

호상 요구르트의 점도에 미치는 균주의 영향

정태희 · 김남철 · 박흥식 · 곽해수
세종대학교 식품공학과

The Effect of Starter Culture on Viscosity of Stirred Yogurt

T. H. Jung, N. C. Kim, H. S. Park and H. S. Kwak
Department of Food Science and Technology, Sejong University

ABSTRACT

This study was to review recent reports in effects of various starter cultures on the viscosity in stirred yogurt. The rheological properties of yogurt have received considerable attention in the literature. Most yogurts are typically made by mixed cultures of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. The viscosity of yogurt made by mixed cultures was much higher than that of yogurt by single cultures. Since texture of stirred yogurt is the result of both acid aggregation of casein micelles and production of exopolysaccharides, it is suggested that yogurt be made by the exopolysaccharide-producing cultures in order to increase viscosity. Both types of exopolysaccharides are capsule and loose slime(ropy). But it is desirable to use encapsulated nonropy strains. And *Bifidobacteria* affects adversely to the viscosity of yogurt. Therefore, starter cultures which have an effect on yogurt viscosity have been widely demonstrated. This review is the search for the development of viscosity in stirred yogurt.

(Key words : yogurt, viscosity, starter culture, exopolysaccharide)

I. 서 론

요구르트는 우유를 유산균으로 발효시켜 산미와 향미를 강화시킨 유제품으로 주 원료인 우유 성분 이외에 유산균의 작용에 의해 생성된 젖산, peptone, peptide, 미량 활성 물질 등의 유효 성분과 살아 있는 유산균 군체가 함유되어 있어 영양학적으로 우수한 식품이다(Cho 등, 2004). 요구르트는 세계적으로 그 수요가 꾸준히 증가하고 있으며, 우리나라에서도 액상 요구르트가 주종을 이루었으나 수년 전부터 유고형분 함량과 젖산균 수가 많은 커드상의 요구르트 및 이와 유사한

제품의 수요가 꾸준히 증가되고 있다(Sung 등, 2005).

호상 요구르트의 소비자 기호도는 제품의 신맛, 향미, 조직 특성에 의해 좌우된다(Beal et al., 1999)고 알려져 있다. 요구르트의 부드럽고 매끄러운 gel 상의 조직은 우유의 주요 단백질인 casein이 젖산에 의해 응고되는 성질을 이용한 것이다. 그러나 조직이 너무 묽거나 유청이 분리되는 것을 막기 위하여 유고형분 함량을 14~18%로 권장하고 있다(농어촌개발공사 종합식품연구원, 1984). 점도를 증가시키고 소비자들의 기호성을 높이기 위해서 첨가물을 필요로 하는 경우가 있다. 이와 같은 목적으로 사용되는 첨가물이 안정제이며 일반적으로 낮은 농도의 젤라틴, 펙틴, 한천 등이 사용되고 있다(Alfa-Laval, 1985). 그러나 고품분의 첨가는 생산 원가의 상승과 100% "real yogurt"와 "natural"을

Corresponding author : H. S. Kwak, Dept. of Food Sci. & Techn., Sejong University, 98 Kunja-dong, Kwangjin-gu, Seoul 143-747, Korea.

바라는 소비자의 욕구에 반하는 결과를 초래한다(Cerning, 1990). 또한 네덜란드와 프랑스 등의 나라에서는 안정제의 사용을 법적으로 규제하고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 안정제의 첨가없이 점도를 높이는 방법으로 고점도 형성 균주를 이용하고 있다(Zourari, 1992).

많은 종류의 미생물들은 세포벽 외부에 다당류를 생성하는데 세포벽과 결합되어 있는 capsule(capsular polysaccharides)과 세포벽과 결합되지 않은 loose slime (ropy)의 형태로 구분되며, 이를 총칭하여 exopolysaccharide(EPS)라 명명한다(Sutherland, 1972). 고점도 형성 균주는 일반적으로 EPS를 생성하는 균주를 말하며, 유산균에 의해 생성된 EPS는 유제품의 점도, 안정성, 보습력 등에 작용하여(Duboc and Mollet, 2001) 물성, 조직, 식감, 향미 등을 증가시킨다(Degeest, 2001). EPS 생성 유산균은 일반적으로 요구르트의 syneresis를 감소시키고, 제품의 조직과 점성을 향상시키며(Hassan et al., 2003), EPS 생성 균주로 제조된 발효유는 다른 발효유보다 저장 기간이 연장된다고 보고되었다(Sundman, 1953). 그러나 이러한 점성 균주의 우수한 특성에도 불구하고 점성 형성에서의 불안정한 특성이 완전히 이해되지 못하고 있다(Cerning, 1990). 따라서 본고에서는 요구르트 제조시 여러 종류의 균주에 따른 점도와 점성 균주를 사용할 때의 점도에 대해 비교 분석하여 점도를 증가시키기 위한 국내·외 연구 결과들을 고찰하고자 한다.

