

두유, 이눌린, 쌀가루를 첨가하여 *Lactobacillus acidophilus*를 이용한 푸딩의 냉장 저장 중 품질 특성 및 프로바이오틱스 생존율

한인화 · 임승용^{1*}

광주여자대학교 식품영양학과
¹군산대학교 식품생명과학부 식품생명공학전공

Quality Characteristics and Probiotics Viability of Pudding by *Lactobacillus acidophilus* With Soymilk, Inulin, and/or Rice Powder during Cold Storage

Inhwa Han and Seung-Yong Lim^{1*}

Department of Food and Nutrition, Kwangju Women's University

¹Department of Food Science and Biotechnology, College of Ocean Science & Technology, Kunsan National University

Abstract

This research aimed to investigate the effects of the inoculation method and diverse ingredients on the quality properties and probiotics viability of pudding with milk and/or soymilk. The probiotic strain (*Lactobacillus acidophilus*, LA-5) was inoculated into the yogurt base and fermented until the pH is 5.10 ± 0.05 . The fermented yogurt was added into pudding base (yogurt inoculation), or LA-5 was directly inoculated (direct inoculation). During the storage of the puddings at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ for 4 wks, the quality characteristics (pH, acidity, texture) and the probiotics viability of pudding were measured and compared. As a result, the puddings with yogurt inoculation showed significantly lower pH and higher acidity than those with direct inoculation. In texture properties, including hardness, chewiness, and gumminess, the addition of rice powder increased those in milk pudding more but the addition of inulin in the milk-soymilk pudding more. The addition of rice powder increased probiotics viability more than inulin in milk and milk-soymilk puddings. Therefore, adding rice and/or inulin can potentially improve the probiotics viability and quality characteristics of pudding.

Key words: pudding, rice powder, inulin, probiotics viability, soymilk

서 론

심장질환, 뇌질환, 비만을 포함한 대사증후군 등은 성인에게 나타나는 만성질환이었으나 근래에는 청소년 층에도 나타나고 있어 전세계적으로 큰 문제가 되고 있다(Hsieh et al., 2021). 이러한 만성질환과 관련하여 다양한 연구들이 진행되고 있는데 이 중 프로바이오틱스에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 프로바이오틱스는 사람의 장내에서 건강에 이로운 효과를 나타내는 미생물로 장 뿐만 아니라 피부, 호흡기계, 점액 조직 등에서도 발견된다(Sender et al., 2016). 프로바이오틱스의 생존 균수는 사람의 생활

습관과 비만, 천식, 피부질환, 알레르기 질환, 염증 등 다양한 건강 상태에 의해 영향을 받는다(Lin et al., 2020). 프로바이오틱스에 속하는 대표적인 미생물은 유산균으로 *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* 등이 대표적이다(Seo et al., 2010). 프로바이오틱스는 항균활성, 면역 증진 효과, 장운동 촉진 효과 등을 바탕으로 다양한 질환에 대해 예방 및 치료 효과를 가지는 것으로 알려져 있다(Tang & Lu, 2019). 당뇨병을 유발시킨 SD 쥐에 *Lactobacillus*를 포함한 다양한 프로바이오틱스를 8주 동안 하루에 한 번 섭취시켰을 때 그렇지 않은 쥐에 비해 인슐린 농도와 인슐린 저항성에서 유의적인 효과를 나타내었다(Hsieh et al., 2021). 또한 *Lactobacillus rhamnosu*, *Bifidobacterium lactis* 등과 같은 종류를 포함한 프로바이오틱스의 섭취가 쥐에서 뼈 손실과 염증 반응을 줄여 골다공증에 대해 이로운 효과가 있음이 보고되었다(Jia et al., 2021). 장 내에 프로바이오틱스의 종류와 생존수는 인간의 인지 능력에도 영향을 미친다고 보고되어져 있다(Eastwood et al., 2021). 이러한 프로

*Corresponding author: Seung-Yong Lim, Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, 558 Daehak-ro Gunsan, 54150, Korea
Tel: +82-63-469-1825, Fax: +82-63-469-7448
E-mail: syonglim@kunsan.ac.kr
Received 19 July 2021; revised 10 August 2021; accepted 11 August 2021

바이오틱스의 생존과 번식을 위해 프리바이오틱스의 공급도 중요하며 장내 프로바이오틱스에 의해 이용되기 위해서는 위산의 낮은 pH, 소장 효소들의 가수분해과정으로 일어나는 소화작용 및 흡수과정에 대해 저항성을 가지고 있어야 한다(Cunningham et al., 2021). 수용성 식이섬유인 이눌린, 프럭토올리고당, 갈락토올리고당, 이소말토올리고당 등이 대표적인 프리바이오틱스이며(Cunningham et al., 2021) 최근에는 모유에서 분리된 올리고당도 프리바이오틱스로 보고되어져 있다(Chen, 2018).

