

쿠키제조에 설탕대체제로 알룰로오스의 적용가능성 연구

미카일영 · 전수정 · 권미라[†]

부산대학교 식품영양학과

Study on Applicability of Allulose as a Sucrose Replacer in Cookie Making

Mikhail Young, Soojeong Jeon and Meera Kweon[†]

Dept. of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Busan 46241, Korea

ABSTRACT

Allulose, a monosaccharide isomer of fructose, was evaluated as a sucrose replacer for healthy cookie production with benefits such as low glycemic impact and low calorie content. Sucrose (as a reference), fructose, glucose, and allulose were used to explore the effects of sugar-replacer type on solvent retention capacity (SRC), differential scanning calorimetry (DSC), rapid visco-analyzer (RVA), and wire-cut cookie baking. SRC results indicated the lowest swelling of solvent-accessible arabinoxylans in allulose compared to that in other sugar solutions. DSC and RVA results showed retardation of starch gelatinization and onset of starch pasting, respectively, in the following order: water < allulose < fructose < glucose < sucrose. Among sugars, wire-cut cookies formulated with glucose showed the least desirable attributes with respect to cookie diameter and thickness. Although the baking response of allulose was slightly inferior to that of the sucrose control, the sugar exhibited a superior baking response to that of fructose, suggesting it could be used successfully as a fructose alternative or sucrose alternative for producing wire-cut cookies with reduced calorie content and low glycemic impact.

Key words : Allulose, sucrose replacer, DSC, RVA, cookie making

서 론

쿠키 제조에 당은 밀가루 다음 주재료가 되는 성분으로 당 중에서도 설탕이 일반적으로 가장 많이 사용되고 있다(Kweon M 등 2009). 쿠키 제조 시 설탕은 감미제, 점성 조절제, 연화제, 보습제, 쿠키의 색깔을 조절하는 기능, 향미 증진, 설탕의 결정화로 인한 경화제 등 다양한 역할을 함으로써 쿠키의 맛과, 향미, 텍스처에 기여하는 결정적인 인자라 할 수 있다(Schanot MA 1981; Olewnik MC & Kulp K 1984).

최근 비만, 당뇨병, 고혈압, 고지혈증 등 대사증후군 환자의 수가 급격히 증가하는데 그 원인으로 운동부족과 식이에 있어서 지방 및 당의 과다 섭취를 들 수 있다(Zhang W 등 2016), 이에 대한 대책의 하나로 당류 저감화 정책이 펼쳐지고 있으며, 2014년 World Health Organization(WHO)는 설탕 섭취량을 하루에 5% 미만으로 조절할 것을 권고하였다. 쿠키는 일반적으로 당 함량이 높은 고에너지 식품으로 비만, 제2형 당뇨병, 고콜레스테롤혈증을 비롯한 심혈관 질환을 유발할 수 있어 쿠키 제조 시 설탕의 사용량을 조절하거나, 저칼

로리 당을 사용하여 설탕을 대체하는 방법을 고려할 수 있다.

설탕의 양을 줄일 경우에는 밀가루 내에 존재하는 전분의 호화온도가 낮아지고, 글루텐 단백질의 형성이 증진되어 쿠키 품질에 부정적인 영향을 미치게 된다. 특히 쿠키 제조 시에 형성된 전분 네트워크나 글루텐 단백질은 쿠키가 구워지는 동안 쿠키 반죽 내의 수분이 제대로 증발되지 못하여 Maillard 반응을 방해하므로 쿠키의 색이 제대로 만들어지지 못하고, 쿠키의 크기도 작고, 두께가 두꺼운 저품질의 쿠키가 만들어지게 되어 제과업체는 이에 대한 방안을 찾고 있는 현실이다(Kweon M 등 2009, 2010, 2016).

저칼로리 당을 사용한 설탕대체제들에 대한 연구들로 당알코올이나 여러 설탕대체제들이 다루어져 왔다. Kweon M 등 (2010)은 ribose, tagatose, lactitol, maltitol, sucrose, polydextrose로 제조한 쿠키들을 비교 분석한 연구에서, maltitol과 lactitol이 호화온도나 호화점도도 sucrose와 비슷하고, 이들로 만든 쿠키도 sucrose 쿠키와 가장 유사한 특성을 나타내어, 이 당알코올들이 설탕대체제로 쉽게 사용될 수 있음을 보고하였다. 또한 설탕대체제로 수크랄로스 및 스테비오사이드를 적용하여 산업 응용 가능성을 제시한 연구결과도 있다(Bang S 등 2013).

