



자일리톨을 첨가한 고구마순김치의 발효 중 품질 특성 연구

이 근 종[†]

숭의여자대학교 식품영양과

Quality Characteristics of Sweet Potato Stalks *Kimchi* Containing Xylitol during the Fermentation Periods

Kun Jong Lee[†]

Dept. of Korea Food and Nutrition, Soongui Women's College, Seoul 04628, Republic of Korea

ABSTRACT

To increase the utilization of sweet potato stalks, it is necessary to study their beneficial activity during the fermentation periods. The antioxidant effects, and texture profile analysis (TPA) of 3 types of control group (Con), sugar group (SG), xylitol group (XG) of sweet potato stalks *kimchi* were evaluated by measuring the pH, acidity, color, DPPH radical scavenging effects, reducing power and reducing sugar during the storage periods (0, 7 and 14 days). The hardness of XG was highest among the three groups. pH was highest for Con, followed in other by SG and, XG. The acidity was highest for SG. but, on 14 day, the other was XG and Con. The color value (L, a, b) and ΔE value were significant. The DPPH radical scavenging effects of IC₅₀ was highest in the order of Con (2.30 mg/mL), XG (4.25 mg/mL) and SG (4.86 mg/mL) on day 14. The sucrose content was initially 1.89 mg%, during fermentation, which decreased to 0.33 mg%. The xylitol contents was 6.82 mg%. These beneficial effects of sweet potato stalks *kimchi* are believed to caused mainly by sugars. The reducing power of SG can increase during fermentation. DPPH radical scavenging effects increased during fermentation also.

Key words: sweet potato stalks *kimchi*, xylitol, DPPH radical scavenging effect

서 론

우리나라에서는 고구마순을 데쳐서 볶아 주로 나물로 해 먹는다. 이 고구마순에는 항염증 효과와 항산화능이 크다고 알려져 있다(Kwak CS 등 2013). 지금까지 밝혀진 고구마순의 항산화 활성 물질은 gallic acid, caffeic acid와 chlorogenic acid(Lee JS 등 2007)와 같은 페놀화합물 등이 있으며, 이러한 성분은 단백질, 효소단백질 또는 2가의 금속이온 및 거대분자들과 결합을 하여 강한 항산화능이 보고되었다(Kumer AP 등 2006). 이러한 페놀화합물은 고혈압의 원인물질인 angiotensin I converting enzyme(EC 3.4.15.1, ACE) 2 저해능(Shin JI 1992; Ahn SI 2007; Kang YH & Lee KJ 등 2014) 효과를 보고하였고, 남부 지방에서 고구마를 다량 생산하는 6~10월 까지 나오는 고구마순을 가지고 살짝 데쳐서 쪽파, 부추 등과 함께 젓갈을 넣고 김치를 담가 별미김치로 먹고 있었는데, 아직까지 고구마순김치의 저장 기간 동안 이화학적 효과에 대한 과학적 연구는 보고되지 않았다. 반면에, 고구마, 자

색고구마 및 고구마잎 등에 대해서는 많은 연구가 보고되었다(Kim JH & Lee KJ 2013; Han SK 등 2015). 활성물질로는 비타민 C, 카로틴, 루테인, 클로로필과 안토시아닌과 같은 polyphenol 등이 보고되었으며, 제과·제빵에서 응용 가능성을 제시하기도 하였다(Han SK 등 2015).

한편 자일리톨은 천연소재 감미료로서 자작나무나 떡갈나무 등에서 얻어지는 자일란(xylan)에서 유래하며 자일로오스를 수소화하여 만들어진다고 알려져 있다. 자일리톨은 대표적인 충치 유발균인 류탄스균(*S. mutans*)의 성장을 억제하고, 치아 표면의 세균막인 프라그 형성을 감소시키며 프라그 내에서의 산 생성을 감소시킴으로써 충치 예방 기능을 가진다(Scheie AA 등 1998). 최근에 설탕의 대체감미료로서 자일리톨은 인슐린 비의존성 감미료로서 당뇨병 예방에 좋고 설탕에 비해 2.4 kcal/g으로 칼로리가 낮으므로 설탕과 유사한 감미도인 0.9~1.0배를 가지면서 비만에 영향이 적은 것으로 알려져 있다. 자일리톨은 입안의 용해열을 흡수하여 시원한 청량미를 생성한다. 이러한 산삼배양근과 자일리톨을 함유한 배추김치의 특허인 Jung BM 등(2011)과 논문 Lee KJ 등(2014)의 논문에서 탄산미가 모두 증가하는 것으로 보고되었

[†] Corresponding author : Kun Jong Lee, Tel: +82-2-3708-9247, Fax: +82-50-4159-4850, E-mail: kunjong@hanmail.net

다. 또한, 김치 제조(Moon 등 2003)에 자일리톨을 첨가하면 구강미생물에 의해 발효되지 않기 때문에 충치에 대한 예방 효과가 있는 것으로 보고되었다(Kim DK 등 2000).

따라서 본 연구에서는 자일리톨을 첨가하여 제조한 고구마순김치의 발효 중 품질특성 변화를 알아보려고 하였다.

연구 방법

1. 재료

1) 고구마순김치 제조

고구마순의 생산지는 전라남도도 서울시 홍제동 소재, 인왕시장에서 구입하여 시료로 사용하였다. 천일염(CJ, Incheon, Korea)으로 제조한 9.1% 소금물 5 L에 껍질을 제거한 고구마순 5 kg을 넣고 30분간 절였다. 이것을 끓는 물 5 L에 1분간 살짝 데쳐 흐르는 수돗물에 행군 후 찬물에 씻어 1시간 동안 소쿠리에 건져 두어 물기를 제거하였다. 찹쌀풀은 국내산 찹쌀가루(Yeongwol Nonghyup, Yeongwol, Korea) 30 g을 물 370 mL에 풀어 10분간 가열 후 찬물에 식혀서 사용하였다. 마늘, 생강, 양파와 쪽파는 국내산으로 롯데마트에서 구입하였고, 멸치액젓(Natural Food, Gyeongju, Korea)을 넣어 믹서로 혼합한 후 고춧가루와 식혀 둔 찹쌀풀을 정량대로 넣어 김치를 제조하였다(Table 1). 대조군(Control; Con)에는 설탕 대신에 증류수를 1.2% 첨가하여 제조하였고, 실험군에는 당의 종류를 다르게 SG군(sugar group; SG)에는 설탕을 넣고, XG군(xylitol group; XG)은 자일리톨(Samin Chemical, Mira Loma, US)을 각각 첨가하여 제조하였다(Table 1). 시료는 170 g씩 폴리에틸렌(LDPE) 지퍼백(17.7 × 18.8 cm, Ziploc, Bangkok, Thai)에 각 군당 3개씩 시료를 Table 1과 같은 비율로 김치를 제조하여 4℃ 냉장고에서 보관하면서 3 반복할 시료로 사용하였다. 고구마순김치 시료는 0일, 7일과 14일 저장 후 이화학적 특성을 측정하였다.

