

## Beta-D-Galactosidase에 의한 유청에 함유된 유당의 가수분해

최미진 · 허태련\*

인하대학교 공과대학 생물공학과

### Hydrolysis of Lactose in Whey by the Beta-D-Galactosidase

Choi, Mi-Jin and Tae-Ryeon Heo\*

Department of Biotechnology, College of Engineering  
Inha University, Incheon 402-751, Korea

**Abstract** — The optimum condition for the development of a whey beverage from the concentrated whey was studied. Reverse osmosis system was used to obtain concentrated lactose from cheese whey. The hydrolysis degree of lactose by  $\beta$ -D-galactosidase was determined using HPLC (high performance liquid chromatography). The order of hydrolysis degree was 1:1, 2:1 and 3:1 concentrated lactose. It resulted from the concentrated salt which slightly inhibited  $\beta$ -D-galactosidase with constant enzyme dosage. The optimum condition for enzyme dosage was 2% in non-concentrated lactose, 3% in 2:1 and 3% in 3:1 concentrated lactose after 4 hours of reaction. When the 3:1 concentrated lactose was used, more than 70% was hydrolyzed by 3% enzyme dosage. Furthermore the change of fermented whey by lactic acid bacteria was investigated. Based on the result of sensory test, the most favorable response was obtained at pH 4.2 and titratable acidity of 0.7% about 6 hours of fermentation at 37°C with 2% thermophilic starter.

치즈 제조시 생기는 유청은 원료유의 85~90% 정도이며 함유된 성분은 영양적으로 가치가 많은 단백질, 탄수화물, 비타민과 광물질 등을 함유하고 있어서 여러 형태로 식품가공에 이용될 수 있다(1). 그러나 이 유청은 일부만 사료로 이용될뿐 나머지는 그대로 방류되고 있어 유기물로 인한 폐수의 생물학적 산소 요구량이 많아져 이를 처리하기 위해서는 많은 시설 투자와 비용이 요구되기 때문에 이 유청의 가공처리 문제는 치즈산업체의 중요한 연구과제로 남아있다(2, 3). 유청을 음료제품에 이용하기 위해서는 단백질로 인한 침전물형성과 유청특유의 향미와 광물질을 제거하고 함유되어 있는 유당을 가수분해시키는 것이 바람직하다. 따라서 역삼투(reverse osmosis)나 한외여과장치(ultrafiltration system)와 이온교환(ion exchange) 방법 등을 이용하여 단백질과 일부성분을 분

리하고 그안에 함유되어 있는 유당을 미생물이나 효소를 이용하여 분해시킬 수 있다(4, 5). 유청에 함유된 Lactose는  $\beta$ -D-galactosidase를 이용하여 glucose와 galactose로 가수분해시켜 유청음료의 원료성분으로 이용할 수 있다(5, 7, 8). 유당의 효소에 의한 가수분해 효과로는 유당불내증(lactose intolerance)으로 인해 우유를 마실 수 없는 사람에게도 이용할 수 있고(9) 또 감미도가 증대되어 감미료의 사용도 절약할 수 있으므로 제품생산으로 인한 경제적인 효과도 기대할 수 있다. 따라서 본 연구는 치즈 제조 후에 생긴 유청을 역삼투장치(reverse osmosis)를 사용하여 유당을 적당한 비율로 농축시킨 후  $\beta$ -D-galactosidase를 이용하여 유당을 가수분해시켜 그 분해정도를 HPLC (high performance liquid chromatography)로 측정하여 효소사용에 필요한 최적조건과 유청의 향미개선을 위해 유산균 사용조건을 조사하여 유청을 유청음료의 원료로서 사용하기 위한 기초자료를 조사하는데 연구의 목적이 있다.

**Key words:** Cheese whey, lactose hydrolysis,  $\beta$ -D-galactosidase

\*Corresponding author

## 재료 및 방법

### 원료 유청

Mozzarella 치즈를 제조한 후에 유출된 유청을 본 실험의 재료로 사용하였다. 유청은 MILKO SCAN (104 A/B, Denmark) 분석기를 이용하여 유당, 단백질, 지방과 총고형분 함량을 측정하였고 pH는 pH-meter CG 809(독일 Schott Gerate)를 이용하여 측정하였다.

MILKO SCAN(104 A/B)의 표준화는 지방은 Gerber법, 단백질은 Kjeldahl법, 유당은 Iodine-sulfate법(10) 그리고 총고형분은 상압가열건조법을 사용하였으며 Kjeldahl법에 의한 단백질분석은 Buchi 342(Dosimat 635, Titroprocessor 636, Swiss)를 이용하였다.

### 유청의 농축

유청의 농축은 65°C에서 30분간 살균한 후 역삼투장치(reverse osmosis system)를 사용하여 농축하였다.

역삼투장치(reverse osmosis system)는 덴마크 DDS-DIVISION사의 Mini-Lab 20 system으로써, filter membrane은 HR 98 TP가 사용되었으며 이것의 NaCl 투과도는 2.5%이었다. 유입압력은 60 bar였고 유출압력은 57 bar로서 30°C에서 실행되었다. 농축정도는 2배와 3배로 각각 농축하였으며 농축된 유청은 유당, 단백질, 지방과 총고형분함량을 MILKO SCAN (104 A/B) 성분 분석기로 측정한 후 시료로 사용하기 위해 냉동 저장하였다.

### 가수분해도 측정

냉동되어진 시료유청을 40°C에서 해동시킨 후 효소작용의 최적조건을 위해 8 N KOH를 이용하여 pH 6.5로 조절(10)한 후 500 ml 삼각플라스크에 200 ml의 유청을 넣고 40°C로 정확히 조절한 후 유당함량의 1, 2, 3%에 해당하는  $\beta$ -D-galactosidase를 첨가하였다.  $\beta$ -D-galactosidase는 NOVO사에서 제조한 Lactozyme 3000L-HPG로써 *K. fragilis*를 발효시켜 생산된 효소이었다(11).

시료는 40°C로 조작된 shaking incubator에서 4시간 가수분해되는 동안 시간별로 시료를 채취한 후 80°C에서 5분 동안 효소를 불활성화시키기 위해 가열한

후(12, 13) 냉각하여 분해도를 측정하였다.

가수분해 정도를 측정하기 위한 전처리는 가수분해된 유청 5 ml에다 ethanol(99.9%, HPLC용) 20 ml을 넣고 유청에 함유된 단백질과 지방을 침전시키기 위해 실온에서 30분간 방치한 후 whatman No. 42 여과지(filter paper)로 여과시킨 후 여과액 중의 잔존의 단백질과 지방을 제거하기 위하여 Sep-Pak C18에 여과하였다.

여과액 중의 미생물로 인한 HPLC의 column의 오염방지를 위해 0.45  $\mu$ m micro filter(HA filter type)에 통과시킨 여과액을 최종가수분해도 측정용 시료로 사용하였다(14-16).

가수분해도는 HPLC에 의해 측정되었는데 HPLC system은 Beckmansystem organizer, 110B Solvent module을 사용하였고 Detector로는 Beckman 156 Refractive Index Detector, 164 Variable wavelength Detector를 사용하였고 Recorder는 Beckman 427 Integrator를 사용하였다. Column은 Aminex Carbohydrate HPX-82C, 300 mm $\times$ 7.8 mm(catalogue 125.00 95)를 사용하였다.

