

Exopolysaccharide 생성 유산균을 이용한 Stirred Yogurt 특성에 관한 연구

강호진 · 백승천* · 유제현¹

서울우유(협) 연구소, ¹건국대학교 낙농학과

Studies on the Properties of the Stirred Yogurt Manufactured by Exopolysaccharide Producing Lactic Acid Bacteria

Ho-Jin Kang, Seung-Chun Baick*, and Je-Hyun Yu¹

Institute of Dairy Food Research, Seoul Dairy Co-op.

¹Department of Dairy Science, Konkuk University

Abstract

We investigated fermentation characteristics and the amount of exopolysaccharide (EPS) produced, and the correlation between EPS and rheological properties in stirred yogurt fermented with *Streptococcus thermophilus* St-Body 1. The changes of pH and lactic acid concentrations of yogurt showed different patterns according to fermentation temperatures. About 20 to 40% of lactose was utilized during 6 hrs incubation. The higher number of lactic acid bacteria was obtained at 31°C incubation temperature rather than other incubation temperatures. The higher amount of EPS was produced at 12 hr or 24 hr rather than other incubation period at the same fermentation temperatures. The viscosity continuously increased during the fermentation period, however the syneresis of yogurt was shown the lowest value at 37°C for 30 hrs incubation. In physical properties, the hardness and adhesiveness increased continuously with decreasing cohesiveness and elasticity as incubation process was extended. The stirred yogurt fermented with *S. thermophilus* St-Body 1 at 37°C for 24 hr resulted in the highest score at each sensory evaluation category.

Key words : exopolysaccharide, *S. thermophilus* St-Body 1, yogurt, viscosity, syneresis

서 론

많은 다양한 미생물은 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).

미생물에 의해 생성된 EPS는 에너지원으로 이용되는 것은 아니지만, 견조, 식균작용, 원생 동물의 습식, 항체, 독성 화합물, 삼투압 스트레스 등으로부터 자신을 보호하는 작용을 하

며, 이외에도 착상, biofilm 형성, cell recognition 등의 역할을 한다(de Vuyst et al., 2001; Dunne, 2002; Ruas-Madiedo et al., 2002; Sutherland, 2001). 유산균의 EPS 생성량은 화학적 발효 조건(배지 조성, 초기 유당 함량, 탄소와 질소 비율)과 물리적 발효 조건(온도, pH, 산소분압)이 중요하게 작용한다(de Vuyst et al., 1998). 유산균에 의해 생성된 EPS는 유제품의 점도, 안정성, 보습력 등에 작용하여(Duboc and Mollet, 2001) 물성, 조직, 식감, 풍미 등을 증가시킨다(Degeest et al., 2001). EPS 생성 유산균은 요구르트의 syneresis를 감소시키고, 제품 조직과 점성을 향상시키며(Hassan et al., 2003; Hess et al., 1997), ropy cultures는 non-ropy cultures 보다 stirred 요구르트의 점도를 증가시킨다(Rawson and Marshall, 1997).

우리나라의 2001년도 요구르트 소비 현황을 보면 액상 제품은 377,965톤, 호상 제품은 156,020톤으로 액상 제품의 비중이 높지만(축산통계자료, 2002), 일본 및 미국, 유럽 등의

* Corresponding author : Seung-Chun Baick, Institute of Dairy Food Research, Seoul Dairy Co-op. 1059, Shingil-dong, Danwon-gu, Ansan-city, Gyeonggi-do, 425-120, Korea. Tel: 82-31-491-3867, Fax: 82-31- 491-9179, E-mail: baicks@seoulmilk.co.kr

낙농선진국에서는 호상요구르트가 상대적으로 큰 비중을 차지한다. 호상요구르트는 용기에 충전후 발효하는 set 요구르트와 발효 종료 냉각후 용기에 충전하는 stirred 요구르트로 분류되어지며, 국내의 경우 대부분의 업체들이 과일잼 등을 혼합한 stirred 요구르트를 생산하고 있다. 따라서 본 연구에서는 EPS 생성 유산균으로 알려진 *S. thermophilus* St-Body 1의 발효 조건에 따른 발효 특성과 EPS 생성량, 물성학적 특성을 비교하여 EPS 생성 유산균을 이용한 stirred 요구르트 제조의 기초 자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

사용 균주 및 시료의 제조

EPS 생성균으로 상업적으로 이용 가능한 *S. thermophilus* St-Body 1을 Chr. Hansen(Denmark)에서 구입하여 멸균한 10%(w/v) 탈지분유(Seoulmilk, Korea) 배지에 0.002%(w/v)을 접종하여 24시간 배양한 후 발효액 제조용 유산균주를 사용하였다. 발효액은 10%(w/v) 탈지분유를 증류수에 용해하여 100°C, 10분 열처리 후 배양한 *S. thermophilus* St-Body 1을 2%(v/v) 접종하고, 31, 34, 37, 40°C에서 각각 6, 12, 24, 30시간 배양시킨 후 다공판 플런저(disc, diameter 75.8 mm; bar, 40 cm; pore, I.D. 9.15 mm)를 이용하여 동일한 힘으로 20회에 걸쳐서 균일하게 커드를 분쇄하고, 냉각수에 냉각하였다.

