000112X_1X_2-0.00001000X_2^2$ $+0.000197X_1X_3+0.000000667X_2X_3-0.000045000X_3^2$	0.2190	0.9870
Electron donating ability	$Y_{EDA} = -60.617292+1.200754X_1+0.758933X_2+1.838888X_3$ $-0.010780X_1^2+0.005681X_1X_2-0.006719X_2^2$ $-0.011268X_1X_3+0.000029000X_2X_3-0.010878X_3^2$	0.8173	0.0984
Tyrosinase inhibition	$Y_{TI} = -19.238757+3.401975X_1+0.008323X_2+1.195611X_3$ $-0.042825X_1^2+0.008230X_1X_2-0.004665X_2^2$ $-0.022870X_1X_3-0.001669X_2X_3-0.004264X_3^2$	0.9374	0.0056
Nitrite-scavenging ability	<p>pH 1.0</p> $Y_{pH1.0} = 46.234299+0.965867X_1+1.552657X_2+0.073289X_3$ $+0.007330X_1^2-0.063262X_1X_2-0.003087X_2^2$ $+0.012667X_1X_3-0.003997X_2X_3-0.002187X_3^2$	0.8648	0.0457
	<p>pH 3.0</p> $Y_{pH3.0} = -163.581368+6.838808X_1+1.845003X_2+3.988781X_3$ $-0.125915X_1^2-0.015314X_1X_2-0.008497X_2^2$ $-0.019687X_1X_3-0.016861X_2X_3-0.021654X_3^2$	0.8654	0.0452
	<p>pH 4.2</p> $Y_{pH4.2} = -49.039403+2.925729X_1-0.067066X_2+1.493657X_3$ $-0.087885X_1^2+0.002925X_1X_2-0.002105X_2^2$ $+0.007642X_1X_3-0.001208X_2X_3-0.012908X_3^2$	0.8650	0.0539
SOD-like activity	$Y_{SOD} = -172.583417+2.117900X_1+1.748807X_2+3.392417X_3$ $-0.026040X_1^2+0.008302X_1X_2-0.007849X_2^2$ $-0.015290X_1X_3-0.012923X_2X_3-0.015367X_3^2$	0.9116	0.0146

¹⁾X₁ : ratio of solvent to sample content (mL/g), X₂ : ethanol concentration (%), X₃ : extraction temperature (°C)

Table 18. Predicted levels of extraction condition for the maximum responses of variables by the ridge analysis in cabbage(Summer power)

Responses	X ₁ ¹⁾	X ₂ ²⁾	X ₃ ³⁾	Maximum	Morphology	
Yield(%)	20.00	50.00	65.00	36.90	Saddle point	
Polyphenol content(%)	13.67	85.14	55.21	0.22	Saddle point	
Electron donating ability(%)	29.23	67.95	69.07	49.60	Maximum	
Tyrosinase inhibition(%)	19.10	8.28	81.31	63.55	Maximum	
Nitrite-scavenging ability(%)	pH 1.0	11.23	67.93	55.44	91.15	Saddle point
	pH 3.0	20.32	11.32	78.76	72.96	Maximum
	pH 4.2	19.54	0.09	63.85	26.85	Maximum
SOD-like activity(%)	29.03	71.39	65.85	35.78	Maximum	

¹⁾Ratio of solvent to sample content (mL/g)

²⁾Ethanol concentration (%)

³⁾Extraction temperature (°C)

Table 19. Regression analysis for regression model of physiochemical properties in extraction condition of cabbage(Summer power)

Extraction conditions	F-Ratio							SOD-like activity
	Yield	Polyphenol content	Electron donating ability	Tyrosinase inhibition	Nitrite-scavenging ability			
					pH 1.0	pH 3.0	pH 4.2	
Ratio of solvent to sample content	1.59	0.24	0.36	2.28	4.77**	0.84	0.68	0.82
Ethanol concentration	3.78*	0.14	4.76**	20.01***	6.70**	9.05**	7.61**	9.29***
Extraction temperature	0.86	0.21	1.69	0.88	0.58	2.70	1.41	7.16**

*Significant at 10% level ; **significant at 5% level ; ***significant at 1% level

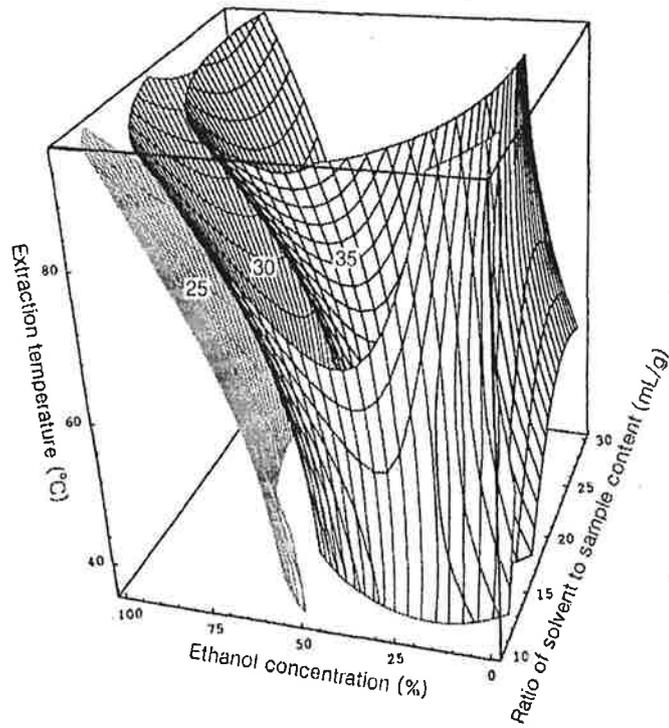


Fig. 54. Response surface for yield in cabbage(Summer power) extract at constant values (yield: 25-30-35%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

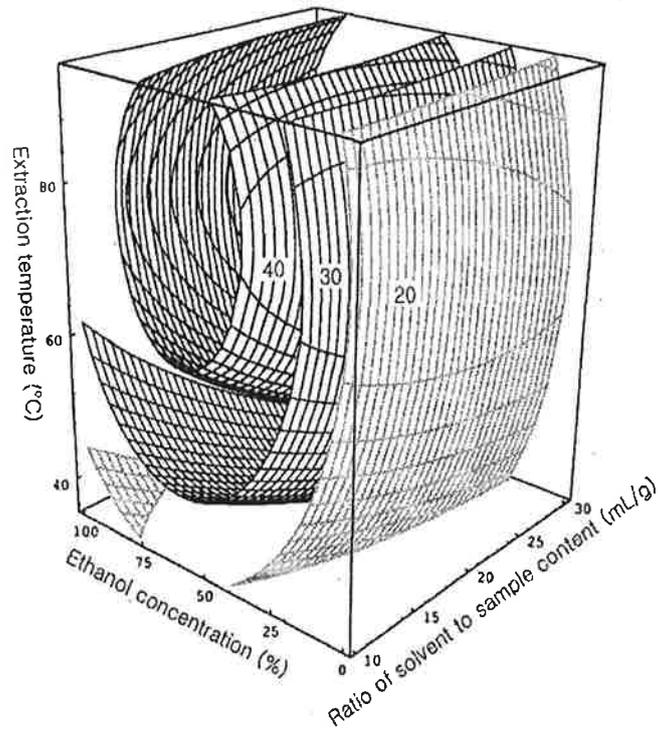


Fig. 55. Response surface for electron donating ability in cabbage(Summer power) extract at constant values (electron donating ability: 20-30-40%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

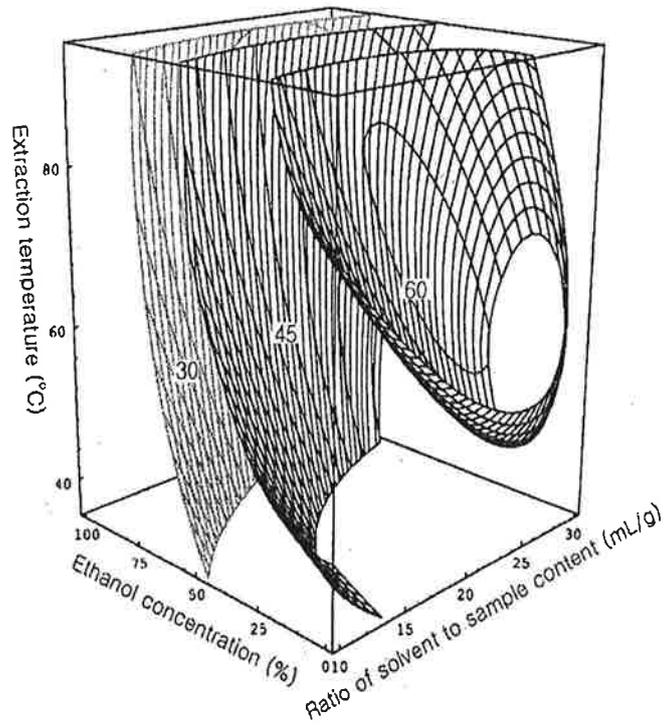


Fig. 56. Response surface for tyrosinase inhibition in cabbage(Summer power) extract at constant values (tyrosinase inhibition: 30-45-60%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

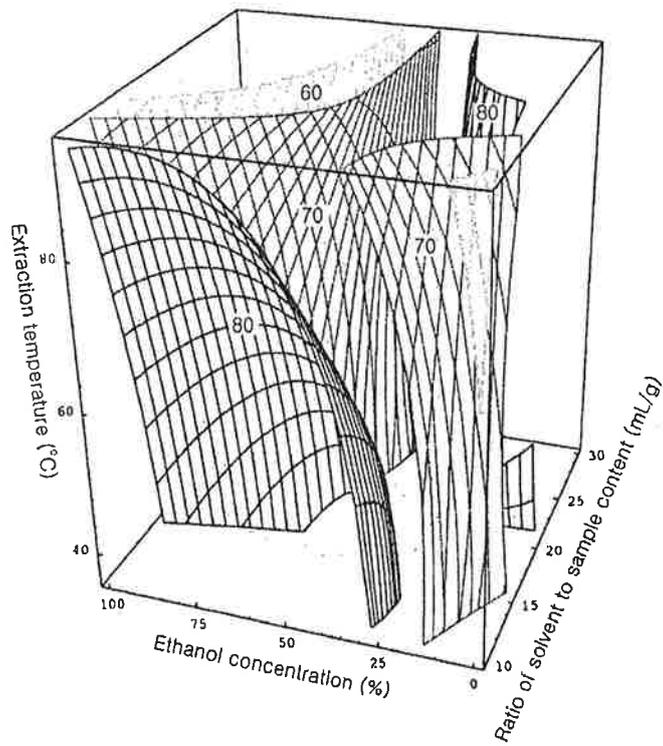


Fig. 57. Response surface for nitrite-scavenging ability (pH 1.0) in cabbage(Summer power) extract at constant values (nitrite-scavenging ability (pH 1.0): 60-70-80%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

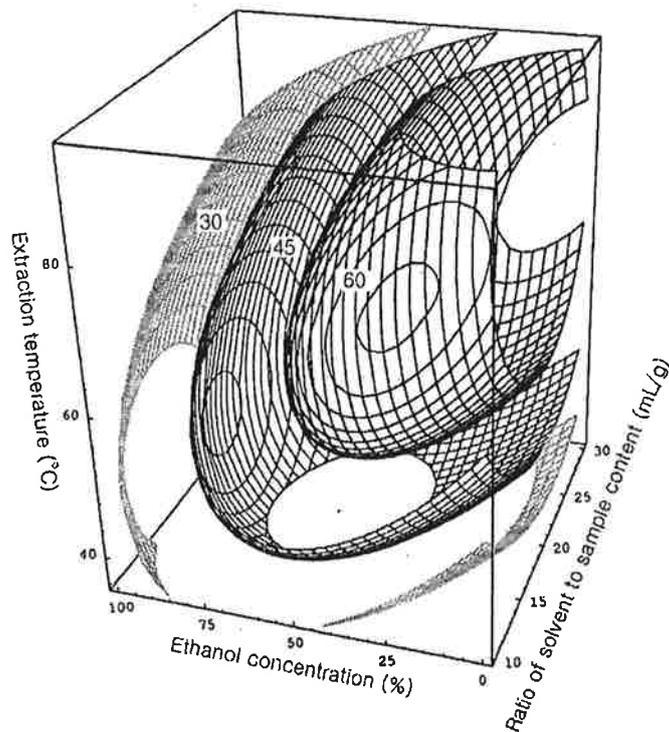


Fig. 58. Response surface for nitrite-scavenging ability (pH 3.0) in cabbage(Summer power) extract at constant values (nitrite-scavenging ability (pH 3.0): 30-45-60%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

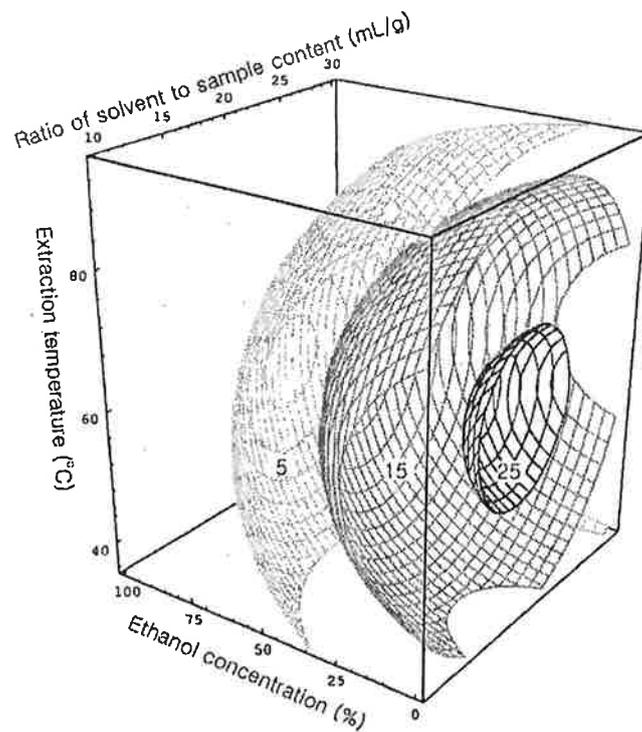


Fig. 59. Response surface for nitrite-scavenging ability (pH 4.2) in cabbage(Summer power) extract at constant values (nitrite-scavenging ability (pH 4.2): 5-15-25%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

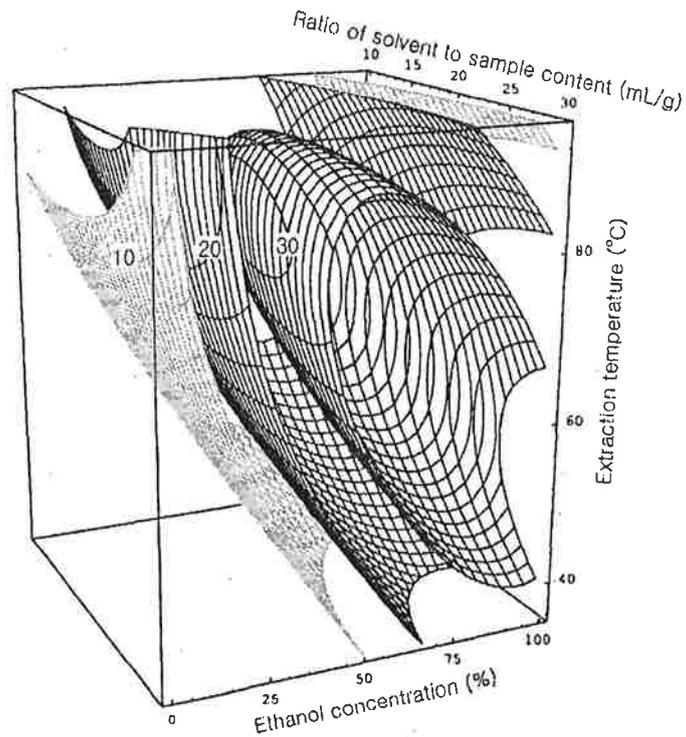


Fig. 60. Response surface for SOD-like activity in cabbage(Summer power) extract at constant values (SOD-like activity: 10-20-30%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

다) 홍월적(Ruby star)

중심합성계획에 의한 홍월적의 추출조건별 결과는 Table 20에 나타내었으며, 추출 조건에 따른 반응표면 회귀식은 Table 21에 나타내었다. 추출조건별 수율에 대한 회귀식의 R^2 는 0.8296이고 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 최대점이고, Table 22에서와 같이 시료에 대한 용매비 25.58 mL/g, 에탄올 농도 56.84% 및 추출온도 79.86°C에서 최대값 44.47%를 나타내었다. 수율에 대한 반응표면은 Fig. 61과 같으며 시료에 대한 용매비에 크게 영향을 받는 것으로 나타나 동복과 썬머과위의 수율과 유사한 경향이였다. Table 23에서 보는 바와 같이 수율은 시료에 대한 용매비에 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

추출조건에 따른 총 폴리페놀 함량은 0.262~0.853%로 동복과 썬머과위와 비교하여 월등히 높은 값을 나타내었다. 총 폴리페놀 함량에 대한 회귀식의 R^2 는 0.8719로 유의성은 5% 이내의 유의수준에서 인정되었으며, 예측된 정상점은 최대점이었다. 예측된 최대값은 0.83%이고, 이때의 추출조건은 시료에 대한 용매비 22.83 mL/g, 에탄올 농도 46.85%, 추출온도 84.11°C이었다(Table 22). 총 폴리페놀 함량에 대한 반응표면은 Fig 62와 같다. 총 폴리페놀 함량은 시료에 대한 용매비 20~25 mL/g, 에탄올 농도 40~60% 및 추출온도 70°C 이상에서 높은 값을 가지는 것으로 나타났다. 추출조건에 의한 영향은 Table 23에서 보는 바와 같이 에탄올 농도에 가장 많은 영향을 받으며, 그 다음으로 시료에 대한 용매비에 의해 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 추출온도에 의한 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

홍월적의 전자공여능은 동복과 썬머과위에 비하여 월등히 높은 것으로 나타났다. 이는 홍월적의 높은 총 폴리페놀 함량에 기인한 것으로 여겨진다. 전자공여능에 대한 추출물의 회귀식의 R^2 는 0.8209로 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점이므로 능선분석을 실시한 결과 최대값은 85.46%로 나타났다. 이때의 추출조건은 Table 22에서 보는 바와 같이 시료에 대한 용매비 27.71 mL/g, 에탄올 농도 57.06% 및 추출온도 46.38°C이었다. 전자공여능에 대한 반응표면 Fig. 63를 살펴보면 전자공여능은 에탄올 농도의 변화에 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 이는 Table 23을 통해서도 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 동복과 썬머과위의 경우와 유사하였다.

Tyrosinase 저해효과 또한 동복과 썸머과위에 비해 높은 것으로 나타나 총 폴리페놀 함량에 기인한 것으로 사료된다. Tyrosinase 저해효과에 대한 회귀식의 R^2 는 0.8300이고 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점이 안장점으로 능선분석을 실시하여 본 결과, Table 22에서와 같이 시료에 대한 용매비 16.03 mL/g, 에탄올 농도 47.71% 및 추출온도 37.50°C에서 최대값 69.37%를 가지는 것으로 나타났다. Tyrosinase 저해효과에 대한 반응표면은 Fig. 64에서와 같이 에탄올 농도의 변화에 크게 영향을 받으며, 추출온도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 추출조건에 대한 영향은 Table 23에서 보는 바와 같이 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받고 있었으며, 시료에 대한 용매비와 추출온도에 대한 영향은 적은 것으로 나타났다.

아질산염 소거능 또한 동복과 썸머과위와 비교하여 월등히 높은 것으로 나타났다. 추출조건에 따른 아질산염소거능은 Table 20에서 보는 바와 같이 pH에 따른 영향이 큰 것으로 나타났다. 즉, pH 1.0과 3.0(산성영역)에서 65%이상의 높은 아질산염 소거능을 나타내었다. 아질산염 소거능에 대한 추출물의 회귀식의 R^2 는 pH 1.0, 3.0 및 4.2에서 각각 0.8683, 0.8171 및 0.8208이고, 유의성은 각각 5%, 10% 및 10%의 유의수준에서 인정되었다. 예측된 정상점은 pH 1.0에서 최소점을 나타내었으며, pH 3.0과 4.2에서는 안장점을 나타내었다. pH 1.0에서는 90% 이상의 높은 아질산염 소거능을 나타내었으며, 최대값은 99.52%로, 이때의 추출조건은 시료에 대한 용매비 21.05 mL/g, 에탄올 농도 29.73% 및 추출온도 83.45°C이었다. pH 3.0에서도 60% 이상의 높은 아질산염 소거능을 나타내었으며, 시료에 대한 용매비 26.97 mL/g, 에탄올 농도 35.40% 및 추출온도 45.34°C일 때 90.80%로 최대값을 나타내었다. pH 4.2에서는 시료에 대한 용매비 28.40, 에탄올 농도 23.58% 및 추출온도 67.68°C일 때 50.38%로 최대값을 나타내었다. 아질산염 소거능에 대한 반응표면은 Fig. 65~67에 나타내었다. pH 1.0(Fig. 65)에서는 에탄올 농도가 높고, 추출온도가 높을수록 높은 아질산염 소거능을 나타내었으며, pH 3.0(Fig. 66)에서는 시료에 대한 용매비가 낮고, 에탄올 농도가 높을수록 아질산염 소거능이 증가하였다. pH 4.0(Fig. 67)에서는 에탄올 농도가 60% 이하, 추출온도 50~90°C에서 높은 아질산염 소거능을 나타내었다. 추출조건에 의한 영향은 Table 23에서 보는 바와 같이 에탄올 농도에 의해 큰 영향을 받고

있었으며, pH 1.0에서는 추출온도에 의한 영향도 큰 것으로 나타났다.

SOD 유사활성에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9395이고 1% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점이 안장점이므로 능선분석을 실시하였으며, 그 결과 최대값은 48.36%로 예측되었다. 이때의 추출조건은 시료에 대한 용매비 29.13 mL/g, 에탄올 농도 70.35% 및 추출온도 66.12°C이었다. SOD 유사활성에 대한 반응표면은 Fig 68과 같으며 에탄올 농도에 주로 영향을 받는 것으로 나타났다. 추출조건의 영향은 Table 23에서와 같이 에탄올 농도와 추출온도에 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 시료에 대한 용매비에 의한 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

홍월적의 수율, 총 폴리페놀 함량, 전자공여능, tyrosinase 저해효과, 아질산염 소거능, SOD 유사활성 모두에서 동복, 썬머파워와 비교하여 훨씬 높은 값을 나타내었다. 전자공여능, tyrosinase 저해효과, 아질산염 소거능, SOD 유사활성 모두 동복, 썬머파워와 비교하여 월등히 높은 값을 나타낸 것은 홍월적의 높은 총 폴리페놀 함량에 기인한 것으로 사료된다. 또한 전자공여능, tyrosinase 저해효과, 아질산염 소거능, SOD 유사활성이 에탄올 농도에 주로 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

Table 20. Experimental data on yield, polyphenol, electron donating ability, tyrosinase inhibition, nitrite-scavenging ability and superoxide dismutase(SOD)-like activity of cabbage(Ruby star) by central composite design for response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Yield (%)	Polyphenol content (%)	Electron donating ability (%)	Tyrosinase inhibition (%)	Nitrite-scavenging ability (%)			SOD-like activity (%)
					pH 1.0	pH 3.0	pH 4.2	
1	31.750	0.533	78.602	64.603	95.655	75.223	38.809	0.000
2	32.250	0.547	81.197	66.751	99.717	68.307	30.025	34.394
3	35.750	0.424	85.577	62.039	94.854	81.628	33.870	38.018
4	38.625	0.482	84.415	60.062	96.589	80.010	35.484	35.993
5	35.125	0.542	82.103	67.587	99.000	89.350	36.504	0.000
6	38.500	0.701	81.395	71.500	99.245	73.311	35.211	28.328
7	42.625	0.669	84.741	49.087	95.324	83.531	12.427	39.417
8	43.500	0.711	82.840	53.050	97.769	81.107	30.732	39.329
9	39.250	0.779	81.390	62.568	95.956	81.850	49.678	28.501
10	39.375	0.788	81.814	62.528	96.015	81.628	49.587	31.892
11	30.250	0.490	81.706	60.114	95.683	78.334	47.430	25.854
12	43.625	0.590	83.682	61.391	99.187	82.360	48.160	47.737
13	30.875	0.522	73.587	53.122	99.580	71.542	48.064	0.000
14	28.125	0.262	78.389	39.576	95.991	66.001	11.721	27.845
15	36.500	0.472	82.808	71.112	99.222	81.985	23.731	0.000
16	40.250	0.853	80.092	56.190	99.991	74.803	32.755	36.742

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

Table 21. Polynomial equations calculated by RSM program for extraction conditions of cabbage(Ruby star)

Response	Second order polynomial equations ¹⁾	R ²	Significance
Yield	$Y_Y = 1.802083+1.350521X_1+0.396146X_2+0.171354X_3$ $-0.023750X_1^2+0.002125X_1X_2-0.003925X_2^2$ $+0.001458X_1X_3-0.000041667X_2X_3-0.001042X_3^2$	0.8296	0.0827
Polyphenol content	$Y_{PC} = -1.067736+0.078338X_1+0.009629X_2+0.018707X_3$ $-0.002435X_1^2+0.000311X_1X_2-0.000157X_2^2$ $+0.000215X_1X_3-0.000024333X_2X_3-0.000134X_3^2$	0.8719	0.0397
Electron donating ability	$Y_{EDA} = 57.994569+0.372083X_1+0.513710X_2+0.211656X_3$ $+0.010920X_1^2-0.006110X_1X_2-0.002246X_2^2$ $-0.006737X_1X_3-0.001650X_2X_3-0.000169X_3^2$	0.8209	0.0936
Tyrosinase inhibition	$Y_{TI} = 48.166910+1.147379X_1+1.106954X_2-0.439060X_3$ $-0.017955X_1^2-0.027697X_1X_2-0.006480X_2^2$ $+0.012842X_1X_3-0.001358X_2X_3+0.001226X_3^2$	0.8300	0.0822
Nitrite-scavenging ability	<p>pH 1.0</p> $Y_{pH1.0} = 108.707188-0.037921X_1-0.085436X_2-0.375579X_3$ $+0.014495X_1^2-0.001223X_1X_2+0.000720X_2^2$ $-0.005178X_1X_3-0.000042333X_2X_3+0.004023X_3^2$	0.8683	0.0427
	<p>pH 3.0</p> $Y_{pH3.0} = 33.749396+2.816279X_1+0.454046X_2+0.326579X_3$ $-0.013920X_1^2-0.016131X_1X_2-0.005187X_2^2$ $-0.016548X_1X_3+0.006304X_2X_3-0.003717X_3^2$	0.8171	0.0986
	<p>pH 4.2</p> $Y_{pH4.2} = -15.092722-0.704092X_1+0.469402X_2+1.896914X_3$ $-0.018375X_1^2-0.029076X_1X_2-0.007896X_2^2$ $+0.040303X_1X_3+0.009999X_2X_3-0.023744X_3^2$	0.8208	0.0937
SOD-like activity	$Y_{SOD} = -147.663215-2.201904X_1+2.204011X_2+3.485065X_3$ $+0.065990X_1^2+0.010801X_1X_2-0.006510X_2^2$ $-0.006882X_1X_3-0.021612X_2X_3-0.013139X_3^2$	0.9395	0.0050

¹⁾X₁ : ratio of solvent to sample content (mL/g), X₂ : ethanol concentration (%), X₃ : extraction temperature (°C)

Table 22. Predicted levels of extraction condition for the maximum responses of variables by the ridge analysis in cabbage(Ruby star)

Responses	X ₁ ¹⁾	X ₂ ²⁾	X ₃ ³⁾	Maximum	Morphology	
Yield(%)	28.58	56.84	79.86	44.47	Maximum	
Polyphenol content(%)	22.83	46.85	84.11	0.83	Maximum	
Electron donating ability(%)	27.71	57.06	46.38	85.46	Saddle point	
Tyrosinase inhibition(%)	16.03	47.71	37.50	69.37	Saddle point	
Nitrite-scavenging ability(%)	pH 1.0	21.05	29.73	83.45	99.52	Minimum
	pH 3.0	26.97	35.40	45.34	90.80	Saddle point
	pH 4.2	28.40	23.58	68.67	50.38	Saddle point
SOD-like activity(%)	29.13	70.35	66.12	48.36	Saddle point	

¹⁾Ratio of solvent to sample content (mL/g)

²⁾Ethanol concentration (%)

³⁾Extraction temperature (°C)

Table 23. Regression analysis for regression model of physiochemical properties in extraction condition of cabbage(Ruby star)

Extraction conditions	F-Ratio							SOD-like activity
	Yield	Polyphenol content	Electron donating ability	Tyrosinase inhibition	Nitrite-scavenging ability			
					pH 1.0	pH 3.0	pH 4.2	
Ratio of solvent to sample content	3.70*	3.82*	0.63	0.95	2.55	1.50	0.82	1.07
Ethanol concentration	2.84	6.03**	4.93**	5.88**	4.31*	3.61*	4.79**	13.17***
Extraction temperature	0.37	2.74	0.52	0.34	4.45*	2.53	2.67	11.07***

*Significant at 10% level ; **significant at 5% level ; ***significant at 1% level

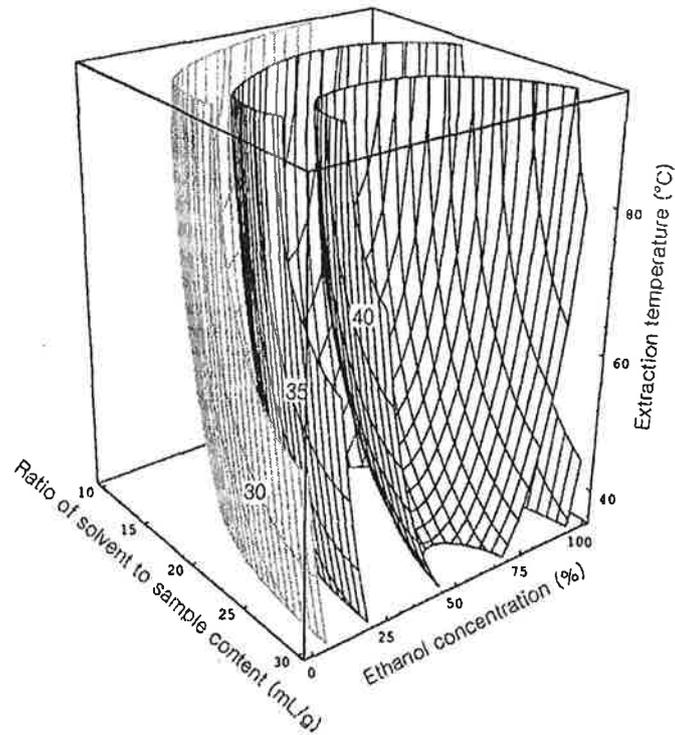


Fig. 61. Response surface for yield in cabbage(Ruby star) extract at constant values (yield: 30-35-40%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

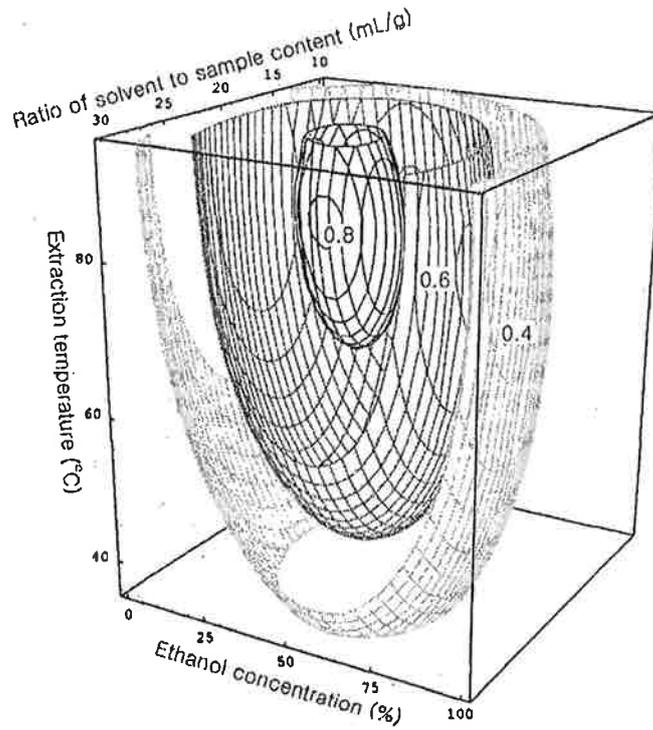


Fig. 62. Response surface for polyphenol content in cabbage(Ruby star) extract at constant values (polyphenol content: 0.4-0.6-0.8%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

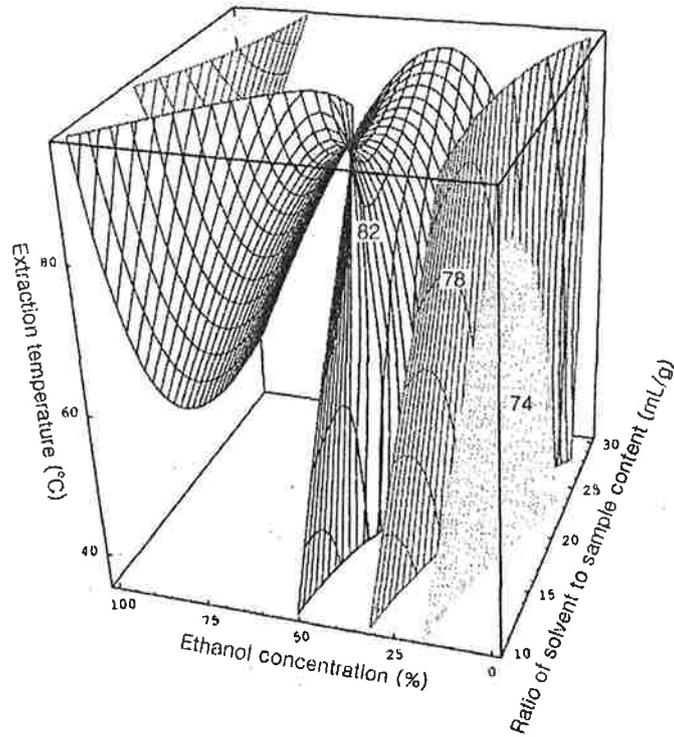


Fig. 63. Response surface for electron donating ability in cabbage(Ruby star) extract at constant values (electron donating ability: 74-78-82%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

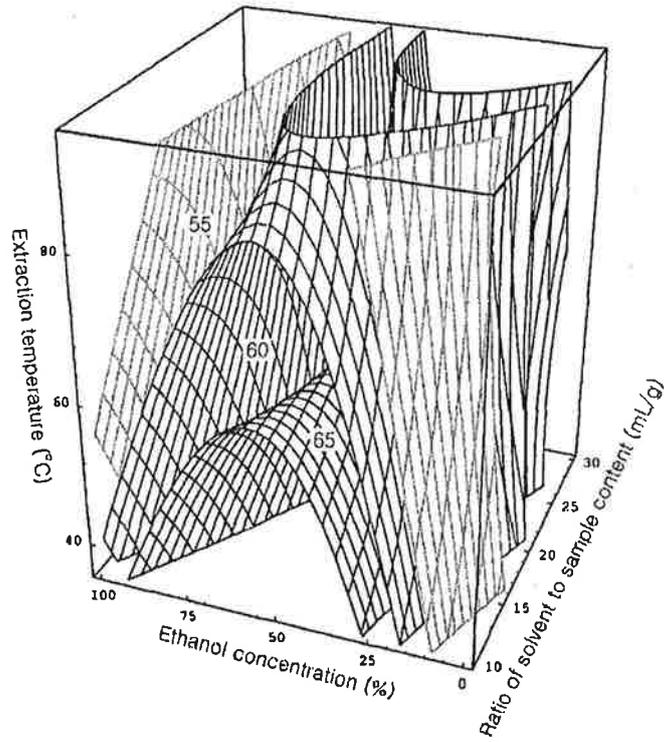


Fig. 64. Response surface for tyrosinase inhibition in cabbage(Ruby star) extract at constant values (tyrosinase inhibition: 55-60-65%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

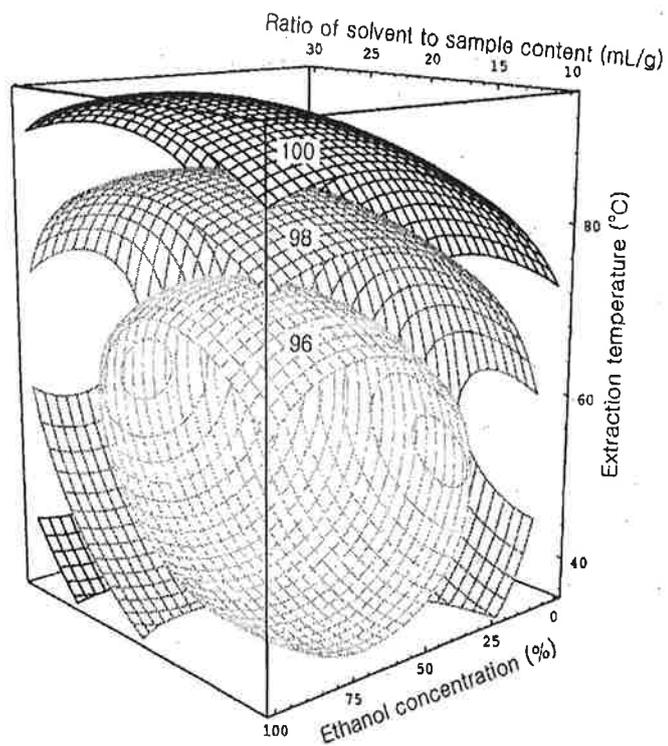


Fig. 65. Response surface for nitrite-scavenging ability (pH 1.0) in cabbage(Ruby star) extract at constant values (nitrite-scavenging ability (pH 1.0): 96-98-100%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

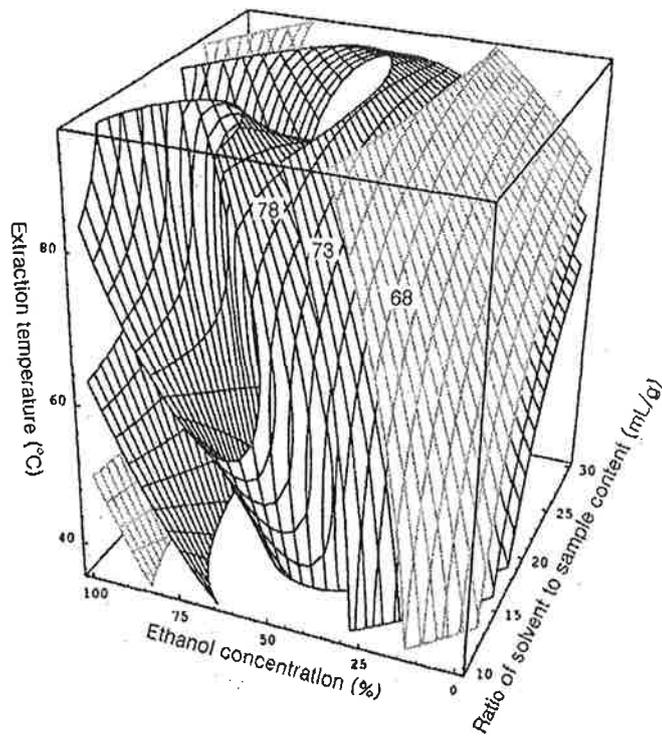


Fig. 66. Response surface for nitrite-scavenging ability (pH 3.0) in cabbage(Ruby star) extract at constant values (nitrite-scavenging ability (pH 3.0): 68-73-78%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

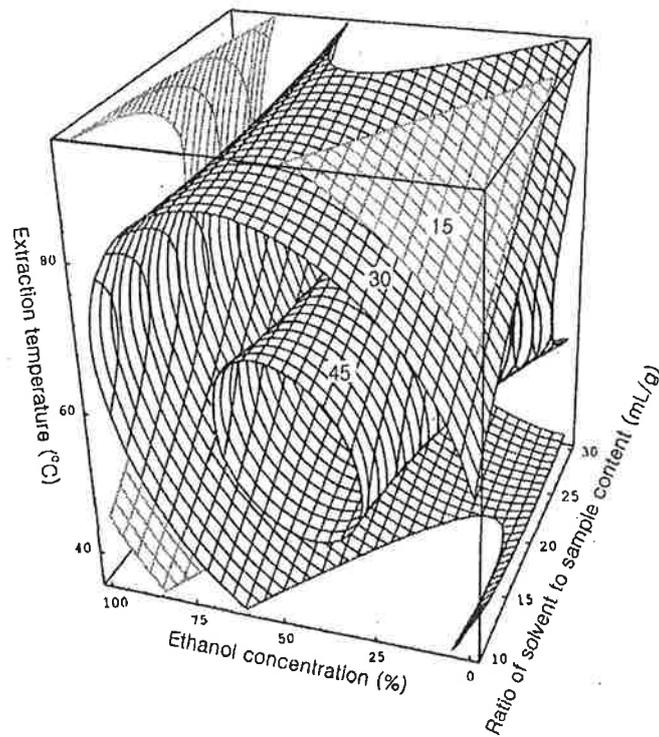


Fig. 67. Response surface for nitrite-scavenging ability (pH 4.2) in cabbage(Ruby star) extract at constant values (nitrite-scavenging ability (pH 4.2): 15-30-45%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

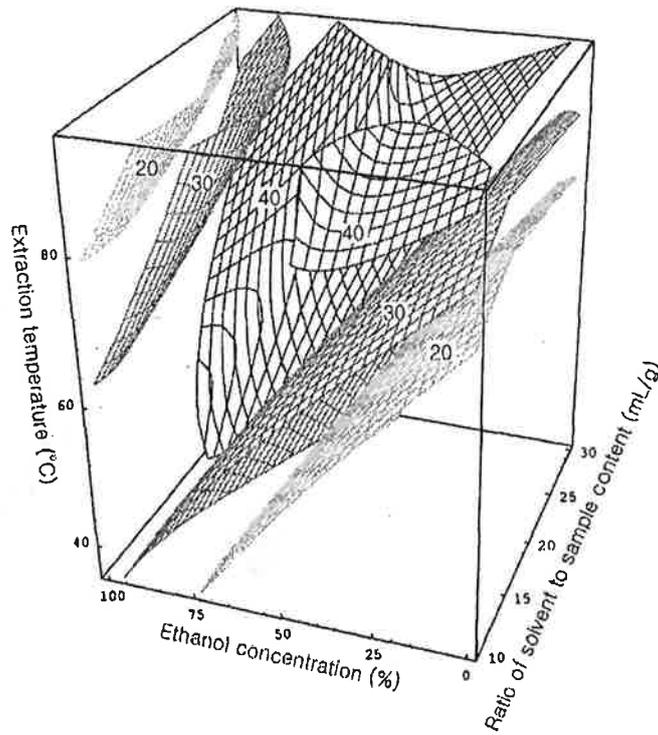


Fig. 68. Response surface for SOD-like activity in cabbage(Ruby star) extract at constant values (SOD-like activity: 20-30-40%) as a function of ratio of solvent to sample content, ethanol concentration and extraction temperature.

2) 양배추의 추출공정 최적화 시험

동북, 썬머과워, 홍월적의 추출조건을 설정하기 위하여 조건별 추출물의 수율, 전자공여능, SOD 유사활성에 대한 4차원 반응표면을 superimposing하여 최적 추출조건 범위를 예측하여 Fig. 69~71에 어두운 부분으로 나타내었다. 동북의 경우 수율, 전자공여능, SOD 유사활성이 일치하는 범위는 시료에 대한 용매비 20~30 mL/g, 에탄올 농도 35~65%, 추출온도 50~80°C로 나타났으며, 썬머과워의 경우 시료에 대한 용매비 15~30 mL/g, 에탄올 농도 40~80%, 추출온도 50~90°C이고, 홍월적의 경우 시료에 대한 용매비 20~30 mL/g, 에탄올 농도 25~85%, 추출온도 40~90°C로 Table 24와 같이 나타났으며, 최적 추출조건에 의한 반응변수 즉, 수율, 전자공여능, SOD 유사활성의 4차원 반응표면을 superimposing하여 중복되는 부분을 예측한 결과는 Fig. 68~70과 같이 나타났다.

