

냉장고 제어시스템을 이용한 요구르트의 발효 및 저장효과

고용덕·정희엽*·김경숙**·이광훈·김양우·전성식·성낙계***

*(주) 금성사 생활시스템연구소, **일본 국립건강영양연구소

***경상대학교 식품공학과

Effect on Fermentation and Storage of Yogurt Using Control System of Refrigerator

Yong-Duck Ko, Hee-Yeop Chung*, Kyeong-Sook Kim**, Kwang-Hoon Lee,

Yang-Woo Kim, Sung-Sik Chun and Nack-Kie Sung***

*Goldstar Co., Changwon, Korea

**Division of Clinical Nutrition, The National Institute of Health and Nutrition, Tokyo, 162, Japan

***Department of Food Science and Technology, Gyeongsang National University

Abstract

Control system for both rapid fermentation and storage of yogurt in refrigerator was developed and its performance was investigated. Fermentation temperature for normal and *Bifidus* containing yogurt was maintained at maximum 40°C for about 7 and 11 hours, respectively. The pH, acidity, total viable cell number of lactic acid bacteria and viscosity of both yogurts after completing the fermentation were 4.23~4.29, 0.93~0.97%, $4.8 \times 10^7 \sim 2.54 \times 10^8$ cfu/ml and 1,700~1,810 cp, respectively. The rate of fermentation for normal yogurt was faster than that of *Bifidus* yogurt. The changes of pH, acidity, viable cell number and viscosity during storage time were 4.09~4.54, 0.76~1.1%, $9.4 \times 10^6 \sim 5.68 \times 10^8$ cfu/ml and 1,450~2,000 cp, respectively. Yeast and fungi were not nearly detected during storage time for both yogurts.

Key words: control system, yogurt, fermentation, storage, refrigerator

서 론

요구르트는 우유를 유산균으로 발효시켜 산미와 향미를 강화시킨 유제품으로 그 형태에 따라 액상과 호상 요구르트로 나눌 수 있다. 요구르트는 발효과정 중 유산균이 우유단백질을 부분적으로 펩티드와 아미노산으로 분해시켜 소화율을 높이고, 원유의 유당함량을 감소시켜⁽¹⁾ 유당불내증인 사람의 유당소화를 촉진시키는 효과가 있다⁽²⁾. 또한 식품의 부패방지와 비타민, 올리고당, 항균성물질 등을 생성하며 장내 소화기관의 유해세균을 억제하여 영양분의 흡수촉진과 발암 촉진물질의 불활성화와 같은 역할때문에 요구르트는 건강식품으로서 이용되고 있다^(3, 8).

최근 생활수준의 향상과 더불어 영양 및 예방의학적 효과를 갖는 호상요구르트의 소비가 급증하면서 가정에서 간편하게 요구르트를 직접 제조하여 기호에 맞게

식이하려는 경향이 증대되고 있다. 그러나 요구르트 발효균을 구입하기가 까다롭고 적당한 요구르트 제조기가 필요한 불편한 요소를 가지고 있다. 한편 요구르트는 시중에서 손쉽게 구입할 수 있는데 이는 훌륭한 발효 집종균이 될 수 있으며 요구르트의 제조과정이 그렇게 까다롭지 않다는 점을 고려할때 가정용 냉장고에서 발효 및 저장온도와 발효시간을 적절히 제어시켜주면 짧은 시간내에 요구르트를 제조하여 설탕, 꿀, 과일, 잼 등을 첨가하여 기호에 맞게 식이할 수 있고 또한 장기간 냉장보관이 가능할 것이다.

본 연구자는 지금까지 식품의 신선도 연장을 주기능으로 사용되어 오던 기존의 냉장고에 우리나라의 대표적인 전통발효식품인 김치를 조기숙성 및 장기저장할 수 있는 자동제어시스템을 개발하으로써⁽⁹⁾ 온화한 온도에서 발효가 일어나는 다른 식품에도 그 응용 가능성을 확인한 바가 있다.

