

한외여과 농축유로 제조한 모짜렐라 치즈의 품질에 관한 연구

송광영¹ · 서건호¹ · 이시경² · 한송이 · 김명희 · 김송희 · 목보람 · 윤여창*

건국대학교 축산식품생물공학전공, ¹건국대학교 공중보건학전공, ²건국대학교 응용생물화학학과

The Quality of Mozzarella Cheese Made by Concentrated Milk from Ultrafiltration

Kwang-Young Song¹, Kun-Ho Seo¹, Si-Kyung Lee², Song-Ee Han, Myeong-Hee Kim, Song-Hee Kim, Bo-Ram Mok, and Yoh-Chang Yoon*

Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

¹Department of Public Health, College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

²Department of Applied Biology and Chemistry, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Abstract

Low-fat and full-fat Mozzarella cheeses were manufactured using ultrafiltered-concentrated cow milk with a bacterial cell count of 100,000 CFU/mL to study the properties of browning, oiling-off, stretchability, and meltability of the cheeses during 3 mon of refrigerated storage. The properties of browning, oiling-off, and stretchability of UF-Mozzarella cheese were affected by fat content, addition of starter and rennet (add 50, 65, and 80% compared with the control, respectively), and baking temperature (280, 300, and 320°C) ($p < 0.05$). The browning and oiling-off scores increased with an increase in baking temperature and lengthen of storage time, but some undesirable results also occurred. The stretchability score improved with an increase in baking temperature, but the gradient decreased with the length of storage time ($p < 0.05$). The meltability score was affected by fat content, concentration factor, and storage period ($p < 0.05$). The result of this study demonstrated the applicability of UF-milk in making Mozzarella cheese with high quality and good palatability.

Key words: Mozzarella cheese, ultrafiltration, functionality

서 론

한외여과기법을 치즈제조에 이용할 때에 이점으로는 유청단백질이 casein 매트릭스 내로 포집되기 때문에 10-30%의 수율 증가를 얻을 수 있고, 일반 치즈제조공장에서는 전반적으로 에너지 소비가 적고, 우유응고에 소요되는 시간을 단축시킴으로써 효소 사용량을 감소시킬 수 있다 (Jayaprakasa *et al.*, 1993). 모짜렐라 치즈는 직접 소비되기 보다는 향신료 및 여러 가지 재료들과 함께 피자 도우 (dough)에 토핑시킨 후 고온에서 가열처리되어 용융된 상태로 소비되어 치즈의 용융성과 신전성 및 외관 등이 모짜렐라 치즈의 품질을 결정하는데 중요한 기준이 된다 (Laurienzo *et al.*, 2008). 모짜렐라 치즈의 중요 기능성은 갈변화, 지방분리, 신전성, 용융성, 절단성 등이 있으며 이

들 특성들은 국가 및 지역과 생산조건에 따라 다소 차이가 있다. 언급된 중요 기능성들은 기술된 공정 중 원유의 표준화 방법 및 정도, 접종된 스타터의 비율과 종류, 사용되는 응유효소의 종류, 가열온도, 유청배제 방법, 분쇄 방법, 스트레칭 과정 중 온도 및 pH, 염지 시 소금의 농도 및 침지시간, 냉동 및 해동 조건 등에 의해서 많은 영향을 받기 때문에 각 요소들에 대한 상호관계에 대한 입체적인 연구와 이해가 필요하다 (Gernigon *et al.*, 2009; Yun *et al.*, 1993a,b,c). 모짜렐라 치즈의 신전성에 영향을 미치는 단백질분해에 관한 연구 (Costabel *et al.*, 2007)가 진행되었으나 한외여과처리한 원유를 이용해서 만들어진 모짜렐라 치즈의 기능성 증진에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 한외여과기법이 모짜렐라 치즈의 갈변화, 지방분리, 신전성, 그리고 용융성에 미치는 영향을 조사하였다.

*Corresponding author: Yoh-Chang Yoon, Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea. Tel: 82-2-450-3692, Fax: 82-2-458-7305, E-mail: ychyon@konkuk.ac.kr

재료 및 방법

원료유 검사 및 공시재료

치즈제조에 사용되는 원유는 원유검사서 합격한 1등급 원유를 건국유업에서 구입하였으며, 스타터 균주는 *Streptococcus thermophilus* : *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*를 1:1로 혼합 동결한 균주인 TCC-3을(Chr. Hansen, Denmark), 응유효소인 렌넷은 Standard plus 900 제품(Chr. Hansen, Denmark)을 사용하였다.

한외여과(Ultrafiltration) 농축

한외여과기(DDS Mini-Lab 10, Denmark)를 이용하여 한외여과 농축계수(concentration factor, CF) 2와 3으로 농축하였다.

Concentration factor (CF)

=Volume of first feed/Volume of final feed

모짜렐라 치즈 원료유의 성분분석

공시재료인 원료유(raw milk), 한외여과 후 치즈 원유의 농축액(retentate)의 일반성분은 Dairy Lab 2(Bentley II, Bentley Co., USA)를 이용하여 지방, 단백질, 유당, 무지방분(solid-not-fat)을 분석하였다.

