

## Yoghurt의 안정제 종류에 따른 물성 변화

최순호 · 장운기 · 정종국 · 오동규 · 이부웅  
전북대학교 농과대학 축산학과(농업과학기술연구소)

### Changes of Rheological Properties of Yoghurt by Different Kinds of Stabilizers

S. H. Choi, W. K. Chang, J. K. Jung, D. K. Oh and B. O. Lee

Department of Animal Science, College of Agriculture Chonbuk National University  
(The Institute of Agricultural Science & Technology)

#### Abstract

The objective of this study was to examine the changes of physical properties by additions of different kinds of stabilizers, milk proteins, concentration, when stored at 4°C or 20°C for yoghurt.

The results were summarized as follows:

1. Addition of 2% carboxyl methyl cellulose and carrageenan, gelatin 0.4%, pectin and starch 0.6%, and carrageenan & pectin 0.8% in the manufacture of yoghurt increased the viscosity, water-holding capacity and protein hydration of yoghurt.
2. Addition of 3% skim milk powder, Ca-caseinate or Na-caseinate 0.6% increased the viscosity, water-holding capacity and protein hydration of yoghurt.
3. Twenty five percent of evaporation of milk promoted to build up the optimal structure of the micelles of yoghurt and improved viscosity, water-holding capacity and protein hydration of yoghurt.
4. Addition of stabilizers to yoghurt showed an increase of viscosity, water-holding capacity and protein hydration when compared with non-addition of stabilizers to yoghurt at 4°C, 20°C storage for 12hrs, 96hrs followed by the decrease of it.

Key words : yoghurt, stabilizer, viscosity, water-holding capacity, protein hydration.

## 서 론

발효유는 기원전 5천년 경부터 동지중해 국가들의 유목민들이 우유를 방치하였다가 먹으면서부터 시작되었다. 이러한 발효유는 1907년 블란서 Pasteur연구소 2대 소장인 소련태생의 Metchnikoff가 동구를 여행하면서 이 지역사람들이 장수하는 것은 이들이 먹는 발효유에 연유된 것이라 생각하여 장수설을 발표하면서부터 전세계적으로 발효유 생산이 확산되었으며, 세계 2차대전 이후 급속히 요구르트 생산 기술과 관능적 성질에 관한 연구가 이루어졌다<sup>(9)</sup>.

Corresponding author : S. H. Choi, Department of Animal Science, College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea.

요구르트의 물성학적 특성은 열처리 건물량의 강화와 같은 기술적 요인에 의하여 영향을 받고 stirred 요구르트의 점도 증가는 유청단백질의 변성과 건물량에 따라 달라진다. 또한, 요구르트에 안정제의 첨가는 점도(consistency)와 점도(viscosity)를 높여주고 유청분리와 유리수의 결합을 방해하며 살균하는 동안에 gel을 안정화시키지만 다량의 안정제는 점도를 증가시키는 반면 풍미에 이상을 가져온다고 하였다<sup>(6,9,13)</sup>. 열처리도, 점도, 견고도 등은 조직에 영향을 미치는데 Vat처리한 요구르트가 가장 높은 점도를 나타내고 시간과 온도에 관계하여 우유 단백질에 대한 물의 결합능력이 증가함을 보여주고 있다<sup>(3)</sup>.

반면 각종 온도에서 유산발효는 3단계로 초기 저점도기, 신속한 점도변화기와 일정한 고

점도 유지기로 나눌 수 있다고 하고 배양시간 중 점도의 형태는 모든 온도에서 똑같으나 단지 신속 점도 변화기에서 점도변화의 extent만 다르다고 보고하였다<sup>(4)</sup>.

Barrantes<sup>(2)</sup>은 재조성 탈지분유에 유지방을 대체하여 저지방 요구르트를 제조하여 20일간 저장하면서 대체된 지방이 유산균증식의 효과를 조사한 바 지방의 종류가 미생물의 활성도에 영향을 미쳤으며 각종 안정제를 요구르트에 첨가하였을 때 물성과 융합성이 연구되었는데 많은 양의 유당 첨가(6.5% 이상)는 유효 lysine의 함량을 20%나 감소시켰고 glucose도 결합 lysine을 증가시킬 수 있으므로 maltodextrin첨가가 유효 lysine감소를 가져올 수 있다고 하였다<sup>(6)</sup>. 그리고 설탕의 첨가는 점도를 증대시켜 casein의 침전분리를 방지하고 요구르트의 풍미를 좋게 한다고 하였다<sup>(8)</sup>.