따라서 본 연구에서는 식품의 장기보관용으로만 이용되어 오던 기존의 냉장고에 별도의 요구르트 발효실을 만들어 온도와 시간을 매개변수로 하는 자동 제어시스템을 도입하여 조기발효 및 장기저장효과 실험을 수행한

Corresponding author: Nack-Kie Sung, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

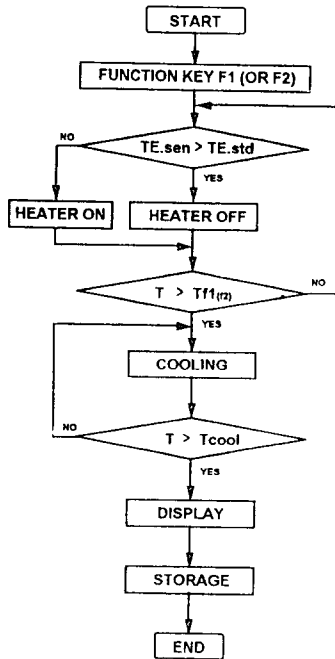


Fig. 1. Flow-chart for yogurt fermentation in refrigerator

결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

요구르트의 제조

요구르트 제조에 사용되어진 시유는 M사의 균질유, 요구르트는 비피더스균이 함유되어 있는 H사와 함유되어 있지 않는 B사의 것을 사용하였다. 500 ml 용량의 균질유에 요구르트 한통(110g)을 넣어 혼합한 후 발효용기(stainless, 110×115×83 mm)에 담아 발효실에서 온도와 시간의 매개변수에 의해 발효시킨 다음 저장기간 동안 3일 간격으로 분석을 행하였다. Fig.1은 요구르트의 발효 및 저장을 위한 흐름도를 나타낸 것이다.

즉 요구르트 제조기능 F1(일반요구르트) 또는 F2(비피더스 요구르트)를 선택하면 온도센서(NBM-K43-G2, Shibaura)는 발효용기내의 온도 TE.sen(37±1℃)를 감지하고 micom에 기억된 표준온도 TE.std(40℃)와 비교하여 히터를 ON/OFF시켜 발효온도를 40±1℃로 조절한다. Micom(TMP 47C 860N, 4 bit, Toshiba)의 시간기능은 F1 기능과 F2 기능에 대한 가열시간 Tf1과 Tf2를 계산하여 총 발효시간을 조정하고 발효가 종료되면 히터를 완전히 OFF하여 냉각을 Tcool시간 만큼 실시하여 요구르트의 커드를 단단하게 만들어주며 먹기 좋은 온도로 저장시킨다.

pH 및 적정산도의 측정

pH는 pH meter(Good digital pH meter, Model 2002)로 측정하였고 적정산도는 APHA 방법⁽¹⁰⁾을 변형하여 측정하였다. 즉 9g의 시료를 취하여 18 ml의 증류수를 가한 후 0.1 N NaOH로 pH 8.3까지 적정한 다음 소비된 부피로 산도를 계산하였다.

유산균수의 측정

APHA 방법⁽¹⁰⁾에 준하였는데 시료를 멸균 생리식염수로 희석하여 BCP agar(Difco) 평판에서 37℃, 72시간 배양한 다음 황색균락을 계수하여 총 유산균수로 나타내었다.

효모, 곰팡이 및 대장균수의 측정

APHA 방법⁽¹⁰⁾에 준하였는데 시료를 멸균 생리식염수로 희석하여 효모 및 곰팡이수는 potato dextrose agar(Difco) 평판에서 25℃, 5~7일 배양한 후 산정하였고, 대장균수는 violet red bile agar(Difco) 평판에서 35℃, 24시간 배양한 후 산정하였다.

