

장내 세균의 생육과 요구르트의 발효특성에 대한 D-Tagatose의 영향

강경명 · 박창수 · 이신호[†]
대구가톨릭대학교 식품가공학과

Effects of D-Tagatose on the Growth of Intestinal Microflora and the Fermentation of Yogurt

Kyoung-Myoung Kang, Chang-Su Park, and Shin-Ho Lee[†]

Dept. of Food Service & Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongbuk 712-702, Korea

Abstract

To investigate the effect of tagatose on the growth of intestinal bacteria, various species were cultivated individually on m-PYF medium containing tagatose as a carbon source. The tagatose inhibited the growth of intestinal harmful microorganisms such as *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Salmonella* Typhimurium, and *Pseudomonas fluorescens*. In the case of beneficial microorganisms found in the intestine, *Lactobacillus casei* grew effectively on m-PYF medium containing tagatose, while *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Leuconostoc citreum*, and *Lactobacillus acidophilus* did not. To examine the effect of tagatose on fermentation by *Lactobacillus casei*, yogurt was prepared with tagatose as a carbon source. The resulting acid production stimulated a remarkable growth of lactic acid bacteria in the yogurt. After fermentation for 24 hours, the viable cell count and viscosity of yogurt were above 8.49 log CFU/mL and 1,266 cps, respectively. Moreover, sensory evaluations showed that the yogurt supplemented with tagatose was as acceptable as control yogurt prepared with glucose as a carbon source. The changes in pH, titratable acidity and lactic acid bacteria in yogurt prepared with tagatose did not show any significant changes during storage for 15 days at 4°C.

Key words: tagatose, yogurt, fermentation characteristics, *Lactobacillus casei*

서 론

Tagatose(D-tagatose)는 D-galactose의 이성질체인 ketohexose로서 유제품이나 일부 식품에 미량 함유되어 있는 희소당(rare sugar)으로 알려져 있다. Tagatose는 설탕의 92%의 당도를 보유하고 있지만 칼로리는 1.5 kcal/g으로써 설탕의 약 30%만을 나타내는 특징으로부터 당노 및 비만과 같은 현대사회의 질병환자에게 적용 가능한 저칼로리 감미료로서 최근에 많은 각광을 받고 있다(1-3). 최근의 식품산업에 있어서 설탕을 대체할 수 있는 저칼로리 감미료에 대한 개발은 인류의 건강증진에 있어 매우 중요한 연구 분야로 인식되어지면서 다양한 연구 그룹으로부터 당알코올류, 올리고당류 및 합성 감미료 등과 같은 대체 감미료에 대한 지속적인 보고가 있지만, 다량으로 섭취하였을 때 설사 유발과 함께 안정성 부분에 있어서 논란을 유발하는 소제도 포함되어 있어 식품적용에 있어 많은 제약을 받고 있다. 그러나 tagatose는 저칼로리성과 함께 설사 유발을 하지 않는 특성을 가지고 있고, 안전성에 있어서도 이미 유럽을 비롯한 미

국 FDA에서 GRAS(Generally Recognized As Safe) 원료로서 인정받았으며 국내에서도 2011년도에 식품의약품안전청으로부터 기능성과 안전성이 인정되었다. 이와 같은 tagatose는 향후 식품 산업에 있어서 비만, 당뇨병 같은 성인병을 가지고 있는 사람이나 어린이들이 좋아하는 초콜릿, 껌, 빵을 비롯한 다양한 식품에 설탕을 대체할 수 있는 기능성 저칼로리 감미료로서 높은 잠재적 활용 가치를 보유하고 있는 단당이다(4,5). Tagatose에 관련된 연구는 현재까지 tagatose가 자연계에 희소하게 존재하는 이유로부터 tagatose의 생산을 위한 연구에 많은 관심이 집중되어 있었으며 나아가서 일부 연구 그룹으로부터 tagatose의 기능성에 대한 연구가 제한적으로 이루어지고 있었다(6). 하지만 tagatose를 이용한 제품 제조에 있어서 tagatose가 미치는 영향에 대한 검토는 거의 이루어져 있지 않은 실정이다. 향후 tagatose가 저칼로리 감미료로서 다양한 식품에 설탕을 대체하여 적용될 수 있다는 점을 고려한다면 tagatose를 식품에 적용하기 위한 연구는 tagatose의 활용 연구에 있어서 매우 중요한 연구분야로 대두될 것으로 예상되어진다(7-10).