우리나라에서는 1960년대 이후 액상 발효유의 생산이 본격적으로 낙농에 주류를 이루어 근년에 와서는 전형적 요구르트 생산에 박차를 가한 고부가가치의 다양한 제품 생산이 되고 있다. 고<sup>(11)</sup> 등은 반고형 set 요구르트 제조실험을 행하였고, 정<sup>(13,14)</sup> 등은 탈지분유의 품질에 따른 첨가수준이 요구르트의 저장 중 품질 변화에 미치는 것과 요구르트 저장 중 물성 및 관능특성에 미치는 영향을 연구하였다.

본 연구는 안정제의 종류, 단백질의 첨가수준, 농축, 저장기간에 따른 pH와 각종 물성을 고찰하여 품질개선을 하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

#### 1) 원 유

요구르트 제조에 사용한 원유는 전북대학교 목장에서 착유한 신선한 정상원유를 사용하였다.

#### 2) 안정제

요구르트제조에 사용된 안정제의 종류는 Pectin(Gemu pectin, Copenhagen pectin社, Denmark), Gelatin(Vis. 50, 상미산업(주), Korea), CMC(carboxyl methyl cellulose, Cekol社, Sweden), Carrageenan(상미산업

(주), Korea), Carrageenan & pectin (Palsgaard社, Denmark), Starch(Nihon Shiyaku社, Japan)

### 3) 단백질

단백질의 농도를 증가시켜 점도를 증가시킬 목적으로 사용한 단백질은 탈지분유(서울우유社, Korea), Na-caseinate(Besnier社, France), Ca-caseinate (Besnier社, France)를 사용하였다.

### 제조방법

#### 1) 제 조

정상원유를 95℃에서 5분간 살균한 후, 45℃로 냉각해 100ml를 beaker에 각각 안정제를 첨가한 후 30초 동안 균질기 250rpm에서 균질한 후 발효유제품 제조에 사용하는 덴마크 Chr. Hansen社의 혼합균주(*S. thermophilus*, *L. acidophilus*, *L. latic*)를 분말상태로 0.02% (w/v)접종하여 40℃에서 pH가 4.6±0.5가 될 때까지 배양한 후 4℃로 냉각시켜 보관하여 시료로 사용하였다 (제조공정은 Fig. 1과 같다).

#### 2) 공정에 따른 물성 변화

##### (1) 안정제의 첨가

Pectin, gelatin, starch, carrageenan & pectin, CMC와 carrageenan를 각각 0.2, 0.4, 0.6, 0.8% 첨가해 30초 동안 250rpm의 Homogenizer에서 완전히 용해 균질시킨 다음 접종하여 제조하였다.

##### (2) 단백질류의 첨가

탈지분유는 1, 2, 3, 4%, Na-Caseinate와 Ca-Caseinate를 0.2, 0.4, 0.6, 0.8% 첨가해 위와 같은 방법으로 시료를 제조하였다.

##### (3) 농 축

정상원유를 농축기 (Buchi Oil Swiss)를 이용하여 45℃에서 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 45%로 농축하였는데 농축비율은 농축량 감소로 계산하였다.

