

알룰로스를 첨가하여 제조한 머핀의 특성 연구

황 자 영 · *이 선 미*

동남보건대학교 식품영양학과, *대전대학교 식품영양학과

Studies on the Characteristics of Muffins prepared with Allulose

Ja Young Hwang and *Sun Mee Lee*

Dept. of Food and Nutrition, Dongnam Health University, Suwon 16328, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Daejeon University, Daejeon 34520, Korea

Abstract

This study was intended to investigate the characteristics of muffins prepared with allulose which is low-calorie and physiologically functional rare sugar. Volume and specific volume of muffins increased significantly with allulose addition, but not with its contents. Muffin heights also increased as allulose was added more. Baking loss rate and moisture contents were not significantly different among samples. Allulose seemed to have nearly same water holding capacity with sucrose. Lightness of muffin crust and crumb both decreased, but redness and yellowness increased according to allulose, the reducing sugar addition by Maillard reaction. In the texture profile analysis, Hardness of AL100 was higher significantly ($p < 0.05$) and springiness, cohesiveness and fracturability increased according to the allulose contents. In the sensory evaluation, AL0 was the sweetest and AL0 and AL25 got higher overall acceptance score. Physical characteristics were not different ($p < 0.05$) among AL0, AL25 and AL50. As a result, 25% sucrose substitution with allulose can provide low-calorie, anti-hyperglycemic and tasty muffin.

Key words: allulose, rare sugar, muffin, texture profile analysis, low-calorie

서 론

최근 칼로리 과다 섭취로 인한 비만, 당뇨, 대사성 질환 등이 건강 문제로 대두되면서 에너지 섭취량을 줄이기 위하여 저칼로리 설탕 대체 감미료에 대한 소비자들의 요구도가 높아지고 있다(Malik & Hu 2012). 이에 다양한 형태의 당과 당 유도체들이 이용되어 개발되고 있다. 감미료에는 열량을 내는 감미료(nutritive sweetener)와 열량을 내지 않는 감미료(non-nutritive sweetener)가 있는데, 과당, sorbitol, xylitol, maltodextrin, tagatose 등이 전자에 해당하고, saccharin, aspartame, sucralose, stevia 등이 후자에 해당한다. 이들 감미료는 체중 조절, 혈당 상승 완화, 치아 부식 방지 등에 도움을 주어 탄산음료, 휴잉검, 과자류, 캔디류, 아이스크림, 요거트 등 다양

한 식품에 사용되고 있다(International Sweeteners Association 2013). 대체감미료가 전체 감미료 시장에서 차지하는 비중은 4~7%로, 86%를 차지하는 설탕에 비하여 매우 낮은 수준이나(2012년 기준), 대체 감미료 시장은 빠르게 증가하여 연평균 증가율이 높은 저감미도 감미료 시장의 경우, 2019년까지 매년 약 6.2%씩 증가할 것으로 예상되고 있다(Kim 등 2016).

International Society of Rare Sugar(ISRS)에서는 단당류와 그 유도체를 'Rare Sugar'라고 정의하며, 새로운 설탕 대체제로 소개하였다(Levin GV 2002; Mu 등 2012). 이 중 하나인 알룰로스(D-allulose)는 새로운 저칼로리의 기능성 당으로 IUPAC 명칭으로는 D-ribo-2-hexane이며, 항생제 일종인 psicofuranine 으로부터 분리되어 "psicose"라고도 불리는 백색의 무취의 결정형 물질로 설탕 감미도의 70%를 나타내는 당류이다(Eble

* Corresponding author: Sun Mee Lee, Dept. of Food and Nutrition, Daejeon University, Daejeon 34520, Korea. Tel: +82-42-280-2477, Fax: +82-42-280-2468, E-mail: sweet@dju.kr