Mobile phase는 water(Art. 15333, Merck)를 사용하였으며 flow rate는 0.5 ml/min, chart speed는 0.25 cm/min와 sample load는 20  $\mu$ l였다.

가수분해 정도를 측정하기 위한 표준용액은 Lactose : 300.103 mg/100 ml, glucose : 291.837 mg/100 ml이고 galactose : 249.508 mg/ml였다. Retent time은 각각 9.90분, 11.55분과 12.90분이었다. 전처리한 시료를 HPLC에 주입한 후 면적계산법에 의해 당량을 정량하였다.

### 유청 음료 제조

pH 6.3~6.5인 치즈 유청을 65°C에서 30분간 살균하여 냉동보관하였고 실험재료로 사용하기 위해 40°C에서 해동하여 가수분해시킨 후 4%의 탈지분유를 첨가하여 90°C에서 15분간 멸균하였다.

멸균된 시료를 냉각한 후 고온균과 중온균을 각각 2%씩 접종한 후 고온균은 42°C와 37°C에서 각각 배양하였고 중온균은 27°C에서 배양하였다.

12시간 배양하는 동안 2시간 간격으로 산도, pH와 유산균수를 측정하였다.

스타터(starter)는 CHR. Hansen's laboratory의 냉동건조 제품인 고온균 혼합균주(*L. bulgaricus* +

*Str. thermophilus*), 중온균 혼합균주(*Str. cremoris* + *Str. lactis*)를 사용하였으며 멸균된 탈지분유에 접종하여 2차 계대배양한 후 배양접종용 스타터로 사용하였다.

산도 검사는 AOAC법(17)으로 측정하였고 유산균 수는 BCP agar를 사용해서 표준평판 배양법으로 검출하였다.

**기호도 검사**

고온균 2%를 접종하여 42°C와 37°C에서 배양하고 27°C에서 중온균 2%를 접종 배양한 후 각각의 온도에서 최적의 배양시간, 산도, 그리고 pH를 순위법(ranking test)(18)에 의해 기호도 검사를 실시하였다.

각각의 온도에서 가장 좋다고 선정된 것들만을 선택하여 9점 기호척도법(hedonic scale)(18)에 의해 기호도 검사를 실시하여 음료로써의 적합성 여부를 조사하였다. 9점기호척도법은 Excellent(9), Very good(8), Good(7), Satisfactory(6), Medium(5), Sufficient(4), Imperfect(3), Bad(2), Very bad(1)의 범위를 사용해서 본 연구실의 연구원을 대상으로 하여 음료로써의 적합성 여부에 대해 기호도를 조사하였다.

분석은 분산분석과 던컨의 다범위 검증(Duncan's Multiple Test)을 이용하여 해석하였다.

**결과 및 고찰**

**유청의 성분**

유청의 성분 분석결과를 Table 1에 나타내었다. 농축농도가 2배, 3배일 때 농축전과 비교하면 모든 성분들이 약 2배와 3배로 증가되는 것으로 보아 역삼투의 membrane은 거의 순수한 물만을 permeate로 배출시키고 다른 성분들은 retentate으로 농축됨을 알

**Table 1. Content of composition in whey**

| Composition whey | Lactose (%) | Protein (%) | Fat (%) | T.S. (%) | Ash (%) | pH   |
|------------------|-------------|-------------|---------|----------|---------|------|
| 1:1 LCR whey     | 5.03        | 1.17        | 0.37    | 7.08     | 0.55    | 5.18 |
| 2:1 LCR whey     | 10.73       | 2.40        | 0.64    | 14.14    | 1.00    | 4.95 |
| 3:1 LCR whey     | 15.48       | 3.65        | 1.13    | 20.48    | 1.54    | 4.89 |

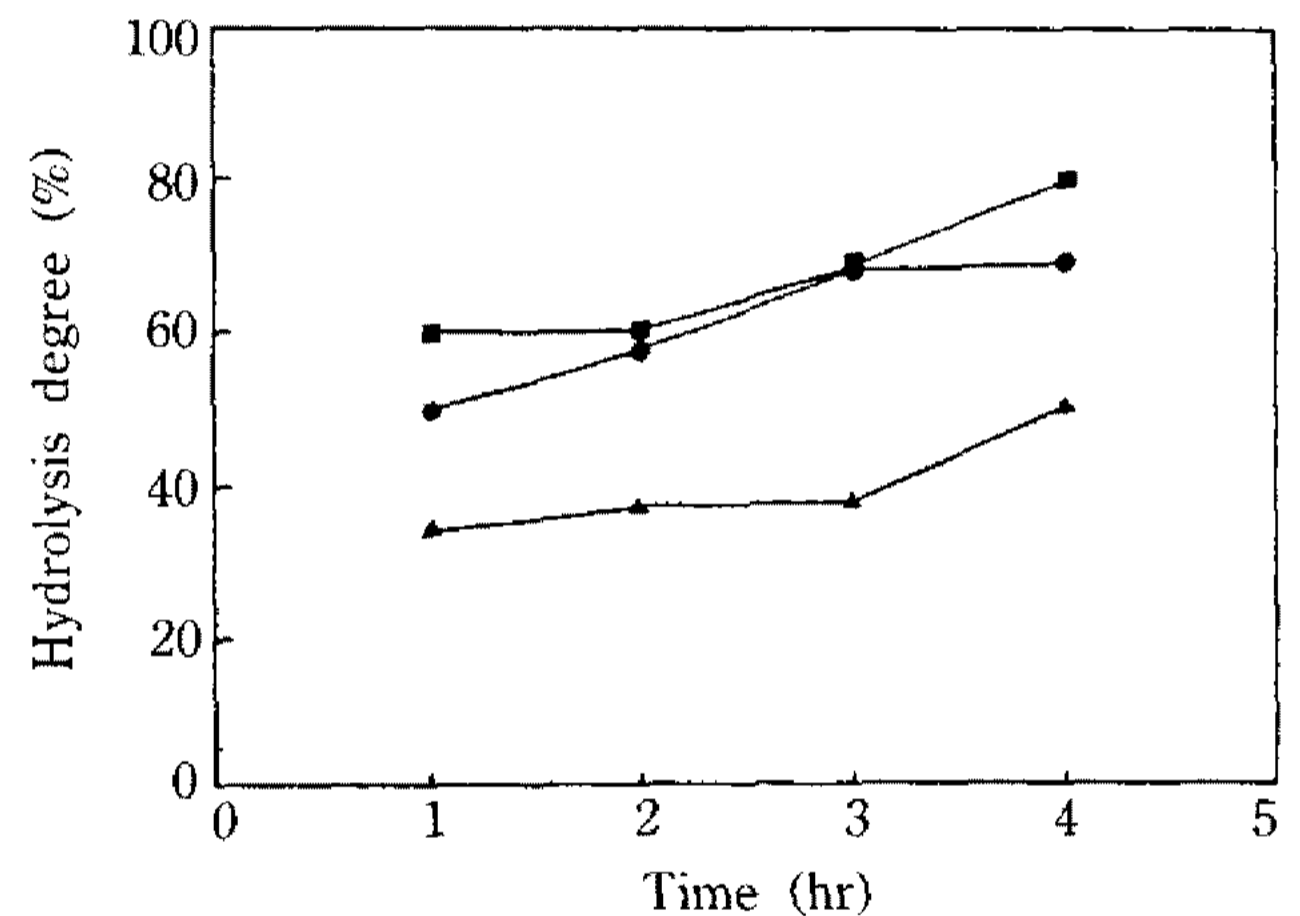
LCR=Lactose concentration ratio  
T.W.=Total solid

수 있었다.