점도측정

Brookfield LVT viscometer(U.S.A) spindle No.4를 사용하여 30 rpm로 15℃에서 측정하였다.

결과 및 고찰

요구르트 발효과정 중 온도변화

발효과정 중 pH저하는 보존효과와 영양학적 가치 및 소화율을 향상시키며 바람직한 요구르트의 pH범위에 대해 Crawford⁽¹¹⁾는 4.5~4.7, Kosikowski⁽¹²⁾는 4.4, Korger⁽¹³⁾는 4.1~4.2가 적당하고 4.5이상이면 불충분한 coagulum이 형성된다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 발효가 완료된 상태의 요구르트 pH를 약 4.0~4.5되게 발효온도와 발효시간을 조절하였다. 비피더스가 들어 있지 않는 일반 요구르트를 발효 집종균으로 사용하였을 때가 비피더스 요구르트를 사용하였을 때보다 발효시간이 단축되었다(Fig. 2). 이것은 *Bifidobacteria*로 제조한 발효유가 혐기적 배양조건과 여러가지 다양한 영양요구성으로 인한 배양이 까다롭기 때문인 것으로 추정되었다⁽¹⁴⁾. 발효시간을 보면 일반 요구르트(Fig. 2A)의 경우 40℃에서 약 7시간, 비피더스 요구르트(Fig. 2B)는 약 11시간 유지시킨 다음 온도를 점진적으로 감소시켜 약 20시간 후에 발효를 완료시킬 수 있었다.

요구르트 저장과정 중 pH 및 산도변화

Fig. 3은 Fig. 2와 같이 발효를 진행시킨 다음(저장 0시간) 3일 간격으로 15일 동안 5℃에서 저장하면서 pH 및 산도변화를 조사한 것이다. 발효완료 직후의 pH는 4.23~4.29였는데 시판요구르트의 pH범위인 3.87~4.1⁽¹⁵⁾와 거의 비슷한 수준을 나타내었다. 특히 일반 요구르트는 비피더스 요구르트보다 발효시간도 짧게 소요

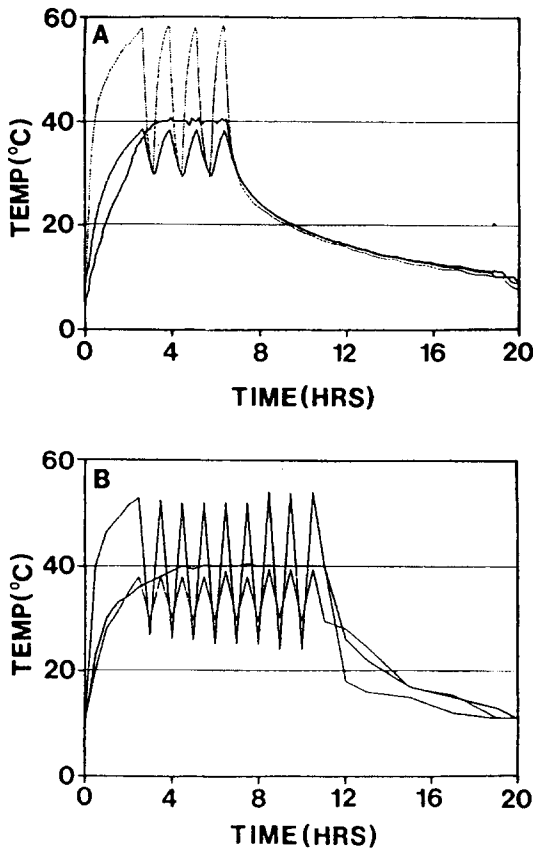


Fig. 2. Changes of temperature in fermenter and pH in yogurt during fermentation at 40°C
A: Yogurt not containing *Bifidobacteria*. B: Yogurt containing *Bifidobacteria*

되었고, pH는 조금 더 낮게 그리고 산도는 더 높게 나타났다(Fig. 2, 3). 저장과정 중의 pH변화는 저장초기에 약간 증가하다가 저장 9일째 부터 급격한 감소현상을 보여주었고 전체적인 pH변화는 4.09~4.54로 나타났다. 한편 적정산도의 변화에 있어서도 pH변화의 유사한 결과를 보여 주었으며 0.76~1.1%로 시판요구르트의 적정산도 범위인 1.0~1.1%⁽¹⁵⁾와 비슷하였다.

