

Research Note

설탕 대체율에 따른 알룰로스 혼합물의 이화학적 특성

이혜원 · 신정규^{1,2*}

천일식품(주), ¹전주대학교 스마트식품융합기술 ICC, ²전주대학교 한식조리학과

Physicochemical Properties of Allulose Mixture According to Replacement Ratio of Sugar

Hye-Won Kim and Jung-Kue Shin^{1,2*}

Chunil Foods Co.

¹Smart Food Convergence Technology ICC, Jeonju University

²Department of Korean Cuisine, Jeonju University

Abstract

In this study, the change of the physicochemical properties of allulose according to the sugar replacement ratio was studied. The ratio of allulose and sugar was set to 0%, 25%, 50%, 75%, 100%, and changes in moisture content, pH, and Brix were measured. The control (sugar 100%) showed the lowest moisture content of 0.11%, and the moisture content tended to increase as the content of allulose increased. There was no significant difference between the samples according to the replacement of allulose except for 100% sugar and 100% allulose. As a result of measuring the moisture absorption according to the relative humidity, the moisture absorption increased as the allulose content increased, while the moisture absorption increased as the relative humidity increased. The higher the relative humidity and the higher the content of allulose, the longer the moisture absorption period.

Key words: allulose, sugar replacer, relative humidity, sugar reduction

서 론

탄수화물의 한 종류인 당은 인체가 가장 빠르게 이용할 수 있는 에너지원으로서, 뇌와 신경조직 등의 효율적 작용을 위해 꼭 필요한 필수 영양소이지만 과잉섭취시 비만이나 당뇨, 심혈관계 질환 등을 유발할 수 있다(Lusting, 2010; Lusting et al., 2012). 세계보건기구(WHO)의 당류 섭취 가이드라인에서는 유리당 형태의 당 섭취를 하루 에너지 섭취량의 10% 이내 섭취를 권고하고 있으며, 향후 5% 미만으로 줄이는 것을 검토하고 있다(WHO, 2015; Lee, 2020). 한국에서도 당류의 과잉섭취에 대한 대책으로 2016년 4월 식품의약품안전처에서 ‘당류 저감 종합 계획’을 발표했다. 우리나라 당류 섭취 원인 식품을 보면 가공식품을 통한 섭취가 45.92 g으로 가장 높고 다음으로 과일류, 원재료성 식품, 우유류 순이었다. 가공식품 중 당류를 섭취하는 1일 평균 식품군을 살펴보면 음료류 14.37 g,

빵·과자류는 6.54 g, 설탕 등의 당류 5.95 g, 가공유 및 발효유 3.62 g 순으로 조사되었다. 특히 최근에는 과일류나 원재료성 식품들에 의한 당류 섭취는 줄어들고 있으나 가공식품에 의한 당류 섭취는 증가하고 있다. ‘당류 저감 종합 계획’에 의하면 가공식품으로부터 섭취되는 당 섭취량을 1일 열량의 10% 이내로 권고하여 식품업계에서는 이에 따라 기존 제품 내의 당류 저감이 시급한 실정이다(MFDS, 2016; Yoon, 2018).

건강을 지향하는 소비자들은 당류의 섭취량을 줄이기 위해 고감미료나 저감미료 등 칼로리를 낮출 수 있는 제품들을 찾고 있으나, 건강 때문에 맛을 포기하지는 않으려고 한다. 따라서 기호도는 떨어지지 않고 천연의 특성을 유지하면서 설탕과 유사한 맛을 내는 소재가 지속적으로 요구되고 있어 대체감미료의 수요는 계속해서 증가할 것을 예상할 수 있다(Livesey, 2003; Livesey et al., 2008; Kim, 2010). 대체당 연구에서 사용된 저감미료의 종류는 당알콜류와 올리고당, 희소당이 있으며 이를 이용한 연구들로 당알콜 첨가 스폰지케이크의 품질 특성(Lee & Oh, 2010), 프락토올리고당으로 제조한 스폰지케이크의 물리화학적 특성(Beak, 2013), 설탕 대체 팔라티노스의 제과 적용 가능성(Kim et al., 2014), 타가토스와 에리스리톨로 제조한 다