2) 시료의 전처리 및 에탄올 추출

고구마순김치를 0일, 7일과 14일 간 저장한 후 그대로 동결건조기(Vacuum freeze dryer, Samwon, Sungnam, Korea)에 넣어서 동결건조한 후 가정용 식품분쇄기(Hanil, Incheon, Korea)를 이용하여 곱게 분쇄한 후 50 mL falcon tube에 넣은 후 -20℃에서 냉동보관하면서 시료로 사용하였다. 에탄올 추출물 제조법은 95% 에탄올(Duksan, Korea)에 건조한 시료 2 g/40 mL 에탄올을 삼각플라스크에 붓고 파라필름으로 밀봉한 후 24시간 shaking water bath(Daihan Science, Wonju, Korea)에서 30℃, 150 rpm 조건에서 1회 추출하였고, 상등액을 여과지(Watman No. 2, Sigma-Aldrich, Buckinghamshire,

Table 1. Recipe of sweet potato stalks kimchi

Materials	Treatment group ¹⁾					
	Con		SG		XG	
	g	%	g	%	g	%
Sweet potato stalks blanched(g, %)	130	76.5	130	76.5	130	76.5
Red pepper powder	3	1.8	3	1.8	3	1.8
Garlic	2	1.2	2	1.2	2	1.2
Ginger	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3
Waxy rice paste	7.5	4.4	7.5	4.4	7.5	4.4
Anchovy sauce	2	1.2	2	1.2	2	1.2
Water	10	5.9	8	4.7	8	4.7
Green onion	15	8.8	15	8.8	15	8.8
Sugar			2	1.2		
Xylitol					2	1.2
Total weight(g)	170	100	170	100	170	100

¹⁾ Treatment group, Con: Control, SG: Sugar group, XG: Xylitol group.

UK)에 거른 후 다시 2 g/40 mL 에탄올로 24시간 동일하게 추출한 후 여과하여 최종부피를 2 g/100 mL로 정용하였다. 에탄올 추출물을 모아 rotary vacuum evaporator(EYELA, Tokyo, Japan)로 40℃에서 감압 농축하여 에탄올을 모두 증발시키고, 남은 에탄올추출물을 냉동보관(-18℃)하면서 DPPH 라디칼 소거능과 환원력 측정 실험용으로 사용하였다.

3) 시약

시료 추출용 시약은 95% 에탄올(Duksan, Ansan, Korea)과 시험분석용으로 사용한 99.9% 에탄올(Merck, Darmstadt, Germany)을 사용하였다.

2. 실험 방법

1) pH와 산도

고구마순김치를 믹서에 분쇄한 후 김치국물 상등액 시료 1 g을 취해서 증류수 60 mL를 추가한 플라스틱 비이커에 넣고 pH 미터(version 1.1.0, Mettler Toledo T50, Switzerland)로 3회 측정하였다. 산도(% w/v)는 고구마순김치 시료 1 g에 증류수 60mL를 넣어 충분히 균질화한 후 산도계측기(Mettler Toledo T50, Urdorf, Switzerland)를 사용하여 중화적정법의 원리로 자동계산 하여 3회 측정하였다(Lee KJ 등 2014).

2) 기계적 조직감(Texture profile analysis; TPA)

TPA(texture profile analysis)는 Kim HR & Kim MR(2010)의 방법에 따라 시료의 기계적 조직감은 texture analyser (T/AXT2, Stable Micro System Ltd., Surrey, UK)를 사용하여 시료를 5 cm의 크기로 일정하게 자른 고구마순김치를 직경 5 mm인 plunger (SMSP/5A)를 이용하여 가운데 부분에 probe가 닿도록 측정하였다. 측정조건은 plunger 직경 5 mm(SMSP/5A), 사전 속도(pre-test speed)는 5.0 mm/S, 측정 속도(Test speed) 5.0 mm/S, 측정 후 속도(post-test speed)는 5.0 mm/S, strain는 70.0 % and 2s, trigger type auto 10 g이었다. 측정항목은 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 각각 저장 기간에 따라 측정하였다.

3) 색도

시료 30 g을 페트리디쉬에 나란히 붙여서 담은 후 색차계(D-1001 DP, Nippom Denshoku Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. Hunter L값(명도, lightness), a값(적색도, redness), b값(황색도, yellowness)를 3회 반복하여 측정하여 평균값으로 나타내었다. Standard color value는 L값 81.83, a값 80.31, b값 91.62인 백색판(calibration plate)을 표준으로 사용하였다. 측정값은 평균(mean)±표준편차(S.D.) (n=3)으로 표기하였고, 색차지수 ΔE를 계산하였다.

