

저열량 감미료 Tagatose의 초콜릿제품에의 응용

노희진 · 김상용 · 노봉수* · 김석신** · 오덕근***

동양제과(주) 기술개발연구소, *서울여자대학교 식품·미생물공학과,
가톨릭대학교 식품영양학과, *우석대학교 식품공학과

Application of a Low Calorie Sweetener, Tagatose, to Chocolate Product

Hoe-Jin Roh, Sang-Yong Kim, Bong-Soo Noh*, Suk-Shin Kim** and Deok-Kun Oh***

R&D Center, Tong Yang Confectionery Co.

*Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University

**Department of Food Nutrition, The Catholic University

***Department of Food Science and Technology, Woosuk University

Abstract

The application of a low calorie sweetener, tagatose, to chocolate product was investigated. The viscosity of chocolate prepared with tagatose were almost the same as that of chocolate with sucrose. The melting point and endothermic enthalpy of chocolate prepared with tagatose, which were obtained from the analysis of differential scanning calorimetry, were also almost the same as those of chocolate with sucrose. However, chocolate with tagatose was softer than that of chocolate with sucrose.

Key words: tagatose, differential scanning calorimetry, viscosity, chocolate

서 론

Galactose의 이성질체인 tagatose는 설탕과 가장 유사한 물리적, 화학적 성질을 가지고 있다. 설탕의 0.92배의 감미도를 지닌 육탄당 tagatose는 설탕과 달리 비열량 감미료이며 체내에 흡수시 거의 대사 되지 않아 과량을 섭취해도 설사를 유발하지 않는 장점이 있다. 또한 열과 pH에 대한 안정성이 우수하여 식품첨가물로 사용이 가능하고 평형상대습도 조절능력이 뛰어난 것으로 알려져 있다⁽¹⁾. 일반적으로 tagatose는 요구르트, 분유, 또는 여러 가지 치즈에 소량 존재하는 것으로 알려져 있고 설탕과 마찬가지로 브라운 반응을 일으키지만, 대부분의 인공감미료와 달리 가열에 의해 잘 파괴되지는 않는다⁽²⁾.

쥐의 식이 실험에서 설탕 30%가 함유된 식이를 섭취한 실험 쥐의 중량은 20% 이상 증가한데 비하여 같은 양의 tagatose가 함유된 식이를 섭취한 실험 쥐의 중량은 오히려 15% 감소된다고 보고되었다⁽³⁾. 또한,

충치의 원인이 되지 않고, 포도당이나 설탕처럼 혈중 당농도를 증가시키지 않는 것으로 알려져 있다. 다른 당이나 당알코올의 경우 sorbitol은 2.4 kcal/g, xylitol은 4 kcal/g, 설탕은 4 kcal/g의 대사 에너지를 지남에 비하여 D-tagatose는 이들 당보다 낮은 2 kcal/g의 대사 에너지를 갖을 뿐아니라 다른 당이나 당알코올과는 달리 실제 이용할 수 있는 에너지가 0 kcal/g에 가깝다⁽⁵⁾. 그러므로 tagatose는 diet 감미료로서 사용이 가능하다.

Tagatose는 galactose나 galactose의 당 알코올인 dulcitol을 원료로 하여 화학적 방법, 효소적 방법, 미생물을 이용한 발효 방법으로 생산할 수 있다⁽⁴⁾. 화학적 방법으로는 lactose를 가수분해하여 나온 galactose를 calcium 등을 촉매로 하여 tagatose-calcium-hydroxide 복합체를 만들어 이성화시켜 tagatose를 생산하고⁽⁵⁾, 효소적 방법으로는 D-tagatose-3-epimerase를 이용하여 L-sorbose로부터 생산한 경우와⁽⁶⁾ arabinose-ketol-isomerase에 의해서 galactose로부터 생산한 경우⁽⁴⁾ 그리고 ducitol dehydrogenase에 의해서 dulcitol로부터 생산한 보고가 있다⁽⁷⁾. 미생물 발효에 의한 tagatose의 생산은 dulcitol을 기질로 하여 생산한 경우⁽⁷⁻¹¹⁾와 galactose를 기질로 사용하여 생산한 경우⁽⁴⁾가 있으나 아직까지 그

