



## 원유를 두유에 첨가한 혼합액으로 Mozzarella Cheese Analogue 제조에 관한 연구

†이준하<sup>1</sup> · †송광영<sup>2</sup> · 서건호<sup>2</sup> · 윤여창<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 동물생명과학대학 축산식품생명공학전공

<sup>2</sup>건국대학교 수의과대학 및 KU 식품안전연구소

### Production of a Mozzarella Cheese Analogue by Using Raw Milk and Soy Milk Blends

†Joon-Ha Lee<sup>1</sup>, †Kwang-Young Song<sup>2</sup>, Kun-Ho Seo<sup>2</sup> and Yoh-Chang Yoon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, College of Animal Bioscience & Technology,  
Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

<sup>2</sup>KU Center for Food Safety and College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

#### Abstract

The study was conducted to evaluate the feasibility of Mozzarella cheese analogue generation by using a mixture of soy milk and raw milk and to compare the quality of the resultant cheese with that of Mozzarella cheese manufactured using the traditional method. The mixtures showed increase in protein and decrease in lactose and SNF in a dose-dependent manner with the addition of soy milk. The Mozzarella cheese analogue had lower total solids content than the control cheese product, while the fat content was similar between both. The analogue cheese had lower ash content than the traditionally prepared cheese; the content was proportional to the amount of soy milk in the mixture. Higher soy milk quantities within mixtures also resulted in proportionally higher levels of fat content within analogue cheese. Water-soluble nitrogen content was lower in the analogue cheese than in the control cheese. While the WSN level increased in the control cheese, it was almost constant in the analogue cheese. The control cheese had much higher actual and predicted yield than the analogue cheese, while the analogue cheese had a higher stability level. The control cheese had a higher transfer rate than the analogue cheese, with the exception of lactose. Electrophoresis analysis showed bands for Mozzarella cheese analogues that were present in addition to the normal  $\alpha$ -casein and  $\beta$ -casein bands. Physical characteristic analysis showed that hardness was affected by the addition of soy milk to cheese, while cohesiveness and brittleness were affected by the addition of raw milk, and elasticity was barely affected by milk composition. The meltability of the control cheese was higher than that of the analogue cheese and increased during 30 days of storage at 4°C. Browning, oiling-off, and stretching characteristics were almost identical between the 2 types of cheeses. Sensory evaluation findings showed that the control cheese had much better body texture, appearance, and flavor than the analogue cheese.

Keywords: Mozzarella cheese analogue, raw milk, soymilk, quality

\* These authors contributed equally to this study.

\* Corresponding author: Yoh-Chang Yoon, Dept. of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, College of Animal Bioscience & Technology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea. Tel: +82-2-450-3692, Fax: +82-2-458-7305, E-mail: ychoon@konkuk.ac.kr

#### 서론

모짜렐라 치즈의 소비가 급격하게 증가하고, 적당한 공급가로 일정하게 공급하기 어려워지면서, 치즈 제품의 새

로운 공정을 개발하거나 모짜렐라 치즈의 대용품을 만들어야 했다. 유제품 성분의 한정적인 공급과 카제이네이트의 높은 가격 때문에, 대두단백이 모짜렐라 아날로그의 제조에 사용되곤 하였다(Taranto and Yang, 1981). 대두로 만든 모짜렐라 치즈 아날로그는 카제인으로 제조한 모짜렐라 치즈 아날로그보다 안정성과 실질적인 가격 우위에 있어 높은 경쟁잠재력이 있다(Keily *et al.*, 1991). 모짜렐라 치즈 아날로그는 저수분 모짜렐라 치즈에서 나타나는 풍미의 문제점은 없지만, 모짜렐라 치즈 아날로그의 몸체가 녹을 때 스트레칭이 잘 되지 않고, 과도한 카제이네이트를 사용하게 하는 문제점이 있다. 그리고 대두 단백질로 만든 모짜렐라 치즈 아날로그는 짧은 냄새, 이상한 풍미, 갈색을 야기한다 (Kosikowski and Mistry, 1997). 현재 저지방 모짜렐라 치즈를 발전시키는데 초점을 맞추고 있다. Tunick 등(1991; 1993), Fife 등(1996), Perry 등(1997)은 지방 함량 9~11%, 2.2~5.0%, 6.0~6.4%의 모짜렐라 치즈를 개발하였다. Tunick 등(1995)은 조직, 멜팅, 스트레칭 품질이 좋은 저지방 모짜렐라 치즈를 고안하였다.

대두단백을 분리, 주화시켜 만든 농축 대두단백은 볼로니아, 프랑크푸르트, 피자 토핑, 타고 고기, 미트볼, 미트 패티와 솔즈베리 스테이크 등에 이용될 수 있다. 농축 대두단백에는 지방 함량은 적고 단백질 함량은 높아서 수분을 더 오래 유지할 수 있다. 대두단백 성분은 이미테이션 우유, 이미테이션 치즈, 후로존 디저트, 크림, 커피 프림, 두유 등 낙농품의 여러 부분에 사용된다. 대두단백은 비용을 줄일 수 있고, 영양가는 향상시키며, 신경과민을 줄이고, 유당불내증을 완화시키고, 기능적 특성을 강화시킨다. 또한 대두단백은 겔의 형태로 수분과의 결합력을 기본으로 하여 지방 대체제로 이용할 수 있다(Giese, 1994). 대두단백은 아미노산 패턴의 균형이 잘 맞춰져 있는 단백질 중에서도 좋은 편에 속한다(Smith and Circle, 1972). 대두단백은 동양의 많은 사람들의 식생활에 주요한 단백질 공급원으로 사용되었다. 이러한 영양학적 측면과 명성에도 불구하고, 콩에서 추출한 음료는 다른 지역에서는 제한되었는데, 주로 불쾌취 때문이었다. 그 문제를 해결하려는 시도는 겨우 부분적으로 성공했을 뿐이다. 그 불쾌취의 중요한 요인은 효소의 체계와 지방분해효소이다(Wilkens *et al.*, 1967). 일정 온도 아래에서 콩을 갈거나 수분에 노출할 때마다 즉시 효소 불활성을 나타내는 반응으로 나타났다(Nelson *et al.*, 1971). 하지만 높은 단백질 회수로 부드러운 두유는 유아, 어린이, 어른에게 경제적인 단백질 원이 될 수 있기 때문에 중요하다(Kim *et al.*, 1990). 또한 우유의 유당을 소화하지 못하는 사람들에게도 이용될 수도 있다(PAG, 1972).

치즈는 단백질의 품질이 뛰어난 뿐 아니라 높은 함량을

가지고 있기 때문에 전 세계적으로 각광을 받고 있다(Chon *et al.*, 2012). 그럼에도 불구하고 중요한 한 가지 단점은 가격이 높다는 것이다. 대두 제품은 가격이 저렴하면서도 풍부한 단백질원이고, 품질 또한 뛰어나다(Wolf and Cowan, 1975). 그래서 대두단백을 이용한 치즈 아날로그의 제조방법과 이용방안에 대한 방법을 연구하고자 하였다.

따라서, 본 연구는 두유로 만든 모짜렐라 치즈 아날로그의 조직과 풍미를 향상시키기 위해, 두유와 원유를 혼합한 혼합액으로 모짜렐라 치즈 아날로그를 제조하여 재래식으로 제조한 모짜렐라 치즈와 비교하여 모짜렐라 치즈 아날로그의 이용가능성을 모색하는데 그 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료

건국유업에서 각종 원유검사에서 합격한 양질의 원유를 구입하여 사용하였다. 공시균주는 *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* : *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*을 1:1로 혼합 동결한 균주인 TCC-3(Chr. Hansen, Denmark)을, 응유효소인 rennet는 Standard plus 900 제품(Chr. Hansen, Denmark)을 사용하였다.