[†]Corresponding author. E-mail: leesh@cu.ac.kr
Phone: 82-53-850-3217, Fax: 82-53-850-3217

요구르트는 원유 또는 유가공품을 유산균으로 발효시킨 것에 산미와 감미를 강화시킨 발효유제품으로 여기에 향료, 과즙 등을 첨가하여 음용하기에 적합하게 만든 식품이다(11). 이러한 요구르트는 주원료인 우유성분 외에 유산균의 대사에 의하여 peptone, peptides, oligosaccharides 등의 유효성분들이 생성되므로, 우유보다 영양과 소화율이 더 높은 우수한 식품이다(12). 요구르트는 혈중 콜레스테롤 감소, 체내 독소 제거, 비타민과 무기질의 흡수를 촉진, 소화기관 강화 및 대장암 발생 억제 등의 기능성을 가지고 있을 뿐 아니라 최근에는 당뇨, 고지혈증 등의 질환의 예방 및 치료제의 역할까지 확대되고 있다(13). 발효유는 액상과 호상으로 제조가 가능한 특성을 가지고 있고 다양한 부재료의 첨가가 가능하여 기능성 강화에 도움이 되는 부재료를 첨가하여 더 우수한 요구르트 제조가 가능한 특성을 가지며, 이러한 요구르트를 제조하기 위한 선행연구들이 진행되어왔다(13,14). 본 연구에서는 tagatose의 다양한 이용방안을 검토하기 위한 일련의 연구로 tagatose가 *Lactobacillus*와 같은 장내 유익균과 *Listeria monocytogenes*를 비롯한 유해균의 성장에 미치는 영향을 조사하고, 이를 이용해 제조한 요구르트의 발효와 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 이용한 탄소원으로는 tagatose(Cheiljedang, Seoul, Korea), glucose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였고, 발효유의 기질로는 서울우유협동조합 생산품인 탈지분유를 사용하였다.

사용 균주

본 연구에 사용된 장내 유익균으로 *Lactobacillus(L.) plantarum* KCCM 11322, *L. brevis* KCCM 11509, *Leuconostoc(Leu.) citreum* KCCM 12030, *L. acidophilus* CH-2(Hansen's Lab, Copenhagen, Denmark), *L. casei* LC-01(Hansen's Lab)을, 병원성 및 유해세균은 *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* KCCM 12255, *Listeria monocytogenes* KCTC 37100, *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 17802, *Salmonella* Typhimurium KCCM 11806, *Pseudomonas fluorescens* ATCC 21541을 생물자원센터(Korean Collection for Type Culture, Daejeon, Korea) 및 한국미생물보존센터(Korean Culture Center of Microorganisms, Seoul, Korea)에서 분양 받아 사용하였다.

장내세균의 증식에 미치는 D-tagatose의 영향

장내세균들의 탄소원 이용능은 당이용능검색배지로 PYF를 변형한 modified-Peptone Yeast Fields(m-PYF) medium (Table 1)을 이용하였고, m-PYF medium에 장내세균을 각각 2.5%가 되도록 접종하여 37°C에서 24시간 동안 정치배양

Table 1. Composition of modified-PYF medium

Component	Amount
Yeast extract	10 g
Peptone	5 g
L-cystein HCl	0.5 g
Tryptone	5 g
D.W.	100 mL
Salt solution	40 mL
CaCl ₂	0.2 g
NaHCO ₃	1 g
MgSO ₄	0.2 g
NaCl	2 g
K ₂ HPO ₄	1 g
D.W.	1,000 mL

하였다. 탄소원(tagatose, glucose)은 0.22 µm membrane filter(Millipore Co., Billerica, MA, USA)로 제균한 뒤 0.5% (w/v) 첨가하였다. 장내세균의 증식은 배양액의 흡광도(600 nm)로 측정하였으며 3번 실험을 반복하여 평균으로 나타내었다.

요구르트의 제조

요구르트는 증류수 1 L에 탈지분유와 3%(w/v)의 tagatose, glucose를 첨가하여 고형분 함량 14%로 조정된 다음 121°C에서 15분간 가압멸균 시켜 37°C로 냉각한 후 2회 계대 배양 한 *L. casei*를 0.006%(v/v) 접종하여 37°C에서 발효시켜 제조하였다.

pH 및 적정산도

발효 중 일정 시간별로 시료를 취하여 pH와 적정산도를 측정하였다. pH는 pH meter(ORION 410A, Orion Research Inc., Boston, MA, USA)를 이용하여 측정하였고, 적정산도는 시료에 0.1 N NaOH로 pH 8.30까지 적정하여 소요된 NaOH 소비량을 lactic acid(%)로 환산하였다.

생균수

생균수는 발효 중 일정 시간별로 시료를 무균적으로 취한 후 0.1% peptone 수로 적정 희석하여 MRS agar에 접종하여 37°C에서 24시간 배양 후 나타나는 colony 수로 나타내었다.

점도 측정

점도는 발효가 완료된(적정산도 1.0±0.5%) 요구르트를 4°C에서 24시간 보관한 후 10±2°C를 유지하면서 viscometer(model LVDV-II+, Brookfield, Middleboro, MA, USA)의 18번 spindle을 이용하여 1.5 rpm에서 5분부터 10분까지 1분 간격으로 측정하여 평균값으로 나타내었다.