따라서 이와 같은 예측결과에 의한 최적조건을 확인하기 위하여 예측된 최적조건 범위 내에서 임의의 조건을 대입하여 이화학적 특성을 예측해본 결과 Table 25와 같이 예측되었다. 동북에 대한 임의의 조건으로 시료에 대한 용매비 25 mL/g, 에탄올 농도 50% 및 추출온도 70°C을 설정한 후 동북에 대한 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측된 최적값은 수율 42.46%, 폴리페놀 함량 0.42%, 전자공여능 47.14%, tyrosinase 저해작용 54.05%, pH 1.0에 있어서의 아질산염소거능 66.88%, pH 3.0에 있어서의 아질산염소거능 60.21%, pH 4.2에 있어서의 아질산염소거능 11.71% 및 SOD유사활성 19.72%로 나타났다.

썬머과워에 대한 임의의 조건으로 시료에 대한 용매비 20 mL/g, 에탄올 농도 50% 및 추출온도 70°C을 설정한 후 동북에 대한 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측된 최적값은 수율 37.51%, 폴리페놀 함량 0.17%, 전자공여능 45.66%, tyrosinase 저해작용 53.59%, pH 1.0에 있어서의 아질산염소거능 73.30%, pH 3.0에 있어서의 아질산염소거능 65.06%, pH 4.2에 있어서의 아질산염소거능 16.41% 및 SOD유사활성 31.01%로 나타났다.

홍월적에 대한 임의의 조건으로 시료에 대한 용매비 25 mL/g, 에탄올 농도 50% 및 추출온도 70°C을 설정한 후 동북에 대한 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측된

최적값은 수율 42.67%, 폴리페놀 함량 0.79%, 전자공여능 82.98%, tyrosinase 저해작용 63.15%, pH 1.0에 있어서의 아질산염소거능 97.03%, pH 3.0에 있어서의 아질산염소거능 82.78%, pH 4.2에 있어서의 아질산염소거능 45.17% 및 SOD유사활성 37.85%로 나타났다.

Table 24. Optimum extraction conditions for response variables yielding the optimum response by superimposing of the 4-dimensional response surfaces

Conditions	Range of predicted conditions		
	Bonus	Summer power	Ruby star
Ratio of solvent to sample content (mL/g)	20~30	15~30	20~30
Ethanol concentration (%)	35~65	40~80	25~85
Extraction temperature (°C)	50~80	50~90	40~90

Table 25. Predicted values of response variables at a given conditions¹⁾ within the range of optimum extraction conditions

Response variables	Predicted values			
	Bonus	Summer power	Ruby star	
Yield (%)	42.46	37.51	42.67	
Polyphenol content (%)	0.42	0.17	0.79	
Electron donating ability (%)	47.14	45.66	82.98	
Tyrosinase inhibition (%)	54.05	53.59	63.15	
Nitrite-scavenging ability (%)	pH 1.0	66.88	73.30	97.03
	pH 3.0	60.21	65.06	82.78
	pH 4.2	11.71	16.41	45.17
SOD-like activity (%)	19.72	31.01	37.85	

¹⁾Given condition;

Bonus : 25 mL/g in ratio of solvent to sample content, 50% in ethanol concentration, 70°C in extraction temperature

Summer power : 20 mL/g in ratio of solvent to sample content, 50% in ethanol concentration, 70°C in extraction temperature

Ruby star : 25 mL/g in ratio of solvent to sample content, 50% in ethanol concentration, 70°C in extraction temperature

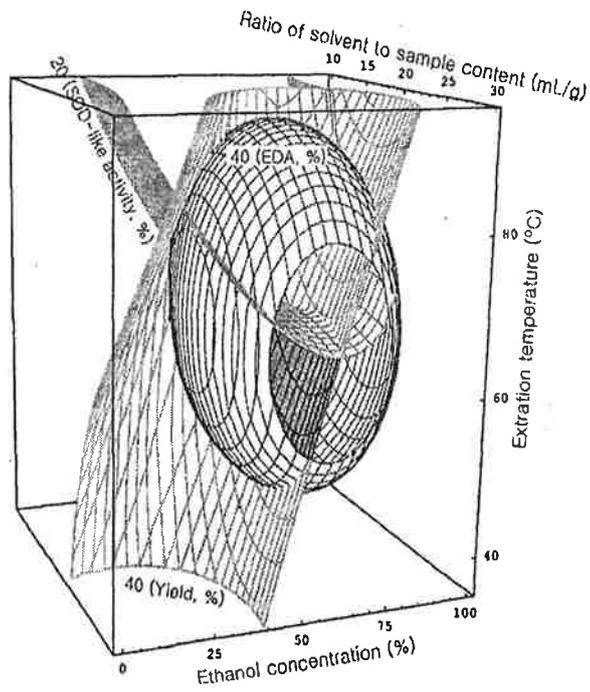


Fig. 69. Superimposed response surface for optimization of yield (40%), electron donating ability (40%) and SOD-like activity (20%) of extract from cabbage(Bonus).

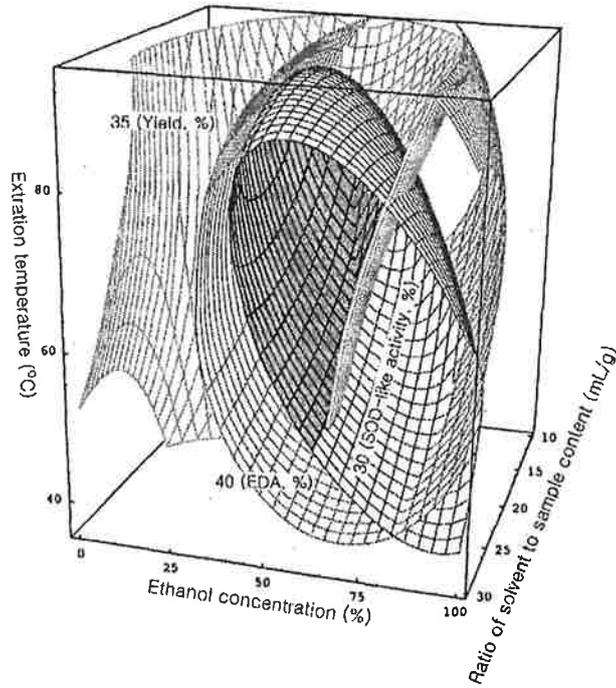


Fig. 70. Superimposed response surface for optimization of yield (35%), electron donating ability (40%) and SOD-like activity (30%) of extract from cabbage(Summer power).

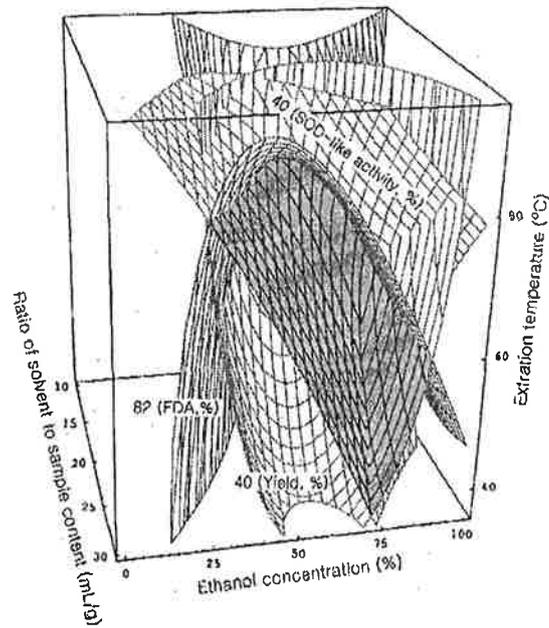


Fig. 71. Superimposed response surface for optimization of yield (40%), electron donating ability (82%) and SOD-like activity (40%) of extract from cabbage(Ruby star).

나. 추출공정별(용매, 추출온도, 시간) 양배추 추출물의 특성 비교

1) 추출방법별 추출효율 및 생리활성 측정에 따른 추출효과 분석

가) 수 율

세 가지 양배추의 물 추출물의 수율은 55.78~59.88% 범위로 가장 높은 함량이었으며, 50 및 100% 에탄올 추출구의 경우 각각 40% 내외, 25% 내외 수준으로 나타났다(Table 26). 수율은 품종간의 차이가 유의적으로 나타났다($p < 0.05$), 에탄올의 농도에 따라서 뚜렷이 감소하여 극히 유의적인 경향이었으며($p < 0.001$), 품종 차이 및 에탄올 농도 간의 상호작용의 영향을 받는 것으로 나타났다($p < 0.001$). 물 추출물의 수율이 용매 추출구에 비해 월등히 높은 것은 양배추의 수용성 성분이 많이 추출된 것으로 판단되었다.

Table 26. Yields of *Brassica oleracea* var. *capita* extracts

Variety & Solvent	Yield (%)
Bonus	
Water	55.78±1.17 ^{b1)}
50% ethanol	44.55±2.39 ^c
100% ethanol	27.64±1.27 ^e
Summer power	
Water	59.63±1.00 ^a
50% ethanol	39.44±1.44 ^d
100% ethanol	20.74±2.24 ^f
Ruby star	
Water	59.88±1.59 ^a
50% ethanol	40.74±4.00 ^d
100% ethanol	20.62±1.00 ^f
Variety	p <0.05
Solvent concentrate	p <0.001
Variety*Solvent concentrate	p <0.001

¹⁾Values are Mean±S.D. of triplicate measurements and within each column followed by the same letters are not significantly different

나) 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀의 함량은 catechin 표준곡선($R^2=0.9899$)에 의해 측정하였다(Fig. 72). 세 가지 양배추의 총 폴리페놀 함량은 품종간의 차이 및 에탄올의 농도에 의한 영향이 매우 유의적으로 나타났고($p<0.001$), 품종 차이 및 에탄올 농도간의 상호작용에도 영향을 받는 것으로 나타났다($p<0.001$). Bonus 및 Summer power 품종의 경우, 50% 에탄올 추출구의 함량이 70~100 mg%로 가장 높게 나타났으며, 물 및 100% 에탄올

추출구는 50 mg%로 서로 유사한 수준이었다.

양배추에 함유된 phenol성 화합물은 hydroxycinnamate인 caffeic acid, chlorogenic acid, ferulic acid, p-coumaric acid 등이 있는데 항산화성을 가지는 것으로 보고 되고 있다. Red cabbage인 Ruby star 품종의 폴리페놀 함량은 다른 품종보다 월등히 높았으며, 다른 품종과 달리 물 추출물에서 424.50 mg%로 가장 높게 측정되었다. 이는 자체의 붉은 색을 나타내는 폴리페놀의 일종인 anthocyanin이 많이 함유되어 있는 것과 연관지을 수 있다. 즉, anthocyanin은 flavonoid계에 속하는 천연 색소 물질로서, 꽃, berry 같은 과일, 채소에 많이 분포되어 있으며, 최근 anthocyanin이 많이 함유된 red wine과 과일이 LDL 산화 저해효과를 비롯하여 radical 포집능력 등 항산화력이 우수한 보고 되고 있다. 또한 식용 색소로 사용되는 grape 추출물은 인체나 동물에 무해하여 안전하면서도 동시에 항산화력을 지닌 물질로 주목받고 있으며, red 양배추에는 총 anthocyanin을 25 mg/100g 정도 함유한 것으로 알려져 있다. 따라서 Ruby star 품종은 anthocyanin의 존재로 다른 품종에 비해 총 폴리페놀 함량이 매우 높아, 항산화력에도 영향을 미칠 것으로 예상되었다.

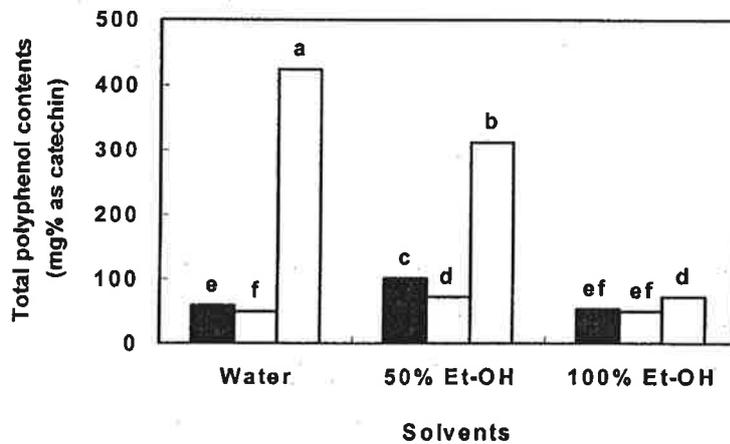


Fig. 72. Total polyphenol contents of *Brassica oleracea* var. *capitata* extracts. (■ Bonus, ▨ Summer power, □ Ruby star)

다) 전자공여작용

DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl)를 이용하여 전자공여작용을 측정하였다 (Table 27). DPPH는 분자 내 radical을 함유하여 다른 free radical들과 결합하여 안정한 complex를 만들고 있어 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되며 이때 고유의 청남색이 옅어지는 특성을 가지고 있어 이 색차를 비색정량 하여 전자공여능력을 측정한다. 따라서 전자공여작용이 높다는 의미는 인체 내 장애를 일으키는 활성산소를 소거 및 제거할 수 있는 기능이 높다는 의미이다. Kang 등은 phenolic acid, flavonoids 및 기타 phenolic 화합물 등을 대상으로 항산화력의 지표로 전자공여작용을 측정하였으며, 환원력이 큰 물질일수록 전자공여능이 높다고 하였다. 전자공여작용에 대한 양배추의 품종 및 에탄올 농도에 의한 영향은 매우 유의적으로 나타났으며($p < 0.001$), 총 폴리페놀 함량이 많았던 Ruby star 품종의 전자공여능이 모든 추출구에서 매우 높게 나타났다(86.70~99.54%). 이는 anthocyanin 함량이 많은 Roselle 추출물의 oxygen radical 흡착 능력 및 ferric ion 환원력이 우수하였고, anthocyanin 함량에 따라 ferric ion 환원력이 증가하여, Roselle 추출물의 항산화력 근원은 anthocyanin이라고 보고한 Tsia 등의 결과에서도 나타났다. 또한 Wang 등은 anthocyanin이 ascorbate와 같은 일반적인 항산화제보다 활성이 우수하다고 보고한 바 있다. 본 실험에서는 항산화제의 일종으로 널리 사용되고 있는 L-ascorbic acid를 1 및 0.1%의 수준에서 전자공여능력을 측정한 결과, 각각 100 및 89.54%로 높게 나타났다. 동복 및 Summer power 품종의 전자공여능력은 L-ascorbic acid 용액에 미치지 못하나 Ruby star 품종의 경우 0.1% L-ascorbic acid의 공여능력에 해당하는 것으로 나타나 free radical에 대한 포집 능력이 우수한 것으로 나타났다. 따라서 Ruby star 품종의 경우, 항산화 효과를 나타내는 phenolic 물질이 다른 품종에 비해 많이 함유되어 있을 것으로 예상되며 이에 따라 전자공여능을 비롯한 여러 가지 항산화 활성이 높을 것으로 생각되었다. 또한 Bonus 및 Summer power 품종의 폴리페놀의 함량은 Ruby star에 비해 매우 낮지만 전자공여능은 70% 이상을 나타내므로 radical에 대한 포집력은 어느 정도 가지고 있는 것으로 판단된다. 이는 시료 내 포함된 항산화성 물질에 따라 안정한 radical 자체를 형성하는 능력이 달라지기 때문인 것으로 생각된다.

Table 27. Antioxidant activities of DHHP method and SOD-like activity of *Brassica oleracea* var. *capita* extracts

(unit : %, dry base)

Variety & Solvent	DPPH scavenging effects	SOD-like activity
Bonus		
Water	85.31±2.00 ^{d1)}	_ ^h
50% ethanol	73.96±1.15 ^f	60.08±3.60 ^{cd}
100% ethanol	73.53±3.10 ^f	61.69±1.72 ^c
Summer power		
Water	80.21±5.00 ^e	_ ^h
50% ethanol	51.19±1.19 ^h	41.62±1.01 ^f
100% ethanol	64.45±1.00 ^g	59.00±2.05 ^d
Ruby star		
Water	92.77±1.50 ^b	10.44±2.00 ^g
50% ethanol	99.54±0.20 ^a	67.44±2.00 ^b
100% ethanol	86.70±4.04 ^{cd}	51.75±1.63 ^e
1% L-ascorbic acid	100 ^a	95.25 ^a
0.1% L-ascorbic acid	89.54 ^{bc}	94.76 ^a
Variety	p <0.001	p <0.001
Solvent concentrate	p <0.001	p <0.001
Variety*Solvent concentrate	p <0.001	p <0.001

¹⁾Values are Mean±S.D. of triplicate measurements and within each column followed by the same letters are not significantly different.

라) Superoxide dismutase(SOD) 유사활성

SOD 유사활성 물질은 효소는 아니지만 SOD와 유사한 역할을 하는 저분자 물질로 주로 phytochemical에 속하며 superoxide의 반응성을 억제하여 산화적 장애를 방어할 수 있다. Nice 등은 SOD 정제 시 열안정이 뛰어나고 SOD와 유사한 활성을 나타내는 물질을 함께 정제하여 이를 SOD와 결합된 phenol류 물질인 것으로 보고한 바 있으며, Kim 등은 비타민 C 그 자체가 높은 SOD 유사활성을 나타낸다고 보고하였다. Table 16에서와 같이, Bonus 및 Summer power 품종의 물 추출구에서는 활성이 전혀 나타나지 않았으며 50% 및 100% 에탄올 추출구에서는 각각 41.62~60.08%, 59.00~61.69%의 활성을 보여주었다. 이에 반해 1 및 0.1% L-ascorbic acid의 경우, 각각 95.25, 94.76%로 매우 큰 활성이 나타나, Kim 등의 보고와 유사하였다. Ruby star 품종의 경우 물 추출물에서 미약하나마 10.44%의 활성을 나타내었으며, 50 및 100% 에탄올 추출구에서는 각각 67.44, 51.75%의 활성이 나타났다. 또한 물 추출보다 에탄올 용매로 추출할 때 SOD유사활성이 높게 나타나 여러 식물체의 에탄올 추출물보다 열수 추출물이 효과가 크다는 Kim 등의 결과와 다르게 나타났다. 따라서 pyrogallol의 산화를 저해하는데 관여하는 물질은 식물체에 따라 추출특성이나 항산화 활성이 다르기 때문인 것으로 판단되었다. Kim 등은 특정물질이 생체의 산화 반응 또는 radical 반응 전반에 걸쳐 반응성을 억제하지는 못한다고 하였다, 따라서 본 실험의 양배추 추출물은 DHHP radical에 대한 소거활성은 우수하였으나, superoxide에 대한 저해활성은 낮았으므로 활성산소의 종류나 radical source에 따라 또한 반응기작에 따라 반응성을 억제할 수 있는 항산화 물질의 연구가 필요하다고 생각된다.

마) Tyrosinase 저해작용

Tyrosinase(Dihydroxy-L-phenylalanine oxygen oxidoreductase, EC 1.14.18.1)는 넓은 범위의 phenol화합물을 기질로 이용하여 효소적 갈변화를 일으키는 효소로 phenol성 물질들이 가공이나 저장 중에 갈변화 하는 원인이 된다. 각 품종의 tyrosinase 저해활성은 33.29~68.87%의 범위를 나타내었는데($p < 0.001$), 각각 품종마다 50% 추출구의 활성이 가장 높게 나타났으며, Ruby star 품종이 다른 품종에 비

해 전반적으로 저해활성이 우수하였다(Fig. 73). 비교물질인 1% 및 0.1% L-ascorbic acid는 각각 100%, 41.65%의 저해 효과를 나타내었는데, 양배추 추추물의 경우 1% L-ascorbic acid 용액의 저해 능력에는 미치지 못하나, 0.1% L-ascorbic acid 용액보다 우수하였다. Tyrosinase의 저해제로는 여러 가지 화합물이 있으나, 안전성, 경제성 등에 문제가 있어 국내에서는 Jung 등이 tyrosinase 활성을 저해하는 식물체를 탐색한 바 있다. 즉, 녹차 및 홍차의 높은 저해 활성을 차의 페놀화합물 성분과의 관련성으로 제시하였으며, 그 밖에 무, 무순, 그리고 홍고추 등이 tyrosinase 저해 활성이 높다고 보고하였다.

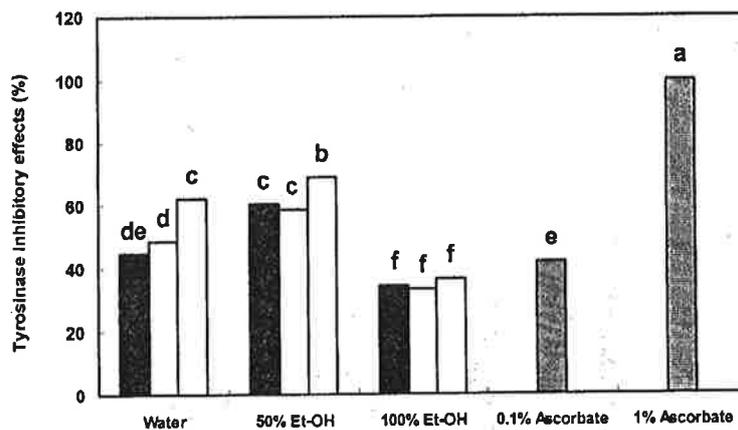


Figure 73. Tyrosinase inhibition effects of *Brassica oleracea* var. *capita* extracts. (■ Bonus, ▨ Summer power, □ Ruby star)

바) 아질산염 소거작용

질산염을 많이 함유한 식품을 다량 섭취하게 되면, methemoglobin증 등 중독 증상이 발병되고 아질산염과 제 2급 및 3급 아민과의 nitroso화 반응은 위장 내의 낮은

산성 조건에서 쉽게 일어나며 발암 물질인 nitrosamine을 생성할 수 있게 되므로 이러한 아질산염을 소거, 제거하여 그에 동반되는 질병을 억제할 수 있는 천연물에 대한 검색이 많이 이루어지고 있다. 양배추 품종 및 추출용매에 따른 아질산염 소거능력은 pH 1.2 조건에서 비교하였다(Fig. 74). 즉, 전반적으로 양배추 추출물은 아질산염에 대한 소거활성이 70~86%로 높게 나타났으며($p < 0.001$), 이들은 0.1 및 1% L-ascorbic acid 용액의 활성인 73% 보다도 우수하였다. 위장 내의 낮은 pH 조건에서 nitrosamine이 쉽게 형성되므로 낮은 pH(pH 1.2)에서 아질산염 소거작용이 큰 것은 nitrosamine형성을 효과적으로 억제하는데 능력이 있음을 의미한다. 즉, 세 가지 양배추 품종의 물 및 에탄올 추출물은 1% L-ascorbic acid 용액의 아질산염에 대한 소거능력보다도 우수하였으며 이러한 결과는 식물 추출물이나 페놀성 화합물 및 환원제인 ascorbate 등이 nitrite를 제거하여 그 위험성을 저하시킬 수 있는 능력이 있다는 결과와 일치하였다.

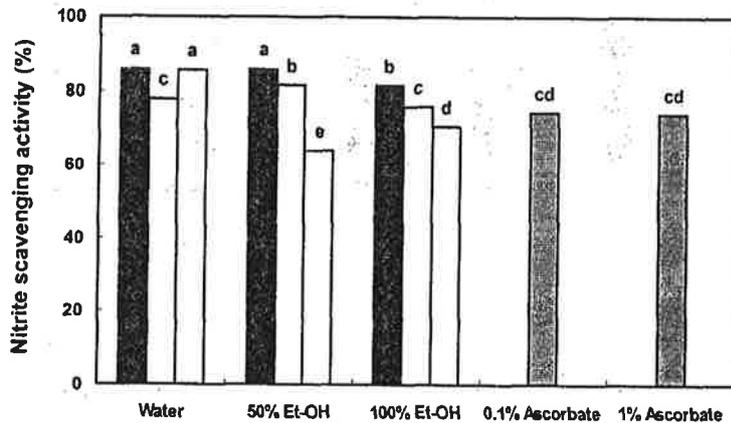


Figure 74. Nitrite scavenging activities of *Brassica oleracea* var. *capita* extracts. (■ Bonus, ▨ Summer power, □ Ruby star)

2) 양배추 추출물의 용매제거 제품평가 시험

가) 동복(Bonus) 추출물의 용매제거 제품평가

GC를 이용하여 메탄올 및 에탄올로 추출한 양배추 품종인 동복 추출물에 잔류되어 있는 용매를 정량 분석하여 Table 28에 나타내었다. 즉, 동복 추출물은 메탄올 및 에탄올이 검출되지 않았다. 이와 같이 동복 추출물에서 인체에 유해한 메탄올이 검출되지 않았으므로 실제 음료나 차류에 적용시킬 때 메탄올이나 에탄올을 사용하여도 상관없는 것으로 사료된다.

Table 28. Quantitative analysis of solvent in cabbage(Bonus)

Sample	Solvent	
	Methanol	Ethanol
Bonus	-	-

나) 썸머파워(Summer power) 추출물의 용매제거 제품평가

GC를 이용하여 메탄올 및 에탄올로 추출한 양배추 품종인 썸머파워 추출물에 잔류되어 있는 용매를 정량 분석하여 Table 29에 나타내었다. 즉, 썸머파워 추출물은 메탄올 및 에탄올이 검출되지 않았다. 이와 같이 썸머파워 추출물에서 인체에 유해한 메탄올이 검출되지 않았으므로 실제 음료나 차류에 적용시킬 때 메탄올이나 에탄올을 사용하여도 상관없는 것으로 사료된다.

Table 29. Quantitive analysis of solvent in cabbage(Summer power)

Sample	Solvent	
	Methanol	Ethanol
Summer power	-	-

다) 홍월적(Ruby star) 추출물의 용매제거 제품평가

GC를 이용하여 메탄올 및 에탄올로 추출한 양배추 품종인 홍월적 추출물에 잔류되어 있는 용매를 정량 분석하여 Table 30에 나타내었다. 즉, 홍월적 추출물은 메탄올 및 에탄올이 검출되지 않았다. 이와 같이 홍월적 추출물에서 인체에 유해한 메탄올이 검출되지 않았으므로 실제 음료나 차류에 적용시킬 때 메탄올이나 에탄올을 사용하여도 상관없는 것으로 사료된다.

Table 30. Quantitive analysis of solvent in cabbage(Summer power)

Sample	Solvent	
	Methanol	Ethanol
Summer power	-	-

3) 양배추의 폐기물 처리대책 강구

우리나라의 음식물 쓰레기는 주로 가정이나 음식점에서 버리는 음식물 찌꺼기, 식품의 판매·유통과정에서 버려지는 음식물, 가정과 식당 등 조리과정 중에 식품을 다듬으면서 버리는 쓰레기, 먹고 남긴 음식물 찌꺼기, 보관했다가 유통기간 경과로 그냥 버리는 식품 쓰레기를 말한다. 1년에 버리는 음식물 쓰레기의 분량은 410만 톤으로 이는 8톤 트럭 1,400대 분량의 어마어마한 양이며, 또한 돈으로 환산할 경우 15조원으로 월드컵 경기장 70개를 지을 수 있는 엄청난 금액이다. 한편, 음식물류 폐기

물의 재활용률은 1997년 9.7%에서 2001년 말 56.8%로 향상되었으며, 이러한 수치는 1998년 감량·자원화 기본계획 당시 2002년 자원화 목표율 50%를 초과 달성한 것으로 평가할 수 있다. 그러나 음식물류 폐기물의 감량정도는 매년 낮게 유지되고 있으며, 각종 자원화 시설에서 생산되는 제품의 품질 문제 및 수요처 확보 등의 어려움으로 인해 자원화 정책의 지속적인 추진에도 큰 어려움에 직면해 있다. 또한 음식물 쓰레기를 바로 매립할 경우 악취, 해충, 침출수 발생 등으로 환경에 부정적 영향을 주게 되므로 정부에서는 1997년도에 폐기물 관리법 시행규칙을 개정하여 2005년 1월 1일부터 특별시·광역시 또는 시 지역에서 발생하는 음식물류 폐기물을 바로 매립하여서는 아니 되며, 소각·퇴비화·사료화 또는 소멸화 처리 후 발생하는 잔재물만을 매립토록 함에 따라 해당 지방자치단체에서는 음식물 쓰레기를 소각하거나 재활용시설 설치 또는 민간 처리시설에 위탁처리 하는 등 음식물 쓰레기 처리대책이 시급한 실정이다.

현재 시행되고 있는 음식물 쓰레기 대책으로는 첫째, 음식물 쓰레기를 전용 봉투에 넣어 지정된 곳에 배출하거나 둘째, 음식점 및 집단급식소의 음식물 쓰레기 처리는 객실면적이 100 m² 이상인 음식점이나 1일 평균 연 급식 인원이 100인 이상인 집단급식소는 음식물 쓰레기를 스스로 감량 또는 재활용하거나 폐기물처리업자, 폐기물 재활용 신고자 또는 폐기물 처리시설의 설치운영자 등에게 위탁하여 재활용하여야 한다. 동 음식점이나 집단급식소가 음식물 쓰레기를 스스로 감량하는 경우에는 폐기물 관리법 시행규칙 제8조 별표4의 제3호 라목(2)의 규정에 의한 수분함량을 감량하는 기기를 설치하여야 한다. 셋째, 분리 배출된 음식물 쓰레기는 지방자치단체에서 수거하여 소각하거나, 사료나 퇴비 등으로 재활용하거나 하수병합처리 등 기타 방법으로 처리하고 있다. 그동안 생활쓰레기 발생량은 매년 증가했지만 음식물 쓰레기 발생량이 줄어든 것은 음식물 쓰레기 분리 배출지역 확대, 감량의무사업장 확대, 국민들의 음식문화개선 등 여러 가지 요인이 복합적으로 작용했기 때문이라고 사료된다.

폐기물관리법 및 사료관리법의 개정에 의해 2006년 이후부터 가열설치를 의무화하고 있어, 그 비율은 더욱 감소할 것으로 예상되며, 기타 처리시설로의 이행에 대비하여야 할 것으로 사료된다. 이에 본 연구과제인 양배추의 노화억제 성분을 이용한 가

공제품 다양화기술 개발에서도 연구 이외에 버려지는 폐기물을 이용하여 처리방안을 모색하는 다양한 방법이 강구되어야 할 것이다. 그 중 가장 효과적인 방법으로 양배추 폐기물을 이용한 사료화 제조 및 퇴비 제조에 중점을 두고 조금이나마 폐기물의 이용률 높이며 환경오염을 줄이기 위한 해결방안을 제시하였다.

가) 양배추 폐기물을 이용한 퇴비 제조

양배추 폐기물을 이용하여 양질의 퇴비를 손쉽게 만드는 방법을 모색하였다. 특히 채소류의 가장 큰 문제점은 수분을 많이 함유하고 있어 배출과정, 수거과정, 운반과정에서 침출수가 유출되어 주변 환경을 오염시킬 수 있다. 그러나 양배추 폐기물을 짜서 배출하면 수분함량이 낮아져서 사료화 및 퇴비화 등으로 재활용하는데 큰 도움이 되리라 사료된다. Table 31은 산지에서 직접 수확한 동복, 썸머파워 및 홍월적 등 각 품종의 양배추를 10반복하여 품종별 총 무게, 폐기량, 폐기율을 조사한 결과이다.

동복의 경우, 총 무게는 4104.13 g, 폐기량은 1738.75 g, 버려지는 폐기율은 42.37%로 나타났으며, 생체로 먹을 수 있는 이용률은 57.63%였으며, 썸머파워의 총 무게는 3156.0 g, 폐기량은 1428.50 g, 폐기율은 45.26% 및 이용률은 54.74%로 나타났으며, 홍월적의 경우, 총 무게는 2240.1 g, 폐기량은 903.20 g, 폐기율은 40.32% 및 이용률은 59.68%로 나타났다. 각 품종별 총 무게와 폐기량의 차이는 재배기간의 차이 때문인 것으로 생각되며, 양배추 각 품종의 폐기율은 40.32~45.26%로 거의 유사한 값을 나타냄을 알 수 있었다.

Table 31. 양배추 품종별 폐기율 비율

(unit : g)

	총 무게	폐기량	폐기율(%)
Bonus	4104.13	1738.75	42.37
Summer power	3156.0	1428.50	45.26
Ruby star	2240.1	903.20	40.32

또한, 양배추 폐기물을 이용한 퇴비를 위한 준비물을 살펴보면, 퇴비를 위한 통 1개, 양배추 폐기물을 모아두는 통 1개(각종 벌레의 유입을 막기 위해 플라스틱 재질이 좋고 반드시 뚜껑이 있어야 한다.), 흙, 미생물들이 원활하게 활동하려면 영양제(질소)가 필요하다. Fig. 75는 양배추 폐기물을 이용한 퇴비의 제조과정을 순서대로 나열하였다.

흙(거친 흙이 좋다.)을 양동이 바닥에 깐다.

□□

물기를 뺀 양배추 폐기물을 놓고 흙(마른 흙)으로 덮는다. 양배추 폐기물과 흙을 번갈아가면서 넣는다. 이때, 적당한 습도를 유지시켜야 발효가 잘 된다.

□□

벌레가 나오지 않도록 헝겊으로 덮는다.

□□

양동이가 찰 때까지 과정을 반복한 후 1달 정도 둔다.

□□

자주 뒤집어 잘 섞어야 파리나 기타 벌레들이 주변으로 모여드는 것을 막을 수 있다.

□□

한 달 후, 완전히 부식되면 퇴비로 사용한다.

Fig. 75. 양배추 폐기물을 이용한 퇴비의 제조

이때, 주의할 점은 양배추 폐기물의 물을 잘 뺀다(수분 함량은 60%가 적당하다). 벌레를 나오지 않게 하려면, 여름철에는 흙의 양을 늘려주고, 약간의 냄새가 나는 경우도 있으므로 발효통은 실외에 두되 밖의 온도가 너무 낮으면 효과가 떨어질 수 있으니 주의한다(겨울). 양배추 폐기물이 나올 때마다 같은 통에 계속 넣으면 발효기간

이 서로 달라 퇴비기간이 길어질 수 있으므로 양배추 폐기물을 모아두는 통과 발효시켜 퇴비를 만드는 통, 2개를 준비해서 사용하면 우수한 효과를 볼 수 있다. 퇴비를 만드는 데 걸리는 기간은 보통 1개월 정도이다. 이는 양배추 폐기물의 공기와 온도 조절이 좌우하기 때문이며, 퇴비가 다 되면 검은 흙색으로 변한다. 그러나 요즘은 채소, 과일류에 농약을 많이 사용하기 때문에 시간이 더 오래 걸릴 수도 있다. 껍질을 벗겨 먹는 과일이라도 되도록 씻은 후 벗겨 먹는 편이 좋으며, 양배추의 경우 잎이 크므로, 잘게 썰어 넣으면 퇴비기간을 단축시킬 수도 있다. 발효기간이 지난 후 덜삭은 찌꺼기는 추려서 새로 발효를 시작하는 퇴비통에 넣는다. 완성한 퇴비를 약 1개월가량 습기를 보존한 채 놓아두면 훌륭한 퇴비가 되는 동시에 원자재의 이용과 더불어 폐기물로 인한 환경공해도 줄일 수 있으며 양질의 퇴비를 얻을 수 있으므로 좋은 해결 방안이라 하겠다.

나) 양배추 폐기물을 이용한 사료 제조

양배추 폐기물을 이용한 처리방법으로 앞에서 제시한 퇴비 제조 이외에 사료화 제조 방법이 있다. 사료화 제조 방법으로는 크게 두 가지로 건조사료화 방법과 발효사료화 방법 등으로 나눌 수 있으나, 일부 농가가 폐기물을 그대로 이용하는 경우가 있으나 이는 안전성의 문제로 권장할 만한 방법이 아니므로 두 가지 제조 방법을 이용하여 해결점을 모색하였다.

(1) 건조사료화 방법

양배추 폐기물의 건조사료화 방법은 기계적인 설비에 의해 고속 열풍 및 가온기를 이용하여 건조시키는 방법으로 폐기물 중에 포함되어 있는 수분함량이 약 15% 이하가 되도록 처리하여 이용하는 방식이다. 건조 방법에는 열풍 건조방법, 진공건조방법, 원적외선 드럼식 건조방법, 초음파 건조방법 등이 대표적이며, 대부분 처리용량의 대량화로 공장화 규모의 시설이 기대되며 공정도는 Fig. 76과 같다.

건조사료화 방법의 장점으로는 건조시킴으로서 약 1/5정도로 부피와 중량이 감소되어 운반 및 저장이 용이하고, 다른 사료와 혼합 이용이 쉬워 모든 가축에게 이용 가능하며 유통이 용이한 장점이 있다. 또한 고온에 의한 살균 공정을 거치므로 병원

균 및 각종 세균이 사멸되어 위생적이기 때문에 가장 적합한 방법이라 할 수 있으며 건조 사료화 방법 중 몇 가지를 살펴보면 다음과 같다.

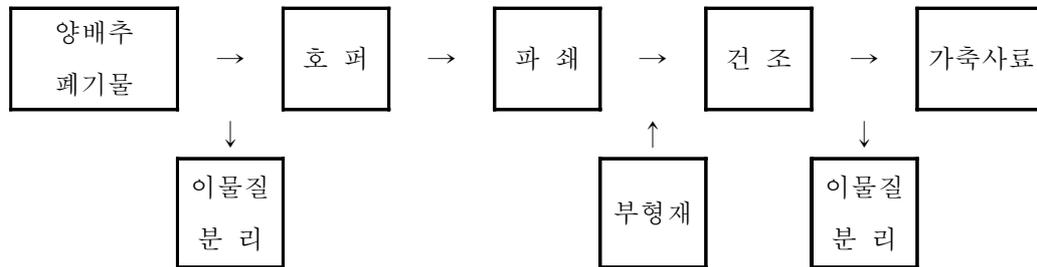


Fig. 76. 양배추 폐기물의 건조방법 공정도

(가) 열풍건조 사료화 방법

남은 폐기물을 유동층 건조방식에 의하여 80℃ 정도의 열풍과 교반에 의하여 순간적으로 건조시켜 사료로 이용하는 방법이며, 공정은 선별, 건조, 분쇄 등으로 구성되어 진다.

(나) 진공건조 사료화 방법

남은 폐기물의 진공건조 사료화 방법은 진공 상태에서 압력이 떨어지면 물의 비등점이 낮아지는 원리를 이용한 방법으로 남은 폐기물 중의 수분을 진공 상태에서 60~70℃의 온도로 증발 건조시키는 방법이다. 이 시스템은 열공급장치, 진공건조장치, 증기냉각장치로 구성되어 있다. 장점으로는 첫째, 남은 폐기물을 저온에서 건조함으로써 각종 영양소의 파괴를 최소화 하고, 둘째, 저온·감압건조(60~70℃, 70 mmHg) 방식으로써 함유율이 높은 폐기물을 짧은 시간에 많은 양을 처리할 수 있다. 셋째로 폐기물에 함유된 영양소의 파괴를 최소화함으로써 생산된 제품의 사료가

치가 높고, 병원성 미생물이나 식중독 세균을 사멸 시키는데 효과적이거나, 운전비용이 많이 드는 단점이 있다.

(다) 원적외선 건조 사료화 방법

원적외선이란 가시광선보다 긴 파장(750~1000 μm)를 가지며 빛의 속도와 같은 속도로 공간을 전파하는 전자파이다. 양배추 폐기물을 이용한 원적외선 건조 사료화법은 원적외선 가열방식을 이용한 방법으로 원적외선 가열관에서 나오는 복사 에너지가 남은 폐기물만을 직접 가열함으로써 건조되는 방식이다. 특히 복사에너지가 폐기물중의 유기물 분자 내에 흡수되어 분자의 진동에너지로 변환되고 분자의 내부온도를 상승시킴으로써 가열효율이 높아지는 효과가 있어 남은 폐기물의 건조가 용이하다.

(2) 발효사료화 방법

발효사료화 방법은 여러 가지 미생물군과 효소들을 발효 설비에 첨가함으로써 남은 양배추 폐기물내의 유기물을 발효시켜 가축의 사료로 이용하는 방법으로 발효건조 사료화 방법과 습식발효 방법 등이 있다.

(가) 발효건조 사료화 방법

발효건조 사료화 방법은 양배추 폐기물에 에너지, 단백질 및 섬유소 공급원을 적절히 첨가하여 혼합한 후 여러 종류의 유익한 미생물(발효제)을 일정 규모의 발효 설비에 적당량 첨가하여 60℃ 내외의 온도에서 24시간 정도 발효과정을 거쳐 가축의 사료로 이용하는 방법이다. 특히 발효제의 종류에 따라 발효온도, 시간 등에 다소 차이가 있어 사용되는 발효제의 특성에 따라 발효공정을 정하도록 하며 발효과정을 거치는 동안 수분함량이 약 30% 정도로 감소된다. 이때 발효건조 사료화의 장·단점으로는 발효건조법에 의하여 생산된 사료는 저장과 운반이 용이하며 다른 사료와 혼합 이용이 쉽고, 발효에 의해 사료의 이용성을 높일 수 있는 장점이 있으나 가공 비용이 많이 소요되는 단점이 있다(Fig. 77).

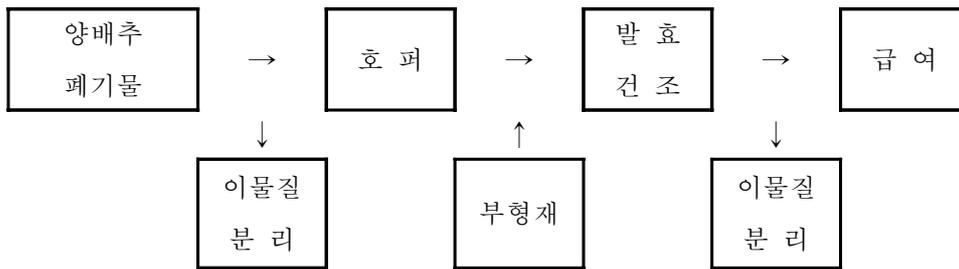


Fig. 77. 양배추 폐기물의 발효건조사료 제조 공정도

(나) 습식발효 사료화 방법

습식발효 사료화 방법은 양배추 폐기물을 신속하게 수거, 운반하여 살균과정을 거친 후 수분조절을 위한 부형재를 일정비율 혼합한 후 발효 균제를 첨가하여 30~60℃ 내외의 온도에서 24시간 발효시켜 수분 70~80% 상태에서 가축에게 급여하는 방법이다. 그러나 유통이 곤란하여 주로 농가단위로 양돈농가에서 이용하고 있다. 습식발효 사료화 방법의 장·단점으로는 양배추 폐기물의 습식발효 사료는 가공 시 비용과 인력이 적게 소요되고, 돼지 및 양계 등에 대한 기호성이 좋으며 사료제조 비용이 적게 소요되나, 가축에 급여 시 운반이 용이치 않아 저장성이 부족하고 취급이 곤란하며 유통 상의 어려운 점이 있다(Fig. 78).