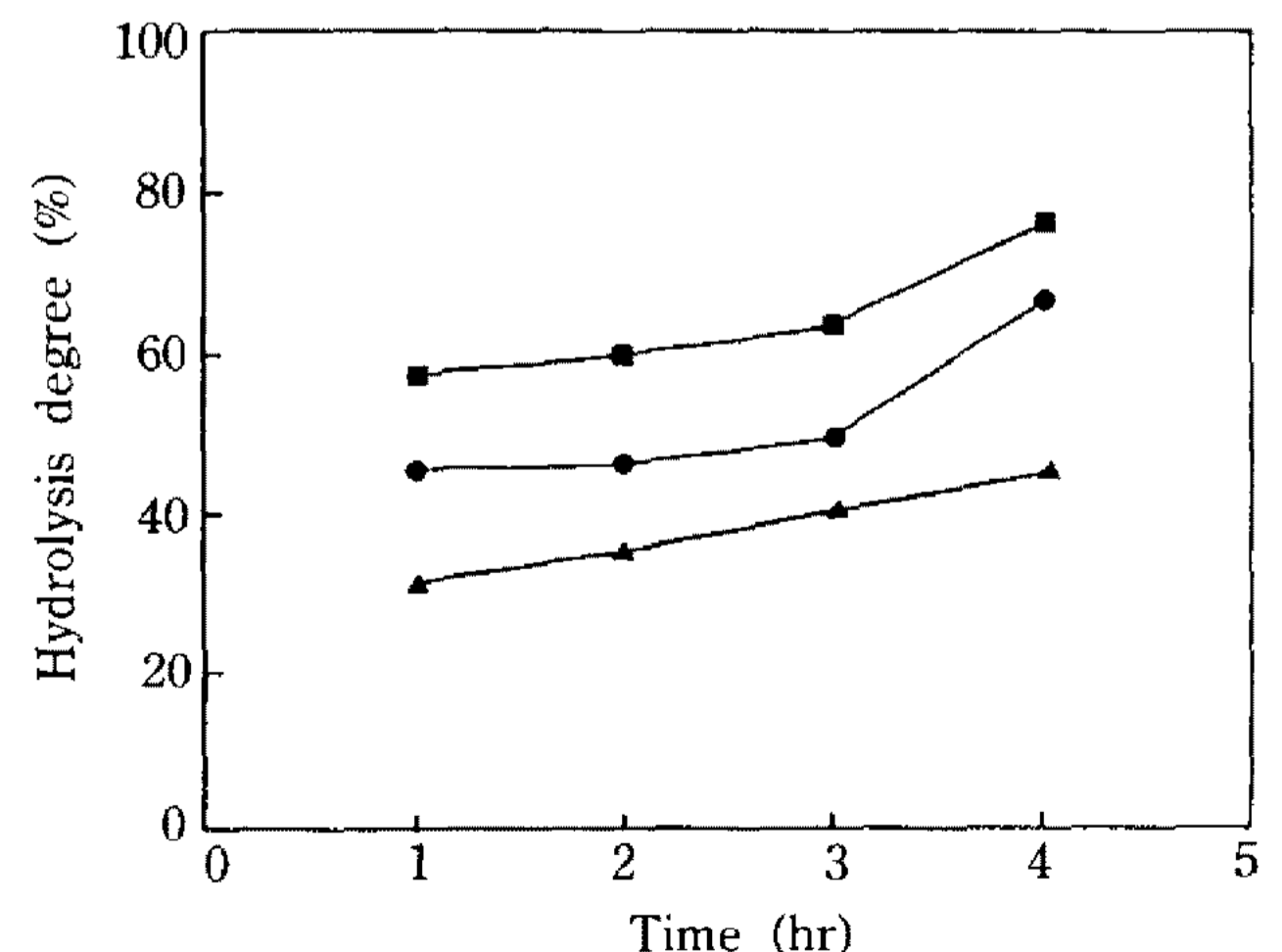
**유청의 가수분해**

각 유청의 가수분해 : 농축된 유청(1:1, LCR ; lactose concentration ratio of whey), 2배 농축 유청(2:1, LCR)과 3배 농축 유청(3:1, LCR)의 효소 첨가량 별로 시간이 경과함에 따른 가수분해 정도는 Fig. 1, 2와 3에 나타내었다.

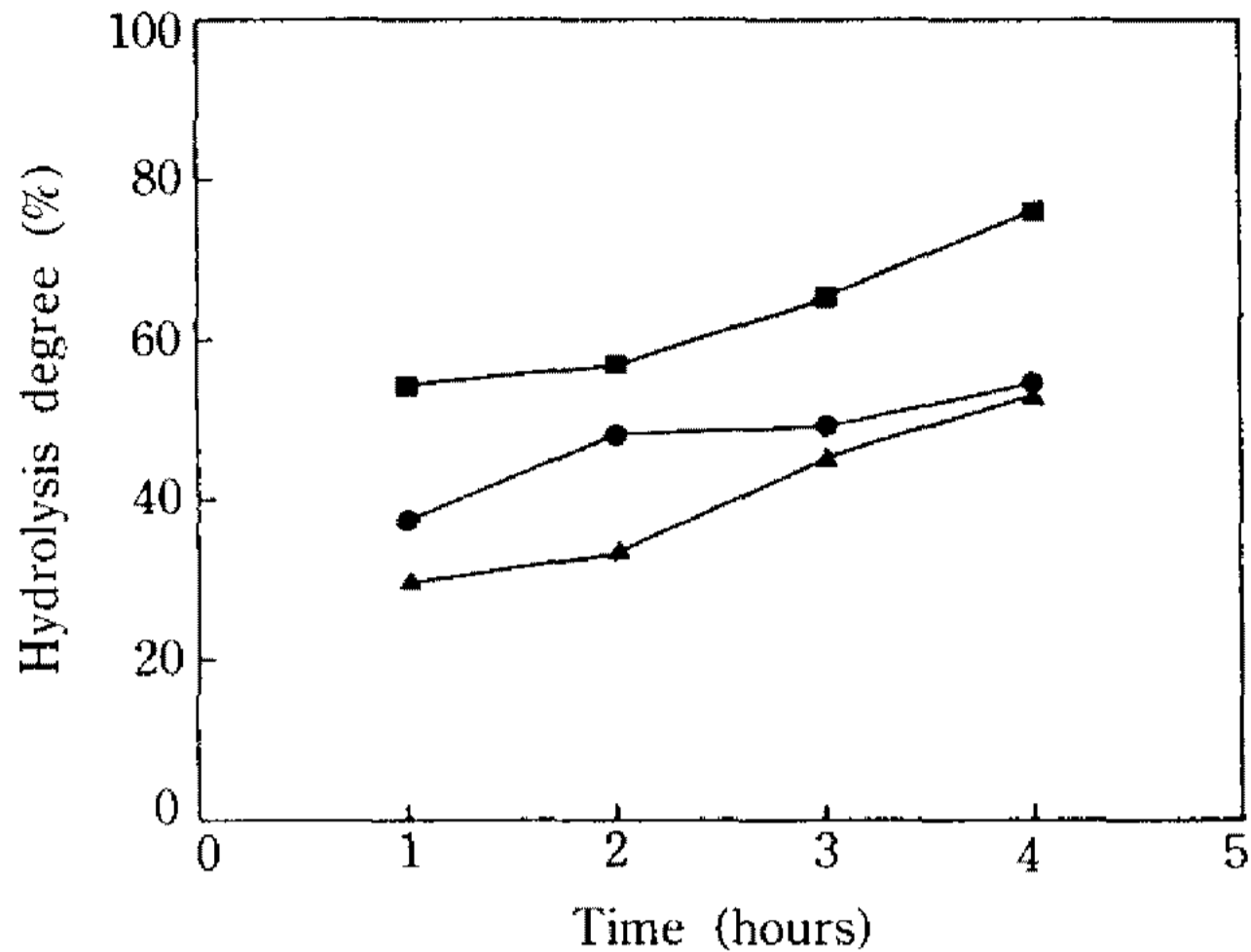
모든 시료에서 시간이 경과하고 효소량이 증가할 수록 높은 가수분해도를 나타내었다. 농축전 유청에서는 Fig. 1에서 알 수 있듯이 4시간이 지난 후 유당 함량에 대해 효소 1, 2%와 3%를 첨가하였을 때 각각