*Corresponding author: Jung-Kue Shin, Department of Korean Cuisine, College of Culture and Tourism, Jeonju University. 303 Cheonjam-ro, Wansan-gu, Jeonju, 55069. Republic of Korea
Tel: +82-63-220-3081; Fax: +82-63-220-3264
E-mail: sorilove@jj.ac.kr
Received May 8, 2021; revised May 25, 2021; accepted May 26, 2021

쿠아즈의 물리화학적 특성 연구(Lee et al., 2017), 솔비톨 첨가 시폰 케이크의 품질 특성 연구(Song & Han, 2015), 당 지수 감소를 위한 설탕 대체제 첨가 머핀의 가공 적성 연구(Lee, 2019) 등의 연구가 있다.

알룰로스(allulose)는 국내에서 연구되어 상용화된 0 kcal/g의 대체감미료이다. 알룰로스는 과당 이성질체로 저칼로리의 천연당으로 건포도 무화과 등 자연계에 희소하게 존재하는 당으로 설탕의 70% 감미를 가지고 있다(Kim, 2016). 분자식 $C_6H_{12}O_6$ 인 단당류로 3번 탄소 수산화기의 위치가 다른 과당(D-fructose)의 이성체이다. D-psicose 또는 D-ribo-2-hexulose라고도 부르는데, 이는 항생물질인 psicofuranine에서 온 이름이다(Eble et al., 1959). Maillard reaction을 일으켜 열공정이 포함되어있는 식품에 적합하며, 설탕이 함유된 제품에서 대체사용이 가능하다. 그러나 단당류이기 때문에 설탕을 먹을 때 보다 입안에서 단맛이 오래 남지 않고 점도도 상대적으로 낮아 올리고당이나 설탕, 증점제, 식이섬유 등을 첨가하여 맛을 보완해야 한다(Jung, 2018). 알룰로스 기능성에 대한 인체 및 동물실험 연구결과 체지방감소를 통한 비만 억제 효과와 혈당상승 억제작용이 있는 것으로 나타났다(Iida et al., 2008). 일반 당류처럼 대사작용을 하지 않기 때문에 소장에서 흡수되어 소변으로 배출되므로 알룰로스 열량은 0-0.2 kcal/g 수준이다(Iida et al., 2010). 식품의약품안전처에서 알룰로스의 열량을 0 kcal/g로 인정했으며 당을 저감화하기 위한 대체감미료로 제안되고 있다(MFDS, 2016). 2020년 1월 1일부터 미국 FDA는 영양성분표에 첨가당을 의무적으로 표시하고 있는데, 첨가당 표시 대상 품목에서 알룰로스는 제외한다고 발표했다. 알룰로스는 빵류나 과자, 아이스크림, 음료수, 소스, 젤리 등에 사용 가능하다.

알룰로스의 다양한 제품에 적용하기 위해서는 우선 알룰로스의 다양한 특성에 대한 연구가 필요하지만 알룰로스가 상품화된 지 오래되지 않아 아직 이에 대한 연구가 많이 부족한 상태이며, 제품에 대한 적용 연구도 다양하지 못한 실정이다. 본 연구에서는 알룰로스의 제품 적용에 앞서 설탕 대체 비율에 따른 알룰로스 혼합물의 이화학적 특성 변화를 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 재료는 알룰로스(CJ Cheiljedang Co., Ansan, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Incheon, Korea)을 사용하였다. 분말형태의 알룰로스(결정과당 100%)는 CJ제일제당에서 제공받은 제품으로 분말형태의 알룰로스를 사용하였으며, 설탕은 시중 대형마트에서 구입하여 사용하였다. 포화염용액 제조에는 $MgCl_2$ (Magnesium chloride anhydrous 98%, Daejung Chemical Co., Siheung, Korea),

KI (Potassium iodide 99.5%, Daejung Chemical Co.), $(NH_4)_2SO_4$ (Ammonium sulfate 99.0%, Daejung Chemical Co.), KNO_3 (Potassium nitrate 99.0%, Daejung Chemical Co.) 시약을 구입하여 사용하였다. 실험에 사용한 시료 별 알룰로스와 설탕의 구성비율(%)은 대조구 (sugar 100), AL25 (allulose 25 : sugar 75), AL 50 (allulose 50 : sugar 50), AL 75 (allulose 75 : sugar 25), AL00 (allulose 100) 이었다.