관능검사

관능검사는 발효가 완료된 요구르트를 시료로 하되 4°C에서 24시간 동안 보관한 것을 사용하여 식품을 전공하는 대학 생 및 대학원생 20명이 평가하였다. 측정항목으로는 색상, 조직감, 맛, 향기, 종합적 기호도를 5점 채점법으로 평가하였

다. 아주 좋다가 5점, 보통이다가 3점, 아주 나쁘다가 1점으로 평가하였다.

통계처리

본 실험의 결과는 SPSS system(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package(version 12.0)를 이용하여 통계처리 하였고, $p < 0.05$ 수준으로 Duncan's multiple range test에 의하여 data 상호간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

장내세균의 탄소원 이용능

탄소원 이용능 검색 배지인 m-PYF medium에 탄소원으로 tagatose와 glucose를 각각 0.5%(w/v) 첨가한 후 장내세균들을 각각 접종하여 37°C에서 24시간 동안 단독배양 한 다음 시간별로 600 nm에서 흡광도를 측정하여 균체의 성장

곡선을 측정한 결과는 Fig. 1과 Fig. 2와 같다. 유해 장내세균 (*Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Salmonella* Typhimurium, *Pseudomonas fluorescens*)의 성장곡선은 모두 glucose 첨가군의 경우 배양 24시간째에 흡광도 1.28~1.64 범위를 나타내며 성장을 하였으나, tagatose 첨가군과 탄소원이 없는 대조군의 경우 흡광도가 비슷하거나 낮게 측정되어 tagatose를 탄소원으로 이용하지 못하는 것으로 나타났다. 검토한 유용 장내세균(*L. plantarum*, *L. brevis*, *Leu. citreum*, *L. acidophilus*, *L. casei*) 중 *L. plantarum*, *L. brevis*, *Leu. citreum*은 glucose 첨가군의 경우 배양 24시간째에 모두 흡광도 1.30~1.44 범위를 나타내며 성장을 하였고, 대조군과 tagatose 첨가군의 경우 성장이 저해되는 것으로 나타났다. *L. casei*는 대조군의 경우 성장이 저해되는 것으로 나타났지만, tagatose 첨가군의 경우 glucose 첨가군과 같은 성장 곡선을 나타내었는데, 이러한 결과로부터 *L. casei*의