모짜렐라 치즈 제조공정

원유의 지방을 3%와 0.5%로 표준화된 공시재료는 Kosikowski(1982)의 방법으로 모짜렐라 치즈를 제조하였다. 대조구는 원료유를 살균(72°C/15초), 냉각(40°C), 스타터 접종, 렌넷 첨가, 절단, 가열(45°C), 정치, 유청제거, 스트레칭(80°C), 성형, 염지, 건조 및 포장 후 분석실험을 하였다. 처리구는 한외여과로 농축시킨 농축액을 Kosikowski(1982)의 방법으로 제조하였으며, 유산균주(50 U/500 L milk)와 렌넷 함량(2.5 g/100 L milk)의 첨가량은 대조구에 첨가하는 양을 100%로 근거해서 한외여과 CF 2와 3의 공시재료에 각각 유산균주와 렌넷 함량을 50%, 65%, 그리고 80% 첨가한 후 만든 모짜렐라 치즈를 4°C에서 3개월동안 보관하면서 매 1개월마다 비교 분석하였다.

모짜렐라 치즈의 일반성분분석

모짜렐라 치즈의 일반화학 성분은 AOAC(1995)의 방법에 따라 지방함량은 Soxhlet 추출법, 단백질함량은 micro-Kjeldahl법, 그리고 수분과 건물함량은 oven 건조법으로 측정하였다.

모짜렐라 치즈의 가열특성인 갈변화, 지방분리, 신전성 측정

모짜렐라 치즈의 가열특성은 Patridge (1980)의 방법에 따라 다음과 같이 실시하였다. 작게 절단된 모짜렐라 치

Table 1. Grading system for pizza test

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

즈를 피자도우(dough)(크기 22.86 cm)위에 일정량 (54.5 g)을 골고루 뿌린 후 오븐(Impinger, model 1132; Lincoln Food Service Products, Inc., USA)의 온도가 280°C, 300°C 그리고 320°C에서 7분간 넣은 후 즉시 꺼내서 모짜렐라 치즈의 색깔이 갈색으로 변화하는 정도(갈변화, browning)는 육안으로 판별했고, 지방이 분리되는 정도(지방분리, oiling-off)는 분리된 지방의 양을 측정하여 파악했으며 길게 늘어나는 정도(신전성, stretchability)를 평가하였다. 5명의 훈련된 평가위원들의 평가점수는 Table 1과 같이 5점이 가장 좋고 1점이 가장 낮게 하였다. 신전성은 stainless steel spatula(5 mm wide와 20 cm long)를 이용해서 치즈 표면을 들어올리면서(hooking) 평가하였다(Patridge, 1980).

용융성(Meltability) 측정

Nilson과 LaClair(1975)의 방법으로 분석하였다. NO. 10. cork borer를 이용해서 cheese 시료를 얻었다. 높이는 4 mm로 절단해서 Whatman 42 여과종이 위 4군데에 놓고 건조기(MOV-212, SANYO MOV Laboratory Oven/Lab Oven/Scientific Oven, Japan)의 온도 100°C에서 10분간 넣어두었다. 10분 후 꺼내서, planimeter(K + E Polar planimeter 62005)를 이용해서 녹은(melted) 면적을 측정하였다. 용융성은 녹은 면적에서 원래 면적을 뺀 값을 원래 면적으로 나눈 후 백분율(%)로 표시한 값이다.

Meltability (%)

= (melted area-original area)/original area ×100

통계분석

본 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS Program (1996)을 이용하여 ANOVA 분석하였으며, 각 실험군간의 유의성은 $p < 0.05$ 수준에서 Fisher's Least Significant Difference test를 통하여 검증하였다.

결과 및 고찰

본 실험에서는 다양한 농축계수에 첨가되어진 다양한 스타터와 렌넷 첨가량에 의해서 제조되어진 모짜렐라 치즈의 특성을 서로 비교한 후, 농축계수 2와 3일 때 스타터와 렌넷첨가량이 80%일 때 최적의 조건으로 선정되었다(