II. 단일 균주 및 혼합 균주에 따른 점도 변화

물성적인 면에서 살펴보면, 호상 요구르트는 점탄성적이고 thixotropy(time- dependent) 특성을 지닌 제품이다(Lorenzi et al., 1995; Velez-Ruiz and Barbosa Canobas, 1997). 요구르트의 점도에 영향을 주는 요인으로는 혼합액의 총 고형분 함량, 단백질 가수 분해 정도, 사용 균주의 slime 생산 능력과 산 생성력 등으로 보고(Rasic and Kurmann, 1978)되어 있다. 여기에서는 사용 균주에 따라서 변화되는 점도에 관해서 살펴보고 하겠다.

요구르트의 점도에 미치는 젖산균의 효과를 알아보기 위해 Paik과 Ko(1992)은 *Lactobacillus acidophilus*, *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. delbrueckii*, *Leuconostoc mesen-*

teroides 등의 5가지 단일 균주를 사용하여 제조된 요구르트의 점도를 살펴보았다(Table 1).

여러 종류의 단일 균주로 요구르트를 제조하여 점도를 측정된 결과, *Lactobacillus acidophilus*로 만든 시료가 대체적으로 높은 점도를 나타냈고, *Leuconostoc mesenteroides*로 만든 시료가 낮은 점도를 나타내었다. 이 결과는 Kim 등(1993)이 *L. acidophilus*와 *L. casei*의 혼합 균주로 만든 시료가 *L. delbrueckii*로 만든 시료보다 대체적으로 다소 높은 점도를 나타냈으나 뚜렷한 차이는 보이지 않은 결과와 유사하였다.

단일 균주와 혼합 균주로 제조한 요구르트의 점도를 비교하기 위해서 Lee 등(1998)은 *L. bulgaricus* FR1025와 *S. thermophilus* CH1를 각각 단일 균주로 사용하거나, 1:1과 2:1의 비율로 섞은 혼합 균주로 접종하여 요구르트를 제조하여 점도를 측정하였다(Table 2).

단일 균주와 혼합 균주의 사용으로 제조한 요구르트의 점도 측정 결과, *L. bulgaricus* FRI025와 *S. thermophilus* CH1을 1:1로 혼합하여 starter로 사용하는 경우가 *L. bulgaricus* FRI025 단독으로 사용하였을 때보다 점도가 증진되는 경향을 나타내었고 저장 시간은 큰 영향을 미치지 않았다. Kim과 Hwang(1996)의 연구에서도 *L. Salivarius* ssp. *salivarius*와 *L. casei* YA-70의 단일 균주를 사용하여 제조한 요구르트와 *B. longum*, *L. acidophilus*, *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* 등 세 종류의 균주를 사용한 혼합 균주로 발효시킨 요구르트의 점도를 각각 측정했을 때 모든 시료 중에서

Table 1. Effect of cultures on apparent viscosity of curd yogurt^a(Paik and Ko, 1992)

(unit : poise) ^b	
Lactic acid bacteria	Viscosity
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	8.72 ^c ±0.92
<i>L. bulgaricus</i>	8.34 ^c ±1.63
<i>L. casei</i>	8.42 ^c ±0.51
<i>L. delbrueckii</i>	7.48 ^d ±0.63
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	7.46 ^d ±0.97

^a Sample was prepared from curd yogurt fermented with lactic acid bacteria for 24 hr.

^b Mean values and standard deviations of four or more replications. Any two means in a row not followed by the same letter are significantly different at the 5% level.

Table 2. Changes of viscosity of yogurt after storage for 7 days at 4°C(Lee et al., 1988)

Lactic acid bacteria	Viscosity(Cp) ^c	
	After cooling ^a	After storage ^b
<i>L. bulgaricus</i> FRI025	1950	1950
<i>L. bulgaricus</i> FRI025 + <i>S. thermophilus</i> CH1(1:1)	2100	2150
<i>L. bulgaricus</i> FRI025 + <i>S. thermophilus</i> CH1(2:1)	1166	1250
<i>S. thermophilus</i> CH1	301	290

^a Cooling to 4°C after incubation for 9 hours at 40°C.

^b Storage for 7days at 4°C.

^c Spindle No. 4, 60rpm.

혼합 균주로 제조했을 때 점도가 가장 높았다고 보고 하였다. 결과적으로 호상 요구르트의 제조시 단일 균주보다 혼합 균주를 사용하였을 때 점도가 더욱 높아 지는 것을 알 수 있었다.

Ⅲ. 점성 균주에 따른 점도 변화

호상 요구르트의 조직은 배양 동안에 ropy 균주에 의한 casein micelles의 산 응고와 EPS 생성의 결과이고(Cerning, 1995), ropy 균주의 사용은 gel 파손과 syneresis를 억제함으로써 요구르트의 점도를 향상시킨다(Cerning, 1995; Shellhaass and Morris, 1985). 또한, 제품의 물성 특징은 EPS와casein micelle 사이의 상호 작용과 방출되는 EPS의 구조와 양에 의해 영향을 받는다(Cerning, 1995; Shellhaass and Morris, 1985). 또한 균주의 조합, 온도 그리고 pH 등이 요구르트 점도에서 중요한 영향 요소이다(Beal et al., 1999).