최근 저감화에 부응하기 위하여 알룰로오스 (D-allulose)가

[†] Corresponding author : Meera Kweon, Tel: +82-51-510-2716, Fax: +82-51-583-3648, E-mail: meera.kweon@pusan.ac.kr

제조되어 시판되기 시작하였으나, 이 당의 쿠키 베이킹 적성에 대한 연구는 보고가 되고 있지 않은 실정이다. 알룰로오스는 분자식이 $C_6H_{12}O_6$ 인 단당류로 3번 탄소의 수산화기 위치가 다른 과당(D-fructose)의 이성체이고, D-ribo-2-hexulose 또는 D-psicose라고도 불리는데, “psicose”는 향생물질인 psicofuranine에서 기인한 이름이다(Eble T 등 1959). 알룰로오스는 설탕과 비교할 때 70%의 감미도를 나타내며, 생리학적인 측면에서의 기능성으로 항고혈당(Hayashi N 등 2010), 항고지혈증(Matsuo T 등 2001), 소염효과(Moller D & Berger J 2003), 뇌신경보호(Takata MK 등 2005), 항산화효과(Suna S 등 2007), 죽상동맥경화증에 대한 치료 효과(Murao K 등 2007) 등이 보고되고 있다.

본 연구에서는 다양한 생리기능을 가진 알룰로오스의 설탕대체제로의 가능성을 SRC, DSC, RVA, AACCI 와이어 컷(wire-cut) 쿠키 베이킹 실험을 통하여 설탕(대조군으로 사용), 과당, 포도당, 알룰로오스의 효과들을 살펴봄으로써 설탕대체제로서의 알룰로오스의 쿠키 베이킹 적합성을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 밀가루는 미국 농업연구청(USDA-ARS) Soft Wheat Laboratory(Wooster Ohio)에서 생산한 Soft Red Winter 밀 품종인 SY Harrison을 제분하여 얻은 것이며, 알룰로오스(allulose, 70% w/w)는 CJ제일제당(서울, 한국)으로부터 공급받아 사용하였다. 과당(fructose)과 포도당(glucose monohydrate)은 Junsei Chemical Co. Ltd(Tokyo, Japan)와 Sigma Chemical Co(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 설탕(sucrose, CJ 제일제당)과 쇼트닝(롯데)은 지역마트에서 구매하여 사용하였다.

2. 밀가루의 당용액에서의 SRC 분석

SRC 실험은 AACCI 법(AACCI Approved Method 56-11.02, 2009)으로 다음과 같이 실험하였다. 증류수, 5%(w/w) lactic acid, 5%(w/w) sodium carbonate, 50%(w/w) sucrose 용액을 준비하여 사용하였다. 밀가루 5 g(5 ± 0.050)을 측정하여 50 mL conical 튜브 4개에 각각 넣고, 각 용액 25 g(25 ± 0.05)을 측정하여 4개의 튜브에 한 종류씩 넣은 뒤, 타이머를 20분으로 설정하고, 5분 간격으로 20분, 15분, 10분, 5분, 0분에 약 5초간 튜브를 흔들어서 주었다. 각 용액에 잘 수화된 밀가루가 들어 있는 튜브들을 1,000 rpm으로 15분간 원심분리기로 작동한 후 상층액은 버리고, 페이퍼타올 위에 튜브들을 90°로 뒤집어 10분간 세워 두었다. 침전물이 들어 있는 튜브의 무게

를 재고, AACCI 법에 따라 %SRC를 계산하였다(Kweon M 등 2009, 2010).

3. DSC를 사용하여 밀가루의 호화 특성 측정

종류가 다른 당 용액에서 밀가루 전분의 호화 반응을 Kweon M 등(2009)이 사용한 방법과 같이 DSC를 사용하여 측정하였다. 50%(w/w)의 당 용액과 밀가루를 1:1 비율로 비울러서 잘 섞은 뒤, DSC 팬에 그 시료를 약 15 mg 되게 담아 밀봉하였고, 시료가 담긴 팬을 DSC(DSC 8000, Perkin-Elmer, Waltham, MA, USA)로 15°C부터 130°C까지 10°C/min 비율로 가열하였다 시료를 담지 않은 빈 DSC pan을 reference로 사용하였으며, DSC 실험결과는 Pyris Software로 계산하였다.