### 2. 두유의 제조

백태(soy)를 농협에서 구입하여 soy milk를 제조하였다(Fig. 1). 원료대두 100 g을 깨끗하게 수세한 후 10배의 수돗물(14~20℃)로 12시간 동안 침지한 후 건져내어 수분을 제거한 후, 원료콩 무게의 2배의 물을 가하여 mixer(MIX 800, Dongyang Magic Co. Korea)로 5분간(85,000 rpm) 마쇄한 후, 소형탈수기(W-60T, Hanil Electric Co. Korea, 1,650 rpm)로 탈수하여 생두유를 얻었다.

### 3. 모짜렐라 치즈 아날로그 제조

원유를 공시재료로 하여 대조구는 전통적인 방법에 의해 제조하였고(Kosikowski, 1982), 처리구는 대두를 이용하여 두

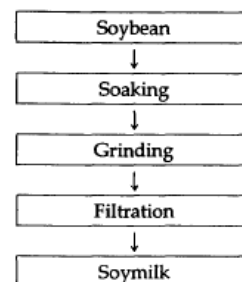


Fig. 1. The manufacturing procedure for soymilk.

유를 제조한 후 soy base로 제조한 모짜렐라 치즈 아날로그와 그 두유와 원유의 비율을 1, 2, 3으로 혼합시킨 혼합액을 살균(80°C/20분), 냉각(4°C), 정지, 성형, 건조 및 포장한 후 분석실험을 하였다(Fig. 2, 3, 4). 두유와 원유와의 혼합 비율은 Table 1에 나타나 있다. 안정제를 첨가한 후 만든 모짜렐라 치즈 아날로그를 4°C에서 30일간 보관하면서 매 10일마다 샘플을 비교 분석하였다.

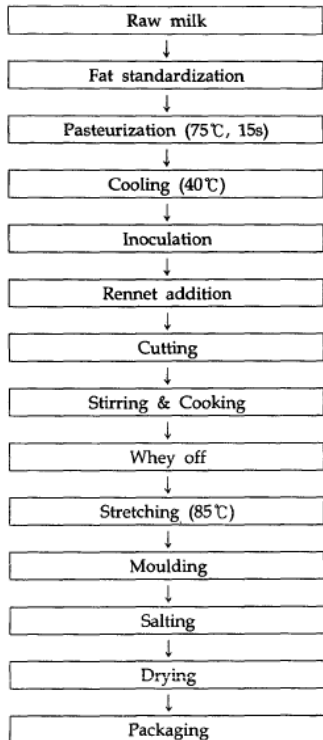


Fig. 2. The manufacturing procedure of Mozzarella cheese by traditional method.

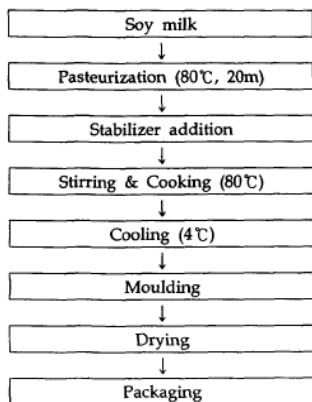


Fig. 3. The manufacturing procedure of Mozzarella cheese analog by using soy milk.

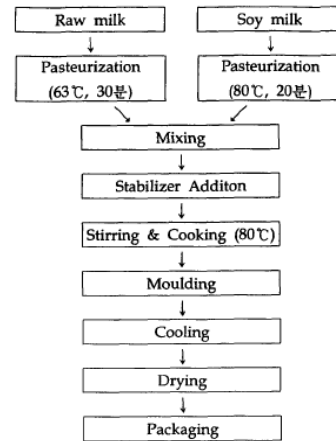


Fig. 4. The manufacturing procedure of Mozzarella cheese analog by mixture with raw milk and soy milk.

Table 1. Rate of mixture with soy milk and raw milk

Control	Raw milk	R
	Soy milk : Raw milk = 1:1	A
	Soy milk : Raw milk = 1:2	B
	Soy milk : Raw milk = 1:3	C
Treatment	Soy milk : Raw milk = 2:1	D
	Soy milk : Raw milk = 3:1	E
	Soy milk	F

4. 모짜렐라 치즈 원료유인 원유(Raw Milk), 두유(Soy milk), 혼합액(Mixture)의 성분 분석

공시재료인 원유, 두유, 혼합액(원유와 두유를 각각 살균한 후 혼합한 것)의 의 일반성분은 Dairy Lab 2(Bentley II, Bentley Co. USA)를 이용하여 지방, 단백질, 유당, 무지고형분을 분석하였다.

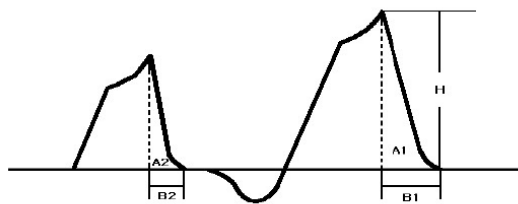
5. 모짜렐라 치즈 아날로그의 성분 분석

A.O.A.C.(1995) 방법에 의해 (1) 우유 및 유청의 pH(pH meter, Orion 420A, USA)와 산도(TA)가 측정되었고, (2) 총 고형분은 칭량용기에 치즈 5 g을 넣고 105°C에서 24시간 건조후 무게를 측정하여 고형분 함량을 산출하였고, (3) 회분은 도가니에 치즈 5 g을 넣고 550°C 회화법으로 5시간 회화한 후 회백색의 회분을 측정하여 회분 함량을 산출하였고, (4) 지방은 Whatman #42 여과지에 치즈 1 g을 싼 후 유기용매인 ether를 이용해서 지방을 측정하는 Soxhlet 추출법으로 지방 함량을 산출하였고, (5) 유당은 Fehling 용액을 이용하여 산화제1동(Cu<sub>2</sub>O)을 측정하는 Munson-Walker법을 이용하여 유당함량을 산출하였고, (6) 단백질은 micro-Kjeldahl법을 이용하여 질소함량을 구한 후 여기에 우유 및 유제품

의 질소계수 6.38과 콩 및 콩제품의 질소계수 5.71을 모짜렐라 치즈 아날로그의 제조비율별로 곱하여 단백질의 양으로 정량하였다. (7) 수용성 질소(Water soluble nitrogen) 및 비단백태 질소(Nonprotein nitrogen) 화합물은 Christensen 등(1991)의 방법에 따라 모짜렐라 치즈 아날로그 10 g을 0.1 M citrate buffer(pH 8.5) 200 mL에 균질, 용해한 후 분석하였다. (8) SDS-polyacrylamide gel 전기영동(SDS-PAGE)은 Laemmli(1970) 방법에 따라 12%의 acrylamide separating gel과 5% acrylamide stacking gel을 사용하여 Mini Gel(Eido, Japan, 1999) 전기영동장치에 의해 수행되었다. (9) 치즈의 물성측정은 Bourne(1978)의 방법에 따라 치즈를 가로, 세로를 각각 2.5 cm로 절단하여 Fudoh Rheometer(Model NRM-2001, Fudoh Kogyo Co. Japan)를 이용하여 측정하였다(Fig. 5). (10) 용융성(Melt ability)은 Nilson과 LaClair(1975)의 방법으로 분석하였다. (11) 갈변화(Browning)와 신장성(Stretching)은 Partridge(1980)의 방법에 따라 가열에 따른 변화를 확인하였다(Table 2). (12) 관능검사(Sensory evaluation)는 Bodyfelt 등(1965)의 방법을 변형시켜서 풍미, 조직, 외관, 색깔, 굳기 등의 5가지 항목에 대해서 조사를 하였다.

6. 통계 분석(Analysis of Statistics).

분석 결과에 따른 통계 분석은 SAS-PC 프로그램(SAS version 6.12, 1995)을 이용하여 완전임의배치법(C.R.D)에 의거하여 Duncan 다중검정과 F 검정을 하였다.



Hardness: H Cohesiveness: A2/A1 Elasticity: B2/B1  
Brittleness: Hardness × Cohesiveness × Elasticity

Fig. 5. Rheometer texture profile analysis of Mozzarella cheese sample.