수분함량

수분함량은 식품공전에 따라 건조기에서 5시간 동안 103°C에서 가열하고 데시게이터에서 30분간 방냉하여 항량한 다음 도가니에 시료 3 g을 칭량하여 103°C의 건조기에서 가열하여 항량이 될 때까지 건조시킨 후 수분함량을 측정하여 아래의 식으로 계산하였다(MFDS, 2021).

수분(%)

$$= \frac{(\text{도가니의 무게} + \text{건조 전 시료의 무게})(g) - (\text{도가니의 무게} + \text{건조 후 시료의 무게})(g)}{\text{건조 전 시료의 무게}(g)} \times 100$$

pH 및 Brix

pH는 시료 4 g을 칭량하여 증류수 36 mL와 함께 50 mL conical tube (Centrifuge tubes FA2098, BD Falcon, Corning, NY, USA)에 담아 용액을 만들어 vortex mixer (G560E, Scientific Industries Co., Bohemia, NY, USA)를 사용하여 알갱이가 보이지 않을 때까지 완전히 녹인 후 pH meter (Docu-pH meter, Sartorius, Goettingen, Germany)로 상온(23°C)에서 측정하였다. Brix는 일정량의 시료를 증류수에 희석하여 50%의 수용액 상태로 만들어 준 후 magnetic bar와 함께 유리 비이커에 넣고 호일을 덮어준다. 유리 비이커를 hot plate (PC-420D, Corning Co., Somerville, MA, USA) 위에 올려 95°C에서 170 rpm으로 5분간 가열한다. 알룰로스와 설탕이 녹아 있는 액상을 brix meter (MASTER-53M, ATAGO Co., Tokyo, Japan) 위에 올려 측정하였다.

포화 염용액의 제조 및 상대습도

상대습도(relative humidity) 조건을 맞추기 위하여 30°C에서 $MgCl_2$ (33% RH), KI (69% RH), $(NH_4)_2SO_4$ (81% RH), KNO_3 (93% RH) 시료와 증류수를 사용하여 포화 염용액(700 mL)을 제조하였다. 포화염용액의 제조 방법은 삼각플라스크에 정제수와 시료를 넣어 포화용액으로 만들어 혼합한 후 hot plate (PC-420D, Corning Co., Somerville, MA, USA) 위에 올려 20°C에서 magnetic bar를 넣고 360 rpm으로 10분간 혼합해 준다. 혼합 후 호일로 입구를 막고 하루 동안 20°C에서 방치한 후 깔대기에 filter papers

(No 4, Qualitative Circles 110 mm, Whatman Co., Maidstone, UK) 접어서 올려놓고 걸러서 사용한다. 포화염용액은 밀폐 용기에 넣고 습도계를 넣고 3시간 후 습도를 측정한다. 후 실험에 사용하였다.

평형수분함량

시료를 지름 5 cm의 평판접시(petri dish)에 10 g씩 담고 상대습도를 33%, 69%, 81%, 93%를 유지하는 포화 염용액이 들어있는 데시케이터에 넣고 30°C의 배양기(ESH-2080, HANBAEK Scientific Technology Co., Bucheon, Korea)에서 24시간 간격으로 시료의 수분함량을 측정하였다. 흡수에 의한 무게의 증가량은 최초의 수분함량을 기준으로 무게에서 수분의 변화가 5 mg 이하의 함량이 될 때까지 측정하여 평형 수분함량을 구하였다(Labuza, 1987).

통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복하였으며, 분산분석(ANOVA), Duncan 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 분석하였다. 모든 통계분석의 유의 수준은 $p < 0.05$ 였으며, SPSS version 25.0 package program (SPSS INC., Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

결과 및 고찰

수분함량, pH, Brix

알룰로스와 설탕 그리고 알룰로스와 설탕을 혼합한 시료들의 수분 함량은 Table 1과 같다. 대조구(설탕 100%)가 0.11%로 가장 낮은 수분함량을 나타냈으며, AL25 2.83%, AL50 5.50%, AL75 9.57%, AL100 12.89%로 알룰로스의 함량이 높아지면서 수분함량이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 알룰로스가 설탕보다 많은 수분을 함유할 수 있으며, 향후 제품에 적용했을 경우 설탕을 사용했을 때 보다 수분 함유량이 높아질 것으로 예상된다.