전통적으로 프로바이오틱스의 공급원으로는 치즈, 요구르트 등의 유제품이 주류를 이루었는데 최근에는 프로바이오틱스와 프리바이오틱스의 효과적인 공급을 위해 유제품 뿐만 아니라 사탕류, 제빵류, 음료 등의 다양한 형태의 제품이 개발되고 있다. 메주에서 분리한 *Lactobacillus*를 첨가하여 제조한 사과 발효 음료(Heo et al., 2016), 김치에서 분리한 유산균을 첨가한 단호박 발효음료(Roh & Kim, 2009) 등이 보고되었다. 본 연구에서는 푸딩이 청소년층, 노년층이 선호하는 프로바이오틱스를 공급하는 제품의 형태로 프로바이오틱스의 생존율을 높이기 위한 방편으로 쌀가루나 이눌린이 첨가되었다. 따라서 프로바이오틱스와 프리바이오틱스를 동시에 공급하기 위하여 대표적인 프로바이오틱스인 *Lactobacillus acidophilus* (LA-5)를 이용하여 청소년층이 선호하고 고령자들도 쉽게 섭취가 가능한 제품인 푸딩을 이용하여 프로바이오틱스의 생존율을 향상시키고자 하였다. 프리바이오틱스로 작용하는 이눌린을 첨가한 제품과 쌀가루를 첨가한 제품을 제조하여 프로바이오틱스의 생존율을 비교하고 우유를 소재로 한 푸딩과 더불어 두유 제품을 개발하여 푸딩의 다양성을 확장하고자 하였으며 다양한 재료를 첨가하여 프로바이오틱스의 생존을 촉진하고 청소년층이 선호하고 고령자들도 쉽게 섭취가 가능한 푸딩의 제품개발을 통해 비만, 당뇨 등 다양한 만성질환 예방에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

재료 및 방법

재료

푸딩의 재료인 우유, 설탕, 쌀가루, 프럭토올리고당, 젤라틴, 대두 등은 시판품을 구입하여 사용하였고 이눌린(inulin), 비타민 C, 프로바이오틱스 *Lactobacillus acidophilus* (LA-5)는 각각 NOW FOODS (Bloomington, IL, USA), SERIMFOOD (Bucheon, Korea), Chr Hansen (Hoersholm, Denmark)에 서 구입하여 사용하였다.

푸딩의 제조

푸딩은 우유 또는 우유와 두유 혼합물을 기본으로 하여 설탕, 젤라틴을 첨가하고 추가재료로 이눌린 또는 쌀가루를 첨가하여 YM, DM, YMI, YMR, YMSI, YMSR, YMSIR,

DMSIR, 8가지의 푸딩을 제조하였다(Table 1). 각 푸딩의 재료배합비는 Table 2와 같다. 프로바이오틱스인 LA-5의 첨가는 LA-5를 푸딩 재료에 직접 첨가하는 방법(Direct inoculation, Fig. 1)과 LA-5를 첨가하여 발효한 요구르트를 넣어 제조하는 방법(Yogurt inoculation, Fig. 2)으로 구분하여 푸딩을 제조하였다.

푸딩의 pH 및 적정산도의 측정

푸딩은 4주 동안 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 냉장보관하면서 1주 간격으로 pH와 산도를 측정하였다. 푸딩의 pH는 pH meter (S20 SevenEasy™ pH meter, Mettler Toledo Inc., Columbus, OH, USA)로 측정하였으며, 적정산도는 Jeon et al. (2005)의 방법에 따라 측정하였다. 각 기간마다 푸딩 10 g을 100 mL 메스플라스크에 증류수와 함께 정용한 후 20 mL를 취하였다. 지시약으로 1% 페놀프탈레인 2~3방울을 넣고 0.1 N NaOH로 적정하여 색의 변화가 일어나는 즉시 적정에 소비된 0.1 N NaOH의 부피(mL)를 측정하였다. 적정산도는 다음의 계산식을 이용하여 젯산에 대한 양으로

Table 1. Abbreviation of pudding according to the ingredient and manufacturing process.

Abbreviation	Explanation	
	Process	major ingredients
YM	Yogurt inoculation	milk
DM	Direct inoculation	milk
YMI	Yogurt inoculation	milk, inulin
YMR	Yogurt inoculation	milk, rice powder
YMSI	Yogurt inoculation	milk, soymilk, inulin
YMSR	Yogurt inoculation	milk, soymilk, rice powder
YMSIR	Yogurt inoculation	milk, soymilk, inulin, rice powder
DMSIR	Direct inoculation	milk, soymilk, inulin, rice powder

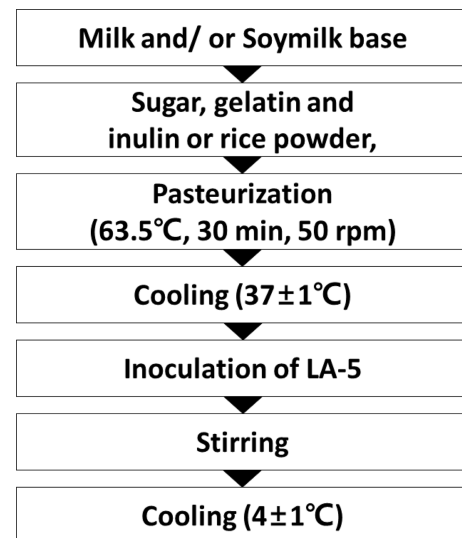


Fig. 1. Manufacturing process of pudding made by direct inoculation of LA-5 into the ingredients of pudding.

Table 2. Formula of pudding with milk and/or soymilk and inulin or rice powder.

	Ingredients(g)	YM	DM	YMI	YMR	YMSI	YMSR	YMSIR	DMSIR
Yogurt	Milk	400		400	400	200	200	200	
	Soymik					200	200	200	
	Sugar	26		13	13	13	13	13	
	Inulin			23		23		11.5	
	Rice powder				23		23	11.5	
	LA-5 ¹⁾	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Pudding	Milk	300	600	300	300	300	300		300
	Fruto-oligosaccharide		92.4	92.4	92.4	92.4	92.4		81.2
	Gelatin	9	9	9	9	9	9		9
	Vitamin C		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18		0.18
	Yogurt	300		300	300	300	300		
	LA-5		1						1
	Soymilk								300
	Inulin								7.6
	Rice powder								7.6
	Sugar		13						9