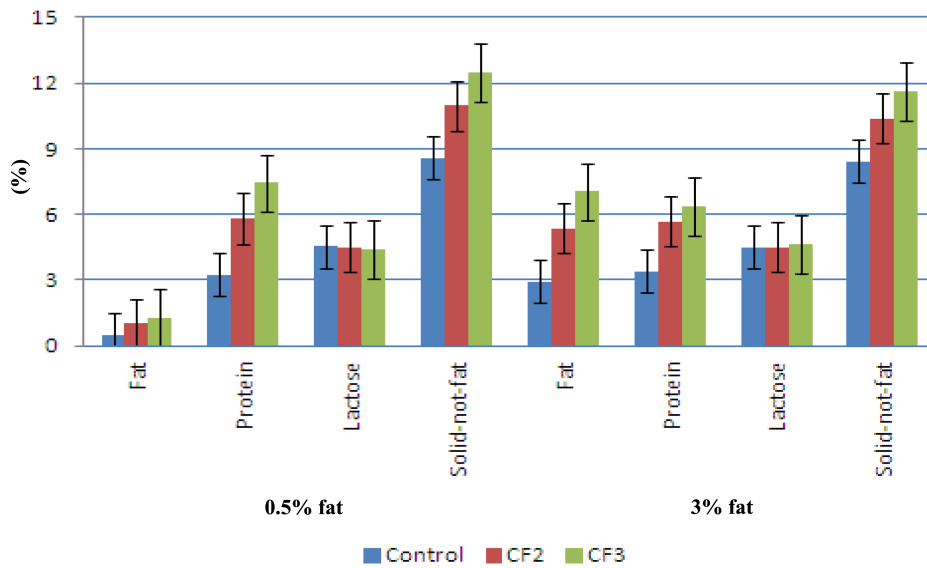


Fig. 1. Comparison of fat, protein, lactose, and solid-not-fat of raw milk and concentrated raw milk by ultrafiltration. ¹Unconcentrated raw milk as control. ²CF (concentration factor)= mass of milk (kg)/(mass of milk (kg)-mass of permeate (kg))

결과 미제시). 한외여과기법이 모짜렐라 치즈의 특성인 갈변화, 지방분리, 신진성, 그리고 용융성에 미치는 영향을 조사하였다.

모짜렐라 치즈의 일반성분

원료유와 농축액의 일반성분의 비교

모짜렐라 치즈제조에 사용되는 원료유 및 농축계수(CF) 2와 3으로 한외여과한 농축액의 일반조성은 Fig. 1과 같다. 원료유와 농축액을 비교했을 때 농축액의 지방, 단백질, 무지고형분(SNF)함량이 원료유보다 한외여과의 농축계수만큼 증가하는 경향을 보였고($p < 0.05$), 하지만 유당에서는 유의차가 없이 일정한 경향을 보였다(Fig. 1).

이러한 결과는 한외여과를 통해서 지방, 단백질, 총고형분은 농축되고 유당은 막에 의해 투과되었기 때문이다. Fernandes와 Kosikowski(1986)는 원료유의 일반성분 중 총고형분은 12.15%, 지방은 3.4%, 단백질은 3.34%이고, UF 1.5일때는 총고형분 15.62%, 지방 5.4%, 단백질 5.14%였고, UF 1.75일때는 총고형분 17.53%, 지방 6.3%, 단백질 5.84%였고, 그리고 UF 2일때는 총고형분 19.32%, 지방 7.3%, 단백질 6.70%로 보고하였다. 본 실험의 결과에서도 이와 비슷한 경향을 보였다.

모짜렐라 치즈의 수율

원료유와 한외여과기를 이용해 제조된 각 농축계수별 치즈 샘플에 대한 수율은 Fig. 2에 나타나있다. 수율(Y)은 대조구와 처리구 사이 유의차를 보였다($p < 0.05$).

치즈의 수율을 결정하는 주요성분인 우유의 카제인과 지방함량이기때문에 저지방우유를 사용하여 치즈를 제조하면 전

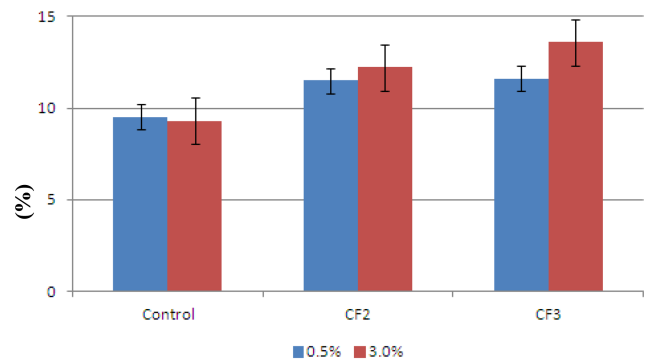


Fig. 2. Comparison of yield of Mozzarella cheese made with raw milk (0.5% and 3% fat) and retentate by ultrafiltration. ¹Unconcentrated raw milk as control. ²CF (concentration factor)=mass of milk (kg)/(mass of milk (kg)-mass of permeate (kg))

반적인 수율 감소는 불가피한 현상이다(Davis, 1965). 왜냐하면 치즈 수율은 지방과 단백질 함량에 의하여 크게 좌우되는데 단백질은 결합수를 가질 수 있고 수화가 되기 때문에 단백질 1g은 지방 1g보다 더 높은 중량 증가를 가져오기 때문이다. Fox 등(2000)은 치즈에 영향을 주는 것은 원료유의 표준화(카제인과 지방의 비율), 농축여부, 살균조건이라고 보고하였다.

모짜렐라 치즈의 일반성분 분석

모짜렐라 치즈의 일반성분인 총고형분, 단백질, 지방함량과 저장기간 동안의 변화는 Table 2와 같다. 단백질과 총고형분 함량은 처리구가 대조구보다 증가하는 경향을 보였고, 지방함량에서는 차이를 보이지 않았다. 저장기간 동안 지방과 단백질은 감소하였고, 총고형분은 증가하는

경향을 보였다(Table 2). 모짜렐라 치즈의 총고형분 함량, 단백질함량, 지방은 원료유의 지방함량에 많은 영향을 받았다.