##### (4) 저장기간

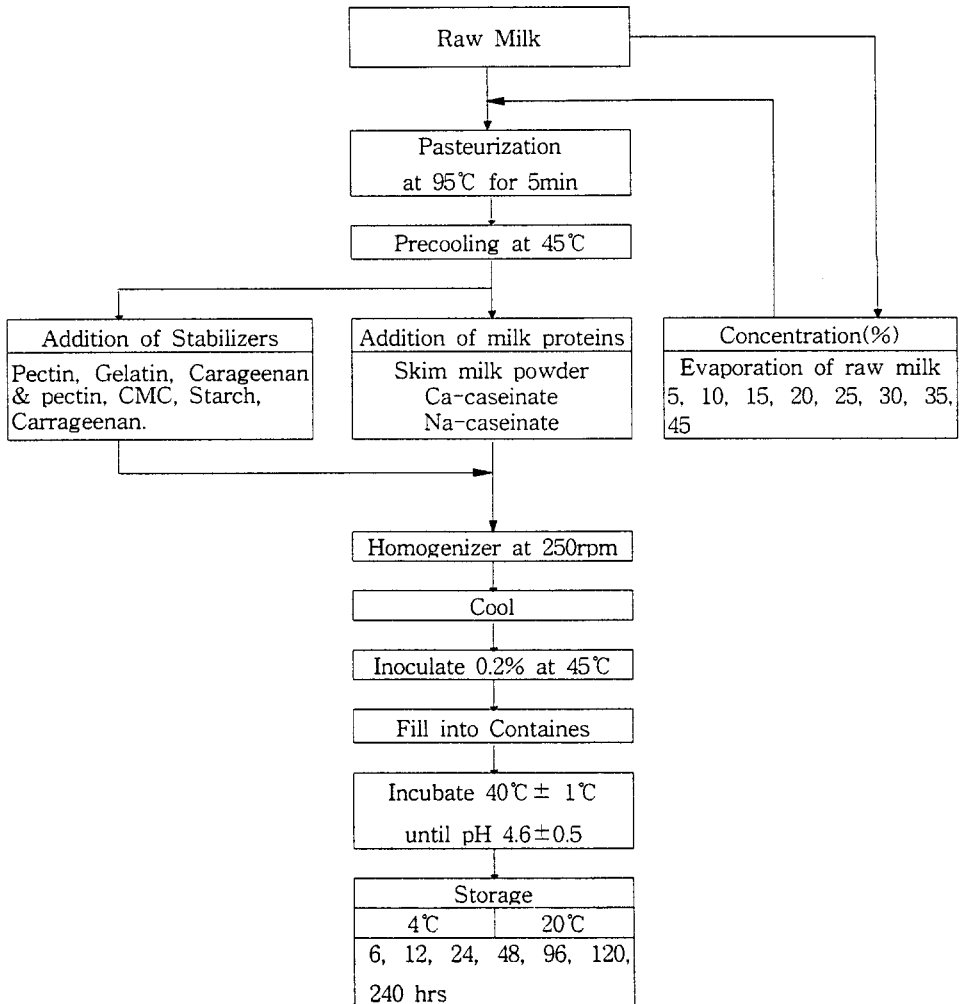


Fig. 1. Flow chart for manufacture of yoghurt.

제조된 시료를 6, 9, 12, 24, 48, 96, 120, 및 240시간 동안 4°C와 20°C에서 저장하여 안정제를 첨가하지 않은 시료와 안정제를 첨가한 시료를 비교하였다.

분석방법

1) pH 측정

각종 시료에 유리전극을 넣어 pH를 측정하였다(pH meter, metrohm 605, Swiss).

2) 물성의 측정

10°C에서 Viscometer(Brookfield LV, US-

A)로 반복 측정하였다.

Viscometer의 측정조건은 다음과 같다.

spindle number : 3

factor : 20

speed rpm : 60

operating time : 1 minute

계산 : dial reading × ±actor

= centipose(mPa.s)

3) 보수성과 단백질의 수확율

試料를 10°C 11,000rpm에서 30분간 초원심 분리(Beckman)한 후 상등액을 除去하고 침전물의 重量을 재 후 重量中 침전물의 %를 保守

率로 表示하고 이 침전물을 다시 凍結乾燥하여 침전물 1g 中 水分량을 水和率로 표시하였다 (4).

$$\text{보수력(\%)} = \frac{\text{전수분량(\%)} - \text{유리수분량(\%)}}{\text{전수분량(\%)}} \times 100$$

단백질의 수화률: g water / g solids  
(동결 건조후 pellet 무게)

### 결과 및 고찰

#### pH의 변화

안정제의 형태, 단백질의 종류, 농축 및 저장 기간에 따른 pH의 변화는 대조구의 pH가 4.62를 나타내었고, 첨가제의 종류에 따라 pectin은 4.30~4.69, gelatin은 4.72~4.82, carrageenan & pectin은 4.50~4.64, starch 4.23~4.55, CMC 4.66~4.52 carrageenan은 4.35로 탈지분유는 4.34~4.62, Ca-caseinate은 4.51

~4.71, Na-caseinate은 4.49~4.63으로 변화하였다. 또한 첨가량의 증가에 따라 pH가 다소 상승되는 경향을 나타내었다(Table 1). 이것은 첨가제들이 요구르트에서 해리되거나 요구르트 성분의 열기성기들을 해리시켜 pH가 증가된 것으로 보여지며 농축의 영향에서도 농축증가에 따라 pH가 상승하였는데 이것도 농축에 따라 고형분의 증가가 노출된 열기성기의 전리변화 때문인 것으로 보인다(Table 2).

