

호화쌀가루를 첨가한 요구르트의 발효특성에 관한 연구

김수희¹⁾ · 김안나^{2)¶} · 안병규³⁾ · 최수근²⁾

경민대학교 호텔외식조리과¹⁾ · 경희대학교 일반대학원 조리외식경영학과²⁾ · (주)새암푸드먼트³⁾

Studies on the Fermentation Characteristics of Yogurt Added with Pregelatinized Rice Flour

Soo-Hee Kim¹⁾ · An-Na Kim^{2)¶} · Byung-Kyu An³⁾ · Soo-Keun Choi²⁾

Dept. of Culinary Arts, Kyungmin College¹⁾

*Dept. of Culinary Science and Food Service Management, Kyunghee University^{2)¶}
Saeamfoodment Co., Ltd.³⁾*

Abstract

The purpose of this study is developing a formulation with an optimum sensory point by using yogurt added with rice flour and pregelatinized rice flour(alpha rice flour) optimized by response surface method(RSM). The pH, acidity, sugar content, viscosity and number of lactic acid bacteria during fermentation of two types of yogurt(added with rice flour and pregelatinized rice flour) optimized by RSM were analyzed. As the fermentation time of both types of yogurt increased, pH showed decreasing trend. The titratable acidity showed increasing trend as fermentation time increased. Sugar content decreased as fermentation time increased. The reasons are believed to be the sugar decrease during glycolysis and lactic acid fermentation. Viscosity was the highest at 6 hours of fermentation. After 10 hours of fermentation, the viscosity was higher than it was before the fermentation. The number of lactic acid bacteria of yogurt added with rice flour and pregelatinized rice flour was 7.43~9.00 log CFU/mL, which is more than optimum value. Therefore, it is possible to confirm that adding rice flour during yogurt manufacturing increases the number of lactic acid bacteria.

Key words: Pregelatinization, Rice flour, Yogurt, Lactic acid bacteria, Pre-treatment, RSM

I. 서 론

최근 쌀 생산의 과잉과 의무수입량의 증가로 쌀 재고량이 급속히 늘어나면서 쌀 소비 확대방안의 일환으로 가공제품용 쌀 소비 촉진을 위한 확충방안에 대한 요구가 크게 증가하고 있다(한국농촌경제 연구원 2010). 우리나라에서는 쌀의 대부분을 밥으로 소비하고 있으며 국내 생산량의

약 6% 정도만 떡류, 음료, 빵류 등의 가공용으로 사용하고 있어(Rhee SJ 등 2013), 쌀의 소비 촉진을 위하여 다양한 쌀 소비 전략이 필요하며, 쌀을 이용한 다양한 가공식품의 개발이 필요한 실정이다. 쌀 소비 촉진을 활성화하기 위한 정부의 정책 변화로 쌀 가공 산업에 필요한 주요원료인 쌀가루 생산에 대한 관심이 증가되었다(Jeong SH 2012). 쌀 가공식품의 원료로 쌀은 낱알이나 가루

로 사용하게 되는데, 가루로 사용할 경우 조리 사용에 제한이 있고 손상전분의 함량이 높고, 저장유통 중에 쉽게 산화되어 이취를 내며, 경제성도 낮아 쌀가루 가공제품의 개발이 적어 쌀 가공품에 바람직하지 못하는 영향을 주는 것으로 보고되고 있다(Nishita KD & Bean MM 1982, Park YM & Yoon HH 2012). 쌀가루의 품질은 제분조건에 따라 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있는데(Jun HI 등 2008), 쌀의 제분방법에는 도정한 쌀을 그대로 제분한 건식제분과 전통적으로 수침한 쌀을 제분한 습식제분이 있으며 그 외에도 반습식 제분방식이 있다(Kim RY 등 2009).

한편 호화전분은 호화된 상태에서 건조되어 무정형 구조이며 수분에 대한 흡수율이 높으므로 가공식품 제조에 적합한 첨가물이며 물과 결합에서도 호화 쌀가루는 백미 쌀가루에 비해 2.3~2.6 배로 더 높게 물을 결합할 수 있다(Jeong SH 등 2011). 호화전분인 호화쌀가루는 쌀의 물리적 성질을 변형시켜 이유식이나 스프류 등에 중간소재로 이용될 수 있도록 인스턴트 성질을 부여한 것으로 그 제조방법으로는 드럼건조에 의한 방법과 압출성형에 의한 방법이 있다. 전분을 압출성형 방식이나 드럼건조 방식에 의해 α -화시킴으로써 전분의 구성성분인 amylose와 amylopectin을 부분적으로 분해시켜 저분자화 시키며 전분의 수분 흡수 능력과 수용성 성분의 양을 증가시킨다(Lee CH 등 1995).

쌀을 이용한 가공식품의 개발에 관한 연구로는 쌀가루를 첨가한 쿠키의 품질특성(Choi SH 2012, Han HA 2011), 쌀 빵의 특성에 관한연구(Kim JH 등 2012, Choi ID 2010, Lee MH 등 2010), 쌀국수의 품질특성에 관한연구(Kim BK 등 2011, Park HK & Lee HG 2005), 쌀 파스타 제조의 최적화에 관한연구(Song EJ 등 2010), 쌀 맥주의 품질특성 및 품질개선(Hyeun SK 등 2012, Kwon YA 등 2012) 등의 연구가 진행되어왔으나 호화쌀가루를 이용한 가공식품 개발에 대한 연구는 미비한 실정이다.