설탕 대체에 따른 pH 측정결과 대조구는 6.30, AL100은

5.73으로 유의적인 차이를 나타냈으며, 알룰로스 대체 비율이 높을수록 조금씩 낮아지는 경향을 나타냈다. pH는 제과 또는 제빵 과정에 최종 제품의 품질에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져 있다. 제과에서는 반죽이 산성에 가까울수록 짙은 갈색이 되기 때문에 pH를 조절하여 제품 품질을 일정하게 유지하는 것이 중요한 것으로 알려져 있다. 또한 제빵에 있어서는 반죽의 pH가 낮을 경우 가스발생량은 줄어들지만 가스의 안정성은 높아지는 것으로 알려져 있다 (Chung & Jang, 2015). 케이크 반죽을 실험한 결과 pH 5.2-5.8에서는 액체와 기름을 혼합했을 때 분리가 일어나지 않았으나 pH 6.7-8.3에서 액체와 기름을 혼합했을 때 반죽의 에멀전이 파괴되어 액체와 기름이 분리되는 현상이 일어났다(Kim et al., 1999). 알룰로스와 설탕의 대체 비율에 따른 시료들 간의 pH를 측정된 결과를 보면 알룰로스의 함량이 높아질수록 pH가 낮아지는 경향을 나타냈으나 대조구와 AL100을 제외하면 설탕 대체에 따른 시료간의 pH 차이는 크지 않기 때문에 알룰로스로 대체하여 제품에 적용할 경우 품질의 영향이 크게 나타나지는 않을 것으로 판단된다.

Brix (%) 측정 결과 대조구 50%, AL25 48.97%, AL50 48%, AL75 47.4%, AL100 46.50%로 알룰로스의 비율이 높아질수록 brix (%)가 유의적으로 낮아지는 경향을 나타내고 있다. 당도계는 재료를 물에 녹여, 물에 녹아 있는 물질을 굴절시켜 용매 안에 있는 물질의 양을 brix (%) 단위로 나타내는 원리로 측정한다. 1분자 화합물인 알룰로스(180.2 g/mol)와 2분자 화합물인 설탕(342.3 g/mol) 간의 크기 차이로 인해 알룰로스의 비율이 낮을수록 굴절율이 높아지면서 높은 brix를 나타내는 결과가 나온 것으로 생각된다(Lee et al., 2017).

수분 흡습량

알룰로스, 설탕, 알룰로스와 설탕이 혼합된 시료의 상대 습도에 따른 수분 흡습량을 Fig. 1, Fig. 2에 나타내었다. Fig. 1은 30°C에서 상대습도를 MgCl₂ (33% RH), KI (69% RH), (NH₄)₂SO₄ (81% RH), KNO₃ (93% RH)로 조절한 다음 시료가 평형수분함량에 도달하는 시간까지 수분함량의 변화를 알아보았으며, Fig. 2는 실험을 시작한 날부터 시작하여 16일차, 36일차에 시료의 상태를 촬영하였다. 상대습도 MgCl₂ (33% RH)에서 시료는 10일 후부터 흡습이 시작되어 AL100은 0.4%가 나머지 시료는 0.2%의 흡습량을 나타내었다. 이후 모든 시료의 흡습이 서서히 진행되어 최종적으로 대조구는 21일, AL25는 24일, AL50은 23일, AL75는 22일 후에 0.6%의 흡습량을 보였으며, AL100은 25일 후 0.8%의 흡습량을 나타내었다. 상대습도 KI (69% RH)에서 대조구는 10일 후부터 흡습이 시작되어 14일 후 0.6%까지 흡습되고 더 이상 흡습되지 않았다. AL25-AL75는 2일 후부터 흡습되어 34일까지 흡습되었다. 최종 흡습

Table 1. Moisture contents, pH, Brix of samples according to allulose concentration