Rudan 등(1999)은 원료유의 지방이 0.35%일 때 치즈의 수분은 53.19%, 원료유의 지방이 3.21%일 때 치즈의 수분은 43.19%이며, 치즈의 지방(target fat)이 5%가 되려면 원료유의 지방을 0.35%로 하였고, 10%는 0.81%, 15%는 1.59% 그리고 25%는 3.21%의 지방을 사용하였다고 보고하였다. 본 실험의 결과에서는 원료유의 지방이 0.5%와 3.0%로 모짜렐라 치즈를 제조하여 얻어진 치즈의 지방함량은 각각 6%와 24%이며, 총고형분 함량은 약간 높게 나타났다. 이런 차이는 한외여과에 의해서 각 성분들의 농축 때문으로 사료된다.

갈변화 특성

Table 3에서 모짜렐라 치즈 제조에 사용된 원유의 지방

Table 2. Comparison of fat, protein, and total solid of UF-Mozzarella cheese made from two different fat contents of raw milk for 3 mon at 4°C

Fat % of raw milk	Compo- nents	Storage time (mon)	Control cheese ¹	UF-cheese CF ² 2 (80 ³)	UF-cheese CF ² 3 (80 ³)
0.5	Fat	0	6.95 ^a	6.62 ^a	6.46 ^a
		1	6.45 ^a	6.58 ^a	6.45 ^a
		2	6.37 ^a	6.38 ^a	6.32 ^a
		3	6.19 ^a	6.28 ^a	6.11 ^a
		0	22.55 ^c	24.97 ^b	25.63 ^a
	Protein	1	22.38 ^c	24.15 ^b	25.05 ^a
		2	21.43 ^c	23.54 ^b	24.35 ^a
		3	20.01 ^c	22.38 ^b	23.66 ^a
		0	47.83 ^c	48.28 ^b	49.12 ^a
	Total solid	1	47.89 ^c	48.68 ^b	49.69 ^a
		2	47.93 ^c	48.77 ^b	49.87 ^a
		3	47.99 ^c	48.89 ^b	49.97 ^a
3		Fat	0	24.39 ^a	24.83 ^a
	1		24.29 ^a	24.57 ^a	24.67 ^a
	2		24.26 ^a	24.36 ^a	24.53 ^a
	3		24.00 ^a	24.10 ^a	24.14 ^a
	0		22.81 ^c	24.85 ^b	25.63 ^a
	Protein	1	22.78 ^c	24.05 ^b	25.12 ^a
		2	21.68 ^c	23.82 ^b	24.91 ^a
		3	20.35 ^c	22.82 ^b	23.01 ^a
		0	49.05 ^c	50.28 ^b	51.02 ^a
	Total solid	1	49.07 ^c	50.41 ^b	51.22 ^a
		2	49.67 ^c	50.53 ^b	51.50 ^a
		3	49.87 ^c	50.69 ^b	51.76 ^a

^{a-c}Means within a row without a common superscript differ ($p < 0.05$)
¹Unconcentrated raw milk as control
²CF (concentration factor) = mass of milk (kg)/(mass of milk (kg) - mass of permeate (kg))
³Addition ratio of starter and rennet to compare with control as 100

함량이 0.5% 또는 3.0% 모두에서 UF-치즈 처리구가 대조 구보다 갈변화 평가에서 더 좋거나 비슷하게 값을 보였다 ($p < 0.05$). UF-치즈 농축계수 2와 3인 경우 대조구에 비하여 렌넷과 유산균의 첨가량을 50%, 65%로 하여도 비슷한 결과를 보였다(결과 미제시). 3개월 저장기간동안 갈변화 값은 저장기간이 길수록 감소하는 것으로 나타났지만, 대조구와 비교해서 UF-치즈 처리구에서 비슷하거나 다소 높은 값을 보였다(Table 3).

일반적으로 고온의 오븐에서 모짜렐라 치즈를 굽기 때문에 피자의 기능적 특성 중 갈변화와 같은 외관적 질이 떨어지는 경우가 많이 보고되었다(Johnson and Olson, 1985; Matzdorf *et al.*, 1994). 유당은 비교적 갈색화 반응이 느리지만 포도당이나 갈락토스와 같은 전화당은 갈색화되기 쉽다(Turner *et al.*, 1983; Yun *et al.*, 1993c). 그러므로 모짜렐라 치즈의 이화학적 특성은 치즈 내 잔여 유당, 단백질

Table 3. Comparison of browning scores at 280, 300, and 320°C of UF-Mozzarella cheese made from two different fat contents of raw milk for 3 mon at 4°C