Corresponding author: Sang-Yong Kim, R&D Center, Tong Yang Confectionery Co., 30-10 Munbai-dong Yongsan-gu, Seoul 140-715, Korea

수율과 생산성이 매우 낮게 나타나고 있다.

다른 저 칼로리 또는 무 칼로리 감미료와는 달리 tagatose는 요리 중 가열에 잘 견디고, 설탕과 같은 불륨감, 텍스처, 맛을 부여한다. Tagatose는 여러 가지 면에서 설탕과 유사한 물리적 성질을 갖고 있지만 무 칼로리 감미료이므로 제과, 제빵, 아이스크림 및 유제품 등의 다양한 식품을 저칼로리 식품으로 개발할 수 있다. 그러므로, 본 연구에서는 tagatose를 이용한 초콜렛을 제조하여 그 물리적 특성을 알아보았다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 tagatose는 MD사(Denmark)로부터 구입하여 사용하였고, 설탕은 삼양사의 제품을 사용하였다.

초콜렛의 제조

초콜렛을 제조하기 위해 Table 1에 나타난 여러 가지 원료를 잘 혼합한 후, 3-roll refiner (Bühler사, Swiss)로 입자크기가 약 15 μm 정도 되게 순련(refining)시키고, 조온(tempering), 성형, 냉각, 포장 과정을 거친 후 20°C에서 48시간 숙성시켜서 실험에 사용하였다.

Differential Scanning Calorimetry (DSC)

DSC는 thermal analyzer (DSC-200, Netzsch, Germany)를 사용하였다. Hg (용융점=-38.8°C, 엔탈피=-11.44 J/g)와 Indium (용융점=156.6°C, 엔탈피=-28.59 J/g)을 이용하여 온도와 엔탈피를 보정하였다. 시료를 각각 8~10 mg 취하여 aluminium pan에 넣고 압축기로 밀봉하였다. Reference pan은 빈 pan을 밀봉한 후 사용하였고 설탕과 tagatose가 들어간 초콜렛을 -20°C에서 60°C까지 10°C/min의 속도로 가열하였다. 흡열 엔탈피(ΔH)는 열 곡선에 나타난 함몰부분의 면적으로부터 계산하였고 열 곡선이 급격히 감소하기 시작하는 온도를 응용 개시 온도(T_m , onset temperature), 그 값이 최저를 나

타내는 온도를 정점 온도(T_p , peak temperature), 증가가 더 이상 일어나지 않는 온도를 종료 온도(T_c , conclusion temperature)로 하여 각각의 온도를 열 곡선으로부터 구하였다.

점도측정

초콜렛의 점도를 측정하기 위해 RS100 Rheostress (Haake, Germany)를 사용하였다. 시료 100 g을 250 mL 비이커에 넣고 55°C 항온조에서 초콜렛을 녹인 후 미리 40°C로 가온된 측정 용기에 담아 측정하였다. 이때 sensor는 Z38을 사용하였고 측정범위는 전단속도 1~60 1/s 이었다.

Texture Analyzer

초콜렛의 침투강도를 측정하기 위해 texture analyser TA-X2 (SMC Co. UK)를 사용하였다⁽¹³⁾. 사용한 probe는 penetration test probe (volodkevitch bite jaws)이었고, 측정방법은 probe가 시료의 15 mm 깊이까지 침투할 때 걸리는 힘(g)을 측정하여 서로 비교 분석하였다. 분석과정 동안 시료의 온도는 항온조를 이용하여 일정하게 유지시켜 주었다.