Table 2. Grading system for pizza tests

Grade	Stretchability	Browning
1	Excellent	None
2	Good	Slight
3	Fair	Moderate
4	Poor	Pronounced
5	Unsatisfactory	Extensive

결과 및 고찰

1. 원유, 두유 및 혼합액 성분 분석

모짜렐라 치즈 아날로그의 원유, 두유 및 혼합액의 일반 조성은 Fig. 6과 같다. 두유의 지방 함량이 더 적은 것으로 나타났으며, 두유 첨가량이 많을수록 단백질 함량이 더 높게 나타났다. 고행분의 경우, 두유가 원유보다 적게 나타났고, 또 두유 첨가량이 많을수록 유당과 고행분의 양이 적은 것으로 나타났다. 각 처리군 간에 고도의 유의차( $p < 0.01$ )를 나타내었으며, 고행분은 원유가 가장 높게 나타났고, 지방은 샘플 C가 가장 높게 나타났으며, 단백질은 샘플 A가 가장 높게 나타났고, 유당은 대조구가 가장 높게 나타났다. 콩의 일반성분의 분석 결과는 수분 함량 7.41~10.84% 범위이고, 조단백질 함량은 건물 중으로 나타내면 37.42~44.37% 범위이며, 조지방 함량은 17.22~21.17% 범위이다. 그리고 가용성 무질소물의 함량과 회분의 함량은 각각 26.12~31.41%, 5.10~6.02% 범위이다(Kim et al., 1990). 본 실험 결과에서도 고행분의 양에 비해 두유의 단백질 함량이 매우 높은 것을 알 수 있다.

2. 모짜렐라 치즈 아날로그의 일반 성분 분석

1) 총 고행분(Total solid)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간 총 고행분 함량의 비교 및 저장기간 동안의 총 고행분의 함량 변화는 Fig. 7에 나타나 있다.

원유로 제조한 모짜렐라 치즈의 총 고행분은 45.2%로 가장 높았고, 두유로 제조한 모짜렐라 치즈 아날로그(샘플 F)의 총 고행분은 44%이었으며, 샘플 A는 34%, 그리고 샘플 B, 샘플 C, 샘플 D, 샘플 E는 각각 27%, 23.2%, 34%, 36%를 나타내었으며, 샘플 C의 총 고행분 함량이 가장 낮은 것

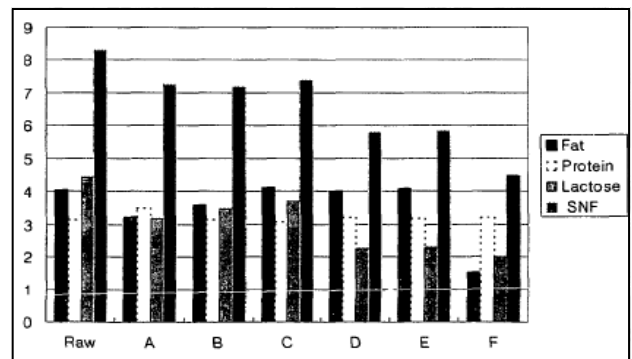


Fig. 6. Comparison of components in raw materials.

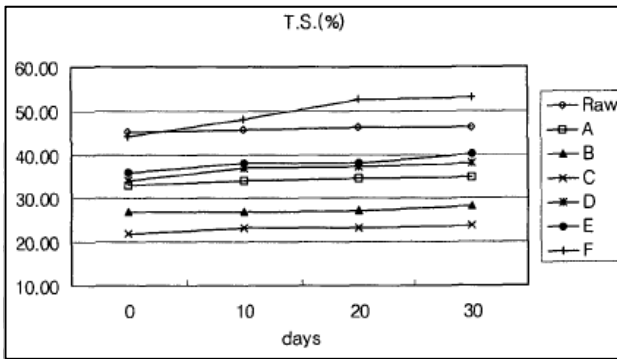


Fig. 7. The change of total solid content during 30 days at 4°C.

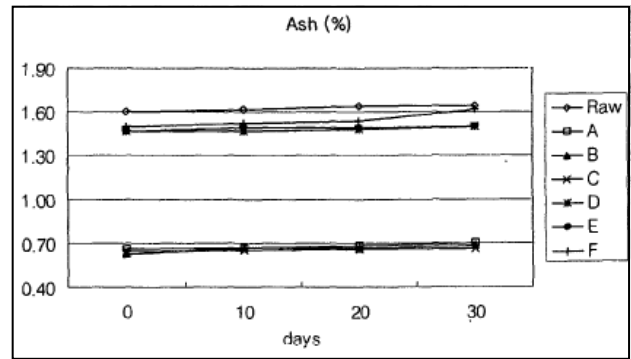


Fig. 8. The change of ash content during 30 days at 4°C.

으로 나타났다. 샘플 A, B, C, D, E, F 모두에서 총 고형분은 대조구와 처리구간, 그리고 저장기간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 모든 샘플들의 저장기간 동안 총 고형분은 증가하는 경향을 보였다. 이는 수분 증발에 의한 것으로 사료된다. 콩치즈는 침전방병에 따라 수분 함량이 다르기는 하지만, 보통 77~85%이다 (Hang and Jackson, 1967). Hang 등(1967)은 처음 치즈 제조시 수분 함량이 76%에서 63일 숙성 후에는 67% 정도 되었다고 보고하였고, Matsuura 등(1997)은 처음 수분 함량이 75%에서 3주간 숙성 후에는 65%로 감소하였다고 보고하였다. 본 실험에서도 수분 함량이 66~77%로 나타나 유사한 결과를 보였다. Kim과 Lee (1985)에 의하면 숙성 중 수분 함량의 변화는 치즈 제조시 압착 정도에 따라 상당한 차이가 있다고 하였다.

2) 회분(Ash)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간 회분 함량의 비교 및 저장기간 동안의 총 고형분의 함량 변화는 Fig. 8에 나타나 있다.

원유로 제조한 모짜렐라 치즈의 회분 함량은 1.605, 두유로 제조한 모짜렐라 치즈 아날로그(샘플 F)의 회분 함량은 1.50%로 비슷하게 나타났다. 혼합액으로 제조한 것 중에서는 두유의 양이 많을수록 회분 함량이 높은 것으로 나타났다. 샘플 C를 제외한 모든 샘플들이 대조구와 처리구 간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). Duncan grouping에서 대조구의 회분 함량이 가장 높았으며, 처리구 중 원유의 양이 많았던 샘플이 두유의 양이 많았던 샘플보다 회분 함량이 더 높은 것으로 나타났다. 콩의 일반 성분 분석 결과는 회분이 5.10~6.02%로 나타나 있으나, 콩치즈 및 혼합액으로 제조한 치즈 아날로그의 회분 함량은 콩 자체의 회분보다는 낮게 나타났다. 회분의 함량은 모짜렐라 치즈, 샘플 F, 샘플 E, 샘플 D가 각각 1.60%, 1.50%, 1.47%, 1.47% 순으

로 나타났다. 모든 샘플들이 저장기간 동안 고도의 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 샘플의 회분 함량이 아주 미미하였기 때문에 함량에 별 차이가 없다고 사료된다.

3) 지방(Fat)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간 비교 및 저장기간 동안의 지방 함량의 변화는 Table 3에 나타나 있다.

샘플 A, B, C, D, E, F 모두에서 지방 함량은 대조구와 처리구 간에 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 본 실험에서는 soy base의 지방 함량을 4%로 조정하여 제조하였다. 원유로 제조한 모짜렐라 치즈(24.39%)보다 두유만으로 제조한 샘플 F(2.02%)의 지방 함량이 훨씬 낮은 것으로 나타났고, 처리구의 지방 함량은 1.89~1.98%의 분포로 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 두유만으로 제조한 모짜렐라 치즈 아날로그의 지방 함량이 혼합액으로 제조한 모짜렐라 치즈 아날로그보다 지방 함량이 높은 것은 soy base에 조정하여 첨가한 지방이 더 잘 유화되었기 때문으로 사료된다.