¹⁾*Lactobacillus acidophilus*

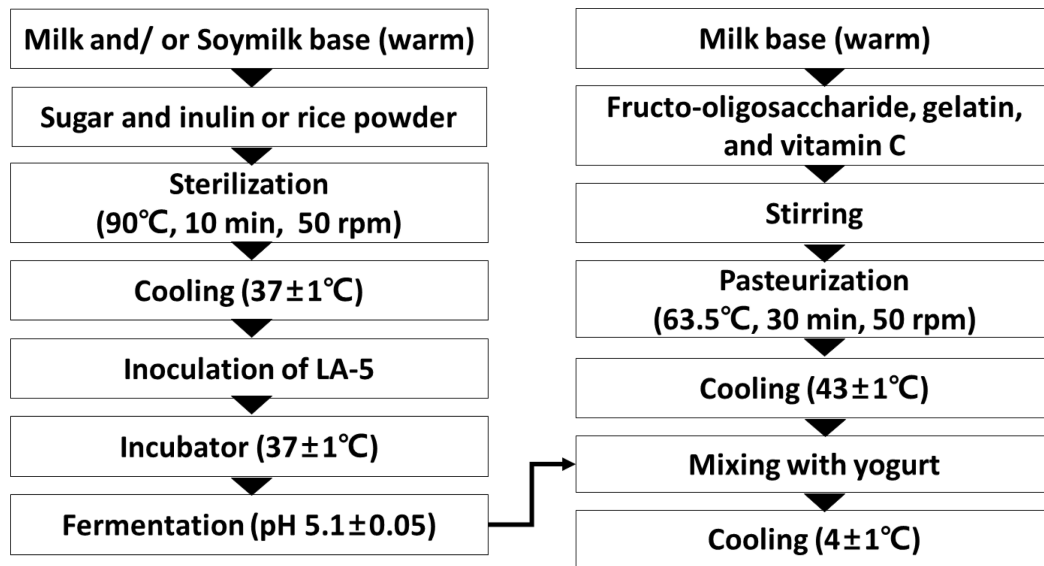


Fig. 2. Manufacturing process of pudding made by mixing with yogurt fermented with LA-5.

환산하여 산출하였다.

$$\text{Titration acidity (\%)} = \frac{\text{mL of 0.1 N NaOH} \times \text{Factor} \times \text{Dilution rate} \times 0.009}{\text{Weight of sample (mL)}} \times 100$$

푸딩의 텍스처(texture) 측정

푸딩의 텍스처는 pH 및 산도와 마찬가지로 4주 동안 4 ±1°C에서 냉장보관하면서 1주 간격으로 측정하였다. 푸딩의 질감인 경도, 씹힘성, 감성은 TA-XT2 texture analyzer (TMS-Pro, Food Technology Co., Rockville, MD, USA)로

측정하였다. 질감 측정의 조건은 force in compression 모드를 사용하였고 load cell value 25 N, trigger type은 auto 0.1 N이었다. 푸딩은 직경 5 cm, 높이 2 cm의 크기의 용기에 담아 Flat cylindrical probe (25 mm diameter)를 사용하여 측정하였다.

푸딩의 프로바이오틱스 LA-5 생존율 측정

푸딩의 냉장 저장 중 LA-5 생존율은 푸딩 내에 유산균 수를 계측하여 나타내었다. 4주 동안 4±1°C에서 저장하면서 1주일마다 채취한 시료 10 g을 멸균 펌프수 90 mL에 넣어 균질화한 후 십진 희석법으로 희석하여 희석배수별로

petri dish에 분주하였다. 유산균 배지(MRS agar, Oxoid Ltd., Basingstoke, Hampshire, England)에서 표준 평판법으로 $37\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 48시간 배양한 후에 colony수를 계측하여 colony forming unit (CFU)/mL로 유산균 수를 표시하였다 (Yang et al., 2012). 균수의 계측은 30-300 colony가 나타나는 평판을 선택하였다.

통계처리

푸딩의 품질 및 프로바이오틱스 생존율 관련 모든 실험 결과는 3회 이상 반복하여 평균 \pm 표준편차로 표시하였으며, SPSS (Ver. 24.0 IBM., Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 실험군 간의 유의적인 차이를 분석하기 위해 oneway ANOVA (analysis of variance) 및 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

푸딩의 pH 및 산도

푸딩은 대표적인 디저트로 일반적으로 우유, 설탕, 달걀 등을 섞어 제조하는 반고체 상태의 젤 제품이다. 젤상 제품은 부드러운 텍스처를 가져 소화흡수가 쉽고 어린이와 노약자에게도 접근하기 쉬운 식품으로 다양한 계층에서 이용되고 있다(Ko & Lee 2014). 본 연구에서는 우유 또는 우유와 두유의 혼합물을 기본으로 이눌린, 쌀가루를 각각 단독으로 또는 혼합물로 첨가하고 프로바이오틱스인 LA-5를 직접 접종 또는 요구르트 접종을 통해 다양한 푸딩을 제조하였다. 이렇게 제조한 푸딩을 저장하는 동안 pH와 산도의 변화를 Fig. 3과 Fig. 4에 각각 나타내었다. 프로바이오틱스인 LA-5를 직접 접종한 푸딩이 요구르트 접종을 통해 제조된 푸딩에 비해 제조 당일과 저장 기간 동안 pH가

모두 높게 나타났다(Fig. 3). 요구르트 접종으로 제조한 푸딩에서는 우유만으로 제조한 제품(YM)이 우유와 두유를 혼합한 제품(YMS)에 비해 유의적으로 낮은 pH를 나타내었으며 저장 4주에는 YMSI와 YMSR이 다른 요구르트 접종 푸딩에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내어 두유의 첨가로 인해 pH의 감소 속도를 늦춘다는 것을 알 수 있었다. 산도는 pH와 반대의 경향으로 나타났는데 pH 결과와 부합되는 경향으로 저장 기간이 길어짐에 따라 pH는 감소하였고 산도는 증가하였다(Fig. 4). 직접 접종 방법으로 제조한 푸딩의 산도가 요구르트 접종 푸딩에 비해 전 기간에서 유의적으로 낮은 값이 나타났으며 4주차에는 pH에서 가장 낮은 값을 나타낸 YMI가 가장 높은 산도를 나타내었다. YMR이 YM에 비해 제조 당일 pH가 낮게 나타나 쌀가루의 첨가가 pH를 낮추는 것으로 나타났는데 이러한 결과는 올벼쌀의 첨가량이 증가할수록 푸딩의 pH가 낮아지는 결과와 일치한다(Rhee & Sim, 2018).