4. RVA를 사용하여 밀가루의 호화점도 측정

당 용액에서의 밀가루 전분의 pasting 특성을 Rapid Visco-Analyzer(RVA Techmaster, Newport Scientific, Australia)를 사용하여 측정하였다. 50%(w/w) 당 용액 25 mL를 RVA 용기에 먼저 넣고, 3 g 밀가루를 그 용액위에 넣은 후 RVA 플라스틱 paddle로 밀가루를 당 용액과 잘 섞은 후 Standard 1 방법으로 RVA를 작동하였다. Pasting 온도 및 점도는 RVA의 소프트웨어 프로그램(ThermoLine for Windows)으로 계산하였다.

5. 쿠키 베이킹 실험

쿠키 베이킹 실험은 AACCI 방법(AACCI Approved Method 10-53-01, 1999)으로 수행하였으며, 사용된 재료와 배합비는 Table 1과 같다. 설탕대체제로 과당, 포도당(glucose monohydrate)과 알룰로오스를 100% 대체하여 사용하였으며, 알룰로오스와 포도당은 쿠키 반죽시 수분의 양을 보정한 물의 양을 첨가하였다. 완성된 쿠키 반죽을 약 60 g씩 4덩어리로 분리하여 두께 0.7 cm의 알루미늄 베이킹 팬 위에 적당한 간격으로 놓은 다음, 밀대로 민 후 6 cm 지름의 쿠키 cutter로 성형하여 4개의 쿠키 반죽을 만들었다. 굽는 중 수분손실율을 간접적으로 측정하기 위하여 오븐에서 굽기 직전에 쿠키 반죽을 얇은 알루미늄 팬의 무게를 측정하고, 204°C 오븐에서 11분간 쿠키반죽을 구운 후, 쿠키를 포함한 알루미늄 팬의 무게를 다시 측정하여 굽는 중 무게 감소를 계산하였다. 쿠키를 약 3시간 식힌 뒤, 지름과 두께를 측정하였으며, 쿠키 베이킹은 두 번 반복 실험하였다.

6. 통계 처리

쿠키의 구조적 특성 분석은 Tukey Kramer's Test(SPSS ver. 22.0, Armonk, New York, USA)로 계산하였으며, 모든 실험은 두 번 반복 실시하였다.

Table 1. Formula ingredients for AACCI method 10-53.01 wire-cut cookie baking

Ingredients	Weight (g)
Flour	225.0 ¹⁾
Sucrose	94.5
Non fat dry milk	2.3
Sodium chloride	2.8
Ammonium bicarbonate	1.1
Sodium carbonate	2.3
Shortening	90.0
High fructose corn syrup	3.4
Water	49.5
Calculated TS ²⁾	64.0
Calculated %S ³⁾	66.0

¹⁾ Method 10-53 assumes 13% flour moisture content.

²⁾ Total solvent (TS) calculated as the sum of sugar weight and total formula water weight, based on 100 g flour.

³⁾ %S calculated as sugar weight divided by the total solvent weight based on 100 g of flour.

결과 및 고찰

1. 당용액이 밀가루의 SRC에 미치는 영향

AACCI 방법에 따라 사용된 표준용액에서 밀가루의 SRC를 분석한 결과는 물 49.6%, lactic acid 92.3%, sodium carbonate 65.3%, sucrose 87.9%였다. 이 SRC 결과는 SY Harrison 밀가루가 상대적으로 물 흡수도(water SRC), 손상전분(sodium carbonate SRC) 및 아라비노자일란(arabinoxylan) (sucrose SRC)이 적어 쿠키를 제조하는데 알맞은 밀가루임을 확인하였다(Kweon M 등 2011). 각 당용액에서 밀가루의 SRC 결과는 Table 2와 같다. 설탕용액에서의 SRC 값이 다른 당용액에서의 SRC 값들보다 높은 결과는 아라비노자일란(수용성)이 다른 당용액에서 보다 설탕용액에서 훨씬 쉽게 부풀게 되고, 네트워크를 형성하기 쉬운 것으로 해석될 수 있다. 설탕 다음으로 과당과 포도당 용액에서 아라비노자일란이 비슷하게 부풀었으며, 4개의 당 용액에서 알룰로스용액이 아라비노자일란을 가장 적게 부풀리는 것으로 관찰되었다. 아라비노자일란이 많이 부풀게 되는 것은 쿠키의 제조에 있어서 수분의 흡수를 증가시켜 쿠키 베이킹 중에 수분의 증발을 방해하여 바람직하지 않은 특성이다(Kweon M 등 2009, 2010, 2016). 알룰로스에서의 적은 SRC 값은 다른 당에 비해 알룰로스가 쿠키 반죽을 굽는 과정에서 수분의 증발을 쉽게

Table 2. Solvent Retention Capacity (SRC) for SY Harrison flour in 50% w/w sugar solutions

Sugar	Solvent Retention Capacity (SRC) %
Sucrose	87.91 ^{a1)}
Allulose	73.18 ^c
Fructose	84.58 ^b
Glucose	83.89 ^b

¹⁾ Results are expressed as mean values. Values with the same letter within the same column are insignificantly different ($p < 0.05$) according to Tukey Kramer's test.