유산균수 측정

S. thermophilus St-Body 1의 유산균수는 발효 종료한 발효액을 멸균식염수에 단계별로 희석하여 페트리디ッシュ에 1 mL 분주하고, M17 agar(Difco Lab., USA)와 혼합한 후 37°C에서 72시간 배양하여 형성된 균락을 계수하여 CFU(colony forming unit)/mL로 표시하였다.

유산 함량과 pH 측정

유산 함량은 AOAC(1995) 방법에 준하여 발효 종료한 발효액 9 g에 증류수 18 mL와 1% 폐놀프탈레이인 용액 0.5 mL를 첨가한 후 0.1 N NaOH로 적정하여 그 소모량으로 유산 함량을 계산하였다. pH 측정은 pH Meter(model 520A, Orion, USA)를 사용하여 2회 반복 측정하였다.

유당 함량 측정

발효액 5 g을 50 mL 원심분리관에 취하고, 증류수 5 mL를 첨가하여 혼합한 후 다시 20% trichloroacetic acid(TCA) 20 mL을 첨가하여 혼합하였다. 혼합한 시료를 상온에서 2시간 방치 후 20,000 rpm, 10분간 Beckman J2-21ME(Beckman, USA)로 원심분리하고, 상동액을 0.2 μm 필터(Acrodisc LC13

PVDF, Gelman, USA)로 여과하여 Table 1의 조건으로 HPLC (Waters Alliance System, Waters, USA)를 이용하여 유당 함량을 분석하였다.

EPS 분리

EPS는 de Vuyst 등(1998)의 방법에 준하여 분리하였으며, 분리한 EPS는 증류수에 24시간 투석(molecular weight cut-off : 3,500)하여 잔여 당 성분을 제거한 후 동결건조기(FD-81, EYELA, Japan)를 이용하여 동결건조하였다. EPS의 총당 함량은 Dubois 등(1956)의 방법에 의하여 측정하였다.

점도 측정

냉각한 발효액 500 g을 600 mL 비커에 취하여 4°C의 냉장 조건에서 24 시간 보관 후 Helipath stand와 T-bar spindle을 이용하여 4°C의 수욕조에서 Viscometer(LVDV-II+, Brookfield Engineering Lab., USA)로 3분간 측정하였다.

Syneresis 측정

냉각한 발효액 30 g을 50 mL 원심분리관에 취하고 4°C에서 24시간 보관 후 1,500 rpm, 10분간 원심분리하여 분리된 상동액의 무게로 syneresis(%)를 계산하였다(Keogh and O'Kennedy, 1998).

물성 측정

냉각한 발효액을 4°C에서 24시간 보관 후 Rheometer(NMR 2002J type, Fudoh, Japan)를 사용하여 경도(hardness), 접착성(adhesiveness), 점착성(cohesiveness), 탄력성(elasticity)을 측정하였다(Shin et al., 1995). 기기 조건은 adapter No. 1, 침입거리 1.5 cm, power 200 g×0.2 volt, chart speed 30 mm/min, stroke 50 mm, table speed 30 mm/min으로 하였다.

관능검사

관능검사는 Shin 등(1995)의 방법에 준하여 발효 종료 후 4°C에서 2일간 보관한 시료에 대해서 stirred yogurt 전문 관능검사 요원 4명을 선정하여 오전과 오후 2회에 걸쳐서 풍미(flavor & taste)는 1~10점, 조직(body & texture)과 외관

Table 1. HPLC operation conditions for analysis of lactose

Column	Carbohydrate (Waters, USA)
Detector	Waters 2410 Refractive Index
Flow rate	1.4 mL/min
Mobile phase	CH ₃ CN : Water = 75 : 25
Injection volume	10 μL
Column temperature	35°C

(appearance & color)은 1~5점의 범위로 실시하였다. 관능검사 결과는 SAS package program을 이용하여 ANOVA 처리하였으며, 유의성 검정은 Duncan's multiple range test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

S. thermophilus St-Body 1의 발효 특성

온도와 발효 시간에 따른 *S. thermophilus* St-Body 1의 발효 특성은 Fig. 1~4 및 Table 2와 같다. 31, 34°C에서의 pH와 유산 함량은 24시간까지는 급격한 변화를 보이다 24시간이후 그 변화가 둔화되었다. 37°C에서의 pH와 유산 함량은 12시간 까지는 급격하게 변화하였으나, 12시간 이후부터는 완만하게 변화하였다. 40°C에서의 pH와 유산 함량 변화는 6시간부터