본 연구에서 직접 접종에 의해 제조된 DM (pH 6.22)과 DMSIR (pH 5.59) 푸딩보다 요구르트 접종 푸딩의 pH가 낮았는데 푸딩 제조에 사용된 요구르트의 pH가 5.1 ± 0.05 로 푸딩의 pH를 낮추고 산도를 높여 요구르트 접종 푸딩이 직접 접종 푸딩보다 pH가 낮게 나타난 것으로 보인다. pH는 푸딩의 젤 형성에 중요한 영향을 미친다. 푸딩의 젤 형성을 결정하는 젤라틴은 등전점이 pH 4.8-5.2인 양친매성 단백질로 pH 5에서 최대의 젤 형성능을 나타낸다(Mo et al., 2007). 따라서 pH에 따라 푸딩의 젤 형성능이 달라지며 LA-5 직접 접종으로 제조된 DM과 DMSIR은 젤 형성능이 낮을 것으로 보인다.

푸딩의 텍스처(texture)

우유와 두유를 기본재료로 하여 이눌린, 쌀가루 등을 첨

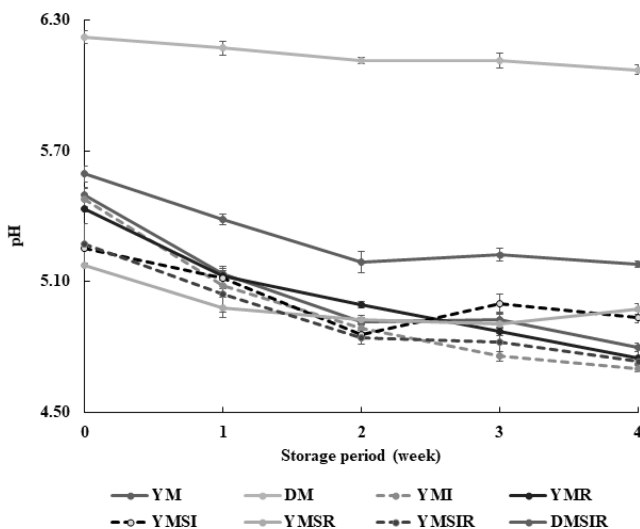


Fig. 3. pH change of pudding with milk and/or soymilk and inulin and/or rice powder during the storage at 4°C for 4 wks.

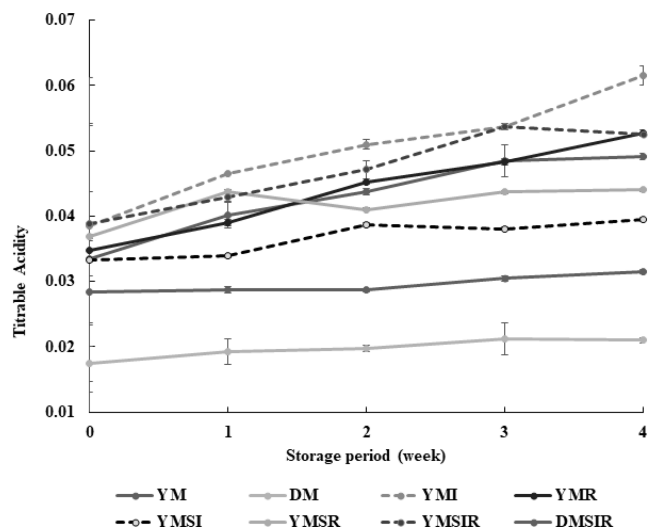


Fig. 4. Acidity change of pudding with milk and/or soymilk and inulin and/or rice powder during the storage at 4°C for 4 wks.

가하고 LA-5를 접종하여 제조한 푸딩의 경도(Hardness), 씹힘성(Chewiness)과 검성(Gumminess)을 Table 3, 4와 5에 각각 나타내었다. 우유를 재료로 요구르트 접종과 직접 접종을 한 푸딩의 경우 제조 당일부터 저장기간 동안에도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 우유, 두유, 이눌린, 쌀가루를 모두 첨가한 푸딩의 경우에는 요구르트 접종 푸딩인 YMSIR이 직접 접종 푸딩인 DMSIR보다 전 기간에서 유의적으로 높은 경도를 나타내었는데 이는 앞에서 언급한 바와 같이 젤라틴의 젤 형성은 pH 5 부근에서 가장 잘 형성되므로(Mo et al., 2007) pH가 높게 나타난 DMSIR의 젤 형성이 약할 것으로 예측한 바와 일치한다. 즉, 젤 형성이 약한 DMSIR의 경도가 낮은 원인은 높은 pH로 인해 젤 형성이 약하기 때문인 것으로 생각된다. 우유 푸딩에 이눌린과 쌀가루를 첨가한 경우에는 YM에 비해 YMI, YMR 모두 유의적으로 높은 값을 나타내었고 YMR이 YMI보다 높은 경도를 나타내었다. Rhee & Sim (2018)는 전분의 겔화가 푸딩의 구조를 견고하게 할 것이라고 보고하였는데 쌀가루를 첨가한 푸딩의 경도가 증가한 것도 이러한 원인에 의한 것으로 생각된다. 우유와 두유 혼합물 푸딩에서는 제조 당일에는 쌀가루를 첨가한 제품의 경도가