하여 수분함량이 낮은 고품질의 쿠키를 만드는데 도움이 된다고 할 수 있다(Courtin CM & Delcour JA 2002; Kweon M 등 2011; Kiszonas AM 등 2013). 따라서 SRC 결과를 바탕으로는 네 가지의 당 중 알룰로스가 쿠키 베이킹 적성이 좋을 것으로 예상되었다.

2. DSC 로 측정된 당용액에서 밀가루 전분의 호화특성

각 당용액에서 밀가루 전분의 호화특성을 측정된 DSC 결과를 Table 3 및 Fig. 1에 나타내었다. 밀가루의 호화온도는 각 당용액들과 물을 비교하였을 때 당용액에서 현저히 호화가 지연됨을 알 수 있었다. 호화온도는 설탕 > 포도당 > 과당 > 알룰로스 > 물의 순서로 설탕용액이 전분의 호화가 가장 지연시킴을 관찰할 수 있었고, 이 결과는 쿠키를 굽는 동안 밀가루 반죽에 포함되어 있는 전분이 거의 호화되지 않음을 제시한다. 분석에 사용된 당용액은 당이 완전히 용해되도록 미리 준비하여 사용하였으며, 이는 용해되지 않은 당이 호화에 미치는 영향을 최소화하기 위한 것이었다. 각 용액에

Table 3. Thermal characteristics of wheat flour in water and 50% (w/w) pre-dissolved sugar solutions

Solvent ¹⁾	T _{onset} (°C)	T _{peak} (°C)	T _{end} (°C)	Heat of transition (ΔQ, J/g)
Water	61.60 ^{a2)}	65.87 ^a	88.85 ^a	3.95 ^a
Sucrose	91.16 ^c	97.33 ^c	120.89 ^c	5.20 ^b
Allulose	72.92 ^b	78.33 ^b	103.86 ^b	4.50 ^a
Fructose	79.63 ^c	84.88 ^c	110.20 ^c	4.77 ^a
Glucose	83.10 ^d	88.71 ^d	112.73 ^c	5.20 ^b

¹⁾ Flour:solvent ratio = 1:1 (w/w).

²⁾ Results are expressed as mean values. Values with the same letter within the same column are insignificantly different ($p < 0.05$) according to Tukey Kramer's test.

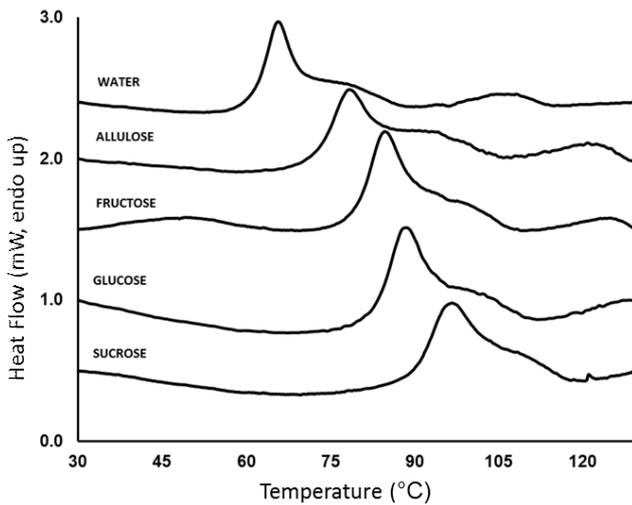


Fig. 1. DSC thermograms of flour in water and 50% (w/w) pre-dissolved sugar solutions.

Flour: water/sugar solution = 50:50 w/w.

서 호화온도(T_{peak})는 물 65.87°C, 알룰로오스용액 78.33°C, 과당용액 84.88°C, 포도당용액 88.71°C, 설탕용액 97.33°C로 측정되었다(Table 3).