	Moisture (%)	pH	Brix (%)
Control ¹⁾	0.11±0.02 ^e	6.30±0.39 ^a	50.00±0.10 ^a
AL25 ²⁾	2.83±0.12 ^d	6.05±0.37 ^{ab}	48.97±0.06 ^b
AL50	5.50±0.26 ^c	5.98±0.39 ^{ab}	48.00±0.00 ^c
AL75	9.57±1.65 ^b	5.80±0.27 ^b	47.40±0.00 ^d
AL100	12.89±0.17 ^a	5.73±0.22 ^b	46.50±0.10 ^e

¹⁾Control, control with sugar 100%

²⁾AL25-AL100, various concentration of allulose; AL25, allulose 25% + sugar 75%; AL50, allulose 50% + sugar 50%; AL75, allulose 75% + sugar 25%; AL100, allulose 100%

³⁾Mean±SD

^{a-e}Means are significantly different within the same column at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

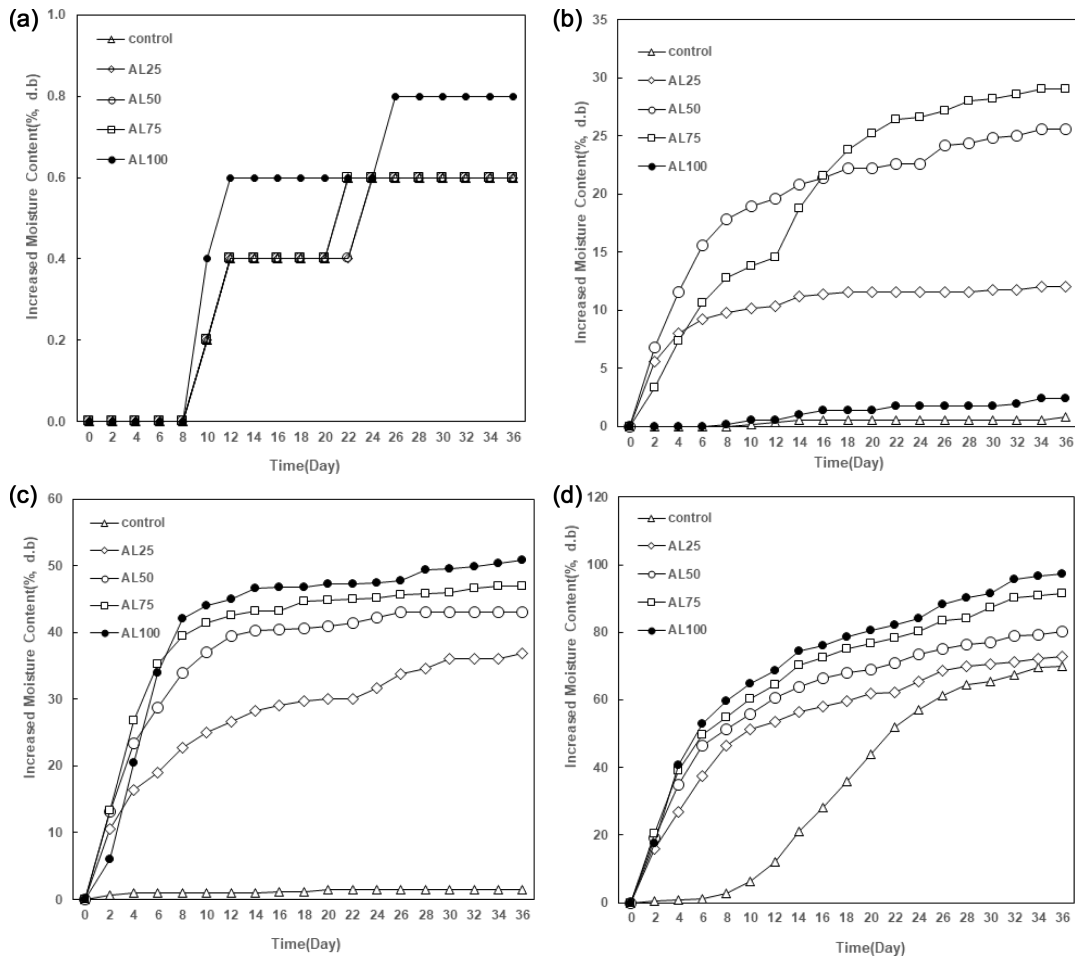


Fig. 1. Change of moisture content in samples during storage at (a) 33%, (b) 69%, (c) 81%, (d) 93% relative humidity. ¹⁾Control, control with sugar 100%. ²⁾AL25-AL100, various concentration of allulose; AL25, allulose 25% + sugar 75%; AL50, allulose 50% + sugar 50%; AL75, allulose 75% + sugar 25%; AL100, allulose 100%.