높았고 저장기간 초기에는 이눌린을 첨가한 제품이 높았으나 저장 후기에는 유의적인 차이가 거의 나타나지 않았다. 이눌린은 수용성 물질로 대두 단백질과 복합체를 형성할 것이라고 보고되었는데(Kip et al., 2006) 이눌린과 두유를 첨가한 푸딩에서는 이러한 복합체의 형성에 의해 우유 푸딩보다는 경도가 증가한 것으로 보인다. 또한 이러한 결과는 이눌린을 첨가한 대두 요구르트의 경도가 증가한 결과(Bedani et al., 2013)와 일치하는 경향을 보인다.

씹힘성에 대한 직접 접종과 요구르트 접종의 차이를 살펴보면 요구르트 접종 푸딩의 경우 전체적으로 높은 씹힘성을 나타내었다(Table 4). YM은 DM에 비해 접종 당일에만 높은 씹힘성을 나타내고 저장기간 동안에는 유의적인 차이가 거의 없었으나 YMSIR은 전 기간 동안 DMSIR보다 높은 씹힘성을 나타내었고 이러한 경향은 경도의 결과와 유사하였다. 우유 푸딩 YM과 비교하여 이눌린을 첨가한 YMI는 제조 당일에만 높은 씹힘성을 나타내고 저장기간에는 유의적인 차이를 거의 나타나지 않았다. 쌀가루의 경우 YMR이 YM보다 전 기간에서 유의적으로 높게 나타나 경도와 유사한 경향을 나타냈다. 우유 푸딩에 이눌린과 쌀가루를 첨가한 경우 YMR이 YMI보다 유의적으로 높은

Table 3. Hardness of pudding with milk and/or soymilk and inulin and/or rice powder during the storage at 4°C for 4 wks.

Sample	Storage Period (wk) Unit: N				
	0	1	2	3	4
YM ¹⁾	0.52±0.02 ^{2)a3)}	0.85±0.02 ^a	0.93±0.02 ^{ab}	0.93±0.02 ^{ab}	1.02±0.04 ^b
DM	0.57±0.23 ^{ab}	0.76±0.02 ^a	0.83±0.00 ^a	0.79±0.00 ^a	0.75±0.06 ^a
YMI	0.57±0.02 ^b	0.98±0.04 ^b	1.00±0.08 ^b	1.01±0.04 ^b	1.15±0.02 ^{ab}
YMR	1.05±0.00 ^c	1.91±0.04 ^c	2.28±0.02 ^c	2.39±0.06 ^d	2.40±0.04 ^{cd}
YMSI	0.88±0.04 ^c	2.11±0.14 ^f	2.14±0.13 ^e	2.34±0.22 ^d	2.79±1.22 ^d
YMSR	0.97±0.02 ^d	1.66±0.10 ^d	1.99±0.17 ^d	2.30±0.06 ^d	2.12±0.19 ^{cd}
YMSIR	1.14±0.02 ^f	2.30±0.06 ^e	2.53±0.06 ^f	2.68±0.11 ^e	2.59±0.04 ^{cd}
DMSIR	0.61±0.02 ^b	1.36±0.02 ^c	1.64±0.02 ^c	1.74±0.02 ^c	1.80±0.20 ^{bc}

¹⁾Refer Table 1 for abbreviations.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Mean with a same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.5$).

Table 4. Chewiness of pudding with milk and/or soymilk and inulin and/or rice powder during the storage at 4°C for 4 wks.

Sample	Storage Period (wk) Unit: mJ				
	0	1	2	3	4
YM ¹⁾	1.26±0.03 ^{2)b3)}	3.14±0.03 ^a	3.38±0.15 ^a	3.51±0.15 ^{ab}	3.68±0.15 ^b
DM	1.10±0.10 ^a	2.99±0.11 ^a	3.23±0.01 ^a	3.07±0.03 ^a	2.88±0.29 ^a
YMI	1.90±0.09 ^c	3.26±0.05 ^a	3.41±0.03 ^a	3.72±0.24 ^b	4.18±0.05 ^c
YMR	3.41±0.06 ^f	5.98±0.26 ^d	7.00±0.57 ^e	7.30±0.64 ^d	7.49±0.12 ^f
YMSI	2.78±0.15 ^d	6.88±0.20 ^e	6.37±0.44 ^b	7.21±0.54 ^d	6.70±0.31 ^e
YMSR	3.16±0.09 ^e	5.50±0.27 ^c	6.35±0.48 ^b	7.32±0.16 ^d	6.71±0.26 ^e
YMSIR	3.73±0.06 ^e	7.13±0.11 ^e	7.45±0.39 ^e	7.49±0.08 ^d	7.46±0.00 ^f
DMSIR	2.00±0.08 ^c	4.60±0.17 ^b	5.77±0.09 ^b	5.84±0.02 ^c	6.07±0.50 ^d

¹⁾Refer Table 1 for abbreviations.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Mean with a same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.5$).

값을 나타내어 쌀가루의 첨가가 씹힘성을 증가시킨다는 것을 알 수 있었으나 우유와 두유 혼합물 푸딩의 경우 YMSI가 YMSR보다 처음에는 높게 나타났으나 저장기간이 증가할수록 유의적인 차이는 거의 나타나지 않았다. 이러한 경향 또한 경도와 유사한 결과인데 Chung & Lee (1994)는 생선을 첨가한 젤의 씹힘성과 경도가 모두 젤과 음식 상관관계를 가진다고 보고하여 씹힘성과 경도가 서로 같은 경향을 나타내는 본 연구결과와 일치한다는 것을 알 수 있었다.