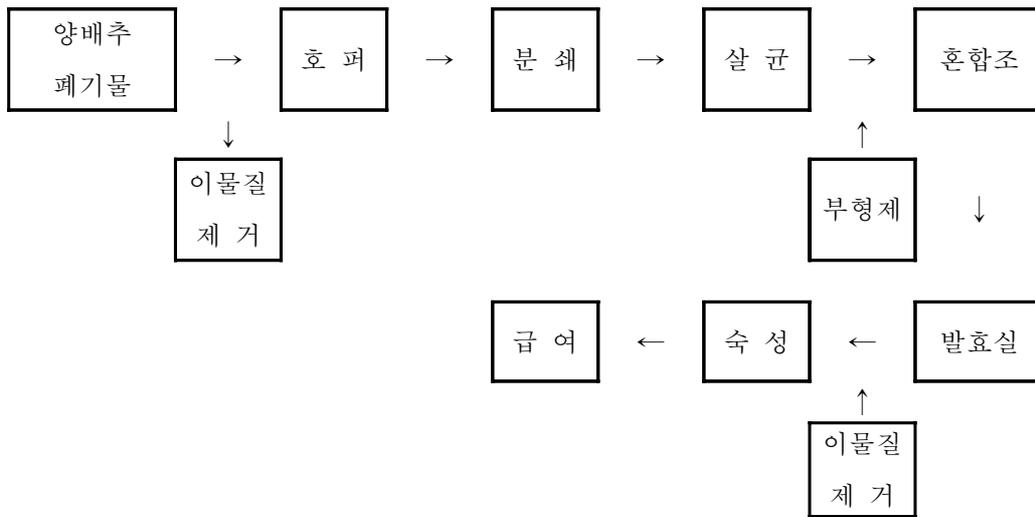


Fig. 78. 양배추 폐기물의 습식발효사료 제조 공정도

앞에서 제시한 양배추 폐기물을 이용한 퇴비화 및 사료화 방법에 대해 살펴본 결과, 환경오염 및 자원의 재활용이란 측면에서 매우 효율적인 방법이라고 생각된다. 그러나 폐기물을 처리하기 위해서는 경제적 부담감과 기계설비의 도입 등 여러 가지 어려운 문제에 직면하고 있다. 이를 해결하기 위해서 전문가의 조언과 더불어 경제적 측면에서의 해결방안이 우선적으로 이루어져야 하며, 또한 기존의 폐기물 설비의 문제점을 고려하여 양배추 폐기물만을 위한 기기설비 및 공정이 절실히 필요하리라 사료된다.

3. 추출물의 기능성 소재화 및 양배추를 이용한 가공식품의 개발

가. 생리활성 추출물의 기능성 소재화 및 품질평가

1) 품종별 양배추 추출물의 특성 조사

가) 동복(Bonus) 추출물의 특성 조사

(1) 색 도

색도는 색차계(Color difference meter, Color Quest II Sphere System, U.S.A)를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 측정하였다. 이때 표준백색판의 L, a, b 값은 100.01, -0.00, 0.00이었다. 열수 추출액, 50% 및 75% EtOH 추출 시 추출완료 시점에서 색도를 측정하였다.

<참고> Hunter L, a, b color scale

(흑색)	0	<-----	L(명도)	----->	100	(백색)
(녹색)	-80	<-----	a(적색도)	----->	100	(적색)
(청색)	-70	<-----	b(황색도)	----->	70	(황색)

Fig. 79는 동복 추출물의 용매에 따른 색도 변화를 나타낸 것이다. L값은 71.49로 50% EtOH 추출물이 가장 높았고, 열수 및 75% EtOH 추출물이 각각 69.07, 51.42로 나타났으며, a값은 열수, 50% 및 75% EtOH 추출물에서 각각 -2.42, -4.01, -6.0으로 전부 -값을 나타내었다. 한편 b값은 75% EtOH 추출물이 4.2로 50% EtOH, 열수 추출물의 값인 3.12, -0.86 보다 높은 것으로 나타났다. 동복 추출물 중 50% EtOH 추출물이 명도가 높아 음료 이용에 효율적이거나, 음료에 적용하는 경우 명도가 조금 떨어지지만 열수 추출물을 용매로 사용하는 것이 음료 이용에 적합할 것으로 생각된다.

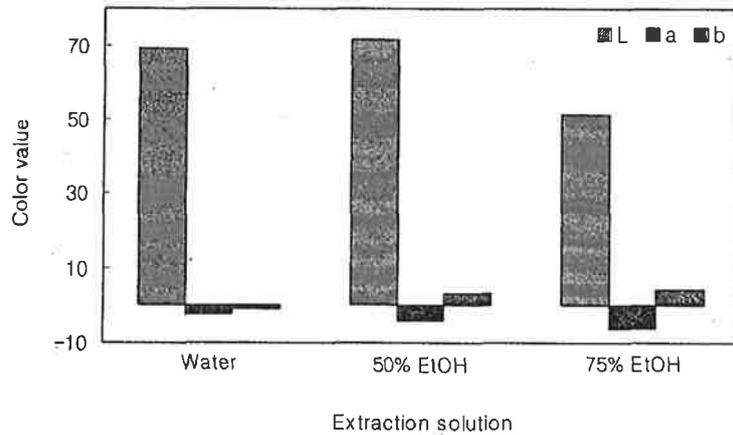


Fig. 79. Color value of cabbage(Bonus) according to extract of solvents

(2) 탁도

탁도는 650 nm에서 투과도를 측정하여 증류수를 100% 투과도를 기준으로 하여 비교치를 나타내었다. 열수, 50% 및 75% EtOH 추출 시 추출완료 시점에서 탁도를 측정하였다. 추출용매에 따른 탁도 변화는 Fig. 80에 나타낸 바와 같다. 75% EtOH 추출물의 투과도가 76.57%(T)로 가장 높았으며, 열수 및 50% EtOH 추출물은 58.17, 56.89%(T)로 각각 나타났다. 대개 EtOH 추출물의 경우 가용성 고형분 함량이 높아 탁도가 매우 높기 때문에 열수에 비해 낮은 투과도를 나타내지만, 75% EtOH 추출물의 경우 예외적으로 높은 투과도를 나타내었다.

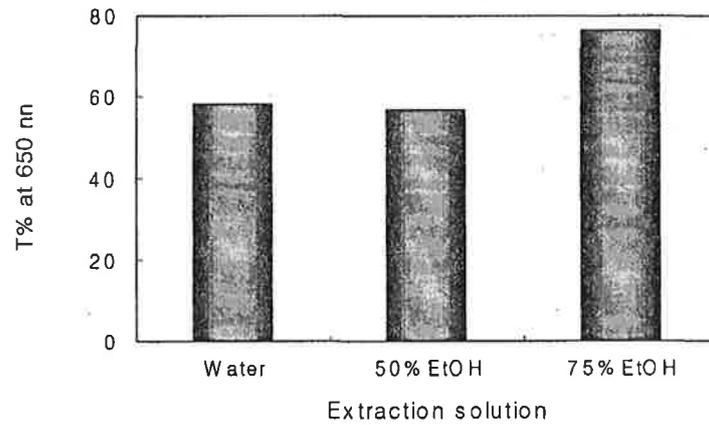


Fig. 80. Turbidity of cabbage(Bonus) according to extract of solvents

(3) 당도

각 추출물의 당도는 굴절당도계(Atage, hand refractometer, Japan)를 사용하여 실온에서 측정하였다.

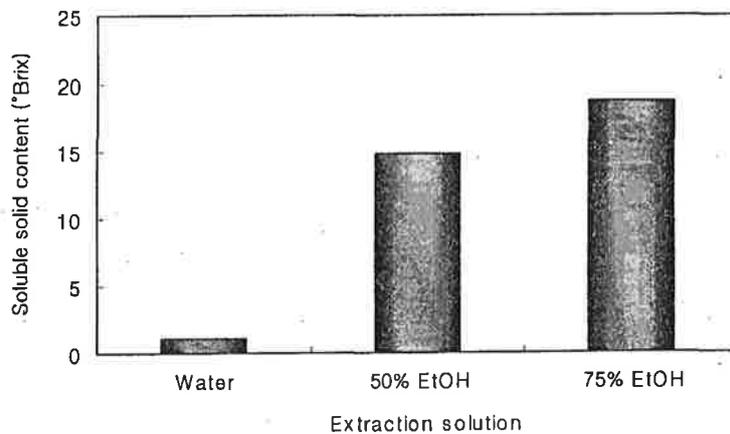


Fig. 81. Soluble solid contents of cabbage(Bonus) to extract of solvents

열수 추출물의 경우 1.0 °Brix, 50 및 75% EtOH 추출물의 경우 각각 14.8, 18.8 °Brix를 나타내었다. 열수 추출물에 비해 ethanol 추출물의 가용성 고형분 함량이 높았으나, 음료에 적용하기에는 부적합한 것으로 판단되므로 음료 제조에 적합한 가용성 고형분을 함유한 열수 추출물이 유리할 것으로 생각되었다.

(4) 유리당

동복 1.0 °Brix의 열수 추출물과 50, 75% EtOH 추출물의 14.8, 18.8 °Brix에 대한 유리당 조성을 분석한 결과는 Table 32와 같다.

Table 32. Free sugar contents of cabbage(Bonus)

(unit : mg/mL)

	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Lactose
Water ext.	3.48	5.54	0.39	0.36	-
50% EtOH ext.	2.55	3.96	0.22	0.26	-
75% EtOH ext.	2.77	4.27	0.18	0.26	-

동복 추출물의 유리당 함량 분석 결과 열수, 50 및 75% EtOH의 모든 추출물은 fructose, glucose, sucrose, maltose를 함유하고 있었으며, 이중 fructose와 glucose가 주를 이루었다. 또한 전체적으로 50, 75% EtOH 추출물보다 열수 추출물에서 유리당 함량이 높은 것으로 나타났으나, lactose의 경우 모든 추출물에서 검출되지 않았다.

나) 썬머파워(Summer power) 추출물의 특성 조사

(1) 색 도

색도는 색차계를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 측정하였다. 이때 표준 백색판의 L, a, b 값은 100.02, -0.01, -0.02이었다. 열수 추출액, 50% EtOH 및 75% EtOH 추출 시 추출완료 시점에서 색도를 측정하였다.

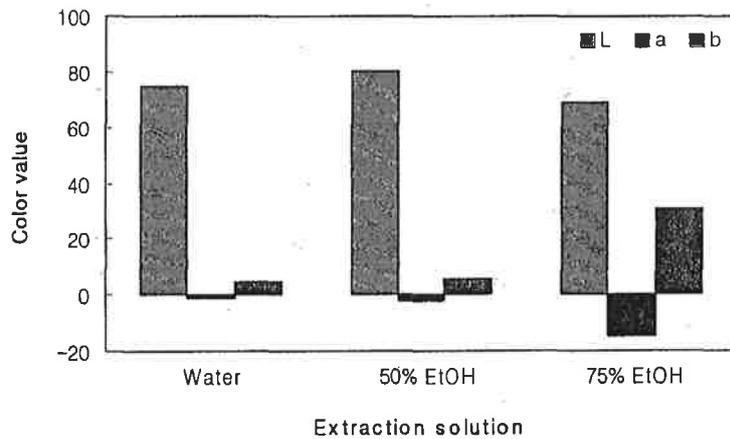


Fig. 82. Color value of cabbage(Summer power) according to extract of solvents

Fig. 82는 썬머파워 추출물의 용매에 따른 색도 변화를 나타낸 것이다. L값은 78.13으로 50% EtOH 추출물이 가장 높았고, 열수 추출물이 75.28, 75% EtOH 추출물이 64.14로 나타났으며, a값과 b값은 75% EtOH 추출물이 각각 -15.57, 30.23으로 열수와 50% EtOH 추출물에 비해 높게 나타났다. 썬머파워 추출물 중 ethanol 추출물이 명도가 높아 음료 이용에 효율적이거나, 음료에 적용하는 경우 명도가 조금 떨어지지만 열수 추출물을 용매로 사용하는 것이 음료 이용에 적합하다고 판단되었다.

(2) 탁도

탁도는 650 nm에서 투과도를 측정하여 증류수를 100% 투과도를 기준으로 하여 비교치로 나타내었다. 열수 추출, 50% EtOH, 75% EtOH 추출 시 추출완료 시점에서 탁도를 측정하였다. 추출 용매에 따른 탁도 변화는 Fig. 83에서 나타낸 바와 같다.

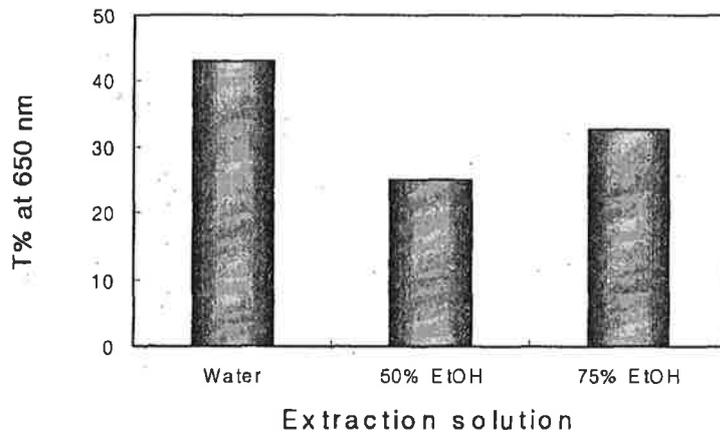


Fig. 83. Turbidity of cabbage(Summer power) according to extract of solvents

열수 추출물의 투과도가 43.04%(T)로 가장 높았으며, 75% EtOH 추출물은 32.74%(T), 50% EtOH 추출물은 25.09%(T)순이었다. 열수 추출물에 비해 고농도의 에탄올 용매 추출물들은 가용성 고형분 함량이 높아 탁도가 매우 높았기 때문에 매우 낮은 투과도를 나타낼 수 있었다.

(3) 당도

각 추출물의 당도는 굴절당도계(Atago, hand refractometer, Japan)를 사용하여 실온에서 측정하였다.

열수 추출물의 경우 1.0 °Brix, 50% EtOH 추출물은 14.6 °Brix, 75% EtOH 추출물은 18.6 °Brix를 나타내었다. 열수 추출물에 비해 ethanol 추출물의 가용성 고형분 함량이 높았으나 음료에 적용하기에는 부적합한 것으로 판단되었다. 따라서 음료에 적용하기에 적합한 가용성 고형분을 함유한 열수 추출물이 유리할 것으로 판단되었다.

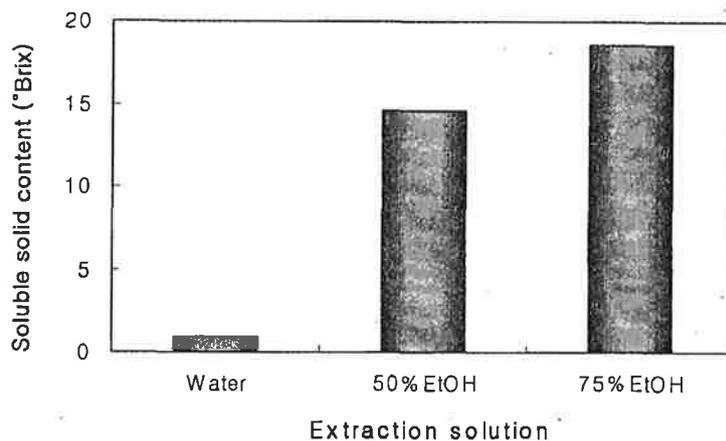


Fig. 84. Soluble solid contents of cabbage(Summer power) to extract of solvents

(4) 유리당

썸머파워 1.0 °Brix의 열수 추출물과 14.6 °Brix의 50% EtOH 추출물 및 18.6 °Brix 75% EtOH 추출물에 대한 유리당 조성을 분석한 결과는 Table 33과 같다.

썸머파워 추출물의 유리당 함량 분석 결과 열수, 50 및 75% EtOH의 모든 추출물

은 fructose, glucose, sucrose를 함유하고 있었으며, 이중 fructose와 glucose가 동북 추출물과 유사하게 주를 이루었다. 한편, 동북 추출물에서의 유리당 함량은 열수 추출물에서 높은 경향을 보였으나, 썬머파위의 경우 열수 추출물 보다 ethanol 추출물에서 유리당 함량이 높은 것으로 나타났다. 또한 동북과는 달리 lactose 이외에 maltose도 모든 추출물에서 검출되지 않았다.

Table 33. Free sugar contents of cabbage(Summer power)

(unit : mg/mL)

	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Lactose
Water ext.	2.28	2.98	0.51	-	-
50% EtOH ext.	2.61	3.45	0.60	-	-
75% EtOH ext.	2.71	3.61	0.31	-	-

다) 홍월적(Ruby star) 추출물의 특성 조사

(1) 색 도

색도는 색차계를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 측정하였다. 이때 표준 백색판의 L, a, b 값은 99.99, 0.00, 0.00이었다. 열수 추출액, 50% EtOH, 75% EtOH 추출 시 추출완료 시점에서 색도를 측정하였다.

Fig. 85는 루비스타 추출물의 용매에 따른 색도 변화를 나타낸 것이다. 홍월적의 경우 동북 및 썬머파위와 유사한 경향을 나타내었으나, 각각의 값에 있어서는 큰 차이를 보였다. L값은 동북과 썬머파위의 비교 시 가장 높은 값을 보인 50% EtOH 추출물에서 동북, 썬머파위 및 홍월적이 각각 71.49, 80.44, 30.33으로 썬머파위가 가장 높았으며, 홍월적의 열수, 75% EtOH 추출물은 25.09, 18.14로 나타났다. 특히 다른 품종보다 적색도를 나타내는 a값은 23.32로 열수 추출물이 가장 높았고, 50% EtOH

추출물이 17.36 이었으나, 75% EtOH 추출물은 -3.16으로 ethanol 농도가 높아질수록 a값이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 루비스타의 자주색색소 때문에 a값이 다소 높은 것을 알 수 있었으며, b값의 경우 a값과는 반대로 ethanol 농도가 높아질수록 증가하여 75% EtOH 추출물이 11.27로 가장 높게 나타났으며, 열수와 50% EtOH 추출물이 -14.45, -5.73으로 나타났다. 루비스타 추출물 중 ethanol 추출물이 명도가 높아 음료 이용에 효율적이거나, 음료에 적용하는 경우 명도가 조금 떨어지지만 열수 추출물을 용매로 사용하는 것이 음료 이용에 적합하다고 판단되었다.

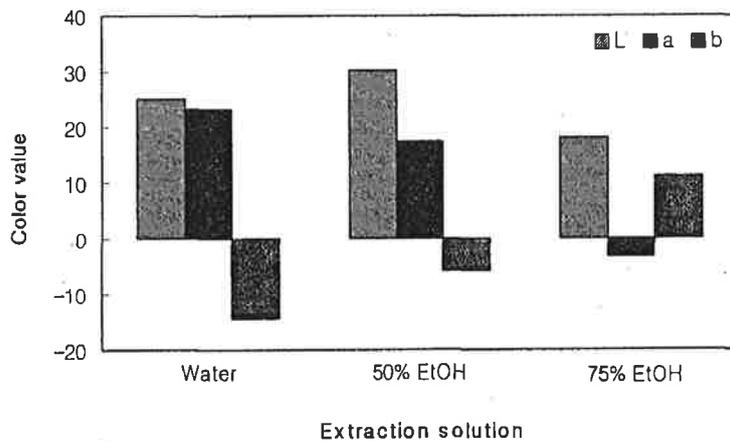


Fig. 85. Color value of cabbage(Ruby star) according to extract of solvents

(2) 탁도

열수, 50% EtOH, 75% EtOH 추출의 추출 용매에 따른 탁도 변화는 Fig. 86에서 나타낸 바와 같다.

50% EtOH 추출물의 투과도가 6.29%(T)로 가장 높았으며, 열수 추출물은 15.95%(T)로 낮은 투과율을 보였고, 75% EtOH 추출물은 3.92%(T)로 가장 낮은 투과율을 나타내었다. 또한 시간이 경과되면 50%, 75% EtOH 추출물은 완전히 용해되지 못하고 용액 내 현탁되어 있던 물질이 침전되는 현상이 나타났으므로 음료에 적용하기에는 부적합 할 것으로 판단되었다.

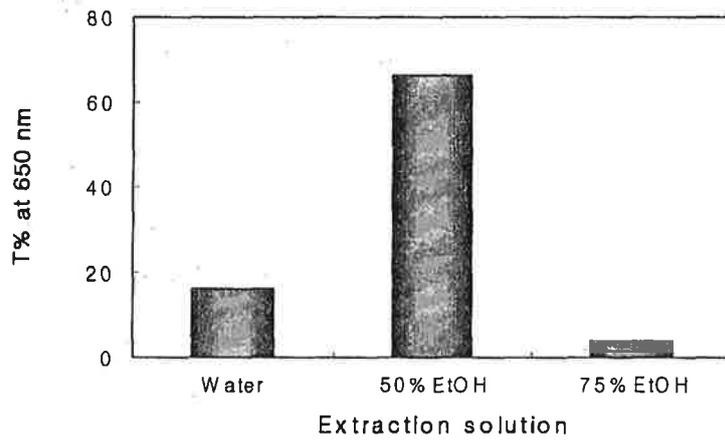


Fig. 86. Turbidity of cabbage(Ruby star) according to extract of solvents

(3) 당도

각 추출물의 당도는 다음 Fig. 87과 같다.

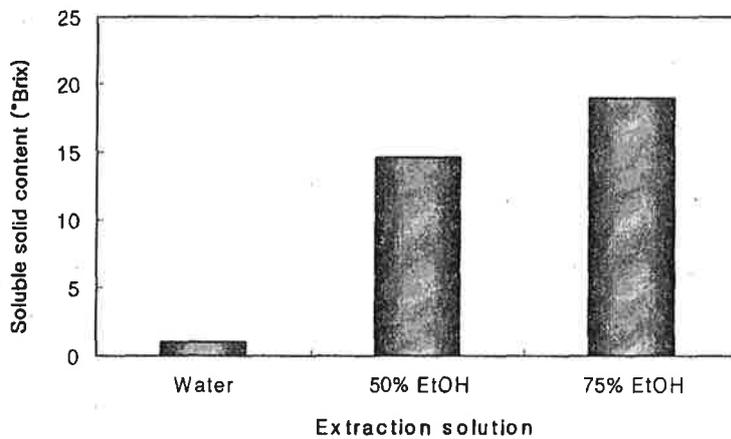


Fig. 87. Soluble solid contents of cabbage(Ruby star) according to extract of solvents

열수 추출물의 경우 1.0 °Brix, 50% EtOH 추출물은 14.6 °Brix, 75% EtOH 추출물은 19.0 °Brix로 동복 및 씬머파워 추출물과 유사한 값을 나타내었다.

(4) 유리당

홍월적 1.0 °Brix의 열수 추출물과 50% EtOH 추출물 및 75% EtOH 추출물에 대한 유리당 조성을 분석한 결과는 Table 34와 같다.

Table 34. Free sugar contents of cabbage(Ruby star)

(unit : mg/mL)

	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Lactose
Water ext.	2.17	4.36	0.74	-	-
50% EtOH ext.	1.70	3.24	0.41	-	-
75% EtOH ext.	1.74	3.18	0.37	-	-

홍월적 추출물의 유리당 함량 분석 결과 열수, 50 및 75% EtOH의 모든 추출물은 씬머파워와 유사하게 fructose, glucose, sucrose를 함유하고 있었으며, 이중 fructose와 glucose가 동복 및 씬머파워 추출물과 유사하게 주를 이루었다. 한편, 동복 추출물에서의 유리당 함량과 마찬가지로 열수 추출물에서 높은 경향을 보였으며, 동복과는 달리 씬머파워와 마찬가지로 lactose 이외에 maltose도 모든 추출물에서 검출되지 않았다.

2) 품종별 양배추 추출물의 추출조건 설정

가) 동복(Bonus)의 추출조건 설정

(1) 수세 시 동복의 수분함량

동복은 수분 흡수량과 가용성 고형분 함량이 적어 가수량에 따라 그 오차가 발생하므로 시험의 일관성을 위하여 수세시의 수분 흡수량 조사가 선행되었다. 동복 50g에 대해 침수, 세척, 탈수까지 1분 30초간 실시한 후 무게중량으로 수분 흡수량을 조사하였고, 추출 시 마다 측정하여 그 평균값을 구하였다. 측정치는 1.78~2.80% 범위였으며, 평균 2.32%를 수분 흡수량으로 정하였다. 이는 동복 추출 시 그 흡수량만큼 뺀 값을 가수량으로 하여 생 동복의 정확한 가용성 고형분량의 측정에 이용하기 위하여 조사하였으나, 수분흡수량이 적은 관계로 고려하지 않기로 하였다.

(2) 가수량별 당도 변화 및 수율조사

동복에 2배, 4배, 6배, 8배의 증류수를 넣은 후 환류냉각장치로 추출하면서 끓기 시작했을 때부터 시간별로 추출되어 나오는 가용성 고형분 함량(당도, °Brix)을 측정한 결과는 Fig. 88과 같다. 시료 중량에 대한 가수량을 2배~8배로 처리한 경우 모두 20~25분이면 더 이상 가용성 고형분이 증가되지 않아 추출 평형에 도달하였으며, 25분 이상 추출하여도 가용성 고형분 함량 변화는 관찰되지 않았다. 한편 가수량을 6배, 8배로 한 경우 20분 이후 각각 0.6, 0.4 °Brix로 가용성 고형분 함량이 낮았으며, 가수량을 2배수로 한 경우 추출시간 20분에서 1.6 °Brix로 높은 편이었고, 4배수로 처리한 경우 1.0 °Brix의 가용성 고형분 함량을 나타내었다. 가수비율에 상관없이 각 군은 20분 이상이면 추출평형에 도달하였으므로 가수량별 추출 수율을 구하였다. 2배수로 처리한 경우 추출 수율은 49.23%였으며, 4배수, 6배수 및 8배수로 처리한 경우 각각의 수율은 61.54, 55.38, 49.23%로 Fig. 89와 같이 가수량에 비해 점차 감소하는 추출 수율을 나타내었다. 이때 4배수로 처리한 경우의 수율이 가장 우수하였다.

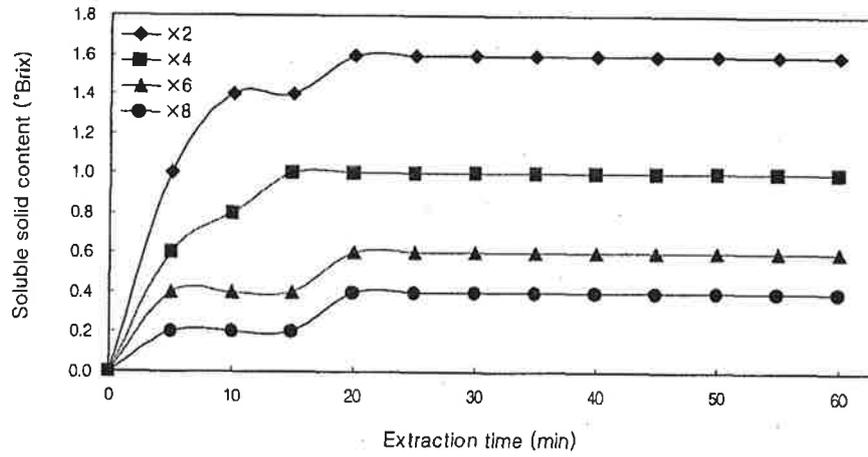


Fig. 88. Soluble solid contents of cabbage(Bonus) according to change of extraction time (x folds; added water amount)

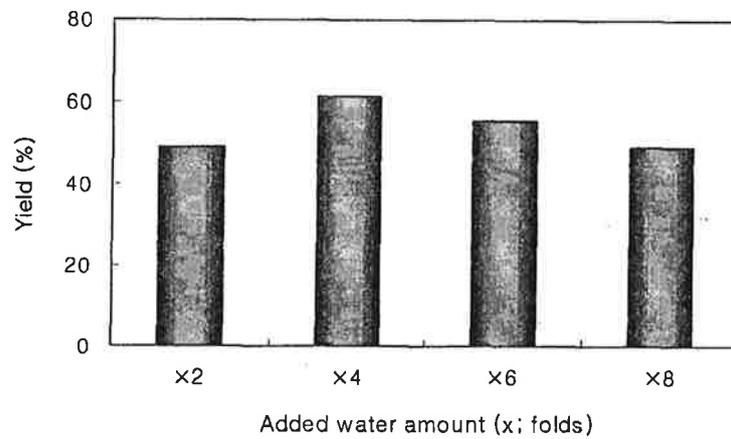


Fig. 89. Yield of cabbage(Bonus) according to amount of the water added

이상의 결과를 종합하여볼 때 추출수율은 4배수 처리한 경우가 가장 좋았고, 6배수, 8배수의 경우 가용성 고형분 함량이 낮은 편이었으며, 추출효율 면에서는 2배수로 처리한 경우의 가용성 고형분 함량이 높았으나, 2배수 처리군에 비해 4배수 처리군의 추출 효율이 12.31% 가량 더 우수하였으므로 4배수 처리가 가장 효율적인 추출 방법인 것으로 확인되었다.

나) 썬머파워(Summer power)의 추출조건 설정

(1) 수세 시 썬머파워의 수분함량

썬머파워는 수분 흡수량과 가용성 고형분 함량이 적어 가수량에 따라 그 오차가 발생하므로 시험의 일관성을 위하여 수세시의 수분 흡수량 조사가 선행되었다. 썬머파워 50 g에 대해 침수, 세척, 탈수까지 1분 30초간 실시한 후 무게중량으로 수분 흡수량을 조사하였고, 추출 시 마다 측정하여 그 평균값을 구하였다. 측정치는 4.18~4.56% 범위였으며, 평균 4.32%를 수분 흡수량으로 정하였다. 이는 썬머파워 추출 시 그 흡수량만큼 뺀 값을 가수량으로 하여 생 썬머파워의 정확한 가용성 고형분량의 측정에 이용하기 위하여 조사하였으나, 수분흡수량이 적은 관계로 고려하지 않기로 하였다.

(2) 가수량별 당도 변화 및 수율조사

썬머파워에 2배, 4배, 6배, 8배의 증류수를 넣은 후 환류냉각장치로 추출하면서 끓기 시작했을 때부터 시간별로 추출되어 나오는 가용성 고형분 함량(당도, °Brix)을 측정한 결과는 Fig. 90과 같다. 시료 중량에 대한 가수량을 2배, 4배로 처리한 경우 25~30분이면 더 이상 가용성 고형분이 증가되지 않아 추출 평형에 도달하였으며, 6배, 8배의 증류수를 가한 경우 25분 이상 추출하여도 가용성 고형분 함량 변화는 관찰되지 않았다. 한편 가수량을 6배, 8배로 한 경우 25분 이후 각각 0.8, 0.6 °Brix로 가용성 고형분 함량이 낮았으며, 가수량을 2배수로 한 경우 추출시간 30분에 2 °Brix로 높은 편이었고, 4배수로 처리한 경우 1.2 °Brix의 가용성 고형분 함량을 나타내었

다. 가수비율에 상관없이 각 군은 30분이면 추출평형에 도달하였으므로 가수량별 추출 수율을 구하였다. 2배수로 처리한 경우 추출 수율은 40.90% 이었으며, 4배수, 6배수, 8배수로 처리한 경우 각각 49.08, 49.08, 49.08%로 Fig. 91과 같이 동일한 추출 수율을 나타내었다. 이때 4배수로 처리한 경우가 수율이 가장 우수하였다.

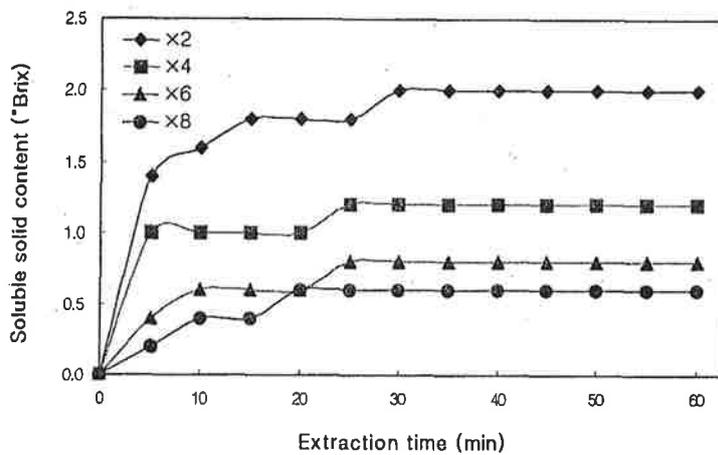


Fig. 90. Soluble solid contents of cabbage(Summer power) according to change of extraction time (×folds; added water amount)

이상의 결과를 종합하여 추출 수율은 4배수 이상 처리한 경우가 좋았으나, 6배수와 8배수의 경우 가용성 고형분 함량이 낮은 편이었고, 추출효율 면에서 볼 때 2배수로 처리한 경우의 추출 효율이 가장 우수 하였다. 하지만, 2배수 처리군에 비해 4배수 처리군의 추출 효율이 8.18% 가량 더 우수하였으므로, 4배수 처리가 가장 효율적인 추출 방법인 것으로 판단되었다.

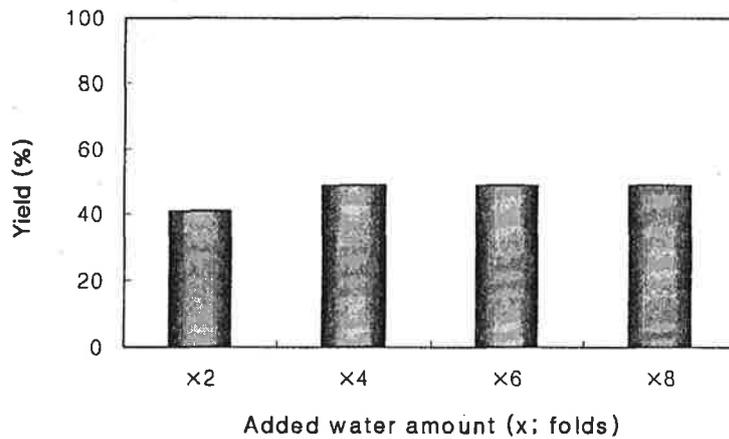


Fig. 91. Yield of cabbage(Summer power) according to amount of the water added

다) 홍월적(Ruby star)의 추출조건 설정

(1) 수세 시 홍월적의 수분함량

홍월적은 동복 및 씬머파워와 마찬가지로 수세 시 수분 흡수량이 적고 가용성 고형분 함량이 적어 가수량에 따라 그 오차가 발생하므로 시험의 일관성을 위하여 수세시의 수분 흡수량 조사가 선행되었다. 홍월적 50 g에 대해 침수, 세척, 탈수까지 1분 30초간 실시한 후 무게중량으로 수분 흡수량을 조사하였고, 추출 시 마다 측정하여 그 평균값을 구하였다. 측정치는 2.09~2.96%까지의 범위였으며, 평균 2.56%를 수분 흡수량으로 정하였다. 이는 홍월적 추출 시 그 흡수량만큼 뺀 값을 가수량으로 하여 생 홍월적의 정확한 가용성 고형분량의 측정에 이용하기 위하여 조사하였으나, 수분흡수량이 적은 관계로 고려하지 않기로 하였다.

(2) 가수량별 당도 변화 및 수율조사

홍월적에 2배, 4배, 6배, 8배의 증류수를 넣은 후 환류냉각장치로 추출하면서 끓기 시작했을 때부터 시간별로 추출되어 나오는 가용성 고형분 함량(당도, °Brix)을 측정 한 결과는 다음 Fig. 92와 같다. 시료 증량에 대한 가수량을 2배, 4배로 처리한 경우 25~30분이면 더 이상 가용성 고형분이 증가되지 않아 추출 평형에 도달하였으며, 6 배, 8배의 증류수를 가한 경우 2배, 4배로 처리한 경우와 마찬가지로 30분 이상 추출 하여도 가용성 고형분 함량 변화는 관찰되지 않았다. 한편 가수량을 6배, 8배로 한 경우 30분 이후 각각 0.6, 0.4 °Brix로 가용성 고형분 함량이 낮았으며, 가수량을 2배 로 한 경우 추출시간 30~35분에 2.0 °Brix를 나타내었고, 4배수로 처리한 경우 1.0 °Brix의 가용성 고형분 함량을 나타내었다.

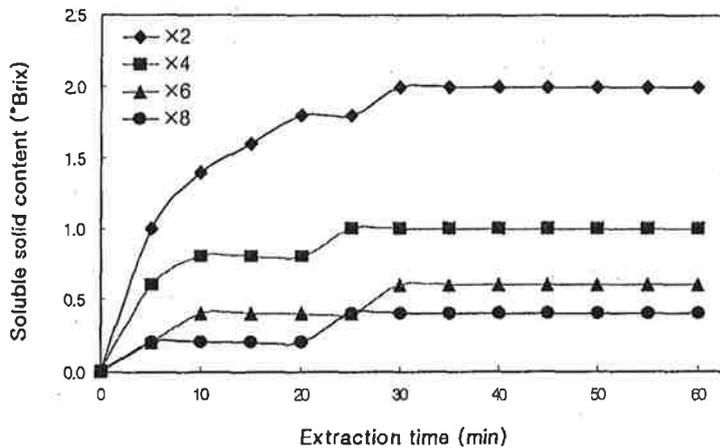


Fig. 92. Soluble solid contents of cabbage(Ruby star) according to change of extraction time (x folds; added water amount)

가수비율에 관계없이 각 군은 30~35분이면 추출평형에 도달하였으므로 가수량별 추출 수율을 구하였다. 2배수, 4배수, 6배수, 8배수로 처리한 경우 각 추출 수율은

46.78, 46.78, 42.11, 37.43%를 나타내었고, Fig. 93과 같다. 이때 4배수로 처리한 경우의 수율이 가장 우수하였다. 한편 썬머파워와는 달리 가수 배율을 높일수록 수율이 떨어졌으나 동복과는 유사한 경향을 나타내었으며, 6배수와 8배수로 처리한 경우는 가용성 고형분 함량도 낮고, 효율성도 떨어지므로 추출 효율면에서 가장 우수하였던 4배수 처리군이 가장 적절한 추출방법인 것으로 판단되었다.

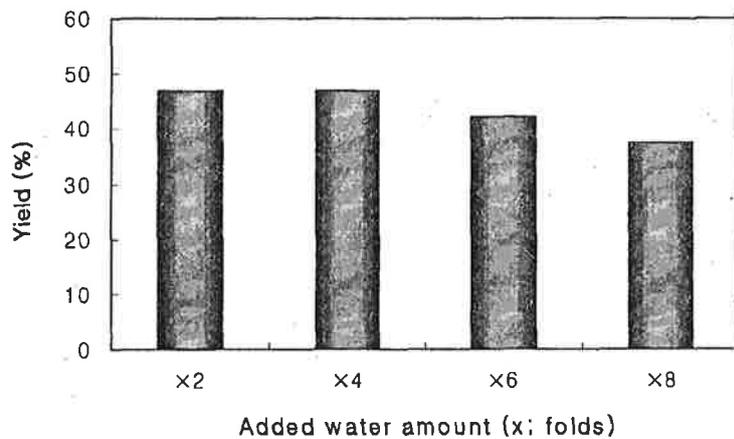


Fig. 93. Yield of cabbage(Ruby star) according to amount of the water added

나. 양배추를 이용한 가공식품(음료, 차류)의 개발

1) 동복(Bonus) 추출물 및 부재료의 적정 음용농도 결정

가) 동복의 적정 음용농도 결정

동복은 썬머파워와 맛과 향이 비슷하여 거부감을 줄일 수 있으면서 부재료 배합 시 양배추 고유의 맛을 느낄 수 있는 농도를 찾기 위해 열수 추출액을 0.3, 0.4, 0.5

및 0.6% 농도로 제시하였으며, 설탕과 citric acid는 8, 0.08 g을 첨가하여 음료를 제조한 후 관능검사를 실시하였다. 그 배합비는 Table 35에 나타내었다.

Table 35. Combination ratio for preparation of cabbage(Bonus) beverage

(unit : g)

Ingredient	Content of Bonus extract(%)			
	0.3	0.4	0.5	0.6
Bonus ext. ¹⁾	30.0	40.0	50.0	60.0
Sugar	8.0	8.0	8.0	8.0
Water	62.0	52.0	42.0	32.0
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ²⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	3.35	3.60	3.72	3.87

¹⁾Bonus ext.: 1.0 °Brix

²⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

관능검사 결과 0.3, 0.4%에서는 농도가 낮아 부재료 첨가 시 주재료인 양배추의 맛을 전혀 느낄 수 없을 것으로 판단되었으며, 0.6% 농도에서는 양배추 특유의 향이 강해 적정 음용농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.5% 농도에서는 거부감을 주는 향이 0.6% 농도보다 약했으며, 부재료 첨가 시에도 양배추의 맛을 느낄 수 있을 것으로 판단되어 적정 음용농도로 결정하였다.

나) 부재료 선정 및 적정 음용농도 결정

양배추 추출액의 향과 느끼한 맛에 대한 거부감을 감소시켜 맛을 개선하고 영양적, 약리적 효과의 증진을 위해 생약재 추출액이 적절히 배합된 음료를 개발하고자 하였다. 부재료로 선정된 생약재는 음료의 개발의도에 부합되고 양배추 추출액의 맛과 잘 어울린다고 판단되는 구기자(*Lycium chinense*), 건강(dried ginger), 인삼(*Ginseng*)등을 선정하였다.

(1) 구기자 추출액의 적정 음용농도 결정

구기자 추출액은 구수하고 단맛이 나며, 높은 농도의 향은 거부감을 주므로 적정 음용농도를 결정하기 위해 첨가 농도를 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0%로 제시하였으며, 양배추 추출액의 적정 음용농도 0.5%와 혼합하여 음료를 제조한 후 관능검사를 실시하였으며, 그 배합비는 Table 36에 나타내었다.

Table 36. Combination ratio for preparation of cabbage(Bonus) with dried *Lycium chinense* extracts

(unit : g(%))

Ingredient	Content of <i>Lycium chinense</i> extract(%)			
	0.4	0.6	0.8	1.0
Bonus ext. ¹⁾	50.0(0.5)	50.0(0.5)	50.0(0.5)	50.0(0.5)
<i>Lycium chinense</i> ext. ²⁾	8.0	12.0	16.0	20.0
Sugar	8.0	8.0	8.0	8.0
Water	34.0	30.0	26.0	22.0
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ³⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	3.88	3.91	3.95	3.99

¹⁾Bonus ext.: 1.0 °Brix

²⁾*Lycium chinense* ext.: 5.0 °Brix

³⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

관능검사 결과 0.4, 0.6%에서는 구기자 추출액의 첨가 농도가 낮아 구기자의 맛이 매우 약하게 느껴졌으며, 1.0%에서는 구기자 추출액의 맛과 향이 양배추의 맛과 향보다 강하게 느껴져, 적정 음용농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.8% 농도에서는 구기자 추출액의 구수하며 단맛이 양배추 추출액의 맛을 보강해주는 효과를 보여 적정 음용농도로 결정 하였다.

(2) 건강 추출액의 적정 음용농도 결정

건강 추출액은 건강 특유의 향과 맛이 강해 높은 농도 첨가 시 거부감을 주어 음료의 맛에 좋지 않은 영향을 줄 것으로 판단되어 첨가 농도를 0.06, 0.08, 0.10 및 0.12%로 제시하고, 양배추 추출액과 구기자 추출액의 적정 음용농도인 0.5와 0.8%에 배합하여 음료를 제조한 후 관능검사를 실시하였다. 그 배합비는 Table 37에 나타내었다.

관능검사 결과 0.06%에서는 건강 추출액의 맛과 향이 약했으며, 음료의 전체적인 맛도 약하게 나타났다. 0.10, 0.12%에서는 건강 추출액의 맛과 향이 강해 거부감을 주어 적정 음용농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.08%에서는 건강 추출액의 맛과 향이 양배추 추출액이 주는 거부감을 감소시키는 효과를 나타내어 적정 음용농도로 결정하였다.