4) DPPH(2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) 라디칼 소거능

항산화능의 지표로 이용되는 DPPH 라디칼 소거능은 저장 기간 0일, 7일과 14일 쯤 측정하였다(Yasushi S 등 1999). 시료의 에탄올 추출물을 다시 0.1 mg/mL 에탄올로 녹인 후, micro tube (EP tube, GSCP17/MB-E17, Hongkong, Chinese)에 10 μL, 20 μL, 30 μL, 40 μL, 50 μL, 70 μL, 90 μL씩 각각 넣고 200 μM의 DPPH 용액 800 μL를 넣었다. 에탄올을 각각 190 μL, 180 μL, 170 μL, 160 μL, 150 μL, 130 μL, 110 μL씩 채워서 총 부피를 1 mL가 되게 하여 시료의 최종농도를 1 mg/mL, 2 mg/mL, 3 mg/mL, 4 mg/mL, 5 mg/mL, 7 mg/mL 및 9 mg/mL로 각각 제조하였다. 37°C 수조에서 30분간 incubation한 후 517 nm에서 UV spectrophotometer(Ultrospec 2100, Amersham, UK)로 흡광도를 측정하였다. 대조군의 흡광도(OD)와 시료군의 OD를 측정한 후 감소한 만큼의 차에 대한 흡광도 비율을 구해 DPPH 라디칼 소거능 IC₅₀을 각각 계산하였다(Kim JH & Lee KJ 2013). 3회 씩 반복실험 각각 평균(mean)±표준편차(S.D.)으로 표시하였다. 이 때 대조군으로는 BHA(Sigma, St, Louis, MO, USA)를 각각 0.5 μg/mL, 1 μg/mL, 2 μg/mL, 4 μg/mL, 6 μg/mL, 8 μg/mL 농도별로 녹여서 DPPH 라디칼 소거능을 조사하였고, Y=6.311x+4.278

(R²=0.99)의 일차방정식에 의하여 구한 BHA 표준품의 IC₅₀ 함량은 7.24 μg/mL으로 나타났다.

5) 환원력 측정

시료의 환원력은 철 이온을 Fe³⁺에서 Fe²⁺로 환원시키는 강도가 클수록 발색의 정도가 증가하는 원리를 이용하여 측정하였다(Yildirim A 등 2001). 환원력 시험에 사용한 0.2 M 인산완충액 용액(phosphate buffer)의 pH는 6.6이었다. 완충액은 각각 KH₂PO₄(Ducksan, Ansan, Korea), K₂HPO₄(Ducksan, Ansan, Korea)를 가지고 제조하여 사용하였다. 농축한 시료를 각각 99.5% 에탄올을 가지고 100 μg/mL, 500 μg/mL, 1000 μg/mL 농도로 만든 후 0.2 mL 씩 취하고, 여기에 0.5 mL의 인산완충용액과 0.5 mL의 potassium ferricyanide (Sigma, St, Louis, MO, USA, 1%, w/v)를 첨가하여 섞은 후 50°C에서 30분간 반응시켰다. 반응액에 0.5 mL의 trichloroacetic acid (Sigma, St, Louis, MO, USA, 10%, w/v)를 첨가하여 섞은 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상층액 0.5 mL를 취하여 시험관에 담고, 0.5 mL의 증류수와 0.1 mL의 FeCl₃ (0.1%, w/v)를 첨가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. Ascorbic acid(Sigma, St, Louis, MO, USA)를 표준시약으로 사용하였고, 표준곡선(Y=0.006X+24.44, R²=0.99)을 그린 후 각각 시료의 흡광도에 해당하는 ascorbic acid 환원력을 계산하여 ug ascorbate eq./mL 단위로 환원력을 표시하였다.

6) 유리당 함량

유리당 함량은 시료를 0.45 μm syringe filter(Xpertak, Rivonia, South Africa)로 여과하여 Table 2의 조건으로 HPLC (Waters, Milford, MA, USA)에 주입하여 분석하였다(Lim JH 등 2013). 이 때 표준물질은 fructose(Sigma, St, Louis, MO, USA), sucrose(Sigma, St, Louis, MO, USA), maltose(Sigma,

Table 2. HPLC conditions for free sugar analysis

Instrument	PU 980 (Jasco, Tokyo, Japan)
Solvent	Acetonitrile : water=87:13 (v/v)
Flow rate	1.2 mL/min
Detector	RI detector (830-RI, Jasco)
Oven temperature	39°C
Column	Carbohydrate analysis (C ₁₈ Silica Column, Waters, Milford, MA, USA) 3.9×300 mm, 10 μm
Injection volume	20 μL

St, Louis, MO, USA), xylitol(Sigma, St, Louis, MO, USA)을 사용하였다.

3. 통계분석

고구마순김치를 대조군, SG군, XG군으로 실험한 결과는 3회 실험한 평균(mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다. 시료 간 통계분석은 SPSS 통계프로그램(ver. 12, IBM Corp., Armonk, NY, USA)으로 실시하였다. ANOVA 실시 후 $p < 0.05$ 에서 유의차가 있으면 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. pH와 산도

시료의 저장 기간 별 pH와 산도는 Table 3과 같다. 저장 0일 째 pH는 대조군 5.92, SG군 5.73과 XG군 5.68이었고($p < 0.005$), 저장 7일 째 대조군 5.25, SG군 4.78, XG군 4.95로 처리군 간 유의적인 차이가 없었고, 저장 14일 째 대조군 4.50, SG군 4.21과 XG군 4.27로 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 14일 숙성 후 SG군이 가장 낮은 pH를 나타내는 경향을 보였고, 대조군이 가장 높은 pH를 나타내었다. 이것은 김치 숙성 중 유기산이나 젖산균 등이 생성되어 pH에 영향을 준 것이다(Moon SW 등 2003). 산도는 저장 0일 째 대조군 0.24%, w/v, SG군 0.20% w/v, XG군 0.23%, w/v($p < 0.001$)이었고, 저장 7일 째 대조군 0.23%, w/v, SG군 0.30%, w/v, XG군 0.35%, w/v이었고($p < 0.005$), 저장 14일 째 대조군 0.76%, w/v, SG군 0.88%, w/v, XG군 0.82%, w/v로 나타났다. 발효 중 대조군과 XG군의 산도

가 가장 낮았고 SG군이 가장 높은 경향을 보였다. 저장 기간 0일, 7일과 14일과 대조군(Con)의 차이를 비교했을 때 0일, 7일과 14일 저장 기간이 지날수록 SG군 간에 유의적인 차이를 나타내었고($p < 0.001$), 0일, 7일 및 14일과 XG군($p < 0.001$)에 대하여 현저하게 차이가 나타났다. SG군은 발효 중 설탕이 젖산균의 먹이가 되어 젖산균의 생육을 활발하게 하므로 유기산을 더 많이 만들었기 때문(Lee KJ 등 2014)으로 사료된다. 김치는 대부분 젖산균이 설탕과 같은 이당류를 분해하여 단당류인 포도당과 과당으로 분해한다고 알려져 있다(Kim DK 등 2000). Sucrose량이 14일 후 감소하였으며, 맥아당의 함량도 약간 증가하였다(Table 7). 한편, XG군의 자일리톨은 발효에 거의 이용되지 않고 그대로 남아 있었다. pH와 산도 변화는 이전에 보고(Moon SW 등 2003)한 자일리톨 첨가 배추김치와 유사한 경향이였다. 결과적으로, XG군의 고구마순김치가 발효될수록 자일리톨을 당으로 이용하지 못하므로 고구마순김치의 숙성이 더 느려진 것으로 추정된다.