**Fig. 1. Hydrolysis degree in 1:1 lactose concentration ratio whey.**  
▲; 1% enzyme dosage, ●; 2% enzyme dosage, ■; 3% enzyme dosage

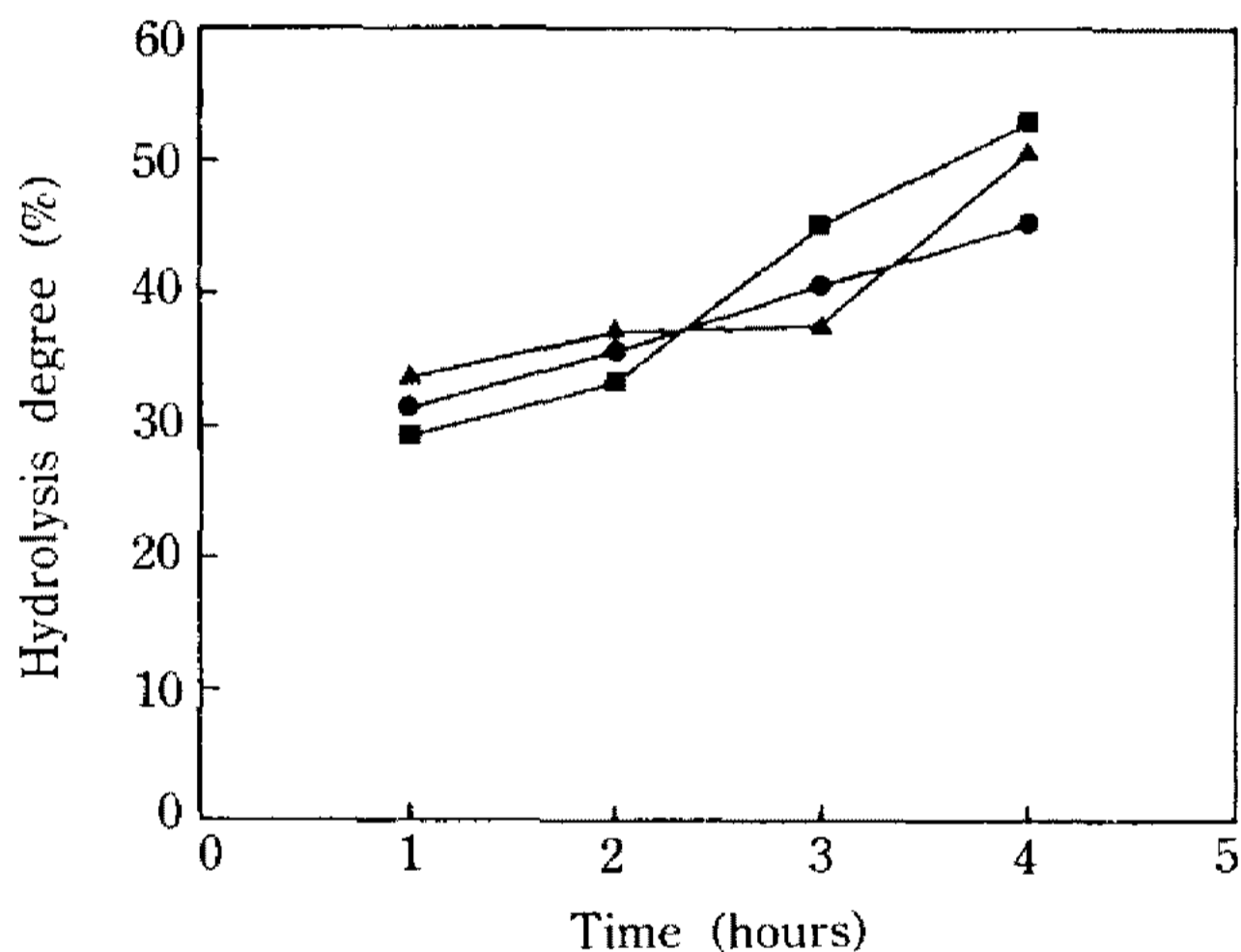


**Fig. 2. Hydrolysis degree in 2:1 lactose concentration ratio whey.**  
▲; 1% enzyme dosage, ●; 2% enzyme dosage, ■; 3% enzyme dosage



