

흑마늘잼의 이화학적 · 관능적 특성 및 항산화성

김민희 · 손찬욱 · 김미연 · 김미리[†]

충남대학교 식품영양학과

Physicochemical, Sensory Characteristics and Antioxidant Activities of Jam Prepared with Black Garlic

Min Hee Kim, Chan Wok Son, Mi Yeon Kim, and Mee Ree Kim[†]

Dept. of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

The antioxidant activities and quality characteristics of jam prepared with black garlic were evaluated. Fructo-oligosaccharide or maltitol syrup was replaced with sucrose: control (sucrose), fructo-oligosaccharide (FTO), FTOM (sucrose 50%+FTO 50%), maltitol syrup (MT) and MTM (sucrose 50%+MT 50%). The endpoint of jam preparation was determined to reach 64°Brix of sweetness. There were significant differences in moisture content among the treatments, whereas acidity among treatments was not different. Reducing sugar content and viscosity were the highest in FTO (0.144%, 126,800 cP), whereas the lowest in control (0.074%, 101,600 cP). Lightness (L value), redness (a value) and yellowness (b value) of Hunter color system were the highest in FTO compared to the others. Hardness and springiness of textural properties were the highest in FTO. Antioxidant activities were the highest in FTO with the lowest IC₅₀ values (42.3 mg/g for DPPH and 22.4 mg/g for hydroxyl radical scavenging activities). Total phenol content was highest in FTO among treatments. The overall acceptance score of black garlic jam containing FTO showed the highest score among treatments. Based on these results, it was suggested that fructo-oligosaccharide was appropriate for good qualities both in physicochemical and antioxidative activities of black garlic jam.

Key words: black garlic, jam, saccharides, antioxidant

서 론

현대인의 생활수준이 향상됨에 따라 아침식사 대용으로 빵과 같은 편의식품의 소비가 점차 증가하고 있으며, 빵에 발라 먹는 잼들의 소비도 동시에 증가하여 그 종류도 다양화되고 있다. 일반적인 잼은 과육질에 당, 구연산, 펙틴 등을 첨가하여 가열 농축하는 방법으로 제조되고 있고(1), 대부분의 과일은 유기산과 펙틴 물질을 함유하고 있기 때문에 설탕을 첨가하여 가열하면 gel을 형성할 수 있어 젤리나 잼을 만들기에 적합하다. 잼은 과육으로만 가공되는 것이 아니라 당근(2), 인삼(3,4), 토마토(5), 마늘(6), 홍고추(7) 등의 부원료를 첨가함으로써 특이한 맛과 향을 부여한 고품질의 제품으로 다양한 소비자의 기호를 충족시킬 수 있다(8). 그러나 잼에 사용되는 설탕은 고농도로서 방부성을 증가시켜 저장성을 높일 수는 있으나 지나친 당질 섭취 면에서 바람직하지 못하다. 최근 식품 소재의 다양화와 생물공학 기술의 급속한 발전으로 기존의 당류를 대체하는 새로운 당질의 개발이 활발해지고 있다. 이들 새로운 당질 중에서 기존 당류와 비슷

한 물성을 가지면서 기존 당류를 다량 섭취하였을 때 생기는 비만, 충치, 당뇨병 등의 문제점을 보완할 수 있는 올리고당이 개발되었다(9-14). 설탕으로부터 전이효소반응에 의해 생산되는 프락토올리고당, 유당에 전이효소를 작용시켜 만든 갈락토올리고당, 전분에 여러 종류의 가수분해 효소들을 작용시켜 생산하는 이소말토올리고당, 대두로부터 추출된 대두올리고당 등이 현재 국내외에서 식품소재로 사용되고 있는 주요 올리고당이다(15-20). 대부분의 당질이 소화효소에 의해 단당으로 분해되어 흡수되는데 반하여 일부 올리고당은 소화효소에 의하여 분해되지 않고 대장에 도달되어 장내 유용세균인 비피더스균의 증식을 촉진시키는 기능과 충치의 원인인 글루칸 합성을 억제하는 효과가 있다고 알려져 있다(5,21-25). 또한 당알코올은 식물, 과일 및 해조류 등 천연에도 존재하지만 상업적으로는 포도당, 맥아당, 자일로스의 원료당에 수소를 첨가하여 생산되며(26), 특히 식품 가공 분야에서는 충치 예방효과(27,28) 및 혈당 상승억제(29-31) 등의 기능성을 부여할 수 있어 설탕 대체 물질로 당알코올 사용이 증가하고 있으며 설탕과 비교하여 열량이 낮아

[†]Corresponding author. E-mail: mrkim@cnu.ac.kr
Phone: 82-42-821-6837, Fax: 82-42-821-8887

저열량 또는 무설탕 식품 제조에 이용된다.

한편, 마늘은 우리나라 식생활에 있어서 필수불가결한 조미료로서 우리나라 국민 1인당 연간 약 7~9 kg을 소비하고 있는데, 소비 형태를 보면 생마늘을 그대로 사용하거나 혹은 건조분말, puree, 산절입, 분말 또는 과립, oleoresin 등으로 만들어 육제품, 스프, 스낵류 등 다양한 제품에 사용되고 있다(32). 마늘의 가공에서 가장 문제시 되는 마늘 고유의 냄새는 세포 중에 포함되어 있는 아미노산의 일종인 alliin이 alliinase에 의해 분해되어 강렬한 냄새를 가진 allicin으로 바뀌고, 이것이 pyruvic acid와 서로 반응하여 저급 황화합물 및 carbonyl 화합물을 생성하기 때문이다(33). 마늘의 냄새는 구근의 외피에 부착되어 있기 때문에 제거하기가 곤란하므로(34) 독특한 냄새를 제거하기 위한 연구가 많이 진행되어왔다. 마늘의 냄새를 유발시키는 alliinase는 기질, 온도, pH 등에 의해 영향을 받고, 특히 pH 4~8 또는 37°C의 조건에서 가장 높은 활성을 나타내므로(35), 마늘의 냄새 제거를 위한 가장 전통적이고, 일반적인 방법은 마늘을 찌거나 굽는 것으로, 마늘을 구울 경우 그 풍미가 달콤해지고 자극적인 냄새가 부드러워진다(36). 그러나 이러한 가열 공정을 거친 마늘은 그 조건에 따라 풍미뿐만 아니라 색, 영양성분을 포함한 다양한 이화학적 변화를 수반하게 된다. 이러한 변화를 긍정적으로 활용한 예로서 마늘을 고온에 저장하면서 적절한 습도를 유지할 경우 갈변반응으로 인하여 색이 검게 변하며, 단맛이 증가하고, 향과 씹힘성이 변화된 흑마늘을 들 수 있다. 흑마늘의 경우 그 제조법이 최근 알려지기 시작하면서 엑기스, 음료, 사탕, 젤리 및 가공품의 첨가 부재료 등으로 활용되고 있으며 다양한 2차 가공제품개발을 위한 연구들이 진행되고 있다(37). 따라서 본 연구에서는 마늘을 고온에서 장시간 저장 및 숙성시켜 제조한 흑마늘을 이용하여 당 종류에 따른 잼을 만들어 이화학적·관능적 품질특성 및 항산화성을 비교해보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