요구르트 저장과정 중 균수변화

Fig. 4는 저장기간에 따른 유산균수의 변화를 나타낸 것이다. 유산균수는 비피더스가 들어있지 않는 일반 요구르트를 접종원으로 한 경우 6일째에 5.58×10^8 cfu/m로 최대증식을 보였으며 그 이후부터는 완만하게 감소하였다. 비피더스가 들어 있는 요구르트는 발효직후에 4.8×10^7 cfu/m로 가장 높다가 그 이후부터는 점진적인 감소현상을 보여주었다. 이와 같이 저장기간 중 유산균수의 감소는 유산균의 대사과정 동안에 생성되는 젖산의 축적에 의한 적정산도의 증가와 밀접한 관계가 있는

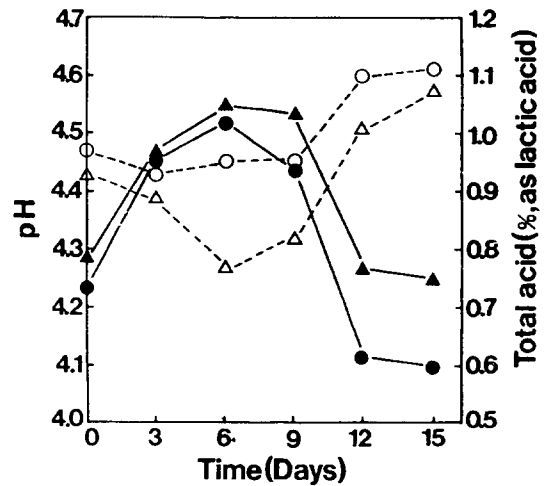


Fig. 3. Changes of pH and titratable acidity in yogurt during storage at 5°C
pH: ●—●; Yogurt not containing *Bifidobacteria*, ▲—▲; Yogurt containing *Bifidobacteria*
Acidity: ○—○; Yogurt not containing *Bifidobacteria*, △—△; Yogurt containing *Bifidobacteria*

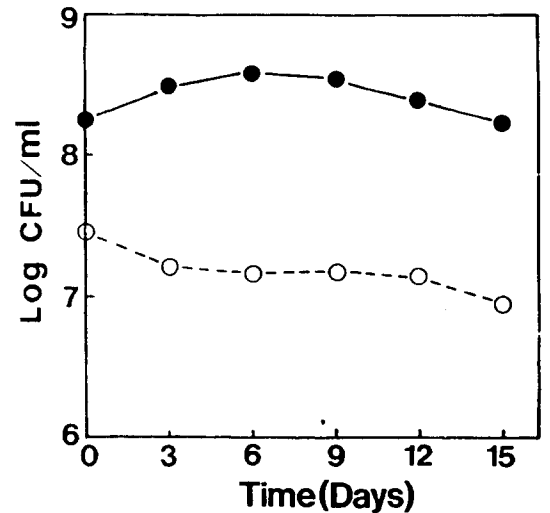


Fig. 4. Production of lactic bacteria in yogurt during storage at 5°C
●—●; Yogurt not containing *Bifidobacteria*, ○—○; Yogurt containing *Bifidobacteria*

것으로 생각된다. 저장기간 중 전체적인 유산균수의 변화를 볼때 비피더스 요구르트가 비피더스가 들어 있지 않는 요구르트를 접종원으로 하였을때 보다 훨씬 적게 나타났다. 이것은 Fig.3의 저장기간 중 pH 및 산도의 변화에서 일반 요구르트의 pH와 산도가 비피더스 요구르트의 것보다 pH는 낮고 산도가 높게 나타난 결과와 비슷한 경향을 보여주었다.