등 1959). 자연계에는 거의 존재하지 않으며, 1930년대에 밀에서 처음 확인되었으며, 무화과, 건포도, 메이플 시럽 등에 소량 존재하고, 일부 박테리아에서 발견되었다(Zhang 등 2009). 한편, 포도당과 과당의 상업적 혼합물(Cree & Perlin 1968), 증기 처리된 커피(Luger & Steinhart 1995), 가공된 사탕수수나 당밀 등의 다양한 식품에서 발견된다(Binkley & Wolfrom 1952; Thacker & Toyoda 2008). 화학적으로는 D-fructose의 탄소 3번 위치에서 ketose-3-epimerase에 의해 이성화로 만들어지며, 한국과 일본에서 산업적으로 생산되고 있다. 2014년 FDA에서 GRAS(Generally Recognized As Safe)로 지정되어 식품 성분과 식이 보조제로 사용할 수 있게 되었다(Zhang 등 2016).

알룰로스는 소화관에서 거의 흡수되지 않아 저칼로리 감미료로 이용될 수 있으며, 식후 혈당 수준을 낮추는 항고혈당 기능(Hayashi 등 2010) 외에 항고지혈증(Matsuo 등 2001), 항염증(Moller & Berger 2003), 신경보호작용(Takata 등 2005), 활성 산소 소거 효과(Suna 등 2007) 등의 다양한 생리적 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 설탕은 케이크나 과자 제조 시 주성분으로 제품에 높은 칼로리를 부여하며, 다량 섭취 시 치아부식이나 건강과 관련된 여러 가지 문제를 일으킨다. 따라서 설탕을 대체하는 천연감미료나 설탕의 몇 백배에서 몇 천배의 단맛을 나타내는 인공 감미료의 사용으로 단과자류의 칼로리를 낮추려는 시도가 계속되고 있으나, 설탕 사용량 감소 시 텍스처, 부피, 색, 맛 등에 상당한 변화를 일으켜 소비자 기호도 평가에 안 좋은 결과를 가져오고, 단과자류 반죽의 물성에도 영향을 끼치게 된다(Struck 등 2014). 여러 가지 대체 당류로 단과자류를 제조한 실험 결과가 다수 있는데, 대체 감미료를 제과제빵에 사용한 선행연구로는 프락토올리고당으로 제조한 스펀지 케이크의 물리화학적 특징(Baek YH 2013), 설탕과 타가토스를 사용하여 제조한 머핀의 저장 기간에 따른 물리적 특성 연구(Hwang 등 2015), 하수오 머핀 제조 시 당 종류가 품질에 미치는 영향에 대한 연구(Park 등 2011)와 사카린(Kim & Lee 2015)과 키토 올리고당(Park GS 2015)을 첨가한 머핀 제조에 관한 연구 등이 있다. 알룰로스는 다양한 건강 기능성 효과를 나타내며, 식품으로서의 안전성이 판정되었고, 상대적으로 높은 감미도로 인하여 산업적으로 잠재적인 이용가치가 높은 물질이다(Zhang 등 2016). 그러나 머랭을 기초로 한 제과류에 알룰로스를 이용한 연구(O'Charoen 등 2014) 등이 있을 뿐 아직 제과에 이용한 연구는 많지 않다. 이에 본 연구에서는 저칼로리의 기능성 rare sugar인 알룰로스를 설탕을 대체하여 머핀 제조에 사용하고, 그 특성을 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 재료는 알룰로스(CJ, Incheon, Korea), 중력분 밀가루(Samyang, Asan, Korea), 백설탕(Samyang, Ulsan, Korea), 바닐라 슈거(Bumafood, Bucheon, Korea), 무염 버터(Seoulmilk, Yangju, Korea), 달걀(Seobu, Pocheon, Korea) 우유(Seoulmilk, Yangju, Korea), 베이킹 파우더(Sungjin, Gwangju, Korea), 소금(Daesang, Muan, Korea)이었으며, 2017년 8월에 구입하였다.