Table 37. Combination ratio for preparation of cabbage(Bonus) with dried *ginger* extracts

(unit : g(%))

Ingredient	Content of dried <i>ginger</i> extract(%)			
	0.06	0.08	0.10	0.12
Bonus ext. ¹⁾	50.0(0.5)	50.0(0.5)	50.0(0.5)	50.0(0.5)
<i>Lycium chinense</i> ext. ²⁾	16.0(0.8)	16.0(0.8)	16.0(0.8)	16.0(0.8)
dried <i>ginger</i> ext. ³⁾	6.0	8.0	10.0	12.0
Sugar	8.0	8.0	8.0	8.0
Water	20.0	18.0	16.0	14.0
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ⁴⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	4.27	4.33	4.38	4.38

¹⁾Bonus ext.: 1.0 °Brix

²⁾*Lycium chinense* ext.: 5.0 °Brix

³⁾dried *ginger* ext.: 1.0 °Brix

⁴⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

(3) 인삼 추출액의 적정 음용농도 결정

인삼 추출액은 높은 농도의 맛은 쓰기 때문에 거부감을 줄 수 있으나, 적정 농도에서는 특유의 향과 맛으로 음료의 맛과 향을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되어 첨가농도를 0.06, 0.12, 0.18 및 0.24%로 제시하였으며, 양배추, 구기자, 건강 추출액들의 적정 음용농도인 0.5, 0.8, 0.08%와 배합하여 음료를 제조한 후 관능검사를 실시하였으며, 그 배합비는 Table 38에 나타내었다.

Table 38. Combination ratio for preparation of cabbage(Bonus) with *Ginseng* extracts

(unit : g(%))

Ingredient	Content of <i>Ginseng</i> extract(%)			
	0.06	0.12	0.18	0.24
Bonus ext. ¹⁾	50.0(0.5)	50.0(0.5)	50.0(0.5)	50.0(0.5)
<i>Lycium chinense</i> ext. ²⁾	16.0(0.8)	16.0(0.8)	16.0(0.8)	16.0(0.8)
dried <i>ginger</i> ext. ³⁾	8.0(0.08)	8.0(0.08)	8.0(0.08)	8.0(0.08)
<i>Ginseng</i> ext. ⁴⁾	3.0	6.0	9.0	12.0
Sugar	8.0	8.0	8.0	8.0
Water	15.0	12.0	9.0	6.0
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ⁵⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	4.34	4.35	4.36	4.37

¹⁾Bonus ext.: 1.0 °Brix

²⁾*Lycium chinense* ext.: 5.0 °Brix

³⁾dried *ginger* ext.: 1.0 °Brix

⁴⁾*Ginseng* ext.: 2.0 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

관능검사 결과 0.06, 0.12%에서는 인삼추출액의 맛과 향을 전혀 느낄 수 없었으며, 0.24%에서는 인삼 특유의 쓴맛이 강하게 느껴져 거부감을 주므로 적정 음용농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.18%에서는 다른 추출액들과 맛이 잘 어울렸으며, 특히 음료의 향을 개선하는 효과가 있는 것으로 판단되어 적정 음용농도로 결정하였다.

(4) 적정 당 농도의 결정

적정 음용농도가 결정된 양배추와 생약재 추출액들을 배합한 후 당 첨가량을 6.0, 8.0, 10.0 및 12.0%로 제시하고, 관능검사를 실시하여 적정 당 농도를 결정하였으며, 그 배합비는 Table 39에 나타내었다.

Table 39. Combination ratio for preparation of cabbage(Bonus) with sugar
(unit : g(%))

Ingredient	Content of Sugar(%)			
	6.0	8.0	10.0	12.0
Bonus ext. ¹⁾	50.0(0.5)	50.0(0.5)	50.0(0.5)	50.0(0.5)
<i>Lycium chinense</i> ext. ²⁾	16.0(0.8)	16.0(0.8)	16.0(0.8)	16.0(0.8)
dried <i>ginger</i> ext. ³⁾	8.0(0.08)	8.0(0.08)	8.0(0.08)	8.0(0.08)
<i>Ginseng</i> ext. ⁴⁾	9.0(0.18)	9.0(0.18)	9.0(0.18)	9.0(0.18)
Sugar	6.0	8.0	10.0	12.0
Water	11.0	9.0	7.0	5.0
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ⁵⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	4.36	4.36	4.36	4.36

¹⁾Bonus ext.: 1.0 °Brix

²⁾*Lycium chinense* ext.: 5.0 °Brix

³⁾dried *ginger* ext.: 1.0 °Brix

⁴⁾*Ginseng* ext.: 2.0 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

관능검사 결과 6.0, 8.0%에서는 음료의 맛을 향상시키는 효과가 나타나지 않았으며, 12.0%에서는 단맛이 강해 음료의 맛을 감소시켜 적정 당 농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 10.0%에서는 음료의 쓴맛을 감소시키며 맛을 향상시키는 것으로 판단되어 적정 당 농도로 결정하였다.

(5) pH조절을 위한 구연산 첨가량 결정

음료제조 후 살균 과정을 위해 pH 3.8이하의 조건을 만족시켜야 함으로 구연산을 첨가량을 0.13, 0.18, 0.23 및 0.28 g 으로 제시하였으며, 음료 제조 후 관능검사와 pH 측정을 실시하여 적정 구연산 첨가량을 결정하였고, 그 배합비는 Table 40에 나타내었다.

관능검사와 pH측정 결과 0.13, 0.18 및 0.23 g 첨가에서는 관능적으로는 우수하였으나, 0.13과 0.18 g 은 pH조건을 만족시키지 못하였으며, 0.28 g 첨가 시에는 pH조건은 만족시켰으나, 관능검사에서 음료의 신맛이 강해 구연산 첨가량으로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.23 g 첨가 시에는 약간의 신맛이 음료의 맛을 향상시켰으며, pH조건도 만족시켜 적정 첨가량으로 결정하였다.

Table 40. Combination ratio for preparation of cabbage(Bonus) with citric acid

(unit : g(%))

Ingredient	Content of Citric acid(g)			
	0.13	0.18	0.23	0.28
Bonus ext. ¹⁾	50.0(0.5)	50.0(0.5)	50.0(0.5)	50.0(0.5)
<i>Lycium chinense</i> ext. ²⁾	16.0(0.8)	16.0(0.8)	16.0(0.8)	16.0(0.8)
dried <i>ginger</i> ext. ³⁾	8.0(0.08)	8.0(0.08)	8.0(0.08)	8.0(0.08)
<i>Ginseng</i> ext. ⁴⁾	9.0(0.18)	9.0(0.18)	9.0(0.18)	9.0(0.18)
Sugar	10.0(10.0)	10.0(10.0)	10.0(10.0)	10.0(10.0)
Water	11.0	9.0	7.0	5.0
Citric acid	0.13	0.18	0.23	0.28
Sum ⁵⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	4.10	3.89	3.74	3.59

¹⁾Bonus ext.: 1.0 °Brix

²⁾*Lycium chinense* ext.: 5.0 °Brix

³⁾dried *ginger* ext.: 1.0 °Brix

⁴⁾*Ginseng* ext.: 2.0 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

(6) 최종 배합비

최종 배합비에 의한 양배추(동북) 음료의 적정 음용농도는 Table 41과 같다.

Table 41. Final combination ratio for cabbage(Bonus) beverage

(unit : %)

Ingredient	Content
Bonus ext. ¹⁾	0.5
<i>Lycium chinense</i> ext. ²⁾	0.8
dried <i>ginger</i> ext. ³⁾	0.08
<i>Ginseng</i> ext. ⁴⁾	0.18
Sugar	10.0
Water	88.44
Citric acid	0.23
Sum ⁵⁾	100.0
pH	3.74

¹⁾Bonus ext.: 1.0 °Brix

²⁾*Lycium chinense* ext.: 5.0 °Brix

³⁾dried *ginger* ext.: 1.0 °Brix

⁴⁾*Ginseng* ext.: 2.0 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

2) 썸머파워(Summer power) 추출물 및 부재료의 적정 음용농도 결정

가) 썸머파워의 적정 음용농도 결정

썸머파워 추출액은 특유의 강한 이취와 느끼한 맛으로 인해 거부감을 주므로, 음료 제조 시 거부감을 최소화 할 수 있는 음용농도를 결정하기 위하여 적정 추출조건에 따라 추출한 양배추 추출물의 첨가 농도를 0.3, 0.6, 0.9 및 1.2%로 제시하고, 설탕

과 구연산은 각각 5, 0.08 g 으로 고정하여 음료를 제조한 후 관능검사를 실시하였으며, 그 배합비는 Table 42에 나타내었다.

Table 42. Combination ratio for preparation of cabbage(Summer power) beverage

(unit : g)

Ingredient	Content of Summer power extract(%)			
	0.3	0.6	0.9	1.2
Summer power ext. ¹⁾	21.43	42.86	64.29	85.71
Water	73.57	52.14	30.71	9.29
Sugar	5.0	5.0	5.0	5.0
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ²⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	3.39	3.76	3.98	4.14

¹⁾Summer power ext.: 1.4 °Brix

²⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

관능검사 결과 0.3% 농도에서는 양배추 추출액의 느끼한 맛과 이취는 나지 않았지만, 양배추 음료로 활용하기에는 농도가 낮은 것으로 판단되었으며, 0.9와 1.2% 농도에서는 이취와 느끼한 맛이 강해 음용농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.6% 농도에서는 약간의 이취와 느끼한 맛은 있었으나, 거부감을 줄 정도는 아니었으며, 부재료 혼합 시 없어 질 것으로 판단되어 적정 음용농도로 결정하였다.

나) 부재료 선정 및 적정 음용농도 결정

양배추 추출액의 이취와 느끼한 맛에 대한 거부감을 감소시켜 맛을 개선하고 영양적, 약리적 효과의 증진을 위해 생약재 추출액이 적절히 배합된 음료를 개발하고자 하였다. 부재료로 선정된 생약재는 음료의 개발의도에 부합되고 양배추 추출액의 맛과 잘 어울린다고 판단되는 두충(*Eucommia ulmoides*), 하수오(*Polygoni Multiflori Radix*), 대추(*Jujube*)등을 선정하였다.

(1) 두충 추출액의 적정 음용농도 결정

두충 추출액은 나무껍질 삶은 향이 나며 맛은 쓰나, 적정 농도 첨가 시 양배추 음료의 맛과 향을 개선할 것으로 판단되어 첨가 농도를 0.04, 0.08, 0.12 및 0.16%로 제시하였으며, 음료 제조 후 관능검사를 실시하였고 그 결과는 Table 43에 나타내었다.

관능검사 결과 0.04, 0.08% 농도에서는 두충 추출액의 첨가로 인해 양배추 추출액의 이취는 약간 감소하였으나, 맛에는 큰 영향을 미치지 못하였으며 0.16% 농도에서는 두충 추출액의 쓴맛과 향이 양배추 추출액 보다 강해 적정 음용농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.12% 농도에서는 두충 추출액의 향이 음료의 이취를 감소시키며 느끼한 맛을 개선하는 효과를 나타내어 적정 음용농도로 결정하였다.

Table 43. Combination ratio for preparation of cabbage(Summer power) with *Eucommia ulmoides* extracts

(unit : g(%))

Ingredient	Content of <i>Eucommia ulmoides</i> extract(%)			
	0.04	0.08	0.12	0.16
Summer power ext. ¹⁾	42.86(0.6)	42.86(0.6)	42.86(0.6)	42.86(0.6)
<i>Eucommia ulmoides</i> ext. ²⁾	2.5	5.0	7.5	10
Water	49.64	47.14	44.64	42.14
Sugar	5.0	5.0	5.0	5.0
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ³⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	3.82	3.83	3.83	3.83

¹⁾Summer power ext.: 1.4 °Brix

²⁾*Eucommia ulmoides* ext.: 1.6 °Brix

³⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

(2) 하수오 추출액의 적정 음용농도 결정

하수오 추출액의 향은 약하나, 맛이 담백하여 음료에 적정 농도 첨가 시 맛이 개선될 것으로 판단되어 첨가 농도를 0.1, 0.2, 0.3 및 0.4%로 제시하고, 음료 제조 후 관능검사를 실시하였으며, 그 결과는 Table 44에 나타내었다.

관능검사 결과 0.1, 0.2%는 첨가 농도가 낮아 음료의 맛에 영향을 미치지 못하였으며, 0.4% 농도에서는 담백한 맛이 강해 음료의 청량감을 떨어뜨리는 것으로 나타나 적정 음용 농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.3% 농도에서는 하수오 추출액의 담백한 맛이 음료의 느끼한 맛을 감소시키며 맛을 개선하는 효과를 나타내어 적정 음용농도로 결정하였다.

Table 44. Combination ratio for preparation of cabbage(Summer power) with *Polygoni Multiflori Radix* extracts

(unit : g (%))

Ingredient	Content of <i>Polygoni Multiflori Radix</i> extract(%)			
	0.1	0.2	0.3	0.4
Summer power ext. ¹⁾	42.86(0.6)	42.86(0.6)	42.86(0.6)	42.86(0.6)
<i>Eucommia ulmoides</i> ext. ²⁾	7.5(0.12)	7.5(0.12)	7.5(0.12)	7.5(0.12)
<i>Polygoni Multiflori Radix</i> ext. ³⁾	3.13	6.25	9.37	12.5
Water	41.51	38.39	35.27	32.14
Sugar	5.0	5.0	5.0	5.0
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ⁴⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	3.90	3.96	4.02	4.07

¹⁾Summer power ext.: 1.4 °Brix

²⁾*Eucommia ulmoides* ext.: 1.6 °Brix

³⁾*Polygoni Multiflori Radix* ext.: 3.2 °Brix

⁴⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

(3) 대추 추출액의 적정 음용농도 결정

대추 추출액의 단맛은 음용하기에는 좋으나 높은 농도에서의 향은 거부감을 주므로 첨가 농도를 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0%로 제시하였고, 음료 제조 후 관능검사를 실시하였으며 그 결과는 Table 45에 나타내었다.

Table 45. Combination ratio for preparation of cabbage(Summer power) with *Jujube* extracts

(unit : g (%))

Ingredient	Content of <i>Jujube</i> extract(%)			
	0.4	0.6	0.8	1.0
Summer power ext. ¹⁾	42.86(0.6)	42.86(0.6)	42.86(0.6)	42.86(0.6)
<i>Eucommia ulmoides</i> ext. ²⁾	7.5(0.12)	7.5(0.12)	7.5(0.12)	7.5(0.12)
<i>Polygoni Multiflori Radix</i> ext. ³⁾	9.37(0.3)	9.37(0.3)	9.37(0.3)	9.37(0.3)
<i>Jujube</i> ext. ⁴⁾	7.41	11.11	14.81	18.51
Water	27.86	24.16	20.46	16.76
Sugar	5.0	5.0	5.0	5.0
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ⁵⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	4.08	4.09	4.10	4.11

¹⁾Summer power ext.: 1.4 °Brix

²⁾*Eucommia ulmoides* ext.: 1.6 °Brix

³⁾*Polygoni Multiflori Radix* ext.: 3.2 °Brix

⁴⁾*Jujube* ext.: 5.4 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

관능검사 결과 0.4, 0.6% 농도에서는 맛의 변화는 없었으나, 대추 추출액의 향은 약간 느낄 수 있었으며, 1.0% 농도에서는 음료의 단맛은 증가하였으나, 대추 추출액 특유의 이취가 강해 거부감을 주어 적정 음용 농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.8 %농도에서는 대추 추출액의 단맛이 음료와 잘 어울렸으며, 이취가 나지 않아 적정 음용농도로 결정하였다.

(4) 적정 당 농도 결정

양배추 음료 제조 후 생약재 첨가로 인한 약간의 쓴맛을 제거하고 음료의 맛을 한층 더 높이기 위해 첨가 당 농도를 조절하였다. 첨가 당 농도는 3.0, 6.0, 9.0 및 12.0%로 제시하였으며, 음료 제조 후 관능검사를 실시한 후 그 결과를 Table 46에 나타내었다.

관능검사 결과 3.0, 6.0% 농도에서는 단맛에 비해 양배추와 생약재의 맛이 강해 음용 농도로 적합하지 않았으며, 12.0% 농도에서는 단맛이 강해 주재료와 부재료의 맛과 어울리지 않아 적정 당 농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 8.0% 농도에서는 음료에서 나는 약간의 쓴맛을 감소시키고, 맛을 향상시키는 효과를 나타내 적정 당 농도로 결정하였다.

Table 46. Combination ratio for preparation of cabbage(Summer power) with sugar

(unit : g (%))

Ingredient	Content of sugar(%)			
	3.0	6.0	9.0	12.0
Summer power ext. ¹⁾	42.86(0.6)	42.86(0.6)	42.86(0.6)	42.86(0.6)
<i>Eucommia ulmoides</i> ext. ²⁾	7.5(0.12)	7.5(0.12)	7.5(0.12)	7.5(0.12)
<i>Polygoni Multiflori Radix</i> ext. ³⁾	9.37(0.3)	9.37(0.3)	9.37(0.3)	9.37(0.3)
<i>Jujube</i> ext. ⁴⁾	14.81(0.8)	14.81(0.8)	14.81(0.8)	14.81(0.8)
Water	22.46	19.46	16.46	13.46
Sugar	3.0	6.0	9.0	12.0
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ⁵⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	4.10	4.10	4.10	4.10

¹⁾Summer power ext.: 1.4° Brix

²⁾*Eucommia ulmoides* ext.: 1.6 °Brix

³⁾*Polygoni Multiflori Radix* ext.: 3.2 °Brix

⁴⁾*Jujube* ext.: 5.4 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

(5) 양배추 음료의 pH조절을 위한 구연산 첨가량 결정

양배추 음료 제조 시 부재료의 첨가로 인해 음료의 pH가 증가하여 구연산 첨가량을 조절하여 pH를 적정 수준으로 낮추기 위해 0.09, 0.12, 0.15 및 0.18 g으로 첨가량을 제시하였으며, 음료 제조 후 관능검사와 pH측정을 실시하여 Table 47에 나타내었다.

Table 47. Combination ratio for preparation of cabbage(Summer power) with citric acid

(unit : g (%))

Ingredient	Content of Citric acid (g)			
	0.09	0.12	0.15	0.18
Summer power ext. ¹⁾	42.86(0.6)	42.86(0.6)	42.86(0.6)	42.86(0.6)
<i>Eucommia ulmoides</i> ext. ²⁾	7.5(0.12)	7.5(0.12)	7.5(0.12)	7.5(0.12)
<i>Polygoni Multiflori Radix</i> ext. ³⁾	9.37(0.3)	9.37(0.3)	9.37(0.3)	9.37(0.3)
<i>Jujube</i> ext. ⁴⁾	14.81(0.8)	14.81(0.8)	14.81(0.8)	14.81(0.8)
Water	16.46	16.46	16.46	16.46
Sugar	9.0(9.0)	9.0(9.0)	9.0(9.0)	9.0(9.0)
Citric acid	0.09	0.12	0.15	0.18
Sum ⁵⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	4.06	3.90	3.75	3.66

¹⁾Summer power ext.: 1.4 °Brix

²⁾*Eucommia ulmoides* ext.: 1.6 °Brix

³⁾*Polygoni Multiflori Radix* ext.: 3.2 °Brix

⁴⁾*Jujube* ext.: 5.4 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

관능검사 결과 0.09 g 첨가 시에는 음료의 맛에 아무런 영향을 주지 않았으며, 0.18 g 첨가 시에는 신맛이 강해 거부감을 주었다. 0.12, 0.15 g 첨가 시에는 약간의 신맛이 음료의 맛을 향상시켰으며, pH는 각각 3.90과 3.75로 나타나 적정 첨가량을 0.15 g 으로 결정하였다.

(6) 양배추 음료의 최종 배합비

최종 배합비에 의한 양배추(쌈머과워) 음료의 적정 음용농도는 Table 48과 같다.

Table 48. Final combination ratio for cabbage(Summer power) beverage.

(unit : %)

Ingredient	Content
Summer power ext. ¹⁾	0.6
<i>Eucommia ulmoides</i> ext. ²⁾	0.12
<i>Polygoni Multiflori Radix</i> ext. ³⁾	0.3
<i>Jujube</i> ext. ⁴⁾	0.8
Water	89.18
Sugar	9.0
Citric acid	0.15
Sum ⁵⁾	100.0
pH	3.75

¹⁾Summer power ext.: 1.4 °Brix

²⁾*Eucommia ulmoides* ext.: 1.6 °Brix

³⁾*Polygoni Multiflori Radix* ext.: 3.2 °Brix

⁴⁾*Jujube* ext.: 5.4 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

3) 홍월적(Ruby star) 추출물 및 부재료의 적정 음용농도 결정

가) 홍월적의 적정 음용농도 결정

주재료인 홍월적 추출액은 포도주와 같은 색을 띠므로 다른 양배추 추출액에 비해 관능적으로 우수하나 맛은 양배추 추출액 특유의 이취와 느끼한 맛을 나타내어 첨가 농도를 0.2, 0.4, 0.6 및 0.8%로 제시하였으며, 설탕과 구연산은 각각 6.0, 0.08 g 으로 고정하여 음료를 제조한 후 관능검사를 실시하였고 그 배합비는 Table 49에 나타내었다.

Table 49. Combination ratio for preparation of cabbage(Ruby star) beverage

(unit : g)

Ingredient	Content of Ruby star extract(%)			
	0.2	0.4	0.6	0.8
Ruby star ext. ¹⁾	16.67	33.34	50.00	66.67
Sugar	6.0	6.0	6.0	6.0
Water	77.33	60.66	44.00	27.33
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ²⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	3.15	3.50	3.78	3.93

¹⁾Ruby star ext.: 1.2 °Brix

²⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

관능검사 결과 0.2, 0.4% 농도에서는 양배추 추출액의 느끼한 맛과 이취는 나지 않았지만, 양배추 음료로 활용하기에는 농도가 낮은 것으로 판단되었으며, 0.8% 농도에서는 양배추 추출액의 이취와 느끼한 맛이 강해 적정 음용 농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.6% 농도에서는 약간의 이취와 느끼한 맛은 있었으나, 거부감을 줄 정도는 아니었으며, 부재료 혼합 시 없어 질 것으로 판단되어 적정 음용 농도로 결정하였다.

나) 부재료 선정 및 적정 음용농도 결정

양배추 추출액의 향과 느끼한 맛에 대한 거부감을 감소시켜 맛을 개선하고 영양적, 약리적 효과의 증진을 위해 생약재 추출액이 적절히 배합된 음료를 개발하고자 하였다. 부재료로 선정된 생약재는 음료의 개발의도에 부합되고 양배추 추출액의 맛과 잘 어울린다고 판단되는 건마늘(*dried garlic*), 갈근(*Puerariae Radix*), 오미자(*Schiznadra chinensis*)등을 선정하였다.

(1) 건마늘 추출액의 적정 음용농도 결정

건마늘 추출액은 맛과 향이 자극적이어서 거부감을 주지만 적정 농도 첨가 시에는 조미의 효과가 있을 것으로 판단되어 첨가 농도를 0.2, 0.4, 0.6 및 0.7%로 제시하고, 음료 제조 후 관능검사를 실시하였으며, 그 결과를 Table 50에 나타내었다.

관능검사 결과 0.2, 0.4% 농도에서는 건마늘 추출액의 향과 맛이 약했으며, 0.8% 농도에서는 건마늘 추출액의 향과 맛이 강해 거부감을 주어 적정 음용 농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.6% 농도에서는 양배추 추출액의 이취가 감소하고 음료의 맛을 상승시키는 효과를 나타내어 적정 음용농도로 선택하였다.

Table 50. Combination ratio for preparation of cabbage(Ruby star) with dried *garlic* extracts

(unit : g(%))

Ingredient	Content of dried <i>garlic</i> extract(%)			
	0.2	0.4	0.6	0.8
Ruby star ext. ¹⁾	50.0(0.6)	50.0(0.6)	50.0(0.6)	50.0(0.6)
dried <i>garlic</i> ext. ²⁾	2.70	5.40	8.10	10.81
Sugar	6.0	6.0	6.0	6.0
Water	41.30	38.60	35.90	33.19
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ³⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	3.98	4.06	4.14	4.21

¹⁾Ruby star ext.: 1.2 °Brix

²⁾dried *garlic* ext.: 7.4 °Brix

³⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

(2) 갈근 추출액의 적정 음용농도 결정

갈근 추출액은 쓴맛과 단맛이 나며 음용 시 시원한 느낌을 주어 적정 농도 첨가 시에는 음료의 맛을 상승시킬 것으로 판단되어 첨가 농도를 0.1, 0.3, 0.5 및 0.7%로 제시하고, 음료 제조 후 관능검사를 실시하였다. 그 결과는 Table 51에 나타내었다.

관능검사 결과 0.1% 농도에서는 갈근 추출액의 맛이 약하게 났으며, 0.5, 0.7% 농도에서는 추출액의 농도가 높아 쓴맛이 강해 적정 음용 농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 0.3% 농도에서는 갈근 추출액의 특유의 맛과 음료의 맛이 잘 조화되었으며, 쓴맛은 나지 않아 적정 음용농도로 결정하였다.

Table 51. Combination ratio for preparation of cabbage(Ruby star) with *Puerariae Radix* extracts

(unit : g(%))

Ingredient	Content of <i>Puerariae Radix</i> extract(%)			
	0.1	0.3	0.5	0.7
Ruby star ext. ¹⁾	50.0(0.6)	50.0(0.6)	50.0(0.6)	50.0(0.6)
dried <i>garlic</i> ext. ²⁾	8.1(0.6)	8.1(0.6)	8.1(0.6)	8.1(0.6)
<i>Puerariae Radix</i> ext. ³⁾	2.94	8.82	14.71	20.59
Sugar	6.0	6.0	6.0	6.0
Water	32.96	27.08	21.19	15.31
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ⁴⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	4.23	4.28	4.34	4.40

¹⁾Ruby star ext.: 1.2 °Brix

²⁾dried *garlic* ext.: 7.4 °Brix

³⁾*Puerariae Radix* ext.: 3.4 °Brix

⁴⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

(3) 오미자 추출액의 적정 음용농도 결정

오미자 추출액은 신맛과 쓴맛이 강해 음용 시 거부감을 주지만 적정 음용 농도 첨가 시 음료의 느끼한 맛을 개선할 수 있을 것으로 판단되어 첨가 농도를 0.15, 0.3, 0.45 및 0.6%로 제시하고, 음료 제조 후 관능검사를 실시하였으며 그 결과는 Table 52에 나타내었다.

Table 52. Combination ratio for preparation of cabbage(Ruby star) with *Schiznadra chinensis* extracts

(unit : g(%))

Ingredient	Content of <i>Schiznadra chinensis</i> extract(%)			
	0.15	0.3	0.45	0.6
Ruby star ext. ¹⁾	50.0(0.6)	50.0(0.6)	50.0(0.6)	50.0(0.6)
dried <i>garlic</i> ext. ²⁾	8.1(0.6)	8.1(0.6)	8.1(0.6)	8.1(0.6)
<i>Puerariae Radix</i> ext. ³⁾	8.82(0.3)	8.82(0.3)	8.82(0.3)	8.82(0.3)
<i>Schiznadra chinensis</i> ext. ⁴⁾	3.57	7.14	10.71	14.29
Sugar	6.0	6.0	6.0	6.0
Water	23.51	19.94	16.37	12.79
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ⁵⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	3.95	3.75	3.62	3.53

¹⁾Ruby star ext.: 1.2 °Brix

²⁾dried *garlic* ext.: 7.4 °Brix

³⁾*Puerariae Radix* ext.: 3.4 °Brix

⁴⁾*Schiznadra chinensis* ext.: 4.2 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

관능검사 결과 0.15% 농도에서는 약간의 신맛만 났으며, 음료의 맛과는 어울리지 않았다. 0.45, 0.6% 농도에서는 신맛과 쓴맛이 강해 적정 음용 농도로 적합하지 않았으며, 0.3% 농도에서는 음료의 느끼한 맛을 감소시키고, 상큼하게 맛을 개선하는 효과를 나타내어 적정 음용 농도로 결정하였다. 또한 적정 음용 농도의 pH가 적정 수준이 pH 3.75로 나타났다.

(4) 적정 당 농도의 결정

음료 제조 시 생약재 혼합으로 인한 쓴맛을 개선하기 위해 당 첨가량을 6.0, 8.0, 10.0 및 12.0%로 제시하였으며, 음료 제조 후 관능검사를 실시하여 그 결과를 Table 53에 나타내었다.

Table 53. Combination ratio for preparation of cabbage(Ruby star) with sugar

(unit : g(%))

Ingredient	Content of Sugar(%)			
	6.0	8.0	10.0	12.0
Ruby star ext. ¹⁾	50.0(0.6)	50.0(0.6)	50.0(0.6)	50.0(0.6)
dried <i>garlic</i> ext. ²⁾	8.1(0.6)	8.1(0.6)	8.1(0.6)	8.1(0.6)
<i>Puerariae Radix</i> ext. ³⁾	8.82(0.3)	8.82(0.3)	8.82(0.3)	8.82(0.3)
<i>Schiznadra chinensis</i> ext. ⁴⁾	7.14(0.3)	7.14(0.3)	7.14(0.3)	7.14(0.3)
Sugar	6.0	8.0	10.0	12.0
Water	19.94	17.94	15.94	13.94
Citric acid	0.08	0.08	0.08	0.08
Sum ⁵⁾	100.0	100.0	100.0	100.0
pH	3.75	3.75	3.75	3.75

¹⁾Ruby star ext.: 1.2 °Brix

²⁾dried *garlic* ext.: 7.4 °Brix

³⁾*Puerariae Radix* ext.: 3.4 °Brix

⁴⁾*Schiznadra chinensis* ext.: 4.2 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric acid

관능검사 결과 6.0, 8.0% 에서는 단맛이 약해 음료의 쓴맛을 감소시키지 못했으며, 12.0% 농도에서는 단맛이 강해 음료 특유의 맛을 감소시켜 적정 당 농도로 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 10.0% 농도에서는 쓴맛을 감소시키고, 맛을 향상시키는 효과를 나타내어 적정 당 농도로 결정하였다.

(5) 양배추 음료의 최종 배합비

최종 배합비에 의한 양배추(홍월적) 음료의 적정 음용농도는 Table 54와 같다.

Table 54. Final combination ratio for cabbage(Ruby star) beverage

(unit : %)

Ingredient	Content
Ruby star ext. ¹⁾	0.6
dried <i>garlic</i> ext. ²⁾	0.6
<i>Puerariae Radix</i> ext. ³⁾	0.3
<i>Schiznadra chinensis</i> ext. ⁴⁾	0.3
Water	89.87
Sugar	10.0
Citric acid	0.08
Sum ⁵⁾	100.0
pH	3.75

¹⁾Ruby star ext.: 1.2 °Brix

²⁾dried *garlic* ext.: 7.4 °Brix

³⁾*Puerariae Radix* ext.: 3.4 °Brix

⁴⁾*schiznadra chinensis*(*Turcz.*)*Baill.* ext.: 4.2 °Brix

⁵⁾Sum of amount of all ingredients except citric

4) 양배추 음료의 제조 공정

열수 추출 방식으로 추출한 열수 추출액을 사용하여 동복(Bonus), 썸머파워(Summer power), 홍월적(Ruby star) 품종의 음료 제조를 위한 최종 공정도는 Fig. 94와 같다. 앞에서 제시한 최종 음료 배합비대로 음료 조성을 갖추면 최종 pH 3.3~3.8로 pH 3.9보다 낮으므로 살균조건은 90℃에서 약 1분 동안 열 교환기를 통과시키는 것으로 하였다. 이와 같은 조건에서 살균 후 밀봉(seaming)하고 뒤집어 1분 정도 방치하여 남은 열로써 캔에 오염되어 들어올 수 있는 미생물을 살균시킨 뒤 50℃ 이하로 냉각시켰다.

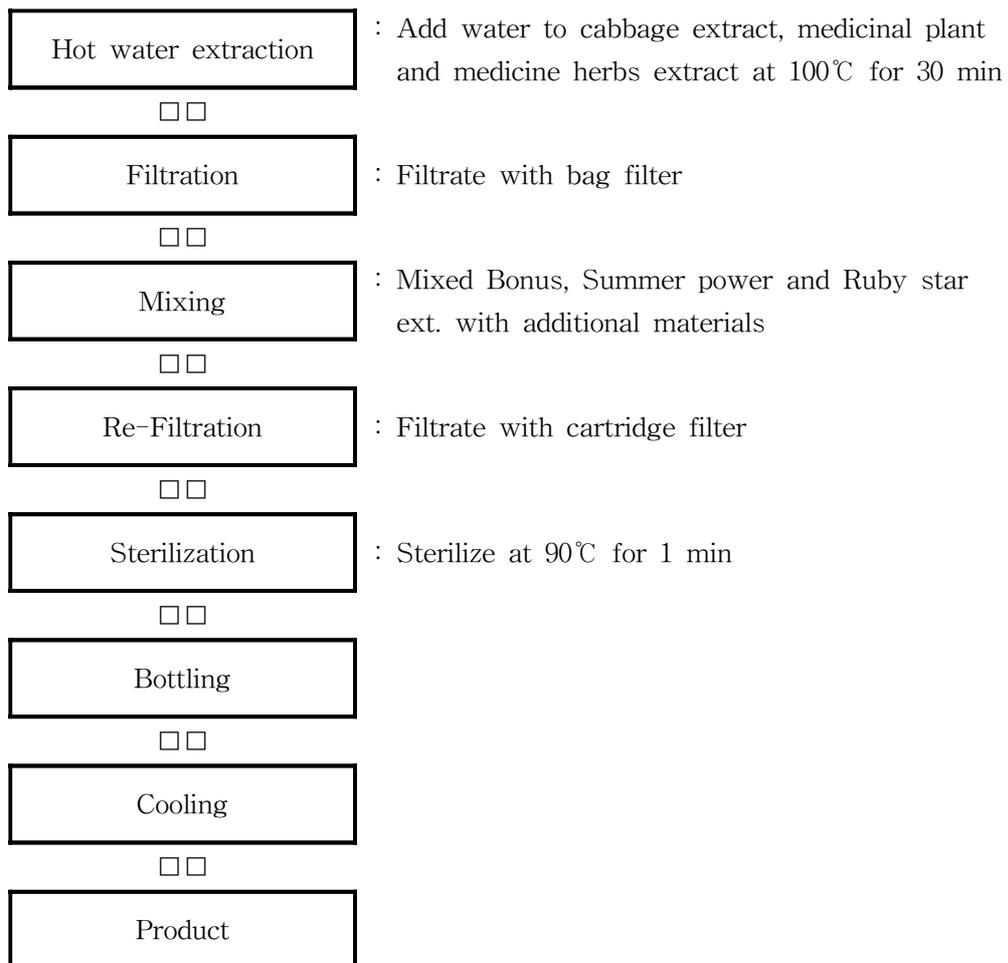


Fig. 94. Process of preparation for cabbage(Bonus, Summer power, Ruby star) beverage

5) 양배추를 이용한 과립차의 제조

가) 양배추의 추출 및 농도

선별·세척하여 40 mesh 크기로 세절한 양배추(동북, 썸머파워, 홍월적)에 2배의 50% EtOH을 가하여, 상온에서 1시간 동안 3회 반복 추출한다. 추출액은 환류 냉각 장치가 부착된 감압농축기에서 60.0 °Brix까지 농축하여 시료로 사용하였다.

나) 부형제의 배합

60.0 °Brix로 농축된 각 품종의 양배추 농축액에 무수포도당을 잘 섞는다. 구연산, 비타민 C 및 기타 부형제를 첨가하여 포도당과 잘 배합한다. 동북(Bonus), 썸머파워(Summer power), 홍월적(Ruby star)의 최종 배합비는 Table 55, 56 및 57과 같다.

Table 55. Combination ratio for preparation of cabbage(Bonus) granulated tea

(unit : %)

Ingredient	Content
Bonus ¹⁾	10.0
Dehydrate glucose	87.0
<i>Lycium chinense</i> ext.	0.6
dried <i>ginger</i> ext.	0.4
<i>Ginseng</i> ext.	0.5
Citric acid	1.0
Vitamin C	0.5
Sum	100

¹⁾Bonus ext.: 60.0 °Brix

Table 56. Combination ratio for preparation of cabbage(Summer power) granulated tea

(unit : %)

Ingredient	Content
Summer power ¹⁾	10.0
Dehydrate glucose	87.5
<i>Eucommia ulmoides</i> ext.	0.4
<i>Polygoni Multiflori Radix</i> ext.	0.4
<i>Jujube</i> ext.	0.5
Citric acid	0.8
Vitamin C	0.4
Sum	100

¹⁾Summer power ext.: 60.0 °Brix

Table 57. Combination ratio for preparation of cabbage(Ruby star) granulated tea

(unit : %)

Ingredient	Content
Ruby star ¹⁾	10.0
Dehydrate glucose	88.0
dried <i>garlic</i> ext.	0.2
<i>Puerariae Radix</i> ext.	0.3
<i>Schiznadra chinensis</i> ext.	0.5
Citric acid	0.6
Vitamin C	0.4
Sum	100

¹⁾Ruby star ext.: 60.0 °Brix

다) 과립화 및 건조

부형제와 잘 배합된 원료를 15~20 mesh 정도의 크기로 과립화를 시킨 뒤, 50~55℃에서 수분 함량이 8% 내외가 되도록 건조시킨다.

라) 과립차의 제조 공정

최종적인 과립차 제조공정은 다음 Fig. 95와 같다.

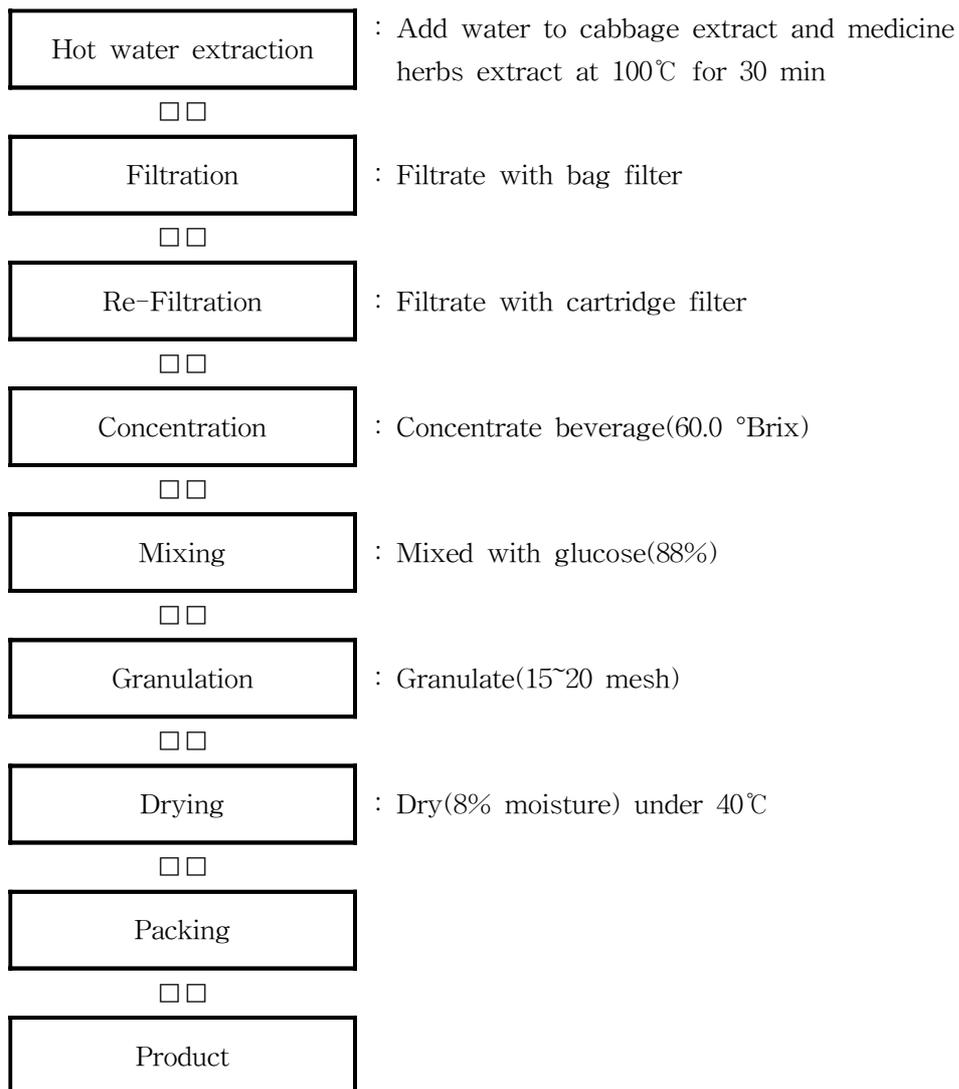


Fig. 95. Preparation process for granulated teas of cabbage(Bonus, Summer power, Ruby star)

제 4 절 결 론

시판 양배추 중 동복(Bonus), 썸머파워(Summer power), 홍월적(Ruby star) 등의 세 가지 품종에 대해 물, 50 및 100% ethanol 용매로 추출하여 생리활성을 검정하였다. 수율은 모든 품종의 물 추출물이 55.78~59.88%로 가장 높게 나타났으며, ethanol의 농도가 증가할수록 뚜렷이 감소하였다. Total polyphenol 함량은 Ruby star 품종의 물 추출물과 50% EtOH 추출물이 313.08~424.50 mg%로 가장 높게 함유되어 있었으며, Bonus 및 Summer power 품종의 경우 서로 유사한 함량을 나타내었다. 전자공여작용은 Ruby star 품종이 90% 내외로 가장 우수하였으며, SOD 유사활성에서는 Bonus 및 Summer power 품종의 물 추출물은 활성이 나타나지 않은 반면에 나머지 추출구에서는 41.62~67.44%의 범위를 나타내었다. 또한 tyrosinase 저해작용은 모든 품종의 50% EtOH 추출물에서 가장 높게 나타났으며, 이들은 0.1% L-ascorbic acid 용액보다 우수하였다. pH 1.2에서의 아질산염 소거 작용의 경우, 모든 품종의 추출물에서 80% 이상 소거율을 보였고, 1% L-ascorbic acid 용액의 활성보다도 우수하였다.

Bonus, Summer power, Ruby star의 최적 추출조건을 설정하기 위하여 조건별 추출물의 수율, 전자공여능, SOD 유사활성에 대한 4차원 반응표면을 superimposing하여 예측한 결과를 살펴보면, Bonus의 경우 시료에 대한 용매비 20~30 mL/g, ethanol 농도 35~65%, 추출온도 50~80°C로 나타났으며, Summer power의 경우 시료에 대한 용매비 15~30 mL/g, ethanol 농도 40~80%, 추출온도 50~90°C로 나타났고, Ruby star의 경우 시료에 대한 용매비 20~30 mL/g, ethanol 농도 25~85%, 추출온도 40~90°C로 나타났다.

양배추의 추출공정 최적화 시험에서 Bonus에 대한 임의의 조건으로 시료에 대한 용매비 25 mL/g, 에탄올 농도 50% 및 추출온도 70°C를 설정한 후 동복에 대한 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측된 최적값은 수율 42.46%, 폴리페놀 함량 0.42%, 전자공여능 47.14%, tyrosinase 저해작용 54.05%, pH 1.0, 3.0, 4.2에 있어서의 아질산염 소거능은 각각 66.88, 60.21, 11.71% 및 SOD 유사활성은 19.72%로 나타났고,

Summer power에 대한 임의의 조건으로 시료에 대한 용매비 20 mL/g, 에탄올 농도 50% 및 추출온도 70℃를 설정한 후 썬머파워에 대한 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측된 최적값은 수율 37.51%, 폴리페놀 함량 0.17%, 전자공여능 45.66%, tyrosinase 저해작용 53.59%, pH 1.0, 3.0, 4.2에 있어서의 아질산염 소거능은 각각 73.30, 65.06, 16.41% 및 SOD 유사활성은 31.01%로 나타났으며, Ruby star에 대한 임의의 조건으로 시료에 대한 용매비 25 mL/g, 에탄올 농도 50% 및 추출온도 70℃를 설정한 후 홍월적에 대한 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측된 최적값은 수율 42.67%, 폴리페놀 함량 0.79%, 전자공여능 82.98%, tyrosinase 저해작용 63.15%, pH 1.0, 3.0, 4.2에 있어서의 아질산염 소거능은 각각 97.03, 82.78, 45.17% 및 SOD 유사활성은 37.85%로 나타났다.