변화됨이 다소 둔해지고, 12시간 이후부터는 변화 폭이 적은 것으로 관찰되었다. 발효 시간별 *S. thermophilus* St-Body 1 균수 변화는 발효 시간이 지속될수록 다소 감소하였으며, 온도 조건이 낮을수록 발효는 천천히 진행되고, 유산균은 보다 더 많이 생존하는 것으로 판단되었다. 온도에 따라 시간별 유산균수는 큰 편차를 보였는데 실험적 오차에 의한 것으로 추정되었다. 발효액의 유당 함량은 각 온도의 6시간동안 가장 많이 소비되었고, 30시간 이후에는 각 온도별로 33.20~29.20 g/L의 유당이 이용되지 않고 검출되었다. 유당은 유산균의 β -galactosidase에 의해 glucose와 galactose로 분해되고, glucose는 유산균의 증식에 필요한 에너지원으로 이용되며, glucokinase, UDP-galactose-4-epimerase, glycosyl transferase 등의 효소에 의해서 “repeating unit”로 전환되어 중합반응을 거쳐 EPS로 세포외에 배출된다(Degeest et al., 2002).

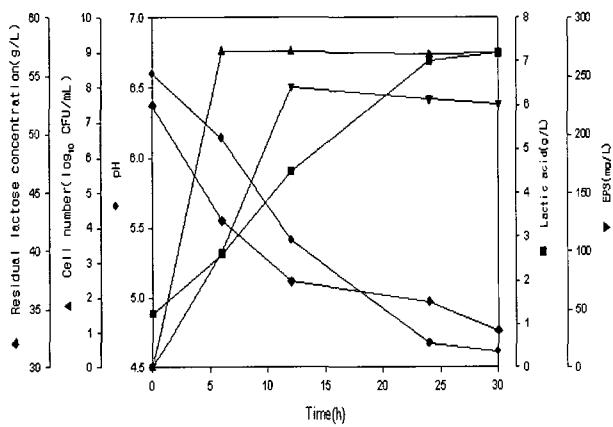


Fig. 1. Fermentation characteristic profile of *S. thermophilus* St-Body 1 incubated at 31°C.

◆, Residual lactose concentration; ▲, Cell number; ●, pH; ■, Lactic acid; ▽, EPS.

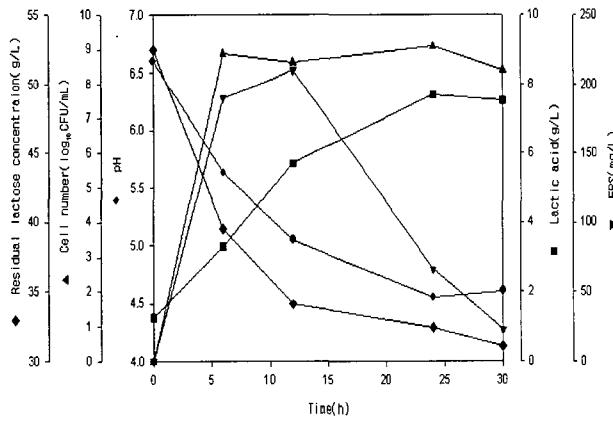


Fig. 2. Fermentation characteristic profile of *S. thermophilus* St-Body 1 incubated at 34°C.

◆, Residual lactose concentration; ▲, Cell number; ●, pH; ■, Lactic acid; ▽, EPS.

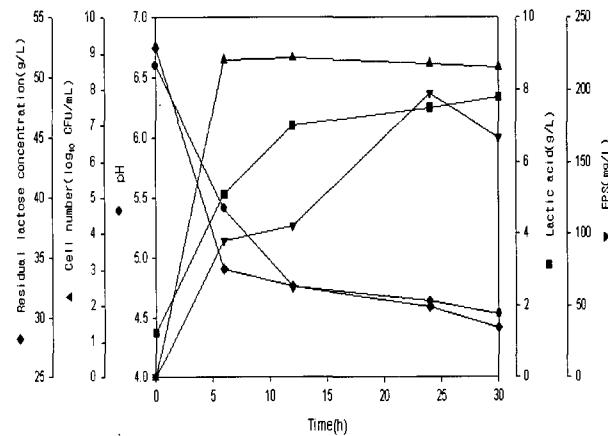


Fig. 3. Fermentation characteristic profile of *S. thermophilus* St-Body 1 incubated at 37°C.

◆, Residual lactose concentration; ▲, Cell number; ●, pH; ■, Lactic acid; ▽, EPS.

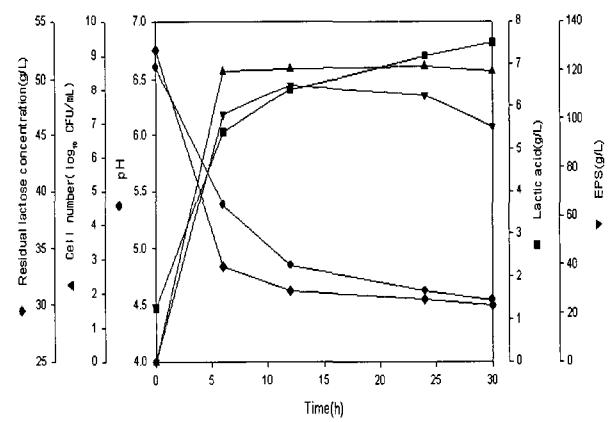


Fig. 4. Fermentation characteristic profile of *S. thermophilus* St-Body 1 incubated at 40°C.