2. 머핀의 제조

머핀은 Heo 등(2010)의 방법을 변형하여 재료의 배합비율을 Table 1과 같이 제조하였다. 예비 실험을 통해 알룰로스의 양은 전체 설탕 대비 0%(AL0), 25%(AL25), 50%(AL50), 100%(AL100)로 대체하여 첨가하였다. 밀가루, 베이킹 파우더와 바닐라 슈거를 체에 쳐 믹싱볼에 담고, 여기에 설탕, 알룰로스, 소금을 넣은 뒤 전동 거품기(LW-2003A, Liantek Electrical Appliances Co Ltd, China)의 2단 속도로 1분간 혼합하여 두었다. 실온의 버터에 풀어 놓은 달걀을 가하고 4단 속도로 1분 30초간 섞었다. 혼합된 가루와 우유를 붓고 1분간 더 mixing하였다. 6구 머핀 팬(70×53×43, 윗지름(mm)×아랫지름(mm)×높이(mm))에 유산지를 깔고 반죽을 70 g씩 취하여 부은 뒤 아랫불과 윗불을 200℃로 예열한 오븐(FDO-7102E, DaeYung Bakery Machinery Ind. Co., Ltd, Korea)에서 25분간 구웠다. 오븐에서 꺼내어 식힘망에 놓고 실온에서 한 시간 방냉한 후 실험재료로 사용하였다. 모든 실험은 3회 이상 반복하였다.

3. 머핀의 부피, 비용적, 굽기 손실률 및 높이

머핀의 부피는 좁쌀을 이용하여 종자 치환법(AACC 1983)으로 측정하였고, 이로부터 비용적(mL/g)을 구하였다. 굽기 손실률은 반죽의 무게와 구운 후 머핀의 무게 차이로부터 구

Table 1. Muffin formulations containing different amounts of allulose (Unit: g)

Ingredients	Sample			
	AL0	AL25	AL50	AL100
Wheat flour	300	300	300	300
Sucrose	180	135	90	0
Allulose	0	45	90	180
Butter	90	90	90	90
Egg	90	90	90	90
Milk	210	210	210	210
Salt	3.75	3.75	3.75	3.75
Baking powder	15	15	15	15
Vanilla sugar	3	3	3	3

하였으며, 높이는 머핀 중앙의 가장 높은 부위로부터 수직으로 잘라 자로 길이를 측정하였다.

$$\text{굽기 손실률(Baking loss rate)(\%)} = \frac{\text{반죽 무게} - \text{머핀무게}}{\text{반죽 무게}} \times 100$$

4. 수분함량 측정

제조한 머핀의 수분 함량은 머핀의 중심부에서 시료 약 3 g을 취하여 105 °C 건조 오븐(HY-8000S, Chang Shin Scientific Co. Seoul, Korea)에서 AOAC법(2000)에 따라 상압가열 건조법으로 측정하였다.

5. 색도 측정

머핀의 색도는 색차계(CR 2500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 명도(L-value, (100) lightness↔black (0)), 적색도(a-value, (+) redness↔greenness (-)), 황색도(b-value, (+) yellowness↔blueness(-)) 값을 측정하여 그 평균값으로 나타내었으며, 이 때 사용된 표준 백색판의 L값은 93.03, a값은 -1.97, b값은 7.87이었다.

6. 조직감 측정

머핀의 texture는 rheometer(Compac-100, Sun Sci. Co Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 texture profile analysis를 실시하였다. 머핀 내부를 30×30×30 mm로 잘라 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 부서짐성(brittleness)을 측정하였다. 측정조건은 Table 2와 같았다.

7. 관능검사

식품영양학과 대학생 20명을 대상으로 알룰로스 첨가량을 달리하여 제조한 네 종류의 머핀에 대해 관능검사를 실시하였다. 4종류의 머핀을 각각 1개씩 제공하였으며, 9점 척도법을 이용하여 껍질의 갈변도(crust color), 내부갈변도(crumb color), 단면의 부드러운 정도(cross-section softness), 촉촉한 정도(moistness), 강도(hardness), 단맛(sweetness), 쓴맛(bitterness), 풍미(flavor), 전체적 기호도(overall acceptance)를 조사하였다.