결과 및 고찰

Tagatose와 tagatose를 사용한 초콜렛의 점도 특성

일반적으로 초콜렛의 점도는 Casson 식을 따르는 것으로 알려져 있어⁽¹⁴⁾ 다음의 Casson 식을 적용하였다.

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + K\sqrt{\dot{\gamma}}$$

여기서, τ 는 전단 응력이고, τ_0 는 yield stress, K는 걸보기 점도에 해당되는 consistency index, $\dot{\gamma}$ 는 전단속도이다. 초콜렛의 걸보기 점도 범위는 대개 1~20 Pa·s (1,000~20,000 cp)이고, yield stress의 범위는 10~200 Pa로 알려져 있고 coating용 초콜렛의 걸보기 점도는 0.5~2.5 Pa·s이고 yield stress는 0~20 Pa로 알려져 있다⁽¹⁴⁾. 그러나, 이 값들은 지방함량, 유화제의 함량, 수분함량, 입자분포, 온도, 정련(chonching) 시간 등 여러 가지 요소들에 의해 영향을 받는다. 기존제품의 설탕으로 만든 초콜렛과 tagatose로 만든 초콜렛의 물성을 비교하기 위하여 설탕으로 만든 초콜렛과 tagatose로 만든 초콜렛의 점도를 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 설탕을 첨가한 초콜렛의 Casson식의 기울기인 consistency index는 1,010 cp이고 yield stress는 3.7 Pa이었다. 이에 비하여 tagatose를 첨가하여 만든 초콜렛의 consistency index는 1,070 cp이고 yield stress는 3.4 Pa

Table 1. Formulations of chocolates prepared with tagatose and with sucrose

Composition (%)	Tagatose	Sucrose
Cocoa liquor	39.8	39.8
Cocoa butter	9.95	9.95
Sucrose	-	49.8
Tagatose	49.8	-
Lecithin	0.40	0.40
Vanillin	0.05	0.05

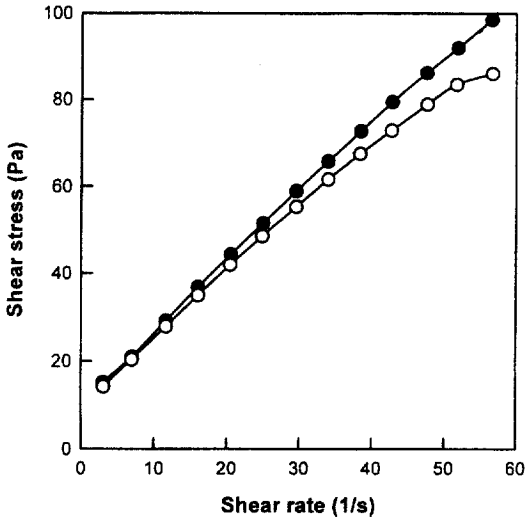


Fig. 1. Viscosity of chocolate prepared with tagatose and with sucrose. ●—●: chocolate prepared with tagatose, ○—○: chocolate prepared with sucrose.

이었다. Tagatose가 들어간 초콜렛이 설탕이 들어간 초콜렛보다 consistency index가 약간 높고 yield stress는 낮았다. 그러나, 두 초콜렛은 전체적으로 유사한 점도 특성을 보여주고 있었다.

Tagatose와 sucrose를 사용한 초콜렛의 열 특성 비교 초콜렛의 용융 특성에 가장 큰 영향을 미치는 것은 코코아 버터이다. 코코아 버터는 초콜렛의 주원료로서 용융 온도가 31~35°C이므로 tagatose를 사용한 초콜렛 제품과 설탕을 사용한 초콜렛 제품의 용융 특성도 이 온도 범위에서 나타났고 두 가지 초콜렛의 온도에 따른 열 곡선의 변화와 감소 정도가 거의 유사하게