◆, Residual lactose concentration; ▲, Cell number; ●, pH; ■, Lactic acid; ▽, EPS.

Table 2. Fermentation characteristics of *S. thermophilus* St-Body 1 at different incubation time and temperature

Temperature (°C)	Time (h)	pH	Lactic acid (g/L)	EPS (mg/L glucose equivalents)
31	6	6.14	2.6	99.69
	12	5.41	4.5	240.88
	24	4.68	7.0	230.33
	30	4.62	7.2	226.25
34	6	5.63	3.3	189.75
	12	5.05	5.7	210.43
	24	4.55	7.7	66.15
	30	4.61	7.5	23.06
37	6	5.41	5.1	94.94
	12	4.76	7.0	105.75
	24	4.64	7.5	197.31
	30	4.53	7.8	166.75
40	6	5.38	5.4	101.78
	12	4.85	6.4	114.40
	24	4.62	7.2	109.85
	30	4.54	7.5	96.78

S. thermophilus St-Body 1 발효 조건에 따른 EPS 생성

31°C에서 *S. thermophilus* St-Body 1은 발효 12시간에 최대량의 EPS가 생성되었고, 발효시간이 진행될수록 조금씩 감소함을 보였다(Fig. 1). 34°C에서의 *S. thermophilus* St-Body 1은 발효 6, 12시간에 많은 양이 분리되었고, 24, 30시간에는 분리량이 급격히 감소하였다(Fig. 2). 37°C에서의 EPS 생성량은 발효가 진행됨에 따라 증가하여 24시간에 최대량이 분리되었다(Fig. 3). 40°C에서의 EPS 생성량은 발효 12시간까지는 증가하고, 12시간 이후부터는 감소하였다(Fig. 4).

S. thermophilus St-Body 1의 EPS 합성은 온도별로 다른 경향을 보이지만, Fig. 1~4에서 보는 바와 같이 발효 12 시간 또는 24 시간에 최대량이 분리되고, 이 기간을 지나면서 감소함을 보였다. 이러한 결과는 de Vuyst 등(1998)과 Zieu와 Shah(2003)의 실험 결과와도 유사한데 *S. thermophilus* LY03은 발효 시간 12~13 시간에 최대량의 EPS를 생성하였고, *S. thermophilus* 1275는 24 시간에 최고량의 EPS를 합성하였다. *S. thermophilus* St-Body 1의 EPS 합성은 저온의 조건에서 더 많은 양의 EPS가 합성되는 것으로 나타났다. 이것은 de Vuyst 등(1998)과 Grobden 등(1995)의 실험과는 다른 결과인데 *S. thermophilus*는 pH 5.5와 30°C에서 42°C로 온도가 증가함에 따라 EPS 생성량도 증가하였으며, *L. delbrueckii* ssp.

bulgaricus NCFB 2772는 pH 6.0에서의 계속적인 배양 조건인 35°C에서 45°C까지 증가함에 따라 EPS 생성량은 증가하였다. 그러나 Kimmel 등(1998)의 실험에서는 *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* RR은 35°C와 40°C 보다는 38°C에서 더 많은 EPS가 생성되었다. 또한 Ruas-Madiedo 등(2002)은 EPS 생성에 대한 온도의 영향은 반복 실험간 차이가 심하여 유산균의 EPS 생성에 대한 배양 온도의 효과를 분명하게 제시하는 것은 가능하지 않다고 하였다. *S. thermophilus* St-Body 1의 각 온도 조건에서 발효 시간이 지속되면서 EPS 생성량은 감소함을 보였는데 glycohydrolase의 활성 증가로 EPS의 분해가 진행되기 때문인 것으로 판단되었다(Pham et al., 2000).

점도 변화

31°C에서의 발효 시간별 점도 변화는 Fig. 5와 같다. 커드가 형성되기 전의 발효 6, 12 시간에는 상대적으로 낮은 점도가 관찰되었고, 발효가 진행됨에 따라 점도가 증가되는 것을 볼 수 있었다. 31°C의 EPS 생성량이 가장 많은 발효 12시간의 최고 점도는 18.7 cp이었으나, 31°C의 최고 점도는 발효 30시간에 90,262 cp이었다. 34°C에서의 점도 변화는 완전한 커드가 형성되기 전인 발효 6시간에는 상대적으로 낮은 점도가 관찰되었으나, 발효 시간이 경과할수록 점도는 상승하는 것을 볼 수 있었다(Fig. 6). 34°C의 EPS 생성량이 가장 많은 12시간의 최고 점도는 27.8 cp이었고, EPS 생성량이 가장 적은 30시간의 최고 점도는 235,000 cp이었다. 37°C에서의 발효 시간에 따른 점도 변화는 Fig. 7과 같은데 발효 시간이 증가할수록 점도는 높아졌지만, EPS 생성량 변화와 점도 변화는 특이한 관계를 보이지 않았다. EPS 생성량이 가장 적은 6시간의 최고 점도는 670.2 cp 이었고, EPS 생성량이 가장 높은 24시간의 최고 점도는 171,000 cp 이었지만, 측정된 최고 점도는 30시간에 286,000 cp이었다.