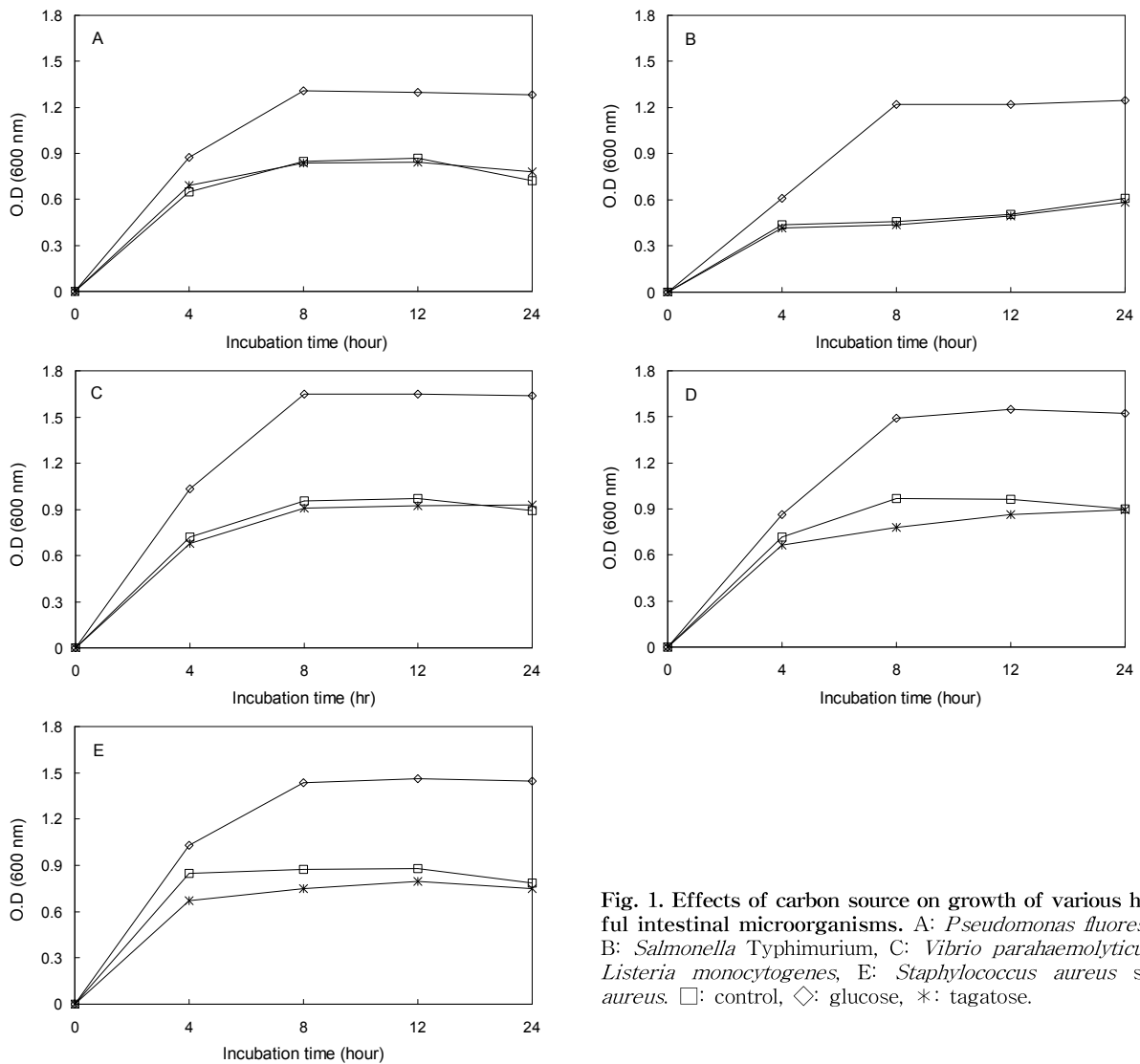


Fig. 1. Effects of carbon source on growth of various harmful intestinal microorganisms. A: *Pseudomonas fluorescens*, B: *Salmonella* Typhimurium, C: *Vibrio parahaemolyticus*, D: *Listeria monocytogenes*, E: *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*. □: control, ◇: glucose, *: tagatose.