저장 기간에 따른 pH와 물성 변화를 조사한바, 저장기간에 따른 pH 변화는 Table 3에서와 같이 초기 pH 4.7에서 저장 10일 후 안정제를 첨가하지 않는 시료의 pH는 4.20, 4.10을 나타냈다. 그러나 20℃에서는 저장 9시간 이후부터 pH가 계속 감소하여 저장 10일 후에는 안정제를 첨가하지 않는 시료가 3.18, gelatin 0.4%의 안정제를 첨가한 시료가 3.14로 보다 빨리 감소하였다. 따라서 저장 기간 중 저장 온도가 높을수록 pH가 빠르게 감소하는 것을 알 수 있었는데 이것은 *L. casei*의 저장온도가 pH의 변화에 영향을 미친다는 이와 이<sup>(12)</sup>의 보고

**Table 1. Effect of stabilizers type and milk proteins on the pH and viscosity of yoghurt**

Concentration (%)	Stabilizers						Milk products			
	Control	pectin	gelatin	carrageenan & pectin	starch	CMC	carra-geenan	Ca-caseinate	Na-caseinate	(skim milk)
pH	4.62									
0 (0)										
0.2(1)	4.38	4.72	4.50	4.44	4.39	4.69	4.56	4.23	(4.21)	
0.4(2)	4.37	4.68	4.57	4.31	4.52	4.57	4.17	4.20	(4.24)	
0.6(3)	4.08	4.69	4.61	4.24	4.07	4.02	3.91	4.09	(4.33)	
0.8(4)	4.69	4.82	4.64	4.23	4.01	3.92	3.86	3.90	(4.31)	
Viscosity (mPa.s)	32									
0 (0)										
0.2(1)	40	116	64	52	64	60	87	75	(102)	
0.4(2)	46	190	76	48	40	54	132	121	(146)	
0.6(3)	114	200	90	58	25.6	14.4	164	142	(220)	
0.8(4)	126	225	140	78	14.8	6.0	286	217	(254)	

**Table 2. Effect of evaporation on the pH and viscosity of yoghurt**

	Control	Degree of evaporation(%)						
		5	10	15	20	25	30	45
pH	4.62	4.61	4.76	4.65	4.66	4.69	4.73	4.83
Viscosity (mPa.s)	32	40	78	80	122	202	214	602

Table 3. Effect of storage time on the pH and viscosity of yoghurt

		Storage time (hrs)							
		6	9	12	24	48	96	120	240
pH	Control 4°C	4.79	4.62	4.51	4.39	4.35	4.29	4.20	4.17
	Addition of 4% gelatin 4°C	4.68	4.31	4.49	4.30	4.29	4.19	4.10	4.05
	Control 20°C	4.71	4.52	4.20	3.92	3.70	3.54	3.38	3.18
	Addition of 4% gelatin 20°C	4.53	4.1	4.09	3.84	3.74	3.44	3.32	3.14
Viscosity (mPa.s)	Control 4°C	40	220	260	300	321	218	160	141
	Addition of 4% gelatin 4°C	160	240	314	336	347	327	290	265
	Control 20°C	20	187	226	197	95	74	60	18
	Addition of 4% gelatin 20°C	129	140	146	280	175	89	61	51

와 일치하였다(Table 3).