Table 2. Instrumental setting for the texture profile analysis

Option	Texture profile analysis
Probe diameter	10 mm
Table speed	120 mm/min
Deformation	30 %
Load cell	2 kg
Sample-adapter distance	0.50 mm

8. 통계분석

알룰로스 함량을 달리하여 제조한 머핀의 특성 실험은 모두 3회 이상 반복하여 실시하였으며, 결과는 SPSS 통계 package program(Statistical package social science, Version 22.0 Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차 값으로 나타내었고, 측정값 사이의 유의성은 Duncan's multiple range test로 검정하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 물리적 특성

1) 머핀의 부피, 비용적, 굽기 손실률 및 높이

알룰로스를 첨가한 머핀의 부피, 비용적, 굽기 손실률 및 높이는 Table 3에 나타난 바와 같다.

머핀의 부피와 비용적은 알룰로스를 첨가하지 않은 대조군이 알룰로스를 첨가한 다른 실험군에 비해 유의적으로 낮았으며, 알룰로스 첨가 함량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. O'Charoen 등(2014)은 계란 흰자의 기포성이 알룰로스의 경우, 설탕에 비해 높은 것으로 보고하여 알룰로스의 이러한 기포형성 능력이 전체적인 부피를 높이는데 기여한 것으로 생각되어진다.

머핀의 높이는 AL0이 4.56 cm, AL25가 5.75 cm, AL50이 6.03 cm, AL100이 6.38 cm로 알룰로스를 첨가하지 않은 대조군에서 유의적으로 낮았고, 알룰로스 첨가량이 증가함에 따라 높이가 증가하는 경향을 나타내었으나, 함량에 따른 유의적인 차이가 나타나지는 않았다. 이는 쿠키제조에 설탕대체제로 알룰로스의 적용 가능성에 대한 연구(Young 등 2016)에서 알룰로스를 첨가한 쿠키가 설탕을 첨가한 쿠키에 비해 유의적으로 높이가 낮았다는 결과와 유사하였다. Taylor 등(2008)의 연구에서도 설탕을 타가토스로 대체 시 타가토스함

Table 3. The physical properties of muffins prepared with different allulose contents

	Sample			
	Volume (mL)	Specific volume (mL/g)	Loss rate (%)	Height (cm)
AL0	165.33±3.01 ^a	2.64±0.05 ^a	8.76±0.40 ^{N.S.}	4.56±1.53 ^a
AL25	179.67±2.34 ^b	2.86±0.04 ^b	8.51±0.45	5.75±0.10 ^{ab}
AL50	180.33±9.91 ^b	2.91±0.17 ^b	9.02±0.49	6.03±0.10 ^b
AL100	176.00±7.90 ^b	2.81±0.14 ^b	8.65±0.46	6.38±0.05 ^b

^{a-b} Mean in a column by different superscripts are significantly different at $p < 0.05$.

^{N.S.} Mean not significant at $p < 0.05$.

량이 높아짐에 따라 쿠키의 높이가 높아지는 것으로 분석하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 이는 타가토스의 보수력이 낮아 글루텐 성장에 필요한 수분을 더 많이 제공할 수 있기 때문인 것으로 고찰하였으며, 알룰로스 역시 타가토스와 유사한 keto-hexose 구조를 갖고 있으므로 이러한 유사한 특성이 나타나는 것으로 생각된다.

굽기 손실률은 모든 실험군 사이에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Lee 등(2017)은 타가토스를 대체한 다쿠아즈의 물리화학적 특성 연구에서 설탕의 약 30%를 대체한 실험군과 설탕만을 사용한 대조군 사이에서는 감소율의 유의적인 차이가 없는 것으로 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

2. 수분함량

알룰로스를 첨가한 머핀의 수분함량은 Table 4에 나타낸 바와 같다. 수분 함량은 AL0이 32.16%, AL25가 32.43%, AL50이 32.20%, AL100이 31.65%로 나타났고, 알룰로스 첨가량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 수분함량이 가장 크게 영향을 끼치는 굽기 손실률에 있어서도 본 연구에서 유의적인 차이가 나타나지 않아 유사한 경향성을 나타내었다.