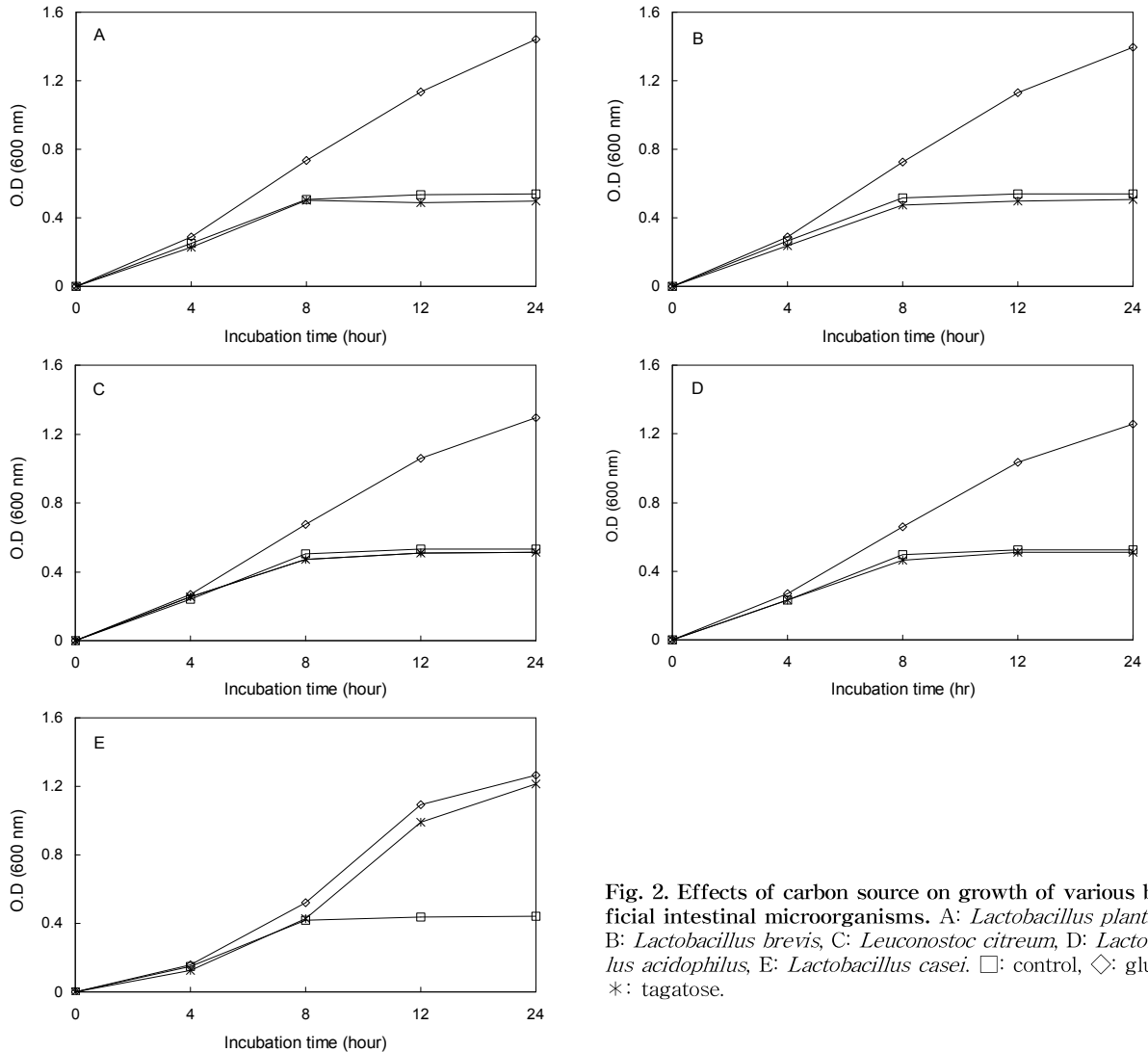


Fig. 2. Effects of carbon source on growth of various beneficial intestinal microorganisms. A: *Lactobacillus plantarum*, B: *Lactobacillus brevis*, C: *Leuconostoc citreum*, D: *Lactobacillus acidophilus*, E: *Lactobacillus casei*. □: control, ◇: glucose, *: tagatose.

경우 tagatose를 탄소원으로 이용하여 생육하는 것으로 판단되었다. 장내에는 수많은 세균이 존재하므로 모든 균이 충분히 이용할 수 있는 영양소는 없기 때문에 세균 상호간에 균형이 이루어지고 있으며(15), 또한 장내에서는 여러 균들간에 효율 좋은 영양원에 대한 섭취 경쟁으로 영양원의 부족한 현상이 일어나므로 tagatose는 *L. casei*를 선택적으로 증식시켜 장내 균총을 개선할 수 있을 것으로 판단되었다.

Tagatose 첨가 요구르트의 pH 및 적정산도의 변화

*L. casei*를 starter로 하고, tagatose를 첨가한 요구르트의 발효 중 pH 및 산도의 변화는 Fig. 3과 같다. 요구르트의 pH는 발효 전 6.58~6.32 범위이었고, 발효 12시간째에 glucose 첨가구와 tagatose 첨가구의 경우 대조구에 비해 낮았으며, 발효 24시간째에 4.51(대조군), 4.31(glucose 첨가구), 4.42(tagatose 첨가구)를 나타내었다. Kroger와 Weaver(16)는 미국 펜실베이니아주에서 판매되는 요구르트의 pH가 3.80~4.35 범위라고 보고하였고, Duitschaever 등(17)은 캐나다 온타리오주에서 판매되는 요구르트의 pH가 3.27~4.53 범위

로 보고하였는데, 이는 본 실험의 결과와도 대체적으로 일치하였다. Tagatose 첨가 요구르트의 적정산도의 변화는 pH와 유사한 경향을 나타내었으며, glucose와 tagatose 첨가구가 대조구에 비해 높은 경향을 나타내었다. Rasic과 Kurmann(18)은 mild 요구르트와 acid 요구르트의 적정산도 범위를

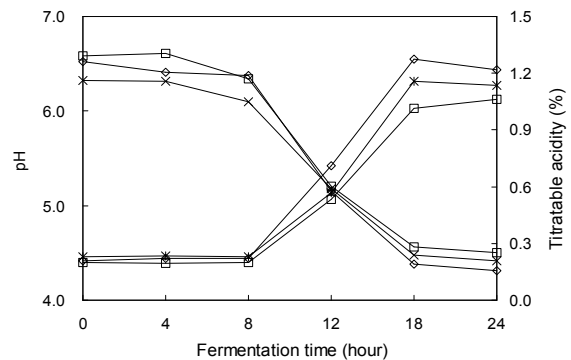


Fig. 3. Effects of carbon source on pH and titratable acidity of yogurt during fermentation for 24 hr at 37°C. □: control, ◇: glucose, *: tagatose.

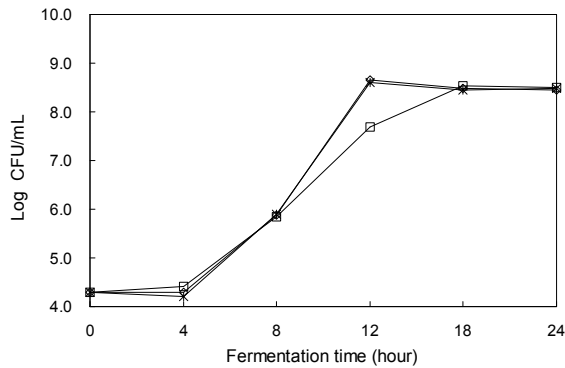


Fig. 4. Effects of carbon source on viable cell of yogurt (*L. casei*) during fermentation for 24 hr at 37°C. All abbreviations are the same as Fig. 3.

각각 0.85~0.95%와 0.95~1.20%로 제시하였는데, 본 실험에서는 glucose와 tagatose 첨가구 모두 acid 요구르트의 범위에 속하거나 그 이상의 적정산도 값을 보였다.