**Fig. 3. Hydrolysis degree in 3:1 lactose concentration ratio whey.**

▲; 1% enzyme dosage, ●; 2% enzyme dosage, ■; 3% enzyme dosage

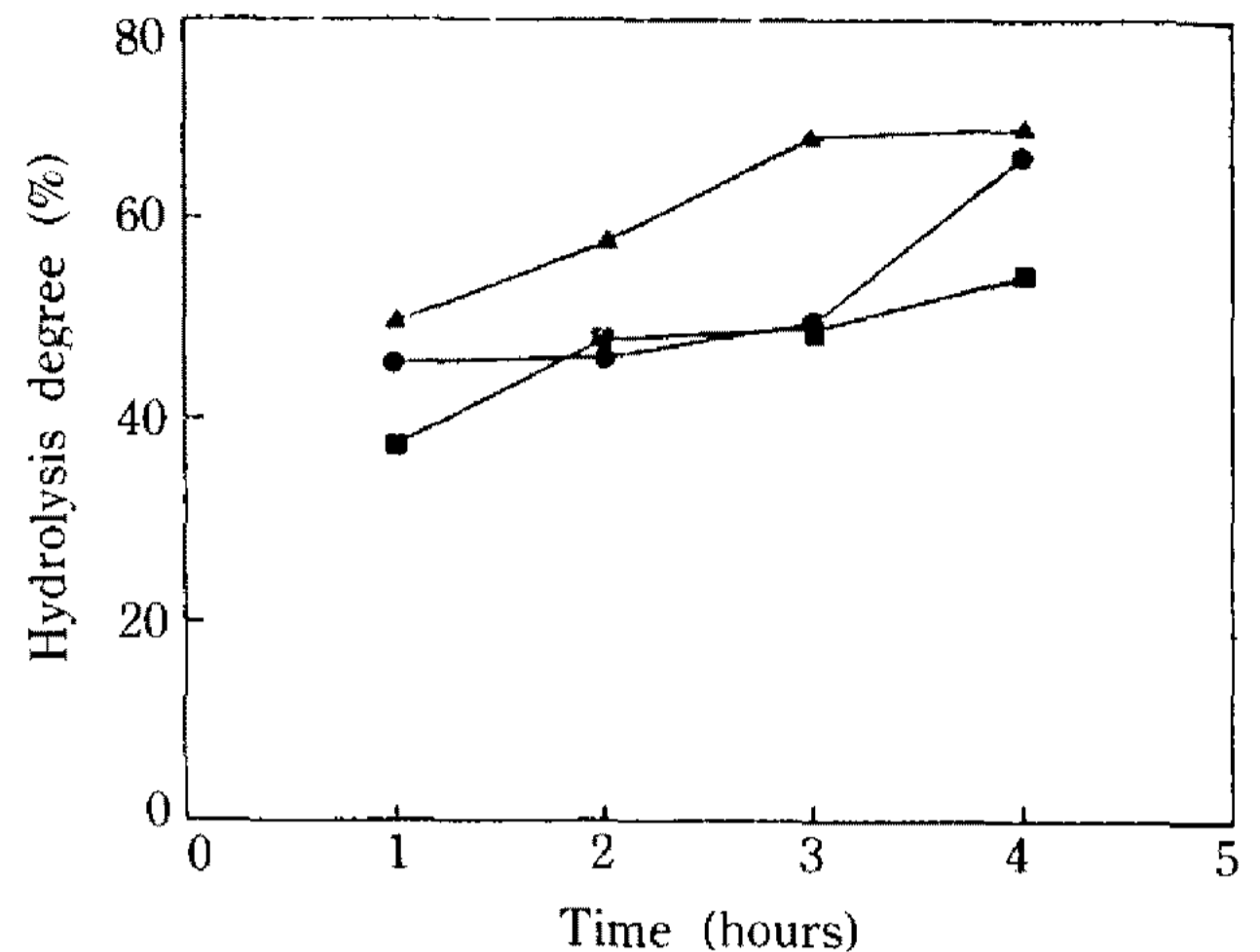


**Fig. 4. Hydrolysis degree in whey with 1% enzyme dosage.**

▲; 1:1 Lactose concentration ratio whey, ●; 2:1 Lactose concentration ratio whey, ■; 3:1 Lactose concentration ratio whey

50.5, 70.0%와 79.9%로 모두 50% 이상의 가수분해를 나타냈다. 유청 음료로 이용하였을 경우 가수분해 조건은 유당분해율을 제조할 때 제시된 기준조건(20)에 따라 70% 이상의 가수분해율을 보인 2% 효소 첨가 후 4시간 반응 후가 가장 좋게 나타났다.

Fig. 2에서 알 수 있듯이 2배 농축한 유청에서는 농축전 유청(Fig. 1)보다 약간 가수분해율이 떨어지는데 4시간 반응 후에는 유당함량에 대해 효소 1, 2%와 3%를 첨가하였을 때 각각 45.2, 66.4%와 76.2%을 나타냈다. 이 결과는 농축된 유청속의 염이 효소에 대해 약간의 저해작용을 일으킨 것으로 여겨진다.



**Fig. 5. Hydrolysis degree in whey with 2% enzyme dosage.**

▲; 1:1 Lactose concentration ratio whey, ●; 2:1 Lactose concentration ratio whey, ■; 3:1 Lactose concentration ratio whey

유청음료로 사용하기 위한 조건은 70% 이상의 가수분해율을 보인 3% 효소 첨가 후 4시간 반응 후가 최적으로 나타났다.

3배 농축한 유청에서는 Fig. 3에서 알 수 있듯이 효소 1%를 첨가했을 때는 농축전 유청과 2배 농축 유청과 비교(Fig. 1과 2)할 때는 52.3%로 가장 높은 가수분해율을 보였지만 효소 2%와 3%를 첨가하였을 때는 각각 54.5%와 75.9%로 약간 낮은 가수분해율을 보였다. 그러나 효소 3%를 첨가하였을 때는 75% 이상의 가수분해율로 다른 유청에서의 가수분해 정도와 비교할 때 커다란 차이를 보이지 않았다. 음료로 이용할 때 가수분해 조건은 70% 이상의 가수분해율을 보인 효소 3% 첨가 후 4시간 반응 후가 최적이었다.

각 유청에서 유당함량에 대해 효소 3%를 첨가한 것이 4시간 반응 후에 가수분해도가 가장 좋은 것으로 나타났다.

**효소량에 따른 가수분해 :** 유당함량에 대해 1, 2%와 3%의 효소를 첨가한 각 유청의 가수분해 정도는 Fig. 4, 5과 6에 각각 나타내었다.

효소 1%를 첨가하였을 경우에는 Fig. 4에서 알 수 있듯이 가수분해 반응 초기에는 농축전 유청, 2배 농축유청과 3배농축 유청 순으로 가수분해 되다가 4시간 후에는 3배 농축 유청이 가장 높은 가수분해율을 나타내었다.