3. 색도

알룰로스를 첨가한 머핀의 색도는 외부의 상층부분과 내부 중심부분으로 나누어 측정하였으며, 그 결과는 Table 5와 같다.

머핀의 외부 상층부에서 명도를 나타내는 L값은 AL0의 값이 77.99로 가장 높게 나타났으며, 알룰로스를 대체하였을 때 L값이 유의적으로 낮았으나, AL50과 AL100의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 머핀의 내부 역시 AL0에서 가장 높게 분석되었고, 알룰로스의 함량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 적색도를 나타내는 a값은 머핀의 외부와 내부 모두에서 알룰로스 함량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였으나, AL25와 AL50사이에서는 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 황색도를 나타내는 b값은 외부 상층부에서는 알룰로스 첨가군인 AL25, AL50, AL100이 설탕만 첨가한 AL0에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 내부의 b값 역시 설탕 첨가군에서 유의적으로 낮은 값을 나타내었으며, 알룰로

Table 4. Moisture contents of muffins prepared with different allulose contents

	AL0	AL25	AL50	AL100
Moisture content (%)	32.16±0.77 ^{NS}	32.43±1.05	32.20±0.06	31.65±0.71

Table 5. Hunter's color values of muffins prepared with different allulose contents

Sample	L	a	b	
Crust	AL0	77.99±0.93 ^c	5.43±0.74 ^a	36.35±1.97 ^a
	AL25	69.20±0.94 ^b	14.40±0.69 ^b	43.03±0.66 ^b
	AL50	58.77±2.95 ^a	15.24±0.39 ^b	42.30±1.18 ^b
	AL100	58.29±2.44 ^a	16.41±0.33 ^c	42.82±1.10 ^b
Crumb	AL0	79.89±1.24 ^d	-4.87±0.22 ^a	26.11±0.89 ^a
	AL25	77.49±1.29 ^c	-3.04±0.46 ^b	28.19±1.04 ^b
	AL50	74.23±0.68 ^b	-2.46±0.17 ^b	29.09±0.37 ^b
	AL100	70.87±0.54 ^a	-0.46±0.78 ^c	32.01±1.49 ^c

^{a-d} Mean in a column by different superscripts are significantly different at $p < 0.05$.

스 100% 대체군인 AL100의 값이 가장 높게 분석되었다. 결과적으로 볼 때 알룰로스의 첨가량이 높아짐에 따라 머핀의 외부와 내부 모두에서 L값은 낮아지고, a와 b값은 높아지는 경향을 나타내었다. 이는 O'Charoen 등(2014)의 알룰로스를 첨가한 머핀의 색도 분석결과, 알룰로스를 첨가한 실험군이 설탕을 첨가한 대조군에 비해 L값이 낮고 b값이 높게 분석한 결과와 유사하였다. 또, Hwang 등(2014)은 타가토스를 첨가한 머핀의 연구에서 타가토스의 함량이 높아짐에 따라 L값은 낮아지고 a, b값은 증가하는 결과를 보여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. Hwang 등(2015) 또한 타가토스를 첨가하여 제조한 머핀에 있어 타가토스 첨가량이 높아짐에 따라 명도를 나타내는 L값은 감소하고, 적색도를 나타내는 a값은 감소한다고 보고하였다. 이러한 명도 값의 감소와 적색도와 황색도의 증가는 오븐에서의 열처리 과정에서 발생하는 Maillard 반응으로 진행된다. Maillard 반응은 환원당과 아미노산의 반응으로 진행되는데, 타가토스와 알룰로스는 설탕에 비해 환원력이 높으므로 갈변이 많이 진행되는 것으로 생각된다(Young 등 2016). 따라서 알룰로스 함량이 증가할수록 명도는 감소하고, 적색도와 황색도가 증가한 것으로 생각된다.

4. 조직감

알룰로스를 첨가한 머핀의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 부서짐성(fracturability)를 측정한 결과는 Table 6과 같다.