Fat % of raw milk	Temper- ature (°C)	Storage time (mon)	Control cheese ¹	UF-cheese CF ² 2 (80 ³)	UF-cheese CF ² 3 (80 ³)
0.5	280	0	4 ^b	5 ^a	4 ^b
		1	3 ^b	4 ^a	3.5 ^b
		2	3 ^b	4 ^a	4 ^a
		3	2 ^c	3 ^b	4 ^a
		0	4 ^{ab}	4.3 ^a	3.5 ^b
	300	1	2 ^b	4 ^a	4 ^a
		2	3 ^b	4 ^a	4 ^a
		3	2 ^b	3 ^a	3 ^a
		0	3 ^b	4 ^a	4 ^a
	320	1	2 ^c	4 ^a	3.6 ^b
		2	2 ^c	4 ^a	3 ^b
		3	3 ^a	3 ^a	3 ^a
3		280	0	3 ^a	3 ^a
	1		3.3 ^b	4 ^a	3 ^b
	2		2.5 ^{ab}	3.3 ^a	2 ^b
	3		2 ^b	3 ^a	2 ^b
	0		3 ^a	3.2 ^a	3 ^b
	300	1	2 ^c	2.6 ^b	3.3 ^a
		2	2 ^b	3.6 ^a	2 ^b
		3	2 ^b	3 ^a	2 ^b
		0	2.3 ^b	3 ^a	2 ^b
	320	1	2 ^b	2.3 ^b	3.3 ^a
		2	2 ^b	3 ^a	2 ^b
		3	2 ^b	2.6 ^a	2 ^b

^{a-c}Means within a row without a common superscript differ ($p < 0.05$)
¹Unconcentrated raw milk as control
²CF (concentration factor) = mass of milk (kg)/(mass of milk (kg) - mass of permeate (kg))
³Addition ratio of starter and rennet to compare with control as 100
⁴Average value of n=3 (1 is lowest and 5 is highest)

질의 가수분해 그리고 오븐에서 가열하는 온도와 시간에 의해 영향을 받는다(Yun *et al.*, 1993a).

지방분리 특성

Table 4에서 모짜렐라 치즈 제조에 사용된 원유의 지방 함량이 0.5% 또는 3.0%인 원유로 제조한 두 종류의 UF-치즈가 대조구의 치즈보다 지방분리 평가에서는 조금 높거나 비슷한 값을 보였다($p < 0.05$). 특히 원유의 농축계수가 2와 3일 때 온도조건에 따라 다양한 값을 보였으며 지방함량이 낮은 원유로 만든 모짜렐라 치즈가 더 좋은 값을 보였다. 3개월 저장기간 동안 저장기간이 길어짐에 따라서 지방분리 현상은 감소하는 추세를 보였다(Table 4).

치즈는 지방함량이 풍부한 식품으로서 지방함량이 25-30%인 치즈가 널리 소비되고 있으나(Jameson, 1990), 저지방 치즈의 제조 및 특성에 관한 연구가 요구되고 있다.

Table 4. Comparison of oiling-off scores at 280, 300, and 320°C of UF-Mozzarella cheese made from two different fat contents of raw milk for 3 mon at 4°C

Fat % of raw milk	Temperature (°C)	Storage time (mon)	Control cheese ¹	UF-cheese	
				CF ² 2 (80 ³)	CF ² 3 (80 ³)
0.5	280	0	4 ^b	4.5 ^a	4 ^b
		1	3 ^b	3.5 ^a	3.5 ^a
		2	3 ^b	4 ^a	4 ^a
		3	2 ^c	3 ^b	4 ^a
	300	0	4 ^a	4 ^a	3.5 ^b
		1	2 ^c	3 ^b	3.6 ^a
		2	2 ^b	4 ^a	4 ^a
		3	2 ^c	3 ^b	4 ^a
	320	0	3 ^c	3.6 ^b	4 ^a
		1	2 ^c	2.5 ^b	3.6 ^a
		2	2 ^b	4 ^a	4 ^a
		3	2 ^c	3 ^b	4 ^a
3	280	0	2.3 ^c	3.2 ^a	3 ^b
		1	2.6 ^b	3.3 ^a	3.3 ^a
		2	2 ^b	3.3 ^a	2 ^b
		3	2.6 ^a	2.3 ^{ab}	2 ^b
	300	0	2 ^c	4 ^a	3 ^b
		1	2 ^c	3 ^b	3.6 ^a
		2	3 ^a	2 ^b	2 ^b
		3	2.2 ^a	2 ^a	2 ^a
	320	0	2.6 ^a	2.7 ^a	2.6 ^a
		1	2 ^b	2.3 ^b	3.3 ^a
		2	2.5 ^a	2 ^b	2 ^b
		3	2.2 ^a	2.3 ^a	2 ^a

^{a-c} Means within a row without a common superscript differ ($p < 0.05$)

¹ Unconcentrated raw milk as control

² CF (concentration factor) = mass of milk (kg)/(mass of milk (kg) - mass of permeate (kg))

³ Addition ratio of starter and rennet to compare with control as 100

⁴ Average value of n=3 (1 is lowest and 5 is highest)