EPS는 주로 적은 양의 glucose와 rhamnose, 그리고 galactose로 이루어져 있다. 각 균주별 점성 물질의 생성량을 살펴보면, *S. thermophilus*에서는 50~350 mg/L, *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*에서는 60~150 mg/L의 범위이다(Doco et al., 1989; Garcia-Garibay and Marshall, 1991; Toba et al., 1992). EPS는 세균 세포 표면에 부착되어 있고 casein과 상호 작용을 한다. EPS와 세균 사이의 상호 작용은 요구르트가 변형될 때 파괴되지만, EPS는 세포 표면으로부터 분리된 후에도 casein과의 상호 작용은 계속되기 때문에 외형상 점도에 영향을

미친다(Teggatz and Morris, 1990).

점성 균주가 요구르트의 점도에 미치는 영향을 알아보기 위해 Kim과 Hwang(1996)은 *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* 균종에서 동정된 고점도 균주 HS와 저점도 균주 Redi-set을 사용하여 요구르트를 제조하였고, 배양 중 저온 처리가 점도에 어떠한 변화를 주는지에 대해 조사하였다.

Fig. 1.에서 고점도 균주로 제조한 요구르트가 저점도 균주로 제조한 것보다 점도가 매우 높은 것을 확인할 수 있었다. 고점도 균주는 최대 생균수를 나타낸 배양 7시간 이후 2시간 동안 점도가 증가하였는데 이는 대부분의 물질 생성이 대수기에 이루어지지만 많은 양의 점성 물질은 균의 증식이 정지한 후에도 생성된다는 Duguid와 Wilkinson(1953)의 보고와 같은 결과로 해석되었다. 배양 9시간 이후 점도의 감소는 glucohydrolase에 의한 점성 물질의 점차적인 분해로 점도가 감소되었다는 Macura 등(1984)과 Pidoux 등(1988)의 결과와 같았다. Redi-set에서는 배양 시간 동안 계속적인 점도 증가를 보였는데, 점질성 물질의 생성이 적은 균주에서는 산 생성에 의한 점도 증가가 주요인이기 때문이라고 보고되었다(Kim and Hwang, 1996).

Fig. 2.는 배양 중 저온 처리에 의한 점도의 변화에 대해 알아본 결과이다. 이 결과는 다당류가 생육 적은 이하의 온도에서 더 많이 생성된다는 Evans와 Linker(1973)의 보고와 같은 것으로 해석되며, Cerning 등(1992)은 낮은 온도에서 세포가 서서히 성장하면 세포벽 구

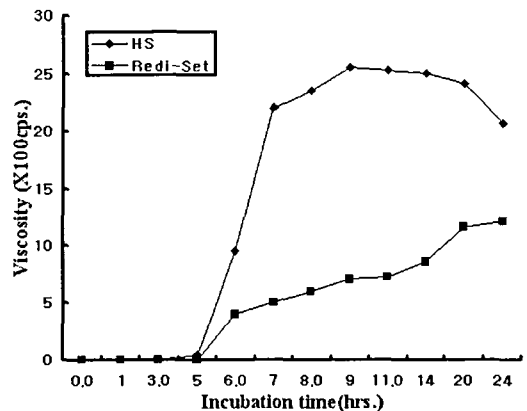


Fig. 1. Changes of viscosity of high viscous strain(HS) and low viscous strain(Redi-Set) during incubation(Kim and Hwang, 1996).

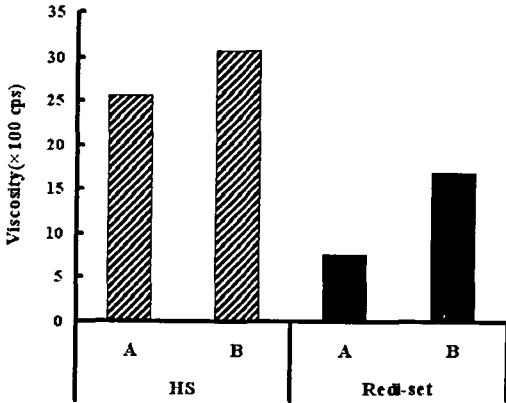


Fig. 2. Effects of low temperature treatment on viscosity of high viscous strain(HS) and low viscous strain(Redi-Set) during incubation until maximal viscosity(Kim and Hwang, 1996).

A : 42°C/9h, B : 42°C/7h → 20°C/2h → 42°C/2h.

성 물질의 구성이 늦어지므로 점도가 증가하고, Southerland(1972)는 isoprenoid가 polymer 합성에 많이 이용되므로 점도가 증가된다는 보고와 같은 의미로 해석된다.

Bouzar 등(1997)은 EPS를 생성하지 않는 *S. thermophilus* CNRZ 389에 EPS를 생성하는 *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* CNRZ 1187, 이것의 변종인 white와 pink, 그리고 마지막으로 EPS를 생성하지 않는 *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* CNRZ 389를 각각 섞어 혼합 균주 4종을 설정하였다. Fig. 3은 각각의 혼합 균주로 제조한 요구르트의 시간에 따른 점도 변화를 나타낸 것이다.