경도의 경우, AL0, AL25, AL50은 유의적인 차이가 없었고, AL100의 경도가 유의적으로 높게 분석되었다. Taylor 등(2008)은 설탕을 타가토스로 대체한 쿠키에서 경도가 더 높게 분석되었다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사하였다. 탄력성과 응집성은 알룰로스 첨가량이 많아질수록 유의적으로 증가

Table 6. Texture profile analysis of muffins prepared with different allulose contents

	AL0	AL25	AL50	AL100
Hardness	116.33±2.08 ^a	107.33±8.33 ^a	114.75±8.62 ^a	142.00±12.36 ^b
Springiness	74.12±4.22 ^a	79.73±1.69 ^b	85.61±1.55 ^c	89.13±0.64 ^c
Cohesiveness	54.75±1.76 ^a	63.25±2.64 ^b	66.97±3.75 ^{bc}	68.53±1.51 ^c
Chewiness	63.71±3.17 ^a	68.97±7.11 ^a	76.84±7.18 ^a	97.44±10.33 ^b
Fracturability	47.29±4.58 ^a	54.26±6.69 ^{ab}	65.83±6.83 ^b	86.87±9.51 ^c

^{a-c} Mean in a row by different superscripts are significantly different at $p<0.05$.

하는 경향을 나타내었다. Heo 등(2010)은 트레할로스를 첨가한 머핀에서 트레할로스의 첨가량이 많아짐에 따라 응집성이 높아진다고 하여 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 씹힘성은 AL0, AL25, AL50은 유의적인 차이가 없고, AL100의 씹힘성이 유의적으로 높게 분석되어 경도와 같은 경향을 나타내었다. 부서짐성 또한 탄력성과 응집성에서 나타난 것과 같이 알룰로스 첨가량이 많아짐에 따라 값이 증가하였다.

5. 관능평가

알룰로스의 함량을 달리하여 제조한 머핀의 관능검사 결과는 Table 7과 같다.

겉질과 내부의 색에 대한 기호도는 알룰로스 첨가량이 많아짐에 따라 유의적으로 높았으나, AL50과 AL100사이에서는 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 이는 머핀의 색도 분석에서 적색도와 황색도 값이 알룰로스를 첨가한 시료에서 높게 분석되었는데, 적색도와 황색도의 다소 높은 값이 관능적으로 더 높은 평가를 나타내는 것으로 분석되었다. 이는 알룰로스의 첨가에 따라 갈변반응의 정도가 더 강하였고, 이러한 갈변 반응 색의 결과가 관능에 좋게 평가되는 것으로 사료된다. 내부의 촉촉한 정도는 AL50과 AL100에서 높았다. 경도의 경우, 알룰로스 첨가량이 높은 AL50과 AL100에서 높게 나타나 TPA의 분석에서 AL100의 경도가 유의적으로 높았던 것과 유사한 결과를 나타내었다. 전체적인 단맛은 AL0에서

유의적으로 높게 나타났는데, 이는 알룰로스가 설탕에 비해 다소 감미도가 낮기 때문인 것으로 사료된다. 종합적인 기호도는 AL0과 AL25가 유의적으로 높았으며, 유의적이지는 않았으나, AL25의 기호도가 가장 높게 나타났다.

요약 및 결론

알룰로스의 함량을 달리한 머핀의 물리화학적 특성과 관능평가를 실시하였다. 머핀의 부피와 비용적은 알룰로스를 첨가하였을 때 유의적으로 높은 값을 나타내었고, 함량에 따른 차이는 나타나지 않았다. 머핀의 높이는 알룰로스 첨가량이 많아짐에 따라 유의적으로 커지는 경향을 나타내었다. 굽기 손실률과 수분함량은 유의적인 차이가 없었다. 머핀의 외부 상층부와 내부의 L값은 알룰로스 함량에 따라 유의적으로 감소하였고, a값과 b값은 유의적으로 증가하였다. 조직감에서 경도와 씹힘성은 AL0, AL25, AL50은 유의적인 차이가 없었고, AL100의 경도가 유의적으로 높았다. 탄력성, 응집성과 부서짐성은 알룰로스 첨가량이 많아질수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 관능검사는 겉질과 내부의 갈변도는 알룰로스 첨가량이 많아짐에 따라 높게 나타났고, 내부의 촉촉한 정도와 경도는 모두 AL50과 AL100에서 높았다. 전체적인 단맛은 AL0에서 유의적으로 높게 나타났다. 종합적인 기호도는 AL0과 AL25가 유의적으로 높았으며, 유의적이지