마늘은 남해마늘을 사용하여 흑마늘을 제조하였고(특허출원번호 10-2008-40279), 프락토올리고당(55% 이상 함유, 액상, 삼양제넥스), 말티톨시럽(70% 이상 함유, 액상, 삼양제넥스), 대조군은 설탕(정백당, 삼양사), 펙틴은 순정화학, 구연산은 동양화학의 제품을 사용하였다.

흑마늘잼의 제조방법

제조한 흑마늘 무게의 두 배의 물을 넣고, blender(Super mill HM-180, Korea)를 사용하여 2분간 마쇄 후 가스블로 강한 세기에서 가열한 후 끓으면 불의 세기를 약으로 하여 당, 구연산(0.3%), 펙틴(0.5%), CaCl₂(0.5%)를 첨가하여 계속 저으면서 잼의 당도가 64°Brix가 될 때까지 가열하였다.

Table 1. Recipe of samples

Contents (g)	Sucrose	FTO ¹⁾	MT	FTOM	MTM
Black garlic	100	100	100	100	100
Sucrose	50	0	0	25	25
Fructo-oligosaccharide	0	50	0	25	0
Maltitol syrup	0	0	50	0	25
Citric acid	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Pectin	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
CaCl ₂	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

¹⁾FTO: fructo oligosaccharide, MT: maltitol syrup, FTOM: sucrose 50%+FTO 50%, MTM: sucrose 50%+MT 50%.

첨가한 당의 함량은 흑마늘 무게를 기준으로 대조군은 설탕 50%, 프락토올리고당 또는 말티톨시럽 첨가군은 프락토올리고당과 말티톨시럽을 각각 50%, 혼합군은 설탕 25%에 프락토올리고당 또는 말티톨시럽 25%를 각각 첨가하였으며 Table 1과 같다. 제조된 잼은 냉각시켜 이화학적·관능적 품질 특성 및 항산화성을 측정하였다.

수분함량

흑마늘잼의 수분함량을 측정하기 위해 적외선 수분측정기(Sartorius, Germany)를 사용하여 측정하였다.

pH 및 산도

pH는 흑마늘잼에 10배의 증류수를 가하여 1분간 균질화하였다. 3,000 rpm에서 20분간 원심분리한 후 상정액을 취하여 시료로 사용하였다. pH는 pH meter(420 Benchtop, Orion Research, USA)를 사용하여 측정하였다. 산도는 AOAC method(38)에 따라 상정액 10 mL을 취하여 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 도달하는데 필요한 NaOH량(mL)을 acetic acid 함량(%)으로 환산하여 총산 함량을 표시하였다.

당도 및 환원당 함량

당도는 굴절당도계(Hand refractometer, Atago Co., Ltd, Japan)로 측정하였고, 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid (DNS)에 의한 비색법으로 분광광도계(model 80-2088-64, Pharmacia Biotech Co., England)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 glucose(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 농도별로 반응시켜 작성하였다.

점도

점도는 흑마늘잼을 40 g을 비커에 담아 25°C에서 점도계(Brookfield DV-II+ viscometer, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)를 사용하여 측정하였다.

색도

색도는 잼을 패트리디쉬(50×12 mm)에 담아 색차계(Digital color measuring/difference calculation meter, model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Co. Ltd., Japan)를 사용하여 Hunter L값(명도), a값(적색도), b값(황색도) 및 ΔE값(색차

Table 2. Condition of texture analyser

Force threshold	20 g
Contact area	490.87 mm ²
Contact force	5 g
Pre-test speed	1.0 mm/s
Test speed	1.0 mm/s
Post-test speed	1.0 mm/s
Strain	50%
Time	5.0 sec
Trigger type	Auto 5 g
pps	200
Probe	p/25

지수)을 측정하였다.

기계적인 조직감

기계적 조직감 특성은 시료 50 g을 원통형 용기(지름 4 cm, 높이 5.5 cm)에 담아 Texture analyser(TAXT2, Stable Micro Systems Ltd., England)를 사용하여 시료를 2회 연속적으로 주입시켰을 때 얻어지는 힘-시간곡선으로부터 경도(hardness), 부착성(adhesiveness) 및 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness)을 측정하였다. 이때 기기의 작동 조건은 Table 2와 같다.

관능검사

흑마늘잼에 대하여 9점 척도법을 사용하여 실시하였다. 패널은 충남대학교 대학원생 10명을 선정하여 시료의 평가 방법 및 평가 특성에 대한 교육을 실시한 후, 색, 향미, 단맛, 신맛, 부착성, 발림성에 대해서는 강도 특성(1점: 매우 약하다, 9점: 매우 강하다)을 평가하였고, 전반적인 수용도(1점: 매우 나쁘다, 9점: 매우 좋다) 및 구입의사에 대하여 평가하였다. 각 시료는 3자리 난수를 표기한 코팅된 일회용 컵에 담아서 식빵과 함께 제시하였다.

DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) radical 소거능

시료 1.5 g에 methanol 50 mL을 넣은 후 1분간 잘 교반하여 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심분리한 후 얻어진 상등액을 evaporator로 용매를 휘발하여 추출물만 얻었다. 추출물 200 mg 당 1 mL methanol을 첨가하여 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하였다. 제조된 시료용액을 1.5×10^{-4} M DPPH 용액에 30분간 반응시켜 515 nm에서 흡광도를 분광광도계로 측정하였다.

$$\text{Free radical scavenging effect (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{Sample}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100$$

Hydroxy radical 소거능

DPPH radical 소거능 실험과 동일한 방법으로 추출된 시료용액 0.15 mL에 buffer 0.35 mL, 3 mM deoxyribose, 0.1 mM ascorbic acid, 0.1 mM EDTA, 0.1 mM FeCl₃, 1 mM H₂O₂ 용액 0.1 mL을 넣어 잘 교반한 후 37°C에서 1시간 동안

반응시켰다. 반응이 끝난 후 2% TCA 용액과 1% TBA 용액을 잘 섞은 후 100°C에서 20분간 반응한 후 실온으로 냉각하여 원심분리한 뒤 상등액을 취하여 분광광도계를 이용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{Free radical scavenging effect (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{Blank}} - \text{Abs}_{\text{Sample}}}{\text{Abs}_{\text{Blank}}} \times 100$$

Total phenol 함량

페놀성 물질이 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색을 나타내는 현상을 이용한 방법으로 Folin-Denis법(39)에 의해 측정하였다. 시료추출액에 Folin-Denis 시약과 Na₂CO₃ 포화용액을 넣고 30분간 반응시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였고, 표준품은 tannic acid를 사용하였다.

통계처리

통계처리는 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package program 12.0을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의성(p<0.05)이 있는 경우에 Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증하였다(40).

결과 및 고찰

수분함량

수분함량은 대조군이 20.19%로 가장 높았으며, 그 다음으로 설탕과 프락토올리고당 혼합첨가군(FTOM 첨가군)이 19.71%, 설탕과 말티톨시럽 혼합첨가군(MTM 첨가군)이 19.38%, 말티톨시럽 첨가군(MT 첨가군)이 17.43%, 프락토올리고당 첨가군(FTO 첨가군)이 17.05% 순으로 가장 낮았으며 모든 시료에서 유의적인 차이가 나타났다(p<0.05). 이는 당 종류에 따라 당도가 다른데 같은 당도로 제조하기 위해 잼 제조 시 조절되는 정도가 달라져서 그에 따라 수분함량도 변한 것으로 사료된다.

pH 및 산도

프락토올리고당 및 말티톨시럽을 첨가한 흑마늘잼의 pH는 Table 3과 같다. 첨가한 당의 종류에 따라 대조군과 FTO 첨가군은 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 다른 첨가군에서는 유의적으로 증가하였다(p<0.05).

프락토올리고당 및 말티톨시럽을 첨가한 흑마늘잼의 산도는 Table 3과 같다. 당 종류에 따라 대조군과 FTO 첨가군은 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 다른 첨가군에서는 유의적으로 감소하였다(p<0.05). 이와 같은 결과는 Song 등(41)의 결과에서도 당 종류별로 유의적인 차이가 나타나지 않는다고 보고하였다.

환원당 함량

흑마늘잼의 환원당 함량은 Table 3과 같다. 당 종류에 따

Table 3. Characteristics of black garlic jams replaced with sucrose and different kinds of sugars

		Sucrose	FTO ¹⁾	MT	FTOM	MTM	F-value
Moisture (%)		20.19±0.02 ^{2d)}	17.05±0.08 ^e	17.43±0.20 ^d	19.71±0.06 ^b	19.38±0.07 ^c	577.432 ^{***}
pH		3.79±0.01 ^d	3.79±0.01 ^d	3.83±0.01 ^b	3.82±0.01 ^c	3.85±0.01 ^a	47.643 ^{***}
Acidity (%)		0.162±0.000 ^a	0.162±0.000 ^a	0.151±0.000 ^b	0.151±0.000 ^b	0.148±0.000 ^c	465.917 ^{***}
Reducing sugar (%)		0.074±0.003 ^d	0.144±0.006 ^a	0.099±0.009 ^c	0.112±0.007 ^b	0.083±0.001 ^d	69.295 ^{***}
Viscosity (cP)		101,600±1673 ^d	126,800±1095 ^a	122,400±894 ^b	123,200±1095 ^b	118,000±1414 ^c	306.250 ^{***}
Color	Lightness	6.89±0.06 ^c	7.62±0.03 ^a	7.06±0.07 ^b	6.71±0.07 ^d	6.72±0.02 ^d	204.158 ^{***}
	Redness	2.30±0.08 ^a	2.34±0.19 ^a	2.05±0.07 ^b	2.04±0.12 ^b	2.32±0.16 ^a	5.278 ^{**}
	Yellowness	2.19±0.09 ^{bc}	2.43±0.15 ^a	1.92±0.11 ^d	2.16±0.08 ^c	2.34±0.05 ^{ab}	15.193 ^{***}
TPA	Hardness (g)	287.1±29.5 ^c	571.2±23.1 ^a	499.9±25.1 ^a	514.8±50.6 ^a	412.0±61.2 ^b	22.082 ^{***}
	Adhesiveness	-2145.0±359.1 ^a	-4548.5±451.4 ^b	-4305.8±190.6 ^b	-4022.4±599.0 ^b	-2863.9±478.5 ^a	16.587 ^{***}
	Springiness	0.874±0.175 ^a	0.973±0.003 ^a	0.970±0.002 ^a	0.902±0.101 ^a	0.886±0.137 ^a	0.555
	Cohesiveness	0.797±0.011 ^a	0.754±0.055 ^a	0.730±0.123 ^a	0.715±0.090 ^a	0.680±0.156 ^a	0.570

¹⁾FTO: fructo oligosaccharide, MT: maltitol syrup, FTOM: sucrose 50%+FTO 50%, MTM: sucrose 50%+MT 50%.

²⁾Different superscripts within a same row are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

른 잼의 환원당 함량은 FTO 첨가군이 가장 많이 함유되어 있고, 다음으로 FTOM 첨가군, MT 첨가군, MTM 첨가군 순으로 환원당 함량이 높았으며 MTM 첨가군을 제외하고 모두 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 이와 같은 결과는 Song 등(41)의 결과에서도 알 수 있는데 대조군에 비해 FTO 첨가군의 환원당 함량이 높게 나타난 결과와도 일치한다.