St/Lb 1187과 St/Lb W를 이용한 발효유의 점도는 점진적으로 증가되는 것을 볼 수 있었다. 최고 수치는 발효 24시간 후에 나타난다. ST/Lb P는 배양 7시간 반까지 조금씩 증가하지만 그 후 점도가 감소한다. 발효유의 외관은 동일하여 gel은 부드럽고 syneresis는 없었다. 반대로 non-producing을 이용한 발효유의 점도는 아주 조금씩 증가하였고 gel은 덩어리지고 syneresis도 나타났다(Fatouma et al., 1997).

혼합 균주의 EPS의 생성량을 살펴보면, St/Lb W가 가장 컸고, 다음으로는 St/Lb P, St/Lb 1187 순이었다. St/Lb W, P로부터 EPS 생성은 일찍 시작되고 발효 3시간 이후에 더 높아진다. 배양 4, 5시간 이후에는 마지막 EPS의 거의 반이 나타난다. St/Lb 1187로부터의 EPS는

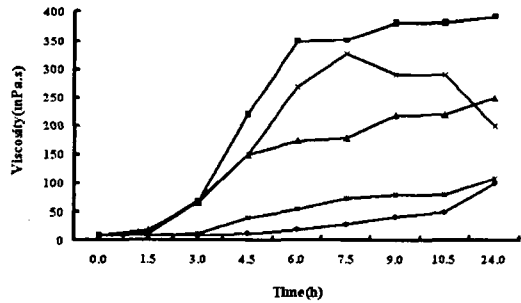


Fig. 3. Viscosities of reconstituted NDM(10% wt/vol) during three mixed-strain culture fermentations at 42°C by the non-exopolysaccharide(EPS)-producing *Streptococcus thermophilus* CNRZ 389 with the parental EPS-producing strain *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* CNRZ 1187 (St/Lb 1187)(■), with the white(W)(▲) and with the pink(P)(×) colonial variants, and two single-strain fermentations of *S. thermophilus* CNRZ 389(●) and non-EPS-producing *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* CNRZ 398(double triangle). The values are the means of two measurements, and the maximum deviation between duplicate results is 10%(Fatouma et al., 1997).

정지기의 시작점에서 거의 최고 수치를 나타냈지만 P, W에서의 EPS는 정지기 동안에도 계속되었다. St/Lb P로부터 EPS 수율은 발효 10.5와 24시간 동안 상당히 감소하였다. 점도와 EPS의 생성량 사이에는 직접적인 관계가 나타나지 않았다. 즉, 가장 높은 점도는 가장 높은 EPS 수율과 일치하지 않았다. 혼합 균주로부터 EPS의 물리화학적 특성은 단일 균주로부터 EPS와는 다르다는 것을 알 수 있다(Fatouma et al., 1997).

Hess 등(1997)은 EPS⁻와 EPS⁺ 요구르트의 2차원적인 미세 구조를 SEM으로부터 도식화하여 나타내었다(Fig. 5). EPS⁻ 요구르트에서의 casein micelle은 빈 공간을 둘러싸며 네트워크를 형성하거나 요구르트의 수용상이나 박테리아를 둘러싸기도 한다. EPS⁺ 요구르트는 casein micelle 네트워크에 EPS⁻ 박테리아를 연결하는 EPS의 필라멘트 존재를 제외하고는 EPS⁻ 요구르트와 유사한 구조를 가진다.

EPS⁻ 요구르트가 도식화된 것을 보면, undisturbed

요구르트(a)에 약한 전단 처리는 casein micelle network의 부분적 분해를 초래한다(b). 좀 더 강한 전단 처리는 casein micelle network를 계속적으로 분해하여 더 작은 micelle 조각을 만들게 된다(c).

EPS⁺ 요구르트를 살펴보면, undisturbed 요구르트(a)에 약한 전단 처리는 EPS와 연결되지 않은 casein micelle network 부분의 점진적인 분열이 일어난다(b, c). 전단이 계속되고 강도가 강해질수록, 박테리아로부터 EPS의 분리는 구조적 분해의 효과에 반하여, EPS 가닥에 새로운 점착성 말단이 형성되어 또 다른 집합을 초래한다(d). EPS⁺ 요구르트의 구조적 분해에서 casein network와 결합된 polymer가 network의 부분적 분해를 억제한다는 것을 알 수 있다. 이러한 구조적 특성으로 인해 EPS⁻ 요구르트와 EPS⁺ 요구르트의 리올로지 특성은 달라지게 되는 것이다.