양배추 음료의 최종 배합비를 살펴보면, Bonus의 경우 동복 추출액 0.5%, 구기자 추출액 0.8%, 건강 추출액 0.08%, 인삼 추출액 0.18%, 물 88.44%, 설탕 및 구연산이 각각 10.0, 0.23%로 제조되었고, Summer power의 경우 썬머파워 추출액 0.6%, 두충 추출액 0.12%, 하수오 추출액 0.3%, 대추 추출액 0.8%, 물 89.18%, 설탕 및 구연산이 각각 9.0, 0.15%로 제조되었으며, Ruby star의 경우 홍월적 추출액 0.6%, 건마늘 추출액 0.6%, 갈근 추출액 0.3%, 오미자 추출액 0.3%, 물 89.87%, 설탕 및 구연산이 각각 10.0, 0.08%의 첨가비로 제조되었다.

농축된 양배추 추출물은 glucose 등과 함께 혼합하여 15~20 mesh 정도의 크기로 과립화하였고, 50~55℃에서 수분함량 8% 내외가 되도록 건조하여 Bonus, Summer power 및 Ruby star 과립차를 제조하였다.

제 1 절 서 론

양배추(*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* Zenk)는 십자화과에 속하는 두해살이풀로서 원산지는 지중해 연안 일대와 아시아이며, 재배역사가 가장 오래된 작물 중의 하나이다. 양배추의 품종은 여러 가지가 있는데 야생종, 녹엽종(케일), 이탈리아 브로콜리 등이 있다. 양배추의 겉잎은 대체로 녹색이지만 자색인 것도 있으며, 겉잎보다는 조직이 부드러운 내엽 부분이 주로 이용된다.

양배추의 영양성분으로는 필수아미노산인 라이신이 많이 함유되어 있으므로 곡물식의 결점을 보완할 수 있다. 지방질 성분으로는 우리 몸에 필요한 리놀렌산이 많이 함유되어 있으며, 당질 중에는 포도당이 많이 함유되어 있다. 또한 비타민류가 고루 함유되어 있으며, 특히 비타민 C의 함량이 높아, 녹색부에 80%, 백색부에 40%로 각각 함유되어 있다. 즉, 양배추 220g이면 하루에 필요한 양의 비타민 C 섭취가 가능할 정도이다. 또한 양배추의 녹색부분에는 비타민 A 및 비타민 B군이 많이 함유되어 있다. 특히 양배추에는 위궤양에 효능을 나타내는 함유성분 S-methyl methionine이 함유되어 있으며, 이는 비타민 U로 알려져 있다. 또한 양배추를 삶으면 회분, 단백질, 당질, 비타민 등의 영양소 손실이 일어나며 냄새가 발생되므로 양배추는 생으로 먹는 것이 효과적이지만 양배추 유용성을 산업적으로 활용하기 위해서는 가공절차를 거쳐야 한다.

양배추의 효능으로는 암 예방, 위궤양 예방 및 치유, 면역성 기구 자극, 혈액정화, 노화방지와 항산화 효과, 기타 피부병등에 많은 치유 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 양배추는 십자화과 채소 중 S-methyl-sulfinylalkyl isothiocyanate, 특히 sulforaphane 함량이 가장 많이 함유된 채소로 알려져 있으며, 그밖에 indoles, dittoiolucinine, caffeine acid, perillartine acid 등의 phenolics와 비타민 E, 엽록소 성분 등이 대표적인 성분으로 알려져 있다.

십자화과 채소 중에 함유된 유황화합물은 phase I 효소(cytochrome P-450) 및

phase II 효소(glutathione S-transferase)들을 유도함으로써 항발암 작용을 나타낸다고 알려져 있다. 따라서 최근에는 sulforaphane을 함유하는 십자화과 채소의 생체방어 효과에 관한 관심이 집중되고 있다. 또한 isothiocyanates는 glucosinolates (thioglycoside, sinigrin)에 thioglycosidase(myrosinase)가 작용하여 생성되며, 생성 정도는 채소의 가공 조건에 따라 달라진다. 따라서 십자화과 채소의 가공조리 방법에 따라 가공된 채소의 생체방어 효과도 달라질 것으로 기대되지만 이에 대한 연구는 아주 미진한 상태이다.

양배추는 지중해 연안 일대와 아시아에서 상업적으로 재배되어 생채 또는 가공품으로 이용되고 있으며, 국내에서는 현재 제주도를 중심으로 양배추의 재배가 증가하고 있고 가공식품의 개발이 계속적으로 이루어지고 있다. 양배추의 생산은 매년 생산량이 증가, 또는 증감하여 수급 불균형의 발생되기 쉬운 농산물이다. 따라서 양배추 생산농가의 안정적 영농기반을 확보하기 위해서는 양배추로부터 생리기능 활성을 탐색하고 효능을 과학적으로 검증하여 건강기능성식품 소재로 활용하는 방안이 절실히 요구되고 있다.

Table 1. Domestic products, exports and imports of cabbage

Years	Cabbage		
	Products(ton)	Exports(kg)	Imports(kg)
2000	5,998	519,367	1,530,804
2001	5,992	1,563,141	151,110
2002	4,901	6,749,665	267,610
2003	5,401	325,115	4,260,911

현재 천연물에서 목적 성분을 추출하는 방법으로 물 및 ethanol 용매 추출, 초임계 유체 추출법(supercritical fluid extraction, SFE), 수증기 증류법 등이 이용되고 있으나 운용비용이 많이 들거나 추출수율, 용매사용량, 추출시간 등에서 비효율적인

점이 지적되고 있다. 따라서 추출법의 문제점을 보완하기 위하여 보다 신속하고 저비용이며 높은 재현성과 회수율이 뒷받침된 다양한 추출법 연구가 진행되고 있다. 이러한 요구에 부응할 수 있는 새로운 추출 기술로서 최근 microwave를 이용한 추출공정(microwave-assisted extraction, MAE)이 개발되었다. Microwave는 피조사체를 이온화시키지 않으면서 온도상승 효과를 나타내는 전자기파 에너지(electromagnetic energy)이고, 우리나라와 미국에서 2450 MHz(wavelength 12cm)와 915 MHz(wavelength 32 cm)의 주파수가 허가되어 있으며, 이들의 식품에 대한 투과도는 각각 10 cm와 30 cm 내외로 알려져 있다. 또한 microwave 가열은 에너지 자체가 열을 발생하는 것이 아니라 피조사체의 성분들이 쌍극자 회전(dipole rotation)과 이온전도(ionic conduction)에 의해 식품 내부를 신속하게 가열할 수 있어서 식품의 품질에 대한 최소의 영향을 주며, 처리속도, 에너지 소요량, 신속 정확한 process control 등의 장점을 지니고 있다.

지금까지 MAE의 이용은 육류제품의 조지방 추출, 크로마토그래피 분석을 위한 전처리 방법, ergosterol과 지방산, essential oil, 스쿠알렌, 포도주스와 포도로부터 향기성분 전구체, 인삼성분의 추출 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 양배추의 고부가가치 이용 방안을 마련할 목적으로 양배추의 생리활성성분으로 알려진 sulforaphane, isothiocyanates 등 함황 성분과 항산화성을 함유한 추출물을 얻고자 선택적 가열 및 추출특성이 알려진 마이크로파 에너지를 이용하여 추출용매별 가열특성과 유효성분 별 마이크로파 추출특성을 모니터링 하고, 최적 추출조건 예측모델을 확보하여 양배추의 가공 소재화에 필요한 기반기술을 마련하고자 하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험재료

양배추 유용성분의 추출실험에 사용된 시료는 제주도 지역에서 2002년에 생산된 썬머파워(summer power) 품종이었다. 본 실험에서는 생체시료(수분함량 90.2%, raw)와 일정한 크기로 절단한 후 60℃의 열풍건조기(LIPP SYSTEM SILO. MCO-830, (주)정보건강)에서 건조한 건조시료(수분함량 4.5%, flake)로 구분하여 0℃의 저온에 저장하면서 실험에 사용하였다. 아울러 가공적용 가능성 시험에서는 대형 도매시장에서 브로콜리와 적채를 구입하여 실험에 사용하였다.

2. 추출장치 및 추출방법

본 실험에 사용된 마이크로웨이브 추출장치는 마이크로파 추출 실험에서 2450 MHz의 주파수에 programmable power (max. 250 W), time control 등이 가능하고 환류냉각관이 장치된 상압형 마이크로파 추출장치(Prolabo, France)를 사용하였다. 본 추출공정에서 추출물의 온도변화는 Digital Megal 500 thermometer를 사용하여 모니터링 하였다.

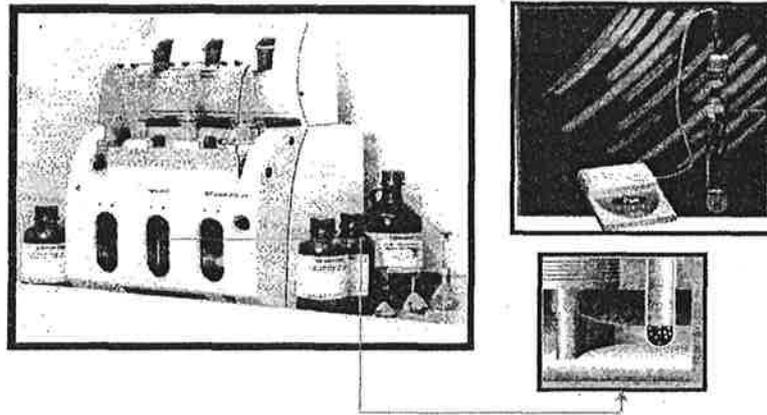


Fig. 1. Microwave-assisted extractor and control thermometer.

3. 추출조건의 예비설정

가. 추출용매의 가열특성 시험

추출실험에 사용될 용매의 가열특성 확인은 추출조건의 예비 설정을 위해 선행되어야 한다. 본 실험에서는 추출용매를 물, 에탄올 및 디클로로메탄으로 선정하여 마이크로파 용량 별(50, 100, 150, 200 W)로 시료(생체시료, 건조시료)의 존재 여부에 따라 irradiation time에 따른 가열특성을 모니터링 하였다. 이때 추출물의 온도변화는 digital Megal 500 thermometer와 integration software(Prolabo, France)를 사용하여 그래픽 하였다.

나. 추출조건의 예비설정 시험

양배추의 유용성분 마이크로파 추출실험에서 기본적인 공정인자로 고려되어야 할 사항은 원료의 입자크기, 용매비, 에너지 용량, 용매의 농도, 추출시간 등이다. 따라서 본 실험에서는 입자크기, 용매비 및 추출횟수는 예비설정시험을 통하여 조건을 결정하고, 추출효율이 우수한 추출용매 농도(%), 에너지 용량(watt, W) 및 추출시간(min)의 범위를 바탕으로 실험계획을 실시하였다. 원료의 입자크기 실험은 건조시료를 대상으로 입자를 0~60 mesh까지 구분하여 50 W에서 3분간 50% 에탄올을 사용하여 추출효율을 확인하였다. 용매비의 영향을 검토하기 위하여 용매의 양은 50 mL로 고정하고, 생시료는 10초간 분쇄한 것을 2.5~10 g, 건조시료는 20 mesh로 분쇄된 시료를 0.5~5 g 혼합하여 각각 50 W에서 3분간 추출실험을 실시하였다. 추출용매의 선택을 위하여 물, 에탄올(50%, 100%), 디클로로메탄 등 4가지 용매를 사용하여 예비실험 결과로부터 얻어진 기본조건(입자크기, 용매비)과 50 W, 추출시간 3분으로 실험하여 최적 용매를 선택하고자 하였다. 아울러 적정 추출시간과 에너지 용량을 설정하고자 1~7분과 0~200 W 범위에서 예비 추출실험을 실시하여 기본적인 실험과 중심합성계획 자료로 활용토록 하였다.

4. 추출조건 최적화를 위한 실험계획 및 회귀분석

본 실험에서는 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 이용하여 최적 추출조건의 예측과 추출조건에 따른 추출물의 품질특성을 모니터링 하였다. 추출조건의 최적화를 위한 실험계획은 중심합성계획법에 의하여 설계하고, 반응표면 회귀분석을 위해서는 SAS(statistical analysis system) program을 사용하였다. 중심합성계획에서 추출조건에 해당하는 독립변수(X_i)는 Table 1과 같이 추출공정에서 중요한 변수로 고려되는 마이크로파 용량(X_1), 에탄올 농도(X_2), 추출시간(X_3)을 -2, -1, 0, 1, 2의 5단계로 부호화하였다.

Table 1의 독립변수(X_i)는 중심합성계획에 따라 Table 2와 같이 16구의 조건으로 설계하여 추출실험을 실시하였다. 그리고 독립변수에 따른 종속변수(Y_n)로는 추출물의 품질로 설정한 총 추출수율(Y_1), 총 페놀함량(Y_2), 전자공여능(Y_3), sulforaphane 함량(Y_4), ally isothiocyanate 함량(Y_5) 등으로 하였으며, 이들은 추출물에 대하여 3회 반복 측정하여 그 평균값을 회귀분석에 사용하였다. 이때 세 개의 독립변수와 하나의 종속변수에 대한 2차 회귀 모형식은 다음과 같다.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2$$

여기서 Y 는 종속(반응)변수, X_1, X_2, X_3 는 독립(요인)변수, b_0 는 절편, b_n 는 회귀계수이다. 회귀분석에 의한 모델식의 예측은 SAS(statistical analysis system) program을 이용하였으며, 회귀분석 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우에는 능선분석을 하여 최적점을 구하였다. 그리고 독립변수에 따른 각 종속변수들의 추출특성의 변화는 예측된 모델식을 바탕으로 Mathematica program을 이용하여 4차원반응표면으로 그림을 그려 결과를 모니터링 하였다.

Table 1. Experimental design for microwave-assisted extraction for effective components from cabbage

X_i	Extraction condition	Level				
		-2	-1	0	1	2
X_1	Microwave power (W)	0	40	80	120	160
X_2	EtOH conc.(%)	0	25	50	75	100
X_3	Extraction time (min)	1	2	3	4	5

Table 2. Central composite design for three independent variables at five levels in microwave-assisted extraction for effective components from cabbage

Experiment number ¹⁾	Microwave power (W)	EtOH concentration (%)	Extraction time (min)
1	40(-1)	25(-1)	2(-1)
2	40(-1)	25(-1)	4(1)
3	40(-1)	75(1)	2(-1)
4	40(-1)	75(1)	4(1)
5	120(1)	25(-1)	2(-1)
6	120(1)	25(-1)	4(1)
7	120(1)	75(1)	2(-1)
8	120(1)	75(1)	4(1)
9	80(0)	50(0)	3(0)
10	80(0)	50(0)	3(0)
11	0(-2)	50(0)	3(0)
12	160(2)	50(0)	3(0)
13	80(0)	0(-2)	3(0)
14	80(0)	100(2)	3(0)
15	80(0)	50(0)	1(-2)
16	80(0)	50(0)	5(2)

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

5. 추출물의 품질 분석

가. 총 추출수율 측정

각 조건에서 얻어진 추출물의 총 추출수율은 추출물 일정량을 취하여 105℃에서 항량이 될 때까지 건조하여 추출액 조제에 사용된 원료량(건물량)에 대한 백분율로써 총 추출수율(total extract yield, %)로 나타내었다.

나. 총 페놀함량 측정

각 추출물의 총 페놀성 화합물 함량의 측정은 Folin-Denis법에 의해 비색 정량하였다. 즉, 추출물을 10배 희석한 검액 1 mL에 2배 희석한 Folin-ciocalteau 시약 1 mL를 가하여 혼합하고 3분 후 10% Na₂CO₃ 1 mL를 넣어 진탕한 다음 1시간동안 실온에서 방치하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

다. 전자공여능 측정

양배추 추출물의 전자공여능 (electron donating ability, EDA) 시험은 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH)를 사용한 방법으로 측정하였다. 즉, DPPH 시약 12 mg을 absolute ethanol 100 mL에 용해한 후 증류수 100 mL를 가하고 50% ethanol 용액을 blank로 하여 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도를 약 1.0으로 조정하였다. 이 용액 5 mL를 취하여 시료용액 0.5 mL와 혼합한 후 상온에서 30초간 방치시킨 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 표시하여 전자공여능으로 하였다.

라. 활성성분 sulforaphane과 allyl isothiocyanate 함량 분석

양배추에 함유된 활성성분 중 가장 대표적인 성분으로서 sulforaphane과 allyl

isothiocyanate의 분석조건을 확립하고자 하였다. 시료 100 g을 Lindsay의 방법에 따라 50 mL의 dichloromethane으로 3회 추출하여 모은 추출물을 무수황산나트륨으로 건조시킨 후 30°C에서 감압 건조시켜 얻은 잔사에 1 mL의 dichloromethane를 넣어 GC/MS로 분석하였다. 이때 사용한 기기조건은 Table 3 및 4와 같다. 표준품(LKT Labs, Inc., St. Paul, MN, USA)과 추출한 시험액에 대하여 GC/MS에서 scan mode로써 mass spectrum을 얻은 후 main fragment ions(72, 114, 160 / 51, 72, 99)을 선택하고 SIM mode와 scan mode에서 선택한 ion들을 적용시켜 표준곡선을 작성하였다.

Table 3. GC/MS condition for sulforaphane analysis in cabbage extracts

Gas chromatograph : H P 6890
Mass spectrometer : GC MSD 5973
Column : HP-5ms capillary column (0.25 mm X 30 m)
Temperature : Column : 60 ~ 230°C (10°C/min)
Detector : 250°C
Injector : 250°C
Carrier gas : Helium (0.8 mL/min, 5.6 psi)

Table 4. GC/MS condition for allyl isothiocyanate analysis in cabbage extracts

Gas chromatograph : H P 6890
Mass spectrometer : GC MSD 5973
Column : HP-5ms capillary column (0.25 mm X 30 m)
Temperature : Column : 60 ~ 220°C (16 °C/min)
Detector : 250°C
Injector : 250°C
Carrier gas : Helium (1 mL/min, 8.21 psi)

6. 최적 추출조건의 예측 및 실증시험

양배추 추출물의 추출조건 최적화를 위하여 시료 추출물의 품질인자로 선정된 총 추출수율과 대표적 활성성분인 sulforaphane에 대한 4차원반응표면을 superimposing하여 최적 추출조건 범위를 예측하였다. 그리고 예측된 범위에서 임의의 점을 선정하여 회귀식에 대입한 후 그 예측된 최적 값들과 선정된 동일조건에서 실제 추출실험을 실시하여 얻은 실험치를 비교하여 모델회귀식의 신뢰성을 검증하였다

7. 추출물의 품질안정성 시험

본 실험은 양배추 유용성분이 함유된 추출물을 가공제품에 적용하기 위한 내용으로써 최적 조건으로 추출한 생시료 및 건조시료 추출물(에탄올)과 대조구로서 물 추출물을 각각 90℃에서 15분간 열처리한 다음 유통 조건을 고려하여 20℃와 40℃에서 각각 저장하면서 2주 간격으로 8주 동안 추출물의 품질안정성을 상기 측정항목에 대하여 실험하였다.

8. 양배추 소재의 가공조건 최적화 및 적용성 시험

가. 양배추 음료 및 수프 제조

양배추로부터 유용성분을 MAE 방법에 따라 추출하고 여러 부재료와 함께 예비 배합비를 결정한 후 중심합성계획을 바탕으로 배합조건을 설계하고 반응표면 회귀분석을 실시하였다. 배합조건에 해당하는 독립변수(X_i)는 음료의 경우 맛에 가장 영향을 끼치는 양배추 추출물(X_1)과 액상 과당(X_2)을, 수프의 경우는 양배추 추출물(X_1)과 볶은 현미가루(X_2)로 하여 각각 -2, -1, 0, 1, 2의 5단계로 부호화하였으며, 독립변수에 따른 종속변수(Y_n)로는 색(Y_1), 향(Y_2), 맛(Y_3), 전반적인 기호도(Y_4) 등으로 하였다.

나. 십자화과 채소류에 대한 적용성 시험

양배추의 최적 배합조건을 바탕으로 브로콜리와 적채를 시료로 한 음료 및 수프 제조를 실시하였다. 상기와 같은 방법으로 부재료를 배합한 후 색, 향, 맛 및 전반적 기호도에 대한 관능검사를 실시하여 SAS program에 의한 분산분석과 Duncan's multiple range test에 의해 유의성을 검정하여 적용가능성을 평가하였다.

다. 관능평가

각 조건별로 제조된 음료 및 수프에 대한 관능적 품질평가 방법은 본 실험에 흥미가 있고 차이식별능력이 있는 10명을 관능검사 요원을 선정하여 이들에게 색, 향, 맛 및 전반적 기호도에 대한 평가요령을 훈련시킨 뒤 9점채점법(9점; 가장 좋다, 1점; 가장 싫다, 4점; 가식 한계점)에 따라 관능평가를 실시하였다.

9. 결과분석

모든 시험은 3회 반복 실시하였으며 측정결과는 Origin에 의해 분석하였다. 검사결과 유의성은 SAS(Statistical Analysis System)에 의한 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 유용성분의 현행 추출과 마이크로웨이브 추출의 효율비교

양배추의 가공 소재화 연구에서 추출기술기반을 확보할 목적으로, 일반적으로 식물성 기능성분의 추출방법인 현행 가열용매추출을 대조구로 하여 마이크로웨이브 추출법과의 추출효율을 비교하였다. 먼저 3가지 추출용매(물, 50% 에탄올, 100% 에탄

을)에 대하여 일반 추출은 환류냉각관을 장착하여 50℃, 3시간동안 추출하였고, 마이크로웨이브 추출은 50 W, 3분으로 고정하여 추출실험을 실시하였다.

Table 5는 생양배추의 추출방법별 추출효율을 비교한 것으로써 총 수율은 현행방법이 33.81~39.43%, 마이크로파 추출이 38.75~57.27%로 추출시간이 3시간과 3분의 큰 차이임에도 불구하고 마이크로웨이브 추출에 의한 수율이 높게 나타났다. 또한 현행방법에 비하여 마이크로파 추출이 전자공여능, 플라보노이드 및 총페놀 함량에 있어서도 유의적으로 높은 추출효율을 나타내었다.

또한 건조양배추 시료를 사용하여 현행추출과 마이크로웨이브추출의 특성을 비교한 결과, Table 6에서도 상기 결과와 동일하게 추출수율은 각 용매의 특성에 따라 차이는 있었지만 마이크로웨이브를 이용한 추출공정이 현행추출공정(100% 기준)에 비해 105.75~130.46%로 높게 나타났다. 특히 플라보노이드 함량은 추출방법별 차이를 크게 보여 현행추출은 96.83~640.21 mg%, 마이크로웨이브 추출은 505.31~1,921.89 mg%로 나타나 마이크로웨이브 추출이 현행방법에 비해 50% 에탄올 용매에서는 1.4배, 물에서는 19.2배의 차이를 보였다. 따라서 현행 추출공정은 대부분 추출시간, 용매 및 에너지 사용량 등에서 개선이 필요하며, 마이크로웨이브 추출은 추출시간을 획기적으로 줄일 수 있을 뿐 아니라 용매 및 에너지 사용량도 줄일 수 있고 추출물의 품질에서도 우수한 특성이 보고되어 이에 대한 구체적인 연구가 필요하다고 사료되었다. 이는 기존 추출방법들의 열전달 방식이 외부에서 내부로 퍼 가열체의 대류현상에 의하지만, 마이크로웨이브 가열은 식품의 내부 성분들의 유전적 성질에 바탕을 두고 있으므로 선택적 가열과 추출이 가능하므로 단시간에 유용성분을 효과적으로 추출 분리할 수 있는 방법의 될 수 있을 것이다.

Table 5. Comparison of extraction efficiency on total yield, electron donating ability, flavonoid, and total phenols from raw cabbage between current and microwave-assisted extraction (MAE)

Extraction type	Solvent	Yield (%, d.b.)	Electron donating ability (%/g, d.b.)	Flavonoid (mg%, d.b.)	Total phenol (mg%, d.b.)
Current extraction ¹⁾	Water	39.43±6.91	2.99±0.24	262.86±39.76	57.61±0.21
	50% ethanol	33.81±5.06	7.75±0.14	308.77±26.30	36.07±0.16
	100% ethanol	38.98±2.41	15.57±0.10	1410.70±9.94	88.49±0.16
Microwave extraction ²⁾	Water	38.75±17.52	6.74±3.03	4104.68±68.87	288.38±15.52
	50% ethanol	49.43±14.95	14.24±3.55	3530.76±105.20	143.18±15.45
	100% ethanol	57.27±7.71	18.71±2.23	1212.12±300.20	188.20±15.45

¹⁾Current extraction was performed at 50°C for 3 hrs on a mixture composed of 20 g

of sample and 50 mL of solvent.

²⁾MAE was performed at 50 W for 3 min on a mixture composed of 5 g of sample and 50 mL of solvent.

Table 6. Comparison of extraction efficiency on total yield, electron donating ability, flavonoid, and total phenol from flake cabbage between current and microwave-assisted extraction (MAE)

Extraction type	Solvent	Yield (% _g , d.b.)	Electron donating ability (%/g, d.b.)	Flavonoid (mg% _g , d.b.)	Total phenol (mg% _g , d.b.)
Current extraction ¹⁾	Water	34.93±0.03	6.27±0.29	96.83±7.32	68.40±0.08
	50% ethanol	35.37±0.00	8.42±0.03	365.35±12.69	60.93±0.16
	100% ethanol	25.31±0.62	6.80±0.12	640.21±24.01	68.50±0.25
Microwave extraction ²⁾	Water	36.94±18.80	10.99±2.10	1,858.46±83.91	287.10±10.39
	50% ethanol	42.86±3.33	25.15±1.42	505.31±48.44	139.93±5.88
	100% ethanol	33.02±2.74	8.65±0.47	1,921.89±83.91	242.05±5.30

¹⁾Current extraction was performed at 50°C for 3 hrs on a mixture composed of 5 g of sample and 50 mL of solvent.

²⁾MAE was performed at 50 W for 3 min on a mixture composing 1 g sample and 50 mL of solvent.

2. 추출용매의 마이크로파 가열특성

양배추의 가공소재화 기반을 확보하기 위하여 유용성분 추출연구에 필요한 기초 실험을 수행하였다. 먼저 용매 설정을 위하여 3가지 추출용매(물, 에탄올, 디클로로메탄)에 대하여 시료 유무별 마이크로웨이브 가열특성을 확인하였다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 50 W power의 마이크로웨이브를 50 mL의 용매에 focused irradiation 하였을 때 피조사체 용매는 온도가 급속하게 상승하여 물은 10분, 에탄올은 3~4분 이내에, 디클로로메탄은 2분경에 boiling point에 도달하였다. 이는 용매별 유전적 성질의 차이에서 비롯된 것으로써, 에너지의 흡수와 저장 능력이 용매에 따라 크게 상이하여 가열특성에 직접 영향을 미침을 알 수 있었다.

또한 각 용매(물, 에탄올, 디클로로메탄)에 대하여 추출시료의 존재 유무에 따른 가열곡선을 측정한 결과는 Fig. 3~5와 같다. 물과 에탄올(각 50 mL)에서 양배추의 생체시료와 건조시료는 용매구에 비하여 온도상승에 다소 완만한 변화를 보이면서 생체시료 함유구는 온도상승이 다소 완만하였으나 전반적인 가열특성에 큰 영향을 미치지 않았다. 그러나 건조시료의 경우는 수분함량이 매우 낮으므로 용매구와 거의 유사한 곡선을 보여주었다. 이와 같이 추출시료에 함유된 수분함량은 가열특성, 에너지 용량, 추출시간 등의 결정에 고려되어야 한다. 그리고 디클로로메탄의 경우 유전상수가 상대적으로 낮아 마이크로파를 대부분 투과시키는 특성을 지니고 있으므로 전반적으로 시료 유무에 상관없이 조사 3분 이내에 평형상태에 이르렀다. 그러나 생시료를 함유한 구에서는 보다 빨리 수분함량의 영향으로 boiling point에 도달하는 것으로 확인되었다. 이와 같은 용매의 가열특성 실험으로부터 양배추 시료의 유용성분 추출실험에서는 50 W power의 낮은 에너지 용량의 경우에도 에탄올이나 디클로로메탄의 경우에는 5분 내외의 irradiation으로 마이크로파의 신속하고도 선택적인 가열효과를 활용할 수 있는 것으로 확인되었다.

한편 동일 용매에 대하여 마이크로웨이브 에너지 별 heating curve를 작성한 결과(Fig. 2~8), 에너지 용량이 증가할수록 비점에 도달하는 시간이 단축되는 경향이었으나 50, 100, 150 W는 유사한 경향이었고, 200 W의 고용량에서는 신속한 온도상

승으로 피조사체 용액의 boiling-up 현상이 나타날 수 있으며, 추출시 사용된 에너지 효율을 고려하였을 때 적정 용량보다 높은 것을 알 수 있었다. 따라서 최적화 실험 계획에서는 200 W 이하의 에너지 용량과 1회 5분 이내의 추출시간이 바람직한 것으로 나타났다.

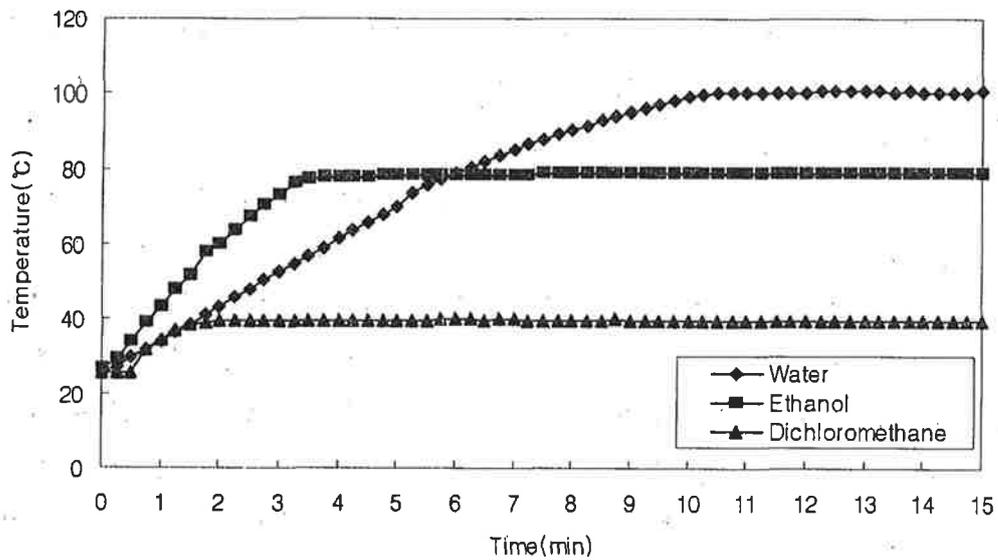


Fig. 2. Heating curves of 50 mL of different solvents (water, ethanol, dichloromethane) at 50 W of microwave power.

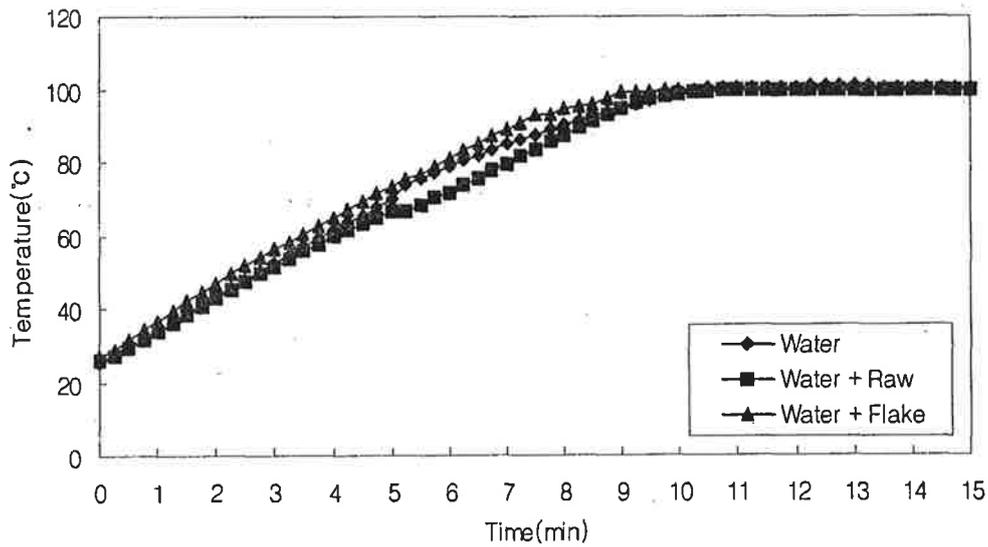


Fig. 3. Heating curves of 50 mL of water with or without cabbage sample (raw 5 g, flake 1 g) at 50 W of microwave power.

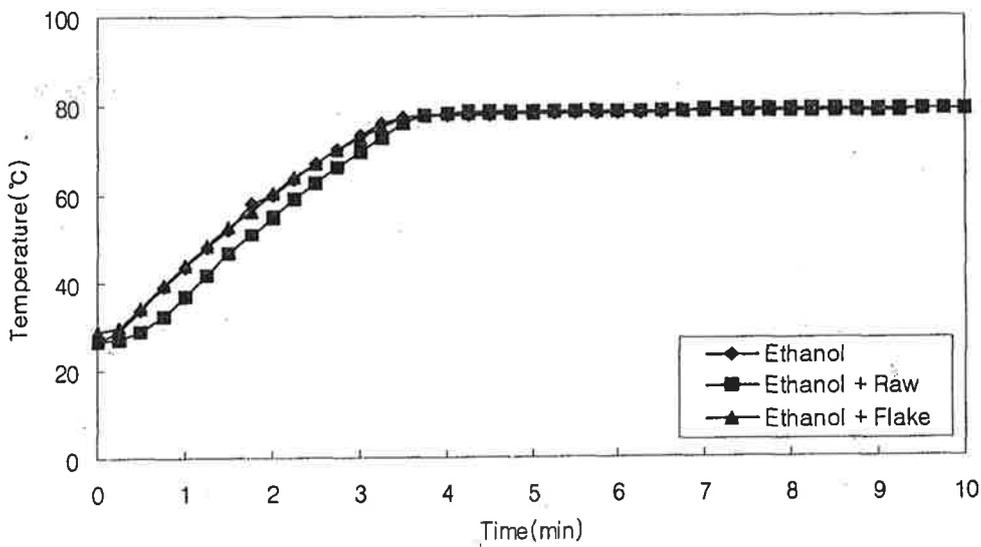


Fig. 4. Heating curves of 50 mL of ethanol with or without cabbage sample (raw 5 g, flake 1 g) at 50 W of microwave power.

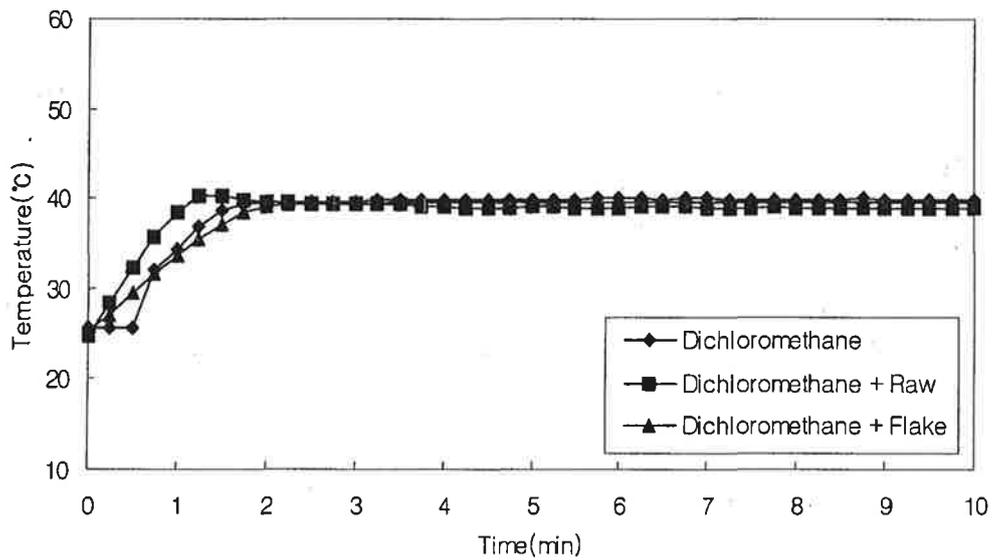


Fig. 5. Heating curves of 50 mL of dichloromethane with or without cabbage sample (raw 5 g, flake 1 g) at 50 W of microwave power.

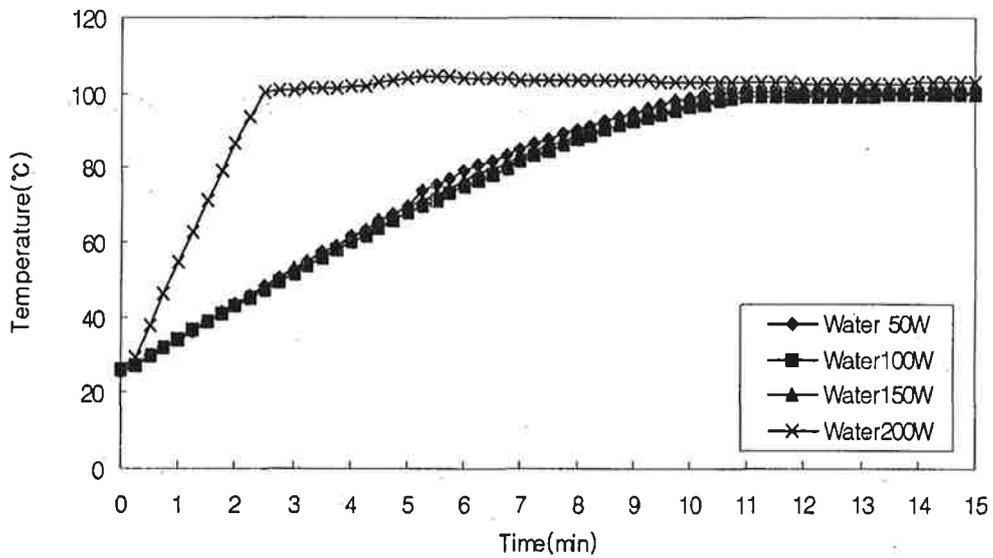


Fig. 6. Heating curves of 50 mL of water at different powers of microwave power.

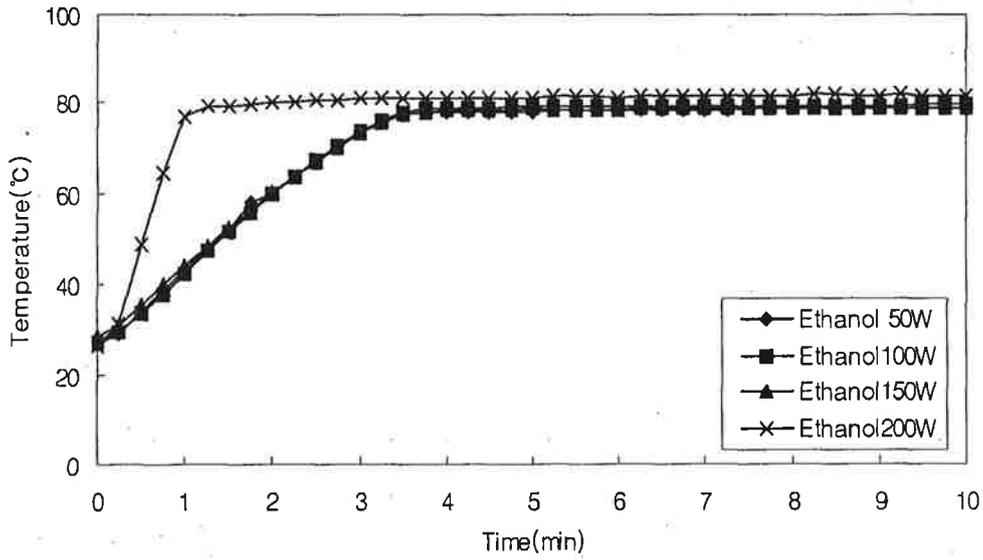


Fig. 7. Heating curves of 50 mL of ethanol at different power (50 W, 100 W, 150 W, 200 W) of microwave power.

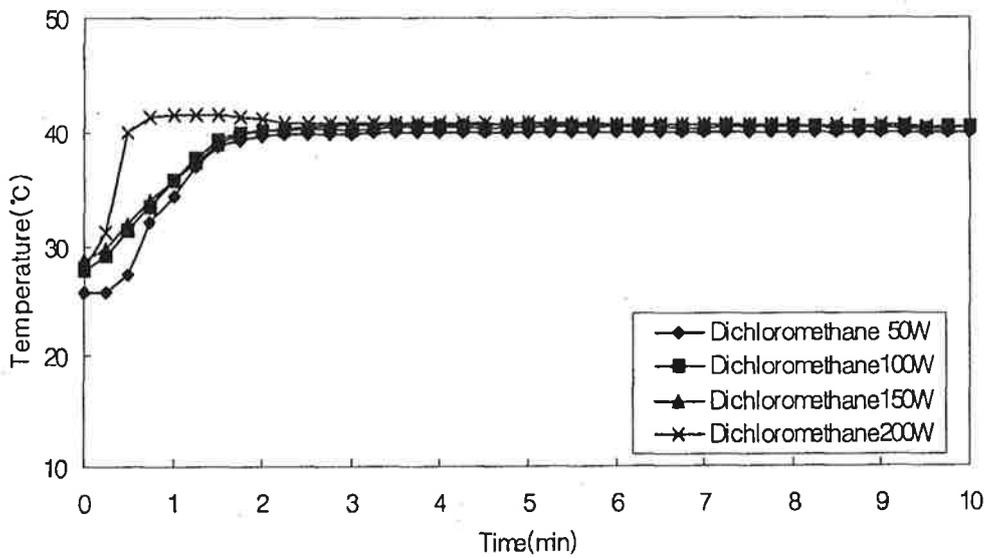


Fig. 8. Heating curves of 50 mL of dichloromethane at different powers (50 W, 100 W, 150 W, 200 W) of microwave powers.

3. 추출공정인자 별 예비조건 설정

가. 원료 입자크기의 영향

양배추의 유용성분 추출에서 시료의 입자크기가 추출효율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 양배추 건조시료를 대상으로 입자를 0~60 mesh까지 구분하여 50 W에서 3분간 추출하였다(Fig. 9, 10). 입자크기에 대한 추출수율의 변화는 입자크기가 작을수록 수율은 증가하였으나 10 mesh 이상에서는 증가가 완만하였다. 양배추 추출물의 입자크기에 따른 전자공여능과 총 페놀함량의 변화는 flake 상태를 그대로 사용한 경우를 제외하고 20 mesh 이상의 입자크기에서는 비교적 완만하게 증가하였으나 플라보노이드 함량은 입자크기가 작을수록 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 본 실험에서는 분쇄공정, 폐기율 등을 고려하여 추출원료의 입자크기를 20 mesh 범위로 설정하였다.

나. 용매비의 영향

양배추 유용성분의 고효율 추출을 위해 용매(50 mL)에 대한 시료비의 영향을 검토해 보았다.