효소 2%를 첨가한 경우에는 Fig. 5에서 알 수 있듯이 농축전 유청, 2배 농축 유청과 3배 농축 유청

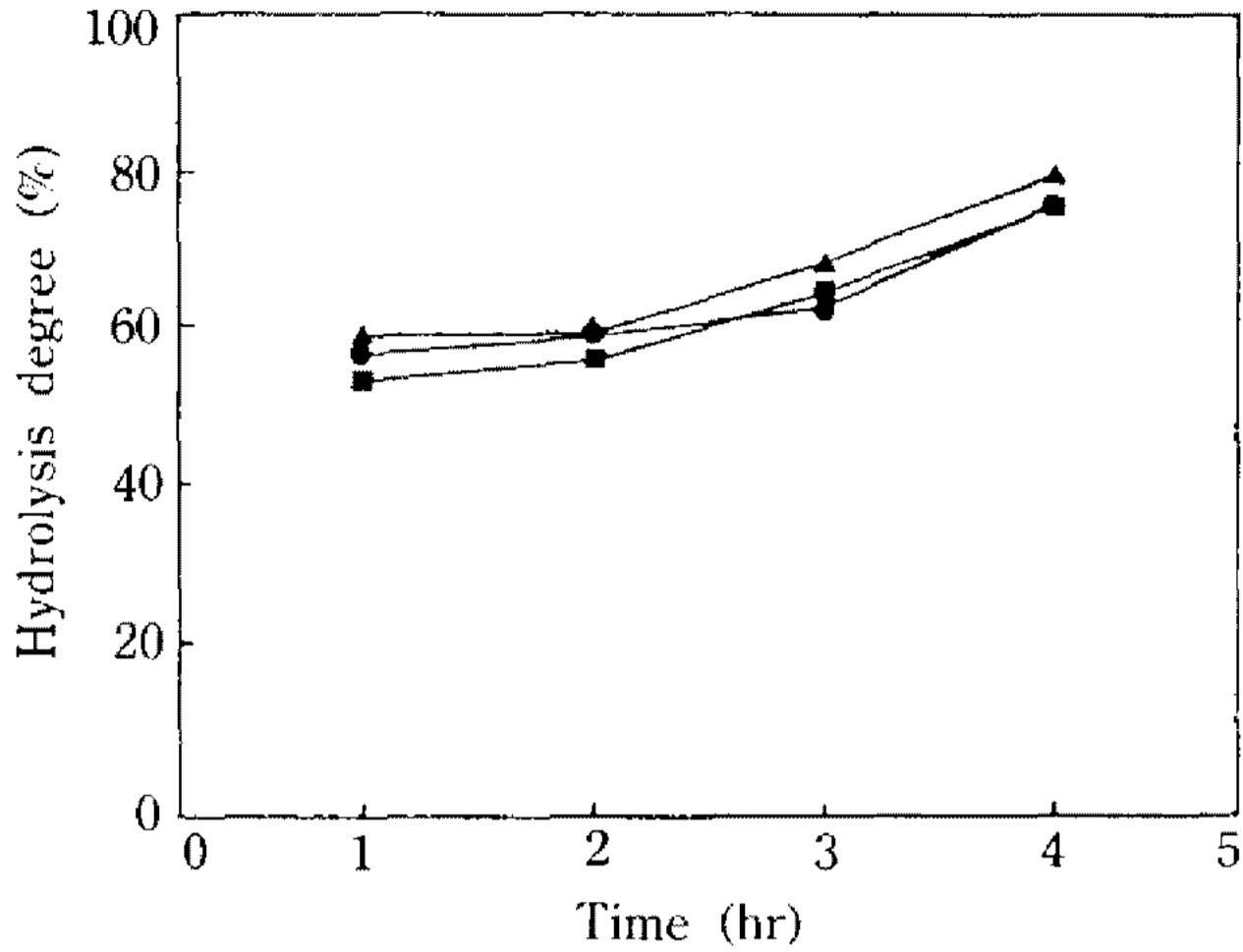


Fig. 6. Hydrolysis degree in whey with 3% enzyme dosage.

▲; 1:1 Lactose concentration ratio whey, ●; 2:1 Lactose concentration ratio whey, ■; 3:1 Lactose concentration ratio whey

순으로 가수분해율을 나타내었다.

효소 3%를 첨가한 경우에는 Fig. 6에서 알 수 있듯이 4시간 반응 후에는 모든 유청에서 75% 이상의 가수분해율을 나타냈다.

이 결과에서 유당량의 1, 2, 3%의 효소를 첨가한 후의 가수분해 정도는 각각 농축된 유청, 2배 농축 유청과 3배 농축 유청 순으로 가수분해율을 나타내어 농축된 효소에 대해 저해작용을 일으켰거나 유청을 3배 농축한 경우까지에서 가수분해 정도의 차이는 유청음료 제조시 효소 사용량에 커다란 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러므로 치즈 제조시 90% 이상 방출되는 유청의 처리에 있어서 유청을 농축하여 부피를 작게 함으로써 이용상에서 커다란 잇점을 얻을 수 있다.

**유청음료의 pH와 산도 변화:** 치즈 유청에 4% 탈지분유를 혼합하여 멸균한 후 37°C와 42°C로 각각 냉각한 후 고온균을 각각 2% 접종하고, 27°C로 냉각한 후 중온균을 2% 접종하여 12시간 배양되는 동안 pH와 산도의 변화를 Fig. 7에 나타내었다.

42°C에서 배양된 것이 pH의 감소가 가장 컸고, 37°C로 배양된 것, 27°C로 배양되는 순으로 pH의 감소 차이가 있었다. 42°C와 37°C에서 배양되는 동안에는 비슷한 경향으로 pH변화를 나타내었다. 6시간 이상의 배양시간에는 점점 작은 범위내에서 pH의 감소가 이루어졌다.

27°C에서는 12시간 배양되는 동안 계속하여 pH가

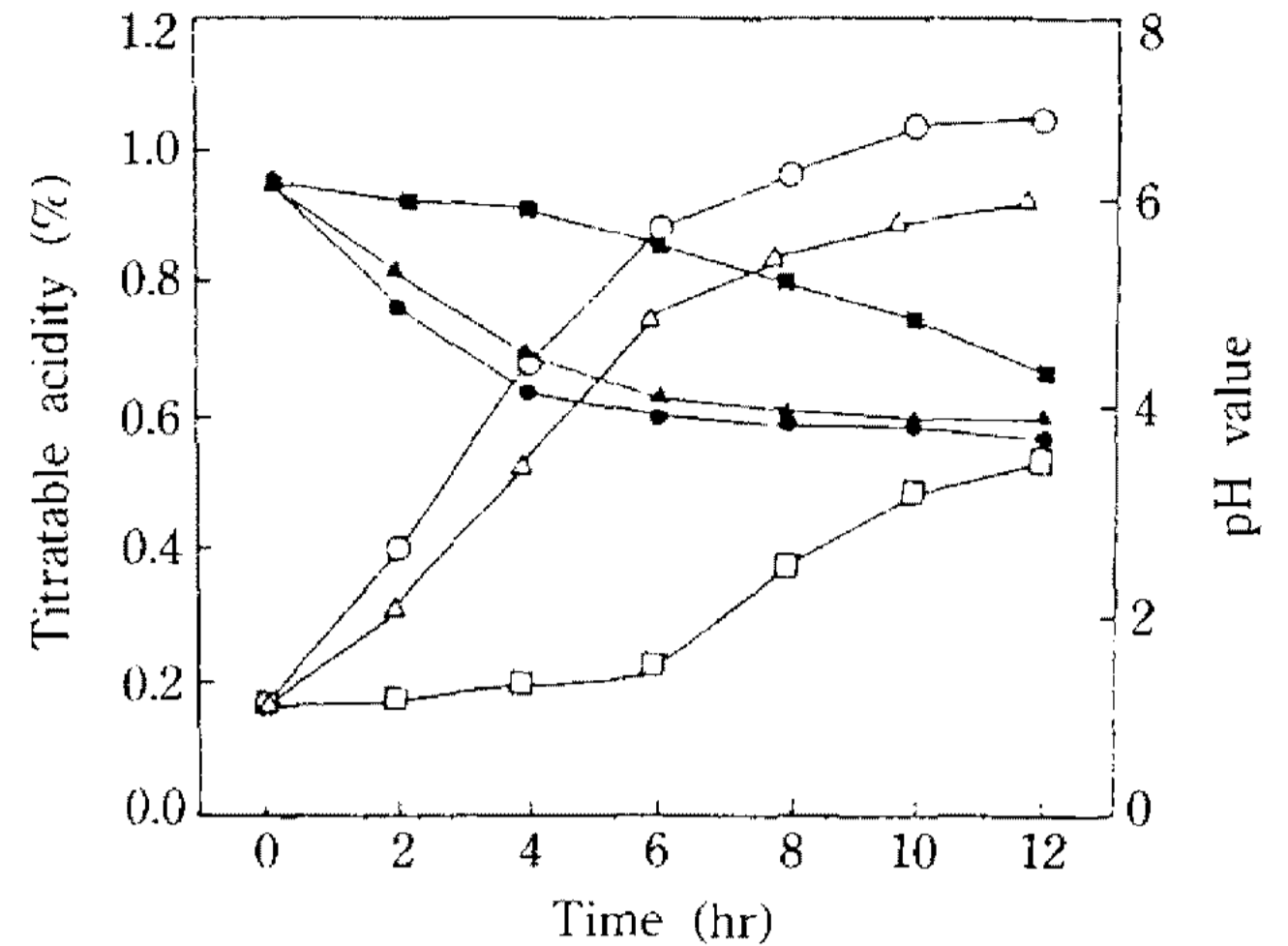


Fig. 7. Titratable acidity change and pH change in whey at 42, 37°C and 27°C during fermentation with thermophilic starter and mesophilic starter.