모짜렐라 치즈는 용융 시 지방분리(oiling-off)가 일어나며, 지방 분리량이 너무 적은 경우 구워진 피자표면의 광택이 적고 조직이 부드럽지 못해 식감이 떨어지며, 과다한 지방분리는 치즈표면에 다량의 지방이 분리되어 바람직하지 않은 성질로 인식되고 있다(Yun *et al.*, 1995). 지방분리는 지방분리 현상은 오븐에서 구워질 때 열처리에 의해 불안정한 casein의 망상구조가 일부 깨지면서 지방구가 분리되어 치즈 표면에 액상의 지방이 분리되거나 유출되는 현상이며(Tunick, 1994), Kindstedt와 Ripple(1990)는 지방분리는 총지방함량에 따라 다르다고 보고하였다. 치즈 고형분 함량 중 지방함량이 임계수준이상일 경우 치즈에 존재하는 지방구의 총 표면적이 너무 커서 casein의 자연유화작용이 불안정화 되어 지방분리가 생성된다고 보고되었다(Shimp, 1985). 이러한 지방분리는 냉장보관 중에도 casein이 분해되어 유화능력이 감소되어 냉장보관 시간이 증가할수록 증가한다(Nilson, 1974; Tunick, 1994).

신전성 특성

Table 5에서 모짜렐라 치즈 제조에 사용된 원유의 지방 함량이 0.5% 또는 3.0% 모두에서 한외여과 처리한 시료가 대조구보다 신전성 평가에서는 비슷하거나 조금 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). 특히 원유의 농축계수가 높을수록 낮은 값을 보였다. 굽는 온도에 따라 많은 영향을 받았다. 3개월 저장기간동안 신전성은 감소를 보였지만 저장기간이 증가할수록 처리구의 값이 대조구의 값과 비슷하게 나타내었다(Table 5).

신전성은 점질성(stringiness)이라 하기도 하며 용융된 치즈가 섬유형태로 길게 늘어나는 경향을 말하며, 수분함량, 지방함량 등 다양한 요인에 의하여 영향을 받는다(Smith *et al.*, 1980). 모짜렐라 치즈 제조 시 원유의 pH 6.2에서 응유효소인 렌넷이 첨가되며 calcium caseinate와 반응해서 dicalcium paracaseinate이 만들어지며, dicalcium paracaseinate는 부드럽고 커스터드같은 커드를 형성하며, 이 커드는 절단, 가열되고 퇴적(cheddaring)되는 동안 pH가 5.2±1일 때 dicalcium paracaseinate는 monocalcium paracaseinate로 전환된다(Kosikovski, 1982). 가열온도가 60°C 정도일 때 monocalcium paracaseinate은 부드럽고 끈끈한 특성을 가진 커드가 되며, 커드의 pH가 5.1이하가 되기 전에 스트레칭 하는 것이 신전성을 부여하는데 가장 중요하다. 그렇지 않으면 monocalcium paracaseinate는 paracasein으로 변형되고 이 복합체는 지방을 포함할 수 없게 된다(Kosikovski, 1982; Oberg *et al.*, 1992). Ca 함량이 낮으면 모짜렐라 치즈의 경도가 감소되어 신전성에 영향을 주며(Yun *et al.*, 1995), 모짜렐라 치즈의 신전성은 casein의 구조에 영향을 주는 단백질의 분해정도, 냉동, 해동, 저장조건 및 수분함량과 지방함량 등 여러 가지 요인들에 의해 영향을 받는다(Lawrence *et al.*, 1987).

Table 5. Comparison of stretchability scores at 280, 300, and 320°C of UF-Mozzarella cheese made from two different fat contents of raw milk for 3 mon at 4°C

Fat % of raw milk	Temperature (°C)	Storage time (mon)	Control cheese ¹	UF-cheese CF ² 2 (80 ³)	UF-cheese CF ² 3 (80 ³)
0.5	280	0	4.5 ^a	4.5 ^b	3 ^c
		1	3 ^a	2 ^b	2 ^b
		2	2 ^c	4 ^b	5 ^a
		3	2 ^c	3.5 ^b	5 ^a
	300	0	5 ^a	4 ^b	4 ^b
		1	3 ^a	2.5 ^b	2 ^c
		2	2 ^b	5 ^a	5 ^a
		3	3 ^c	4 ^b	5 ^a
	320	0	5 ^a	2.6 ^c	3.5 ^b
		1	2 ^a	2 ^a	2 ^a
		2	2 ^b	5 ^a	5 ^a
		3	3 ^c	4 ^b	5 ^a
3	280	0	4 ^b	5 ^a	2 ^c
		1	2 ^b	4 ^a	2.3 ^b
		2	4 ^a	2.3 ^b	2 ^c
		3	2.4 ^{ab}	2.6 ^a	2 ^b
	300	0	5 ^a	5 ^a	2 ^b
		1	2.6 ^b	4.6 ^a	2 ^c
		2	2 ^b	4.6 ^a	2 ^b
		3	2 ^b	2.6 ^a	2 ^b
	320	0	3.6 ^b	5 ^a	2.6 ^c
		1	2 ^b	5 ^a	2 ^b
		2	2.5 ^b	5 ^a	2 ^c
		3	2.5 ^a	2 ^b	2 ^b

^{a-c}Means within a row without a common superscript differ ($p < 0.05$)

¹Unconcentrated raw milk as control

²CF (concentration factor) = mass of milk (kg)/(mass of milk (kg) - mass of permeate (kg))

³Addition ratio of starter and rennet to compare with control as 100

⁴Average value of n=3 (1 is lowest and 5 is highest)

용융성 특성

Table 6에서 모짜렐라 치즈 제조에 사용된 원유의 지방 함량이 0.5% 또는 3.0% 모두에서 한외여과 처리한 시료가 대조구보다 용융성 평가에서는 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). 용융성은 지방함량과 저장기간동안 많은 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 6).