요구르트는 전유 또는 탈지유를 젖산균으로 발효시켜 신맛과 향미를 강화시킨 것으로 발효 과정 중 생성되는 유산, 펩톤, 펩티드, 올리고당 등의 유효성분이 있어서 식품영양학적으로도 우수한 식품이다(Hwang SJ 등 2013). 요구르트의 부드럽고 매끄러운 gel 상의 조직은 우유의 주요 단백질인 casein이 젖산에 의해 응고하는 성질을 이용한 것으로(Jung TH 등 2006), 요구르트 gel의 rheology와 물리적 특성은 제품의 품질과 소비자 기호성에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 총 고형분 함량이 낮은 요구르트는 유청분리, 약한 커드, 좋지 못한 조직감 등이 초래되며, 이러한 문제들을 해결하기 위해 gel 형성 강화용 안정제를 첨가하기도 한다(Lim YS 등 2013). 조직이 너무 묽거나 유청이 분리되는 것을 막기 위해 요구르트의 유고형분 함량은 14~18%로 권장하고 있으며, 쌀가루에는 다량의 전분이 함유되어 있어 요구르트의 점도를 높일 수 있는 첨가물로 적합하다고 판단된다(Paik SH 등 2004). Park HJ & Han SW(2004)의 호화쌀가루 특성 연구에서 호화처리 쌀가루의 온도변화에 따른 점도 변화 특성이 소실되어 최고점도, 최저점도, breakdown, setback이 모두 감소하고, 수분흡수지수가 증가한다는 보고에 따라 호화쌀가루가 노화도 억제 가능성이 있다고 보여진다. 또한 쌀가루가 첨가된 요구르트의 개발은 한국인의 정서에 잘 맞는 것으로 생각되며, 쌀 첨가 요구르트의 식품, 영양학적인 가치를 크게 높여 주리라 사료된다(Paik SH 등 2004).

따라서 본 연구에서는 쌀가루와 호화쌀가루를 첨가한 요구르트를 제조하여 반응표면분석법(RSM)을 이용하여 관능적 최적점을 갖는 레시피를 확립하고, 이화학적, 기계적 품질특성을 통해 쌀가루와 호화쌀가루를 첨가한 요구르트의 발효 특성에 대해 평가하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 쌀가루는 동대문 소재 이마트에서 구입하여 사용하였으며, 호화쌀가루는 ㈜아태푸드로부터 제공받아 사용하였다. 물(삼다수), 탈지분유(서울우유), 설탕((주)CJ)을 시중에서 구입하였고, 스타터 미생물로 사용된 균주는 *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium longum*, *Sterpttococcus thermophilus* 혼합 균주 제품(국제유업)을 냉동보관하며 사용하였다.

2. 실험계획

1) 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트 반응표면 분석 실험설계

쌀가루와 호화쌀가루를 첨가한 요구르트의 모든 실험설계는 반응표면 실험계획법(Response surface methodology)의 중심합성계획(central composite design)에 따라 SAS 프로그램을 사용하였다. 독립변수로는 쌀가루 첨가량(X_1), 전처리 방법(X_2)을, 종속변수로는 관능적 특성의 색, 향, 단맛, 신맛, 전분풀맛, 가루느낌, 전체적인 수용도로 설정하였다. 호화쌀가루를 첨가한 요구르트의 실험계획법 또한 독립변수는 호화쌀가루의 첨가량

(X_1), 전처리 방법(X_2)을, 종속변수로는 관능적 특성의 색, 향, 단맛, 신맛, 전분풀맛, 가루느낌, 전체적인 수용도로 설정하였다.

예비실험을 통해 각 요인의 최소 및 최대 범위를 쌀가루의 경우 10~16% 호화쌀가루의 경우 10~18% 으로 정하였고, 전처리 방법은 건열처리(toasting), 시머링(simmering), 굽기(baking in oven)로 설정하였다. 중심합성계획의 실험 점은 중앙점과 $\pm a$ 점(axial point), ± 1 level점(factorial point)으로 이루어지며, 이러한 실험 점들 사이에는 모델설정 및 적합결여 검증을 위한 반복점이 존재한다(Park SH & Lim SI 2007). 이에 따라 각 설정된 범위를 입력하여 10개의 실험점이 형성되었고 반복(replication)설정을 통해 2개의 반복점이 선택되었다. 완성된 실험 디자인의 재료 및 방법은 다음 <Table 1>과 <Table 2>와 같다.

2) 반응표면 분석을 위한 시료의 관능검사

관능검사는 조리전공 대학원생 10명을 panel로 선정하여 충분한 지식과 용어, 평가기준 등을 숙지시킨 후 쌀가루 첨가 요구르트의 실험목적과 취지를 설명한 뒤 실험에 응하도록 하였다. 모든 시료들은 3자리의 난수표로 표시하였으며 관능검사 항목은 색(color), 향(flavor), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 전분풀맛(pastelike), 가루느낌(gritty),

<Table 1> Experimental design for yogurt prepared with rice flour

Sample No.	Variable level				
	Factors		Skim milk powder	Water	Sugar
	Rice flour (X_1)	Treatment (X_2)			
1	10	Toasting	10	76	4
2	10	Simmering	10	76	4
3	10	Baking	10	76	4
4	13	Toasting	7	76	4
5	13	Simmering	7	76	4
6	13	Baking	7	76	4
7	16	Toasting	4	76	4
8	16	Simmering	4	76	4
9	16	Baking	4	76	4
10	13	Simmering	7	76	4