#### 점도의 변화

안정제의 형태와 단백질의 종류에 따른 점도의 변화는 Table 1에 나타난 것처럼 대조구의 점도는 32mPa.s이었고 각 안정제 첨가시 점도가 증가하였는데 pectin, gelatin, starch carrageenan & pectin이 첨가량 증가에 따라 규칙적으로 증가하는 반면 CMC와 carrageenan의 경우 점도효과는 있었으나 첨가량에 따른 규칙적 변화는 없었고 유청분리가 일어난 것으로 보아 이 안정제들은 gel형 요구르트 제조에는 적합치 않은 것으로 생각되었고 점도증가효과에서 Ca-Caseinate가 Na-Caseinate보다 점도가 높은 것은 Ca이 casein복합체를 형성한 후 응고하는 것으로 보인다<sup>(1)</sup>. 그러나 탈지분유에서는 첨가량 증가가 caseinate류보다 점도에 영향이 적은 것은 탈지분유의 casein은 micelle상에 가깝기 때문에 산도의 변화가 등 전점에 가깝더라도 gel형성능력이 약하고 수화현상이 강하기 때문인 것으로 보인다<sup>(10)</sup>. 농축은 유청단백질의 변성이 일어나지 않는 온도 45°C에서 실시하였는데 농축비가 5~45%까지 증가될 때 점진적으로 점도가 602mPa.s까지 증가하였다. 이것은 농축도 증가에 따라 casein micelle 간의 간격이 좁아지기 때문에 촉진되는 것으로 보여지며<sup>(4)</sup> 이 결과는 농축유가 rennet응고도 촉진하는 결과와 일치한다<sup>(1)</sup>.

Yoghurt의 저장온도와 저장기간이 gel에 미치는 영향은 상품가치상 대단히 중요하다. Table 3에서 저온저장 4°C는 pH변화를 적게 하기 때문에 20°C저장보다 점도의 변화가 저장기간 중 적었고, 20°C는 pH변화가 크기 때

에 점도가 파괴되어 유청분리가 일어나 상품가치가 감소되었으며 이와 같이 낮은 pH는 우유의 응고를 방해하기 때문으로 생각된다.

또한 저장기간 중 점도 변화는 0.4% gelatin 안정제를 첨가하여 만든 시료가 안정제를 첨가하지 않는 시료보다 4°C에서 저장시 높았으며 점도는 저장기간 4일까지 증가하다가 계속적으로 감소하였고, 20°C에서는 12시간까지 증가하다가 계속적으로 감소함을 볼 수 있었는데 이것은 저장온도가 유산균의 생육온도와 유사할수록 유산균의 활력이 좋아 coagulum의 견고도를 좋게 하며 점도와 점조도에도 영향을 미치는 것을 알 수 있었다<sup>(7)</sup>.

#### 보수력 및 단백질의 수화율

보수력과 단백질 수화율은 Estell<sup>(4)</sup> 등의 결과인 보수력 1~32%, 단백질 수화율 0~18%보다 보수력은 45~85%, 단백질 수화율은 1.5~3.5%로 다양하게 나타났다. 안정제를 첨가하지 않는 시료의 보수력과 단백질 수화율은 안정제를 첨가한 결과보다 떨어지고 CMC와 carrageenan은 0.2%, gelatin은 0.4%, pectin과 starch는 0.6%, 그리고 carrageenan & pectin은 0.8%에서 보수력과 단백질 수화율이 최대였음을 보여주고 있다. 그리고 단백질류 첨가에서는 보수성과 단백질 수화율이 점도의 결과와 같이 탈지분유, Na-caseinate 그리고 Ca-caseinate 순으로 높았고 그리고 농축에서는 농축율이 높을수록 높았음을 나타낸 Fig. 2, 3과 같았다.