푸딩의 검성도 씹힘성과 유사한 경향을 나타내었다 (Table 5). 요구르트 접종 푸딩인 YM이 DM보다 제조 당일에는 검성이 유의적으로 높게 나타났으나 저장기간 동안에는 유의적인 차이가 거의 없었고 요구르트 접종 푸딩인 YMSIR은 전 기간 동안 DMSIR보다 높은 검성을 나타내었다. YMR이 YM, YMI보다 검성이 유의적으로 높게 나타나 우유 푸딩에서는 쌀가루의 첨가가 검성을 증가시키는 결과가 나타났으나 우유와 두유 혼합물 푸딩에서는 YMSI가 YMSR보다 처음에는 높은 검성을 나타내었지만 저장기간이 증가할수록 유의적인 차이가 거의 나타나지 않았다. 하지만 우유와 두유 혼합물 푸딩에서 YMSIR이 YMSI, YMSR보다 유의적으로 높은 검성을 나타내어 이눌린과 쌀가루의 첨가가 검성을 증가시킨 결과는 대두 요구르트에 이눌린을 첨가한 경우에 검성이 유의적으로 증가했다는 보고(Bedani et al., 2013)와도 약간은 일치하는 결과이다.

푸딩의 프로바이오틱스 LA-5 생존율

프로바이오틱스 균주를 포함하는 식품은 요구르트나 치즈와 같은 유가공품이 대부분인데 치즈는 경도가 높고 제조 과정에서 유청 단백질 많이 배출되어 균의 보존이 어렵고(Buriti et al., 2005) 요구르트는 저장 기간이 길어질수록 pH가 낮아져 오히려 프로바이오틱스를 감소시킬 수 있다. 그러나 Irkin & Guldaz (2011)가 카카오를 첨가한 푸딩에서 저장 25일까지 프로바이오틱스가 10^6 CFU/g 이상 생존

하였다는 결과를 확인한 바와 같이 푸딩의 경우 요구르트나 치즈에 비해 온도에 민감하지 않아 저장이 용이하고 혼합된 원료들이 보호 작용을 하는 효과가 있어 프로바이오틱스를 공급할 수 있는 좋은 식품 매개체의 하나로 간주된다.

우유와 두유를 기본재료로 하여 이눌린, 쌀가루 등을 첨가하고 LA-5를 접종하여 제조한 푸딩의 프로바이오틱스 LA-5의 생존율을 Table 6에 나타내었다. 요구르트 접종 YM과 직접 접종한 DM은 저장 1주까지는 생존율에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나 2주부터는 YM에서 유의적으로 높은 생존율을 나타내었다. YMSIR과 DMSIR도 저장 1주까지는 유의적인 차이가 없었으나 저장 2주 후부터는 DMSIR의 생존율이 유의적으로 높게 나타나 쌀가루나 이눌린과 같은 프리바이오틱스의 존재 시와 부존 시 프로바이오틱스의 생존율이 다른 양상으로 나타났다. 이눌린은 발효와 저장 기간 동안 유산균에 대한 보호 작용을 하는 것으로 알려져 있지만(Donkor et al., 2007) 푸딩에서는 직접 접종하였을 때 LA-5의 생존율이 더 높은 것으로 나타나 요구르트 제조 시에 이눌린이 분해되어 푸딩으로 제조된 후에는 보호 효과가 감소하는 것으로 생각된다. 프리바이오틱스로 잘 알려진 이눌린과 비교 시 우유 푸딩에서 쌀가루를 첨가한 YMR이 YMI보다, 우유와 두유 혼합물 푸딩에서 YMSR이 YMSI보다 프로바이오틱스가 유의적으로 높은 생존율을 보여 쌀가루가 이눌린보다 LA-5의 생존율을 높이는 효과가 큰 것으로 나타났으며 두유의 첨가가 오히려 생존율을 저하시키는 것으로 나타났다. *Lactobacillus*는 대두 요구르트에서 생존할 수 있다고 보고되어(Farnworth, 2007) 있어 두유를 첨가한 푸딩에서 프로바이오틱스의 생존율이 감소한 본 연구와는 상반되는 결과로 나타났다. 하지만 곡류인 귀리, 메밀, 쌀, 보리 등이 요구르트에서 프로바이오틱스의 생존율을 높일 수 있다는 연구 보고도 있어(Bakr, 2015) 쌀가루를 첨가한 푸딩에서 LA-5의 생존 효과를 높인 본 연구의 결과와 요구르트 제조 시 쌀을 첨가한 경우에 유산균의 수가 증가하였다는 연구 보고(Bakr,

Table 5. Gumminess of pudding with milk and/or soymilk and inulin and/or rice powder during the storage at 4°C for 4 wks.