모짜렐라 치즈의 용융되는 정도는 다르지만 칼슘이 적게 함유된 것이 칼슘이 많은 것보다 2.6배 이상 잘 녹으며(Joshi *et al.*, 2004), 수분함량에 따라서도 용융성에 영향을 주며 저장기간동안 용융성은 증가하는 것으로 보고되었다(Garimella Purna *et al.*, 2005). 본 실험의 용융성 결과도 이와 동일한 패턴을 보였다.

용융성은 모짜렐라 치즈를 평가하는데 중요한 기능적 특성으로서, 치즈 자체의 조성뿐만 아니라 여러 가지 요인

Table 6. Comparison of meltability* properties at 100°C of UF-Mozzarella cheese made from two different fat contents of raw milk for 3 mon at 4°C

(unit: %)

Fat % of raw milk	Storage time (mon)	Control cheese ¹	UF-cheese CF ² 2 (80 ³)	UF-cheese CF ² 3 (80 ³)
0.5	0	4250 ^a	58 ^b	25 ^c
	1	256 ^a	125 ^b	88 ^c
	2	300 ^a	250 ^b	188 ^c
	3	319 ^b	425 ^a	294 ^c
3.0	0	150 ^a	44 ^b	44 ^b
	1	213 ^a	63 ^b	50 ^c
	2	294 ^a	131 ^b	75 ^c
	3	306 ^a	135 ^b	150 ^b

^{a-c}Means within a row without a common superscript differ ($p < 0.05$)

¹Unconcentrated raw milk as control

²CF (concentration factor) = mass of milk (kg)/(mass of milk (kg) - mass of permeate (kg))

³Addition ratio of starter and rennet to compare with control as 100

⁴Average value of n=3

*Meltability (%) = (melted area-original area)/original area × 100

에 의하여 많은 영향을 받는다(Smith *et al.*, 1980). 용융성(meltability)이란 잘려지거나 조각 상태의 모짜렐라 치즈가 균일하게 녹는 경향을 나타내며, 모짜렐라 치즈 커드의 응집성(cohesiveness)과 관련이 있다. 또한 용융성은 치즈 커드 내의 무기질 중 Ca, P의 농도 뿐만 아니라 변형되지 않고 본래 그대로의 casein 상태에 의해서 용융성이 영향을 받는다(Lawrence *et al.*, 1987). 일반적으로 저장기간이 길수록 용융성은 증가하는 결과를 보인다(Yun *et al.*, 1993b). 특히 지방함량이 낮을수록 용융성은 낮은 값을 보이는데 이것은 모짜렐라 치즈 단백질 망상 구조 내 지방구의 수가 적어지고 단백질의 형태가 촘촘하게 변형되기 때문이다(Oberg *et al.*, 1992, 1993).

요 약

본 연구는 한외여과기법이 모짜렐라 치즈의 갈변화, 지방분리, 신전성 그리고 용융성에 미치는 영향을 모색하는데 그 목적이 있다. 한외여과로 농축한 우유로 제조한 UF-모짜렐라 치즈의 갈변화, 지방분리, 그리고 신전성은 모두 원료유의 지방함량, 모짜렐라 치즈 제조 시의 스타터와 렌넷 첨가량, 완성된 모짜렐라 치즈의 굽는(baking) 온도에 따라서 많은 영향을 받았다($p < 0.05$). 갈변화와 지방분리는 굽는 온도가 높고 저장기간이 길수록 증가하여 바람직하지 않았고, 신전성은 온도가 올라갈수록 향상되었지만 저장기간이 길어짐에 따라서 감소하였다($p < 0.05$). 용융성은 지방함량, 농축계수, 저장기간에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 본 연구에서 한외여과기술로 처리된 UF-치즈유를 모짜렐라 치즈 제조에 사용하여도 기호성에 적