또한 보수성과 단백질의 수화율은 시료를 20°C에서 저장했을 때가 4°C에서 저장했을 때보다 좋지 않았으며 같은 온도에서는 0.4%

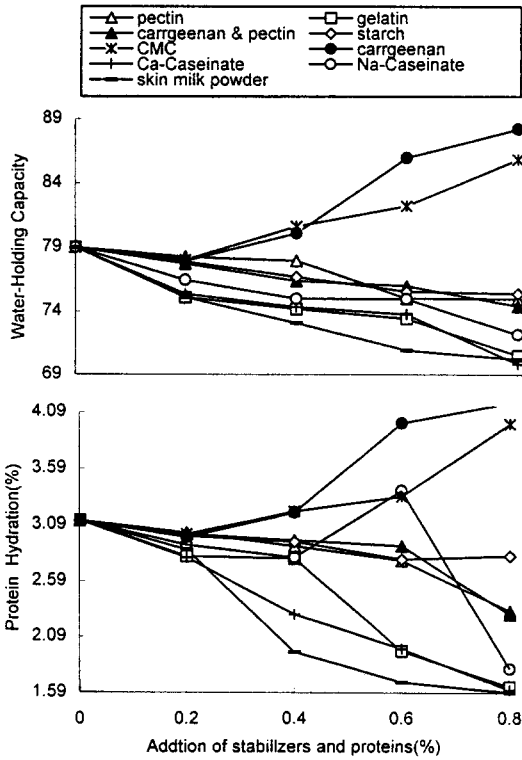


Fig. 2. Effect of stabilizers type and milk proteins on the water-holding capacity and protein hydration of yogurt.

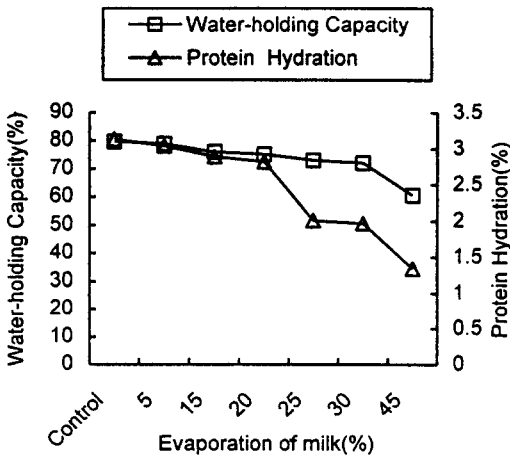


Fig. 3. Effect of the water-holding capacity and protein hydration of milk by evaporation.

gelatin 안정제를 첨가하여 만든 시료가 안정

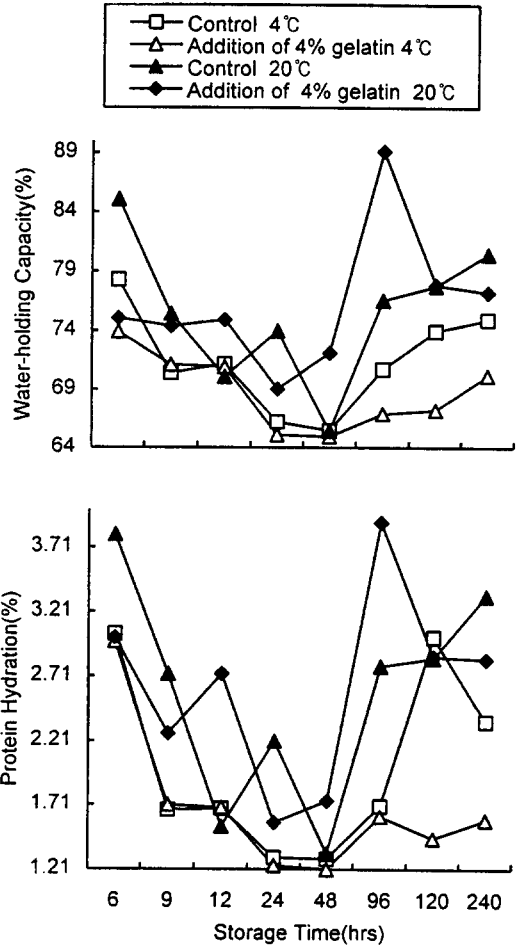


Fig. 4. Effect of storage time on the water-holding capacity and protein hydration of yogurt.

제를 첨가하지 않는 시료보다 좋은 보수성과 수화성을 Fig. 4에서 보여준다. 이와 같은 결과는 보수력이 증가할 때 단백질의 수화율이 유청변성과 casein의 침전물질에 기인하여 높아지고 가열에 의한 유청단백질의 변성은 curd를 단단하게 함을 알 수 있다<sup>(5)</sup>.

요 약

본 연구는 안정제의 형태, 단백질 종류와 첨가수준과 농축 그리고 요쿠르트의 저장기간중 pH와 점도 그리고 보수력과 단백질의 수화율에 미치는 영향을 알아보려고 실시하였다.

pH의 변화는 첨가제의 종류에 따라 3.86~4.82까지 변화되었고 첨가량이 증가함에 따라 pH가 상승되는 경향이 있었다. 안정제를 첨가하여 만든 시료가 안정제를 첨가하지 않는 시료보다 4℃의 저장 온도에서 pH변화가 크게 감소하지 않았고, 저장 온도가 높을수록 pH가 빠르게 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.