모든 샘플들이 저장기간 동안 고도의 유의차를 나타내었

Table 3. The change of fat content during 30 days at 4°C (Unit: %)

	0	10	20	30
Raw	24.39 <sup>a</sup>	24.29 <sup>b</sup>	24.26 <sup>b</sup>	24.26 <sup>b</sup>
A	1.96 <sup>a</sup>	1.94 <sup>b</sup>	1.93 <sup>c</sup>	1.93 <sup>c</sup>
B	1.92 <sup>a</sup>	1.89 <sup>b</sup>	1.87 <sup>c</sup>	1.86 <sup>c</sup>
C	1.89 <sup>a</sup>	1.87 <sup>b</sup>	1.87 <sup>b</sup>	1.86 <sup>c</sup>
D	1.96 <sup>a</sup>	1.95 <sup>b</sup>	1.94 <sup>c</sup>	1.94 <sup>c</sup>
E	1.98 <sup>a</sup>	1.97 <sup>b</sup>	1.96 <sup>c</sup>	1.96 <sup>c</sup>
F	2.02 <sup>a</sup>	2.02 <sup>a</sup>	1.98 <sup>b</sup>	1.98 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> Means in a row with different superscript differ significantly ( $p < 0.01$ ).

으며( $p < 0.01$ ), 저장기간 동안 약간의 감소 경향을 보였다.

콩의 조지방 함량은 17.22~21.17% 범위이다(Kim *et al.*, 1990). 콩 자체의 조지방 함량은 꽤 높은 것으로 나타나 있으나, 콩으로 만든 두유의 지방 함량은 적은 것으로 나타났다. 지방은 용해성과 열안정성뿐만 아니라, 기호성에 매우 중요하다(Lundstedt and Lo, 1974). 그러므로 조식의 특성은 지방 함량에 반영된다. 저수분 부분 탈지유 모짜렐라 치즈는 지방 함량 17.4%와 수분 함량 46.5%를 외부조절에 의한 것이 포함된다.

4) 유당(Lactose)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간 비교 및 저장기간 동안의 유당 함량의 변화는 Fig. 9에 나타나 있다.

원유로 제조한 모짜렐라 치즈의 유당함량이 1.68%였고, 두유로 만든 모짜렐라 치즈 아날로그의 유당함량은 훨씬 적은 0.22%이었다. 모든 샘플들이 대조구와 처리구 간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 샘플 중 원유의 양이 많을수록 유당함량이 증가하는 것으로 나타났다. 두유의 양이 많은 샘플일수록 유당의 함량은 거의 나타나지 않았는데, 이는 다른 성분들에 비해 유당의 함량이 낮기 때문이라고 사료된다.

대조구와 새플 A, B, C, F에서 저장기간 동안 약간 감소하는 경향을 나타내었으며, 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 하지만, 매우 적은 양이었기 때문에 유당의 함량에는 별 차이가 없었다.

5) 단백질(Protein)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간 비교 및 저장기간 동안의 단백질 함량의 변화는 Fig. 10에 나타나 있다.

두유의 pH를 알칼리성으로 조절하면 고흡분의 양과 단

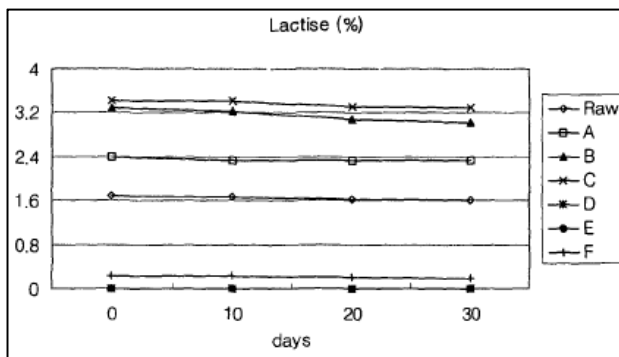


Fig. 9. The change of lactose during 30 days at 4°C.

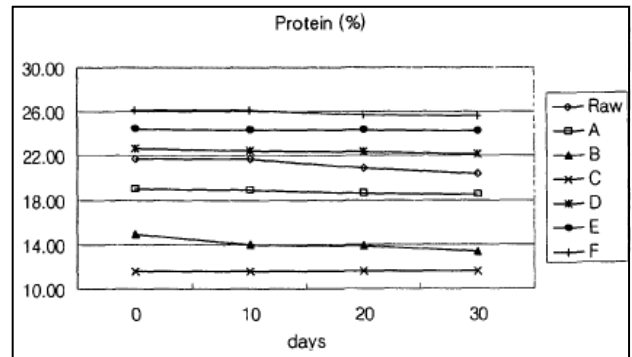


Fig. 10. The change of protein content during 30 days at 4°C.

백질 수율 그리고 가용성 질소화합물의 비율이 증가한다(Yoo and Lee, 1986). 그러나 실험에서 두유의 양이 많을수록 단백질의 함량이 더 낮은 것은 두유의 양이 많을수록 soy base에 첨가물 양이 더 많아져서 상대적으로 단백질의 양이 떨어졌기 때문이라고 사료된다.

모든 샘플이 처리구 간에 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 두유만으로 제조한 샘플 F의 단백질 함량이 26.16%로 가장 높게 나타났고, 그 다음이 샘플 E(24.50%), 샘플 D(22.70%) 순으로 나타났으며, 샘플 C가 11.59%로 가장 낮게 나타났다. 샘플 C를 제외한 모든 샘플에서 저장기간 동안 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 저장기간 동안 단백질의 함량은 약간의 감소 경향을 나타내었다. 저장기간 동안 대조구의 단백질 함량의 감소는 현저하게 나타났으나, 처리구의 감소량은 매우 적은 것으로 나타났다.

콩에 함유된 단백질 추출시 가장 높은 비율은 차지하는 분획(fraction)은 클리시닌인데, 이 분획은 초원심분리방법을 이용한 콩 단백질 분리시 11S와 동일한 성분인 것으로 알려져 있다. 산 첨가, 응고제 첨가, 유산 발효에 의한 콩치즈에서 단백질 함량은 52~56%로 나타났다(Hang and Jackson, 1967). 안정제로 응고시켜 만든 본 실험의 치즈 아날로그의 단백질 함량은 훨씬 적게 나타났다.

6) 수용성 질소화합물(Water Soluble Nitrogen: WSN)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간 비교 및 저장기간 동안의 수용성 질소화합물 함량의 변화는 Fig. 11에 나타나 있다.

모든 샘플이 대조구와 처리구 간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 샘플 C(0.14%)가 가장 낮았다. 모든 샘플들이 저장기간 동안 유의차를 나타내지 않았다. 원유로 제조한 모짜렐라 치즈의 수용성 질소화합물은 저장기간 동안 증가한 반면, 두유의 혼합액으로 제조한 모짜렐라 치즈 아날로그는 저장기간 동안 별 차이를 나타내지 않았다. Hang

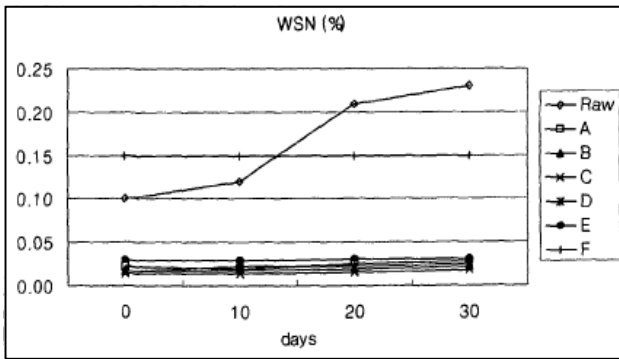


Fig. 11. The change of WSN content during 30 days at 4°C.

과 Jackson(1967)이 두유에 *Str. thermophilus*만을 접종하여 제조한 치즈는 20°C에서 9주간 숙성에도 수용성 질소의 함량의 변화가 없으나, 렌넷을 더 첨가한 치즈에서는 수용성 질소 함량이 현저히 증가하였다고 보고하였다. 이는 렌넷이나 기타 단백분해효소에 의한 분해 결과, 비단백태 질소가 증가함을 나타낸다. 본 실험에서는 효소의 첨가가 전혀 없었기 때문에 수용성 질소화합물의 함량과 비단백태 질소의 함량이 숙성기간 중에도 거의 변화가 없었다고 사료된다.