본 연구 결과는 여러 선행 연구들에서 당이 전분의 호화를 지연시킨다는 결과들과 일치하였다(Derby RI 등 1975; Kweon M 등 2009). 당이 전분의 호화를 지연시키는 메커니즘에 대해 여러 연구자들의 보고하였는데, Spies RD & Hosney RC (1982)는 전분에 당이 더해지면 수분활성도가 감소되고, 수분의 화학적 구조가 변화하여 화학반응이 일어날 때 요구되는 에너지가 증가된다고 하였다. 전분과 당 용액 간의 상호작용도 당 분자의 크기에 따라 달라 전분의 호화에 영향을 줄 수 있고(Spies RD & Hosney RC 1982), 당의 종류와 용해도도 전분의 호화에 영향을 줄 수 있다고 보고하였다(Kim CS & Walker CE 1992). 한편, Slade L & Levine H(1994)는 전분의 호화가 지연되는 것이 아밀로펙틴의 유리 전이 온도(glass transition temperature)가 증가되어 일어나는 것이고, 이는 각 당 용액의 유전체 회전 완화시간(dielectric rotational relaxation time)과 매우 밀접한 관련이 있다고 하였다. 이 연구자들은 이런 상호관계가 당용액들의 운동성(mobility)과 가소성(plasticization)을 물과 직접 비교할 수 있게 한다고 하였으며, 용액의 분자량에 따라 전분의 호화 온도가 함께 증가하는데, 이는 항가소성이 증가하고, 자유 용적이 감소하기 때문이라 하였다(Slade L & Levine H 1991). 쿠키 제조 시 당의 농도가 높은 경우 항가소성 효과가 크며, 당의 종류에 따라 항가소성 효과에 차이가 있다(Kweon M 등 2010, 2016). 본 연구에서 평가한 네 가지의 당용액 중 설탕이 항가소성이 가장 크고, 호화온도를 크게 지연시켜 설탕으로 만든 쿠키의 경우

굽는 과정 중에 밀가루 내의 전분이 거의 호화되지 않아 전분에 의한 네트워크 형성이 억제되어 쿠키제조에 가장 선호되는 당이라 할 수 있다. 반면, 알룰로오스의 경우 과당과 비슷하거나 과당보다 호화온도가 낮아 쿠키를 굽는 과정에서 전분의 pasting에 의한 네트워크 형성이 가능함을 시사해 알룰로오스로 만든 쿠키가 설탕으로 만든 쿠키보다 크기가 작고, 두께가 두꺼운 쿠키가 만들어질 것으로 예상되었다.

3. RVA를 사용하여 측정된 밀가루 전분의 호화점도 특성

당용액에 밀가루를 섞어 RVA로 측정된 밀가루 전분의 호화점도 패턴은 Fig. 2에 나타내었다. 각 당용액에서 밀가루 전분의 점도가 증가되기 시작한 온도(호화점도온도로 정의)는 DSC로 측정된 최고호화온도(Table 3의 T_{peak})와 같은 순서로 나타났다. 즉, DSC 결과에서 보여준 당용액에 의한 호화온도의 지연효과와 같이 RVA 결과에서도 당용액에 의해 호화점도온도가 증가됨을 보여주었다. 또한 RVA로 측정된 각 당용액에서의 밀가루 전분의 pasting 온도는 DSC로 측정된 호화 peak 온도와 거의 유사하였다. 이는 전분의 1단계 부풀기(first-stage swelling)가 충분히 높은 온도에서 끝나고, 곧바로 2단계 부풀기(second-stage swelling)가 시작되었을 나타내준다(Kweon M 등 2010).

Pasting 온도, 최고 점도, 최종 점도와 setback 값을 포함한 전분의 호화 pasting 특성은 Table 4에 나타내었다. RVA 최고 점도는 두 가지의 과정에 의해 나타나는데, 우선 전분의 입자들이 1단계 부풀기를 지나 2단계 부풀기 과정에서 용출되어 나온 아밀로오스에 의해 점도가 증가되고, 지속적인 전단(shearing)에 의해 아밀로오스들이 부서지게 되면서 점도가 감소되는 것으로 알려져 있다(Kweon M 등 2009, 2010). 본 연구에서 시험한 여러 당용액에서 전분의 pasting은 두 가

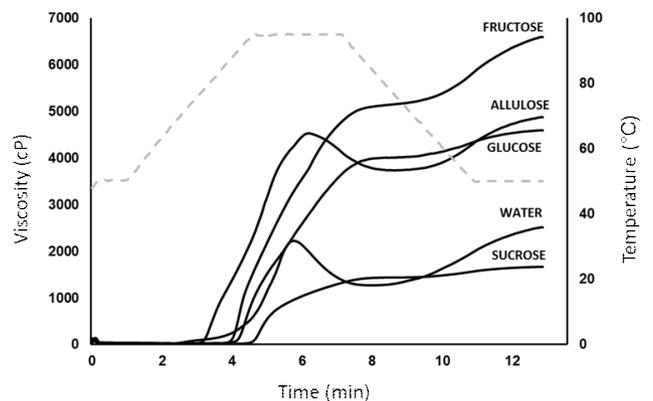


Fig. 2. RVA results of flour in water and 50% (w/w) pre-dissolved sugar solutions.