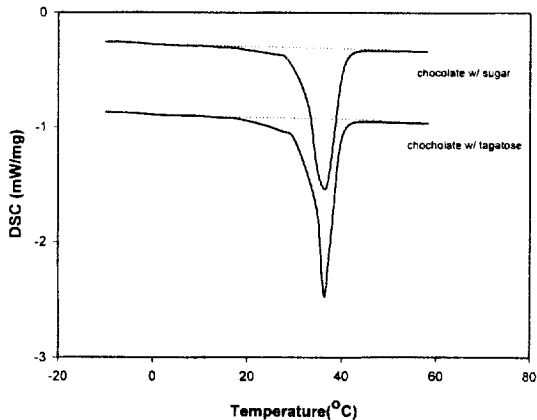


Fig. 2. DSC thermograms of chocolates prepared with tagatose and with sucrose.

Table 2. DSC characteristics of chocolates prepared with tagatose and with sucrose

	T ₀ (°C) ¹⁾	T _p (°C) ²⁾	T _c (°C) ³⁾	ΔH (J/g) ⁴⁾
Chocolate with tagatose	33.9	36.3	39.9	-46.2
Chocolate with sucrose	31.5	36.5	40.4	-46.0

¹⁾T₀: onset temperature.

²⁾T_p: peak temperature.

³⁾T_c: conclusion temperature.

⁴⁾ΔH: enthalpy.

나타났다(Fig. 2). Tagatose를 첨가하여 제조한 초콜렛의 DSC 특성을 살펴보면, 용융 개시 온도는 33.9°C, 정점 온도는 36.3°C, 종료 온도는 39.9°C, 흡열 엔탈피는 -46.2 J/g이었다(Table 2). 이에 비하여 설탕을 첨가하여 제조한 초콜렛의 용융 개시 온도는 31.5°C이고 정점 온도는 36.3°C, 종료 온도는 40.4°C이고 흡열 엔탈피는 -46.0 J/g이었다. 이러한 결과로부터 tagatose를 사용한 초콜렛 제품과 설탕을 사용한 초콜렛 제품이 유사한 용융 특성을 나타내는 것을 알 수 있었다.

Tagatose와 sucrose를 사용한 초콜렛의 강도 비교

제조된 초콜렛의 강도를 비교하기 위해 texture analyser를 사용하여 제품의 침투도를 온도에 따라 측정하였다. 측정 온도는 15, 20, 25, 30°C이고 각 온도에서 1시간 동안 평형을 시킨 후 측정하였다(Fig. 3). Tagatose로 제조한 초콜렛의 침투력이 설탕으로 만든 초콜렛보다 약간 낮게 나타났다. 즉, tagatose를 사용

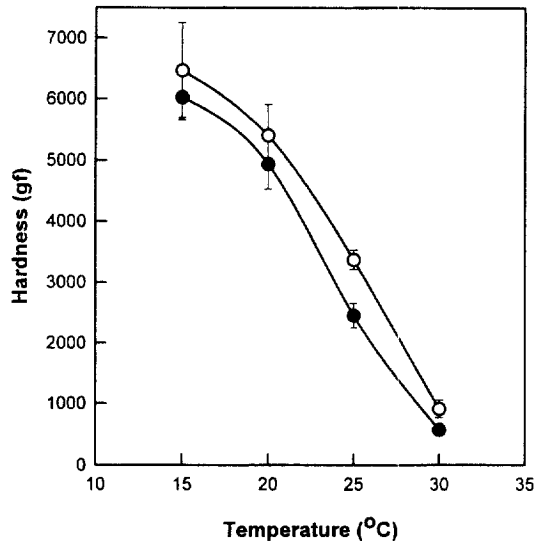


Fig. 3. Hardness of chocolates at various temperatures. ●—●: chocolate prepared with tagatose, ○—○: chocolate prepared with sucrose.

한 제품의 강도가 설탕으로 만든 초콜렛의 강도보다 떨어짐을 알 수 있었다.