2. 기계적 조직감

저장 기간 동안 고구마순김치의 기계적 조직감을 측정하여 Table 4에 나타내었다. 일반적으로 고구마순김치는 저장 초기부터 대조군은 2,901.54 g/N, SG군은 2,859.73 g/N으로 간에는 유의적인 차이가 없었으나, XG군이 3,184 g/N으로 비교적 높게 나타났다. 이것은 저장 7일, 14일에도 XG군이 각각 3,275.16 g/N, 3,205.88 g/N으로 대조군(2,608.25 g/N), SG군 2,849.33 g/N, 2,951.78 g/N보다 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 경도 측정은 고구마순 자체의 굵기와 크기의

Table 3. pH and acidity of sweet potato stalks *kimchi* during fermentation periods

Fermentation periods (day)	Treatment group ¹⁾				
	Con	SG	XG	F-value	
pH	0	5.918±0.129 ^{1)aa*}	5.734±0.128 ^{ab2)}	5.687±0.069 ^{ab3)}	6.066 ^{*4)}
	7	5.246±0.258 ^{ba*}	4.783±0.031 ^{bb}	4.950±0.09 ^{bb}	4.95 ^{NS}
	14	4.496±0.142 ^{ca}	4.215±0.040 ^{cb}	4.272±0.089 ^{cb}	13.37 ^{**}
	F-value	137.849 ^{***}	1,540.839 ^{***}	215.992 ^{***}	
Acidity (%, W/V)	0	0.237±0.005 ^{ba}	0.203±0.007 ^{cc}	0.227±0.001 ^{bb}	38.701 ^{***}
	7	0.227±0.035 ^{bb}	0.297±0.016 ^{ca}	0.345±0.041 ^{ba}	9.801 [*]
	14	0.759±0.005 ^a	0.876±0.041 ^a	0.818±0.277 ^{anS}	0.104
	F-value	124.377 ^{***}	618.985 ^{***}	80.545 ^{***}	

¹⁾ Treatment group, Con: Control, SG: Sugar group, XG: Xylitol group.

²⁾ Mean value±S.D.

³⁾ A~C Means with different superscripts in a row are significantly different by the Duncan's multiple range test.

^{a~c} Means with different superscripts in a column are significantly different by the Duncan's multiple range test.

⁴⁾ * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Table 4. Texture Profile Analysis of sweet potato stalks kimchi during fermentation periods

Fermentation periods (day)	Treatment group ¹⁾				
	Con	SG	XG	F-value	
Hardness (g/N)	0	2,901.54±142.73 ^{2)B3)}	2,859.73±174.27 ^B	3,184.86±148.57 ^A	6.45 ^{*4)}
	7	2,608.25±426.73 ^B	2,849.33±140.20 ^{AB}	3,275.16±150.68 ^A	6.59 [*]
	14	2,599.14±412.82 ^B	2,951.78±152.95 ^{AB}	3,205.88±361.05 ^A	5.49 [*]
	F-value	1.274 ^{NS}	0.336 ^{NS}	0.330 ^{NS}	
Springiness	0	0.69±0.07 ^b	0.67±0.23	0.686±0.14	0.01 ^{NS}
	7	0.83±0.07 ^a	0.63±0.10	0.596±0.14	5.51 ^{NS}
	14	0.82±0.07 ^a	0.61±0.11	0.574±0.13	6.45 ^{NS}
	F-value	5.713 ^{***}	0.177 ^{NS}	0.880 ^{NS}	
Cohesiveness	0	0.15±0.02 ^b	0.140±0.05	0.160±0.03	0.52 ^{NS}
	7	0.23±0.04 ^{aA}	0.15±0.03 ^B	0.142±0.04 ^B	7.99 [*]
	14	0.23±0.04 ^{aA}	0.15±0.02 ^B	0.140±0.03 ^B	10.30 [*]
	F-value	10.449 ^{***}	0.202 ^{NS}	0.607 ^{NS}	
Gumminess	0	425.10±75.20 ^b	405.96±93.23	529.932±97.13	3.84
	7	594.17±36.92 ^a	442.45±81.04	465.01±120.37	4.73
	14	590.17±36.91 ^a	424.96±81.97	451.024±108.83	1.39
	F-value	22.594 ^{***}	0.211 ^{NS}	0.423 ^{NS}	
Chewiness (g)	0	302.67±67.68 ^b	295.24±193.03	352.106±101.00	0.28
	7	490.50±29.49 ^{aA}	282.97±90.73 ^B	282.800±103.59	8.82 [*]
	14	488.55±29.49 ^{aA}	265.84±94.98 ^B	264.869±98.26	10.29 [*]
	F-value	23.071 ^{***}	0.051 ^{NS}	1.030 ^{NS}	

¹⁾ Treatment group, Con: Control, SG: Sugar group, XG: Xylitol group.

²⁾ Mean value±S.D.

³⁾ A-B Means with different superscripts in a row are significantly different by the Duncan's multiple range test.

^{a-b} Means with different superscripts in a column are significantly different by the Duncan's multiple range test.