Helen 등(1997)은 non-ropy와 ropy의 *S. thermophilus* L. *delbrueckii* ssp. *bulgaricus*를 각각 혼합하여 4종류의 혼합 균주를 만들어 요구르트를 제조한 후 점도를 측정하였다. 그 결과, 두 개의 non-ropy strain을 사용한

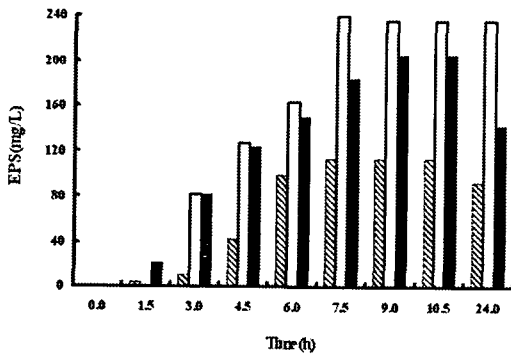


Fig. 4. Exopolysaccharides(EPS) produced during three mixed-strain culture fermentations on the non-EPS-producing *Streptococcus thermophilus* CNRZ 389 with the parental EPS-producing strain *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* CNRZ 1187(St/Lb 1187)(patterned bar), with the white (W)(□) and with the pink(P)(■) colonial variants in reconstituted NDM(10%, wt/ vol) at 42°C. The values are the means of two measurements, and the maximum deviation between duplicate results is 10%(Fatouma et al., 1997).

요구르트는 가장 낮은 겔보기 점도를 보였다. 그러나 ropiness는 Lb r⁺+St r⁻ 샘플은 겔보기 점도에서 가장

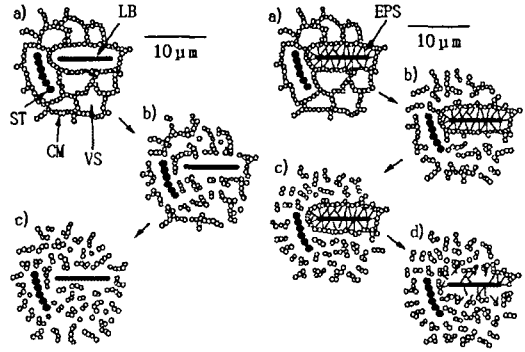


Fig. 5. Schematic diagram showing the proposed mechanism for shear-induced structural degradation of yogurt made with exopolysaccharide-non-producing(EPS⁻) and exopolysaccharide-producing(EPS⁺) starter cultures. Indicated are casein micelles(CM), cells of *Streptococcus thermophilus*(ST), cells of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*(LB), void spaces(VS) and exopolysaccharide(EPS) is shown as filaments connecting cells of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*(LB) to the casein micelle network. Indicated size is approximate.

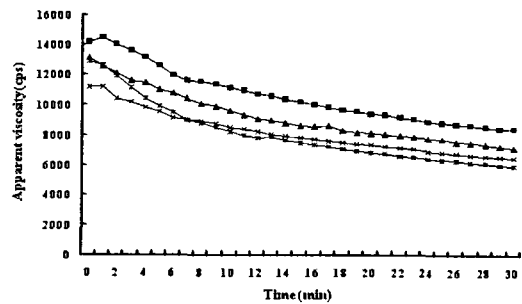


Fig. 6. Apparent viscosity of yogurts before storage (Helen and Marshall, 1997).

* Non-ropy Lb and ropy Str, × Non-ropy Lb and non-ropy Str, ▲ Ropy Lb and ropy Str, ■ Ropy Lb and non-ropy Str.

큰 증가를 보였기 때문에 두 개의 ropy 균주를 사용한다 하더라도 점도에서 누적적인 증가를 이끌어 내지는 않는 것을 알 수 있다.

EPS는 세포벽과 결합되어 있는 capsule(capsular polysaccharides)과 세포벽과 결합되지 않은 loose slime(ropy)의 형태로 구분된다(Sutherland, 1972). 이러한 차이를 알아보기 위해서 Hassan 등(1996)은 캡슐화된 ropy 균주, 캡슐화된 nonropy, 캡슐화되지 않은 nonropy 균주를 사용하여 요구르트를 제조하였다. 각각 단일 균주(Fig. 7)와 혼합 균주(Fig. 8)에 따른 점도를 측정하였다.

이 연구에서 높은 전단 속도는 전체적인 물성을 관찰하기 위해 사용되었다. Fig. 7, 8에서 캡슐화된 nonropy, 캡슐화된 ropy, 그리고 캡슐화되지 않은 nonropy 종류로 만든 요구르트는 전형적인 유동 곡선을 나타내고 또한 thixotropy 특성을 가리킨다. 캡슐화된 nonropy 균주에서 가장 큰 캡슐을 생산한 요구르트는 가장 높은 전단응력 수치를 가졌다. 즉 같은 전단 속도에서 캡슐의 크기가 커질수록 겔보기 점도가 커지는 것을 알 수 있다. 캡슐화되지 않은 nonropy 종류로 발효시킨 샘플은 가장 낮은 전단 응력 수치를 보였다.