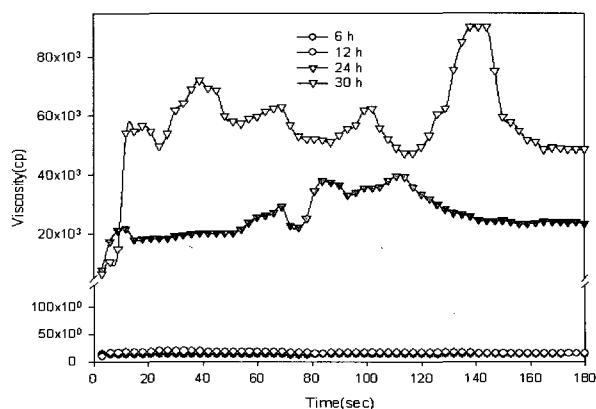


Fig. 5. Viscosity changes of stirred yogurt fermented with *S. thermophilus* St-Body 1 incubated at 31°C.

●, 6 hr; ○, 12 hr; ▽, 24 hr; △, 30 hr.

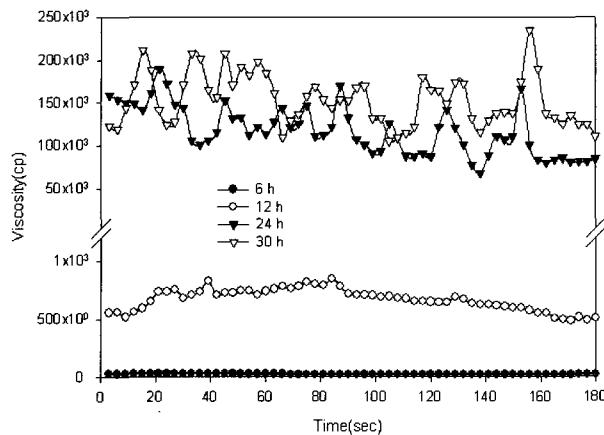


Fig. 6. Viscosity changes of stirred yogurt fermented with *S. thermophilus* St-Body 1 incubated at 34°C.

●, 6 hr; ○, 12 hr; ▼, 24 hr; ▽, 30 hr.

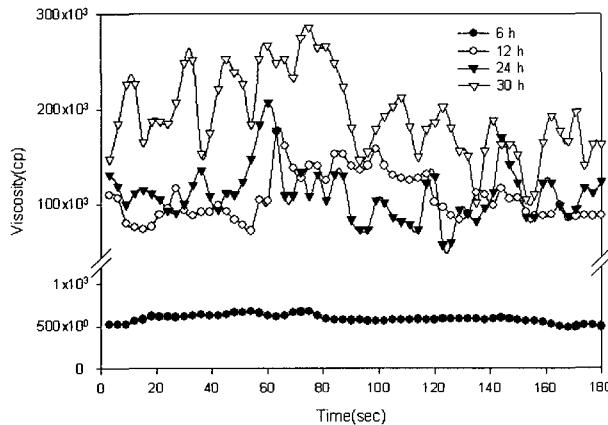


Fig. 7. Viscosity changes of stirred yogurt fermented with *S. thermophilus* St-Body 1 incubated at 37°C.

●, 6 hr; ○, 12 hr; ▼, 24 hr; ▽, 30 hr.

40°C에서의 발효 시간에 따른 점도 변화는 Fig. 8과 같다. 31, 34, 37°C와 동일하게 발효 시간이 증가할수록 점도는 증가하였으며, EPS 생성량이 최저인 30시간에 높은 점도가 측정되었다. EPS 생성량이 가장 많은 12시간의 최고 점도는 205,000 cp이었고, EPS 생성량이 가장 적은 30시간의 최고 점도는 302,000 cp이었다. 점도는 EPS 생성량과는 무관하게 발효가 진행됨에 따라 증가하는 것으로 관찰되었으며(Fig. 9), 이러한 결과는 Bouzar 등(1997)의 실험 결과와 유사한데 저하된 pH는 유단백질 응고물 구조에 영향을 주며, EPS 양이 점도와 조직에 작용하는 유일한 인자는 아니라고 보고하였다. EPS는 점도에 긍정적으로 작용하지만(Duboc and Mollet, 2001), 점도에 대한 EPS 작용 기작은 복잡하며, 단순히 EPS 함량만으로 결정되는 것은 아니며, 발효액내의 단백질 함량과 EPS와 단백질간의 상호작용 등에 영향을 받으며, EPS의 분자 질량과 중합체의 경도도 발효유의 점도에 중요하게 작용한다(Ruas-Madiedo et al., 2002).