점도

당 종류에 따른 잼의 점도는 FTO 첨가군이 126,800 cP으로 가장 높고, 그 다음으로 FTOM 첨가군은 123,200 cP, MT 첨가군 122,400 cP, MTM 첨가군 118,000 cP 순이었고, 대조군은 101,600 cP으로 가장 낮은 점도를 나타내어 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 이와 같이 점도가 다르게 나타난 것은 대조군에 비해 대체당의 당도가 낮으므로 제품의 당도를 동일하게 64°Brix가 될 때까지 가열하여 제조한 것에 기인한 것으로 사료된다.

색도

명도는 FTO 첨가군이 7.62로 가장 높았고, FTOM 첨가군이 6.71로 가장 낮았으며 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 또한 MT 첨가군이 대조군에 비해 유의적으로 명도가 높았으며(p<0.05), 이는 Lee와 Kim(42)의 결과와 유사한 것을 알 수 있다. 프락토올리고당 첨가량이 많은 것이 명도가 높는데 이는 프락토올리고당 첨가량이 증가할수록 명도가 높아진다는 Kim과 Chae(5)의 결과와 일치하였다. 적색도는 FTO 첨가군이 2.34로 가장 높았고, FTOM 첨가군이 2.04로 가장 낮았으며 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 황색도는 FTO 첨가군이 2.43으로 가장 높았고, MT 첨가군이 1.92로 가장 낮았으며 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05).

기계적인 조직감

경도는 FTO 첨가군이 571.2 g으로 가장 높았고, 그 다음으로 FTOM 첨가군은 514.8 g, MT 첨가군은 499.9 g, MTM

첨가군은 412.0 g 순이었으며, 반면 대조군은 287.1 g으로 가장 낮았으며 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 부착성은 MTM 첨가군은 대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 다른 첨가군은 대조군과 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 탄력성은 FTO 첨가군이 0.973으로 가장 높았고, 그 다음으로 MT 첨가군이 0.970, FTOM 첨가군이 0.902, MTM 첨가군이 0.886 순이었으며, 대조군은 0.874로 가장 낮았으며 모든 시료에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 응집성은 대조군이 0.797로 가장 높았으며, MTM 첨가군이 0.680으로 가장 낮았으며 모든 시료에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 Kim과 Chae(5), Lee와 Kim(42)의 결과와 유사한 것을 알 수 있다.

관능검사

강도특성(Table 4)에서 윤기는 대조군이 8.1점으로 가장 높은 점수를 받았으며, FTOM 첨가군이 5.6점으로 가장 낮은 점수를 받았으며, 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 마늘냄새는 FTO 첨가군이 6.2점으로 가장 높은 점수를 받았고, FTOM 첨가군이 3.8점으로 가장 낮은 점수를 받았으며 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 마늘맛은 대조군이 7.2점으로 가장 높은 점수를 받았고, FTOM 첨가군이 4.6점으로 가장 낮은 점수를 받았으며 모든 군이 대조군과 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 단맛은 MTM 첨가군이 5.5점으로 가장 높은 점수를 받았으며, FTOM 첨가군이 4.6점으로 가장 낮은 점수를 받았으나 시료간의 유의적인 차이가 없었다. 신맛은 MTM 첨가군이 6.0점으로 가장 높은 점수를 받았고, FTOM 첨가군이 4.4점으로 가장 낮은 점수를 받았으며 유의적인 차이가 나타났다(p<0.05). 끈적거리는 정도는 MT 첨가군이 7.1점으로 가장 높은 점수를 받았으며, 대조군이 3.5점으로 가장 낮은 점수를 받았고, 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 부착성도 MT 첨가군이 6.2점으로 가장 높은 점수를 받았고, 대조군이 3.5점으로 가장 낮은 점수를 받아 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 발림성

Table 4. Sensory quality (intensity) of black garlic jams added with different kinds of sugars

	Sucrose	FTO ¹⁾	MT	FTOM	MTM	F-value
Glossy	8.1±1.0 ^{a2)}	7.1±1.4 ^{ab}	5.8±1.4 ^{cd}	5.6±1.0 ^d	6.8±1.0 ^{bc}	7.360 ^{***}
Garlic smell	5.4±2.0 ^{ab}	6.2±0.9 ^a	4.5±1.6 ^b	3.8±2.2 ^b	4.7±1.4 ^{ab}	2.985 [*]
Garlic taste	7.2±1.3 ^a	5.5±1.9 ^b	5.6±1.1 ^b	4.6±2.0 ^b	5.2±1.2 ^b	3.938 ^{**}
Sweetness	4.7±1.2 ^a	5.4±1.8 ^a	4.7±1.3 ^a	4.6±1.5 ^a	5.5±1.6 ^a	0.846
Sourness	4.7±1.1 ^b	5.3±1.1 ^{ab}	5.6±1.6 ^{ab}	4.4±1.3 ^b	6.0±1.2 ^a	2.694 [*]
Sticky	3.5±1.3 ^c	5.7±2.0 ^b	7.1±1.0 ^a	6.0±1.2 ^{ab}	5.5±1.3 ^b	8.937 ^{***}
Adhesiveness	3.5±1.4 ^c	5.2±1.0 ^{ab}	6.2±1.5 ^a	4.6±1.5 ^{bc}	6.0±1.2 ^a	6.972 ^{***}
Spread	6.6±1.6 ^a	5.0±1.8 ^b	4.2±1.4 ^b	4.7±1.4 ^b	6.4±1.2 ^a	5.172 ^{**}

¹⁾FTO: fructo oligosaccharide, MT: maltitol syrup, FTOM: sucrose 50%+FTO 50%, MTM: sucrose 50%+MT 50%.