RR로 발효시킨 요구르트(Fig. 7)와 ropy 요구르트(RR과 S3로 발효시킨 샘플, Fig. 8)의 유동 곡선은 캡슐화되지 않은 nonropy와 캡슐화된 nonropy 종류로 제조한 요구르트의 유동 곡선과 상당히 달랐다. RR과 S3으로 만든 요구르트의 유동 곡선과 RR만으로 제조한 요구르트의 유동 곡선을 비교해 보면, 단일 ropy 균

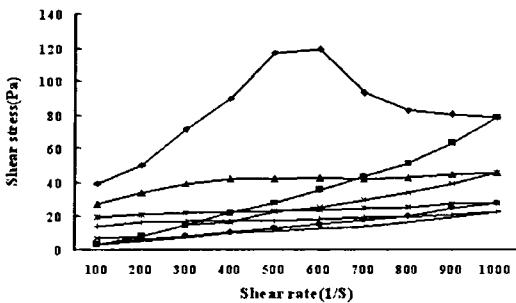


Fig. 7. Curves of shear stress versus shear rate for yogurt made with ropy encapsulated(RR, ■), nonropy encapsulated(S3855, ▲; and L3, *), and nonropy unencapsulated(S3, +) single-strain cultures. Each line represents the mean of four samples(Hassan et al., 1996).

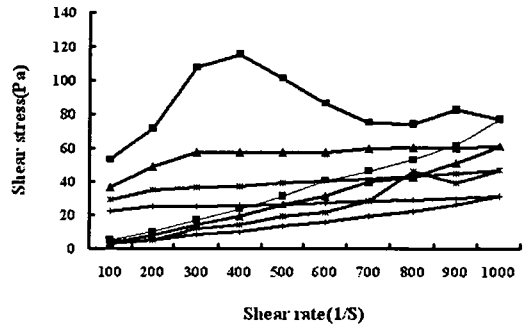


Fig. 8. Shear stress versus shear rate curves of ropy yogurt(S3 and RR, ■), yogurt made with nonropy encapsulated cultures(S3855 and L4, ▲; S2 and L4, *), and yogurt made with nonropy unencapsulated cultures(S3 and L4, +). Each line represents the mean of four samples(Hassan et al., 1996).

주로 제조한 요구르트는 동일한 전단 응력 피크에 도달하기 위해 더 높은 전단 속도가 필요하다는 것을 알 수 있다. 그 이유는 아마도 단일 균주로 만든 요구르트에서 생성된 polysaccharides의 양이 RR와 S3의 혼합 균주로 만든 요구르트에서 생성된 것보다 더 높기 때문일 것이다(Hassan et al., 1996). 또한 *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* RR의 ropy 균주는 단일 균주와 혼합 균주에 무관하게 가장 높은 겔보기 점도를 가진 요구르트를 제조하는 것으로 나타났다. 위의 연구 결과로 보아, 요구르트를 제조할 때 캡슐화된 nonropy 형태의 EPS를 생성하는 고점도 균주를 사용하는 것이 요구르트의 점도 면에서 가장 이상적이라고 사료된다.

IV. *Bifidobacteria*에 따른 점도 변화

*Bifidobacteria*는 정상 효과가 다른 어떠한 균보다도 크며 유해 세균의 장내 증식을 억제하고, 암모니아, 페놀성 물질, 세균성 독소 등의 장내 생산을 감소시킨다(Hughes and Hoover, 1991). 특히 *Bifidobacteria*로 발효시킨 발효유는 산미가 부드러우며 냉장 저장기간 동안 산도의 상승이 적고 생리적으로 가치가 있는 L(+) lactic acid를 함유하는 등의 장점(Kang, 1990)이 있다.

Lee 등(2001)은 *Bifidobacteria bifidum* 단일 균주와 *L. acidophilus*와 *L. bulgaricus*를 섞은 혼합 균주를 사용

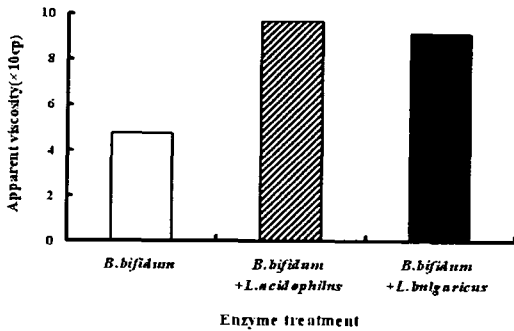


Fig. 9. Effects of types of starter culture and enzyme treatment on the apparent viscosity of soy yogurts(Lee and Lee, 2001).

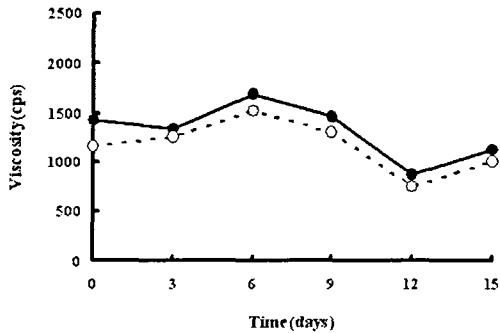


Fig. 10. Changes of viscosity in yogurt during storage time(Ko et al., 1994).
 ●-● ; Yogurt not containing *Bifidobacteria*,
 ○-○ ; Yogurt containing *Bifidobacteria*.

하여 요구르트를 제조한 후 점도를 측정하였다. 그 결과는 Fig. 8에 나타난다. *S. thermophilus*와 *L. bulgaricus*의 일부 균주는 arabinose, mannose, glucose 및 galactose 등으로 구성된 다당류를 생성(Rasic and Kurmann 1978)한다. 위 그림에서 *L. bulgaricus*가 *B. bifidum* 및 *L. acidophilus*에 비해 점도가 높은 것은 점질물인 다당류를 생성하여 점도 증가에 영향을 주었을 것으로 생각된다(Lee and Lee, 2001).