량은 AL25는 12%, AL50은 25.6%, AL75은 29%까지 흡습되었다. AL100은 8일 후부터 흡습되어 34일까지 흡습되었으며, 8일차에 0.2% 34일차에 2.4%가 흡습되었다. 설탕과 알룰로스만 단독으로 있는 시료보다 알룰로스와 설탕을 혼합한 시료에서 흡습량이 높게 나타났으며, 알룰로스의 대체비율이 높을수록 흡습성이 높은 것으로 나타났다. 상대습도 (NH₄)₂SO₄ (81% RH)에서 대조구는 2일 후에 0.6%가 흡습되고 4일 후 0.2%씩 증가해 1%까지 흡습되었다. 14일 후에는 증가하지 않고 15일에 1.2%. 20일에 1.4%까지 흡습되었다. AL25-AL75는 1일 후부터 흡습이 일어나기 시작해 2일 후에 약 2.5배 이상 증가하였다. AL25는 30일까지 계속흡습되다가 31일부터 흡습이 일어나지 않았다. AL50은 26일까지, AL75는 34일까지 증가하였으며 그 이후로는 증가하지 않았다. AL100은 1일 후에 1.8%에서 2일 후 6%로 약 3.3%가 증가했으며 34일차부터 흡습이 일어나지 않았다. 상대습도 (NH₄)₂SO₄ (81% RH)에서 최종 흡습량은 대조구 1.4%, AL25 36.8%, AL50 43%, AL75 47%, AL100 50.8%로 나타나 알룰로스의 대체량이 증가할

수록 흡습량도 높아지는 것으로 나타났다. 상대습도 KI (69% RH)에서는 AL100의 흡습량은 2.4%에 불과 했지만 상대습도 (NH₄)₂SO₄ (81% RH)에서 50.8%로 큰 폭으로 증가하여 알룰로스가 습도에 매우 민감한 것으로 나타났다. 상대습도 KNO₃ (93% RH)에서는 모든 시료가 2일 후부터 흡습되기 시작해 36일까지 계속해서 흡습하는 것으로 나타났다. AL25-AL75는 1일 후부터 흡습이 빠르게 일어나 8일까지 큰 폭으로 증가하였다. 증가 폭이 가장 큰 날은 1일 후로 AL25 9%, AL50 10.6%, AL75 12.2%, 증가했으며, AL100은 2일 후 13.6%로 나타났다. 알룰로스 대체된 시료들의 흡습곡선은 알룰로스의 대체량이 많아질수록 흡습성이 큰 것으로 나타났다. 5일 후부터 AL75와 AL100 시료는 분말결정이 보이지 않고 액상 상태가 되었으며, AL50은 7일, AL25는 15일에 액상 상태가 되었다. 대조구는 다른 시료들과 다르게 10일까지는 천천히 증가하다가 9일부터 급속도로 증가해 28일까지 흡습량이 크게 늘어났다. 대조구의 흡습량이 가장 큰 폭으로 증가한 날은 13일 후로 7%가 흡습되었으며, 28일 이후로는 점차 증가