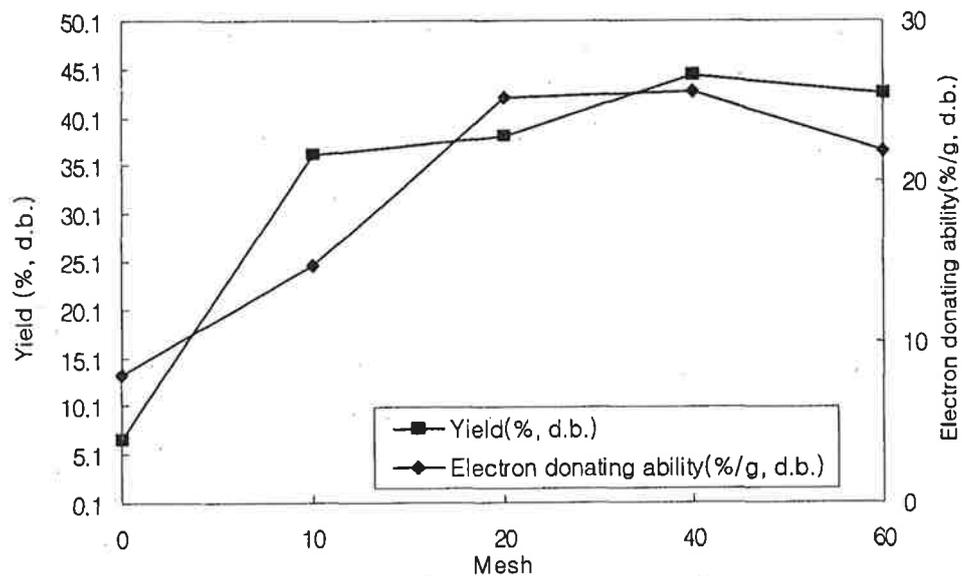


Fig. 9. Effect of particle size of cabbage flake in microwave-assisted extraction on total yield and electron donating ability of cabbage extracts.

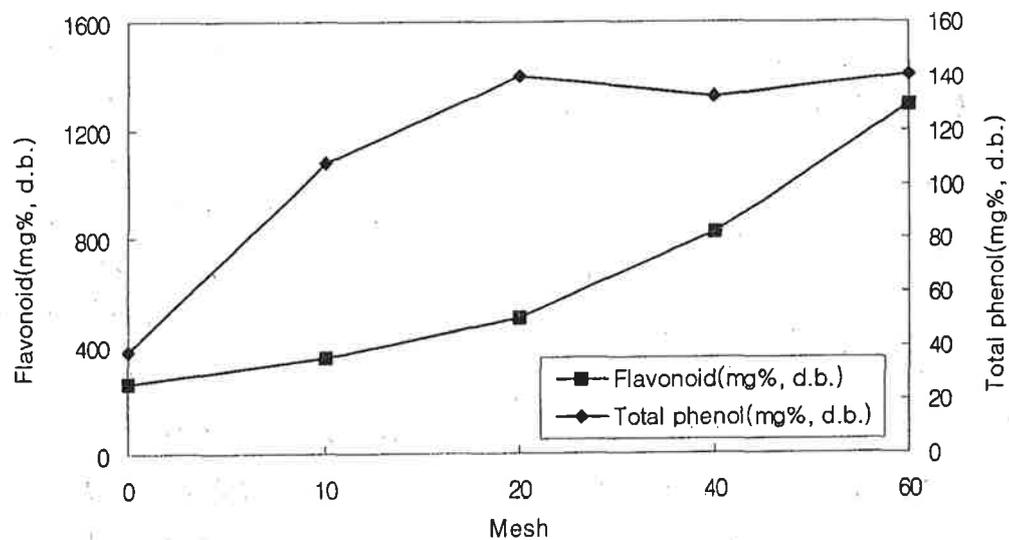


Fig. 10. Effect of particle size of cabbage flake in microwave-assisted extraction on total phenol and flavonoid of cabbage extracts.

(Table 7). 본 추출장치에서 용매의 양은 50 mL로 고정하고 생시료는 분쇄 중 성분의 파괴를 최소화하기 위하여 10초간 분쇄한 것으로 일정 비율(2.5 g, 5 g, 10 g)로 혼합하였다. 건조시료는 20 mesh로 분쇄한 시료로서 일정비율(0.5 g, 1 g, 2.5 g, 5 g)로 혼합하여 50 W에서 3 분간 추출을 실시하였다. 양배추 유용성분의 추출은 생시료와 건조시료 모두에서 시료비가 증가할수록 전자공여능, 플라보노이드 함량 및 총페놀 함량이 감소되는 결과를 보였다. 양배추 추출물의 수율은 생시료에서는 시료대용매비가 1:20과 1:10의 값이 유사하였지만 1:5에서 현저히 감소하는 결과를 나타낸 반면 양배추 건조시료에서 용매비(50 mL)에 따른 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 생시료의 수분 함량과 용매의 양을 고려하여 생시료는 1 : 10 (5 g : 50 mL)로 고정하여 추출실험을 실시하였고, 건조시료의 경우 1 : 50 (1 g : 50 mL)으로 설정하여 실험을 실시하였다.

다. 마이크로웨이브 에너지 용량의 영향

양배추 유용성분 고효율 추출공정에서 사용된 극초단파의 에너지 효율을 확인하기 위하여 가열특성시험 결과를 바탕으로 에너지 용량 별 (50~150 W) 추출실험을 위하여 추출시간을 3 분으로 고정하고 추출물의 수율, 전자공여능, 플라보노이드 및 총페놀 함량 등을 비교하여 나타내었다(Table 8, 9). 마이크로파를 이용한 생양배추에서 에너지 용량의 증가에 따른 추출물 수율의 변화는 크지 않았고, 추출수율은 에탄올이 가장 높게 나타나 51.70~57.27%로 나타났다. 50% 에탄올과 물을 용매로 한 추출물의 수율도 각각 48.18~50.68%와 38.75~52.27%로 대체로 높은 수율이 확인되었다. 그러나 전자공여능과 플라보노이드함량 및 페놀함량은 에너지 용량의 증가에 따라 대체로 증가하는 경향을 나타내었으나 그 차이는 미미하였다. 이와 같은 결과는 건양배추 추출수율과 유사하여 에너지 용량에 따른 영향이 크지 않음을 알 수 있었다. 또한 다른 실험결과에서도 에너지 용량의 증가에 따른 추출효율의 변화는 완만한 증가를 나타내었다. 그러나 양배추의 유용성분 추출에 사용된 에너지 효율 (yield/W)을 계산한 결과, 50 W(100%)에 비해 100 W는 약 48.7~67.5%, 150 W는 약 29.2~34.2%의 매우 낮은 추출효율을 나타내었다. 따라서 본 실험에서는 극초단

과 에너지의 효율 및 시간을 고려하여 50 W에서 일반적 조건설정 실험을 실시하였으며, 반응표면분석에 의해 에너지 용량에 따른 효율과 추출특성을 모니터링 하였다.

라. 추출용매 선정을 위한 용매 별 추출효율 확인

마이크로웨이브를 이용한 양배추 유용성분 고효율 추출공정에서 추출용매에 따른 효율을 비교하고자 추출용 용매로 널리 사용되고 있는 물, 에탄올, 디클로로메탄 등

Table 7. Effect of the sample to solvent ratio in microwave-assisted extraction (MAE) on yield, electron donating ability, flavonoid, and total phenol of extracts from raw and flake cabbage¹⁾

Sample	Solvent ratio	Yield (% d.b.)	Electron donating ability (%/g, d.b.)	Flavonoid (mg%, d.b.)	Total phenol (mg%, d.b.)
Raw	1:20	50.48±27.26	24.39±3.44	1511.86±171.15	284.75±12.11
	1:10	49.43±14.95	19.70±6.87	426.55±28.53	179.74±1.79
	1:5	24.72±7.48	21.36±1.94	1150.36±626.13	212.16±2.87
Flake	1:100	32.34±0.15	52.40±4.72	999.55±131.36	495.18±21.37
	1:50	42.86±3.33	39.49±0.89	795.55±73.14	369.56±155.61
	1:20	33.02±2.74	26.47±0.52	527.53±5.25	356.46±20.05
	1:10	37.68±6.29	15.60±0.01	547.40±16.41	418.58±12.76

¹⁾MAE was performed at 50 W for 3 min on a mixture composed of sample and 50 mL of 50% ethanol.

Table 8. Effect of microwave power in microwave-assisted extraction (MAE) on yield, electron donating ability, flavonoid and total phenol of extracts from raw cabbage¹⁾

Power (W)	Solvent	Yield (% d.b.)	Electron donating ability (%/g, d.b.)	Flavonoid (mg%, d.b.)	Total phenol (mg%, d.b.)
50	Water	38.75±17.52	6.74±3.03	4104.68±68.87	288.38±15.52
	50% ethanol	49.43±14.95	14.24±3.55	3530.76±105.20	143.18±15.45
	100% ethanol	57.27±7.71	18.71±2.23	1212.12±300.20	188.20±15.45
	Dichloromethane	-	-	-	36.60±0.42
100	Water	52.27±9.96	7.20±0.47	4655.65±119.29	234.89±1.93
	50% ethanol	48.18±19.61	18.18±9.90	3324.15±79.52	137.90±5.00
	100% ethanol	57.27±7.72	17.58±2.06	913.68±39.76	182.78±5.21
	Dichloromethane	-	-	-	37.71±2.30
150	Water	38.07±0.16	7.80±1.33	4816.35±173.32	170.97±12.74
	50% ethanol	50.68±12.86	11.97±0.35	3118.46±80.55	158.60±3.87
	100% ethanol	51.70±6.27	16.36±1.27	1097.34±143.37	158.74±11.92
	Dichloromethane	-	-	-	34.38±2.96

¹⁾MAE was performed for 3 min on a mixture composed of 5 g of sample and 50 mL of solvent.

Table 9. Effect of microwave power in microwave-assisted extraction (MAE) on yield, electron donating ability, flavonoid and total phenol of extracts from flake cabbage¹⁾

Power (W)	Solvent	Yield (% d.b.)	Electron donating ability (%/g, d.b.)	Flavonoid (mg%, d.b.)	Total phenol (mg%, d.b.)
50	Water	36.94±18.80	10.99±2.10	6890.46±48.44	287.10±10.39
	50% ethanol	42.86±3.33	25.15±1.42	505.31±48.44	139.93±5.88
	100% ethanol	33.02±2.74	8.65±0.47	1921.89±83.91	242.05±5.30
	Dichloromethane	-	-	-	25.90±1.97
100	Water	26.32±0.07	24.10±1.01	8169.61±222.00	325.11±6.34
	50% ethanol	46.26±3.85	24.63±1.48	2217.89±48.44	22.71±0.71
	100% ethanol	48.67±2.22	12.45±0.48	1805.60±91.55	178.06±9.34
	Dichloromethane	-	-	-	25.65±0.77
150	Water	30.72±2.89	30.63±2.47	8233.04±83.91	326.13±3.22
	50% ethanol	57.51±1.26	25.68±0.74	2471.60±18.31	24.45±1.36
	100% ethanol	37.68±4.29	8.76±0.60	1932.46±246.34	171.79±9.01
	Dichloromethane	-	-	-	21.81±1.15

¹⁾MAE was performed for 3 min on a mixture composed of 1 g of sample and 50 mL of solvent.

4가지 용매를 사용하여 예비실험 결과로부터 얻어진 조건 (에너지 용량 50 W, 시간 3 min, 용매비 생시료 1:10 (5 g/50 mL); 건조시료 1:50 (1 g/50 mL), particle 20 mesh 등)을 토대로 추출물의 특성을 비교 분석하였다(table 10). 생양배추 시료의 수율은 100% 에탄올, 50% 에탄올, 물의 순으로 높게 나타났으나, 건조시료는 50% 에탄올, 물, 100% 에탄올 순으로 이와 같은 결과는 생시료(91.22%)와 건조시료(4.45%)의 수분 함량 차이에 의한 기인한 것으로 예상된다. 그러나 플라보노이드 함량은 물이 모든 시료(생시료: 6,890 mg%, 건조시료: 4,105 mg%)에서 가장 높았고 일반적으로 양배추의 유용성분인 sulforaphane 추출에 널리 사용되는 디클로로메탄은 비교적 낮은 수치를 나타내었다. 이와 같이 양배추 추출물에 포함된 성분들은 양배추의 가공조건 및 추출용매의 종류에 따라 상이한 추출특이성을 나타내고 있으므로, 각 시료의 유용성분을 공통으로 다량 추출할 수 있는 추출용매의 선택이 요구된다고 하겠다. 따라서 추출용매 설정을 위한 예비실험 결과, 효율이 우수하면서 식품가공용 소재임을 감안하여 에탄올을 추출용매로 선정하였다.

마. 추출시간의 영향

양배추 유용성분의 고효율 추출을 위한 마이크로파 추출시간의 영향을 알아보고자 상기의 예비실험 결과로부터 얻어진 조건(에너지 용량 50 W, 용매비: 생시료 1:10(5 g/50 mL); 건조시료 1:50(1 g/50 mL), particle size: 20 mesh 등)을 바탕으로 4가지 추출용매(물, 에탄올, 디클로로메탄 등)를 사용하여 추출효율을 확인하였다 (Table 11, 12). 생양배추 추출물의 수율은 추출시간이 경과함에 따라 다소 증가하거나 대체로 일정한 수준으로 유지되었다. 대체로 3분 이내에서 추출이 거의 이루어졌으며, 전자공여능, 플라보노이드 함량 및 총페놀 함량도 유사한 결과를 나타내어 추출시간에 대한 의존도가 크지 않는 것으로, 즉 짧은 시간에 추출이 잘 이루어짐을 알 수 있었다. 또한 건조 양배추 시료의 경우에도 수율, 전자공여능 및 플라보노이드 함량이 3분 이내에서 추출이 가능한 것으로 확인되었다. 따라서 마이크로파를 이용한 양배추 유용성분의 고효율 추출과정에서는 단시간의 마이크로웨이브 처리만으로도 추출이 가능할 것으로 기대되었다.

Table 10. Effect of different solvents in microwave-assisted extraction (MAE) on yield, electron donating ability, flavonoid and total phenol of raw and flake cabbage¹⁾

Sample	Solvent	Yield (%, d.b.)	Electron donating ability (%/g, d.b.)	Flavonoid (mg%, d.b.)	Total phenol (mg%, d.b.)
Raw	Water	38.75±17.52	6.74±3.03	4104.68±68.87	288.38±15.52
	50% ethanol	49.43±14.95	14.24±3.55	3530.76±105.20	143.18±15.45
	100% ethanol	57.27±7.71	18.71±2.23	1212.12±300.20	188.20±15.45
	Dichloromethane	-	-	-	36.60±0.42
Flake	Water	36.94±18.80	10.99±2.10	6890.46±48.44	287.10±10.39
	50% ethanol	42.86±3.33	25.15±1.42	505.31±48.44	139.93±5.88
	100% ethanol	33.02±2.74	8.65±0.47	1921.89±83.91	242.05±5.30
	Dichloromethane	-	-	-	25.90±1.97

¹⁾MAE was performed for 3 min on a mixture composed of raw(5 g) and flake(1 g) of sample and 50 mL of solvent.

Table 11. Effect of irradiation time in microwave-assisted extraction (MAE) on yield, electron donating ability, flavonoid and total phenol of extracts from raw cabbage¹⁾

Time (min)	Solvent	Yield (% <i>, d.b.</i>)	Electron donating ability (%/g, <i>d.b.</i>)	Flavonoid (mg%, <i>d.b.</i>)	Total phenol (mg%, <i>d.b.</i>)
1	Water	44.20±13.02	11.29±1.77	2035.81±182.21	298.95±0.87
	50% ethanol	59.09±0.96	19.39±2.29	505.51±182.21	148.88±4.05
	100% ethanol	57.27±1.29	19.47±1.44	2199.27±173.32	263.65±16.37
	Dichloromethane	-	-	-	-
3	Water	38.30±5.62	10.99±2.10	2451.79±182.21	280.88±5.64
	50% ethanol	49.43±14.95	17.50±0.60	505.31±48.44	139.70±4.11
	100% ethanol	49.27±0.96	16.82±4.79	4449.04±248.32	287.69±2.96
	Dichloromethane	-	-	87.24±39.76	-
5	Water	35.23±0.00	13.10±0.99	2107.44±182.21	287.00±11.67
	50% ethanol	57.27±10.93	20.68±1.20	500.46±143.37	151.52±0.48
	100% ethanol	42.84±7.55	19.32±1.64	2222.22±79.52	271.76±0.87
	Dichloromethane	-	-	431.59±210.40	-
7	Water	43.86±0.00	18.18±1.50	2153.35±39.76	154.02±3.78
	50% ethanol	65.23±11.25	14.70±3.18	615.24±79.52	160.13±2.71
	100% ethanol	50.68±7.39	21.67±1.77	3714.42±260.74	130.67±3.02
	Dichloromethane	-	-	982.55±143.37	-

¹⁾MAE was performed for 3 min on a mixture composed of 5 g of sample and 50 mL of solvent.

Table 12. Effect of irradiation time in microwave-assisted extraction (MAE) on yield, electron donating ability, flavonoid and total phenol of extracts from flake cabbage¹⁾

Time (min)	Solvent	Yield (% d.b.)	Electron donating ability (%/g, d.b.)	Flavonoid (mg%, d.b.)	Total phenol (mg%, d.b.)
1	Water	32.39±3.18	18.18±1.50	1583.60±36.62	194.21±13.66
	50% ethanol	57.82±0.07	31.89±0.44	537.03±36.62	277.12±2.52
	100% ethanol	18.89±0.81	3.94±0.58	1520.17±174.67	17.71±1.11
	Dichloromethane	-	-	695.60±48.44	-
3	Water	36.94±18.80	15.70±0.83	1858.46±83.91	221.83±4.90
	50% ethanol	42.86±3.33	30.14±2.93	642.74±36.62	258.18±7.76
	100% ethanol	27.21±2.66	4.81±0.28	1541.32±31.71	21.29±0.97
	Dichloromethane	-	-	864.74±73.24	-
5	Water	26.32±9.69	17.72±1.07	410.17±36.62	200.97±5.07
	50% ethanol	62.74±16.35	26.02±1.33	727.32±36.62	239.36±3.94
	100% ethanol	23.60±0.22	5.62±1.11	1847.89±159.63	45.48±1.35
	Dichloromethane	-	-	970.46±54.93	-
7	Water	55.63±11.32	19.57±0.58	600.46±101.95	201.87±9.24
	50% ethanol	57.77±1.48	22.57±1.05	790.74±18.31	239.75±0.59
	100% ethanol	35.74±0.96	7.12±1.00	1953.60±198.06	32.81±1.60
	Dichloromethane	-	-	1023.32±18.31	-

¹⁾MAE was performed for 3 min on a mixture composed of 1 g of sample and 50 mL of solvent.

4. 양배추 활성성분의 GC/MS 분석조건 확립

가. Sulforaphane의 정량

양배추의 생리적 활성성분으로 알려진 sulforaphane의 분석조건을 수립하고자 SIM mode에 의한 표준품의 mass spectrum은 Fig. 11과 같다. Retention time 10.73분의 peak에서 해당되는 mass spectrum이 확인되었으며, 이는 양배추의 주요 활성성분으로 알려진 sulforaphane의 mass spectrum 결과와 일치하였다. 즉, $\cdot\text{CH}_2\text{-NCS}(72)$, $\cdot\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NCS}(114)$, $\cdot\text{CH}_2\text{-S-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NSC}(160)$ 의 fragment ion이 관찰되었다. 또한 sulforaphane 표준품을 몇 가지 농도로 제조하여 GC/MS에 주입한 후 얻은 면적을 농도에 대하여 검량곡선을 작성하였다. Fig. 12와 같은 직선의 방정식($Y= 6618.25714X - 62235$)을 얻었으며, 상관계수는 $r=0.97808$ 이었다.

나. Allyl isothiocyanate의 정량

아울러 양배추의 독특한 함황성분으로 알려진 allyl isothiocyanate의 분석조건을 수립하고자, 표준품을 LKT Labs, Inc.(St. Paul, MN, USA)에서 구입하여 GC/MS에 주입을 하여 scan mode로 mass spectrum을 얻은 후, main fragment ions(51,72,99)을 선택하고 SIM mode, scan mode에서 선택한 ion들을 적용시킨 후 spectrum을 얻고 이를 활용하여 정량곡선을 작성하였다. SIM mode에 의한 표준품 allyl isothiocyanate의 mass spectrum은 Fig. 13에 나타낸 바와 같이 retention time 5.32분의 peak에 해당되는 mass spectrum이 보고 된 allyl isothiocyanate의 mass spectrum과 일치하였다. 또한 allyl isothiocyanate 표준품을 몇 가지 농도로 제조하여 sulforaphane과 동일한 방법으로 GC/MS에 주입한 후 얻은 면적을 allyl isothiocyanate 농도에 대비하여 정량곡선을 작성하였다. Fig. 14와 같은 직선의 방정식($Y= 2.72082E+06X - 8.09281E+06$)을 얻었으며, 상관계수는 $r=0.99417$ 이었다.

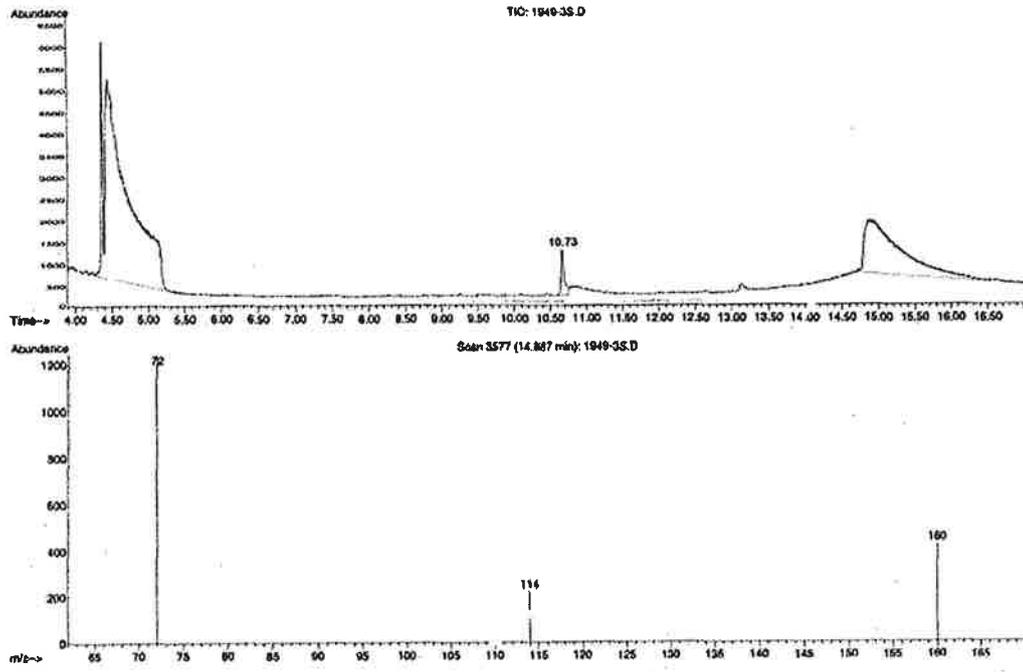


Fig. 11. GC chromatogram (upper) and mass spectrum (lower) of standard sulforaphane.

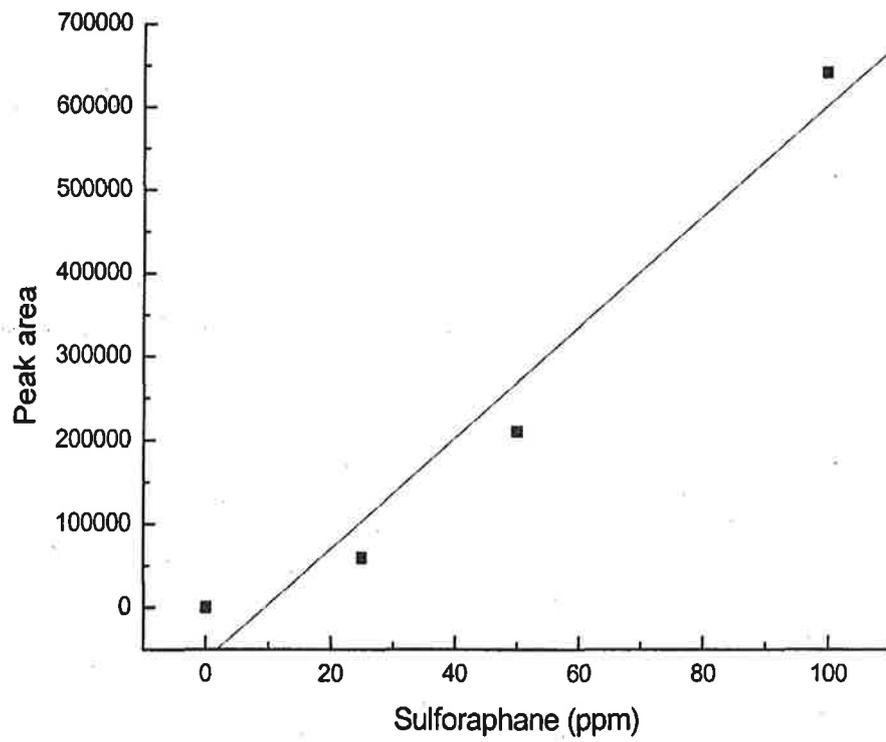


Fig. 12. Calibration curve for quantitative analysis of sulforaphane

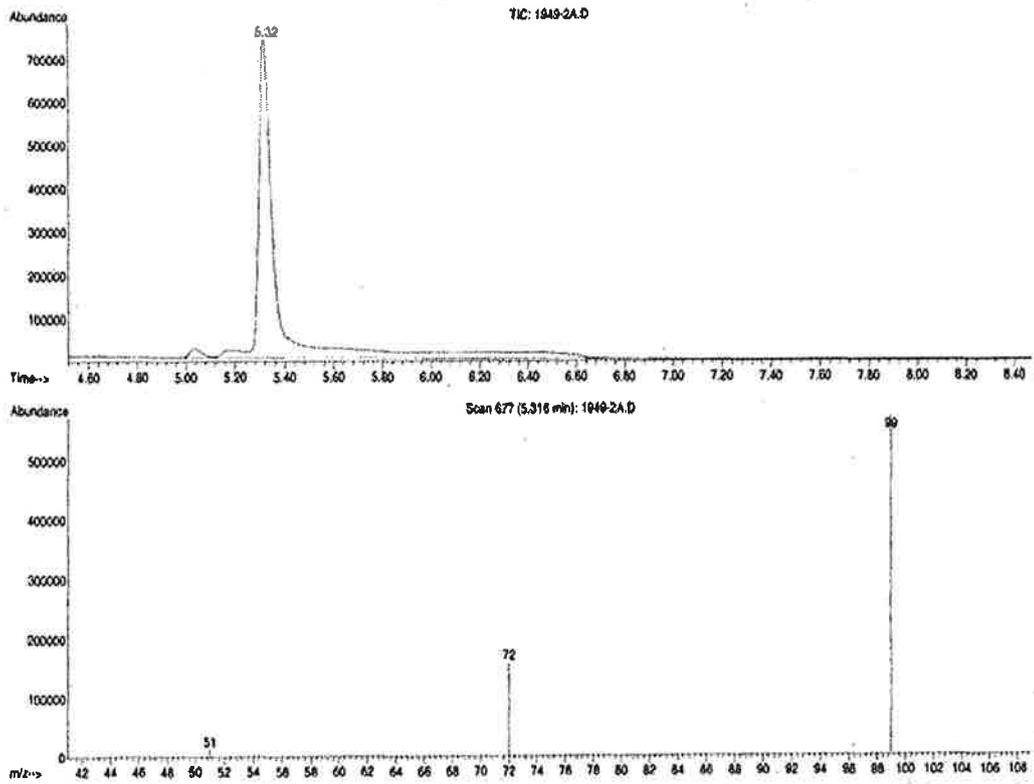


Fig. 13. GC chromatogram (upper) and mass spectrum (lower) of standard allyl isothiocyanate.

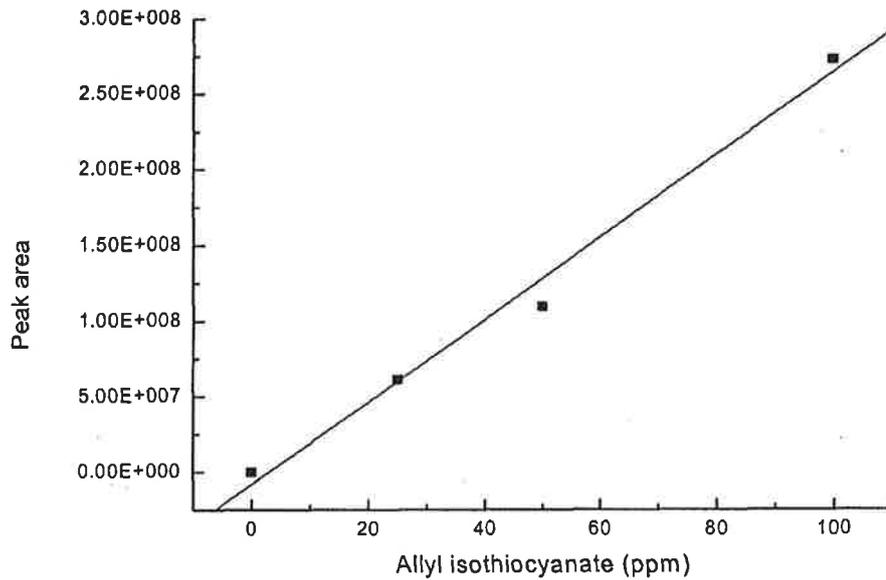


Fig. 14. Calibration curve for quantitative analysis of allyl isothiocyanate

5. 반응표면분석에 의한 추출물의 품질특성 모니터링

예비실험 결과 양배추 유용성분은 마이크로파 추출 효율이 매우 높은 것으로 확인되었으며, 이에 따라 최적 추출조건을 연구하기 위하여 중심합성계획에 의한 16구의 추출조건을 설계하여 생시료와 동일 양배추를 건조한 건조시료에 대하여 3회 독립적 추출시험을 실시하였다. 그리고 각 추출물에 대하여 총 추출수율, 총 페놀 함량, 전자공여능, sulforaphane 및 allyl isothiocyanate 함량을 분석하여 Table 13 및 14에 각각 나타내었다.

추출물의 수율과 추출물에 함유된 유용성분 함량은 추출조건(독립변수, independent variable)에 의해 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며, 생시료와 건조시료에서도 상이한 추출특성을 보여주었다. 특히 건물기준으로 환산하였을 경우에도 생시료(Table 13)에 비해 건조시료(Table 14)에서는 추출수율(51.09% / 55.78%,

d.b.), 총 페놀함량(190.50 mg% / 267.77 mg%, d.b.), 전자공여능(8.51% / 36.28%.g, d.b.), 활성성분으로서 sulforaphane 함량(355.61 ppm / 2805.17 ppm, d.b.) 및 allyl isothiocyanate 함량 (2.37 ppm / 6.66 ppm, d.b.)에서 유의적으로 높은 함량을 보여 주어 유용성분 추출용 시료로서는 건조 flake가 훨씬 유리한 것으로 확인되었다.

양배추 생시료 및 건조시료에 대한 마이크로파 추출물을 분석한 결과를 이용하여 SAS program에 의해 반응표면 회귀분석을 실시하여 최적 추출조건 예측모델을 도출하였다. 각 요인변수(independent variable)에 따른 반응변수(dependent variable) 즉, 추출조건에 따른 추출물의 품질특성으로서 총수율, 총페놀 함량 및 전자공여능, 활성성분으로서 sulforaphane 및 allyl isothiocyanate 함량에 대한 예측 모델식을 도출하여 Table 15 및 16에 나타내었다.

아울러 모델식을 바탕으로 추출물의 품질특성으로서 각 반응변수들에 대한 최적 추출조건(마이크로파 용량, W), 추출용매(%), 추출시간(분)을 각각 예측하여 Table 17과 Table 18에 나타내었으며, 모델 회귀분석에서 얻어진 F-ratio(Table 19, 20)에 의해 각 반응변수들의 추출조건(독립변수)에 대한 유의성을 1% 수준부터 나타내었다. 또한 양배추 추출물의 품질특성(유용성분 별)에 대한 마이크로파 추출조건의 영향을 해석하기 위하여 4차원 반응표면분석에 의해 차례로 도시하면서 양배추 유용성분에 대한 추출조건의 영향을 통계적으로 모니터링 하였으며, 이를 바탕으로 유용성분 별 최적 추출조건의 모델식을 도출하고 실증실험에 필요한 예측조건을 산출하였다.

Table 13. Experimental data on total yield, total phenolics, electron donating ability, sulforaphane and ally isothiocyanate of raw cabbage extracted by MAP under conditions based on central composite design for response surface analysis

Experiment number ¹⁾	Total yield (% , d.b.)	Total phenolics (mg%/g, d.b.)	Electron donating ability(%/g, d.b.)	Sulforaphane (ppm, d.b.)	Ally isothiocyanate (ppm, d.b.)
1	51.09±4.60	190.50±0.64	8.51±0.23	355.61	2.37
2	49.09±4.83	158.23±2.84	10.15±7.55	1071.39	3.45
3	48.23±1.43	369.88	15.75±10.89	511.36	2.50
4	42.91±6.23	352.14	14.16±10.56	1053.56	3.32
5	47.23±2.67	207.01±0.42	11.78±1.51	1123.04	3.69
6	54.34±2.51	208.73±0.64	11.40±1.77	1124.49	3.79
7	45.94±3.74	269.80±0.42	14.31±0.26	1533.59	4.59
8	51.73±6.83	436.03±0.42	17.98±0.47	1197.95	3.67
9	51.66±2.03	294.56±1.05	14.45±0.73	1150.48	3.55
10	52.92±1.18	301.78±0.42	14.75±0.23	1250.48	4.10
11	46.35±3.50	297.37±0.42	11.45±0.23	714.24	2.08
12	49.31±5.94	207.77±0.42	14.87±0.23	921.89	3.20
13	49.86±0.92	141.27±0.64	5.78±0.13	833.03	2.78
14	43.39±2.35	397.96	16.00±1.29	762.94	2.61
15	42.53±3.77	252.40±1.20	14.51±0.69	525.32	2.52
16	52.30±0.90	246.38±0.87	12.49±0.26	1123.56	3.49

¹⁾The number of experimental condition by central composite design.

Table 14. Experimental data on total yield, total phenolics, electron donating ability, sulforaphane and ally isothiocyanate of flake cabbage extracted by MAP under conditions based on central composite design for response surface analysis

Experimet number ¹⁾	Total yield (% , d.b.)	Total Phenolics (mg%/g, d.b.)	Electron donating ability(%/g,d.b.)	Sulforaphane (ppm,d.b)	Ally isothiocyanate (ppm,d.b)
1	55.78±2.21	267.77±0.22	36.28±0.16	2805.17	6.66
2	54.08±1.55	274.56±0.97	35.76±0.42	4278.22	10.11
3	50.64±0.13	213.90±1.17	29.58±0.16	35.12	0.75
4	43.26±3.97	236.16±0.44	25.78±0.37	26.45	0.73
5	52.55±1.32	269.95±1.11	36.53±0.86	696.55	2.28
6	56.70±3.28	273.92±0.80	35.51±0.07	546.85	1.92
7	45.45±5.72	228.49±0.08	27.28±1.28	28.92	0.73
8	48.93±0.87	258.30±0.38	23.27±0.24	45.68	0.78
9	55.98±0.24	258.30±0.38	33.66±0.06	85.47	0.87
10	56.45±0.07	259.71±0.59	31.22±0.42	76.27	0.73
11	50.32±0.70	274.04	40.71±0.52	652.96	2.18
12	54.75±2.86	274.30±0.97	33.21±0.22	22.91	0.72
13	44.28±0.75	92.96±0.97	26.55±0.22	2174.64	5.88
14	17.67±0.85	92.96±0.97	9.38±0.16	87.70	1.29
15	53.17±3.10	310 ± 0.61	41.97±0.10	609.57	2.07
16	57.94±1.38	304.89±0.80	38.20±0.91	248.13	0.78

¹⁾The number of experimental condition by central composite design.

Table 15. The second order polynomials for total yield, total phenolics, electron donating ability, sulforaphane and ally isothiocyanate from raw cabbage extracted by MAP under different conditions of power, ethanol concentration and extraction time

Responses	Second order polynomials	R ²	Pro > F
Total yield (%, d.b.)	$T_y = 42.38625 - 0.088563X_1 + 0.1801X_2 + 4.9875X_3 - 0.000643X_1X_2 + 0.063188X_1X_3 - 0.0232X_2X_3 - 0.000697X_1^2 - 0.002266X_2^2 - 1.21875X_3^2$	0.9310	0.0073
Total phenolics (mg%, d.b.)	$T_p = 222.808125 - 0.583969X_1 + 2.2305X_2 - 19.46125X_3 - 0.0104X_1X_2 + 0.681125X_1X_3 + 0.8952X_2X_3 - 0.007125X_1^2 - 0.011422X_2^2 - 12.195X_3^2$	0.9208	0.0108
Electron donating ability (%, d.b.)	$EDA = 2.2475 + 0.040469X_1 + 0.2595X_2 + 0.59125X_3 - 0.000267X_1X_2 + 0.010125X_1X_3 + 0.0041X_2X_3 - 0.000225X_1^2 - 0.001484X_2^2 - 0.275X_3^2$	0.9293	0.0078
Sulforaphane (ppm, d.b.)	$S = -2549.631875 + 26.078578X_1 + 21.503325X_2 + 1222.286875X_3 + 0.043261X_1X_2 - 4.975531X_1X_3 - 2.55335X_2X_3 - 0.059759X_1^2 - 0.160998X_2^2 - 94.010000X_3^2$	0.8422	0.0681
Ally isothiocyanate (ppm, d.b.)	$AI = -0.468125 + 0.060156X_1 + 0.0577X_2 + 2.41875X_3 + 0.0000975X_1X_2 - 0.0085X_1X_3 - 0.0064X_2X_3 - 0.000185X_1^2 - 0.000452X_2^2 - 0.205000X_3^2$	0.8417	0.0687

Table 16. The second order polynomials for total yield, total phenolics, electron donating ability, sulforaphane and ally isothiocyanate of flake cabbage extracted by MAP under different conditions of power, ethanol concentration and extraction time

Responses		Second order polynomials	R ²	Pro > F
Total yield (%, d.b.)	T _y =	43.075 - 0.057828X ₁ + 0.883825X ₂ - 1.094375X ₃ + 0.000136X ₁ X ₂ + 0.052219X ₁ X ₃ - 0.03175X ₂ X ₃ - 0.000575X ₁ ² - 0.010096X ₂ ² - 0.165X ₃ ²	0.9543	0.0023
Total phenolics (mg%, d.b.)	T _p =	282.938750 - 0.582797X ₁ + 5.296875X ₂ - 80.881875X ₃ + 0.002370X ₁ X ₂ + 0.004399X ₁ X ₃ - 0.066418X ₂ X ₃ + 0.014781X ₁ ² + 0.206550X ₂ ² + 12.110000X ₃ ²	0.9446	0.0039
Electron donating ability (%, d.b.)	EDA =	46.446250 - 0.107234X ₁ + 0.539875X ₂ - 10.778125X ₃ + 0.000706X ₁ X ₂ - 0.000601X ₁ X ₃ - 0.005790X ₂ X ₃ - 0.002219X ₁ ² - 0.031350X ₂ ² + 1.911250X ₃ ²	0.9875	0.0001
Sulforaphane (ppm, d.b.)	S =	5512.186875 - 39.10656X ₁ - 111.724550X ₂ +244.210000X ₃ + 0.040166X ₁ X ₂ + 0.731628X ₁ X ₃ + 0.420120X ₂ X ₃ - 4.991625X ₁ ² - 6.576300X ₂ ² + 86.995000X ₃ ²	0.8175	0.0980
Ally isothiocyanate (ppm, d.b.)	AI =	12.657500 - 0.084094X ₁ - 0.259400X ₂ + 0.796250X ₃ + 0.000102X ₁ X ₂ + 0.001575X ₁ X ₃ + 0.001114X ₂ X ₃ - 0.011688X ₁ ² - 0.015300X ₂ ² + 0.156250X ₃ ²	0.8217	0.0926

Table 17. Predicted level of extraction condition for the maximum responses of total yield, total phenolics, electron donating ability, sulforaphane and ally isothiocyanate from raw cabbage by the ridge analysis

Responses	R ²	Pro>F	X ₁ (Power/W)	X ₂ (EtOH%)	X ₃ (time/min)	Max.	Mor- phology
Total yield (%, d.b)	0.9310	0.0073	132.0906	39.5499	4.4592	56.5971	saddle point
Total phenolics (mg%, d.b)	0.9208	0.0108	75.3303	96.2405	3.7519	442.9253	saddle point
Electron donating ability(%, d.b)	0.9293	0.0078	129.2191	80.6907	3.9894	16.7289	maxium
Sulforaphane (ppm, d.b.)	0.8422	0.0681	144.1753	66.6443	2.0087	1394.8855	saddle point
Ally isothcyanate (ppm, d.b.)	0.8417	0.0687	120.6956	59.1892	2.4806	4.1774	maxium

Table 18. Predicted level of extraction condition for the maximum responses of total yield, total phenolics, electron donating ability, sulforaphane and ally isothiocyanate flake cabbage extracted by the ridge analysis

Responses	R ²	Pro>F	X ₁ (Power/W)	X ₂ (EtOH%)	X ₃ (time/min)	Max.	Mor- phology
Total yield (%, d.b.)	0.9543	0.0023	124.1457	38.8183	4.6068	62.4295	saddle point
Total phenolics (mg%,d.b.)	0.9446	0.0039	70.5750	46.7185	2.8980	324.1341	saddle point
Electron donating ability(%, d.b.)	0.9875	0.0001	94.9807	33.1705	3.1468	42.4819	saddle point
Sulforaphane (ppm, d.b.)	0.8175	0.0980	110.4112	71.9066	4.4819	4404.7485	saddle point
Ally isothiocyanate (ppm, d.b.)	0.8217	0.0926	104.0997	78.4539	5.1864	10.5397	saddle point

Table 19. Regression analysis for regression model of physiochemical properties depending on MAE condition for raw cabbage

Dependent variables	F - Ratio		
	Microwave power (W)	EtOH conc. (%)	Extraction time (min)
Total yield	9.22***	8.54**	12.50***
Total phenolics	1.69	15.76***	2.23
Electron donating ability	2.35	17.63***	0.39
Sulforaphane	5.39**	1.44	4.96**
Ally isothiocyanate	6.44**	2.06	3.11

*Significant at 10% level; **Significant at 5% level; ***Significant at 1% level.

Table 20. Regression analysis for regression model of physiochemical properties depending on MAE condition for flake cabbage

Dependent variables	F - Ratio		
	Microwave power (W)	EtOH conc. (%)	Extraction time (min)
Total yield	1.23	25.06 ^{***}	1.03
Total phenolics	0.22 [*]	13.13 ^{***}	1.22 [*]
Electron donating ability	5.94 ^{**}	67.65 ^{***}	10.07 ^{***}
Sulforaphane	2.80 [*]	5.43 ^{**}	0.24 [*]
Ally isothiocyanate	2.76 [*]	5.58 ^{**}	0.25 [*]

*Significant at 10% level; **Significant at 5% level; ***Significant at 1% level.

가. 양배추 추출물의 총수율 변화

중심합성계획에 의한 16구간의 추출조건에서 얻어진 추출물의 품질특성 중 총 추출수율 및 이들 결과에 대한 최적 추출조건 예측 모델식을 Table 13(생체시료)과 Table 14(건조시료)에 나타내었다. 생체시료 추출물의 회귀식의 R^2 는 0.9310이고 1% 이내의 유의 수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안정점이므로 능선분석을 실시하여 본 결과, 추출수율의 최대 값은 56.60%로 예측되었으며, 이 때의 최적 추출조건은 Table 17과 같이 마이크로파 에너지 용량 132.09 W, 에탄올 농도 39.55%, 추출시간 4.46 min이었다. 추출조건별 추출수율의 변화에 대한 4차원 반응표면을 보면, 주로 에너지 용량이 130 W 범위로 높고 에탄올 농도 40% 이하, 추출시간 4분 이상일 때 증가하였다 (Fig. 15). 즉, 생체시료로부터 추출수율에 대한 추출조건의 영향은 Table 19와 같이 추출온도에 대한 영향이 가장 크게 나타났으며 ($p < 0.05$), 에너지 용량과 에탄올 농도에 대한 영향은 상대적으로 낮게 나타났다.