Table 4. Starch pasting characteristics of wheat flour in water and 50% (w/w) pre-dissolved sugar solutions

Solvent ¹⁾	Pasting temp. (°C)	Peak viscosity (cP)	Final viscosity (cP)	Setback (cP)
Water	69.5 ^{a2)}	2,229 ^b	2,519 ^b	1,244 ^c
Sucrose	94.5 ^c	1,267 ^a	1,668 ^a	650 ^a
Allulose	76.7 ^b	4,528 ^d	4,872 ^e	1,138 ^b
Fructose	86.4 ^c	6,590 ^e	6,590 ^d	3,108 ^c
Glucose	88.8 ^d	3,447 ^c	4,595 ^c	2,069 ^d

¹⁾ Flour:solvent ratio = 7:50 (w/v).

²⁾ Results are expressed as mean values. Values with the same letter within the same column are insignificantly different ($p < 0.05$) according to Tukey Kramer's test.

지 호화점도 패턴을 보여주었다(Fig. 2). 물과 알룰로오스에서 전분의 호화점도 패턴이 비슷하였으며, 이는 가열 중 전분 입자들이 최대한으로 팽창하여 전분의 최고점도를 나타냈고, 지속적인 전단으로 팽창된 전분입자들이 많이 부서져 호화점도가 감소되었으며, 냉각과정을 통해 전분의 호화점도가 다시 증가된 것으로 설명될 수 있다. 반면, 과당, 포도당, 설탕에서 보여준 비슷한 호화점도 패턴은 가열 과정에서 전분의 입자들이 많이 팽창되지 않아 지속적인 전단에도 부서짐이 적어 호화 최고점도를 관찰하기 어렵고, 냉각 중에도 물이나 알룰로오스에 비해 점도의 증가가 적은 것으로 설명될 수 있다. 또한 설탕에 비해 알룰로오스가 상대적으로 setback이 커서 전분의 노화가 설탕에 비해 빨리 일어날 수 있음을 시사하였다. 전체적으로 전분의 호화와 관련한 DSC와 RVA 결과들은 설탕이 쿠키 제조에 가장 유리하고, 그 다음이 포도당이고, 과당과 알룰로오스는 상대적으로 덜 선호될 것으로 예측되었다.

4. 당이 쿠키 베이킹에 미치는 영향



Fig. 3. Top and side views of cookies formulated with sucrose and sucrose replacers.

(a) upper row-left, sucrose; right, glucose; bottom row-left, fructose; right, allulose. (b) from left to right, sucrose, glucose, fructose and allulose.

쿠키를 굽는 과정에서 측정된 무게 감소와 쿠키의 크기 결과는 Table 5에 나타내었고, 정면과 측면을 찍은 쿠키사진들은 Fig. 3에 나타내었다. 당의 종류에 따른 쿠키의 무게 감소(수분 손실의 간접적인 지표)는 설탕으로 만든 쿠키에서 가장 컸으며, 포도당으로 만든 쿠키에서 가장 작았고, 과당과 알룰로오스로 만든 쿠키들은 중간으로 비슷한 결과를 보였다. 포도당으로 만들어진 쿠키가 가장 수분 손실이 적은 이유는 설탕에 비해 상온에서 용해도가 아주 낮아(66% vs. 51% w/w at 25°C) 단단하고 약간 부서짐성이 있는 된 쿠키 반죽이 형성되어 쿠키를 굽는 과정에서 팽창이 어려웠기 때문에 사료된다. 또한 쿠키의 크기에서도 지름이 설탕으로 만든 쿠키가 가장 크고, 다음으로 알룰로오스와 과당으로 만든 쿠키들이 유사하며, 포도당으로 만든 쿠키가 가장 작음을 알 수 있었다. 또, 쿠키의 두께는 쿠키의 지름과 반비례 관계를 나타내, 설탕으로 만든 쿠키가 가장 작고, 다음으로 알룰로오스와 과당으로 만든 쿠키가 비슷하였으며, 포도당으로 만든 쿠키가 가장 두꺼웠다. 특히 Fig. 3에서 볼 수 있듯이, 포