7) 비단백태 질소화합물(Non-Protein Nitrogen: NPN)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간 비교 및 저장기간 동안의 비단백태 질소화합물 함량의 변화는 Fig. 12에 나타나 있다. 모든 샘플이 대조구와 처리구 간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). Duncan grouping에서 샘플 F가 비단백태 질소화합물의 함량이 가장 많은 것으로 나타났고, 혼합액 중 두유의 첨가량이 많았던 샘플 E, F가 같은 group으로 나타났으며, 원유의 첨가량이 많았던 샘플 A, B, C와 대조구가 같은 group으로 나타났다. 모든 샘플들이 저장기간에 있어서 유의차를 나타내었는데( $p < 0.01$ ), 저장기간 동안 증가하는 경향을 보였다. 비단백태 질소는 우유에 15% Trichloroacetic

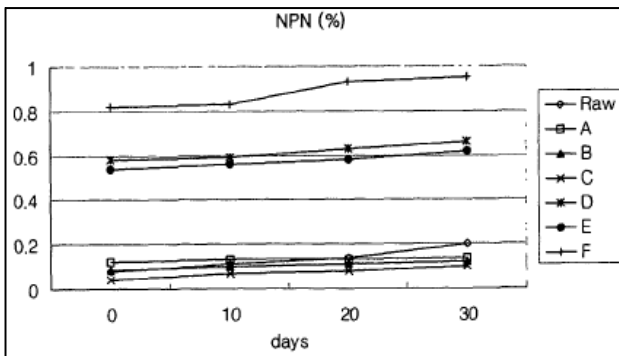


Fig. 12. The change of NPN content during 30 days at 4°C.

acid(TCA)를 첨가하여 전 단백질의 침전, 분획한 후에 No.2 여과지로 여과한 용액 중에 함유되어 있는 질소이다. 우유에는 주로 유청단백에서 유래한다.

3. 모짜렐라 치즈 아날로그의 이화학적 성질분석

1) pH 및 적정 산도(pH and TA)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간의 pH 비교 및 저장기간 동안 pH의 변화는 Fig. 13에 나타나 있고, 각 샘플간의 적정 산도의 비교 및 저장기간 동안의 적정 산도의 변화는 Fig. 14에 나타나 있다. 모든 샘플이 대조구와 처리구 간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 대조구가 가장 높은 pH(6.52)를 나타내었고, 샘플 F가 가장 낮은 pH(5.3)을 나타내었다. 두유 자체의 pH는 6.35~6.45이었으나, 모짜렐라 치즈 아날로그의 pH는 그것보다 더 낮은 것으로 나타났다.

전통적인 모짜렐라 치즈 제조에서 임계 pH(5.2~5.4)는 치즈 커드의 스트레칭에 매우 중요하다. Yang과 Taranto(1982)는 치즈 아날로그의 조직에 대한 pH를 연구하고 soy base의 pH를 7.5로 조정하여 치즈 아날로그를 제조하였다. 또한 soy base의 pH가 7.5일 때 가장 강도가 높았다고 하였다. pH

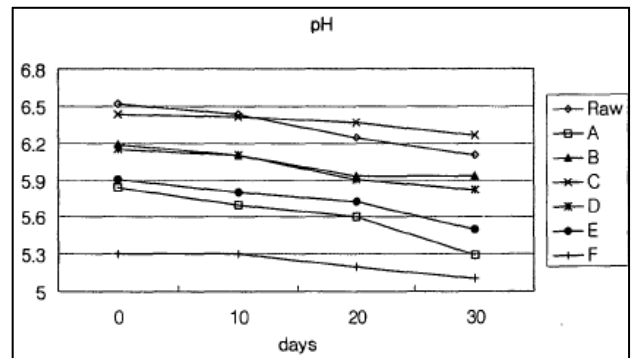


Fig. 13. The change of pH content during 30 days at 4°C.

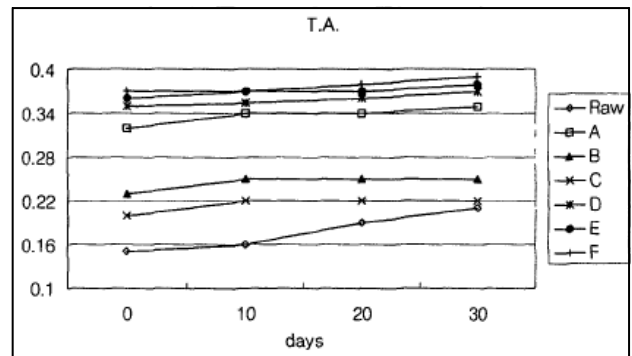


Fig. 14. The change of TA content during 30 days at 4°C.

의 변화는 응집성과 점착성에도 영향을 끼친다고 하였다.

본 실험에서의 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플들 중 원유의 양이 많은 샘플은 저장기간 동안 pH 감소가 현저하였으나, 두유의 양이 많은 샘플은 저장기간 동안 pH 5.0을 유지하였다. Kim과 Lee(1985)의 유청과 두유의 공동침전으로 제조한 치즈의 pH가 두유만으로 제조한 치즈는 전 숙성기간을 통해 pH 5.0 정도를 유지하였으나 공동침전에 의한 치즈들은 숙성 중 pH가 감소하여 5~6주에 4.2~4.3에 이르렀고, 이후에는 별 변동이 없었다.

2) 전기영동(Electrophoresis)

모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그의 단백질을 전기영동으로 조사한 것이 Fig. 15에 나타나 있다. 모짜렐라 치즈를 전기영동상으로 살펴보면 casein의 특징적인 분류를 보인다. 대부분의  $\alpha_{s2}$ -와  $\alpha_{s1}$ -casein은 다량의 단편 단백질로,  $\beta$ -casein은  $\gamma_3$ -casein으로,  $\kappa$ -casein은 para- $\kappa$ -casein과 macropeptide로 되어 분류되는 것으로 나타낸다. Tunick 등(1989)의 실험에서 모짜렐라 치즈와 sodium caseinate로 제조한 모짜렐라 치즈가 전기영동 결과에서 거의 비슷하게 나타났지만,  $\alpha$ -casein 밴드가 좀 약해진 것으로 나타났고, 0, 1, 2% calcium caseinate가 첨가된 첨가의 밴드를 비교했을 때에는 일치하였다고 보고하였다. 본 실험에서도  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\kappa$ -casein 등이 비슷하게 나타났다. 따라서 전기영동으로 모

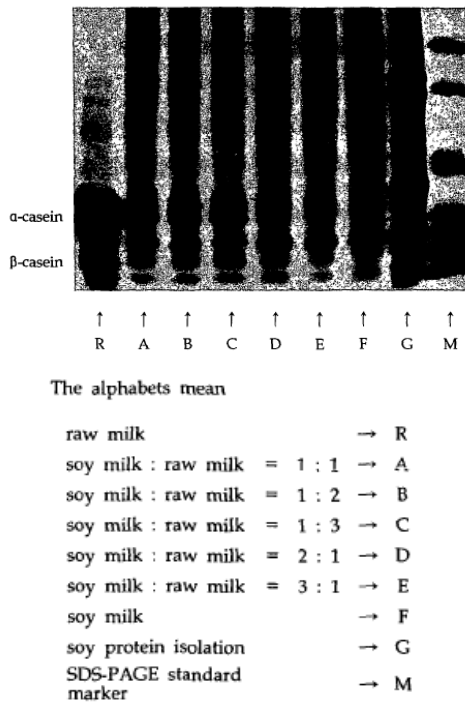


Fig. 15. Electropherograms of casein from Mozzarella cheese analogue.

짜렐라 치즈에서 매우 적은 양의 카제이네이트를 분류하는 것은 적합하지 않다고 하겠다(Tunick *et al.*, 1989).