○; T.A. change in whey at 42°C with T starter  
△; T.A. change in whey at 37°C with T starter  
□; T.A. change in whey at 27°C with T starter

●; pH change in whey at 42°C with T starter  
▲; pH change in whey at 37°C with T starter  
■; pH change in whey at 27°C with T starter

T.A.=Titratable acidity

T=*L. bulgaricus*+*Str. thermophilus*

M=*Str. lactis*+*Str. cremoris*

떨어졌고, 12시간 후에도 계속 떨어질 것으로 예측할 수 있었다.

산도의 변화는 pH와 마찬가지로 42°C에서 배양될 때가 가장 크게 산도 상승이 나타났고, 37°C에서 배양되는 것, 27°C에서 배양되는 것 순으로 산도의 상승을 나타냈다. 42°C와 37°C에서 각각 배양되는 동안에는 비슷한 경향으로 산도 변화가 일어났으며, 6시간 배양 이후에는 산도 변화가 작게 나타났다. 27°C에서 배양될 때는 6시간 이전 배양될 때까지는 서서히 산도 변화가 나타났다가 6시간 이후에 급격히 산도 상승이 나타났음을 알 수 있었다.

각각의 온도에서 배양되는 동안 pH와 산도의 변화가 급격히 진행되다가 서서히 진전되는 것은 유산균이 급격히 증식하다가 더이상 증식하지 않음을 알 수 있었다.

일반적으로 발효유를 제조할 때 pH는 4.3~4.6, 산도는 0.6~0.9%가 배양종결점(19)이므로 실험결과에 의해서 고온균 2%를 접종하여 37°C와 42°C에서 4~8시간 사이로 배양하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

**유산균수의 변화:** 37°C와 42°C에서 고온균 2%를

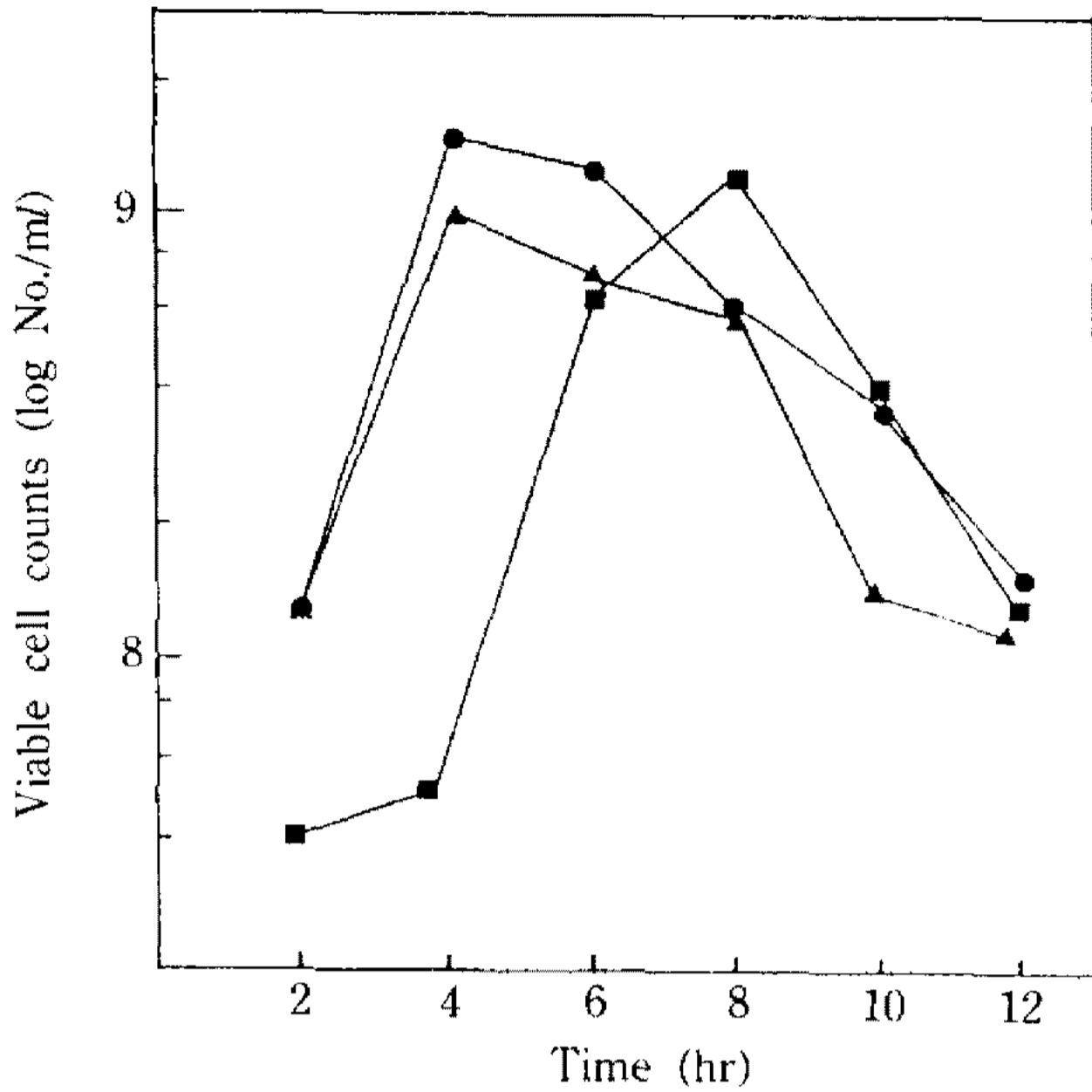


Fig. 8. Viable cell counts in whey at 42, 37°C and 27°C during fermentation with thermophilic starter and mesophilic starter

●; whey at 42°C with T starter  
 ▲; whey at 37°C with T starter  
 ■; whey at 27°C with T starter  
 T=*L. bulgaricus* + *Str. thermophilus*  
 M=*Str. lactis* + *Str. cremoris*

접종하여 각각 배양한 것과 27°C에서 중온균 2%를 접종하여 배양한 것의 유산균수의 변화를 Fig. 8에 나타내었다.