Table 5. Cookie geometry of cookies formulated with sucrose and sucrose alternatives

Sugar	Weight loss (%)	Cookie dimensions (cm) ¹⁾	
		Diameter	Height
Sucrose	16.5 ^{a2)}	8.2 ^a	0.98 ^c
Allulose	13.7 ^b	7.4 ^b	1.24 ^b
Fructose	14.5 ^b	7.3 ^b	1.32 ^b
Glucose	11.2 ^c	6.3 ^c	1.94 ^a

¹⁾ Cookie dimensions: one piece (average of 8 pieces, four pieces per duplicate doughs).

²⁾ Results are expressed as mean values. Values with the same letter within the same column are insignificantly different ($p < 0.05$) according to Tukey Kramer's test.

포도당으로 만든 쿠키는 쿠키의 형태가 타원형으로 이는 쿠키 반죽과 성형 중에 글루텐 단백질이 형성되었기 때문에 추측할 수 있다. 포도당에 대한 쿠키 베이킹 적성 결과는 DSC와 RVA에서 보여준 호화지연 효과가 포도당으로 만든 쿠키에 유리한 영향을 미치나, 당의 용해도도 아주 크게 영향을 미쳐 새로운 당으로 쿠키를 제조할 때 그 당의 호화특성뿐만 아니라, 용해도 및 쿠키 베이킹 적성을 함께 고려하여 이용할 필요가 있음을 시사하였다.

한편, 과당과 알룰로오스로 만든 쿠키는 설탕이나 포도당으로 만든 쿠키들보다 짙은 색깔을 나타내었는데, 이는 두 당이, 모두 환원당으로 Maillard 반응이 쉽게 많이 일어난 것으로 설명할 수 있다. DSC와 RVA 결과로부터 예상할 수 있듯이, 설탕으로 만든 쿠키가 굽는 과정에서 전분의 호화가 가장 많이 지연되어 쿠키의 팽창도 용이하였고, 호화전분에 의한 네크워크의 형성도 억제되어, 오븐에서 꺼낸 후 쿠키를 식힐 때 중력에 의해 쉽게 아래로 주저 않아 가장 지름이 크고, 두께도 얇은 고품질의 쿠키가 만들어졌다. 따라서 설탕이 가장 쿠키제조에 선호되는 당임을 확인할 수 있었다(Slade S & Levine H 1994). 알룰로오스가 다른 당에 비해 전분의 호화지연효과는 적었지만, SRC 결과에서 보여준 아라비노자일란의 부풀기 효과가 상대적으로 적어 쿠키 제조에 유리하게 작용하여 알룰로오스로 만든 쿠키가 설탕으로 만든 쿠키에 비해 품질이 약간만 떨어질 뿐, 과당에 비해서는 비슷하거나, 더 우수한 특성을 보여 과당을 쉽게 대체할 수 있을 것으로 사료되었다. 특히 결정화를 감소시키기 위해 과당이 많이 쓰이는 soft cookie 제조에 알룰로오스를 과당대신 사용하면 저칼로리 저혈당지수에 도움이 되는 쿠키를 제조할 수 있어서 알룰로오스의 잠재적인 이용가능성을 보여주었다. 또한 설탕을 부분적으로 대체할 수 있을 것으로 사료되어 최근 소비자들의 관심을 나타내는 건강에 도움이 되는 쿠키 제품을 제조하는데 이용할 수 있을 것이다.

요 약

과당의 이성체인 알룰로오스가 저혈당 및 저칼로리효과를 갖는 건강쿠키를 제조하는데 설탕대체제로 이용이 될 수 있는지 평가하였다. 설탕(대조군), 과당, 포도당, 알룰로오스를 사용하여 이들 설탕대체제들의 효과를 SRC, DSC, RVA, 와이어 컷 쿠키 방법으로 평가하였다. SRC 결과에서 용액에 접근 가능한(solvent-accessible) 아라비노자일란이 다른 당용액에 비해 알룰로오스에서 가장 적게 부푸는 것으로 관찰되었다. DSC와 RVA 결과들에서 각각 밀가루 전분의 호화 및 전분 pasting의 개시가 모두 물 < 알룰로오스 < 과당 < 포도당 < 설탕의 순서로 지연됨을 알 수 있었다. 사용한 당 중에서

포도당으로 만든 쿠키가 지름과 두께 측면에서 가장 선호되지 않는 특성을 나타냈다. 알룰로오스의 쿠키 베이킹 적성은 설탕에 비해 조금은 부족하지만 과당보다는 뛰어나 과당대체제로나 설탕대체제로 저칼로리·저혈당효과가 있는 쿠키를 제조하는데 성공적으로 이용될 수 있음을 시사하였다.