Ko 등(1994)은 *Bifidobacteria*의 유무에 따른 요구르트의 점도 변화에 대해 비교하였다. 그 결과 저장 기간 동안 전체적으로 볼 때 점증원으로 사용된 요구르트에서 일반 요구르트가 비피더스 요구르트보다 점도

가 더 높게 나타났다. 이것으로 보아 *Bifidobacteria*의 존재가 다른 균의 생장에 이롭지 않은 영향을 주어 점도 형성 능력을 저하시키는 것으로 판단된다.

V. 결 론

요구르트의 조직감은 custard와 같이 부드럽고 매끄러우며 점성을 지니고 있어 요구르트 gel로부터 유청의 분리가 없는 것이 우수한 제품이라고 알려져 있다(Paik, 2004). 일반적으로 요구르트는 *S. thermophilus*와 *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*로 만들어지지만, 앞에서 살펴본 것처럼 요구르트 제조시 점도를 증가시키기 위해서는 캡슐화된 nonropy 형태의 EPS를 생성하고 *Bifidobacteria*를 포함하지 않는 혼합 균주를 사용해야 한다는 것을 알 수 있다.

EPS는 점도에 긍정적으로 작용하지만(Duboc and Mollet, 2001), 점도에 대한 EPS 작용 기작은 복잡하며, 단순히 EPS 함량만으로 점도가 결정되는 것은 아니다. 점도는 발효액 내의 단백질 함량과 EPS와 단백질 간의 상호 작용 등에 의해 영향을 받으며, EPS의 분자질량과 중합체의 경도 또한 발효유의 점도에 중요하게 작용한다(Ruas-Madiedo et al., 2002). 그러나 EPS 생산과 조성, 조직의 형성에 관한 영향에 대해서는 아직까지 거의 알려져 있지 않다. 혼합 균주에서 생성된 EPS의 분자량과 걸쭉한 느낌 등의 물리화학적 특성이 단일 균주에서 생성된 EPS의 특성과 다를 가능성이 있기 때문에 그에 대한 연구가 더욱 필요하다(Fatouma et al., 1997).

그러나 점도가 너무 높을 경우 전반적인 조직감에 오히려 좋지 않은 영향을 미치게 된다. 현재까지 품질이 우수한 요구르트의 점도가 구체적으로 어느 정도 수준인가를 확실적으로 말하기는 어렵기 때문에(Ko et al., 1994), 그에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다.

VI. 참고문헌

1. Alfa-Laval. 1985. Dairy Handbook. Alfa-Laval, Lund, p. 173.
2. Beal, C., Skokanova, J., Latriille, E., Martin, N. and Corrieu, G. 1999. Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt. J. Dairy Sci. 82:673-681.