Table 7. Sensory evaluation of muffins prepared with different allulose contents

	AL0	AL25	AL50	AL100
Crust color	1.78±1.00 ^a	3.11±1.64 ^b	6.00±1.72 ^c	5.72±1.84 ^c
Crumb color	1.61±0.98 ^a	3.11±1.49 ^b	4.78±1.80 ^c	4.78±1.35 ^c
Crosssection softness	3.33±2.03 ^{ab}	2.56±2.28 ^a	4.44±1.69 ^b	4.33±1.68 ^b
Moistness	3.61±1.91 ^a	4.39±2.43 ^a	4.89±1.78 ^a	4.89±1.91 ^a
Hardness	3.22±1.83 ^a	2.94±1.70 ^a	5.11±1.41 ^b	4.61±1.98 ^b
Sweetness	4.71±1.99 ^b	4.71±2.39 ^b	3.18±1.91 ^a	3.53±1.88 ^{ab}
Overall acceptance	5.67±1.72 ^b	5.78±2.10 ^b	4.28±2.11 ^a	4.22±1.99 ^a

^{a-c} Mean in a row by different superscripts are significantly different at $p<0.05$.

는 않았으나, AL25의 기호도가 가장 높게 나타났다. 본 연구 결과, AL0과 AL25, AL50의 물리적 특성은 유의적인 큰 차이가 없게 분석되었으며, 관능검사에서는 AL25의 기호도가 가장 높게 나타났다. 따라서 알룰로스는 설탕 대비 50%까지 머핀 제조 시 첨가되어 사용될 수 있을 것으로 생각된다. 설탕 대비 25%까지 대체한 머핀의 경우, 설탕만으로 제조한 머핀에 비해 전체적 기호도가 높은 동시에 저칼로리 저혈당 지수 등의 기능성 또한 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 동남보건대학교 연구비 지원으로 수행되었으므로 감사드립니다.