<Table 2> Experimental design for yogurt prepared with pregelatinized rice flour

Sample No.	Variable level				
	Factors		Skim milk powder	Water	Sugar
	Pregelatinized rice flour (X ₁)	Treatment (X ₂)			
1	10	Toasting	10	76	4
2	10	Simmering	10	76	4
3	10	Baking	10	76	4
4	14	Toasting	6	76	4
5	14	Simmering	6	76	4
6	14	Baking	6	76	4
7	18	Toasting	2	76	4
8	18	Simmering	2	76	4
9	18	Baking	2	76	4
10	14	Simmering	6	76	4

전체적인 수용도(Overall acceptance)에 대한 기호도 특성이었으며, 7점 척도법으로 평가하여 선호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다. 시료는 투명 플라스틱 일회용 용기(5×5 cm)에 20 g씩 담아 제공하였다.

3) 반응표면 분석한 시료의 통계처리

통계 SAS를 이용하여 쌀가루 첨가량(X₁), 전처리 방법(X₂), 호화쌀가루 첨가량(X₁), 전처리 방법(X₂)의 재료의 배합성분을 각각 독립변수로 하고 실험결과인 반응변수와의 관계를 2차 다항 회귀식으로 구하였고 1차 선형 효과, 2차 곡선효과 및 인자간의 교호작용을 살펴보았으며 독립변수에 대한 종속변수의 반응표면 상태를 3차원 그래프와 등고선분석을 실시하였다. 회귀분석 결과 정상점이 안정점일 경우에는 능선분석을 행하여 최적점을 구하였다.

3. 쌀가루와 호화쌀가루를 첨가한 요구르트의 제조

반응표면 분석법에서 최적점으로 도출된 2개의 요구르트 시료를 제조하였으며, 쌀가루와 호화쌀가루는 40 mesh 체에 내려 사용하였다.

쌀가루 첨가 요구르트의 경우 물 76 g에 쌀가루 10.5 g, 탈지분유 9.5 g, 설탕 4 g 을 첨가하여

인덕션 렌지(DIPO INDUCTION-CK26, Korea) 3단(70℃)에서 2분 30초간 바닥에 눌러 붙지 않도록 저어주면서 제조하였다. 제조 후 40℃ 로 식혀 스타터 0.4 g을 첨가하여 웰빙쿠커 발효기(CSW-5521, CUCKOO, Korea) 40℃에서 10시간 발효시켰다. 호화쌀가루 첨가 요구르트의 경우 물 76 g에 호화쌀가루 11.5 g, 탈지분유 8.5 g, 설탕 4 g을 첨가하여 쌀가루 첨가 요구르트와 동일한 방법으로 제조하였다.

쌀가루와 호화쌀가루를 첨가한 요구르트의 발효시간의 경과에 따른 이화학적 특성을 살펴보기 위해 40℃ 발효기(CSW-5521, CUCKOO, Korea)에 발효하면서 0, 3, 6, 8, 10시간 간격으로 pH, 적정산도, 당도, 점도, 유산균수를 측정하였다.

4. 실험방법

1) pH, 산도 측정

pH 측정은 요구르트 3 g을 취하여 pH meter(S20 SevenEasy™ pH meter, Mettler-Toledo Inc., USA)로 3회 반복 측정 하였다. 총 산도는 시료 3 mL에 0.1 N-NaOH 용액으로 적정하면서 pH가 8.3이 되었을 때의 NaOH 작용량을 lactic acid 환산계수로 산출하여 표시하였다. 측정은 3회 반복실험을 실시하여 평균값으로 나타내었다.

2) 당도 측정

시료 1 g을 당도계(PAL-a, Atago, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정한 후 °Brix 로 표시하였다.

3) 점도 측정

점도 측정은 요구르트 40 mL를 취하여 점도계 (Brookfield DV-1P Viscometer, Brookfield Engineering, USA)의 spindle 63을 이용하여 35℃를 유지하면서 1분 뒤의 값을 측정하였다.

4) 유산균 측정

요구르트를 멸균 식염수(0.85%)로 10배씩 희석한 후 표준 평판 배양법으로 MRS broth 한천배지에 도말하고 37±1℃, 혐기성 조건에서 48시간 배양하여 나타난 colony수를 조사하여 log colony forming unit(CFU/mL)로 환산하여 표시하였다.

5. 통계방법

실험결과의 통계처리는 SPSS Program(ver. 18.0)을 이용하여 평균값, 표준편차를 산출하였고, 발효시간에 따른 요구르트의 특성 차이비교를 위해 분산분석을 실행하였다. 분산분석 차이비교 결과 유의적인 차이가 있을 경우, p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 최적화

중심합성계획에 따라 두 가지 독립변수의 10가지 조건에서 얻어진 각 검사의 결과는 <Table 3>과 <Table 4>와 같다. 7수준 2요인에 대한 이차회귀식에 의하여 형성된 반응표면 분석의 결과 반응표면식과 R²값을 나타내었고, 각 요인간의 교호작용을 나타내는 3차원 그래프는 Fig. 1과 Fig. 2에 제시하였다.