Sample	Storage Period(wk) Unit: N				
	0	1	2	3	4
YM ¹⁾	0.40±0.01 ^{2)bc3)}	0.80±0.01 ^{ab}	0.87±0.02 ^a	0.89±0.03 ^{ab}	0.95±0.04 ^b
DM	0.33±0.02 ^a	0.74±0.02 ^a	0.81±0.00 ^a	0.77±0.01 ^a	0.73±0.06 ^a
YMI	0.52±0.02 ^c	0.85±0.02 ^b	0.89±0.01 ^a	0.96±0.04 ^b	1.08±0.01 ^c
YMR	0.89±0.00 ^f	1.51±0.05 ^e	1.78±0.11 ^d	1.86±0.14 ^d	1.90±0.04 ^f
YMSI	0.74±0.03 ^d	1.71±0.05 ^f	1.62±0.12 ^e	1.82±0.13 ^d	1.69±0.08 ^e
YMSR	0.82±0.02 ^e	1.39±0.06 ^d	1.62±0.10 ^e	1.84±0.04 ^d	1.71±0.06 ^e
YMSIR	0.97±0.02 ^g	1.81±0.02 ^g	1.91±0.06 ^e	1.94±0.02 ^d	1.93±0.01 ^f
DMSIR	0.53±0.02 ^c	1.14±0.04 ^e	1.42±0.03 ^b	1.48±0.02 ^c	1.52±0.15 ^d

¹⁾Refer Table 1 for abbreviations.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Mean with a same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.5$).

Table 6. Probiotics viability ($\times 10^8$ CFU/mL) of pudding with milk and/or soymilk and inulin and/or rice powder during the storage at 4°C for 4 wks.

Sample	Storage Period(wk)				
	0	1	2	3	4
YM ¹⁾	1.89±2.02 ^{2)ab3)}	1.70±0.75 ^a	1.40±0.41 ^{abc}	1.50±0.31 ^{cd}	1.66±0.27 ^{bc}
DM	2.06±1.01 ^{ab}	1.95±0.87 ^a	0.86±0.11 ^a	0.59±0.33 ^a	0.15±0.07 ^a
YMI	1.51±0.52 ^{ab}	1.58±0.38 ^a	1.72±0.67 ^{bc}	2.08±0.53 ^{de}	1.82±0.68 ^{bc}
YMR	2.60±0.96 ^b	2.68±1.19 ^a	2.79±0.23 ^d	2.27±1.10 ^e	2.05±0.27 ^c
YMSI	1.22±0.25 ^a	1.55±0.36 ^a	1.24±0.88 ^{ab}	0.98±0.06 ^{abc}	0.62±0.24 ^a
YMSR	1.98±0.18 ^{ab}	2.46±1.15 ^a	1.48±0.43 ^{abc}	1.21±0.29 ^{abc}	1.02±0.55 ^{ab}
YMSIR	2.08±0.57 ^{ab}	2.12±0.57 ^a	1.39±0.60 ^{abc}	0.70±0.21 ^{ab}	0.55±0.27 ^a
DMSIR	1.92±0.47 ^{ab}	2.11±0.63 ^a	2.08±0.46 ^c	1.34±0.30 ^{bc}	1.88±1.54 ^{bc}

¹⁾Refer Table 1 for abbreviations.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Mean with a same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.5$).

2015)와는 일치하였다. 다만 인체에 적용하는 프리바이오틱스의 경우 소화효소에 의해 분해되는 과정을 거쳐야 하므로(Cunningham et al., 2021) 쌀가루는 소화 과정에서 분해될 것이므로 인체 적용에서는 이러한 효과를 기대하기 어려울 것이긴 하지만 쌀가루, 올리고당 등을 첨가하여 프로바이오틱스와 프리바이오틱스를 적절하게 혼합한 형태로 제조한 제품의 경우 저장하는 동안 프로바이오틱스의 생존율을 향상을 이끌어 프로바이오틱스가 장에 도달하게 되면 장 기능의 정상화로 인한 과민성 장 질환 및 변비 개선 등의 유의한 효과가 있을 것으로 기대된다(Rhyou, 2017). 따라서 인체에 유의한 균에 해당하는 프로바이오틱스를 투여하여 장내 미생물의 불균형을 개선하고 장내 미생물에 긍정적인 변화를 유도하고자 하는 것이 프로바이오틱스 제품을 이용하고자 하는 근거라고 할 수 있다.

요약 및 결론

본 연구에서는 프로바이오틱스 매개체로 푸딩을 제조하기 위해 우유 또는 우유와 두유의 혼합물을 기본으로 이눌린과 쌀가루를 단독 또는 혼합물로 첨가하였다. 프로바이오틱스인 LA-5를 푸딩에 직접 접종하는 방법과 요구르트에 접종 후 푸딩에 첨가하는 두 가지 방법을 통해 푸딩을 제조하였다. 푸딩의 pH는 직접 접종 푸딩이 요구르트 접종 푸딩에 비해 저장 기간 동안 유의적으로 모두 높게 나타났고 산도는 pH와 반대의 경향으로 나타났는데 pH 결과와 부합되는 경향으로 저장 기간이 길어짐에 따라 pH는 감소하였고 산도는 증가하였다. 견고성, 씹힘성, 검성은 요구르트 접종 푸딩인 YMSIR이 직접 접종 푸딩인 DMSIR보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 우유 푸딩의 경우 쌀가루를 첨가한 YMR이 YM에 비해 모든 텍스처에서 유의적으로 높게 나타났다. 하지만 우유와 두유 혼합물에서는 YMSI와 YMSR이 처음에는 차이가 있었으나 저장기간이

증가할수록 유의적인 차이는 거의 나타나지 않았다. 프로바이오틱스 LA-5의 생존율은 YMSIR보다 DMSIR의 생존율이 유의적으로 높게 나타나 쌀가루나 이눌린과 같은 프리바이오틱스가 첨가되었을 때에는 직접 접종된 LA-5의 생존율이 높아지는 것을 알 수 있었다. 우유 또는 우유와 두유 혼합물에 관계없이 쌀가루를 첨가한 푸딩이 이눌린을 첨가한 푸딩에 비해 LA-5의 생존율을 상승시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 결과적으로 이눌린, 쌀가루와 같은 프리바이오틱스 기능을 가진 식품성분과 함께 제조된 푸딩은 프로바이오틱스를 매개하는 식품으로서 가치가 있다고 판단되며 푸딩의 검성, 씹힘성 등의 증가와 함께 프로바이오틱스의 생존율도 증가시켜 유의한 효과가 있는 제품으로서의 가능성을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2020R111A3071627).