우유의 주단백질인 casein의 분자량 범위는  $\alpha$ -casein이 22~23.7 Kd,  $\beta$ -casein은 23.0~24 Kd,  $\gamma$ -casein은 11.5~22.5 Kd이다. 콩에 함유된 단백질의 함량은 35~45% 범위인데, 이 단백질은 11S인 글리시닌과 7S인  $\beta$ -conglycinin이 주된 성분으로 이루어져 있다. 이 중 글리시닌은 분자량이 약 350 Kd 정도이며, 37~42 Kd 범위의 분자량을 갖는 산성 폴리펩타이드와 분자량이 17~20 Kd 범위의 분자량을 갖는 염기성 폴리펩타이드를 포함하여 6개 이상의 subunit로 구성되어 있다. 분자량 14.4~92.5 Kd 범위에서 콩 단백질의 주요 subunit은 66.2~92.5 Kd, 45~66.3 Kd, 31~45 Kd 및 14.4~21.5 Kd의 분자량 범위에서 각각 1개씩의 대분리대가 나타났으며, 이외에도 21개 이상의 소분리대가 존재함을 확인할 수 있었다고 한다(Kim *et al.*, 1990). 본 실험에서도 모짜렐라 치즈의 밴드에서는 casein의 밴드가 나타났으며, 두유로 제조한 모짜렐라 치즈 아날로그의 밴드에서는 casein의 밴드는 나타나지 않고, 콩 단백질의 밴드가 나타나 서로 상이하게 나타났다. 혼합액으로 제조한 모짜렐라 치즈 아날로그에서는 casein의 밴드와 콩단백에서 발견되는 밴드가 나타나, 모짜렐라 치즈에서 나타난 밴드 이상의 많은 밴드들이 발견되었다.

3) 물성 측정(Rheometer)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간의 경도, 탄성, 응집성, 부서짐성의 비교 및 저장기간 동안의 변화는 Fig. 16~19에 각각 나타나 있다. 모든 샘플이 대조구와 처리구 간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ).

경도는 대조구가 47.62로 가장 높게 나타났고, 샘플 F, E, D, A, B, C 순으로 나타났다. 탄성은 샘플 F가 0.84로 가장 높게 나타났으며, 샘플 E, D, A, B, C, 대조구 순으로 나타나 모짜렐라 치즈 아날로그의 두유 성분이 탄성에 영향을 끼친 것으로 보였다. 응집성은 대조구가 0.65로 가장 높은 수치를 나타내었으며, 샘플 F가 가장 낮은 수치(0.48)를 나타내었고, 그 외 처리구는 거의 비슷하게 나타났다. 부서짐성은 대조구가 가장 높게 나타났고(20.12), 샘플 F(17.04), E(14.28), D(11.96), A(9.39), B(4.24), C(1.58) 순으로 나타났다. 이는 수분 함량과 관계가 있는 것으로 사료된다.

모든 샘플들이 저장기간 동안 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 모든 샘플들이 저장기간 동안 물성이 감소하는 것으로 나타났다. Taranto와 Yang(1981)은 두유 모짜렐라 치즈 아날로그가 자연 모짜렐라 치즈보다 부서짐성과 강도가 더 좋은 것으로 나타났고, 점착성은 더 낮은 것으로 나타났으며,



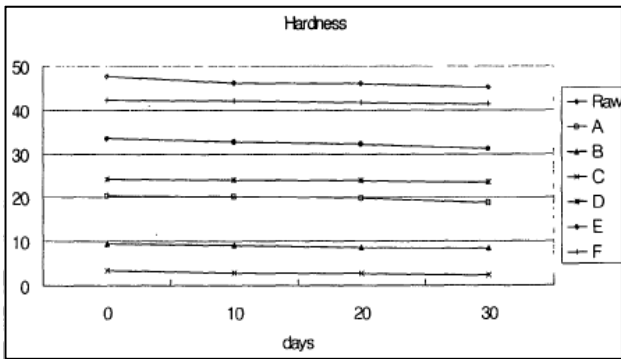


Fig. 16. The change of hardness during 30 days at 4°C.

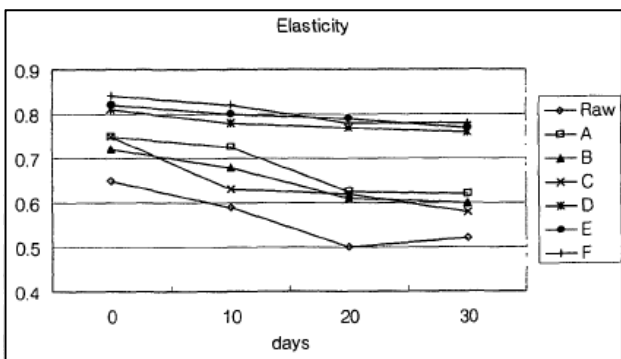


Fig. 17. The change of elasticity during 30 days at 4°C.

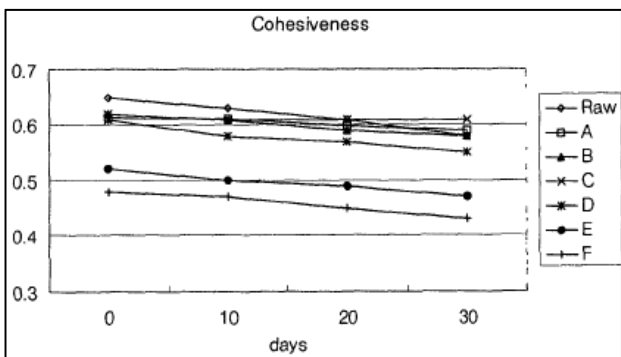


Fig. 18. The change of cohesiveness during 30 days at 4°C.

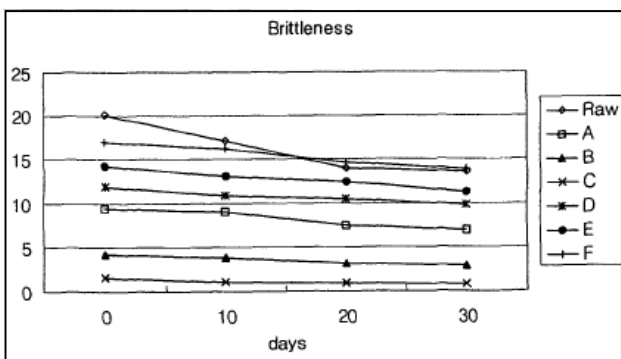


Fig. 19. The change of brittleness during 30 days at 4°C.

응집성과 탄성은 비슷한 것으로 나타났고, 탄력성과 저작성은 비슷하고, 점성은 더 좋은 것으로 나타났다고 하였다. 본 실험에서는 경도와 탄성 그리고 부서짐성은 모zzarella 치즈가 더 좋은 것으로 나타났고, 응집성은 비슷하다고 나타나서 약간의 차이를 보이기는 하지만 비슷한 결과로 나타났다.

#### 4) 용융성(Meltability)

원료유와 혼합액으로 제조된 모zzarella 치즈와 모zzarella 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간의 용융성 비교와 저장기간 용융성의 동안의 변화는 Fig. 20에 각각 나타나 있다. 모든 샘플이 대조구와 처리구간, 저장기간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 샘플 C가 용융성이 454.55%로 가장 좋은 것으로 나타났고, 샘플 F가 181.82%로 가장 나쁜 것으로 나타났다. 모zzarella 치즈는 저장기간 동안 용융성이 더 좋아진 것으로 나타났으나, 처리군들은 저장기간 동안 용융성이 나빠진 것으로 나타났다. 하지만, 샘플 A, B, C는 저장 10일까지는 용융성이 더 좋아졌던 것을 발견할 수 있었다.