요구르트의 생균수의 변화

발효 중 요구르트의 생균수(Fig. 4)는 모든 처리구에서 24시간 동안 증가하였다. 발효 후 12시간에는 정상기에 도달하였고, 그 이후에는 완만하게 증가하여 24시간 후에는 모든 요구르트가 8.44~8.49 log CFU/mL 범위를 나타내었다. pH, 적정산도와 같이 glucose와 tagatose 첨가 요구르트가 대조구보다 유산균 성장이 양호하였으며, 특히 tagatose를 첨가한 요구르트는 glucose 첨가구와 같이 유산균의 성장이 촉진되는 경향을 나타내었다. 이는 탄소원 이용능 실험의 결과와 마찬가지로 *L. casei*가 tagatose를 탄소원으로 이용하여 유산균의 생육이 촉진된 것으로 사료된다. 현행 우리나라 식품공전 상 요구르트의 총 유산균수 규격은 $10^7 \sim 10^8$ CFU/mL 이상으로 본 실험의 결과에서도 대조구 및 tagatose 요구르트 모두에서 적정치 범위 이상인 것으로 나타났다.

요구르트의 점도의 변화

발효가 완료된 요구르트의 점도는 Fig. 5와 같다. 요구르트의 점도는 tagatose 첨가군이 1,266 cps로 가장 높았고, 다음으로 glucose 첨가군(1,223 cps) 및 대조군(1,105 cps)의 순으로 측정되었고, 이는 산 생성량과 유사한 경향을 보였다. Taminme과 Robinson(19)은 요구르트의 점도에 미치는 요인을 요구르트 혼합액의 총 고형분 함량, 단백질의 가수분해 정도, 사용균주의 slime 생산능력 및 산 생성력 등을 제시하고 있는데 본 실험에서는 tagatose의 첨가가 유산균의 생

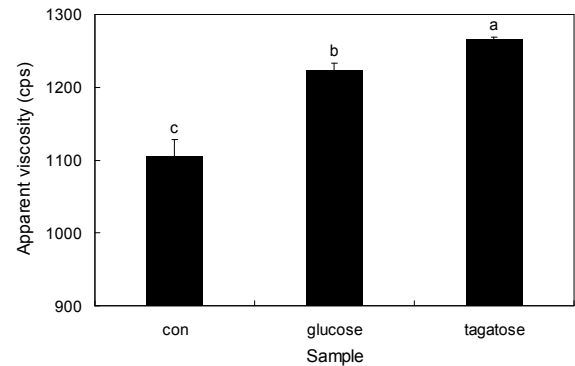


Fig. 5. Effects of carbon source on viscosity of yogurt during fermentation for 24 hr at 37°C. Value were expressed as mean \pm SD. The bar with different letters are significantly different ($p < 0.05$) from each other.

육을 촉진하여 산 생성량이 증가되고 이로 인해 카제인과 유청 단백질의 응집이 상대적으로 많이 일어나 대조군에 비해 높은 점도 값을 보인 것으로 사료된다.

요구르트의 관능검사

발효가 완료된 요구르트를 4°C에서 24시간 냉장한 후 관능검사를 실시한 결과는 Table 2와 같다. 요구르트의 맛은 glucose 첨가군과 tagatose 첨가군이 높았으며, 향은 모든 처리구에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). 색상은 모든 첨가군이 대조군에 비해 낮게 평가되었고, 종합적인 기호도에서는 tagatose 첨가군과 glucose 첨가군이 높은 기호도를 보였다. 이상의 관능 평가를 종합해 볼 때 tagatose 첨가 요구르트는 대조군에 비해 색을 제외한 모든 항목에서 높게 평가되어 관능적으로 우수한 요구르트 제조에 이용될 수 있다고 판단된다.

요구르트의 저장성

요구르트를 4°C에 저장하면서 pH, 적정산도, 유산균수의 변화를 측정된 결과는 Table 3과 같다. pH는 저장 기간 15일 동안 전 처리구에서 감소하는 경향을 나타내었으며, 적정산도는 저장기간이 경과하면서 다소 증가하였다. 이는 저장 초기에는 유산균의 대사활동이 어느 정도 이루어지고 있어 산 생성량이 증가하고 그로 인해 pH가 감소하는 것으로 사료 된다. 유산균수는 저장 9일까지는 뚜렷한 변화를 나타내지 않았고, 이후 다소 감소하는 경향을 나타내었다.