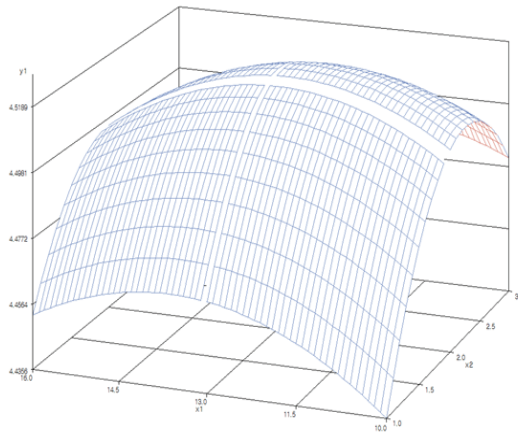
쌀가루 첨가 요구르트의 경우 R²=0.809, stationary point는 X₁=8.00(쌀가루 첨가량), X₂=simmering(전처리), Y=5.46으로 maximum point로 분석되었으나 추가적인 ridge analysis에서 쌀 첨가량 10.5%일 때 Y=5.40로 최대 반응 값보다 0.06 낮으나 쌀 첨가량을 다소 높여도 반응 값의 차이 미세하여 2차 발효 실험에서는 쌀 첨가량은 10.5%에서 실시하기로 하였다. 호화쌀가루 첨가 요구르트의 경우 R²=0.783, stationary point는 X₁=15.85(호화쌀가루 첨가량), X₂=simmering(전처리), y=4.73으로 saddle point로 분석되어 ridge analysis를 통하여 추가로 분석한 결과 X₁=11.50%(호화쌀가루 첨가량), X₂= simmering(전처리), Y=5.04를 최적으로 판단하여 2차 발효 실험을 실시하기로 하였다.

<Table 3> Experimental combinations and data under various rice flour contents(X₁), treatments(X₂) and their responses for sensory characteristics of yogurt

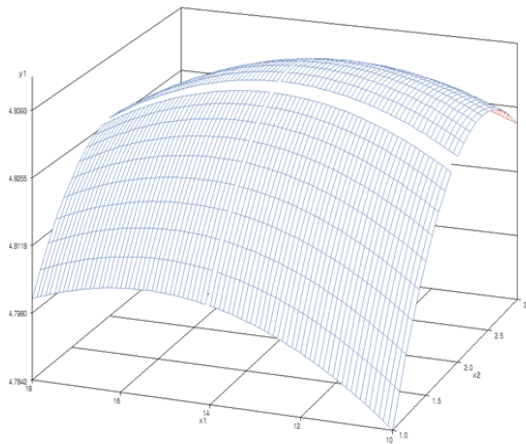
No.	Variable level		Response						
	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇
1	10	Toasting	3.50	2.50	1.50	3.25	3.25	2.25	2.25
2	10	Simmering	3.25	4.50	4.25	4.25	3.25	3.50	4.25
3	10	Baking	5.50	3.50	3.75	5.25	4.75	3.75	5.25
4	13	Toasting	3.00	3.50	2.25	3.25	3.75	3.00	2.50
5	13	Simmering	5.75	5.50	5.50	5.00	5.50	5.00	6.00
6	13	Baking	5.67	4.17	3.33	4.17	3.50	3.17	3.67
7	16	Toasting	2.17	2.67	2.83	2.83	2.33	2.00	2.00
8	16	Simmering	6.33	4.50	6.00	5.50	5.33	5.00	5.50
9	16	Baking	5.17	3.83	3.83	4.83	2.50	3.50	3.17
10	13	Simmering	5.67	4.00	4.17	4.00	3.83	3.67	4.50

<Table 4> Experimental combinations and data under various α -rice flour contents(X_1), treatments(X_2) and their responses for sensory characteristics of yogurt

No.	Variable level		Response						
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7
1	10	Toasting	2.25	2.25	4.00	3.00	3.25	3.25	2.25
2	10	Simmering	5.25	4.75	5.25	5.00	3.50	4.00	4.75
3	10	Baking	5.25	5.25	5.25	5.00	4.25	5.00	5.25
4	14	Toasting	1.25	3.00	3.75	3.00	3.50	3.25	2.00
5	14	Simmering	5.75	4.25	5.00	5.25	5.25	6.25	5.75
6	14	Baking	4.67	5.00	3.67	4.33	2.83	3.83	3.50
7	18	Toasting	3.33	3.00	4.17	3.67	4.00	6.67	3.33
8	18	Simmering	4.33	4.33	4.17	3.83	3.50	3.17	4.33
9	18	Baking	4.00	3.20	4.83	4.33	3.17	4.67	4.50
10	14	Simmering	5.00	5.00	4.67	5.17	4.00	4.33	4.83



<Fig. 1> Response surface for overall acceptance of rice flour yogurt



<Fig. 2> Response surface for overall acceptance of pregelatinized rice flour yogurt

<Table 5> Changes in the pH and titratable acidity of yogurt during fermentation

		Fermentation time					F-value
		0hour	3hour	6hour	8hour	10hour	
pH	Rice flour	6.50±0.01 ^a	5.46±0.01 ^b	4.74±0.03 ^c	4.48±0.01 ^d	4.19±0.02 ^e	9668.91 ^{***}
	α-Rice flour	6.44±0.01 ^a	5.77±0.01 ^b	4.62±0.01 ^c	4.59±0.01 ^d	4.36±0.01 ^e	28154.50 ^{***}
Acidity	Rice flour	1.58±0.15 ^c	4.41±0.60 ^d	7.58±1.35 ^c	9.29±4.99 ^b	10.92±2.27 ^a	661.07 ^{***}
	α-Rice flour	1.37±0.17 ^c	3.01±0.62 ^d	7.20±1.31 ^c	7.46±2.11 ^b	8.15±1.25 ^a	1706.27 ^{***}