⁴⁾ * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

편차가 있다는 실험 한계가 있다. XG군의 경도는 저장 기간이 지나도 초기와 유사하였다. 이것은 자일리톨을 첨가한 배추김치가 발효 시 설탕 첨가군보다 경도가 증가한다는 보고와 유사하였다(Lee KJ 등 2014). 응집성(cohesiveness) 항목에서는 저장 7일 째 대조군이 0.23, SG군이 0.1, XG군이 0.142 순으로 나타났다. 대조군에서 응집성(cohesiveness)과 씹힘성(chewiness)이 가장 크게 나타났다. 씹힘성(chewiness)도 마찬가지로 저장 7일 째 대조군이 490.50 g, SG군이 282.97 g, XG군이 282.80 g으로 대조군과 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 반면에 탄력성(springiness)과 검성(gumminess) 항목에서는 유의적인 차이가 없었다. 고구마순김치는 배추김

치와 같이 발효 중 분해된 당을 이용하여 젖산균과 여러 가지 유기산을 생성하여 산도가 저하되므로 텍스처 결과에 영향을 준 것으로 추정된다. 또한, 오이피클의 숙성 중 결과와 유사하게 고구마순김치도 발효 중 줄기부분에 존재하는 펙틴과 세포벽의 분해 효소가 유리되어 다당류의 질적·양적 변화를 일으키는 것이다. 따라서 발효 중 질감의 변화가 일어난다고 할 수 있다(Lim NG & Yoo SS 2015; Oh YA 등 1990).

3. 색도

저장 기간 동안 고구마순김치의 색도 변화는 Table 5와

같다. 고구마순김치의 명도(L)값은 제조 0일 째 대조군의 값이 가장 높게 나타났고($p<0.001$), SG와 XG군에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 제조 7일 째에는 SG군이 가장 높게 나타났으며, 대조군과 XG군 간에는 차이가 없었다($p<0.01$). 제조 14일 째에는 SG군이 가장 높게 나타났고, XG군과 대조군 순으로 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.001$). 적색도(a)값은 제조 0일 째에는 대조군이 가장 높게 나타내었고($p<0.001$), SG군과 XG군 간에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 저장 7일 째부터 SG군이 가장 높은 값을 나타내었으며, 대조군과 XG군 사이에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p<0.001$). 저장 14일 째 고구마순김치의 적색도값은 SG군이 가장 높게 나타내었고, 대조군과 XG군 간 차이를 나타내지 않았다($p<0.001$). 황색도(b)는 저장 초기인 0일 째에는 대조군이 가장 높게 나타내었으며($p<0.001$), SG군과 XG군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 숙성이 진행되어 7일, 14일 째가 되면 SG군에서 가장 높은 황색도(b) 값을 나타내었고($p<0.001$), 대조군과 XG군 간의 고구마순김치에서는 유의적인 차이가 없었다. 색차지수(ΔE 값)을 비교해 볼 때 저장 0일 째에는 대조군과 SG군과 XG군 간에 18.85, 19.41로 비교적 높은 값을 나타내었다. 저장 7일 째에도 5.13과 2.32로 높은 차이를 나타내었다. 이는 저장 14일 째 색차지수값이 8.08과 4.20으로 대조군보다 더 유의적으로

나타났다. 이는 자일리톨을 첨가하여 제조한 배추김치에 대한 보고와 유사한 경향으로 나타났다(Lee KJ 등 2014). SG군은 발효가 진행되면서 설탕을 이용한 유산균의 생육이 증가하여 젖산 함량이 높아져 김치의 색 변화를 유도하게 된다. 클로로필 색소의 일부는 유기산의 함량이 증가하면서 산도가 증가하고 pH는 감소하게 되며, 클로로필의 일부는 페오피틴이나 페오포비드로 전환된다(Kim NG & Yoo SS 2015). 일반적으로 색차지수(ΔE)를 측정할 결과, 현터 색차계에서 색차지수값은 0~0.5는 색차가 거의 없는 것이고, 1.5~3은 감지할 정도의 차이가 있는 것이며, 3~6은 현저한 차이를 나타내는 것이며, 6~12는 극히 현저한 차이를 나타내는 것이고, 12 이상은 다른 계통의 색으로 결정될 정도의 차이를 나타내는 것으로 알려져 있다(Kim HY 등 2009). 저장 0일 째 대조군과 색차지수로 SG군에서 18.85, XG군 19.41로 전혀 다를 정도의 색 차이가 있는 것으로 나타났다. 7일 째 SG군은 5.13으로 대조군과 현저한 차이가 있는 반면에, XG군은 2.32로 약간의 차이만 있었다. 제조 14일이 지나면 색체계수 값이 XG군과 대조군이 현저하게 차이가 나므로 나타났다. 이것은 자일리톨을 첨가한 배추김치의 숙성 과정과 유사한 경향을 보였다(Lee KJ 등 2014). 결과적으로, 자일리톨을 넣은 고구마순김치(XG)의 색도 변화가 대조군보다 느리게 일어나는 것이다.

Table 5. Change of Hunter's values of sweet potato stalks *kimchi* during fermentation periods

Hunter's value	Fermentation periods (day)	Treatment ¹⁾			F-value
		Con	SG	XG	
L	0	47.01±0.17 ^{2)A3)}	39.45±0.31 ^B	39.60±0.12 ^B	1,193.23 ^{***4)}
	7	38.98±0.15 ^B	40.47±0.22 ^A	39.12±0.81 ^B	8.37 ^{**}
	14	39.63±0.36 ^C	43.38±0.18 ^A	42.63±0.13 ^B	139.77 ^{***}
a	0	30.34±0.17 ^A	14.42±0.59 ^B	13.67±8.16 ^B	1,199.21 ^{***}
	7	14.57±0.15 ^B	19.03±0.24 ^A	15.27±1.31 ^B	28.79 ^{***}
	14	14.71±0.47 ^A	7.52±0.17 ^B	15.23±0.05 ^A	745.65 ^{***}
b	0	22.69±0.33 ^A	16.01±0.56 ^B	16.06±0.25 ^B	274.41 ^{***}
	7	15.47±0.09 ^B	17.99±0.28 ^A	15.15±0.75 ^B	33.48 ^{***}
	14	16.84±0.17 ^B	14.55±0.42 ^B	18.48±0.11 ^A	163.73 ^{***}
ΔE	0		18.85±0.82	19.41±0.56	
	7		5.13±0.38	2.32±0.58	
	14		8.08±0.01	4.20±0.10	

¹⁾ Treatment group, Con: Control, SG: Sugar group, XG: Xylitol group.