²⁾Different superscripts within a same row are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

Table 5. Sensory quality (acceptability) of black garlic jams added with different kinds of sugars

	Sucrose	FTO ¹⁾	MT	FTOM	MTM	F-value
Color	6.9±0.6 ^{ab2)}	7.1±0.6 ^a	6.4±1.0 ^b	6.6±0.5 ^{ab}	6.9±0.3 ^{ab}	1.980
Flavor	5.9±0.9 ^{bc}	7.3±1.2 ^a	5.8±1.2 ^{bc}	5.7±0.5 ^c	6.8±1.3 ^{ab}	4.518 ^{**}
Sweetness	6.0±1.2 ^{ab}	6.9±1.2 ^a	5.4±0.7 ^b	5.3±1.1 ^b	6.0±1.6 ^{ab}	2.889 [*]
Sourness	5.6±1.4 ^{ab}	5.9±1.3 ^a	4.6±1.2 ^b	4.8±0.6 ^{ab}	5.4±1.0 ^{ab}	2.324
Adhesiveness	5.9±1.4 ^a	5.4±0.8 ^a	5.0±1.4 ^a	5.6±0.7 ^a	4.9±0.9 ^a	1.426
Spread	7.2±1.0 ^a	6.0±2.0 ^{ab}	4.1±1.4 ^c	5.6±1.2 ^b	5.9±1.3 ^{ab}	6.179 ^{***}
Overall acceptability	5.8±1.2 ^b	7.3±1.2 ^a	5.3±1.3 ^b	5.3±1.1 ^b	6.3±1.3 ^{ab}	4.773 ^{**}
Purchase	5.8±1.2 ^{ab}	7.2±1.2 ^a	5.3±1.9 ^b	5.3±1.2 ^b	5.8±1.8 ^{ab}	2.759 [*]

¹⁾FTO: fructo oligosaccharide, MT: maltitol syrup, FTOM: sucrose 50%+FTO 50%, MTM: sucrose 50%+MT 50%.

²⁾Different superscripts within a same row are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

은 대조군이 6.6점으로 가장 높은 점수를 받았으며 MT 첨가군이 4.2점으로 가장 낮은 점수를 받았고, 대조군과 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05).

수용도(Table 5)에서 색은 FTO 첨가군이 7.1점으로 가장 높은 점수를 받았고, MT 첨가군이 6.4점으로 가장 낮은 점수를 받았으며, 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 향미는 FTO 첨가군이 7.3점으로 가장 높은 점수를 받았으며, FTOM 첨가군이 5.7점으로 가장 낮은 점수를 받았다. 강도 특성에서 FTO 첨가군이 마늘냄새가 가장 강하다고 평가되었으나 향미에서 가장 높은 점수를 받은 것으로 보아 마늘잼의 수용도에 있어 마늘냄새 나는 것이 오히려 바람직하다고 사료된다. 단맛은 FTO 첨가군이 6.9점으로 가장 높은 점수를 받았으며, FTOM 첨가군이 5.3점으로 가장 낮은 점수를 받았으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 신맛은 FTO 첨가군이 5.9점으로 가장 높은 점수를 받았으며, MT 첨가군이 4.6점으로 가장 낮은 점수를 받았다. 부착성은 대조군이 5.9점으로 가장 높은 점수를 받았으며, MTM 첨가군이 4.9점으로 가장 낮은 점수를 받았으나 유의적인 차이가 없었다. 발림성은 대조군이 7.2점으로 가장 높은 점수를 받았고, MT 첨가군이 4.1점으로 가장 낮은 점수를 받았으며 유의적인 차이가 나타났다(p<0.05). 이와 같은 결과는 대조군이 조직감 특성에서 경도가 낮은 값을 가진 것과 관계가 있는데 경도가 낮으므로 부드러워 발림성이 좋게 평가된 것으로 사료된다. 전체적인 수용도는 FTO 첨가군이 7.3점으로 가장 높은 점수를 받았으며, MT 첨가군과 FTOM 첨가군이 5.3점으로 가장 낮은 점수를 받았으나 대조군과 유의적인 차이를

나타내지 않았다. 구입의사는 FTO 첨가군이 7.2점으로 가장 높은 점수를 받았으며, MT 첨가군과 FTOM 첨가군이 5.3점으로 가장 낮은 점수를 받았으나 대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이와 같은 결과를 종합해보면 잼 제조 시 설탕이 아닌 대체당을 이용 시 프락토올리고당이 설탕과 비교하여 단맛에 있어서도 유의적인 차이가 나타나지 않으면서 관능적으로 가장 높은 평가를 받아 가장 적합한 당 소재라고 사료된다.

DPPH radical 소거능

DPPH radical 소거능 측정 결과 IC₅₀ 값은 FTO 첨가군이 42.3 mg/g으로 가장 작은 값을 나타내었고, 그 다음으로 FTOM 첨가군은 48.8 mg/g, MT 첨가군은 49.6 mg/g, MTM 첨가군은 51.5 mg/g 순이었으며, 대조군은 53.4 mg/g으로 가장 높은 값을 나타내었다(Fig. 1). 이와 같은 결과는 흑마늘에 들어있는 페놀화합물에 기인한 것으로 사료되며, Chung과 Lee(43)의 연구결과에서 페놀화합물의 항산화 기작은 라디칼 소거작용에 기인한다고 보고된 바 있다.

Hydroxy radical 소거능

Hydroxy radical 소거능 측정 결과 IC₅₀ 값은 FTO 첨가군이 22.4 mg/g으로 가장 작은 값을 나타내었고, 그 다음으로 FTOM 첨가군은 26.9 mg/g, MT 첨가군은 27.2 mg/g, MTM 첨가군은 30.3 mg/g 순이었으며, 대조군은 35.8 mg/g으로 가장 높은 값을 나타내었다(Fig. 2). 특히 활성산소종 중에서 가장 반응성이 크며 생체내의 산화 원인이 되는 hydroxy 라디칼의 소거능도 흑마늘에 들어있는 폴리페놀화합

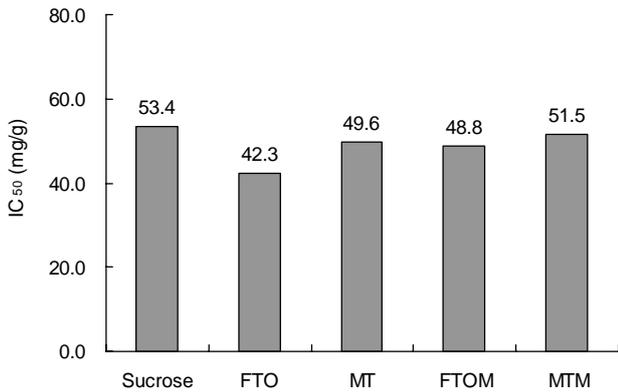


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of black garlic jams added with different kinds of sugars (FTO: fructo oligosaccharide, MT: maltitol syrup, FTOM: sucrose 50%+ FTO 50%, MTM: sucrose 50%+MT 50%).