Mean±S.D. *** p <0.001

^{a-c}Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

2. pH 및 산도

중심합성계획에 따라 최적화 된 2개의 시료, 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트의 발효 중 pH 및 산도의 변화는 <Table 5>와 같다. 쌀가루 첨가 요구르트의 pH는 발효 전 6.50이었고, 발효 10시간째에 4.19를 나타내었다. 호화쌀가루 첨가 요구르트의 pH는 발효 전 6.44였고, 발효 10시간째에 4.36을 나타내었다. 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트 모두에서 발효시간이 증가함에 따라 pH가 감소하는 경향을 보였다(p<0.001). 발효 완료 시점인 10시간에서 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트의 pH는 각각 4.19, 4.36을 나타냈다. 곡류에는 여러 가지 무기질과 비타민이 함유되어 있으므로 이들 무기질과 비타민에 의하여 젖산균의 생육이 촉진되어 산 생성이 촉진된 것으로 추측되어 진다(Paik SH 등 2004). Kroger M과 Weaver JC(1973)는 미국 펜실베이니아주에서 판매되는 요구르트의 pH가 3.80~4.35 범위라고 보고하였고, Ju HY(2000)은 우리나라 시판 요구르트의 pH가 4.02~4.30 범위로 보고하였는데, 이는 본 실험의 결과와도 대체적으로 일치하였다. Lim YS 등(2013)의 요구르트의 발효시간에 따른 pH의 변화를 살펴 본 결과 발효 0시간에서는 6.64, 4시간 후

는 4.52, 발효 8시간 경과 후에 4.37로 pH가 낮아지는 경향을 보였는데 본 연구와 비슷한 연구결과를 나타냈다.

요구르트에서 젖산의 생성 정도를 나타내는 적정 산도의 측정은 요구르트의 품질검사에 널리 이용되고 있다. 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트 모두에서 발효시간이 증가함에 따라 산도가 점점 증가하는 경향을 보였다(p<0.001). 호화쌀가루를 첨가한 요구르트보다 쌀가루를 첨가한 요구르트가 산도가 다소 높게 나타났는데 이는 쌀가루의 첨가량이 호화쌀가루보다 1g이 적고 상대적으로 탈지분유의 양이 1g 더 많아 젖산균이 이용할 수 있는 무지유고형분 함량이 증가하였기 때문인 것으로 사료된다.

3. 당도

쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트의 발효 중 당도의 변화는 <Table 6>과 같다. 발효시간이 증가함에 따라 당도가 감소하는 경향을 보였는데 (p<0.001), 발효되는 동안 발효액 내의 당은 젖산균에 의해 분해되어 감소하고 유산 및 초산 등이 생성되는 젖산발효에 의한 것으로 여겨진다. 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트의 발효 전 당

<Table 6> Changes in the sugar contents of yogurt during fermentation

		Fermentation time					F-value
		0hour	3hour	6hour	8hour	10hour	
Sugar content	Rice flour	24.90±0.26 ^a	21.67±0.47 ^b	20.83±0.20 ^c	20.13±0.57 ^{cd}	19.60±0.30 ^d	87.42 ^{***}
	α-Rice flour	24.93±0.25 ^a	24.30±0.17 ^b	22.27±0.59 ^c	22.00±0.20 ^c	21.70±0.17 ^c	64.00 ^{***}

Mean±S.D. *** p <0.001

^{a-c}Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

도는 각 24.90, 24.93으로 비슷한 °brix(%)를 나타냈으나, 최종 발효 완료 시점인 10시간에서는 쌀가루 첨가 요구르트보다 호화쌀가루 첨가 요구르트의 당도가 약 2 °brix(%)정도 높게 나타났다. 이는 호화쌀가루의 경우는 이미 전분이 호화된 상태로, 가루보다 전분이 더 작게 분해되어 있어 유산 및 초산에 의하여 전분을 포도당으로 전환시키기에 좀 더 용이하여 당 함량이 높게 나타난 것으로 사료되어 진다.

4. 점도

쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트의 발효 중 점도의 변화는 <Table 7>과 같다. 쌀가루의 경우 발효 6시간까지 점도가 증가하는 경향을 보이다가 발효 8시간에는 감소하였고, 다시 발효 10시간에는 증가하였다. 호화쌀가루 첨가의 경우에도 발효 6시간까지 점도가 증가하다가 발효 8시간에는 감소, 다시 발효 10시간째에는 증가하는 경향을 보였다. 발효 완료 시점인 10시간에서는 발효 시작 전보다(0시간) 점도가 증가한 것을 확인할 수 있었으며, 발효 6시간에 가장 높은 점도를 보였다. 일반적으로 요구르트의 점도는 젖산 발효 시 우유단백질의 등전점(pH 4.6)에서의 침전, protease에 의한 분해 응고 및 젖산균에 의한 polysaccharide의 생성 등에 의해 복합적으로 야기된다고 보고된바 있는데(Murti TW 등 1992), 발효 6시간에서 쌀가루 요구르트의 pH는 4.74, 호화쌀가루 요구르트는 4.62로 우유단백질의 등전점과 가장 인접하여 요구르트의 단백질이 6시간째에 가장 활발히 응고 현상을 보임으로 점도가 더 높

아진 것으로 사료된다.