건조시료 추출물의 R^2 는 0.9543이고 % 이내에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안정점이므로 능선분석을 실시하여 본 결과, 추출수율의 최대값은 63.91%로 예측되었으며, 이때의 최적 추출조건은 Table 18과 같이 에너지 용량 124.15 W, 에탄올 농도 38.82 %, 추출시간 4.61 min이었다. 추출조건별 고형분 함량 변화에 대한 4차원 반응표면을 보면 주로 에너지 용량이 130 W 범위로 높고 에탄올 농도 40% 이하, 추출시간 4분 이상일 때 추출수율이 증가하였으며, 이는 생체 시료와 유사한 경향을 보였다(Fig. 15). 즉, 총 추출수율에 대한 추출조건의 영향은 Table 20과 같이 에탄올 농도에 대한 영향이 가장 높게 나타나 1% 이내에서 유의성이 인정되었고 다음은 에너지 용량과 추출시간의 순이었다.

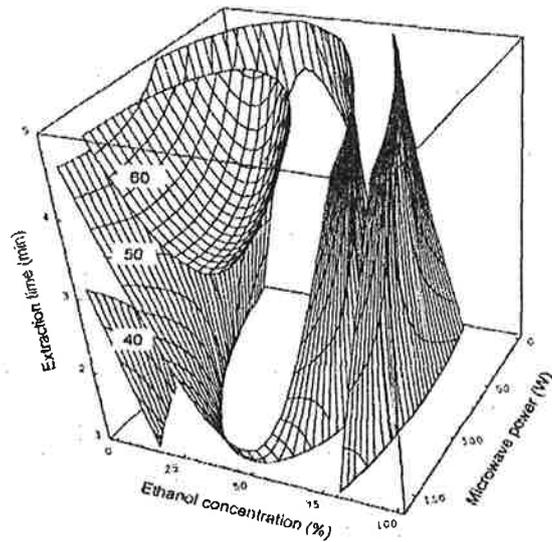
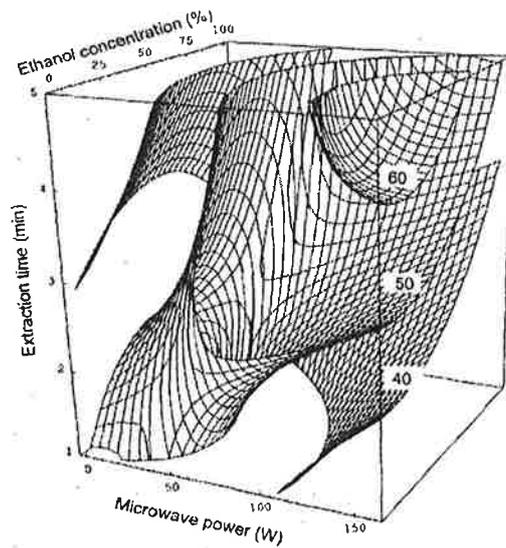


Fig. 15. Four-dimensional response surface for total yield of raw cabbage extracts at 40, 50 and 60% and flake cabbage extracts at 40, 50 and 60% as functions of microwave power, ethanol concentration and extraction time in microwave-assisted process (Top, raw cabbage; bottom, flake cabbage).

나. 총 페놀함량의 변화

중심합성계획에 의한 양배추 추출성분의 추출 조건 별 총 페놀성 화합물 함량 및 그 결과에 대한 최적 추출조건 예측 모델식을 Table 13(생체시료)과 Table 14(건조시료)에 나타내었다. 생체시료 추출물의 회귀식의 R^2 는 0.9208이고 5% 이내의 수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안정점이므로 능선분석을 실시하여 본 결과, 총 페놀화합물 함량의 최대값은 449.92 mg%로 예측되었으며, 이때의 최적 추출조건은 Table 17과 같이 에너지 용량은 75.33 W, 에탄올 농도는 96.24%, 추출시간 3.75 min이었다.

추출조건별 총 페놀화합물 함량 변화에 대한 4차원 반응표면을 보면, 에탄올 농도가 높을수록, 추출시간 4분 이내 및 에너지 용량 70 W 범위의 조건에서 높은 값을 보였다 (Fig. 16). 즉, 총 페놀성 화합물 함량에 대한 추출조건의 영향은 Table 19와 같이 에탄올 농도에 대한 영향이 가장 크게 나타났으며($p < 0.01$), 에너지 용량과 추출시간에 대한 영향은 상대적으로 낮게 나타났다.

건조시료 추출물에 대한 R^2 는 0.9446이고 1%이내의 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안정점이므로, 능선분석을 실시하여 본 결과, 총 페놀 화합물 함량의 최대값은 324.13 mg%로 예측되었으며, 이때의 최적 추출조건은 Table 18과 같이 에너지 용량은 87.99 W, 에탄올 농도는 50.42 %, 추출시간은 4.99 min이었다. 추출조건 별 총 페놀 함량 변화에 대한 4차원 반응 표면을 보면, 에탄올 농도 50% 범위에서 에너지 용량 90 W 이하, 추출시간이 긴 조건에서 비교적 높은 함량을 나타내었다(Fig. 16). 즉, 총 페놀성 화합물 함량에 대한 추출조건의 영향은 Table 20과 같이 에탄올 농도의 대한 영향이 가장 크게 나타났으며($p < 0.01$), 그 다음이 추출시간, 에너지 용량의 순이었다.

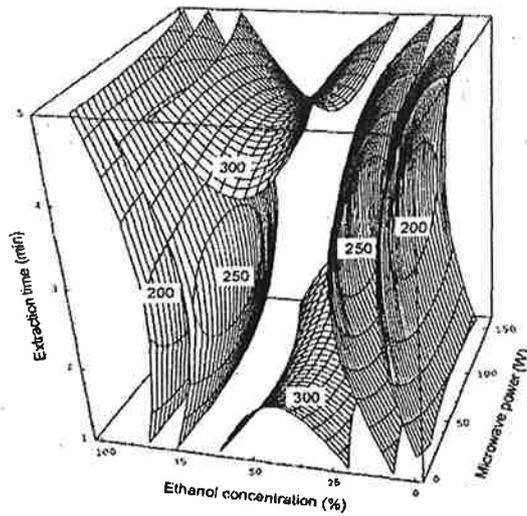
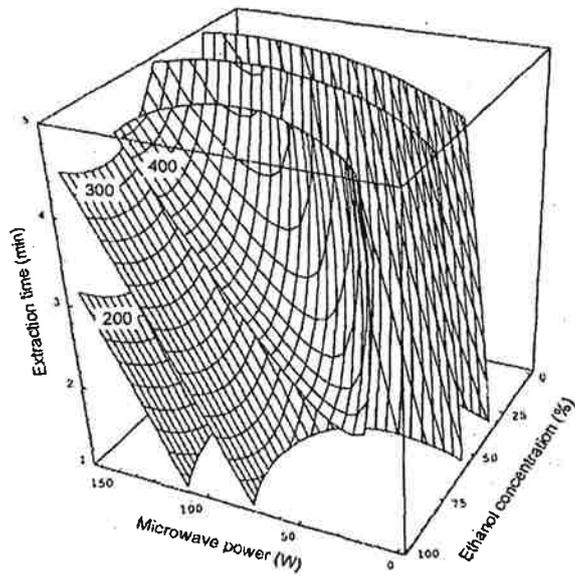


Fig. 16. Four-dimensional response surface for total phenolics of raw cabbage extracts at 200, 300 and 400 mg% and flake cabbage extracts at 200, 250 and 300 mg% as functions of microwave power, ethanol concentration and extraction time in microwave-assisted process. (Top, raw cabbage; bottom, flake cabbage).

다. 전자공여능의 변화

중심합성계획에 의해 설계된 16구간의 추출조건에서 얻어진 양배추 추출물의 전자공여능에 대한 결과 및 최적 추출조건 예측 모델식을 Table 13(생체시료)과 Table 14(건조시료)에 나타내었다.

생체시료 추출물의 회귀식의 R^2 는 0.9293으로 1% 이내에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점이 안정점이므로 능선분석을 실시하여 본 결과, 전자공여능의 최대 값은 16.73%로 예측되었으며, 이때의 최적 추출조건은 Table 17과 같이 에너지 용량은 129.22 W, 에탄올 농도는 80.69 %, 추출시간은 3.99 min이었다. 추출조건 별 전자공여능 변화에 대한 4차원 반응 표면을 보면, 에너지 용량 80 W 범위, 추출시간 4분 이하의 범위에서 높은 값을 보였다(Fig. 17). 즉, 전자공여능에 대한 추출조건의 영향은 Table 19과 같이 에탄올 농도에 대한 영향이 가장 크게 나타났다($p < 0.01$).

건조시료 추출물의 R^2 는 0.9875이고 1% 이내에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안정점이므로 능선분석을 실시하여 본 결과, 전자공여능의 최대값은 42.48%로 예측되었으며, 이때의 최적 추출조건은 Table 18과 같이 에너지 용량 61.45 W, 에탄올 농도 44.04%, 추출시간 1.07 min이었다. 추출조건 별 변화에 대한 4차원 반응 표면을 보면, 에탄올 농도 44% 범위에서 생체시료와 유사한 경향을 보였다(Fig. 17). 즉, 전자공여능에 대한 추출조건의 영향은 Table 20과 같이 에탄올 농도 ($p < 0.01$)와 추출시간($p < 0.01$)에 대한 영향이 가장 크게 나타났으며, 에너지 용량은 5% 이내에서 유의성이 인정되었다.

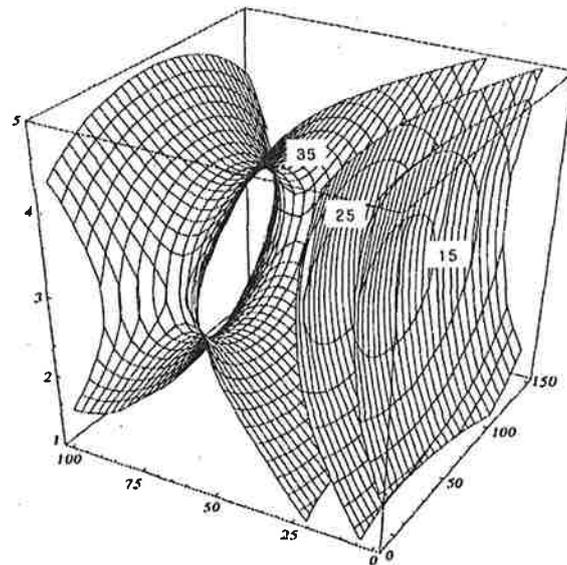
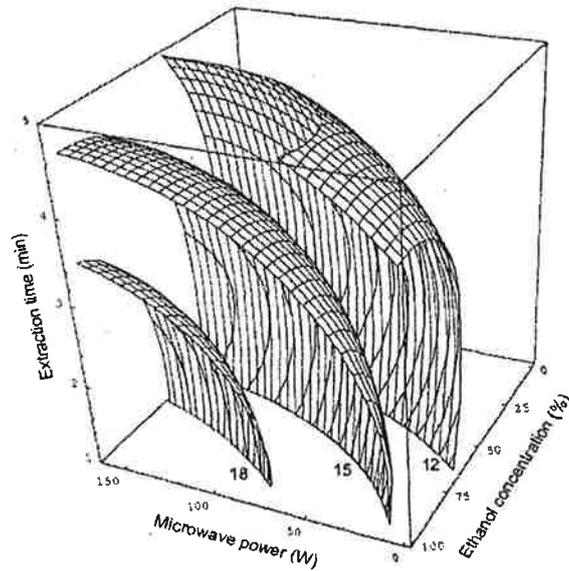


Fig. 17. Four-dimensional response surface for electron donating ability of raw cabbage extracts at 12, 15 and 18% and flake cabbage extracts at 15, 25 and 35% as functions of microwave power, ethanol concentration and extraction time in microwave-assisted process (Top, raw cabbage; bottom, flake cabbage).

라. Sulforaphane의 함량 변화

중심합성계획에 의한 16구간의 추출조건 별 추출물의 sulforaphane 함량 및 그 결과에 대한 최적 추출조건 예측 모델식은 Table 13(생체시료)과 Table 14(건조시료)에 나타내었다.

생체시료 추출물의 회귀식의 R^2 는 0.8422이고, 10% 이내의 유의 수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안정점이었으므로 능선분석을 실시하여 본 결과, sulforaphane 함량의 최대 값은 1394.89 ppm으로 예측되었으며, 이때의 최적 추출조건은 Table 17과 같이 에너지 용량 144.18 W, 에탄올 농도 66.64 %, 추출시간 2.01 min이었다.

추출조건 별 sulforaphane 함량 변화에 대한 4차원 반응 표면을 보면, 에탄올 농도 60% 이상, 에너지 용량이 높고 추출시간이 비교적 짧은 조건에서 추출량이 증가하였다(Fig. 18). 즉, sulforaphane 함량에 대한 추출조건의 영향은 Table 19와 같이 에너지 용량과 추출시간에 대해 영향이 크게 나타났으며($p < 0.05$), 에탄올 농도는 상대적으로 영향이 낮았다.

건조시료 추출물의 R^2 는 0.8175이고 10% 이내에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안정점이므로 능선분석을 실시하여 본 결과, sulforaphane 함량의 최대 값은 4404.75 ppm으로 예측되었으며, 이때의 최적 추출조건은 Table 18과 같이 에너지 용량은 33.78 W, 에탄올 농도는 10.29%, 추출시간은 3.78 min이었다. 추출조건별 함량 변화에 대한 4차원 반응 표면을 보면 에너지 용량이 30 W 범위, 에탄올 농도 10% 범위에서 가장 높은 추출량을 보였으며, 추출시간(3분 내외) 이외의 조건에서는 추출조건의 영향이 유의적이지 않았다(Fig. 18). 그리고 sulforaphane 함량에 대한 추출조건의 영향은 Table 20의 F-ratio에서 볼 때 에탄올 농도에 대한 영향이 가장 크게 나타났으며($p < 0.05$), 에너지 용량과 추출시간에는 상대적으로 유의성이 낮았다.

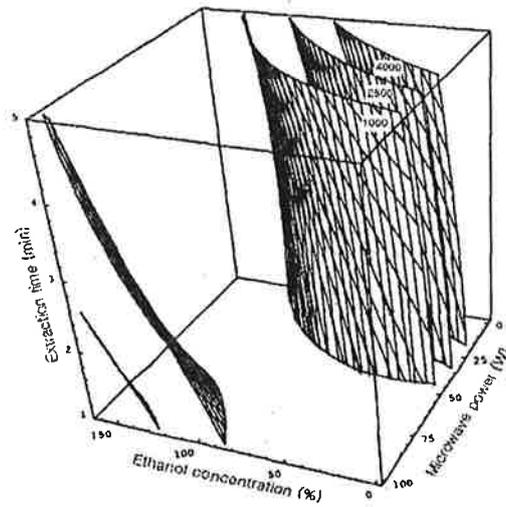
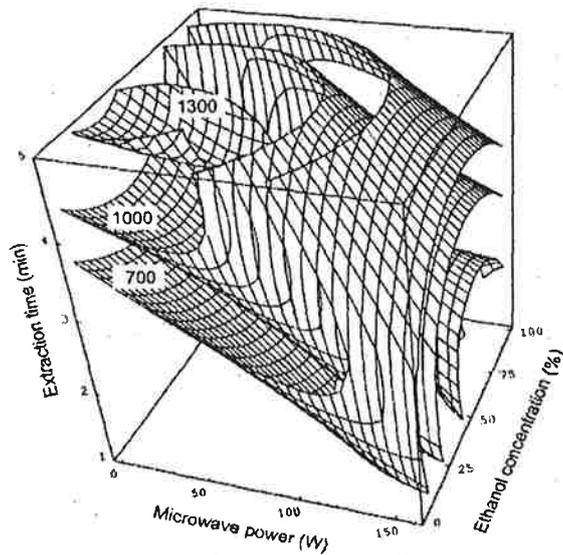


Fig. 18. Four-dimensional response surface for sulforaphane of raw cabbage extracts at 700, 1,000 and 1,300 ppm and flake cabbage extracts at 1,000, 2,500 and 4000 ppm as functions of microwave power, ethanol concentration and extraction time in microwave-assisted process (Top, raw cabbage; bottom, flake cabbage).

마. Ally isothiocyanate 함량 변화

중심합성계획에 의한 양배추 추출성분의 조건별 ally isothiocyanate 함량 및 그 결과에 대한 최적 추출조건 예측 모델식은 Table 13(생체시료)과 Table 14(건조시료)과 같다.

생체시료 추출물의 회귀식의 R^2 는 0.8417이고, 10% 이내의 유의 수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안정점이므로 능선분석을 실시하여 본 결과, ally isothiocyanate 함량의 최대 값은 4.18 ppm으로 예측되었으며, 이때의 최적 추출조건은 Table 17과 같이 에너지 용량은 120.70 W, 에탄올 농도는 59.19%, 추출시간은 2.48 min이었다. 추출조건별 ally isothiocyanate 함량 변화에 대한 4차원 반응 표면을 보면, 50% 범위의 에탄올 농도와 100 W 수준의 에너지 용량에서 3분 이내에 최대 함량을 보였다(Fig. 19). 즉, ally isothiocyanate 함량에 대한 추출조건의 영향은 Table 19와 같이 에너지 용량에 대한 영향이 가장 크게 나타났으며($p < 0.05$), 에탄올 농도와 추출시간은 10% 수준에서 유의성이 나타났다.

건조시료 추출물의 R^2 는 0.8217이었고 10% 이내의 수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안정점이므로 능선분석을 실시하였다. 즉, ally isothiocyanate 함량의 최대값은 10.54 ppm으로 예측되었으며, 이때의 최적 추출조건은 Table 18과 같이 에너지 용량은 35.23 W, 에탄올 농도는 9.53 %, 추출시간은 3.36 min이었다. 추출조건별 함량 변화에 대한 4차원 반응 표면을 보면 건조시료에서는 10% 수준의 용매 농도와 40% 이하의 에너지 용량으로 3분 이상 추출하는 것이 보다 효과적인 것으로 나타났다(Fig. 19). 즉, ally isothiocyanate 함량에 대한 추출조건의 영향은 Table 20과 같이 에탄올 농도에 대한 영향이 가장 크게 나타났으며($p < 0.05$), 에너지 용량과 추출시간의 영향은 상대적으로 낮은 것으로 해석되었다.

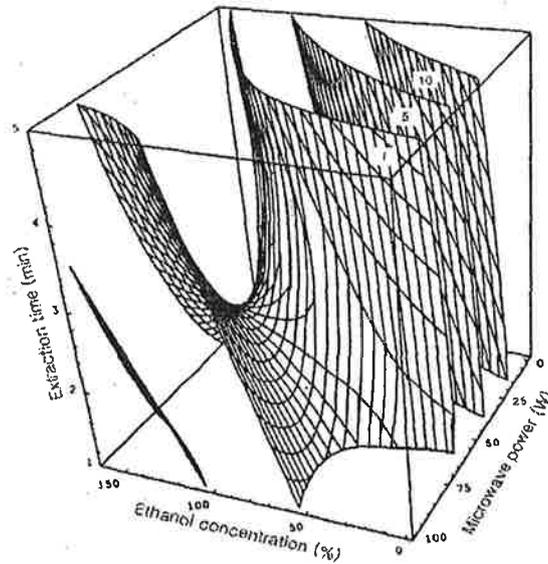
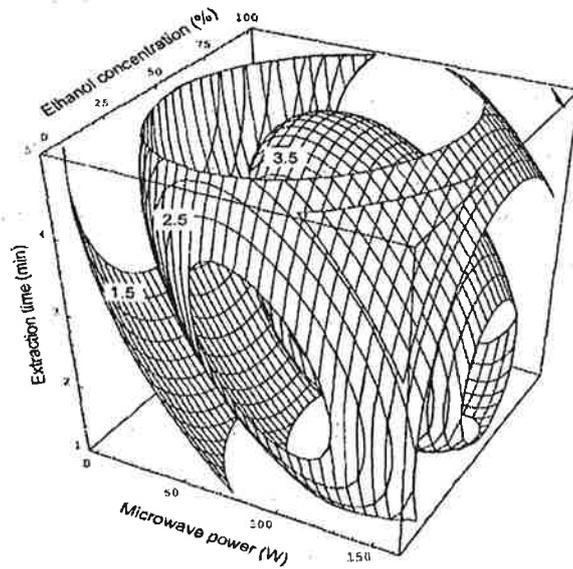


Fig. 19. Four-dimensional response surface for ally isothiocyanate of raw cabbage extracts at 1.5, 2.5 and 3.5 ppm and flake cabbage extracts at 1, 5 and 10 ppm as functions of microwave power, ethanol concentration and extraction time in microwave-assisted process (Top, raw cabbage; bottom, flake cabbage).

6. 양배추 유용성분의 최적 추출조건 예측 및 실증

양배추 유용성분의 고부가가치 활용을 위하여 효과적인 추출방법의 연구와 마이크로파 추출법의 최적화를 시도하였다. 이를 위하여 추출조건(독립변수, independent variable)에 따른 추출물의 품질특성(종속변수, dependent variable) 즉, 총 수율, 총 페놀 함량, 전자공여능, 대표적 활성성분인 sulforaphane 함량 및 allyl isothiocyanate 함량을 분석하여 회귀분석 함으로써 최적 추출을 위한 예측 모델식을 얻을 수 있었다. 또한 유용성분 특히 활성성분을 다량 함유한 추출물을 얻기 위하여 추출조건의 최적화를 시도하였다. 즉, 추출물의 대표적인 품질특성으로서 총 추출수율과 sulforaphane 함량의 4차원 반응표면 등고선을 superimposing하여 추출수율이 높으면서 활성성분을 다량 함유한 최적 추출조건 범위를 예측할 수 있었다. 즉, 생체시료는 Fig. 20과 같이 총 추출수율과 sulforaphane 함량의 반응표면이 중복된 부분의 범위는 Table 21에서와 같이 에탄올 농도 40~60%, 에너지 용량 80~120 W, 추출시간 3~4분일 때로 나타났다. 그리고 이 최적조건 범위에서 각 추출조건(독립변수)의 중심점을 임의로 선택하여 총 추출수율과 sulforaphane 함량의 회귀식에 대입하여 본 결과, 총 추출수율은 16.27%, sulforaphane 함량은 1,221.35 ppm으로 예측되었다.

건조시료 역시 Fig. 20에서와 같이 반응표면 등고선이 중복된 부분의 범위는 에탄올 농도 15~25%, 에너지 용량 20~40 W, 추출시간 4~5분일 때로 나타났다 (Table 23). 이 때의 최고 예측 값은 총 추출수율의 경우 53.24%, sulforaphane 함량의 경우는 4,400.20 ppm으로 각각 나타났다. 예측치와 동일 조건에서 실제 실험하여 얻은 실험하여 총 추출수율 및 sulforaphane을 확인해 본 결과 RSM 기법에 의해 예측된 값과 유사한 경향으로 나타나 도출된 회귀식의 신뢰성을 검증할 수 있었다 (Table 22, 24). 이상의 결과에서 양배추의 유용성분 추출에서 마이크로파 에너지의 이용은 매우 효과적이었으며, 원료의 특성에 따라 추출조건이 상이하였고 주요 생리 활성 성분들은 4분 범위에서 추출이 가능하였다. 특히 생체시료와 건조시료의 추출 특성이 상이함 즉, 생체시료에 비해 건조시료에서 생리적 활성성분을 포함한 유용성분의 함량이 높게 추출되었으므로 대량 생산된 양배추의 고부가 가공을 위해서는 건조시료로의 제조와 대량 추출 방안이 필요할 것으로 사료된다.

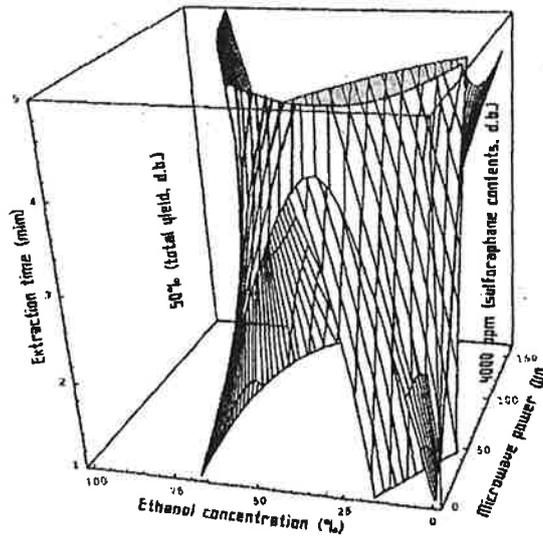
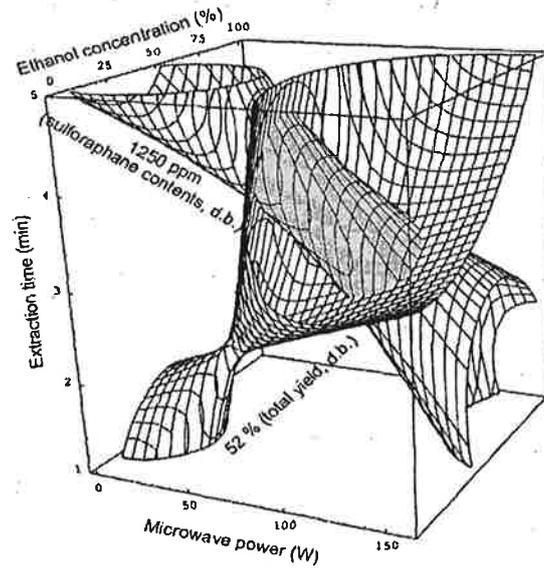


Fig. 20. Superimposed response surfaces of optimized conditions for total yield and sulforaphane content of ethanol extracts from raw cabbage and flake cabbage by microwave-assisted extraction (Top, raw cabbage; bottom, flake cabbage).

Table 21. Optimum extraction condition range of response variables by superimposing the response surfaces for total yield and sulforaphane content from raw cabbage

Extraction condition	Range of optimum conditions	Optimum condition
Microwave power (W)	80~120	100
Ethanol conc. (%)	40~60	50
Extraction time (min)	3~4	3.5

Table 22 . Given extraction condition in the range of optimum conditions

Response variables	Predicted value	Experimental value
Total extract yield (%)	16.27	22.71
Sulforaphane (ppm)	1,221.35	1,377.20

Table 23. Optimum extraction condition range of response variables by superimposing the response surfaces for total yield and sulforaphane from flake cabbage

Extraction condition	Range of optimum conditions	Optimum condition
Microwave power (W)	20~40	30
Ethanol conc. (%)	15~25	20
Extraction time (min)	4~5	4.7

Table 24. Predicted values of response variables at the range of optimum condition

Response variable	Predicted value	Experimental value
Total extract yield (%)	53.24	56.84
Sulforaphane (ppm)	4,400.20	4,225.51

7. 추출물의 저장안정성

양배추 시료를 생시료와 건조시료로 구분하여 최적 조건에서 추출된 추출물에 함유된 유용성분(활성성분 포함)에 대한 저장안정성 시험을 실시하였다. 즉, 본 실험은 양배추 유용성분이 함유된 추출물을 가공제품에 적용하기 위하여 최적 조건으로 추출한 생시료 및 건조시료 추출물(에탄올)과 대조구로써 물 추출물을 각각 90℃에서 15분간 열처리(음료제품의 살균처리 조건)한 다음, 유통 조건을 고려하여 20℃와 40℃에 각각 저장하면서 2주 간격으로 8주 동안 추출물의 품질안정성을 상기 측정 항목으로 분석 비교함으로써 안정성을 평가하였다.

추출물의 가용성 고형분에 대한 열처리 전후의 함량 변화를 Fig. 21에 나타내었다. 건조시료에서는 다소 높은 함량을 나타내었으며, 시료에 관계없이 열처리 후 약간 감소하는 경향이였다. 총 페놀 함량(Fig. 22)에 대한 영향을 보면 건조시료의 에탄올 추출물이 가장 안정하였으며, 물 추출물의 경우 저장 8주 후에 그 함량이 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 전자공여능(Fig. 23)의 경우 두 시료(생시료, 건조시료) 간에 큰 차이가 없이 열처리에 따라 유의적으로 감소하였고, 에탄올 추출물에 비해 물 추출물은 상대적으로 낮은 값을 보였으나 열처리에 따른 영향은 크지 않았다. 양배추 추출물의 유용성분 중 sulforaphane (Fig. 24) 및 ally isothiocyanate(Fig. 25)의 함량은 열처리 전 함량에 비하여 열처리 후 그 함량이 약 50% 정도 감소한 것을 알 수 있었으며, 저장 8주 동안에는 점차 감소하는 경향을 보였다. 이는 이들 활성성분을 생성하는 효소의 작용과 깊은 관련이 있을 것으로 판단되며, 특히 isocyanates의 경우에는 열처리로 인한 myrosinase의 불활성화가 주 원인으로 생각된다. 따라서 이들 성분에 대한 열처리 감수성 연구는 다른 각도에서 보다 구체적으로 수행될 필요가 있다고 사료되었다.

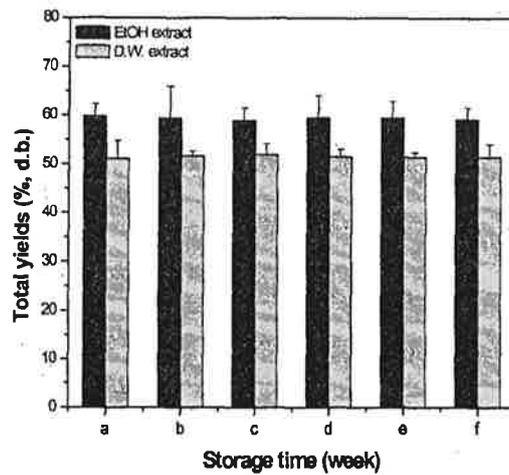
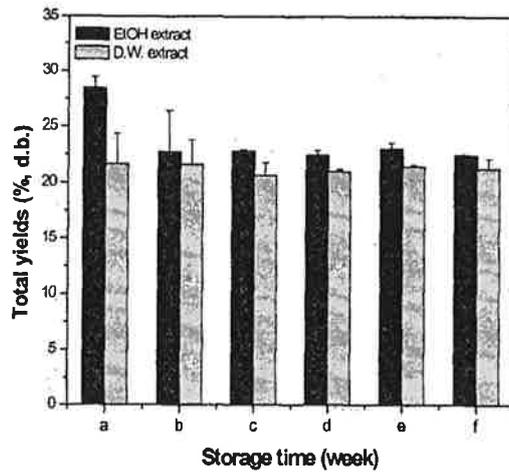


Fig. 21. Total extract yield (total solid) before and after heat treatment (90°C, 15 min) on the cabbage extract under the optimum condition (a, before treatment; b~d, 0~8 weeks at an intervals of 2 weeks).

EtOH extract : ethanol (50%) extract.

D.W. extract : water extract.

Top : raw sample (microwave power, 100 W; EtOH, 50%; extraction time, 3.5 min)

Bottom : flake sample (microwave power, 30 W; EtOH, 20%; extraction time, 4.7 min)

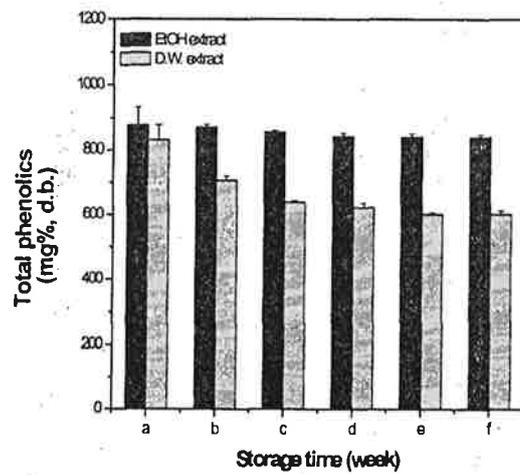
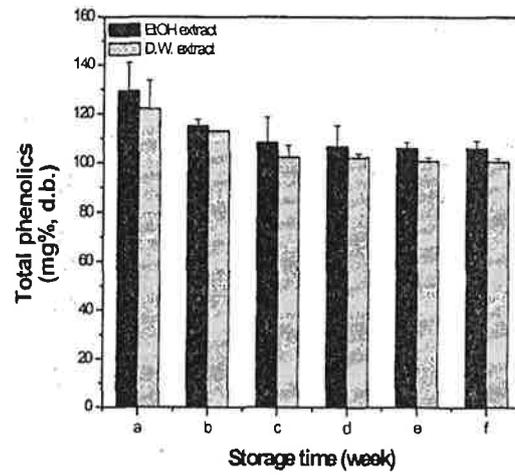


Fig. 22. Total phenol content before and after heat treatment (90°C, 15 min) on the cabbage extract under the optimum condition (refer to Fig. 21).

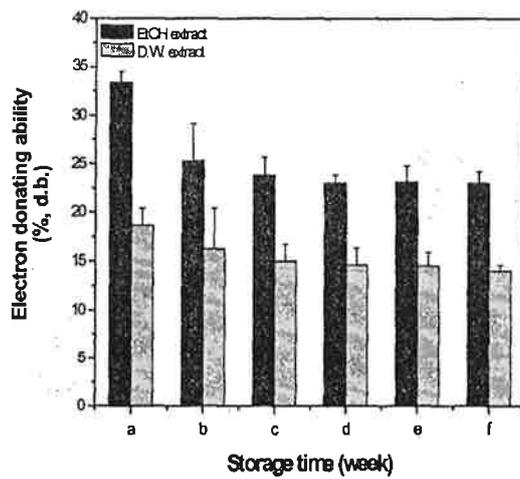
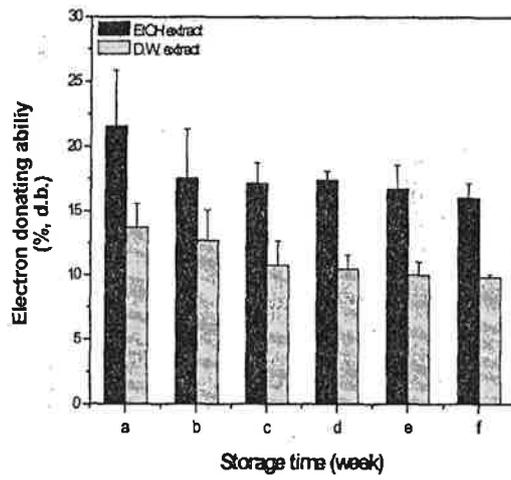


Fig. 23. Electron donating ability before and after heat treatment (90°C, 15 min) on the cabbage extract under the optimum condition (refer to Fig. 21).

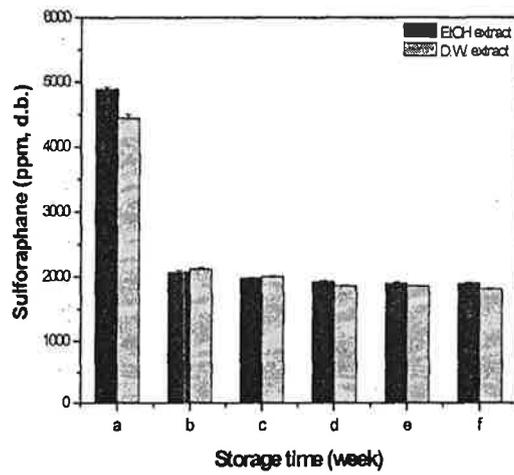
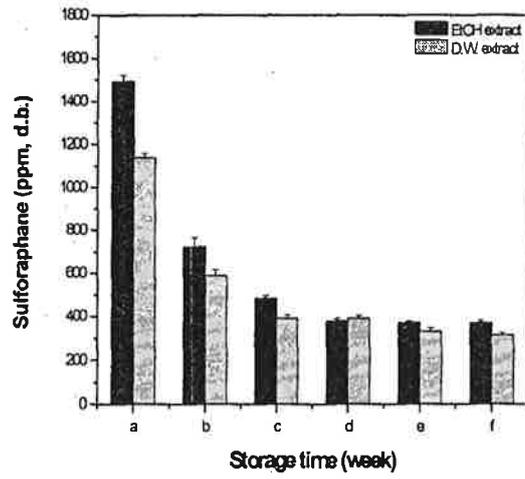


Fig. 24. Sulforaphane content before and after heat treatment (90°C, 15 min) on the cabbage extract under the optimum condition (refer to Fig. 21).

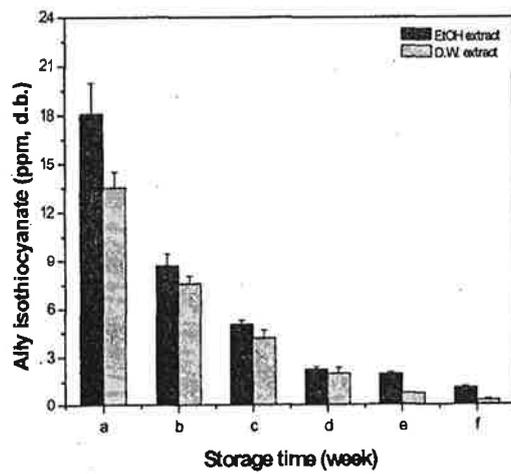
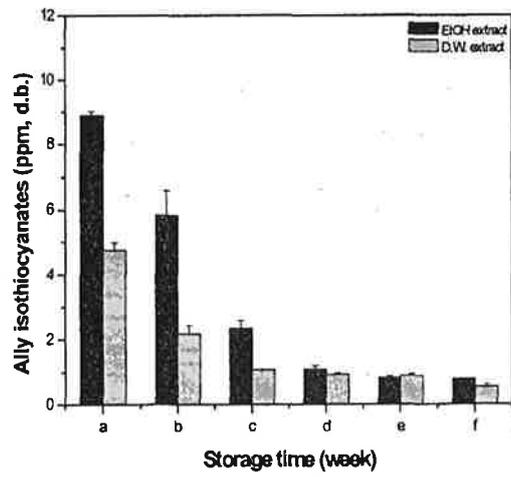


Fig. 25. Allyl isothiocyanate content before and after heat treatment (90 °C, 15 min) on the cabbage extract under the optimum condition (refer to Fig. 21).

8. 양배추 추출물 소재를 이용한 가공적성 평가

가. 양배추 음료 제조

1) 양배추 음료 제조조건 설정

생양배추 및 건양배추를 최적 추출조건으로 MAE 방법에 의하여 추출하고 여러 부재료와 함께 주스 제조를 위한 배합비를 제시하였다. 예비실험 결과 건양배추의 경우 부유물이 많아 음료의 제조에 적합하지 않은 것으로 판단되었고, 생양배추를 사용하여 제조하였으나 쓴맛이 강하여 양배추 추출물의 향 및 맛을 선호하지 않았다. 따라서 양배추의 거부감을 주는 쓴맛과 향을 감소시키고 기존의 양배추에 대한 이미지를 향상시키고자 가벼운 음료의 형태로 제조하였다. 부재료는 액상과당, 비타민 C, 구연산, 향신료, 색소, 소금을 사용하였다. 소금 및 구연산을 제외한 기타 부재료들은 그 배합비를 조절하면서 적정 배합조건을 설정하였다.

① 양배추 음료 제조를 위한 1차 배합비

부재료인 액상과당, 비타민 C, 구연산, 향신료, 색소, 소금의 농도를 일정량으로 유지시키고 양배추 추출물의 함량을 5~10%로 달리하면서 예비실험을 실시하였다. Table 25는 양배추 음료 제조를 위한 1차 배합비의 조성을 나타낸 것이다. 양배추 추출물을 20% 이상 첨가하였을 때 쓴맛과 좋지 않은 향으로 인해 거부감을 주어 음료로는 적당하지 않다고 판단되었으며 5% 이하로 첨가했을 경우 양배추 추출물의 맛을 느낄 수 없었다.

② 양배추 음료 제조를 위한 2차 배합비

예비실험 결과 양배추 추출물의 농도를 10%로 고정하고 양배추의 쓴맛을 억제하기 위하여 액상과당의 농도를 5.5~11.5%로 조절하면서 2차 배합을 하였다(Table 26). 액상과당을 5.5~11.5%의 농도로 음료를 배합하였을 때 11.5% 첨가 시 단맛으로 인하여 양배추의 맛을 느낄 수 없었으며 5.5% 첨가하였을 때는 쓴맛이 조금 느껴졌다. 실험결과 8.5% 첨가 시 음료로서 적당한 맛이 느껴지므로 8.5%로 결정하였다.

③ 양배추 음료 제조를 위한 3차 배합비

상기의 1, 2차 배합결과 양배추 추출물의 농도 10%, 액상과당의 농도 8.5%로 고정
한 후 음료의 맛을 개선하기 위하여 비타민 C의 함량을 0.08~0.12%로 조절하면서 3
차 배합을 실시하였다(Table 27). 음료의 상큼한 맛을 고려하여 예비실험에서 구연산
의 함량을 0.08%로 고정한 후 비타민 C의 함량을 조절하면서 관능검사를 실시한 결
과 함량이 0.12%이었을 때 맛에서 가장 좋은 평점을 얻었으므로 0.12%로 고정하였
다.

④ 양배추 음료 제조를 위한 4차 배합비

양배추 추출물(10%), 액상과당(8.5%), 구연산(0.08%) 및 비타민 C(0.12%)을 고정
한 후 음료의 향을 위하여 향료를 첨가하였다(Table 28). 향료는 패션후르츠향(한미
향료, P-25002)을 사용하였으며 그 함량을 0.08~0.12%로 설정하여 4차 배합을 실시
하였다. 향료를 0.12% 이상 첨가하였을 경우 향이 너무 강하여 양배추 음료의 특성
이 부족하였으며 0.08% 이하로 첨가하였을 때는 양배추의 좋지 않은 향이 강하여
거부감을 주었다. 따라서 0.10%의 함량을 가진 양배추 음료가 음용하기 적합한 것으
로 판단되어 0.10%로 고정하였다.

⑤ 양배추 음료 제조를 위한 5차 배합비

상기 1~4차 배합비를 고정한 후 마지막으로 양배추 음료 제조를 위한 색소를
0.003~0.005%의 함량으로 조절하여 배합을 실시하였다(Table 29). 색소는 치자엘로
우를 사용하였으며 0.003% 이하의 농도에서는 색의 변화를 관찰할 수 없었으며
0.005% 이상의 농도에서는 음료의 색으로서 부자연스러웠다. 따라서 관능검사 결과
0.004%가 가장 적당한 것으로 나타났다.

Table 25. The first pre-mix condition of cabbage beverage

재 료	양배추 추출물 함량 (%)			
	5	10	15	20
양배추 추출물(3 Brix)	5	10	15	20
고과당	7.3	7.3	7.3	7.3
비타민 C	0.10	0.10	0.10	0.10
구연산	0.08	0.08	0.08	0.08
향료	0.09	0.09	0.09	0.09
색소	0.003	0.003	0.003	0.003
소금	0.01	0.01	0.01	0.01
물	87.417	82.417	77.417	72.417
합 계	100	100	100	100

Table 26. The second pre-mix condition of cabbage beverage

재 료	액상과당 배합비 (%)		
	5.5	8.5	11.5
양배추 추출물(3 Brix)	10	10	10
고과당	5.5	8.5	11.5
비타민 C	0.10	0.10	0.10
구연산	0.08	0.08	0.08
향료	0.09	0.09	0.09
색소	0.003	0.003	0.003
소금	0.01	0.01	0.01
물	84.217	81.217	78.217
합 계	100	100	100

Table 27. The third pre-mix condition of cabbage beverage

재 료	비타민 C 배합비 (%)		
	0.08	0.10	0.12
양배추 추출물(3 Brix)	10	10	10
고과당	8.5	8.5	8.5
비타민 C	0.08	0.10	0.12
구연산	0.08	0.08	0.08
향료	0.09	0.09	0.09
색소	0.003	0.003	0.003
소금	0.01	0.01	0.01
물	81.237	81.217	81.197
합 계	100	100	100

Table 28. The forth pre-mix condition of cabbage beverage

재 료	향료 배합비 (%)		
	0.008	0.010	0.012
양배추 추출물(3 Brix)	10	10	10
고과당	8.5	8.5	8.5
비타민 C	0.12	0.12	0.12
구연산	0.08	0.08	0.08
향료	0.08	0.10	0.12
색소	0.003	0.003	0.003
소금	0.01	0.01	0.01
물	81.207	81.187	81.167
합 계	100	100	100

Table 29. The fifth pre-mix condition of cabbage beverage

재 료	색소 배합비 (%)		
	0.003	0.004	0.005
양배추 추출물(3 Brix)	10	10	10
고과당	8.5	8.5	8.5
비타민 C	0.12	0.12	0.12
구연산	0.08	0.08	0.08
향신료	0.10	0.10	0.10
색소	0.003	0.004	0.005
소금	0.01	0.01	0.01
물	81.187	81.186	81.185
합 계	100	100	100

2) 양배추 음료의 최적 배합조건

양배추 음료의 맛에 가장 영향을 끼치는 양배추 추출물 및 액상과당을 이용하여 중심합성계획에 따라 10구간으로 설정하여 배합비에 따라 음료를 제조(Table 30, 31)하였고(Fig. 26) 관능검사(Table 32)를 실시하여 색상, 향, 맛 그리고 전반적인 기호도에 대한 반응표면분석을 실시하고 각 반응변수에 대한 회귀식을 구하였다.