절한 기능성 특성을 가지고 있다는 결과를 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산물식품부 농림수산물기술기획평가원의 연구비 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. AOAC (1995) Official method of analysis. 16th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
2. Costabel, L., Pauletti, M. S., and Hynes, E. (2007) Proteolysis in Mozzarella cheeses manufactured by different industrial processes. *J. Dairy Sci.* **90**, 2103-2112.
3. Davis, J. G. (1965) Cheese. Vol. 1, Churchill, London, UK, p. 100.
4. Fernandes, A. and Kosikowski, F. V. (1986) Low moisture Mozzarella cheese from whole milk retentates of ultrafiltration. *J. Dairy Sci.* **69**, 2011-2017.
5. Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., and McSweeney, P. L. H. (2000) Fundamentals of cheese science. Aspen Publishers, NY.
6. Garimella Purna, S. K., Prow, L. A., and Metzger, L. E. (2005) Utilization of front-face fluorescence spectroscopy for analysis of process cheese functionality. *J. Dairy Sci.* **88**, 470-477
7. Gernigon, G., Piot, M., Beaucher, E., Jeantet, R., and Schuck, P. (2009) Physicochemical characterization of Mozzarella cheese wheys and stretchwaters in comparison with several other sweet wheys. *J. Dairy Sci.* **92**, 5371-5377.
8. Jameson, G. W. (1990) Cheese with less fat. *Aust. J. Dairy Technol.* **45**, 93-98.
9. Jayaprakasa, H. M., Patel, R. S., and Renner, E. (1993) Application of ultrafiltration technology for production of whey protein concentrate. Proceed. X Nat. Conf. IMS on Recent Trends Membrane Sci. Technol., p. 123.
10. Johnson, M. E. and Olson, N. F. (1985) Nonenzymatic browning of Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* **68**, 3143-3147.
11. Joshi, N.S., Muthukumarappan, K., and Dave, R. I. (2004) Effect of calcium on microstructure and meltability of part skim Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* **87**, 1975-1985
12. Kindstedt, P. S. and Rippe, J. K. (1990) Rapid quantitative for free oil (oiling off) in melted Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* **73**, 867-873.
13. Kosikowski, F. V. (1982) Cheese and fermented milk foods. 2nd ed, Edwards Brothers Inc., Ann Arbor, MI. pp. 179-212.
14. Laurienzo, P., Malinconico, M., Mazzarella, G., Petitto, F., Piciocchi, N., Stefanile, R., and Volpe, M. G. (2008) Water Buffalo Mozzarella cheese stored in polysaccharide-based gels: Correlation between prolongation of the shelf-life and physicochemical parameters. *J. Dairy Sci.* **91**, 1317-1324.
15. Lawrence, R. C., Creamer, L. K., and Gilles, J. (1987) Texture development during cheese ripening. *J. Dairy Sci.* **70**, 1748-1760.
16. Matzdorf, B., Cuppett, S. L., Keeler, L., and Hutkins, W. (1994) Browning of Mozzarella cheese during high temperature pizza baking. *J. Dairy Sci.* **77**, 2850-2853.
17. Nilson, K. M. (1974) Factors affecting meltability of Mozzarella cheese. Proceed. 11th Annu. Marshall Invit. Ital. Cheese Sem., Madison, WI.
18. Nilson, K. M. and LaClair, F. A. (1975) Cheese direct salting and automation. *Dairy Ice Cream Field* **158**, 56-60.
19. Oberg, C. J., McManus, W. R., and McMahan, D. J. (1993) Microstructure of Mozzarella cheese during manufacture. *Food Structure* **12**, 251-259.
20. Oberg, C. J., Merrill, R. K., Brown, R. J., and Richardson, G. H. (1992) Effects of freezing, thawing, and shredding on low moisture part-skim Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* **75**, 1161-1170.
21. Partridge, J. A. (1980) Effects of prolonged storage of pasteurized milk on the quality and yield of mozzarella cheese. MS thesis, University of Vermont, Burlington, VT.
22. Rudan, M. A., Barbano, D. M., Yun, J. J., and Kindstedt, P. S. (1999) Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* **82**, 661-672.
23. SAS (1996) SAS/STAT Software for PC. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
24. Shimp, L. A. (1985) Process cheese principles. *Food Technol.* **39**, 63-72.
25. Smith, C. E., Rosenau, J. R., and Peleg, M. (1980) Evaluation of the flowability of melted Mozzarella cheese by capillary rheometry. *J. Food Sci.* **45**, 142-150.
26. Tunick, M. H. (1994) Effect of homogenization and proteolysis on free oil in Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* **77**, 2487-2493.
27. Turner, K. W., Morris, H. A., and Martley, M. G. (1983) Swiss-type cheese II. The role of thermophilic lactobacilli in sugar fermentation, *New Zealand J. Dairy Sci. Technol.* **18**, 117-123.
28. Yun, J. J., Barbano, D. M., and Kindstedt, P. S. (1993a) Mozzarella cheese: impact of milling pH on chemical composition and proteolysis. *J. Dairy Sci.* **76**, 3629-3638.
29. Yun, J. J., Kiely, L. J., and Kindstedt, P. S. (1993b) Mozzarella cheese: impact of milling pH on functional properties. *J. Dairy Sci.* **76**, 3639-3647.
30. Yun, J. J., Barbano, D. M., and Kindstedt, P. S. (1993c) Mozzarella cheese: impact of coagulant type on chemical composition and proteolysis. *J. Dairy Sci.* **76**, 3648-3656.
31. Yun, J. J., Barbano, D. M., Kiely, L. J., and Kindstedt, P. S. (1995) Mozzarella cheese: impact of rod:coccus ratio on composition, proteolysis, and functional properties. *J. Dairy Sci.* **78**, 751-760.

(Received 2011.6.8/Revised 1st 2011.7.28, 2nd 2011.10.28/
Accepted 2011.11.8)