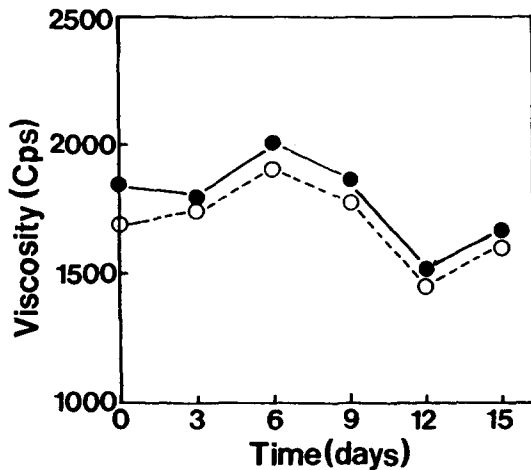


Fig. 5. Changes of viscosity in yogurt during storage time
 ●—●; Yogurt not containing *Bifidobacteria*, ○—○; Yogurt containing *Bifidobacteria*

한편 요구르트에서 효모 곰팡이 및 대장균군은 오염의 지표가 되며 이들의 오염시 가스가 생성되고 이취가 발생된다고 하였다. 이 실험의 결과, 효모 및 곰팡이가 일반 요구르트에서 저장 15일째에 3.3 cfu/ml로 나타난 것 이외에는 모두 음성으로 나타났고 대장균수는 저장 기간 동안 전부 음성으로 나타나 안전한 식품으로 섭취할 수 있음을 시사해 주었다⁽¹⁶⁾ (data not shown).

요구르트 저장과정 중 점도변화

Fig. 5는 저장기간 중 점도변화를 조사한 것으로 저장 6일째에 가장 높은 점도를 나타냈으며 그 이후에는 증감을 반복하였는데 김 등⁽¹⁵⁾의 연구결과와 비슷하였다. 요구르트 점도는 우유의 농도, 기계적 충격 및 균질화 정도에 관계 있으나^(14,17,18) 저장 중 젖산발효에 관여하는 균주에 따라서 점질물질을 생산하여 점도를 증가시킨다고 알려져 있어⁽¹⁹⁾ 점종원으로 사용한 시판 요구르트에 존재하는 젖산균에 의한 영향으로 추정된다. 그리고 저장기간 동안 전체적으로 볼때 점종원으로 사용된 요구르트에서 일반 요구르트가 비피더스 요구르트보다 점도가 더 높게 나타났다.

요 약

요구르트의 신속한 발효 및 장기저장을 위한 제어시스템을 냉장고에 도입시켜 발효 및 저장효과를 조사하였다. 발효 최고온도를 40℃로 하여 가열시간을 비피더스가 들어 있지 않는 일반 요구르트는 약 7시간, 비피더스 요구르트는 약 11시간으로 하였고, 그 후 점진적으로 온도를 감소시켜 약 20시간 후에 발효를 완료시킬

수 있었다. 발효가 완료된 후의 pH, 산도, 유산균수 및 점도는 4.23~4.29, 0.93~0.97%, $4.8 \times 10^7 \sim 2.54 \times 10^8$ cfu/ml 및 1,700~1,800 cp로 각각 나타났는데 일반 요구르트의 발효속도가 비피더스 요구르트의 발효속도보다 더 빨랐다. 저장기간 중 pH, 산도, 유산균수 및 점도의 변화는 4.09~4.54, 0.76~1.1%, $9.4 \times 10^6 \sim 5.68 \times 10^8$ cfu/ml 및 1,450~2,000 cp로 각각 나타났으며, 오염의 지표가 되는 효모 곰팡이 및 대장균군의 경우 효모 및 곰팡이가 일반 요구르트에서 저장 15일째에 3.3 cfu/ml로 나타난 것 이외에는 모두 음성으로 나타나 안전한 식품으로 섭취할 수 있음을 시사해 주었다.