²⁾ Mean value±S.D.

³⁾ A-C Means with different superscripts in a row are significantly different by the Duncan's multiple range test.

⁴⁾ ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

Table 6. DPPH radical scavenging effect of IC₅₀ in sweet potato stalks kimchi during fermentation periods

Fermentation periods (day)	Treatment ¹⁾ (mg/mL)			F-value
	Con	SG	XG	
0	14.16±1.17 ^{a2)A3)}	9.22±0.21 ^{aB}	8.04±0.15 ^{bbB}	44.444 ^{**4)}
7	6.72±0.35 ^{bc}	8.71±0.57 ^{bbB}	10.35±0.31 ^{aA}	88.118 ^{**}
14	2.30±0.07 ^{cB}	4.86±0.67 ^{cA}	4.25±0.02 ^{cA}	23.392 [*]
F-value	144.82 ^{**}	477.740 ^{***}	68.393 ^{**}	

1) Treatment group, Con: Control, SG: Sugar group, XG: Xylitol group.

2) Mean value±S.D.

3) A~C Means with different superscripts in a row are significantly different by the Duncan's multiple range test.

a~c Means with different superscripts in a column are significantly different by the Duncan's multiple range test.

4) * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

4. DPPH 라디칼 소거능

고구마순김치를 동결 건조한 분말 2 g을 99% 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거능을 측정하여 Table 6에 IC₅₀을 나타내었다. 고구마순김치 실험군에서 제조 0일 째 대조군이 14.16 mg/mL, SG군이 9.22 mg/mL, XG군이 8.04 mg/mL로 SG군이 가장 큰 항산화능을 나타내었다($p < 0.01$). 저장 7일째에는 대조군이 6.72 mg/mL, SG군이 8.71 mg/mL, XG군이 10.35 mg/mL로 대조군에서 DPPH 라디칼 소거능이 높게 나타났다($p < 0.01$). 반면에 저장 14일 째에는 대조군이 2.30 mg/mL로 가장 높은 항산화능을 나타내었고, XG군은 4.25 mg/mL, SG군이 4.86 mg/mL 순이었다($p < 0.05$). 보통 배추김치 등에서 14일 정도에 숙성이 활발하게 일어날 때 ascorbate와 같은 항산화 비타민의 함량이 숙성 적기에 증가한다. 이것은 고구마순 자체의 항산화 활성은 78.2%로 고구마 괴근보다 42.3%나 높은 활성을 보이기 때문에 고구마순에 존재하는 ferulic acid와 같은 phenolic 화합물의 함량에 의한 활성산소를 중화시켜 항산화 활성(Kwak CS 등 2013)이 커지기 때문이다. 고구마순김치의 DPPH 라디칼 소거능은 저장 기간이 지나면 배추김치에서 증가하는 결과와 유사하였다(Lee KJ 등 2014). 이것은 김치 발효 중 저장 기간이 지날수록 0일 째보다 대조군, XG군의 항산화능이 더욱 증가하는 것은 항산화물질 등이 생성된다는 것을 의미한다. 반면에, 발효가 진행된 14일 후, DPPH 라디칼 소거능은 자일리톨(XG)과 설탕을 넣은 군(SG)간 유의적인 차이는 없다(Table 6). 모든 실험군에서 항산화능을 증가하려면 고구마순김치를 충분히 발효시켜 먹는 것이 바람직하다.

5. 환원력 측정

동결 건조한 고구마순김치 분말을 0.5 g/5 mL(5% TCA)로 추출 후 원심분리하여 ascorbic acid 표준곡선을 이용하여 환원력을 정량하여 Fig. 1에 나타내었다. 환원력은 저장 0일 째

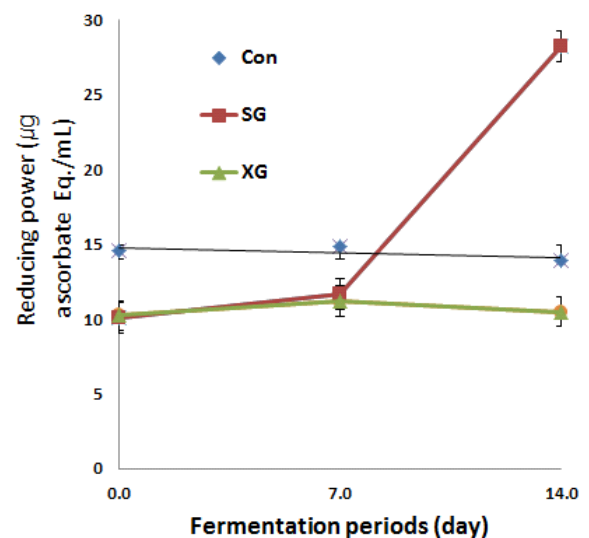


Fig. 1. Reducing power in sweet potato stalks kimchi fermentation periods.

Con: Control, SG: Sugar group, XG: Xylitol group.

SG군은 10.09 µg ascorbate eq./mL, 7일 째 SG군에서 11.66 µg ascorbate eq./mL, 14일 째 SG군에서 28.23 µg ascorbate eq./mL로 발효가 진행됨에 따라 환원력이 증가하는 것으로 나타났다. 대조군은 0일 째 14.6 µg ascorbate eq./mL, 7일 째 14.85 µg ascorbate eq./mL, 14일 째 13.95 µg ascorbate eq./mL를 나타내었다. XG군은 0일 째 10.24 µg ascorbate eq./mL, 7일 째 11.19 µg ascorbate eq./mL, 14일 째 10.48 µg ascorbate eq./mL로 나타났다. 저장 기간이 증가할수록 환원력이 증가하는 경향이며, SG군의 환원력이 가장 큰 것으로 나타났다. 지금까지 고구마순의 환원력은 폴리페놀이나 플라보노이드 함량과 상관계수($R^2=0.84$)가 큰 것으로 보고되었다(Kwak CS 등 2013). 이는 XG군을 첨가하는 것이 환원력의 증가에는 큰 영향을 미치지 않았다. SG군에서 ascorbate 등가량(eq.)으로

환원력이 증가한 것을 나타냈다. 이는 배추김치 발효 중 ascorbate와 같은 물질을 생성하였기 때문으로 사료된다. 대조군, XG군에서 자일리톨은 환원력의 변화가 미미하다. 이것은 발효 중 이러한 환원력을 가지는 물질의 합성이 거의 일어나지 않았기 때문이라고 사료된다.