요구르트 제조 시 tagatose의 첨가는 요구르트의 젖산균의 생육 및 산 생성을 촉진시키며, 요구르트의 관능적인 면에서도 대조군에 비해 양호한 경향을 나타내었다. 따라서

Table 2. Comparison of sensory quality in yogurt fermented with or without carbon sources

Carbon source	Sensory scores				
	Taste	Flavor	Color	Texture	Overall acceptability
Control	3.10 \pm 0.32 ^{b1)}	3.10 \pm 0.57 ^a	3.70 \pm 1.32 ^a	3.10 \pm 0.32 ^c	2.90 \pm 0.32 ^b
Glucose	4.30 \pm 0.48 ^a	3.30 \pm 0.48 ^a	3.00 \pm 0.94 ^{ab}	4.30 \pm 0.67 ^a	4.10 \pm 0.32 ^a
Tagatose	4.10 \pm 0.57 ^a	3.40 \pm 0.52 ^a	2.23 \pm 0.67 ^b	3.80 \pm 0.42 ^b	4.00 \pm 0.67 ^a

¹⁾Means within each column with no common superscript are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Effects of carbon source on quality of yogurt during storage at 4°C

	Carbon source	Storage day					
		0	3	6	9	12	15
pH	Control	4.51±0.01 ^{aA1)}	4.49±0.03 ^{aA}	4.44±0.02 ^{aB}	4.41±0.01 ^{aBC}	4.38±0.01 ^{aC}	4.35±0.04 ^{aD}
	Glucose	4.31±0.00 ^{cA}	4.27±0.02 ^{cB}	4.25±0.00 ^{cB}	4.20±0.03 ^{cC}	4.19±0.02 ^{cD}	4.12±0.01 ^{cE}
	Tagatose	4.42±0.01 ^{bA}	4.38±0.01 ^{bB}	4.33±0.01 ^{bC}	4.29±0.04 ^{bD}	4.25±0.01 ^{bE}	4.21±0.02 ^{bF}
Titratable acidity (%)	Control	1.06±0.00 ^{cD}	1.11±0.01 ^{cC}	1.14±0.01 ^{cB}	1.16±0.00 ^{cB}	1.16±0.01 ^{cB}	1.18±0.02 ^{cA}
	Glucose	1.22±0.02 ^{aD}	1.26±0.01 ^{aC}	1.27±0.01 ^{aC}	1.31±0.00 ^{aB}	1.33±0.01 ^{aAB}	1.35±0.01 ^{aA}
	Tagatose	1.14±0.01 ^{bE}	1.17±0.00 ^{bD}	1.21±0.01 ^{bC}	1.24±0.01 ^{bB}	1.26±0.01 ^{bB}	1.29±0.03 ^{bA}
Viable cell count (unit: Log CFU/mL)	Control	8.49±0.02 ^{aA}	8.45±0.02 ^{abAB}	8.45±0.04 ^{aAB}	8.41±0.07 ^{aAB}	8.38±0.07 ^{aBC}	8.33±0.05 ^{aC}
	Glucose	8.44±0.04 ^{aA}	8.41±0.01 ^{bAB}	8.40±0.09 ^{aAB}	8.38±0.07 ^{aABC}	8.33±0.05 ^{aBC}	8.29±0.03 ^{aC}
	Tagatose	8.49±0.01 ^{aA}	8.47±0.04 ^{aA}	8.46±0.15 ^{aA}	8.42±0.09 ^{aAB}	8.35±0.04 ^{aAB}	8.30±0.04 ^{aB}

¹⁾Means within each column (a-c) and row (A-F) with no common superscript are significantly different (p<0.05).

본 연구의 결과 장내 유해균인 *Staphylococcus*, *Listeria*, *Vibrio*, *Salmonella*, 그리고 *Pseudomonas*는 tagatose가 탄소원으로 존재할 경우에 이용률이 현저하게 떨어지고 일부 성장이 억제되는 현상이 나타났으며, 장내유익균인 *L. casei*에서는 탄소원인 glucose와 유사하게 성장 촉진 효과가 나타났다. 따라서 장내유해균인 장내 여러 가지 유용한 생리효과를 가진 tagatose는 새로운 가능성을 가지는 요구르트의 제조시 좋은 천연물 소재로서의 활용이 가능할 것으로 판단되며, 산업적 생산에 적용과 기준에 대한 광범위한 연구가 선행되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

Tagatose가 장내세균의 성장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 *in vitro* 실험을 하였다. 탄소원 이용능을 알아보기 위하여 탄소원 이용능 검색 배지인 m-PYF medium에 탄소원으로 tagatose와 glucose를 각각 0.5%(w/v) 첨가한 후 여러 장내 세균을 각각 배양하였다. 장내 유해균인 *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Salmonella* Typhimurium, *Pseudomonas fluorescens*는 성장이 저해되었지만, 장내 유익균인 *Lactobacillus casei*는 tagatose가 첨가된 배지에서 glucose가 첨가된 배지에서의 성장과 유사한 성장 곡선을 나타내었다. 이후 tagatose의 이용성 증진 및 다양한 기능적 가치를 부여한 유산균 발효유를 개발하기 위하여 tagatose를 탄소원으로 이용하는 *Lactobacillus casei*를 집중하여 tagatose를 첨가한 요구르트의 유산균 생육과 산 생성에 미치는 영향 및 요구르트의 품질특성을 조사하였다. Tagatose 첨가 요구르트의 pH는 발효기간 동안 감소하였으며, 적정산도는 pH의 변화 양상과 대체적으로 일치하는 경향을 나타내었다. 생균수는 12시간까지 급격한 증가를 보이다가 그 이후 완만히 증가하여 발효 24시간에는 8.44~8.49 log CFU/mL 범위를 나타내었다. 점도는 대조군보다 tagatose 첨가군이 1,266 cps로 높게 측정되었으며, 관능검사 결과 맛과 종합적인 기호도에서 glucose 첨가군과 유의적인 차이 없이 높게 평가되