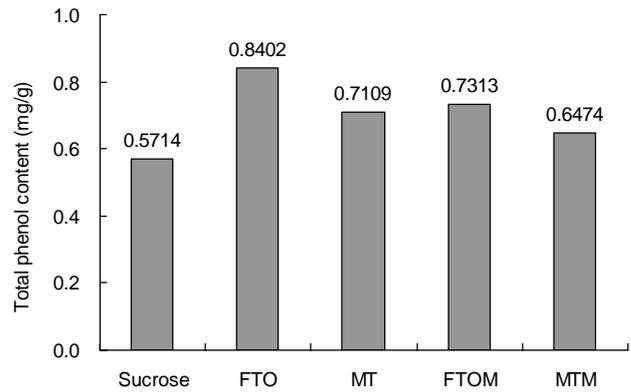


Fig. 3. Total phenol content of black garlic jams added with different kinds of sugars (FTO: fructo oligosaccharide, MT: maltitol syrup, FTOM: sucrose 50%+FTO 50%, MTM: sucrose 50%+MT 50%).

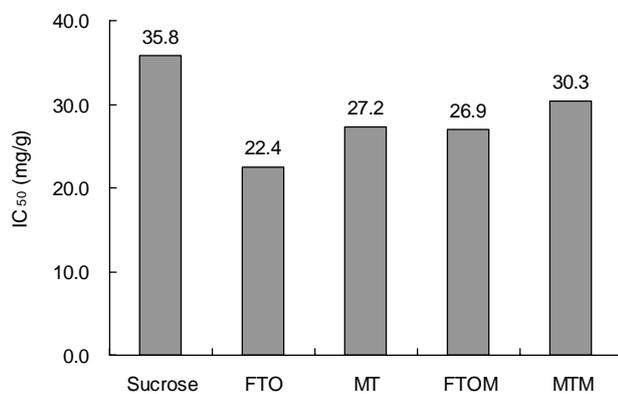


Fig. 2. Hydroxyl radical scavenging activity of black garlic jams added with different kinds of sugars (FTO: fructo oligosaccharide, MT: maltitol syrup, FTOM: sucrose 50%+ FTO 50%, MTM: sucrose 50%+MT 50%).

물에 기인한 것으로 생체 산화와 관련된 질병예방, 노화 예방 및 억제효과가 있을 것으로 사료된다.

Total phenol 함량

Total phenol 함량 측정 결과 FTO 첨가군이 0.8402 mg/g로 가장 높은 값을 나타내었고, 그 다음으로 FTOM 첨가군은 0.7313 mg/g, MT 첨가군은 0.7109 mg/g, MTM 첨가군은 0.6474 mg/g 순이었으며, 대조군은 0.5714 mg/g으로 가장 작은 값을 나타내었다(Fig. 3). 식물계의 페놀화합물은 benzoic acid와 cinnamic acid의 유도체인 페놀산, flavonoid 및 탄닌의 형태로 분류되며, 이러한 페놀화합물의 항산화 활성은 구조에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있다(44,45). 예로서, 탄닌의 경우 monomer보다는 중합도가 큰 형태에서 항산화 활성이 더 높았으며, 유사한 분자량의 페놀화합물에서는 분자 내 수산기의 수와 위치에 따라 항산화 효과가 영향을 받는 것으로 보고되어 있으며(46), 이는 페놀화합물의 구조에 따라 radical 소거 반응 시 전자의 이동이 영향을 받기 때문인 것으로 알려져 있다(47).

잼 제조 시 생성되는 메일라드 반응생성물과 이들이 항산화 효과에 미치는 영향

흑마늘은 일반 마늘에 비해 당의 함량이 높고, 이를 가열하여 잼을 만드는 과정에서 단내나 갈색반응 생성물이 얻어졌기 때문에 흑마늘잼의 DPPH, hydroxyl radical 소거 효과 및 total phenol 함량이 높게 나타난 것은 잼 제조 시 메일라드 반응이 관여했기 때문인 것으로 사료된다. 메일라드 반응은 환원당과 아미노산을 기질로 하는 비효소적 갈변반응으로 당과 단백질을 함유하는 식품에서 중요한 갈변 원인이 되고 있다(48). 메일라드 반응 시에는 환원성 물질인 reductone들이 다량으로 만들어질 뿐만 아니라 메일라드 반응의 최종 생성물인 melanoidin도 항산화 효과가 입증된 바 있다(49-53). Lee와 Moon(54)의 연구결과에서 환원당 함량과 항산화 효과가 유의적인 상관관계가 있다고 보고하여 흑마늘잼에 함유되어 있는 환원당 함량을 정량한 바, 항산화 효과가 컸던 FTO의 환원당 함량이 대조군보다 높게 나타났다. 즉, FTO의 환원당 함량이 0.144%로 가장 높았고, FTOM (0.112%)>MT(0.099%)>MTM(0.083%)>Sucrose(0.074%) 순으로 높았다(Table 3). 또한 본 연구에서의 항산화성을 살펴본 결과, IC₅₀값이 FTO<FTOM<MT<MTM<Sucrose 순으로 낮아 환원당 함량과 항산화 효과가 상관관계가 있다고 사료된다. 식품의 가열 중 보편적으로 일어나는 메일라드 갈색 반응 중에서 갈색화 반응 생성물들은 향미나 기능성에 영향을 줄 뿐만 아니라 항산화제로 작용한다는 연구 보고가 많이 있다. Hofmann 등(49)은 갈색화 반응 생성물의 유지에 대한 항산화성이 메일라드 반응초기에 생성되는 중간생성물인 reductone에 기인한다고 보고하였고, Kirigaya 등(50)은 100°C에서 반응시킨 0.8 M의 xylose-glycine system의 갈색화 반응 생성물을 linoleic acid에 첨가하여 그 항산화 효과를 측정된 결과 갈색화 반응 생성물의 항산화 효과는 갈색도에 비례함을 밝힌바 있고, Borrelli 등(51), Francisco와 Salvio(52) 및 Jing과 Kitts(53)는 melanoidin의 갈색도,

유리기 소거 효과 및 항산화성 사이에는 비례관계가 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 대조군에 비해 당 종류에 따른 첨가군에서 항산화 효과가 높게 나타난 것은 흑마늘잼의 환원당 함량과 관련 있는 것으로 사료되며, 대나무 열수 추출물에 관한 연구(54)에서와 같이 메일라드 반응 생성물에 의해 항산화 효과가 증대된 것으로 사료된다.