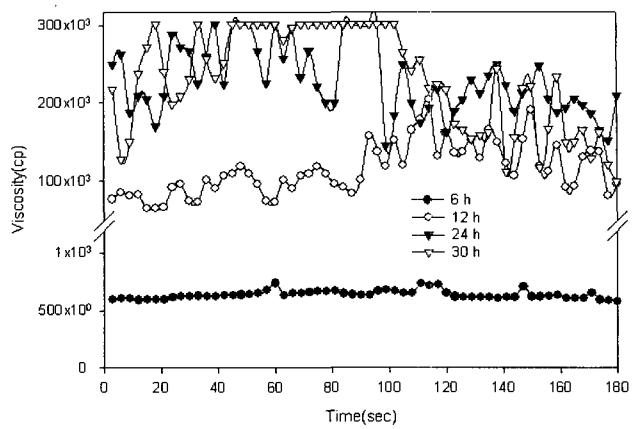


Fig. 8. Viscosity changes of stirred yogurt fermented with *S. thermophilus* St-Body 1 incubated at 40°C.

●, 6 hr; ○, 12 hr; ▼, 24 hr; ▽, 30 hr.

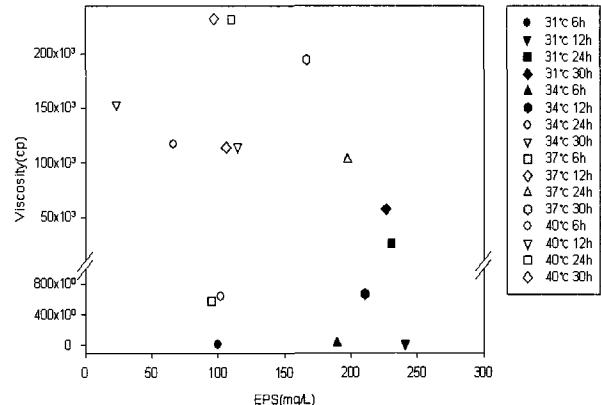


Fig. 9. Correlation between EPS and viscosity of stirred yogurt fermented with *S. thermophilus* St-Body 1 ($r=-0.330$).

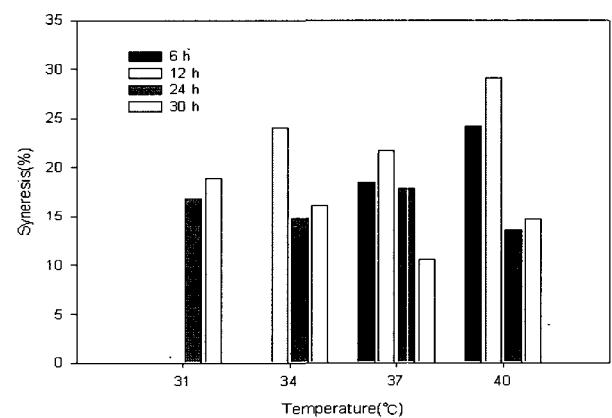


Fig. 10. Syneresis of stirred yogurt fermented with *S. thermophilus* St-Body 1 at different incubation temperature after 1 day storage at 4°C.

Syneresis

Syneresis는 발효 시간이 증가할수록 감소하였고, 37°C, 30 시간에서의 syneresis가 가장 적은 것으로 관찰되었다. EPS

함량은 syneresis를 억제하는데 영향을 주지 못하는 것으로 나타났지만($r = 0.074$), EPS 생성 요구르트는 EPS filaments로 유산균과 casein micelles 네트워크가 연결되어 있기 때문에 유산균과 EPS 또는 EPS와 casein micelles간의 상호작용은 micelles간의 상호작용을 파괴하는 것보다 더 많은 에너지를 필요로 하고(Hess et al., 1997), EPS 생성 요구르트는 교반 후에 EPS를 생성하지 않는 요구르트보다 쉽게 구조적 파괴가 진행되지만, 빠르게 균일화가 이루어져 교반 후의 syneresis를 막아준다(Hassan et al., 2003).

물성 측정

각 발효 온도별 물성 특성은 경도와 접착성은 발효시간이 진행됨에 따라 증가됨을 보였고, 접착성과 탄력성은 반대로 발효 시간이 증가할수록 감소함을 보였다(Table 3). 31°C에서의 경도와 접착성은 발효 30시간에 최고 수치를 나타내었고, 접착성과 탄성은 30시간에 가장 낮은 수치가 관찰되었다. 34°C에서의 경도는 24시간에, 접착성은 12시간에 가장 높은 수치를 나타내었으며, 접착성과 탄력성은 30시간에 가장 낮은 수치가 관찰되었다. 37°C와 40°C에서의 경도와 접착성은 30시간에 최고 수치를 나타내었고, 접착성과 탄력성은 30시간에 가장 낮은 수치를 보였다. EPS 함량과 물성과의 상관계수는 경도 -0.213, 접착성 -0.028, 접착성 0.241, 탄력성 0.250이며, 상관관계는 없는 것으로 나타났다.