었다. 요구르트를 4°C에서 15일간 저장하면서 요구르트의 품질변화를 측정한 결과 pH, 적정산도, 유산균수에는 거의 변화가 없어 우수한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지정 대구가톨릭대학교 해양바이오산업연구센터의 지원에 의한 것입니다.

문 헌

- Zehner LR. 1988. D-Tagatose as a low-calorie carbohydrate sugar and bulking agent. *European Patent* 257626.
- Livesey G, Brown JC. 1996. D-tagatose is a bulk sweetener with zero energy determined in rats. *J Nutr* 126: 1601-1609.
- Zehner LR, Levin GV, Saunders JP, Beadle JR. 1994. D-Tagatose as anti-hyperglycemic agent. *U.S. Patent* 5,356,879.
- Levin GV, Zehner LR, Saunders JP, Beadle JR. 1995. Sugar substitutes: their energy values, bulk characteristics, and potential health benefits. *Am J Clin Nutr* 62: 1161S-1168S.
- Levin GV. 2002. Tagatose, the new GRAS sweetener and health product. *J Med Food* 5: 23-36.
- Jørgensen F, Hansen OC, Stougaard P. 2004. Enzymatic conversion of D-galactose to D-tagatose: heterologous expression and characterisation of a thermostable L-arabinose isomerase from *Thermoanaerobacter mathranii*. *Appl Microbiol Biotechnol* 64: 816-822.
- Storlien LH, Oakes ND, Pan DA, Kusunoki M, Jenkins AB. 1993. Syndromes of insulin resistance in the rat. Inducement by diet and amelioration with benfluorex. *Diabetes* 42: 457-462.
- Martinez FJ, Rizza RA, Romero JC. 1994. High-fructose feeding elicits insulin resistance, hyperinsulinism, and hypertension in normal mongrel dogs. *Hypertension* 23: 456-463.
- Swanson JE, Laine DC, Thomas W, Bantle JP. 1992. Metabolic effects of dietary fructose in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* 55: 851-856.
- Merkel M, Velez-Carrasco W, Hudgins LC, Breslow JL. 2001. Compared with saturated fatty acids, dietary mono-unsaturated fatty acids and carbohydrates increase atherosclerosis and VLDL cholesterol levels in LDL receptor-deficient, but not apolipoprotein E-deficient, mice. *Proc Natl*

- Acad Sci U S A* 98: 13294-13299.
11. Lee YJ, Kim SI, Han YS. 2008. Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added yuza (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) extract. *Korean J Food Nutr* 21: 135-142.
 12. Harte F, Luedecke L, Swanson B, Barbosa-Cánovas GV. 2003. Low-fat set yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatic pressure and thermal processing. *J Dairy Sci* 86: 1074-1082.
 13. Cho YH, Shin HJ, Chang CH, Nam MS. 2006. Studies on the development of the yogurt decreasing blood glucose. *Korean J Food Sci Ani Resour* 26: 257-262.
 14. Kim GM, Shin JH, Kang MJ, Yang SM, Sung NJ. 2010. Preparation and characteristics of yogurt added with garlic powder. *J Agric Life Sci* 44: 49-56.
 15. Park JH, Yoo JY, Shin OH, Shin HK, Lee SJ, Park KH. 1992. Growth effect of branched oligosaccharides on principal intestinal bacteria. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 20: 237-242.
 16. Kroger M, Weaver JC. 1973. Confusion about yogurt—compositional and otherwise. *J Milk Food Technol* 36: 388-394.
 17. Duitschaever CL, Arnott DR, Bullock DH. 1972. Quality evaluation of yogurt produced commercially in Ontario. *J Milk Food Technol* 35: 173-175.
 18. Rasic JL, Kurmann JA. 1978. Yogurt. In *Scientific Grounds, Technology, Manufacture and Preparations*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, Denmark. p 466.
 19. Taminme AY, Robinson RK. 1999. Yoghurt. In *Science and Technology*. Woodhead publishing Ltd and CRC press LLC., Cambridge, England. p 273-286.

(2012년 10월 24일 접수; 2012년 12월 21일 채택)