요 약

마늘을 고온에서 장시간 저장 및 숙성시켜 제조한 흑마늘로 잼을 만들어 품질특성을 알아본 결과, 수분함량은 모든 시료에서 유의적인 차이가 나타났고($p < 0.05$), pH 및 산도는 MTM 첨가군이 pH가 가장 높았으며 대조군과 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 산도는 대조군과 FTOM 첨가군이 가장 높았으며 유의적인 차이가 없었다. 환원당 함량은 FTO 첨가군이 가장 많이 함유되어 있고, 다음으로 FTOM 첨가군, MT 첨가군, MTM 첨가군 순으로 환원당 함량이 높았으며 MTM 첨가군을 제외하고 모두 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 점도는 FTO 첨가군이 가장 높고, 그 다음으로 FTOM 첨가군, MT 첨가군, MTM 첨가군 순이었으며, 대조군은 가장 낮은 점도를 나타내어 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 색도는 명도는 FTO 첨가군이 가장 높았고, FTOM 첨가군이 가장 낮았으며 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 적색도는 FTO 첨가군이 가장 높았고, FTOM 첨가군이 가장 낮았으며 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 황색도는 FTO 첨가군이 가장 높았고, MT 첨가군이 가장 낮았으며 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 기계적인 조직감은 경도, 탄력성은 FTO 첨가군이 가장 높았고, 대조군은 가장 낮았으며 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 응집성은 대조군이 가장 높았고 MTM 첨가군이 가장 낮았으며 모든 시료에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 관능검사서 강도특성 및 수용도 평가 결과, 전반적인 수용도 및 구입의사서 FTO 첨가군이 높은 점수를 받아 잼 제조 시 설탕이 아닌 대체당을 이용 시 프락토올리고당이 관능적으로 가장 좋다고 사료된다. 항산화 실험 결과 중, DPPH radical 소거능은 모든 군이 대조군에 비해 IC_{50} 값이 낮게 나타났고, FTO 첨가군이 가장 작은 값을 나타내어 항산화능이 가장 좋게 평가되었다. Hydroxy radical 소거능 역시 모든 군이 대조군에 비해 IC_{50} 값이 낮게 나타났고, FTO 첨가군이 가장 작은 값을 나타내어 항산화능이 가장 좋게 평가되었다. Total phenol 함량 측정 결과, FTO 첨가군이 가장 높은 값을 나타냈고, 모든 군이 대조군에 비해 Total phenol 함량이 높게 나타났다. 이와 같은 결과를 종합해보면 프락토올리고당 첨가가 흑마늘잼 제조 시 가장 적합한 것으로 사료된다.

문 헌

1. Kim JU. 1993. *Agricultural food processing*. Munundang, Seoul, Korea. p 357-375.
2. Park YK, Kang YH, Park MH, Lee JY. 1995. Research report: Studies on the development of soup and jam using carrot. Korea Food Reseach Institute, Seongnam, Korea, G-1081-0613.
3. Kim HK, Lee BY, Seok HM, Chun MJ. 1994. Research report: Studies on the development of processed foodstuffs using ginseng. Korea Food Reseach Institute, Songnam, Korea, I-1156-0477.
4. Lee HO, Sung HS, Suh KB. 1986. The effect of ingredients on the hardness of ginseng jelly by response surface methodology. *Korea J Food Sci Technol* 18: 259-263.
5. Kim KS, Chae YK. 1997. The effects of addition of oligo-saccharide on the quality characteristics of tomato jam. *Korean J Soc Food Sci* 13: 348-355.
6. Kim KS, Paik SH. 1998. The effects on quality characteristics resulting from the use of varying amounts of garlic as additives in apple jams. *Korean J Soc Food Sci* 14: 553-559.
7. Jeong YJ, Lee GD. 1999. Optimization on organoleptic properties of red pepper jam by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1269-1274.
8. Kim MY, Chun SS. 2001. Effects of onions on the quality characteristics of strawberry jam. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 17: 316-322.
9. Kuriki T, Tsuda M, Imanaka T. 1992. Continuous production of panose by immobilized neopullulanase. *J Ferment Bioeng* 73: 198-202.
10. Wada K, Watanabe J, Mizutani J, Tomoda M, Suzuke H, Saitoh Y. 1992. Effect of soybean oligosaccharides in a beverage on human fecal flora and metabolites. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 66: 127-135.
11. Hidaka H, Eida T, Saitoh Y. 1987. Industrial production of fructo-oligosaccharides and its application for human and animals. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 61: 915-923.
12. Kanno T. 1992. Characteristic and utilization of branching oligosaccharides. Food chemical (suppl.). Foodchemistry newspaper, Tokyo. p 93.
13. Sakai S. 1993. The present condition and prospects of development of oligosaccharides. *Food Chem* 2: 21.
14. 허경택. 1992. 올리고당-기능성 식품의 선두주자. 유한문화사, 서울. p 59.
15. Yun JW, Jung KH, Oh JW, Lee JH. 1990. Semibatch production of fructo-oligosaccharides from sucrose by immobilized cells of *Aureobasidium pullulans*. *Appl Biochem Biotechnol* 24/25: 299-308.
16. Yun JW, Jung KH, Jeon YJ, Lee JH. 1992. Continuous production of fructo-oligosaccharides by immobilized cells of *Aureobasidium pullulans*. *J Microbiol Biotechnol* 2: 98-101.
17. Yun JW, Lee MG, Song SK. 1994. Batch production of high-purity fructo-oligosaccharides by the mixed-enzyme system of β -fructofuranosidase and glucose oxidase. *J Ferment Bioeng* 77: 159-163.
18. Yun JW, Lee MG, Song SK. 1994. Continuous production of isomalto-oligosaccharides from maltose syrup by immobilized cells of permeabilized *Aureobasidium pullulans*. *Biotechnol Lett* 16: 1145-1150.
19. Yun JW, Song SK. 1993. Production of high-content fructo-oligosaccharides by the mixed-enzyme system of fructosyltransferase and glucose oxidase. *Biotechnol Lett* 15:

- 573-576.
20. Yun JW, Noh JS, Song JY, Song SK. 1994. Isomalto-oligosaccharide production from maltose by intact cells of *Aureobasidium pullulans*. *Korean J Biotechnol Bioeng* 9: 122-126.
 21. Hidaka H, Eida T, Takizawa T, Tokunaga T, Tashiro Y. 1986. Effect of fructooligosaccharides on intestinal flora and human health. *Bifidobact Microflora* 5: 37-50.
 22. Kohmoto T, Fukui F, Takaku H, Machida Y, Arai M, Mitsuoka T. 1988. Effect of isomaltooligosaccharides on human flora. *Bifidobacteria Microflora* 7: 61-67.
 23. Kohmoto T, Fukui F, Takaku H, Machida Y, Mitsuoka T. 1991. Dose-response of isomaltooligosaccharides for increasing fecal bifidobacteria. *Agric Biol Chem* 55: 2157-2159.
 24. Oku T, Tokunaga T, Hosoya N. 1984. Nondigestibility of a new sweetener, "Neosugar", in the rat. *J Nutr* 114: 1574-1581.
 25. Park JH, Yoo JY, Shin OH, Shin HK, Lee SJ, Park KH. 1992. Growth effect of branched oligosaccharides on principal intestinal bacteria. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 20: 237-242.
 26. Kim SY, Oh DK, Kim SS, Kim CJ. 1996. Novel sweetener for the sugarless candy manufacture. *Food Sci Ind* 29: 53-61.
 27. Maguire A, Rugg-Gunn J, Wright WG. 2000. Adaptation of dental plaque to metabolise maltitol compared with other sweeteners. *J Dent* 28: 51-59.
 28. Scheie AA, Fejerskov O, Danielsen B. 1998. The effects of xylitol-containing chewing gums on dental plaque and acidogenic potential. *J Dent Res* 77: 1547-1552.
 29. Natak SS, Hussien KR, Tuominen JA, Koivisto VA. 1997. Metabolic response to lactitol and xylitol in healthy men. *Am J Clin Nutr* 65: 947-950.
 30. Felber JP, Tappy L, Vouillamoz D, Randin JP, Jequier E. 1987. Comparative study of maltitol and sucrose by means of continuous indirect calorimetry. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 11: 250-254.
 31. Kalbermatten N, Ravussin E, Maeder E, Geser C, Jequier E, Felber JP. 1980. Comparison of glucose, fructose, sorbitol, and xylitol utilization in humans during insulin suppression. *Metabolism* 29: 62-67.
 32. Kim YP, Lee GW, Oh HI. 2006. Optimization of extraction conditions for garlic oleoresin and changes in the quality characteristics of oleoresin during storage. *Korean J Food & Nutr* 19: 219-226.
 33. Park YK, Kang YH. 2000. Enzymatic maceration of vegetable with cell separating enzymes. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 184-188.
 34. Lee JW, Lee JG, Do JH, Sung HS. 1997. Comparison of volatile flavor components between fresh and odorless garlic. *Agric Chem Biotechnol* 40: 451-454.
 35. Stoll A, Seebeck E. 1951. Chemical investigation on alliin, the specific principle of garlic. *Advan Enzymol* 11: 377-400.
 36. 박홍현, 이영남, 이경희, 김태희. 2004. 마늘의 세계. 효일출판사, 서울. p 91-94.
 37. Choi DJ, Lee SJ, Kang MJ, Cho HS, Sung NJ, Shin JH. 2008. Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 465-471.
 38. AOAC. 1990. *Official Methods Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA. p 918.
 39. Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16: 144-158.
 40. Steel RGD, Torrie JH. 1960. *Principle and procedures of statistics*. McGraw-Hill, NY.
 41. Song IS, Lee KM, Kim MR. 2004. Quality characteristics of pumpkin jam when sucrose was replaced with oligosaccharides during storage. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 20: 279-286.
 42. Lee KJ, Kim MR. 2004. Quality evaluation of pumpkin jam replaced sucrose with sugar alcohols during storage. *J East Asian Soc Dietary Life* 14: 123-130.
 43. Chung YA, Lee JK. 2003. Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 948-951.
 44. Hahn DH, Rooney LW, Earp CF. 1984. Tannin and phenols of sorghum. *Cereal Food World* 28: 776-779.
 45. Nunez MJ, Moure A, Cruz JM, Franco D, Dominguez M, Sineiro J, Dominiguez H, Parajo JC. 2001. Natural antioxidants from residual source. *Food Chem* 72: 145-171.
 46. Yang X, Chen L, Park J, Shen S, Wang Y. 2001. Mechanism of scavenging reactive oxygen species of tea catechins. The 6th International Symposium on Green Tea, Seoul, Korea.
 47. Kim ES, Kim MK. 1999. Effect of dried leaf powder and ethanol extracts of persimmon, green tea and pine needle on lipid metabolism and antioxidative capacity in rats. *Korean J Nutrition* 32: 337-352.
 48. Weenen H. 1998. Reactive intermediates and carbohydrate fragmentation in Maillard chemistry. *Food Chem* 62: 393-401.
 49. Hofmann T, Bors W, Stettmaier K. 1999. Studies on radical intermediates in the early stage of the nonenzymatic browning reaction of carbohydrates and amino acids. *J Agric Food Chem* 47: 379-390.
 50. Kirigaya N, Kato H, Fugimaki M. 1968. Studies on antioxidant activity of non-enzymatic browning reaction products. Reaction of color intensity and reductones with antioxidant activity of browning reaction products. *Agric Biol Chem* 32: 287-293.
 51. Borrelli RC, Mennella C, Barba F, Russo M, Russo GL, Krome KH, Erbersdobler F, Faist V, Fogliano V. 2003. Characterization of coloured compounds obtained by enzymatic extraction of bakery products. *Food Chem Toxicol* 41: 1367-1374.
 52. Francisco JM, Salvio JP. 2001. Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Food Chem* 72: 119-125.
 53. Jing H, Kitts DD. 2002. Chemical and biochemical properties of casein-sugar Maillard reaction products. *Food Chem Toxicol* 40: 1007-1015.
 54. Lee MJ, Moon GS. 2003. Antioxidative effects of Korean bamboo trees, *Wang-dae*, *Som-dae*, *Maengjong-juk*, *Jolit-dae* and *O-juk*. *Korean J Food Sci Technol* 35: 1226-1232.