6. 유리당 측정

고구마순김치의 저장 기간 별 유리당 및 자일리톨 함량 변화는 Table 7에 나타내었다. 초기 glucose 함량은 25.10~26.47 mg% 수준으로 대조군의 함량이 다소 높았다. 저장 기간 동안 SG군과 XG군은 유의적인 변화가 없었다. Sucrose 함량은 SG군의 경우, 저장 0일 쟀 1.89 mg% 수준으로 다른 처리군 0.21 mg% 수준에 비해 현저히 높은 값을 나타내었으며, 저장 기간 동안 감소하는 경향을 나타내어 저장 14일 쟀 0.18~0.33 mg% 수준을 나타내었다. 설탕은 발효가 진행되면서 과당과 포도당으로 분해되기 때문에 발효가 진행될수

록 적어지는 경향을 보였다. 그러나, Kim DK 등(2000)은 포도당이 유산균 발효에 가장 잘 이용되는 당이라고 알려져 있었는데, 본 결과에서는 포도당이 크게 감소하지 않아 결과 차이가 있었다. 고구마순김치 발효에 주로 영향을 미친 sucrose의 감소로 인해 결국 포도당과 과당으로 분해되어 일부 젓산균의 먹이로 사용되었을 가능성이 크다. Maltose 함량은 초기 0.44~0.58 mg% 수준으로 대조군과 SG군이 다소 높은 수준을 나타내었으며 저장 기간 동안 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 고구마순 조직 중 존재하던 다당류가 분해되어 일부 maltose 단위로 유리되었기 때문이라고 여겨진다. Maltose 증가로 포도당의 함량은 저장 기간 중 대조군에서 약간 증가하는 경향을 보였다. 김치 저장 중 유리당 함량이 기준에 보고(Lim JH 2013; Sung JM & Choi HY 2009)된 연구에서는 감소하였고 본 연구와 유사하였다. 자일리톨 함량은 XG군에서 검출되었으며, 초기 6.82 mg%에서 저장 기간 동안 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 반면에 자일리톨은

Table 7. Free sugar and xylitol contents of sweet potato stalks kimchi during fermentation periods

Unit: mg%

	Fermentation period (days)	Treatment ¹⁾			F-value
		Con	SG	XG	
Glucose	0	26.47±0.07 ^{2)c3)A}	25.10±0.23 ^B	25.49±0.31 ^B	18.845 ^{*4)}
	7	28.77±0.22 ^a	25.12±2.36	25.17±0.01	4.667
	14	27.04±0.04 ^b	27.55±0.58	25.32±1.30	4.052
	F-value	158.993 ^{***}	1.992	0.084	
Sucrose	0	0.21±0.01 ^B	1.89±0.04 ^{aA}	0.21±0.01 ^B	3,200.006 ^{***}
	7	0.20±0.01 ^B	1.71±0.12 ^{aA}	0.20±0.01 ^B	319.296 ^{***}
	14	0.21±0.01 ^B	0.33±0.01 ^{bA}	0.18±0.02 ^B	50.442 ^{**}
	F-value	0.695	272.401 ^{***}	1.510	
Maltose	0	0.57±0.00 ^A	0.58±0.04 ^{aA}	0.44±0.02 ^{aB}	19.021 [*]
	7	0.48±0.01	0.52±0.06 ^a	0.41±0.01 ^a	4.117
	14	0.32±0.01	0.33±0.01 ^b	0.34±0.02 ^b	0.948
	F-value	2.737	16.710 [*]	23.658 [*]	
Xylitol	0	0.00±0.00 ^B	0.00±0.00 ^B	6.82±0.51 ^A	358.892 ^{***}
	7	0.00±0.00 ^B	0.00±0.00 ^B	6.96±0.00 ^A	1,934,881.000 ^{***}
	14	0.00±0.00 ^B	0.00±0.00 ^B	6.62±0.08 ^A	14,509.298 ^{***}
	F-value	-	-	0.640	

1) Treatment group, Con: Control, SG: Sugar group, XG: Xylitol group.

2) Mean value±S.D.

3) A~B Means with different superscripts in a row are significantly different by the Duncan's multiple range test.

a~c Means with different superscripts in a column are significantly different by the Duncan's multiple range test.

4) * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

발효에 전혀 이용되지 않았다. 이는 고구마순김치에 첨가하는 당의 종류에 따라 숙성 중 유리당의 조성 및 함량이 달라지는 것으로 추정된다.

요약 및 결론

본 연구에서 대조군, 설탕, 자일리톨을 첨가한 고구마순김치를 제조하여 4°C 냉장 보관하면서 저장 기간 동안 품질 특성을 측정하였다. 고구마순김치의 pH는 제조 0일, 7일 및 14일 후 모두 대조군, XG군, SG군 순으로 pH가 가장 낮았다. 산도는 0일과 7일 후에는 SG군, 대조군, XG군 순으로 나타나 XG군이 가장 높은 반면, 14일째에는 처리군 간에 유의적인 차이가 없었다. XG군의 자일리톨을 넣은 고구마순김치는 색도 변화가 더디게 일어났다. 고구마순김치의 에탄올로 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 조사한 결과, IC₅₀은 0일째 SG군 9.22 mg/mL, 대조군 14.16 mg/mL, XG군 8.04 mg/mL로 나타내었다. 저장 기간 동안 감소하여 저장 14일째 대조군은 2.30 mg/mL로 감소하여 초기에 비해 80% 이상 감소하는 경향을 나타내었으며, SG군과 XG군에는 37~61% 수준 감소 경향을 나타내었다. 유리당 측정 결과, 포도당(glucose)이 주로 검출되어 초기 25.10~26.47 mg% 수준이었고 저장 기간 동안 대조군을 제외하고 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Sucrose 함량은 SG군이 초기 1.89 mg% 수준으로 가장 높았고, 저장 기간 동안 감소하여 저장 14일째 다른 처리군과 비슷한 수준인 0.33 mg% 수준을 나타내었다. Maltose 함량은 초기 0.44~0.58 mg% 수준으로 대조군과 SG군이 다소 높은 수준을 나타내었으며, 저장 기간 동안 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 발효 중 설탕을 분해하여 젖산균 등이 이용한 것으로 사료되며, 자일리톨의 함량은 XG군에서만 검출되어 초기 6.82 mg%로 기간 동안 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