42°C에서 4시간 배양 후에  $1.5 \times 10^9$  CFU/ml로 가장 많은 유산균수를 나타내었다. 37°C에서 배양되는 동안에는 4시간 배양 후에  $1.0 \times 10^9$  CFU/ml로 최고치를 나타내었다. 42°C와 37°C에서 배양한 것은 비슷한 유산균수 변화를 나타내었는데 2시간에서 4시간 배양 사이에 현저히 유산균수가 증가되고 그 이후에는 서서히 감소함을 알 수 있었다.

27°C에서 배양할 경우에는 42°C와 37°C와는 다른 유산균수 변화를 나타내었는데, 4시간 배양까지도 균이 많이 증식되지 않았다가 4시간에서 6시간 배양 사이에 현저히 증가되다가 8시간 배양 후에  $1.29 \times 10^9$  CFU/ml로 최고점을 나타냈으며 그 이후로는 감소됨을 알 수 있었다.

실험결과에 의해 37°C와 42°C에서 고온균 2%를 접종하여 2시간 이상의 배양과 27°C에서 중온균 2%를 접종하여 4~6시간 이상의 배양에서 유산균수가 1억 마리 이상 증식되므로 발효유의 기준에 적합한 것으로

실험결과 나타났다.

기호도 검사

각각의 배양온도에서 배양된 유청음료의 기호도 검사를 순위법에 의해 실시하였는데 42°C에서 고온균 혼합균주를 2% 접종하여 배양한 것은 pH 3.97, 산도 0.88%이었고 배양시간 약 6시간이 가장 좋게 평가되었고 37°C에서 고온균 혼합균주 2%를 접종하여 배양했을 때는 pH 4.15, 산도 0.75%이고 배양시간 약 6시간이 가장 좋은 것으로 평가되었다.

27°C에서 중온균 혼합균주 2%를 접종하여 배양했을 때에는 pH 5.29, 산도 0.38%이고 배양시간 8시간 일 때가 가장 좋은 것으로 평가되었다.

각각의 온도에서 가장 좋다고 평가된 것을 9점 기호척도법에 의해 기호도 검사를 실시하였는데, 37°C에서 고온균 혼합균주 2%를 접종하여 pH 4.15, 산도 0.75%이었고 배양시간 약 6시간이 가장 좋은 점수 7.4점을 얻어 제품에 대한 평가가 좋다(good)로 나타나 제품으로써의 가치가 있는 것으로 평가되었다.

42°C에서 고온균 혼합균주 2%를 접종하며 pH 5.29, 산도 0.88%, 배양시간 약 6시간 일 때에는 6.13의 점수를 얻어 만족한다(satisfactory)라고 평가되었으나 신맛이 강한 것으로 나타났다.

27°C에서 중온균 혼합균주 2%를 접종하여 pH 5.29, 산도 0.38%, 배양시간 약 8시간 일 때에는 3.1의 점수를 얻어 불완전하다(imperfect)라는 평가를 받았고, 유청의 좋지 못한 냄새가 났다는 지적을 받아 제품으로의 가치가 없는 것으로 나타났다.

결론적으로, 유청 음료 제조시의 최적 조건은 37°C에서 고온균 2%를 접종하여 pH 4.15와 산도 0.75%, 배양시간은 약 6시간이 가장 좋은 평가를 받았다.

요 약

농축유청으로부터 유청음료 제조를 위한 최적조건을 조사하기 위해 역삼투장치(reverse osmosis system)를 사용하여 치즈유청 속의 유당을 농축한 후 β-D-galactosidase로 가수분해시켜 그 분해정도를 HPLC(high performance liquid chromatography)로 측정하였다.

유당의 가수분해 정도는 농축전 유청, 2배 농축 유청과 3배 농축 유청 순으로 가수분해되었고 일정

량의 효소첨가에 의해 농축된 염이  $\beta$ -D-Galactosidase에 대한 약간의 저해작용을 일으켰다.

효소 첨가량의 최적조건은 농축되지 않은 유당의 경우는 2%, 2배 및 3배 농축 유당의 경우는 3%의 첨가에 반응 4시간 후의 것이었다. 효소 3% 첨가시에는 3배 농축 유당에서 70% 이상이 가수분해되었다.

그외에도 유산균에 의한 발효유청의 변화를 조사하였다. 기호도 검사결과 37°C에서 고온균 2%를 접종하여 6시간 배양 후 pH 4.2와 산도 0.7%로 배양한 것이 가장 좋았다.

### 감사의 말

본 연구는 1991년도 한국과학재단의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

### 참고문헌

1. Kosikowsky, F.V. 1979. Whey utilization and whey products. *J. Dairy Sci.* **62**: 1149-1160.
2. 농림수산부. 1989. 낙농관계자료, 한국유가공협회.
3. 김영교. 1987. 세계의 치즈 수급현황과 국내 치즈의 개발전망. 치즈가 국민건강에 미치는 영향. 제 4회 학술세미나, 보건신문사.
4. Kennedy, J.P. 1985. The utilization of whey. *J. Cultured Dairy Sci.* **20**, 1.
5. Holsinger, V.H. 1974. Whey beverages-A Review. *J. Dairy science*, **57**, 8, 849.
6. Holsinger, V.H. 1978. Lactose-modified milk and whey. *J. Food technology.*, **32**: 35.
7. Zadow, J.G. 1984. Lactose-properties and use. *J. Dairy Sci.*, **67**, 11.
8. Rexroat, M., Bradley, R.L. 1986. Stability of con-

- centrated, decolorized deionized hydrolyed whey permeate. *J. Dairy Sci.* **69**: 1792-1766.
9. Hourigan, J.A. 1984. Nutritional implications of lactose. *The Australian J. Dairy Technology.* **9**.
10. Aurand, L.W., Woods, a.E., and Wells, M.R. 1987. Food Composition and Analysis. Avi, New York.
11. Mahoney, R.R. and Whitaker, J.R. 1978. Purification and physicochemical properties of  $\beta$ -galactosidase from *kluyveromyces fragilis*. *J. Food Sci.* **43**.
12. Chin, C.P. and Kosikowski, F.V. 1985. Hydrolyzed lactose syrup concentrated sweet whey permeates. *J. Dairy Sci.* **68**: 16-22.
13. Jeon, I.J. and V.R. Manta. 1985. High performance liquid chromatography analysis of oligosaccharides formed during  $\beta$ -galactosidase action on lactose. *J. Dairy Sci.* **68**: 581-588.
14. Eber, J.R. and Bunner, J.R. 1979. Determination of lactose in milk products by high performance liquid chromatography. *J. Dairy Sci.* **62**: 685-690.
15. Jeon, J.R., Galitzer, S.J. and Hennessy, K.J. 1984. Lapid determination of lactose and its hydrolyzates in whey and whey permeate by high performance liquid chromatography. *J. Dairy Sci.* **67**: 884-887.
16. 이용규, 송명희, 전순배. 1982. 고속액체 크로마토그래피에 의한 유제품 중의 당의 정량. *Korean J. Anim. Sci.* **24**(4): 326-331.
17. A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, U.S.A.
18. 김광옥, 이영춘. 1989. 식품의 관능검사. 학연사. pp. 144.
19. Tamime, A.Y. and Robinson, R.K. 1983. Yougurt-Science and Technology, Pergamon press.
20. 식품공전. 1990. 한국식품공업협회, pp. 85-87.

(Received December 16, 1991)