또한 쌀가루를 첨가한 요구르트가 호화쌀가루를 첨가한 요구르트 보다 점도가 3.7배 가량 높은 것을 확인할 수 있었는데, Lee HJ 등(2006)의 연구에서도 요구르트에 곡류를 첨가하게 되면 점도가 증가한다는 연구결과를 보고하였다. 쌀의 전분이 호화될 때 점도가 높아지기 때문인 것으로 보이며 호화쌀가루의 경우에는 전분입자의 크기가 작아져 있으므로 재호화 시에 농도 증가 효과가 적은 것으로 사료된다. 농후 요구르트는 점도에 의해 그 식미가 크게 영향을 받는데, 본 연구결과 호화쌀가루의 사용 시 일반 쌀가루에 비해 점도 변화에 영향을 덜 주므로 쌀요구르트 제조 시에 호화쌀가루를 사용하는 것이 효과적이라고 판단되어 진다.

5. 유산균

쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트의 발효 중 유산균수의 변화는 Fig. 3과 같다. 쌀가루 첨가 요구르트의 경우 발효 시작 시점에 7.53 log CFU/mL, 발효 6시간에는 9.00 log CFU/mL으로 최대한 증식한 것으로 나타났으며, 발효 8시간과 10시간에는 각각 8.71, 8.93 log CFU/mL으로 배양 6시간과 비교하면 감소하는 경향을 보였다. 호화쌀가루 첨가 요구르트의 경우 발효 시작 시점에 7.43 log CFU/mL, 발효 6시간에는 8.91 log CFU/mL으로 쌀가루 첨가 요구르트와 같이 최대한 증식한 것을 확인할 수 있었다. 발효 8시간과 10시간에는 각각 8.58, 8.34 log CFU/mL으로 배양 6시간과 비교하면 감소하는 경향을 보였다.

<Table 7> Changes in the viscosity of yogurt during fermentation

		Fermentation time					F-value
		0hour	3hour	6hour	8hour	10hour	
Viscosity	Rice flour	4424.67±	87644.00±	174000.00±	112000.00±	155000.00±	244.61***
	α-Rice flour	326.46 ^e	1204.37 ^d	13114.88 ^a	7000.00 ^c	7000.00 ^b	
	Rice flour	10473.33±	39708.67±	51546.67±	32944.00±	41468.00±	2909.15***
	α-Rice flour	108.74 ^e	616.43 ^c	406.66 ^a	804.49 ^d	107.64 ^b	

Mean±S.D. *** p <0.001

^{a-c}Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test

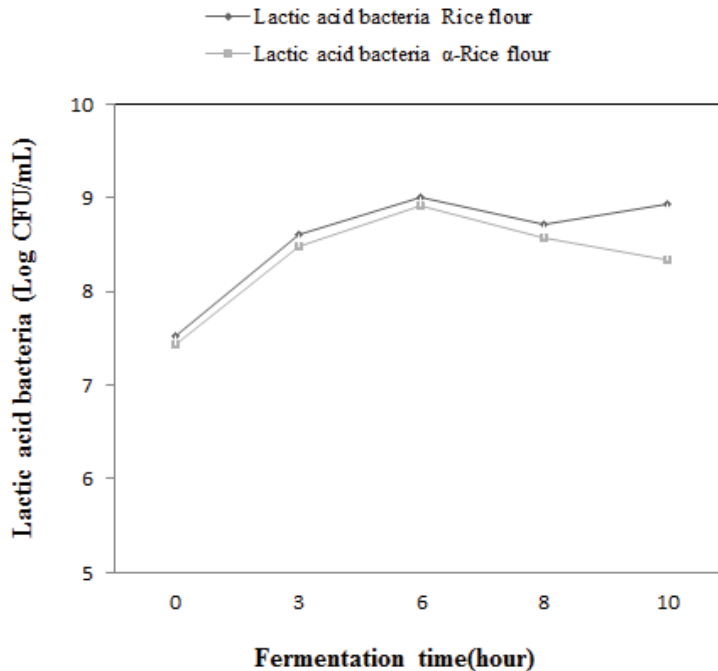
Lim YS 등(2013)의 SMP를 첨가한 유청 요구르트의 경우에도 발효 6시간에 유산균이 최대한 증식한 것을 확인할 수 있었는데 본 연구와 비슷한 경향을 보였다. 이는 산의 생성으로 인한 pH 저하 등의 원인으로 인하여 균의 생육을 억제되기 시작하는 사멸기에 도달하는 것으로 판단된다(Kim KC 2012). 우리나라의 축산물 가공기준 및 성분규격에 정해진 호상요구르트의 총 유산균수는 1×10^8 CFU/mL 이상으로 본 실험 결과 제조된 요구르트의 유산균수는 적정치 범위 이상인 것으로 나타났다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 쌀가루와 호화쌀가루를 첨가한 요구르트를 제조하여 곡류를 이용한 유산발효제품의 상품화 가능성을 살펴보고자 먼저 반응표면분석법(RSM)을 이용하여 쌀가루 첨가량의 관능