관능검사

각 온도 및 발효 시간별 관능검사 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Sensory evaluation scores of stirred yogurt fermented with *S. thermophilus* St-Body 1 at different incubation temperature after 2 day storage at 4°C

Incubation temperature (°C)	Time (h)	Flavor & taste	Body & texture	Appearance & color
31	24	3.50 ^{bc}	2.75 ^{BC}	3.50 ^A
	30	4.75 ^{ab}	2.75 ^{BC}	3.50 ^A
34	12	4.75 ^{ab}	2.75 ^{BC}	3.25 ^{AB}
	24	5.25 ^{ab}	3.75 ^{AB}	3.50 ^A
	30	4.75 ^{ab}	3.75 ^{AB}	3.50 ^A
37	6	3.50 ^{bc}	2.00 ^{DC}	2.25 ^{BC}
	12	5.25 ^{ab}	4.00 ^{AB}	3.50 ^A
	24	6.25 ^a	4.25 ^A	3.50 ^A
	30	4.75 ^{ab}	4.00 ^{AB}	3.50 ^A
40	6	4.00 ^{bc}	2.00 ^{DC}	2.50 ^{AB}
	12	3.75 ^{bc}	2.75 ^{BC}	3.50 ^A
	24	5.50 ^{ab}	3.50 ^{AB}	3.50 ^A
	30	5.25 ^{ab}	4.00 ^{AB}	3.50 ^A

^{a,b,c} Means in a row with different superscripts differ significantly ($p<0.01$).

^{A,B,C} Means in a row with different superscripts differ significantly ($p<0.001$).

31°C에 발효한 요구르트의 풍미는 30 시간에 가장 높은 수치를 나타냈으며, 조직과 외관은 24, 30 시간에 유의적으로 높

Table 3. The rheological properties of stirred yogurt fermented with *S. thermophilus* St-Body 1 at different incubation temperature after 1 day storage at 4°C¹⁾

Incubation temperature (°C)	Time (h)	Hardness	Adhesiveness	Cohesiveness	Elasticity
31	24	4.5863±0.2122	0.0582±0.0021	0.6539±0.029	0.8975±0.0065
	30	9.0942±0.1860	0.0731±0.0031	0.6320±0.054	0.7234±0.0037
34	12	4.1667±0.1528	0.0955±0.1251	0.6090±0.0063	0.6981±0.0070
	24	9.7833±0.2754	0.0625±0.0045	0.4971±0.0134	0.6510±0.0071
	30	9.1500±0.5657	0.0718±0.0011	0.4925±0.0007	0.6639±0.0170
37	6	1.3167±0.1041	0.0060±0.0030	0.8927±0.0680	0.9732±0.0479
	12	10.4000±0.6557	0.0737±0.0016	0.4755±0.0092	0.6563±0.0509
	24	12.4000±0.4359	0.0801±0.0007	0.4577±0.0078	0.6509±0.0088
	30	14.2833±0.5252	0.1032±0.0040	0.4231±0.0149	0.6480±0.0095
40	6	1.2000±0.2646	0.0037±0.0008	0.7750±0.1391	0.9067±0.1628
	12	8.9333±0.6110	0.0564±0.0037	0.4395±0.0086	0.6810±0.0180
	24	14.4000±0.1000	0.0962±0.0046	0.4086±0.0184	0.6435±0.0142
	30	15.1333±0.1528	0.1029±0.0037	0.3788±0.0323	0.6251±0.0351

¹⁾ All numbers are the means±standard deviation of 3 trials.

온 수치를 나타냈다. 34°C에서는 풍미는 24시간에 가장 높은 수치를 나타내었고, 조직과 외관은 24, 30시간에 가장 높은 수치를 얻었다. 37°C에서 발효한 요구르트의 풍미와 조직은 24시간에 가장 높은 수치를 나타내었고, 외관은 발효 6시간을 제외하고 동일한 수치를 나타내었다. 40°C에서는 풍미는 24시간에 가장 높은 수치를 나타내었고, 조직은 30시간에 가장 높은 수치를 나타내었으며, 외관은 37°C와 같이 6시간을 제외하고 동일한 수치를 나타내었다. EPS 함량과 관능검사 결과의 상관계수는 풍미는 -0.202, 조직은 -0.268, 외관은 -0.151이며, 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 EPS 생성 유산균인 *S. thermophilus* St-Body 1을 발효 온도 및 시간별로 EPS를 분리하여 발효 조건이 EPS 생성에 미치는 영향과 EPS 생성량이 stirred 요구르트의 점도, syneresis, 물성, 관능검사에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. pH와 유산 함량 변화는 온도에 따라 다른 경향을 보였으며, 발효 온도가 높을수록 pH 감소가 빠르게 진행되고, 6, 12시간에 많은 유산이 생성되었다. 유당 함량은 발효 6시간 동안에 20~40%가 이용되었고, 유산균수는 31°C에서 발효한 요구르트가 상대적으로 유산균수가 높은 것으로 나타났다. *S. thermophilus* St-Body 1은 발효 온도가 낮을수록 더 많은 EPS를 생성하고, 발효 12시간과 24시간에 많은 EPS를 생성하는 것으로 관찰되었다. 점도는 발효 시간이 증가할수록 점도가 증가하였으며, syneresis는 37°C에서 30시간 발효한 stirred 요구르트가 가장 적은 것으로 나타났다. 경도와 점착성은 발효가 진행될수록 증가하는 경향을 보였고, 점착성과 탄력성은 발효가 진행될수록 감소하였다. *S. thermophilus* St-Body 1로 발효한 요구르트의 관능검사 결과, 37°C, 24시간 발효한 요구르트가 풍미 6.25, 조직 4.25, 외관 3.50으로 가장 높은 수치를 나타내었다.