3. Cerning, J. 1990. Exocellular polysaccharides produced by lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.* 87:113-130.
4. Cerning, J. 1995. Production of exopolysaccharides by lactic acid bacteria and dairy propionibacteria. *Lait* 75:463-472.
5. Cerning, J., Bouillanne, C., Landon, M. and Desmazeaud, J. M. 1992. Isolation and characterization of exopolysaccharides from slime-forming mesophilic lactic acid bacteria. *J. Dairy Sci.* 75:692-699.
6. Cho, E. J., Nam, E. S. and Park, S. I. 2004. Effect of chlorella extract on quality characteristics of yogurt. *Kor. J. Food & Nutr.* 17(1):1-7.
7. Degeest, B., Baningelgem, F. and De Vuyst, L. 2001. Microbial physiology, fermentation kinetics, and process engineering of heteropolysaccharide production by lactic acid bacteria. *Int. Dairy J.* 11:747-757.
8. De Lorenzi, L., Pricl, S. and Torriano, G. 1995. Rheological behaviour of low-fat and full-fat stirred yogurt. *Int. Dairy J.* 5:661-671.
9. Doco, T., Fournet, B., Carcano, D., Ramos, P. and Loomes, A. 1989. Polysaccharide, use as thickener and antitumor agent, (In French.) *Eur. Pat. No.* 89400525.5.
10. Duboc, P. and Mollet, B. 2001. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *Int. Dairy J.* 11: 75-768.
11. Duguid, J. P. and Wilkinson, J. F. 1953. *J. Gen. Microbiol.* 9:174.
12. Evans, L. R. and Linker, A. 1973. Production and characterization of th polysaccharide of *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Bacteriol.* 116(2):915-924.
13. Fatouma, B., Cerning, J. and Desmazeaud, M. 1997. Exopolysaccharide production and texture-promoting abilities of mixed-strain starter cultures in yogurt production. *J. Dairy Sci.* 80:2310-2317.
14. Garcia-Garibay, M. and Marshall, V. M. E. 1991. Polymer production by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. *J. Appl. Bacteriol.* 70:325.
15. Hassan, A. N., Frank, J. F., Schmidt, K. A. and Shalabi, S. I. 1996. Rheological properties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures. *J. Dairy Sci.* 79:2091-2097.
16. Hassan, A. N., Ipsen, R., Janzen, T. and Qvist, K. B. 2003. Microstructure and rheology of yogurt made with cultures differing only in their ability to produce exopolysaccharides. *J. Dairy Sci.* 86:1632-1638.
17. Helen, L. R. and Marshall, V. M. 1997. Effect of 'ropy' strains of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* in rheology of stirred yogurt. *International Journal of Food Science and Technology* 32:213-220.
18. Hess, S. J., Roberts, R. F. and Ziegler, G. R. 1997. Rheological properties of nonfat yogurt stabilized using *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* producing exopolysaccharide or using commercial stabilizer systems. *J. Dairy Sci.* 80:252-263.
19. Hughes, D. B. and Hoover, D. G. 1991. *Bifidobacteria*, their potential for use in American dairy products. *Food Technol.* 54:7-83.
20. Kang, K. H. 1990. Lactic acid bacteria food science. Sungkyunkwan Univ. Press, Seoul, Korea. p. 257.
21. Kim, K. H. and Ko, Y. T. 1993. The preparation of yogurt from milk and cereals. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 25(2):130-135.
22. Kim, Y. J. and Hwang, I. H. 1996. Culture condition in viscosity of lactic acid bacteria isolated from market yogurt. *Kor. J. Dairy Sci.* 18(1):71-76.
23. Ko, Y. D., Chung, H. Y., Kim, K. S., Lee, K. H., Kim, Y. W., Chun, S. S. and Sung, N. K. 1994. Effect on fermentation and storage of yogurt using control system of refrigerator. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 26(6): 814-818.
24. Lee, J. E. and Lee, S. Y. 2001. Growth characteristics of *Bifidobacteria* and quality characteristics of soy yogurt prepared with different proteolytic enzymes and starter culture. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 33(5):603-610.
25. Lee, S. H., Koo, Y. J. and Shin, D. H. 1988. Physicochemical and bacteriological properties of yogurt made by single or mixed cultures of *L. bulgaricus* and *S. thermophilus*. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 20(2):140-147.
26. Macura, D. and Townsley, P. M. 1984. Scandinavian ropy milk-identification and characterization of endogenous ropy streptococcus and their extracellular ex-

- cretion. J. Dairy Sci. 67:735-744.
27. Paik, J. H. and Ko, Y. T. 1992 Effect of storage period of rice on quality of rice added yogurt. Kor. J. Food Sci. Technol. 24(5):470-476.
 28. Paik, S. H., Bae, H. C. and Nam, M. S. 2004. Fermentation properties of yogurt added with rice. Kor. J. Anim. Sci. Technol. 46(4):667-676.
 29. Pidoux, M., Brillouet, J. M. and Quemener, B. 1988. Characterization of the polysaccharides from *Lactobacillus brevis* and from sugary kefir grains. Biotechnol. Lett. 10:415-420.
 30. Rasic, J. L. and Kurmann, J. A. 1978. In yogurt technical dairy publishing house, Copenhagen, Denmark.
 31. Rasic, J. L. and Kurmann, J. A. 1978. Science grounds, technology, manufacture and preparations. Technical dairy publishing house, Copenhagen, Denmark. p. 63.
 32. Ruas-Madiedo, P., Tuinier, R., Kanning, M. and Zoon, P. 2002. Role of exopolysaccharides produced by *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* on the viscosity of fermented milks. Int. Dairy J. 12:689-695.
 33. Shellhaass, S. M. and Morris, H. A. 1985. Rheological and scanning electron microscopic examination of skim milk gels obtained by fermenting with ropy and non-ropy strains of lactic acid bacteria. Food Microstruct. 4:279-287.
 34. Sundman, V. 1953. On the microbiology of finish ropy sour milk. Thirteenth Int. Dairy Congr. The Hague. 3:1420.
 35. Sung, Y. M., Cho, J. R., Oh, N. S., Kim, D. C. and In, M. J. 2005. Preparation and quality characteristics of curd yogurt added with chlorella. J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem. 48(1):60-64.
 36. Sutherland, I. W. 1972. Bacterial exopolysaccharide. Adv. Microb. Physiol. 8:143-212.
 37. Teggatz, J. A., and Morris, H. A. 1990. Changes in the rheology and microstructure of ropy yogurt during shearing. Food Microstruct. 9:133.
 38. Toba, T., Uemura, H. and Itoh, T. 1992. A new method for the quantitative determination of microbial extracellular polysaccharide production using a disposable ultrafilter membrane unit. Lett. Appl. Microbiol. 14:30.
 39. Velez-Ruiz, J. F. and Barbosa Canobas, G. V. 1997. Rheological properties of selected dairy products. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 37:311-359.
 40. Zourari, A., Accolas, J. P. and Desmazeaud, M. J. 1992. Metabolism and biochemical characteristics of yogurt bacteria. A review. Lait. 72:1-34.
 41. 농어촌개발공사 종합식품연구원. 1984. 호상 요구르트 제조 기술 지침서. 농어촌개발공사.