요 약

새로운 저열량 감미료인 tagatose를 이용한 초콜렛을 제조하여 설탕으로 제조한 초콜렛과 물성을 비교하였다. 제조한 초콜렛의 물성을 Casson 식에 적용한 결과 tagatose를 첨가하여 만든 초콜렛의 consistency index는 1,070 cp이었고 yield stress는 3.4 Pa으로 설탕을 사용한 초콜렛과 유사한 점도 특성을 보였다. Tagatose를 첨가하여 제조한 초콜렛을 DSC를 사용하여 열 특성을 살펴본 결과 설탕을 사용한 초콜렛과 유사하였다. 두 초콜렛의 점성 특성과 열 특성은 유사하였으나 강도의 경우는 tagatose를 사용한 제품의 강도가 설탕으로 만든 초콜렛의 강도보다 떨어짐을 보여주었다.

감사의 글

본 논문은 보건복지부의 보건의료기술연구과제비 지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

- Zehner L.R.: D-tagatose as a low-calorie carbohydrate sweetener and bulking agent. *U.S. Patent* 4,786,722 (1988)
- Mazur, A.W.: Functional sugar substitutes with reduced calories. *Eur. Patent* 0341062A2 (1989)
- Livesey, G. and Brown, J.C.: D-Tagatose is a bulk sweetener with zero energy determined in rats. *J. Nutr.*, **126**, 1601-1609 (1996)
- Cheetham, P.S.J. and Wootton, A.N.: Bioconversion of D-galactose into D-tagatose. *Enzyme Microb. Technol.*, **15**, 105-108 (1993)
- Beadle, J.R., Saunders, J.P. and Wajda, T.J.J.: Process for manufacturing tagatose. *U.S. Patent* 5,002,612. (1991)
- Itoh, H., Sato, T., Takeuchi, T., Khan, A.R. and Izumori, K.: Preparation of D-sorbose from D-tagatose by immobilized D-tagatose-3-epimerase. *J. Ferment. Bioeng.* **79**, 184-185 (1995)
- Izumori, K. and Tsuzaki, K.: Production of D-tagatose from D-galactitol by *Mycobacterium smegmatis*. *J. Ferment. Technol.*, **66**, 225-227 (1988)
- Itoh, H., Okaya, H., Khan, A.R., Tajima, S. Hayakawa, S. and Izumori, K. Purification and characterization of D- tagatose 3-epimerase from *Pseudomonas sp.* ST-24. *Biosci. Biotech. Biochem.* **58**, 2168-2171 (1994)
- Muniruzzaman, S., Tokunaga H. and Izumori, K.: Isolation of *Enterobacter agglomerans* strain 221E from soil, a patent D-tagatose producer from galactitol. *J. Ferment. Bioeng.*, **78**, 145-148 (1994)
- Izumori, K., Miyoshi, T., Tokuda S. and Yamabe, K.: Production of D-tagatose from ducitol by *Arthrobacter globiformis*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **46**, 1055-1057 (1984)
- Shimonishi, T., Okumura Y. and Izumori K.: Production of L-tagatose from galactitol by *Klebsiella pneumoniae* strain 40b. *J. Ferment. Bioeng.*, **79**, 620-622 (1995)
- Levin, G.V., Zehner, L.R., Saunders, J.P. and Beadle, J. R.: Sugar substitutes: their energy values, bulk characteristics, and potential health benefits. *Am. J. Clin. Nutr.*, **65**, 1161S-1168S (1995)
- Brandt, M.A., Skinner, E.Z. and Coleman, J.A.: Texture profile method. *J. Food Sci.*, **28**, 404-409 (1963)
- Chevalley, J.: Chocolate flow properties. In *Industrial chocolate manufacture and use*, Beckett, S.T. (Ed.), Van Nostrand Reinhold, New York, p. 142 (1988)

(1997년 7월 25일 접수)