또한 안정제의 종류에 따른 점도, 보수력 및 단백질 수화율의 변화는 안정제를 첨가한 시료가 안정제를 첨가하지 않은 시료에 비하여 점도와 보수력 및 단백질 수화율이 좋아졌으며 pectin, gelatin, starch 그리고 carrageenan & pectin은 첨가량 증가에 따라 점도, 보수력 및 단백질 수화율이 증가하는 반면 CMC, carrageenans도 증가효과는 있으나 첨가량에 따른 규칙적 변화는 없었고 유청분리가 일어나 gel형 요쿠르트 제조에 적합하지 않은 것으로 보였다. 저장기간 중 20℃에서 저장하는 시료보다 4℃에서 저장시 0.4% gelatin 안정제를 첨가하여 만든 시료가 안정제를 첨가하지 않는 시료보다 점도와 보수력 및 단백질의 수화율은 좋았고 20℃에서 저장하는 시료보다 4℃에서 저장시, 안정제를 첨가하여 만든 시료가 점도, 보수력, 단백질의 수화율이 좋았다. CMC와 carrageenan 0.2%, gelatin 0.4%, pectin과 starch는 0.6%, carrageenan & pectin 0.8%에서 단백질류는 첨가량이 증가할수록 그리고 농축은 25%에서 효과가 있음을 관찰할 수 있었다.

### 참고문헌

1. Alais, C. : *Science du lait*, 3<sup>ème</sup> édition. Sepack Paris. (1974).
2. Barrantes, E., Tamime, A. Y., Davies, G., and Barclay, M. N. : Production of low-calorie yogurt using skim milk powder and fat-substitutes. *Milchwissenschaft*. 49(3), 135(1994).
3. Estell, M. Y., Darnell-clunies, K., Kalka, D. A., and Deman, J. M. : Physical properties of yoghurt : A comparison of vat versus continous heating systems of milk. *J. Dairy Sci.*, 69(10), 2593(1986).
4. Estelle, M. Y., Darnell-Clunies, D. and Azzola, F. C. : Gelation profiles of yoghurt as affected by heat treatment of milk. *J. Dairy Sci.*, 71(3), 582(1988).
5. Guinee, T. P., Mullins, C. G., and Reville, W. J. : Rheological and synergetic properties of yoghurt stabilized with different dairy ingredients *In Second Food Ingredients Symposium National Dairy Products Research Centre* 73(1994).
6. Kroger, M. : Controlling the quality of yoghurt. *Dairy Ice Cream Field*, 156(1), 38(1973).
7. Kroger, M. : Quality of yogurt. *J. Dairy Sci.*, 59(2), 344(1976).
8. Mcgregor, J. U. and White, C. H. : Effect of sweeteners on major volatile compounds and flavor of yogurt. *J. Dairy Sci.*, 70(7), 1828(1987).
9. Rasie, J. L., and Kurmann, J. A. : *Yoghurt*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, Denmark(1972).
10. Solms-Baruth. : Scientific grounds, technology, manufacture and preparations. *Yoghurt*. Technical Dairy Publishing House, Denmark(1972).
11. 고준수, 양부근, 안종건 : 반고형체 Set Yoghurt 제조에 관한 연구. *한국낙농학회지*. 4(2), 129(1982).
12. 이용욱, 이원창. : 유산균 음료에서 분리한 *Lactobacillus casein*의 저장온도별 균수 및 pH의 경시적 변화 관찰. *한국환경미생물학회지*. 3(1), 157(1976).
13. 정순희, 김기성, 임상동, 김희수, 이수원. : 탈지분유가 요구르트 저장중 물성 및 관능특성에 미치는 영향. *한국낙농학회지*. 18(4), 159(1996).
14. 정순희, 김기성, 임상동, 김희수, 이수원 : 탈지분유가 요구르트 제조와 저장중의 품질에 미치는 영향. *한국낙농학회지*, 18(4), 247(1996).