적 최적점을 갖는 조성을 확인하고 이 때의 유산 발효 특성을 연구하고자 하였다. 반응표면분석법을 이용하여 쌀가루 첨가량을 최적화 한 결과, 쌀가루 첨가 요구르트의 경우 쌀가루 10.5 g 물 76 g, 탈지분유 9.5 g, 설탕 4 g을 simmering하여 제조 하는 것이 관능적으로 최적의 조건을 나타냈으며, 호화쌀가루의 경우 호화쌀가루 11.5 g, 물 76 g, 탈지분유 8.5 g, 설탕 4 g을 simmering하여 제조 하는 것이 관능적 최적의 조건을 나타냈다. 쌀가루 첨가량의 최적화한 후 쌀가루와 호화쌀가루를 첨가한 요구르트의 발효시간의 경과에 따른 이화학적 특성을 살펴보기 위해 40℃ 발효기에 발효하면서 0, 3, 6, 8, 10시간 간격으로 pH, 적정산도, 당도, 점도, 유산균수를 측정하였다.

pH 측정결과, 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트 모두에서 발효시간이 증가함에 따라 pH가 감소하는 경향을 보였다($p < 0.001$). 발효 완료 시점인 10시간에서 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구



<Fig. 3> Changes in lactic acid bacteria of yogurt during fermentation

르트의 pH는 각각 4.19, 4.36을 나타내어 요구르트의 적정 pH 범위 안에 포함되는 것을 확인할 수 있었다.

쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트 모두에서 발효시간이 증가함에 따라 산도가 점점 증가하는 경향을 보였다($p < 0.001$). 쌀가루를 첨가한 요구르트의 산도가 높게 나타났는데 이는 탈지분유에 의해 젖산균이 이용할 수 있는 무지유고형분의 함량이 증가하였기 때문인 것으로 사료된다.

발효시간이 증가함에 따라 당도는 감소하는 경향을 보였는데($p < 0.001$), 발효되는 동안 젖산균에 의해 요구르트 내의 당이 분해 감소되고 대신 유산 및 초산 등이 생성되는 젖산발효에 의한 것으로 여겨진다.

쌀가루와 호화쌀가루를 첨가한 요구르트 모두에서 발효 6시간에 가장 높은 점도를 보이다가 점차 감소하는 경향을 보였다. 요구르트의 점도는 젖산 발효 시 우유단백질의 등전점 침전, protease에 의한 분해와 응고 등의 이유로 야기되는데 발효 6시간에서 pH가 우유단백질 등전점이 pH 4.6 부근에 이르렀기 때문으로 사료된다.

유산균 측정결과, 쌀가루 첨가 요구르트의 경우 발효 시작 시점에서 발효 6시간까지 증식되는 것으로 보이다가 발효 완료 시점인 10시간에서는 6시간보다 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 호화쌀가루 첨가 요구르트의 경우에도 발효시작 시점에서 발효 6시간까지는 균이 증식되다가 발효 10시간에는 6시간보다 감소되었다. 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트의 발효 중 유산균수는 7.43~9.00 log CFU/mL으로 적정치 범위로 측정되어 미분첨가가 요구르트 제조 시의 유산균수에 부합하는 것을 확인할 수 있었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 쌀가루가 첨가된 요구르트의 개발은 시판 판매되는 요구르트와 비교하였을 때 pH, 당도, 점도, 유산균수와 비슷한 경향을 보여 제품화의 가능성을 보여 주었으며, 또한 쌀가루 보다는 호화쌀가루를 첨가하였을 때 쌀의 첨가량도 늘릴 수 있으며, 점도에서도

좋은 결과를 보여 호화쌀가루를 이용한 요구르트는 쌀을 활용한 더 효과적인 기능성 유산발효제품이 될 수 있을 것으로 사료된다.

한글 초록

본 연구에서는 쌀가루와 호화쌀가루의 첨가량과 처리를 달리한 요구르트를 제조하여 반응표면분석법(RSM)을 이용하여 쌀가루 첨가량의 관능적 최적점을 갖는 조성을 확인하고 이 때의 유산발효 특성을 연구하고자 하였다. RSM을 통해 발효액 조성이 최적화 된 2가지(쌀가루, 호화쌀가루)의 요구르트 발효 중 pH, 산도, 당도, 점도, 유산균 수 검사를 통하여 유산발효 특성을 알아보았다. 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트 모두에서 발효시간이 증가함에 따라 pH가 감소하는 경향을 보였으며, 적정산도는 발효시간이 증가함에 따라 점점 증가하는 경향을 보였다. 당도는 발효시간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였는데 발효되는 동안 당이 분해 감소되고 젖산발효에 의한 것으로 여겨진다. 점도는 발효 6시간에서 가장 높았으며 발효 완료 시점인 10시간에서는 발효 시작 전보다 높은 점도를 보였다. 쌀가루와 호화쌀가루 첨가 요구르트의 유산균수는 7.43~9.00 log CFU/mL으로 호상요구르트의 식품규격 적정치 범위 이상으로 측정되어 미분첨가가 요구르트 제조 시의 유산균수에 부합하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 쌀가루 보다는 호화쌀가루를 첨가하였을 때 쌀의 첨가량도 늘릴 수 있으며, 점도에서도 좋은 결과를 보여 호화쌀가루를 이용한 요구르트는 쌀을 활용한 더 효과적인 기능성 유산발효제품이 될 수 있을 것으로 보였다.