실험계획을 바탕으로 제조된 10구간의 음료에 대해 9점 채점법에 따라 관능적 품질을 SAS program에 의해 평가해 본 결과 10개 시험군에서 관능평점은 색상 5.00~7.67, 향 5.00~8.00, 맛 4.67~8.00 및 전반적인 기호도 4.33~7.67로 배합비에 따른 변화가 조금 나타났다. 또한 양배추 음료의 색상, 향, 맛 및 전반적인 기호도 등의 관능검사 결과를 SAS program을 이용하여 회귀분석하고 반응표면 회귀식, R^2 및 유의성을 각각 Table 33에 나타내었다. 이 때 배합비의 변화에 따른 음료의 향, 맛 및 전반적인 기호도에 대한 반응표면 회귀분석 결과에서 회귀식의 R^2 는 각각 0.9056, 0.8612 및 0.8647로서 유의수준 5% 및 10% 이내에서 유의성이 인정되었으

며, 색상에 대한 반응표면 회귀분석 결과에서 회귀식의 R^2 는 0.5731로서 유의성이 인정되지 않았다. 각 관능평가 항목에 대한 morphology는 모두 maximum으로 나타났으며 색상의 경우 7.0156점이었고 이 때 양배추 추출물 및 액상과당의 함량은 각각 8.0407 및 7.0156이었다. 향의 경우 최대값은 8.0532로 나타났으며 최대값을 나타내는 추출물 및 액상과당의 함량은 6.85 및 9.7326으로 나타났고, 맛에서는 최대값 7.6725 일 때 각각 9.9382, 9.6996으로 나타났다. 전반적인 기호도에서 최대값은 7.9753이었으며 최대값을 나타내는 조건은 각각 6.2366 및 9.1776으로 나타났다(Table 34). Table 35에서 보는 바와 같이 향과 맛에 있어서 양배추 추출액의 함량에 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며 전반적인 기호도에 있어서는 추출물에 비해 액상과당의 함량이 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났다. 그 밖에 색상에서는 유의성이 인정되지 않았으나 양배추 추출물에 비해 액상과당의 첨가가 조금 더 영향을 끼치는 것으로 보여 졌다. 이상의 결과로 중심합성계획을 실시한 결과 최적 배합조건으로 양배추 추출물은 8.4~9.6%, 액상과당은 8.6~9.7%로 나타났으며, 임의조건에서의 예측치와 동일조건에서 실제 실험을 실시하였다. 그 결과 예측치와 유사하거나 다소 높은 평점을 나타내었다(Fig. 27, Table 36, 37).

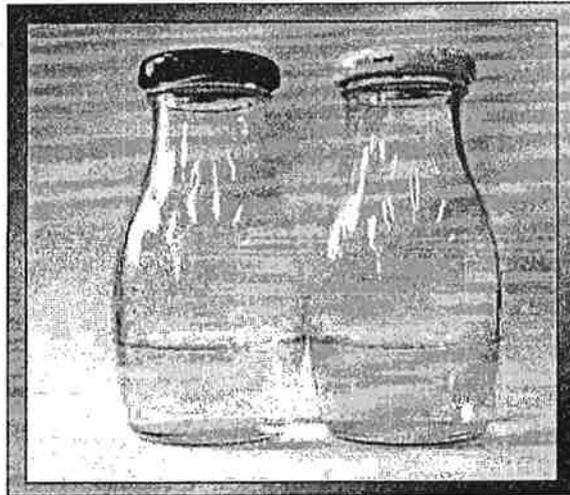
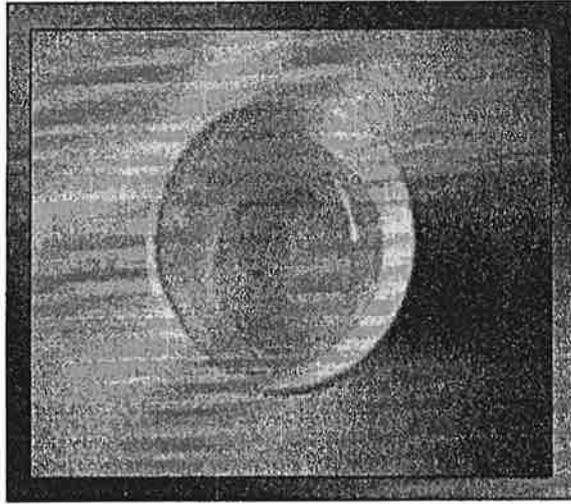


Fig. 26. The beverage from cabbage extracts.

Table 30. Experimental design for levels of mix conditions for cabbage beverage

X _i	Extraction condition	Level				
		-2	-1	0	1	2
X ₁	양배추추출물(%)	6	8	10	12	14
X ₂	액상과당(%)	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5

Central composite design for three independent variables at five levels in microwave-assisted extraction for effective components from cabbage

Table 31. Central composite design for two independent variables at five levels of mix conditions for cabbage beverage

Experiment number ¹⁾	양배추추출물	액상과당	기타부재료	물	합계
1	12	9.5		78.186	100
2	12	7.5		80.186	
3	8	9.5		82.186	
4	8	7.5	비타민C-0.12	84.186	
5	10	8.5	구연산-0.08	81.186	
6	10	8.5	향신료-0.10	81.186	
7	14	8.5	색소-0.004	81.186	
8	6	8.5	NaCl-0.01	77.186	
9	10	10.5		85.186	
10	10	6.5		79.186	
				83.186	

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

Table 32. Sensory evaluation on color, flavor, taste and overall acceptability of cabbage beverage under conditions based on central composite design for response surface analysis

Recipe condition		Organoleptic properties			
Extract content (g)	Fructose (g)	Color	Flavor	Taste	Overall acceptability
12	9.5	6.00	5.67	6.67	6.67
12	7.5	6.00	5.67	6.33	6.00
8	9.5	5.33	8.00	6.33	7.67
8	7.5	6.33	6.33	6.33	7.00
10	8.5	7.00	6.33	7.67	7.67
10	8.5	7.67	7.33	7.67	6.33
14	8.5	5.67	5.00	4.67	6.00
6	8.5	7.33	7.00	5.67	7.67
10	10.5	6.00	6.33	8.00	7.00
10	6.5	5.00	5.33	5.67	4.33

Table 33. The second order polynomials for color, flavor, taste and overall acceptability for cabbage beverage under different conditions of extract and fructose content

Response	Polynomial equation	R ²	Significance
Color	Y= -15.072917-0.411667X ₁ +5.718333X ₂ -0.038750X ₁ ² +0.125X ₁ X ₂ -0.405X ₂ ²	0.5731	0.4859
Flavor	Y= -34.137708+2.536696X ₁ +6.697976X ₂ -0.052679X ₁ ² -0.20875X ₁ X ₂ -0.253214X ₂ ²	0.9056	0.0354
Taste	Y= -19.589219+2.544137X ₁ +3.028899X ₂ -0.148728X ₁ ² +0.0425X ₁ X ₂ -0.178661X ₂ ²	0.8612	0.0729
Overall acceptability	Y= -21.990104+0.05875X ₁ +6.485417X ₂ -0.014062X ₁ ² -0.34875X ₂ ²	0.8647	0.0695

Table 34. Predicted level of conditions for the maximum responses of color, flavor, taste and overall acceptability for cabbage beverage by the ridge analysis

Response	R ²	Pro>F	X ₁	X ₂	Max.	Morphology
Color	0.5731	0.4859	8.0407	8.2992	7.0156	Max.
Flavor	0.9056	0.0354	6.8500	9.7326	8.0532	Max.
Taste	0.8612	0.0729	9.9382	9.6996	7.6725	Max.
Overall acceptability	0.8647	0.0695	6.2366	9.1776	7.9753	Max.

Table 35. Regression analysis for regression model of sensory evaluation in mix condition of cabbage beverage

Dependent variables	F-ratio			
	Color	Flavor	Taste	Overall acceptability
Extract content	0.65	9.88**	5.99*	2.47
Fructose	1.43	5.18*	2.58	5.83*

*Significant at 10% level; **Significant at 5% level; ***Significant at 1% level.

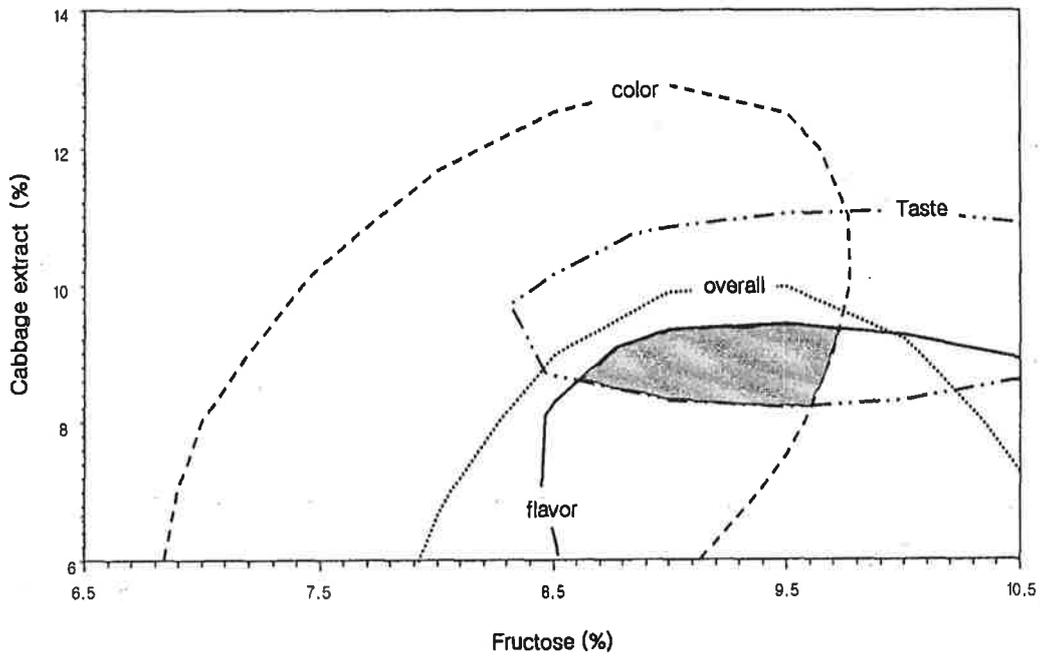


Fig. 27. Superimposing contour map of optimized conditions for color, flavor, taste and overall acceptability of cabbage beverage depending on different mix conditions.

Table 36. Optimum mix condition range of response variables by superimposing the response surface for sensory quality of cabbage beverage

Mix condition	Range of optimum conditions	Optimum condition
Cabbage extract (%)	8.4 ~ 9.6	9.0
Fructose (%)	8.6 ~ 9.7	9.2

Table 37. Comparison between predicted and observed values on sensory quality of beverage

Sensory evaluation	Predicted condition	observed condition
Color	6.76 ^a	6.67 ^a
Flavor	7.33 ^a	7.33 ^a
Taste	7.52 ^a	7.67 ^a
Overall acceptability	7.55 ^a	7.33 ^a

^{ab}Mean scores within a row followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

나. 양배추 수프 제조

1) 양배추 수프 제조조건 설정

양배추 수프 제조를 위하여 최적 추출조건으로 추출하고 여러 부재료와 함께 수프 제조를 위한 배합비를 제시하였다. 상기의 음료제조에 사용되지 못한 건양배추의 추출물을 이용하여 수프를 제조하였으나 음료 제조 시와 마찬가지로 양배추 추출물의 쓴맛과 이미 및 향이 강하여 그것을 감소시키고 좀 더 부드러운 양배추 수프를 제조하기 위해 주재료로 양배추 추출물, 밀가루 이외에 현미가루를 첨가하였으며, 부재료로는 버터(4.4643%), 양과(4.4643%), 생크림(4.4643%) 및 소금(0.3976%)을 사용하였고, 주재료의 함량을 조절하면서 배합조건을 설정하였다.

부재료인 버터, 양과, 크림 및 소금을 예비실험을 통하여 아래 Table 38과 같이 고정시키고 양배추 추출물의 함량을 54.32~271.62 g, 현미가루 및 밀가루를 7.21~28.86 g로 변화시키면서 관능검사를 실시하였다(Table 39). 관능검사 결과, 양배추 추출물의 함량이 증가하면서 맛과 향에서 관능평점이 감소하였으며 현미가루의 증가는 양배추의 점도를 높여 관능평점을 감소시켰다. 또한 양배추 추출물을 첨가하지 않은 대조구와 비교한 결과 대조구의 평점과 유사하거나 더 높은 관능평점을 받은 것으로 나타났다.

2) 양배추 수프 제조를 위한 최적 배합조건 설정

예비실험을 통하여 양배추 수프의 맛에 가장 영향을 끼치는 양배추 추출물 및 부재료인 현미가루를 이용하여 중심합성계획(Table 40, 41)에 따라 10구간으로 설정하여 배합비에 따라 수프를 제조하였고 관능검사를 실시하여 색상, 향, 맛 그리고 전반적인 기호도에 대한 반응표면분석을 실시하고 각 반응변수에 대한 회귀식을 구하였다.

실험계획을 바탕으로 제조된 10구간의 수프에 대해 9점 채점법에 따라 관능적 품질을 SAS program에 의해 평가해 본 결과 10개 시험군에서 관능평점은 색상 5.00~7.67, 향 5.00~8.00, 맛 4.67~8.00 및 전반적인 기호도 4.33~7.67로 배합비에 따른 변화가 조금 나타났다(Table 42). 또한 양배추 수프의 색상, 향, 맛 및 전반적인 기호도 등의 관능검사 결과를 SAS program을 이용하여 회귀분석하고 반응표면 회귀식, R^2 및 유의성을 각각 table 43에 나타내었다. 이 때 배합비의 변화에 따른 수

프의 향, 맛 및 전반적인 기호도에 대한 반응표면 회귀분석 결과에서 회귀식의 R^2 는 각각 0.8939, 0.9417 및 0.8361로서 유의수준 5% 및 10% 이내에서 유의성이 인정되었으며, 색상에 대한 반응표면 회귀분석 결과에서 회귀식의 R^2 는 0.7922로서 유의성이 인정되지 않았다. 각 관능평가 항목에 대한 morphology는 maximum, minimum 및 saddle point로 나타났으며, 색상의 경우 7.1점이었고 이 때 양배추 추출물 및 액상과당의 함량은 각각 195.9 및 17.7%였다. 향의 경우 최대값은 6.6으로 나타났으며 최대값을 나타내는 추출물 및 현미가루의 함량은 139.6 및 23.6%로 나타났고, 맛에서는 최대값 6.6일 때 각각 155.9, 23.9%로 나타났다. 전반적인 기호도에서 최대값은 6.5였으며, 최대값을 나타내는 조건은 각각 128.4 및 12.8%로 나타났다(Table 44). Table 45에서 보는 바와 같이 향과 맛에 있어서 양배추 추출액의 함량에 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며 전반적인 기호도에 있어서는 추출물에 비해 액상과당의 함량이 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났다. 그 밖에 색상에서는 유의성이 인정되지 않았으나 양배추 추출물에 비해 액상과당의 첨가가 조금 더 영향을 끼치는 것으로 보여 졌다. 이상의 결과로 superimposing한 결과(Fig. 28), 최적 배합조건(Table 46)은 양배추 추출물이 160~195 g, 볶은 현미가루 21~23 g이었다. 또한 최적 배합조건에서 임의조건의 예측치와 동일 조건에서 관능검사 결과를 비교해 본 결과, 대체로 유사하거나 더 높은 관능평점을 보여주었다.

Table 38. Mix conditions for cabbage soup

(unit : g(%))

	밀가루	현미 가루	양배추 추출물	물	버터	양파	크림	소금	합계
1	28.8654	7.2163	54.3246	488.9215					
	(4.2954)	(1.0739)	(8.0840)	(72.7562)					
2	21.649	14.4327	108.6492	434.5969					
	(3.2216)	(2.1478)	(16.1680)	(64.6722)					
3	18.0409	18.0408	162.9738	380.2723	30.0001	30.0001	30.0001	2.6719	672.0000
	(2.6847)	(2.6846)	(24.2521)	(56.5881)	(4.4643)	(4.4643)	(4.4643)	(0.3976)	(100.0000)
4	14.4327	21.649	217.2984	325.9477					
	(2.1477)	(3.2216)	(32.3361)	(48.5041)					
5	7.2163	28.8654	271.6231	271.6230					
	(1.0738)	(4.2954)	(40.4201)	(40.4201)					
6	18.0409	18.0408	-	543.2461					
	(2.6847)	(2.6846)	-	(80.8402)					

Table 39. Mean sensory score by the analysis of variance for organoleptic properties of cabbage soup

Experiment No.	Sensory quality			
	Color	Flavor	Taste	Overall acceptability
1	5.8 ^a	6.0 ^{ab}	4.4 ^{ab}	4.2 ^{ab}
2	5.6 ^a	6.8 ^a	4.6 ^{ab}	4.4 ^{ab}
3	5.4 ^a	6.2 ^a	6.0 ^a	5.6 ^a
4	5.8 ^a	6.0 ^{ab}	5.2 ^{ab}	5.2 ^{ab}
5	4.4 ^a	5.2 ^{ab}	3.4 ^b	4.0 ^b
6	5.4 ^a	4.2 ^b	4.6 ^{ab}	4.6 ^{ab}

^{ab}Mean scores within a row followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

Table 40. Experimental design for levels of mix conditions for cabbage soup

X _i	Conditions	Level				
		-2	-1	0	1	2
X ₁	Cabbage extract (g)	100	130	160	190	220
X ₂	Roasted wild rice (g)	12	15	18	21	24

Table 41. Central composite design for two independent variables at five levels of mix conditions for cabbage soup

Experiment number ¹⁾	Cabbage extract	Roasted wild rice
1	190(1)	21(1)
2	190(1)	15(-1)
3	130(-1)	21(1)
4	130(-1)	15(-1)
5	160(0)	18(0)
6	160(0)	18(0)
7	220(2)	18(0)
8	100(-2)	18(0)
9	160(0)	24(2)
10	160(0)	12(-2)

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design,

Table 42. Sensory evaluation on color, flavor, taste and overall acceptability of cabbage soup under conditions based on central composite design for response surface analysis

Recipe condition		Organoleptic properties			
Extract content (g)	Roasted wild rice (g)	Color	Flavor	Taste	Overall acceptability
190	21	7.67	5.67	5.00	5.33
190	15	7.67	5.00	3.67	4.67
130	21	5.67	6.33	6.00	5.33
130	15	5.33	6.00	5.67	6.33
160	18	6.67	5.00	6.00	4.33
160	18	6.33	5.67	5.00	5.00
220	18	6.33	4.67	3.00	2.67
100	18	4.67	6.33	5.33	5.00
160	24	6.33	6.33	6.67	6.33
160	12	6.00	6.00	5.00	5.33

Table 43. The second order polynomials for color, flavor, taste and overall acceptability from cabbage soup under different conditions of extract and fructose content

Response	Polynomial equation	R ²	Significance
Color	Y= -11.938849+0.137802X ₁ +0.633532X ₂ -0.000311X ₁ ² -0.000944X ₁ X ₂ -0.012629X ₂ ²	0.7922	0.1513
Flavor	Y= 17.411389-0.041278X ₁ -0.8875X ₂ + 0.000032639X ₁ ² +0.000944X ₁ X ₂ +0.021736X ₂ ²	0.8939	0.0442
Taste	Y= 8.591349+0.043198X ₁ -0.687698X ₂ -0.000358X ₁ ² +0.002778X ₁ X ₂ +0.010615X ₂ ²	0.9417	0.0140
Overall acceptability	Y= 21.820516-0.009857X ₁ -1.66631X ₂ -0.000283X ₁ ² +0.004611X ₁ X ₂ +0.027073X ₂ ²	0.8361	0.0989

Table 44. Predicted level of condition for the maximum responses of color, flavor, taste and overall acceptability from cabbage soup by the ridge analysis

Response	R ²	Pro>F	X ₁	X ₂	Max.	Morphology
Color	0.7922	0.1513	195.9014	17.7338	7.1031	Max.
Flavor	0.8939	0.0442	139.6083	23.6429	6.5693	Min.
Taste	0.9417	0.0140	155.9246	23.9861	6.6305	Saddle point
Overall acceptability	0.8361	0.0989	128.4615	12.8958	6.5298	Saddle point

Table 45. Regression analysis for regression model of sensory evaluation on mix condition for cabbage soup

Dependent variables	F-ratio			
	Color	Flavor	Taste	Overall acceptability
Extract content	5.01*	7.76**	14.36**	4.21*
Roasted wild rice	0.26	3.29	5.20*	1.57

*Significant at 10% level; **Significant at 5% level; ***Significant at 1% level.

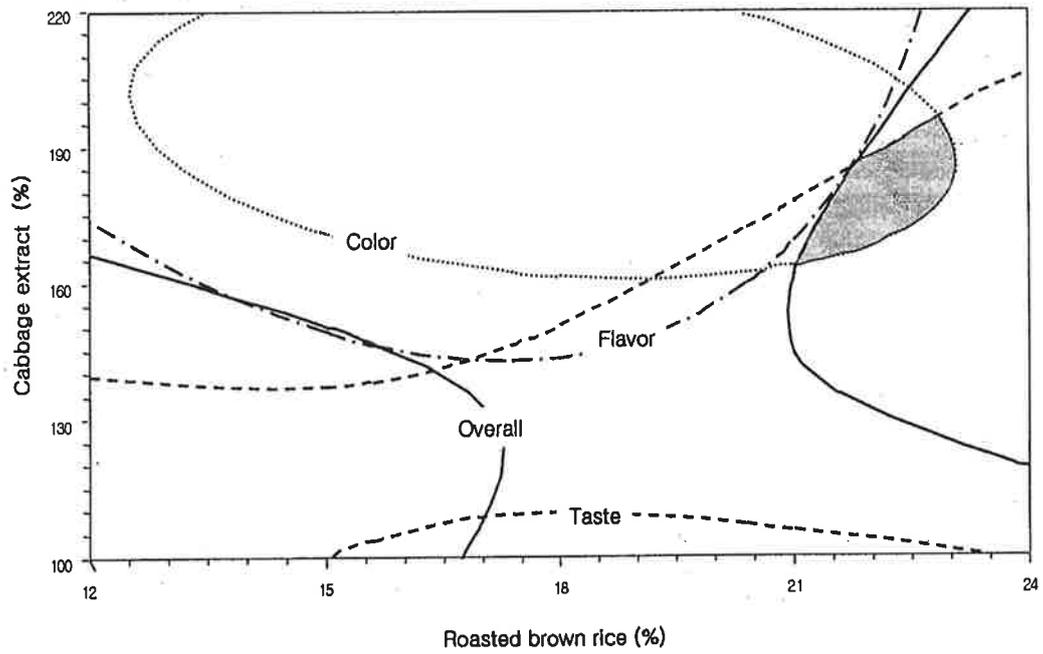


Fig. 28. Superimposing contour map of optimized conditions for color, flavor, taste and overall acceptability of cabbage soup.

Table 46. Optimum mix condition range of response variables by superimposing the response surfaces for sensory quality of cabbage soup

Mix condition	Range of optimum conditions	Optimum condition
Cabbage extract (g)	160 ~ 195	178
Roasted wild rice (g)	21 ~ 23	22

Table 47. Comparison between predicted and observed values for sensory quality of cabbage soup

Sensory evaluation	Predicted condition	observed condition
Color	6.86 ^a	7.67 ^a
Flavor	5.79 ^a	6.67 ^a
Taste	5.82 ^a	7.00 ^a
Overall acceptability	5.60 ^b	6.67 ^a

^{ab}Mean scores within a row followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

9. 십자화과 채소류의 가공조건 예측모델 적용

이상의 실험에서 얻어진 추출 및 가공조건을 바탕으로 십자화과 채소류 중 브로콜리(Table 48, 49)와 적채(Table 50, 51)를 대상으로 예측 및 실증된 추출 및 가공조건의 적용시험을 실시하였다. 즉, 대상 추출물을 사용하여 양배추 음료 및 수프 최적 배합조건으로 배합한 후 관능평가를 실시하였고 각 시료와 양배추의 상호 유의성을 분석해 보았다.

최적 배합조건을 바탕으로 제조된 음료에 대해 9점 채점법에 따라 관능적 품질을 평가해 본 결과, 관능평점은 브로콜리의 경우 색상, 향, 맛 및 전반적 기호도에서 각각 5.80, 6.60, 7.00 및 6.60으로 나타났으며, 적채의 경우 5.40, 6.00, 5.80 및 6.20이었다. 브로콜리 음료의 경우 양배추 음료와 비교하였을 때 색과 향에 있어서 같은 평점을 받았으나 맛과 전반적 기호도에 대해서는 약간 낮은 평점을 받았지만 두 시료에 대해 유의적인 차이는 없었다.

적채 음료의 경우 향과 전반적 기호도에 있어서 유의적인 차이를 보이지 않았으나 색 및 맛에 있어서는 양배추 음료에 비해 낮은 평점을 나타내어 유의적으로 차이가 인정되었다. 이는 추출 시 적채의 붉은색으로 인하여 약간의 거부감을 주는 것으로 보여 진다.

한편 상기와 같은 최적 배합조건을 바탕으로 제조된 수프에 대해 관능검사를 실시한 결과, 브로콜리 수프의 경우 색(5.80점)에 있어서는 양배추 수프와 같은 평점을 보였으나 향, 맛 및 전반적 기호도에 있어서는 양배추 수프에 비해 모두 좋은 평점을 보여주었다. 그러나 적채 수프에서는 향을 제외한 모든 관능평가에서 양배추 수프보다 낮은 평점을 받았으며, 음료의 경우와 마찬가지로 적채 특유의 색깔 때문인 것으로 사료된다. 이상의 결과에서 적채의 경우는 색을 약간 조정한다면 십자화과 채소 및 그 부재료의 적절한 배합비로 인하여 기호도가 우수한 과채음료나 수프를 제조할 수 있을 것으로 기대된다.

Table 48. Comparison between broccoli and cabbage on sensory quality of their beverages

Sensory evaluation	Broccoli beverage	Cabbage beverage
Color	5.80 ^a	5.80 ^a
Flavor	6.60 ^a	6.60 ^a
Taste	7.00 ^a	7.40 ^a
Overall acceptability	6.60 ^a	7.20 ^a

^{ab}Mean scores within a row followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

Table 49. Comparison between broccoli and cabbage on sensory quality of their soups

Sensory evaluation	Broccoli soup	Cabbage soup
Color	5.80 ^a	5.80 ^a
Flavor	7.40 ^a	6.20 ^b
Taste	7.80 ^a	6.20 ^b
Overall acceptability	7.40 ^a	6.40 ^b

^{ab}Mean scores within a row followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

Table 50. Comparison between red cabbage and cabbage on sensory quality of their beverages

Sensory evaluation	Red cabbage beverage	Cabbage beverage
Color	5.40 ^b	6.40 ^a
Flavor	6.00 ^a	6.80 ^a
Taste	5.80 ^b	7.00 ^a
Overall acceptability	6.20 ^a	6.80 ^a

^{ab}Mean scores within a row followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

Table 51. Comparison between red cabbage and cabbage on sensory quality of their soups

Sensory evaluation	Red cabbage soup	Cabbage soup
Color	5.20 ^b	6.40 ^a
Flavor	6.40 ^a	6.60 ^a
Taste	6.20 ^b	7.40 ^a
Overall acceptability	5.60 ^b	7.20 ^a

^{ab}Mean scores within a row followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test.

제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

구 분	연구개발 목표	달성도 및 기여도(*)
1세부 과제 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 양배추의 생리활성 성분의 검색 및 유효성분 추출기술개발 ◦ 양배추의 전처리 및 추출방법에 따른 유효성분 대량 추출기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 생리활성(전자공여작용, ACE 저해작용, Tyrosinase 저해작용, 아질산염소거능) 성분 측정 ◦ 전처리방법, 추출방법에 따른 양배추의 생리활성비교 분석
위탁 과제 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 유용성분의 추출용매별 추출효율 확인 및 용매선택 ◦ 양배추 시료의 유용성분 추출특성 확인 및 실험계획 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 유용성분의 추출방법별 특성 비교 ◦ 조건별 추출물의 활성 및 특성 분석

구 분	연구개발 목표	달성도 및 기여도(*)
1세부 과제 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 추출공정(용매, 추출온도, 시간)별 양배추 추출물의 특성 비교 ◦ 양배추의 최적 추출 조건 설정 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 양배추의 추출조건 설정 ◦ 추출공정 최적화 확립 ◦ 추출방법에 따른 생리활성 성분변화 측정 ◦ 용매제거 제품 평가 시험
위탁 과제 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 유용성분의 최적 추출조건 예측 및 실증 ◦ 추출조건의 최적화 모델링 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 선택된 추출법의 유용성분 특성 측정 ◦ 추출물 활성성분의 품질안전성 시험 ◦ 유용성분별 최적예측조건 모델링

구 분	연구개발 목표	달성도 및 기여도(*)
1세부 과제 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 생리활성 추출물의 기능성 소재화 및 품질평가 ◦ 양배추를 이용한 가공식품(음료, 차류)의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 생리활성 추출물의 기능성 소재화 및 시제품 재조시험 ◦ 양배추 음료 개발 ◦ 양배추 차류 개발
위탁 과제 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 양배추 소재의 가공조건 최적화 ◦ 최적화 모델의 적용 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 양배추 주스와 수프의 개발 ◦ 주요 품종 가공조건 예측모델 개발

제 5 장 연구개발 계획의 활용계획

1. 양배추의 생리활성 성분의 검색 및 추출공정 최적화 기술 개발
2. 양배추의 건조, 냉동기술 확립 및 버섯 추출물의 미세캡슐화 기술 개발
3. 양배추를 이용한 가공식품(중간 소재화, 라면 스프, 음료, 차류) 개발, 산업화 모델 시스템

양배추의 생리활성 성분의 검색 및 유효성분의 추출방법을 개발하였고, 전처리 방법이나 추출조건에 따른 생리활성 성분을 비교분석 하였다. 양배추의 생리활성 성분을 추출 방법, 용매, 온도, 시간에 따라 비교하여 최적추출조건을 설정하였다. 또한, 양배추의 다양한 제품 개발을 위해 양배추와 잘 어울리는 소재를 선정하고, 선정한 소재의 적절한 농도를 결정 하여 다양한 종류의 음료와 차를 개발하였다. 또, 양배추의 장기간 저장을 위한 바람직한 조건과 공정의 최적화를 설계하였다. 양배추의 최적 추출조건 즉, 추출방법, 용매, 온도, 시간 등의 조건이나 양배추를 소재로 다양하게 개발된 제품들과 최적화된 공정은 산업체나 농협 등에 기술이전을 시도할 것이다.

본 연구결과의 수행 결과 얻어진 성과는 다음과 같이 활용할 계획이다.

○ 연구 결과 및 결과별 활용가능영역

1) 국내외 관련 학회 논문 게재

- Physiological activities of *Brassica oleacea var. capitata* extracts as affected by varieties and solvents. Food Sci. Biotechnol., 13(3), 367-371 (2004)
- 양배추의 항산화성 추출물 제조를 위한 마이크로웨이브 추출조건 설정. 한국식품저장유통학회지, 제12권, 1호, 62-67 (2005)

2) 국내외 관련 학회 논문 발표

- 품종 및 용매별 양배추 추출물의 생리활성 검정. 제70차 한국식품과학회, 경주교육문화회관 (2003.6.26-6.28)
- 양배추 유용성분의 마이크로웨이브 추출조건 예비설정. 제70차 한국식품과학회, 경주교육문화회관 (2003.6.26-6.28)
- 동북 양배추의 추출수율 및 기능성에 대한 모니터링, 제71차 한국식품과학회, 강원도 용평리조트 (2004.6.23-6.25)
- 마이크로웨이브를 이용한 건조양배추로부터 sulforaphane의 최적 추출조건 예측, 제71차 한국식품과학회, 강원도 용평리조트 (2004.6.23-6.25)
- Physiological activities of *Brassica oleracea* var. *capita* extracts. IFT 2004 Annual Meeting, Las Vegas Convention Center, Las Vegas Nevada, July 12-16, 2004
- Monitoring and optimization of microwavassisted extraction conditions for sulforafane from *Brassica oleracea* var. *capita* by using response surface methodology. IFT 2004 Annual Meeting, Las Vegas Convention Center, Las Vegas Nevada, July 12-16, 2004
- Microwave-assisted extraction for total phenols, electron donating ability and allyl isothiocyanate from cabbage. 한국식품영양과학회, 제주 라마다호텔 (2004.11.17-19)
- 홍월적 양배추의 추출효율 및 기능성에 대한 모니터링. 한국식품영양과학회, 제주 라마다호텔 (2004.11.17-19)

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., and Heinonen, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* 47: 3954-3962 (1998)
2. Sorensen, M., Jensen, B.R., Poulson, H.E., Deng, X.S., Tysdtrup, N., Dalhoff, K., and Loft, S. Effects of a brussels sprouts extract on oxidative DNA damage and metabolising enzymes in rat liver. *Food Chem. Toxic.* 39: 533-540 (2001)
3. Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., and Paganga, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Review article. *Free Radical Biology & Medicine.* 20: 933-956 (1996)
4. Wong, T.C., Luh, B.S., and Whitaker, J.R. Isolation and characterization of polyphenol oxidase of clingstone peach. *Plant Physiology.* 48: 19-23 (1971)
5. Cushman, D.W., and Chung, H.S. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem. Pharmacol.* 20: 1637-1648 (1971)
6. Gray, J.I., Dugan, Jr.L.R. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J. Food Sci.* 40: 981-984 (1975)
7. Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J. L. : Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *J. Food Sci.*, 57, 190-196 (1992)

제 7 장 참고문헌

1. Halliwell, B., and Gutteridge, J.M.C. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochem. J.* 219: 1-14 (1984)
2. Lachance, P.A., Nakat, Z., and Jeong, W.S. Antioxidants: An integrative approach. *Nutrition*, 17: 835-838 (2001)
3. Vinson, J.A., Hao, Y., Su, X., and Zubik, L. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *J. Agric. Food Chem.* 46: 3630-3634 (1998)
4. Laeson, R.A. The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry*. 27: 969-978 (1998)
5. Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., and Heinonen, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* 47: 3954-3962 (1998)
6. Kris-Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., and Etherton, T.D. Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*. 113(9B), 71S-88S (2002)
7. Stoewsand, G.S. Bioactive organosulfur phytochemicals in *Brassica oleracea* vegetables. a review. *Food Chem. Toxic.* 33: 537-543 (1995)
8. Lee, S.M., Rhee, S.H., and Park, K.Y. Antimutagenic effect of various Cruciferous vegetables in *Salmonella* assaying system. *J. Food Hyg. Safety*. 12: 321-327 (1997)
9. Sorensen, M., Jensen, B.R., Poulson, H.E., Deng, X.S., Tysdtrup, N., Dalhoff, K., and Loft, S. Effects of a brussels sprouts extract on oxidative DNA damage and metabolising enzymes in rat liver. *Food Chem. Toxic.* 39: 533-540 (2001)
10. Zhu, C., Poulson, H.E., and Loft, S. Inhibition of oxidative DNA damage in

- vitro by extracts brussels sprouts. *Free Rad. Res.* 33: 187-196 (2000)
11. Plumb, G.W., Chambers, S.J., Lambert, N., Wanigatunga, S., and Williamson, G. Influence of fruit and vegetable extracts on lipid peroxidation in microsome containing specific cytochrome P450s. *Food Chem.* 60: 161-164 (1997)
 12. Thompson, H.C., Kelly, W.C. *Vegetables crops*, fifth edition. Mcgraw-hill book company, INC. New York, USA. 275-595 (1959)
 13. Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., and Paganga, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Reviews. Trends in plant science.* 2: 152-159 (1997)
 14. Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., and Paganga, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Review article. *Free Radical Biology & Medicine.* 20: 933-956 (1996)
 15. Official methods of analysis of the AOAC. Fifteenth edition. USA. 1010-1011 (1990)
 16. Kang, Y.H., Park, Y.K., and Lee, G.D. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 232-239 (1996)
 17. Kim, S.M., Cho, Y.S., and Sung, S.K. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 626-623 (2001)
 18. Wong, T.C., Luh, B.S., and Whitaker, J.R. Isolation and characterization of polyphenol oxidase of clingstone peach. *Plant Physiology.* 48: 19-23 (1971)
 19. Folin, O., and Denis, W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *Journal of biological chemistry.* 12: 239-243 (1912)
 20. Cushman, D.W., and Chung, H.S. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem. Pharmacol.* 20: 1637-1648 (1971)
 21. Gray, J.I., Dugan, Jr.L.R. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J. Food Sci.* 40: 981-984 (1975)

22. Amerinem M. A. and ough C. S. : Method for analysis of Musts and Win. Wilwy & Sons, New York, 176-180 (1958)
23. Blios, M.S. : Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181, 1199-1200 (1958)
24. Kjaer, A.: Mass spectra of isothiocyanates. Acta Chem Scand., 17, 2143-2154 (1963)
25. Stehagen, E., Abrahamssom, S. and Malafferty, F. W.: The Wiley/NBS registry of mass spectral data. John wiley and Sons, N.Y. (1974)
26. Oh, H.I., Hoff, J.E., Armstrong G.S., and Haff, L.A. : Hydrophobic interaction in tannin-protein complexes. J. Agric. Food Chem., 28, 394-398 (1980)
27. Spencer, G. F. and Daxenbichler, M. E. : Gas Chromatography-mass spectrometry of nitriles, isothiocyanates and oxazolidinethiones derived from cruciferous glucosinolates. J. Sci. Food Agric., 31, 359-367 (1980)
28. 이창복 : 대한식물도감. 향문사, p.559 (1985)
29. Chin. H. W., Zeng, G. and Lindsay, R. : Occurance and flavour properties of sinigrin hydrolysis products in fresh cabbage. J. Food Sci., 61, 101-104 (1986)
30. 한용봉, 김미라, 한병훈, 한용남 : 갓과 겨자의 항산화 활성성분에 관한 연구. 생약학회지, 18(1), 41-49 (1987)
31. A.O.A.C. : Official method of Analysis, 15th Ed. Association of Official Analytical Cemists, Washington D.C. (1990)
32. Thuery, J. : Microwaves-Industrial, Scientific, and Medical Applications, Artech House, Inc., Norwood, MA (1992)
33. Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J. L. : Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. J. Food Sci., 57, 190-196 (1992)
34. Mullin, J. : Microwave processing. In New Methods of Food proservation, Gould, G.W.(Ed). Blackie Academic and professional, New York, N.Y. (1995)
35. Buffler, C.R. and Stanford, M.A. : Effect of dielectric and thermal properties

- on the microwave heating of foods. Microwave World, 16, 5 (1995)
36. Kim, J.S. : Preparation of sweet potato drinks and its quality characteristics. J. Korean Soc. Food Nutr., 24(6), 943~947 (1995)
 37. 주현규, 조현기, 박충균, 조규성, 채수규, 마상조 : 식품분석법. 유림문화사, 203-221 (1995)
 38. Lee, K.H, Choi, H.S. and Kim, W.J. : Effect of several factors on the characteristics of six-vegetable and fruit juice. Korean J. Food Sci. Technol., 27(4), 439~444 (1995)
 39. 김미리, 이근중, 김혜영 : 브로콜리의 조리가공에 따른 sulforaphane함량. 한국조리과학회지, 13(4), 44-47 (1997)
 40. 금준석, 한억 : 팽화밀을 이용한 고추장 및 된장의 숙성중 이화학적 특성. 한국식품영양과학회지, 26(4), 601-605 (1997)
 41. 김미리, 이근중, 김진희, 석대은 : 선택이온 측정법에 의한 십자화과 채소중의 sulforaphane함량. 한국식품과학회지, 29(5), 882-887 (1997)
 42. SAS : SAS/STAT : User's Guide Version 6, 4th ed., Vol. 2, Ch.37, 1457-1478, SAS institute Inc., Cary, NC. (1998)
 43. Lee, G.D. and Kwon, J.H. : The use of response surface methodology optimize the Maillard reaction to produce melanoidins with high antioxidative and antimutagenic activities. International Journal of Food Science and Technology, 33(4), 375-383 (1998)
 44. 김미리, 김진희, 위대성, 나종현, 석대은 : 케일 및 브로콜리잎즙의 함황 향기성분, 일반성분, 무기질, 비타민C 함량 및 관능적 특성. 한국식품영양과학회지, 28(6). 1201-1207 (1999)
 45. Origin : Origin tutorial manual, version 6.0, Microcal Software Inc., pp.20~45, Northampton, MA (1999)
 46. Chung, D.O. and Park, Y.K. : The study of softdrinks production and functional food in onions. Korean J. Soc., Food Sci., 15(2), 158~ 162 (1999)
 47. 한국식품영양과학회편 : 식품영양실험핸드북. 효일출판사, 285-286 (2000)

48. 이기동, 이정은, 권중호 : 식품공업에서 반응표면분석의 응용. 식품과학과 산업, 33(1), 33-45 (2000)
49. 좌창숙, 양영택, 고정삼 : 추출조건에 따른 탐라오갈피 진액의 제조와 그 성분조성. 한국농화학회지, 44(1), 24-29 (2001)
50. Hong, M.J., Lee, G.D, Kim, H.K. and Kwon, J.H. : Changes in functional and sensory process of *Cordyceps militaris* using response surface methodology. Korean Journal of Food Preservation, 9(2), 184~188 (2002)
51. Kwon, J.H., Lee, G.D., Belanger, J.M.R. and Pare, J.R.J. : Effect of ethanol concentration on the efficiency of extraction of ginseng saponins when using a microwave-assisted process (MAPTM). Int'l. J. Food Sci. Technol., 38, 615-622 (2003)
52. Kwon, J.H., Belanger, J.M.R., and Pare, J.R.J. : Optimization of microwave-assisted extraction (MAP) for ginseng components by response surface methodology. J. Agric. Food Chem., 51, 1807-1810 (2003)
53. Kwon, J.H., Belanger, J.M.R., Pare, J.R.J. and Yaylayan, V.A. : Application of the microwave-assisted process (MAPTM) to the fast extraction of ginseng saponins. Food Res. International, 36, 491-498 (2003)
54. Lee, S.Y., Jung, C.S. and Yoon, H.H. : Sensory characteristics of cream soup prepared with rice flour. Korean J. Soc. Food Cookery Sci., 19(6), 723~728 (2003)
55. Jeong, S.M., Son, M.H. and Lee S.C. : A survey on contents of phenolic compounds of market fruit and vegetables juices. J. Basic Science, 18, 117~123 (2003)
56. IFT : 2004 IFT Annual Meeting Abstract Books, IFT (2004)