참고문헌

- AOAC. (1995) Official of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington. DC.
- Bouzar, F., Cerning, J., and Desmazaud, M. (1997) Exopolysaccharide producing and texture promoting abilities of mixed strain starter cultures in yogurt producing. *J. Dairy Sci.* **80**, 2310-2317.
- Degeest, B., Vanninggem, 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.
- Degeest, B., Mozzi, F., and De Vuyst, L. (2002) Effect of medium composition and temperature and pH changes on exopolysaccharide yields and stability during *Streptococcus thermophilus* LY30 fermentation. *Int. J. Food Microbiol.* **79(3)**, 161-174.
- De Vuyst, L., Vanderveken, F., Van de Ven, S., and Degeest, B. (1998) Production by and isolation of exopolysaccharides from *Streptococcus thermophilus* grown in a milk medium and evidence for their growth associated biosynthesis. *J. Appl. Microbiol.* **84(6)**, 1059-1068.
- De Vuyst, L., De Vin, F., Vanninggem, F., and Degeest, B. (2001) Recent developments in the biosynthesis and applications of heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *Int. Dairy J.* **11**, 687-707.
- Duboc, P. and Mollet, B. (2001) Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *Int. Dairy J.* **11**, 759-768.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., and Smith, F. (1956) Calorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* **28**, 350-356.
- Dunne, W. M. Jr. (2002) Bacterial adhesion: seen any good biofilms lately? *Clin. Microbiol. Rev.* **15(2)**, 155-166.
- Grobben, G. J., Sikkema, J., Smith, M. R., and de Bont, J. A. M. (1995) Production of extracellular polysaccharides by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* NCFB 2772 grown in a chemically defined medium. *J. Appl. Bacteriol.* **79**, 103-107.
- 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.
- Hess, S. J., Roberts, R. F., and Ziegler, G. R. (1997) Rheological properties of nofat yogurt stabilized using *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* producing exopolysaccharide or using commercial stabilizer systems. *J. Dairy Sci.* **80**, 252-263.
- Keogh, M. K. and O'Kennedy, B. T. (1998) Rheology of stirred yogurt as affected by added milks fat, protein and hydrocolloids. *J. Food Sci.* **63(1)**, 108-112.
- Kimmel, S. A., Roberts, R. F., and Ziegler, G. R. (1998) Optimization of exopolysaccharide production by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* RR grown in a semi-defined medium. *Appl. Environ. Microbiol.* **64**, 659-664.
- Pham, P. L., Dupont, I., Roy, D., Lapointe, G., and Cerning,

- J. (2000) Production of exopolysaccharide by *Lactobacillus rhamnosus* R and analysis of its enzyme degradation during prolonged fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* **66**, 2302-2310.
16. Rawson, H. L. and Marshall, V. M. (1997) Effect of 'ropy' strains of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on rheology of stirred yogurt. *Int. J. Food Sci. Tech.* **32**, 213-220.
17. 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.
18. Shin, J. H., Cha, S. C., Lee, J. I., and Yu, J. H. (1995) The effects of whey powder addition on the texture and flavor of frozen yogurt. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* **15**, 192- 195.
19. Sutherland, I. W. (1972) Bacterial exopolysaccharide. *Adv. Microbiol. Physiol.* **8**, 143-212.
20. Sutherland, I. W. (2001) Biofilm exopolysaccharides: a strong and sticky framework. *Microbiol.* **147**, 3-9.
21. Zisu, B. and Shah, N. P. (2003). Effects of pH, temperature, supplementation with whey protein concentrate, and adjunct cultures on the production of exopolysaccharides by *Streptococcus thermophilus* 1275. *J. Dairy Sci.* **86**, 3405- 3415.
22. 농림부 (2002) 축산통계자료. 농림부 축산국, 서울, pp. 28.

(2004. 10. 13. 접수 ; 2005. 3. 22. 채택)