문 헌

- Mareschi, J.P. and Cueff, A.: Essential characteristics of yoghurt and its regulation around the world. In *Yoghurt: Nutritional and health properties*. Amer, M.A. (ed.). National Yogurt Association(1989)
- Onwulata, C.I., Rao, D.R. and Vankineni, P.: Relative efficiency of yogurt, sweet acidophilus milk, hydrolyzed-lactose milk, and a commercial lactase tablet in alleviating lactose maldigestion. *Am. J. Clin. Nutrition*, 49(6), 1233(1989)
- Breslaw, E.S. and Kleyn, K.H.: In vitro digestibility of protein in yogurt at various stages of processing. *J. Food Sci.*, 38, 1016(1973)
- Friend, B.A. and Shahani, K.M.: Antitumor properties of lactobacilli and dairy products fermented by lactobacilli. *J. Food Protection*, 47, 717(1984)
- Jaspers, D.A., Massey, L.K. and Luedecke, L.O.: Effect of consuming yoghurts prepared with three culture strains on human serum lipoproteins. *J. Food Sci.*, 49, 1178(1984)
- Grunewald, K.K.: Influence of bacterial starter cultures on nutritional value of foods : Effects of *Lactobacillus acidophilus* fermented milk on growth and serum cholesterol in laboratory animals. *Cult. Dairy Prod. J.*, 20(5), 24(1985)
- Hood, S.K. and Zoottola, E.A.: Effect of low pH on the ability of *Lactobacillus acidophilus* to survive and adhere to human intestinal cells. *J. Food Sci.*, 53(5), 1514(1988)
- Lerebours, E., Ndam, C.N.D., Lavoine, A., Hellot, M.F., Antoine, J.M. and Colin, R.: Yogurt and fermented-then-pasteurized milk: Effect of short-term and long-term ingestion on lactose absorption and mucosal lactase activity in lactase-deficient subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 49, 823(1989)
- 고용덕, 김홍재, 전성식, 성낙제: 냉장고를 이용한 김치 발효 및 저장 제어시스템의 개발. *한국식품과학회지*, 26(3), 199(1994)
- Richardson, G.H.: Standard methods for the examination of dairy products. 15th ed. American Public Health Association, Washington D.C.(1985)
- Crawford, R.J.M.: How to succeed with yogurt. *Dairy Eng.*, 79, 4(1962)
- Kosikowski, F.: Cheese and fermented milk foods. 2nd

- ed. Edwards Brothers, Inc. Ann Arbor, MI(1977)
13. Kroger, M.: Quality of yogurt. *J. Dairy Sci.*, **59**(2), 344(1976)
 14. Rasic, J.Lj. and Kurmann, J.A.: *Bifidobacteria and their role*. Birkhauser Verlag Basel. Boston-Stuttgart(1983)
 15. 김문숙, 안은숙, 신동화: 시판 요구르트의 특성 비교연구. *한국식품과학회지*, **25**(4), 340(1993)
 16. 식품공전: 한국식품공업협회, pp.95(1991)
 17. 이호진, 서동순, 신용국, 고준수, 광해수: 저장온도와 교반조건을 달리한 요구르트의 저장 중 품질변화. *한국식품과학회지*, **24**, 353(1992)
 18. Tamine, A.Y. and Robinson, R.K.: *Yoghurt. Science and Technology*. Pergamon Press, New York, pp.175 (1985)
 19. Rasic, J.Lj. and Kurmann, J.A.: *Yogurt, scientific grounds, technology, manufacture and preparations*. Distributed by Technical Dairy Publishing House, Denmark, pp.63(1978)
-
- (1994년 11월 1일 접수)