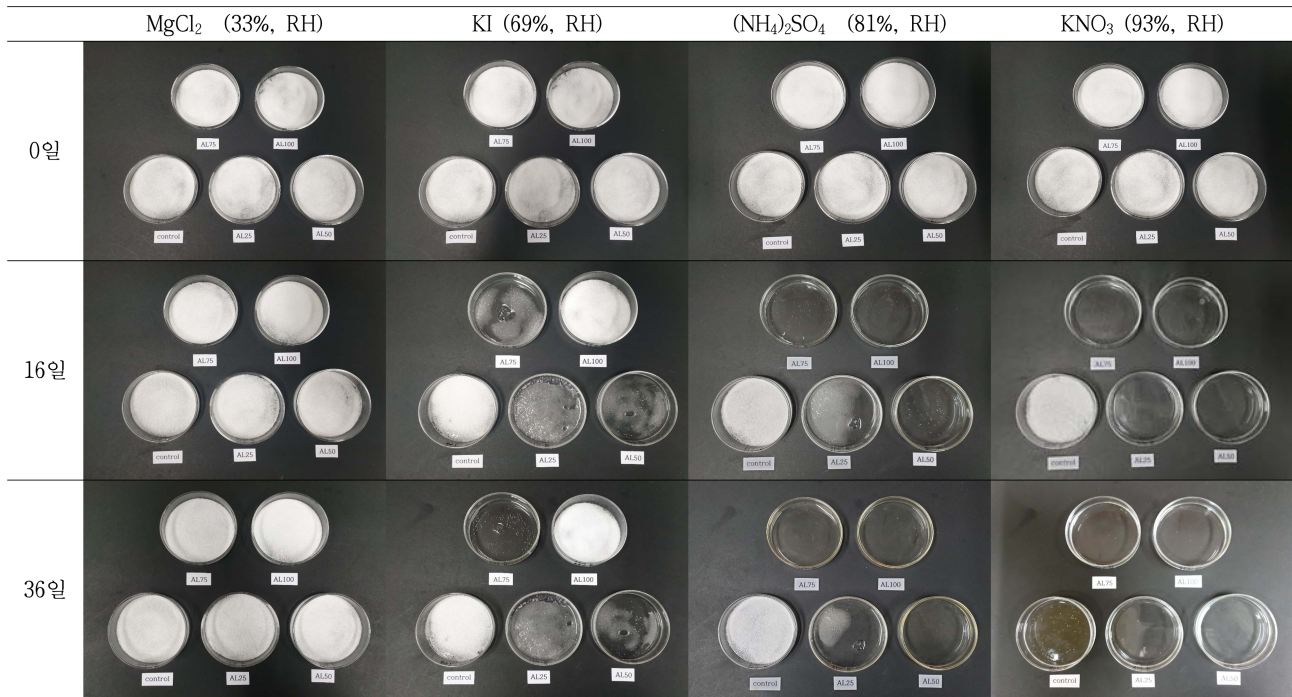


Fig. 2. Hygroscopicity photograph of samples according to allulose content.

하였다. 대조구는 18일부터 결정이 녹기 시작하여 27일 후 완전히 녹아 액상 상태가 되었다. 액상상태가 된 이후로도 계속해서 흡습이 일어나 계속해서 실험을 진행한 결과 36일차에 곰팡이가 발생되어 그 이후의 수분 변화량은 측정하지 않았다. 곰팡이는 대조구와 AL25에서 나타났다. 이는 Jung et al. (1987)의 연구 결과와 유사한 경향을 보이고 있다.

요 약

본 연구에서는 설탕 대체 비율에 따른 알룰로스의 이화학적 특성 변화를 연구하였다. 알룰로스의 설탕 대체비율을 0, 25, 50, 75, 100%로 설정한 후 수분함량, pH, Brix의 변화를 측정하였다. 설탕 100%를 사용하였을 경우 0.11%로 가장 낮은 수분함량을 나타냈으며, 알룰로스의 함량이 높아질수록 수분함량이 증가하는 경향을 보였다. pH는 설탕 100%와 알룰로스 100%를 제외하고 알룰로스 대체에 따른 시료간의 유의적 차이는 없었으며, brix는 알룰로스의 함량이 높아질수록 낮은 값을 보였다. 상대습도에 따른 흡습량의 정도를 측정한 결과, 모든 실험조건에서 알룰로스 함량이 높아질수록 흡습량이 높아졌으며, 상대습도가 높을수록 흡습량의 증가가 더 큰 것으로 나타났다. 상대습도가 높고 알룰로스의 함량이 높을수록 흡습이 일어나는 기간이 긴 것으로 나타났다. 이러한 알룰로스 및 설탕의 혼합 비율에 따른 수분함량 및 흡습량의 자료는 앞으로 제빵 공정에 있어서 최종제품의 품질을 결정할 수 있는 기초

자료로서 활용이 가능할 것으로 판단된다.