References

- AACC. 1983. Approved Method of the American Association of Cereal Chemist. 8th ed. St. Paul, MN, USA
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 9th ed. Method 991.43. Association of Official Analytical Chemists. Washington. DC, USA
- Baek YH. 2013. Physicochemical characteristics of sponge cake replacing for fructooligosaccharide. Master's Thesis, Hansung Univ. Seoul. Korea
- Binkley WW, Wolfrom ML. 1952. Composition of cane juice and cane final molasses. *Advances in Carbohydrate Chemistry* 8:291-314
- Cree G, Perlin A. 1968. O-isopropylidene derivatives of D-allulose (D-psicose) and D-erythro-hexopyranos-2,3-diulose. *Canadian Journal of Biochemistry* 46:765-770
- Eble T, Hoeksema H, Boyack G, Savage G. 1959. Psicofuranine. I. Discovery, isolation, and properties. *Antibiotics & Chemotherapy* 9:419-420
- Hayashi N, Iida T, Yamada T, Okuma K, Takehara I, Yamamoto T. 2010. Study on the postprandial blood glucose suppression effect of D-psicose in borderline diabetes and the safety of long-term ingestion by normal human subjects. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* 74:510-519
- Heo SJ, An HL, Lee KS. 2010. Physical properties and sensory evaluation of muffins with trehalose. *Korean J Culinary Res* 16:13-23
- Hwang JY, Kim YJ, Lee SM, 2015. Studies on the physical characteristics of muffins with tagatose and sugar during storage. *J East Asian Soc Dietary Life* 25:176-182
- Hwang YK, Lee HT, An HL. 2014. Quality characteristics of muffins with tagatose. *J East Asian Soc Diet Life* 24:802-810
- International Sweeteners Association. 2013. Low Calorie Sweeteners: Roles and Benefits. Ver. Sep
- Kim EJ, Lee KS. 2015. Quality characteristics of muffin with saccharin. *The Korean Journal of Culinary Research* 21: 1-12
- Kim YH, Kim SB, Kim SJ, Park SW. 2016. Market and trend of alternative sweeteners. *Food Science and Industry* 49: 17-28
- Lee NR, Kang SA, Kim JH, Kim HH, Lee JA. 2017. Physicochemical properties of dacquoise made with sugar or sugar replacements, tagatose, and erythritol. *J Appl Biol Chem* 87-93
- Levin GV. 2002. Tagatose, the new GRAS sweetener and health product. *J Med Food* 5:29-36
- Luger A, Steinhart H. 1995. Carbohydrates in steam treated coffee. *In Seizieme Colloque Scientifique International sur le Cafe* 1:278-285
- Malik VS, Hu FB. 2012. Sweeteners and risk of obesity and type 2 diabetes: The role of sugar-sweetened beverages. *Curr Diabetes Rep* 12:195-203
- Matsuo T, Baba Y, Hashiguchi M, Takeshita K, Izumori K, Suzuki H. 2001. Dietary D-psicose, a C-3 epimer of D-fructose, suppresses the activity of hepatic lipogenic enzymes in rats. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 10:233-237
- Moller D, Berger J. 2003. Role of PPARs in the regulation of obesity-related insulin sensitivity and inflammation. *International Journal of Obesity* 27:17-21
- Mu W, Zhang W, Feng Y, Jiang B, Zhou L. 2012. Recent advances on applications and biotechnological production of D-psicose. *Applied Microbiology and Biotechnology* 94: 1461-1467
- O'Charoen S, Hayakawa S, Matsumoto Y, Ogawa M. 2014. Effect of d-psicose used as sucrose replacer on the characteristics of meringue. *Journal of Food Science* 2463-2469
- Park GS, Bae MJ, Seo GJ. 2011. Quality characteristics of the hasuo (*Polygoni multiflori radix*) muffin prepared with different types of sweeteners. *Korean Journal of Food Preservation* 18:836-843
- Park GS. 2015. Quality characteristics of muffins added with chitooligosaccharide. *Journal of Chitin and Chitosan* 237-244

- Struck S, Doris J, Charles SB, Harald R. 2014. Sugar replacement in sweetened bakery goods. *International Journal of Food Science & Technology* 49:1963-1976
- Suna S, Yamaguchi F, Kimura S, Tokuda M, Jitsunari F. 2007. Preventive effect of D-psicose, one of rare ketohexoses, on di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP)-induced testicular injury in rat. *Toxicology Letters* 173:107-117
- Takata MK, Yamaguchi F, Nakanose Y, Watanabe Y, Hatano N, Tsukamoto I. 2005. Neuroprotective effect of D-psicose on 6-hydroxydopamine-induced apoptosis in rat pheochromocytoma (PC12) cells. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 100:511-516
- Taylor TPO, Fasina O, Bell LN. 2008. Physical properties and consumer linking of cookies prepared by replacing sucrose with tagatose. *Journal of Food Science* 73:145-151
- Thacker J, Toyoda Y. 2008. Lung and heart-lung transplantation at University of Pittsburgh: 1982-2009. *Clinical Transplants* 179-196
- Young M, Jeon SJ, Kweon MR. 2016. Study on applicability of allulose as a sucrose replacer in cookie making. *J East Asian Soc Diet Life* 26:450-456
- Zhang L, Mu W, Jiang B, Zhang T. 2009. Characterization of D-tagatose-3-epimerase from *Rhodobacter sphaeroides* that converts D-fructose into D-psicose. *Biotechnology Letters* 31:857-862
- Zhang W, Yu S, Zhang T, Jiang B, Mu W. 2016. Recent advances in D-allulose: Physiological functionalities, applications, and biological production. *Trends in Food Science & Technology* 54:127-137

Received 26 December, 2017

Revised 30 January, 2018

Accepted 06 February, 2018