감사의 글

본 연구는 ㈜새암푸드먼트의 연구비지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 김연중, 박기환, 서대석, 한혜성, 주요 농산물의 가치사슬 분석과 성과제고 방안, 한국농촌경제연구원(2010) (보고서 R621), 82~88
- Choi ID (2010). Substitution of rice flour on bread-making properties. *Korean J. Food Preserv* 17(5):667-673.
- Choi SH (2012). Quality characteristics of curcuma longa l. cookies prepared with various levels of rice flour. *The korean journal of culinary research* 18(3):215-226.
- Hwang SJ, Jung EK, Joo NM (2013). Processing optimization and quality characteristics of low-fat yogurt prepared with roselle. *Korean J. Food Culture* 28(4):392-400.
- Han HA (2011). Development and characterization of rice cookies containing germinated yakkong powder. *Korean J. Food Cookery Sci.* 27(6): 681-689.
- Hyeun SK, Kwon YA, Lee SJ (2012). Quality Characteristics of Brewed Beer with Rice Adjunct. *Food Engineering Progress* 16(2): 139-144.
- Jeong SH, Kang WS, Shin M (2011). Physicochemical properties of high yielding non-waxy rice flours extruded with different moisture contents. *Korean J. food cookery sci* 27(6): 745-753.
- Jeong SH (2012) Effect of extruded rice flour on the quality improvement of gluten-free rice pound cake. MS Thesis, Chonnam National University 1, Gwangju
- Ju HY (2000). Studies on the lactic acid bacteria isolated from commercial stirred yoghurt products. *MS Thesis* Dongguk University, Seoul. pp 12-14.
- Jun HI, Yang EJ, Kim YS, Song GS (2008). Effect of dry and wet millings on physicochemical properties of black rice flours. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37(7):900-907.
- Jung TH, Kim NC, Park HS, Kwak HS (2006). The effect of starter culture on viscosity of stirred yogurt. *J. Korean Dairy Technol. Sci* 24(1):65-73.
- Kim BK, Park JE, Zu GU (2011). Effects of Semolina on Quality Characteristics of the Rice Noddles. *Food Engineering Progress* 15(1):56-63.
- Kim JH, Yoon MR, Kang MY (2012). A comparative study of the processing aptitudes of the muffins produced by rice cultivars. *Korean J. Food Cookery Sci* 28(5):541-547.
- Kim KC (2012). Production of functional soybean yogurt using β -glucosidase producing strains isolated from kimchi. MS Thesis, Catholic University 23-24, Daegu
- Kim RY, Kim CS, Kim HI (2009). Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr* 38:1076-1083.
- Kroger M, Weaver JC (1973). Confusion about yogurt—compositional and otherwise. *J Milk Food Technol* 36:388-394.
- Kwon YA, Lee KG, Hong KW, Lee SJ (2012). Improving Qualities of Rice Beer Using Enzymes and Amino Acids. *Food Engineering Progress* 16(2):151-156.
- Lim YS, Renchinkhand G, Bae HC, Nam MS (2013). Characteristics of sweet whey yogurt added SMP. *Bulletin of the Animal Biotechnology* 5:61-67.
- Lee CH, Han O, Kum JS, Bak KH, Yoo BK (1995). Changes in the physicochemical properties of korean rice cake by the addition of gelatinized rice flour. *Korean J. Dietary culture*

- 10(2):101-106.
- Lee HJ, Pak HO, Lee JM (2006). Fermentation properties of yogurt added with rice bran. *Korean J. Food Cookery Sci* 22(4):488-494.
- Lee MH, Lee SY, Lee SA, Choi YS (2010). Physicochemical characteristics of rice flour sponge cakes containing various levels of pumpkin flour. *Korean J. Food & Nutr* 23(2): 162-170.
- Murti TW, Bouillanne C, Landon M, Desmazeamd MJ. (1992). Barterial growth and volatile compounds in yogurt-type products from soymilk containing bifidobacterim sp. *J. food Sci.* 57: 153.
- Nishita KD, Bean MM (1982). Grinding methods: Their impact on rice flour properties. *Cereal Chem* 59:46-49.
- Paik SH, Bae HC, Nam MS (2004). Fermentation properties of yogurt added with rice. *J. Anim. Sci & Technol* 46(4):667-676.
- Park HK, Lee HG (2005). Characteristics and development of rice noodle added with isolate soybean protein. *korean J. food Cookery Sci* 21(3):326-338.
- Park SH, Lim SI (2007). Quality characteristics of muffin red yeast rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 39(3):272-275.
- Park HJ, Han SW (2004). Pasting properties of pregelatinized rice flour by preparation conditions. *Symposium and Annual Meeting of the Korean Society of Food Cookery Science*, Seoul, Korea. p 115.
- Park YM, Yoon HH (2012). Quality characteristics of sulgidduck using dry rice powder added with different amounts of milk. *The Korean Journal of Culinary Research* 18(5):267-278.
- Rhee SJ, Lee JE, Kim MR (2013). Sensory characteristics of commercial rice cookies and snacks in market. *Korean J Food Preserv* 20(3): 348-355.
- Song EJ, Kim KB, Lee KS, Choi SK (2010). A study on the optimization of rice pasta with addition of mulberry leaf powder. *The korean journal of culinary research* 16(4):286-2.

2014년 05월 27일 접수

2014년 07월 20일 1차 논문수정

2014년 07월 30일 2차 논문수정

2014년 08월 05일 3차 논문수정

2014년 08월 10일 논문게재확정