References

Beak YH. 2013. Physicochemical characteristics of sponge cake replacing for fructooligosaccharide. MS thesis, Hansung University, Seoul, Korea.

Chung YK, Jang DH. 2015. Effect of fermented liquid dough on bread quality. *Korean J. Community Living Sci.* 26: 127-133.

Eble T, Hoeksema H, Boyack G, Savage G. 1959. Psicofuranine. I. Discovery, isolation, and properties. *Antibiot. Chemother.* 9: 419-420.

Iida T, Hayashi N, Yamada T, Yoshikawa Y, Miyazato S, Kishimoto Y, Okuma K, Tokuda M, Izumori K. 2010. Failure of D-psicose absorbed in the small intestine to metabolize into energy and its low large intestinal fermentability in humans. *Metab. Clin. Exp.* 59: 206-214.

Iida T, Kishimoto Y, Yoshikawa Y, Hayashi N, Okuma K, Tohi M, Yagi K, Matsuo T, Izumori K. 2008. Acute D-psicose administration decreases the glycemic responses to an oral maltodextrin tolerance test in normal adults. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 54: 511-514.

Jung EY, Yum CA, Kim SK, Jang MS. 1987. Sorption characteristics of barleys at various relative humidities. *Korean J. Food Sci. Technol.* 19: 331-337.

Jung KH. 2018. Sugar reducing materials and applied Technology of Processed Foods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 23: 5-9.

Kim HW, Seo SR, Kim HJ, Kim YE, Choi DH, Kim KM. 2014. Usage of palatinose for confectionery instead of sugar. *Food Ind. Nutr.* 19: 33-37.

Kim JH. 2010. Spotlight functional sweeteners. *Food Ind. Nutr.*

- 15: 26-28.
- Kim SG, Jo NJ, Kim YH. 1999. Baking science. B&C World. Seoul, Korea. pp. 14-16.
- Labuza TP, Kaanane A, Chen JY. 1987. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated food. *J. Food Sci.* 50: 385-391.
- Lee EJ. 2019. A study on processing suitability of sucrose replacers for producing low glycemic muffins. MS thesis. Busan University. Busan. Korea.
- Lee HW. 2020. Quality characteristics of sponge cake and dacquoise using allulose. MS thesis, Jeonju University, Jeonju, Korea.
- Lee JK, Oh MS. 2010. Quality characteristics of sponge cakes with various sugar alcohols. *J. Korean Soc. Food Cult.* 25: 615-624.
- Lee NR, Kang SN, Kim JH, Kim HH, Lee JA, Park SM. 2017. Physicochemical properties of dacquoise made with sugar or sugar replacements, tagatose, and erythritol. *J. Appl. Biol. Chem.* 60: 87-93.
- Livesey G, Taylor R, Hulshof T. 2008. Glycemic response and health— a systematic review and meta-analysis: relations between dietary glycemic properties and health outcomes. *Am. J. Clin. Nutr.* 87: 258S-268S.
- Livesey G. 2003. Health potential of polyols as sugar replacer with emphasis on low glycemic properties. *Nutr. Res. Rev.* 16: 163-191.
- Lustig RH, Schmidt LA, Brindis CD. 2012. Public health: The toxic truth about sugar. *Nature* 482: 27-29.
- Lustig RH. 2010. Fructose: metabolic, hedonic, and societal parallels with ethanol. *J. Am. Diet Assoc.* 110: 1307-1321.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2016. 1st Comprehensive plan for sugar reduction. Ministry of Food and Drug Safety, Osong, Korea.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2016. Action plan for sugars reduction. Ministry of Food and Drug Safety. Osong, Korea. p 8.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). Dry reduction method (2.1.1.1). Available from : http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=11003. Accessed Apr. 25, 2021.
- Song YN, Han JA. 2015. Effect of sorbitol on the physicochemical and microbial characteristics of chiffon cake. *Korean J. Food Sci. Technol.* 47: 645-651.
- WHO (World Health Organization). 2015. Guideline: sugar intake for adults and children. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Yoon EK. 2018. Current status of Korean sugar intake and reduction policy. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 23: 10-13.

Author Information

이혜원: 천일식품(주)
신정규: 전주대학교 교수