이상에서 XG군의 고구마순김치의 경도, 씹힘성은 SG군에 비하여 단단하고, DPPH 라디칼 소거능과 환원력은 0일째 SG군은 10.09 µg ascorbate eq./mL, 7일째 SG군에서 11.66 µg ascorbate eq./mL, 14일째 SG군에서 28.23 µg ascorbate eq./mL로 숙성 14일째 환원력이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 반면에, 저장 기간 동안 대조군과 XG군은 환원력이 크게 영향을 미치지 않았다. XG군은 산도, 경도 저하를 적게 하므로 대체 감미료로써 이용가능성이 있다. 결과적으로 자일리톨, 설탕 등 당 종류를 달리한 고구마순김치는 제조 직후보다 김치 발효 중 저장 기간이 지날수록 0일째보다 대조군, XG군의 DPPH 라디칼 소거능이 더욱 증가하는데 의의가 있다. 따라서 고구마순김치는 대부분 7일 또는 14일 정도 발효시켜 먹는 것이 더 좋다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 2011년 한식세계화용역연구사업(한식 우수성·기능성 연구)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Ahn, SI, Bok JH, Son JY (2007) Antioxidative activities and nitrite-scavenging abilities of some phenolic compounds. *Korean J Food Cook Sci* 23(1): 19-24.
- Choi, DH, Shin DH, Chang YS, Shin JI (1992) Antioxidant activity of ethanol extract from *Rhus javanica* Linne on edible oil. *Korean J Food Sci Technol* 24(4): 320-325.
- Kim HY, Kim MR, Ko BK, Food quality evaluation (2009) Food Sensory characteristics. Vol II. pp 28-29. In: Hunter's color system. (eds). Hyoilbooks Press, Seoul, Korea.
- Han SK, Kang CS, Kim JM, Yang JW, Lee HU, Hwang UJ, Song YS, Lee JS, Nam SS, Lee NK (2015) Quality characteristics of bread manufactured with sweet potato leaf powder. *Korean J Food Nutr* 24(4): 571-578. <https://terms.naver.com>. Accessed July 17, 2018.
- Jung BM, Kim SM, Jung HJ, Lee KJ, Han GS, Park HP, Park GW (2011) Kimchi containing cultured wild ginseng root and xylitol. Korea patent 10-1,038,752.
- Kang, YH, Park YK, Lee GD (1996) The nitrile scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28(2): 232-239.
- Kim HR, Kim MR (2010) Effects of traditional salt on the quality characteristics and growth of microorganism from *kimchi*. *Korean J Food Cult* 25(1): 61-69.
- Kim JH, Lee KJ (2013) Antioxidative activities and gelatinization characteristics of sponge cake added with purple sweet potato. *J East Asian Soc Diet Life* 23(6): 750-759.
- Kim NG, Yoo SS (2015) Preference and quality characteristics of pickled cucumber depending on pickling temperature. *Korean J Cul Res* 21(1): 281-296.
- Kim DK, Kim SY, Lee JK, Noh BS (2000) Effects of xylose and xylitol on organic acid fermentation of *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 32(4): 889-895.
- Kumar AP, Pant S, Basu GR, Rao K, Khanna HD (2006) Oxidative stress in neonatal hyperbilirubinemia. *J Tropical Pediatrics* 53(2): 95-102.
- Kwak CS, Lee KJ, Chang JH, Park JH, Cho JH, Park JH, Kim KM, Lee MS (2013) *In vitro* antioxidant, anti-allergic

- and anti-inflammatory effects of ethanol extracts from Korean sweet potato leaves and stalks. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(3): 369-377.
- Lee FZ, Park KH, Eun JB (2004) Antioxidative effect of bamboo smoke distillates in palm oil and lard during storage. *Korean J Food Sci Technol* 36(6): 905-910.
- Lee JS, Park YK, Ahn YS, Kim HS, Chung MN, Jeong BC, Bang JK (2007) Antioxidative and biological activities of extracts of sweet potato tips. *J Crop Sci* 52(4): 411-420.
- Lee KJ, Sung JM, Kwon YS, Chung HJ (2014) Effects of cultured wild-ginseng root and xylitol on fermentation of *kimchi*. *Prev Nutr Food Sci* 19(1): 49-57.
- Lim JH, Park SS, Jeong JW, Park KJ, Seo KH, Sung JM (2013) Quality characteristics of *kimchi* fermented with abalone or sea tangle extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(3): 450-456.
- Moon SW, Shin HK, Gi GE (2003) Effects of xylitol and grapefruit seed extract on sensory value and fermentation of baechu *kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 35(2): 246-253.
- Oh YA, Lee MJ, Kim SD (1990) Changes in the pectic substances during ripening of salted cucumber pickle. *J Korean Soc Food Nutr* 19(2): 143-150.
- Scheie AA, Fejerskov O, Danielsen B (1998) The effects of xylitol-containing chewing gums on dental plaque and acidogenic potential. *J Dent Res* 77(7): 1547-1552.
- Sung JM, Choi HY (2009) Effects of Alaska pollack addition on the quality of *kimchi* (Korean salted cabbage). *Korean J Food Preserv* 16(5): 772-781.
- Yasushi S, Tsukasa N, Keiko S, Hiroe Y, Hisashi Y. (1999) Stopped-flow and spectrophotometric study on radical scavenging by tea catechins and model compounds. *Chem Pharm Bull* 47(10): 1369-1374.
- Yildirim A, Mavi A, Kara AA (2001) Determination of antioxidant and antimicrobial activities of *Rumex crispus* L. extracts. *J Agric Food Chem* 49(8): 4083-4089.

Date Received Sep. 12, 2018

Date Revised Oct. 3, 2018

Date Accepted Oct. 5, 2018