피자치즈에서 가장 중요한 성질은 적당한 점착력과 충분한 신장성이고, 또 최소의 영킴으로 잘리거나 갈려야 한다. 오븐에서 shred는 피자 토핑의 다른 재료들과 그 모양을 유지하면서 신장성이 좋을 것이며, 충분한 oil을 방출할 것이다. 많은 식품에서 수분, 지방, 다당류 그리고 다양한 첨가제들을 보유하는 물질인 단백질 젤 조직은 매우 중요하다. 자연 모zzarella 치즈는 용융상태에서 모조플라스틱 같은 성질을 나타낸다. 용융된 모zzarella 치즈는 저장성을 요구하는 신장성을 가진다. 치즈 아날로그가 상품적으로 가치를 가지기 위해서는 이러한 성질이 비슷해야 하는 것이 아주 중요하다. Taranto와 Yang(1981)은 예비실험을 수행하여 자연 모zzarella 치즈의 조직성을 모방한 콩 단백질 젤의 실용가능성을 낮은 온도에서 응고시킨 것과 높은 온도에서 응고시킨 것의 용융성과 신장성을 비교하여 테스트했다. 콩

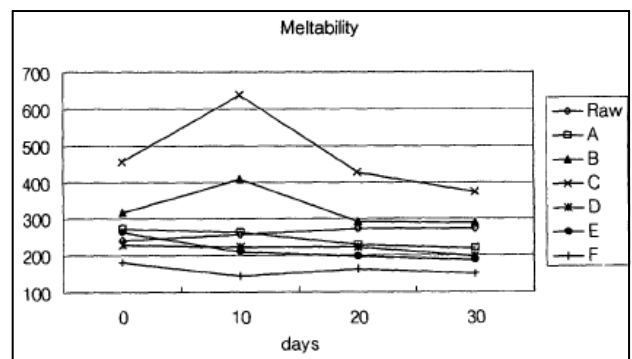


Fig. 20. The change of melting ability during 30 days at 4°C.

단백질 응고물은 80~100℃의 범위에서 전환될 수 있음을 알아냈다. 또한 콩 단백질 응고물에는 모짜렐라 치즈 단백질 네트워크의 주요한 구성성분인 신장성을 나타내는 모노칼슘 파라카제이네이트 커드가 없는 것으로 나타났다. 그래서, 콩 단백질 isolate gel과 gum arabic 농축물 그리고 gelatin으로 모조플라스틱 성질을 나타내는 유사 치즈제품을 형성하였다(Taranto and Yang, 1981). 아날로그 치즈의 신장성과 탄력성은 콩단백질 내 탄수화물이 낮을수록 증가한다. Taranto와 Yang(1981)의 실험에서 gum arabic과 gelatin의 matrix인 치즈는 좋은 용융성과 신장성을 나타내었다.

5) 갈변화(Browning), 지방분리(Oiling-off), 신장성(Stretching)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 갈변화, 지방분리, 신장성 비교 및 저장기간 동안의 변화는 Fig. 21~23에 각각 나타나 있다. 모든 샘플이 대조구와 처리구 간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ).

갈변화의 경우, 대조구가 가장 높게 나타났는데(4.25), 혼합액으로 제조한 제품의 색깔이 약간 갈색을 나타내기 때문에 흰색을 나타내는 대조구보다 처리구가 훨씬 색깔 변화에 더 민감해 보이는 것으로 사료된다. 지방분리도 모든

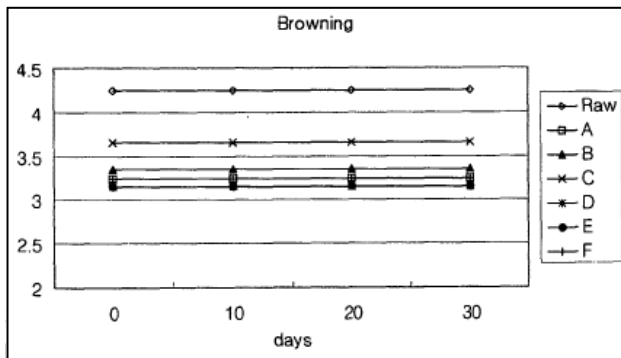


Fig. 21. The change of browning during 30 days at 4℃.

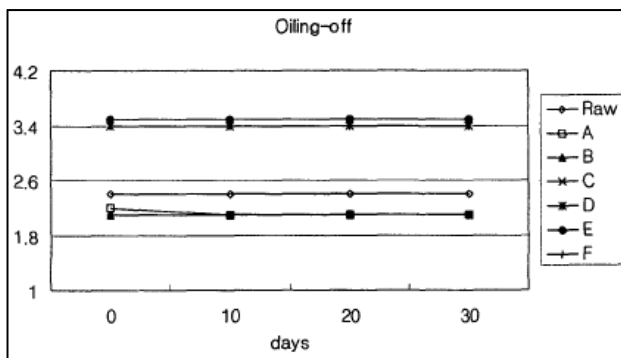


Fig. 22. The change of oiling-off during 30 days at 4℃.

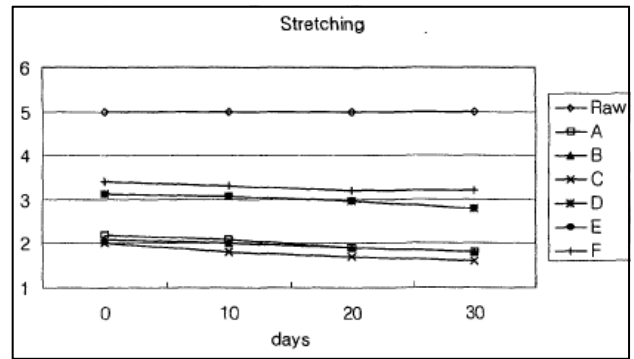


Fig. 23. The change of stretchability during 30 days at 4℃.

샘플들이 대조구와 처리구 간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ), 샘플 E가 가장 높게 나타났고(3.5), 그 다음이 샘플 D(3.4)로 나타났는데, 이것은 soya base에 혼합된 지방이 샘플을 열처리하였을 때 분리되었기 때문으로 사료된다. 신장성에서도 모든 샘플들이 대조구와 처리구 간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ). 대조구가 가장 높게 나타났고(5.0), 샘플 C가 가장 낮은 것으로 나타났다. 모짜렐라 치즈 아날로그에 있어서 신장성은 점도와도 관계가 있어 보였으며, 샘플 C가 가장 점도가 낮기 때문으로 사료된다. 그러나, 모든 샘플들이 저장기간에 있어서는 유의차를 나타내지 않았다.

6) 관능검사(Sensory evaluation)

원료유와 혼합액으로 제조된 모짜렐라 치즈와 모짜렐라 치즈 아날로그 샘플에 대한 각 샘플간 조직, 외관, 풍미의 비교 및 저장기간 동안의 변화는 Fig. 24~26에 각각 나타나 있다. 모든 샘플이 대조구와 처리구간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ).

관능검사에서 처리구들은 대조구에 훨씬 못 미치는 결과를 보이고 있는데, 이것은 모짜렐라 치즈 아날로그의 외관적인 성질의 보완을 더욱 필요로 한다고 사료된다. 조직, 외관, 풍미에 있어 대조구가 가장 높은 점수를 얻었으며, 샘플 C, B, A, D, E, F 순으로 나타났다. 조직에서 샘플 C가 가장 높은 점수를 얻었다. 이는 원유의 양이 많은 샘플이 관능검사에서 높은 점수를 얻었다는 것을 나타내고 있다. 대조구는 저장기간에 있어 유의차를 나타내지 않았지만, 처리구의 모든 샘플들은 저장기간에 있어서 유의차를 나타내었다( $p < 0.01$ ).

치즈의 색은 원유의 첨가량이 많을수록 밝은 색을 나타내었으며, 두유만으로 제조한 것이 가장 어두운 색을 띄었다. 두유만으로 제조한 모짜렐라 치즈 아날로그의 경우 숙성의 전 기간을 통해서 콩냄새를 느낄수 있었으나, 원유와

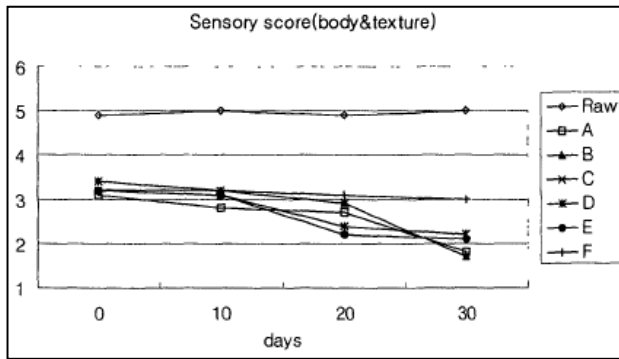


Fig. 24. The change of sensory score of body and texture during 30 days at 4°C.