감사의 글

원활한 연구를 위해 allulose를 제공해 준 CJ 제일제당의 양성재 박사님께 감사드립니다. 이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었습니다.

REFERENCES

- AACC International (1999) Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 10-53.01. Baking Quality of Cookie Flour - Macro Wire-cut Formulation. Approved November 3, AACC International, St. Paul, MN, U.S.A. <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-53.01>
- AACC International. Approved Methods of Analysis (2009) 11th Ed. Method 56-11.02. Solvent Retention Capacity. Proposed November 3, revised and approved June 3, 2009. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A. <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-56-11.02>.
- Bang S, Son E, Kim H, Park S (2013) Quality characteristics and glycemic index of oatmeal cookies made with artificial sweeteners. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(6): 877-884.
- Courtin CM, Delcour JA (2002) Arabinoxylan and endoxylanases in wheat flour bread-making. *J Cereal Sci* 35(3): 225-243.
- Derby RI, Miller BS, Miller BF, Trimbo HB (1975) Visual observation on wheat starch gelatinization in limited water systems. *Cereal Chem* 52(5): 702-713.
- Eble T, Hoeksema H, Boyack G, Savage G (1959). Psicofuramine. I. Discovery, isolation, and properties. *Antibiotics & Chemotherapy* 9(7): 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(3): 510-519.
- Kim CS, Walker CE (1992) Effects of sugars and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry. *Cereal Chem* 69(2): 212-217.

- Kiszonas AM, Fuerst EP, Morris CF (2013) Wheat arabinoxylan structure provides insight into function. *Cereal Chem* 90(4): 387-395.
- Kweon M, Slade L, Levine H, Martin, Souza, E (2009) Exploration of sugar functionality in sugar-snap and wire-cut cookie baking: Implications for potential sucrose replacement and reduction. *Cereal Chem* 86(4): 425-433.
- Kweon M, Slade L, Levine H (2010) Exploration of functionality of low-glycemic-impact sugars and polyols using SRC, DSC, RVA and cookie baking. pp 513-528. In: *Dietary Fibre - New Frontiers for Food and Health*, van der Kamp JW, Jones J, McCleary B, and Topping D. (Eds). Wageningen Academic Publishers. Wageningen, Netherlands.
- Kweon M, Slade L, Levine H (2011) Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: Principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes, as well as in wheat breeding - a review. *Cereal Chem* 88(6): 537-552.
- Kweon M, Slade L, Levine H (2016) Potential sugar reduction in cookie formulation with sugar alternatives. *Cereal Chem* 93(6): in press.
- 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 Pac J Clin Nutr* 10(3): 233-237.
- Moller D, Berger J (2003) Role of PPARs in the regulation of obesity-related insulin sensitivity and inflammation. *Int J Obes* 27(3): S17-S21.
- Murao K, Yu X, Cao WM, Imachi H, Chen K, Muraoka T (2007) D-Psicose inhibits the expression of MCP-1 induced by high-glucose stimulation in HUVECs. *Life Sciences* 81(7): 592-599.
- Olewnik MC, Kulp K (1984) The effect of mixing time and ingredient variation on farinograms of cookie doughs. *Cereal Chem* 61(6): 532-537.
- Schanot MA (1981) Sweeteners: Functionality in cookies and crackers. Technical Bulletin. American Institute of Baking. 3(4). Mahattan, KS, U.S.A.
- 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. *Toxicol Lett* 173(2): 107-117.
- Slade L, Levine H (1991) Beyond water activity: Recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. *Crit Rev Food Sci Nutr* 30(2-3): 115-360.
- Slade L, Levine H (1994) Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients. In: *The Science of Cookie and Cracker Production*. Faridi, H. (Eds). Chapman and Hall. New York, NY, USA, pp 23-141.
- Spies RD, Hosney RC (1982) Effects of sugars on starch gelatinization. *Cereal Chem* 59(2): 128-131.
- 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. *J Biosci and Bioeng* 100(5): 511-516.
- 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.

Date Received	Oct. 12, 2016
Date Revised	Oct. 12, 2016
Date Accepted	Oct. 14, 2016