References

Bakr SA. 2015. The potential applications of probiotics on dairy and non-dairy foods focusing on viability during storage. *Biocatalysis Agricultural Biotechnol.* 4: 423-431.

Bedani R, Campos MMS, Castro IA, Rossi EA, Saad SMI. 2014. Incorporation of soybean by-product okara and inulin in a probiotic soy yoghurt: texture profile and sensory acceptance. *J. Sci. Food Agric.* 94: 119-125.

Buriti FCA, Da Rocha JS, Saad SMI. 2005. Incorporation of *Lactobacillus acidophilus* in Minas fresh cheese and its implications for textural and sensorial properties during storage. *Inter. Dairy J.* 15: 1279-1288.

Chen R. 2018. Enzyme and microbial technology for synthesis of

- bioactive oligosaccharides: An update. *Applied Microbiol. Biotechnol.* 102: 3017-3026.
- Chung KH, Lee CM. 1994. Function of nonfish proteins in surimi-based gel products. *Korean J. Soc. Food Sci.* 10: 146-150.
- Cunningham M, Vinderola G, Charalampopoulos D, Lebeer S, Sanders ME, Grimaldi R. 2021. Applying probiotics and prebiotics in new delivery formats - is the clinical evidence transferable? *Trends food Sci. Technol.* 112: 495-506.
- Donkor ON, Tsangalis D, Shah NP. 2007. Viability of probiotic bacteria and concentrations of organic acids in commercial yoghurts during refrigerated storage. *Food.* 59: 121-126.
- Eastwood J, Walton G, Hemert SV, Williams C, Lampert D. 2021. The effect of probiotics on cognitive function across the human lifespan: A systematic review. *Neurosci. Biobehavioral Reviews.* 128: 311-327.
- Farnworth ER, Mainville I, Desjardins MP, Gardner N, Fliss I, Champagne C. 2007. Growth of probiotic bacteria and bifidobacteria in a soy yogurt formulation. *Int. J. Food Microbiol.* 116: 174-181.
- Heo J, Park HS, Uhm TB. 2016. Production of fermented apple juice using *Lactobacillus plantarum* JBE245 isolated from Korean traditional Meju. *Korean J. Food Sci. Technol.* 48: 445-453.
- Hsieh PS, Ho HH, Tsao SP, Hsieh SH, Lin WY, Chen JF, Kuo YW, Tsai SY, Huang HY. 2021. Multi-strain probiotic supplement attenuates streptozotocin-induced type-2 diabetes by reducing inflammation and β -cell death in rats. *PLoS ONE.* 16: e0251646.
- Jeon BJ, Seok JS, Kwak HS. 2005. Physicochemical properties of *Lactobacillus casei* 00692 during fermenting for liquid-type yogurt. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 25: 226-231.
- Jia L, Tu Y, Jia X, Du Q, Zheng X, Yuan Q, Zheng L, Zhou X, Xu X. 2021. Probiotics ameliorate alveolar bone loss by regulating gut microbiota. *Cell Prolif.* 54: e13075.
- Kip P, Meyer D, Jellema RH. 2006. Inulins improve sensory and textural properties of low-fat yoghurts. *Int. Dairy J.* 16: 1098-1103.
- Ko SH, Lee KY. 2014. Quality characteristics of pudding using tarak, traditional fermented milk. *Korean J. Culinary Res.* 20: 90-99.
- Lin CL, Hsu YJ, Ho HH, Chang YC, Kuo YW, Yeh YT, Tsai SY, Chen CW, Chen JF, Huang CC, Lee MC. 2020. *Bifidobacterium longum subsp. longum* OLP-01 supplementation during endurance running training improves exercise performance in middle- and long-distance runners: A double-blind controlled trial. *Nutrients.* 12: 1972.
- Irkin R, Guldás M. 2011. Evaluation of cacao-pudding as a probiotic food carrier and sensory acceptability properties. *Acta agriculturae Slovenica.* 97: 223-232.
- Mo EK, Kim HH, Kim SM, Jo HH, Sung CK. 2007. Production of *Sedum* extract adding jelly and assessment of its physicochemical properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 619-624.
- Rhee H, Sim KH. 2018. Antioxidant activities and quality characteristics of pudding added with Olbyeosal. *Korean J. Food Nutr.* 31: 587-597.
- Rhyou JH. 2017. Gut microbiota in health and probiotics in functional bowel disease. *Ewha Med. J.* 40(1): 22-28.
- Roh HJ, Kim GE. 2009. Fermentation of *Cucurbita maxima* extracts with microorganisms from kimchi. *KSBB J.* 24: 149-155.
- Sender R, Fuchs S, Milo R. 2016. Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. *PLoS Biol.* 14: e1002533.
- Seo JG, Lee GS, Kim JE, Chung MJ. 2010. Development of probiotic products and challenges. *KSBB J.* 25(4): 303-310.
- Tang C, Lu Z. 2019. Health promoting activities of probiotics. *J. Food Biochem.* 43: e12944.
- Yang GH, Guan JJ, Wang JS, Yin HC, Qiao FD, Jia F. 2012. Physicochemical and sensory characterization of ginger-juice yogurt during fermentation. *Food Sci. Biotechnol.* 21: 1541-1548.

Author Information

한인화: 광주여자대학교 식품영양학과 교수

임승룡: 군산대학교 식품생명과학부 식품생명공학전공 교수