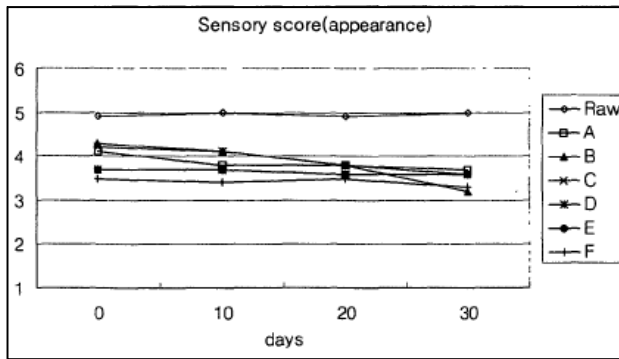


Fig. 25. The change of sensory score of appearance during 30 days at 4°C.

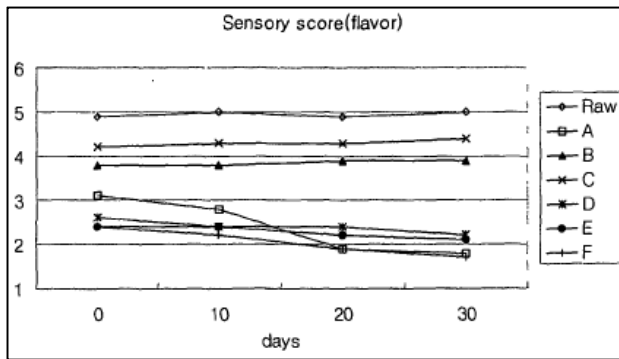


Fig. 26. The change of sensory score of flavor during 30 days at 4°C.

두유를 혼합한 치즈 아날로그의 경우 숙성 기간이 길어질수록 좋은 풍미를 가지는 것을 느낄 수 있었다. 4°C에서 30일간 저장하였을 경우, 대조구의 경우 부패가 전혀 없는 것으로 나타났으나, 처리구의 경우 저장기간 중 부패가 발생하여 기간이 경과할수록 조직상이나 외관상으로 좋은 점수를 얻지 못한 것을 알 수 있었다.

## 참고문헌

1. A.O.A.C. 1995. "Official method of analysis" 16th ed., Association of Official Chemists. Washington D.C.
2. Bodyfelt, F. W., Tobias, J. and Trout, G. M. 1965. The sensory evaluation of dairy products. Van Norstrand Reinhold 115 Fifth Avenue New York.
3. Bourne, M. C. 1978. Texture profile analysis. Food Technol. 32:62-66, 72.
4. Chon, J. W., Park, J. H., Lee, J. I., Song, K. Y., Kim, D. H., Kim, H. S., Hyeon, J. Y. and Seo, K. H. 2012. General composition of Mozzarella cheese made from concentrated milk derived by ultrafiltration. Korean J. Dairy Sci. Technol. 30:55-67.
5. Christensen, T. M. I. E., Kristiansen, K. R. and Werner, H. 1991. Casein hydrolysis in cheese manufactured traditionally and by ultrafiltration technique. Milchwissenschaft 46:279-283.
6. FAO/WHO/UNICEF Protein Advisory Group (PAG). 1972. Nutrition Bulletin 2:56.
7. Fife, R. L., McMahon, D. J. and Oberg, C. J. 1996. Functionality of low fat Mozzarella cheese. J. Dairy Chem. 79:1901-1910.
8. Giese, J. 1994. Protein as ingredients: types, functions, applications. Food Technol. 10:50-60.
9. Hang, Y. D. and Jackson, H. 1967. Preparation of soybean cheese using lactic starter organism. I. General characteristics of the finished cheese. Food Technol. 21: 1033-1034.
10. Kiely, L. J., McConnell, S. L. and Kindstedt, P. S. 1991. Observations on the melting behavior of imitation Mozzarella cheese. J. Dairy Sci. 74:3568-3572.
11. Kim, J. H. and Lee, H. J. 1985. Characteristics of cheese manufactured by coprecipitation of whey and soy milk. Korean J. Food Sci. Technol. 17:213-218.
12. Kosikowski, F. 1982. Cheese and fermented milk foods. 2nd edition. F V Kosikowski and Associates, Brooktondale, New York. USA.
13. Kosikowski, F. V. and Mistry, V. V. 1997. Cheese and fermented milk foods. 3th ed., Edwards Brothers. Inc. Ann Arbor, MI.
14. Laemmli, U. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature 227:680-684.

15. Lundstedt, E. and Lo, F. Y. Y. 1974. Heat stable curd from soya bean milk and process of manufacture thereof. Canadian Patent No. 941,228. Feb.5.
16. Matsunra, M. and Sakaki, J. 1997. Process for preparing cheese-like food product. United States Patent, 5,597,594.
17. Nelson, A. I., Wei, L. S. and Steinberg, M. P. 1971. Food products from whole soybeans. Soybean Dig. 31:32-34.
18. Nilson, K. M. and LaClair, F. A. 1975. Pollution load of cottage cheese whey and wash waters. J. Milk Food Technol. 38:532.
19. Patridge, J. A. 1980. Effects of prolonged storage of pasteurized milk on the quality and yield of Mozzarella cheese. Master Thesis., University of Vermont, Burlington, VT.
20. Perry, D. B., McMahon, D. J. and Oberg, C. J. 1997. Effect of exopolysaccharide-producing cultures on moisture retention in low-fat Mozzarella cheese. J. Dairy Sci. 80:799-805.
21. Smith, A. K. and Circle, S. J. 1972. Soybeans: chemistry and technology. Table 7. 7 page 219. AVI publishing, Westport, Connecticut. USA.
22. Taranto, M. V. and Yang, C-S. T. 1981. Morphological and textural characterization of soybean Mozzarella cheese analogs. Scanning Electron Microse. 3:483-492.
23. Tunck, M. H., Malin, E. L., Smith, P. W. and Holsinger, V. H. 1995. School lunch pizza topped with low-fat Mozzarella cheese. Cult. Dairy Prod. J. 30:6-9.
24. Tunick, M. H., Basch, J. J., Maleeff, B. E., Flanagan, J. F. and Holsinger, V. H. 1989. Characterization of natural and imitation Mozzarella cheeses by differential scanning calorimetry. J. Dairy Sci. 72:1976-1980.
25. Tunick, M. H., Mackey, K. L., Smith, P. W. and Holsinger, V. H. 1991. Effects of composition and storage on the texture of Mozzarella cheese. Neth. Milk and Dairy J. 45:117-125.
26. Tunick, M. H., Malin, E. L., Smith, P. W., Shieh, B. C. S., Mackey, K. L. and Holsinger, V. H. 1993. Proteolysis and rheology of low-fat and full-fat Mozzarella cheese prepared from homogenized milk. J. Dairy Sci. 76:3621-3628.
27. Kim, D. M., Yoon, H. H. and Kim, K. H. 1990. Protein characteristics of the recommended soybean varieties in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 22:386-392.
28. Wilkens, W. F. and Lin, F. M. 1970. Gas chromatographic and mass spectral analyses of soybean milk volatiles. J. Agric. Food Chem. 18: 333-336.
29. Wolf, W. J. and Cowan, J. C. 1975. Soybean as a food source. CRC press. Cleveland, OH.
30. Yang, C. S. T. and Taranto, M. V. 1982. Textural properties of Mozzarella cheese analogs manufactured from soybeans. J. Food Sci. 47:906-910.
31. Yoo, J. S. and Lee, S. R. 1988. Efficacy of enzyme treatment for the quality improvement of soymilk. Korean J. Food Sci. Technol. 20:426-432.

---

(Received: January 4, 2013 / Accepted: April 30, 2013)