



## 가온 조건에 따른 저지방 모짜렐라 치즈의 품질특성

유자연 · 박원서 · 한기성 · 송민유 · 정석근 · 함준상\*

농촌진흥청 국립축산과학원

## Quality Characteristics of Low-fat Mozzarella Cheese prepared at Different Cooking Temperatures

Ja-Yeon Yoo, Won-Seo Park, Gi-Seong Han, Min-Yu Song, Seok-Geun Jeong, and Jun-Sang Ham

National Institute of Animal Science, RDA, Wanju, Korea

### Abstract

There has been an increasing interest in low-fat foods among consumers worldwide. However, very few dairy companies produce low-fat cheese in Korea. Therefore, low-fat cheese production must be studied to not only promote consumer health but also diversify the domestic natural cheese market. In this study, we attempted to soften the texture of low-fat Mozzarella cheese prepared from raw milk standardized to 2% by changing the temperature of the cooking process from 43°C to 37°C and 40°C. The protein and fat contents of low-fat Mozzarella cheese prepared at the selected temperatures was 5.10-7.01% higher and 5.24-6.38% lower, respectively, than that of control cheese. Moreover, the hardness of low-fat Mozzarella cheese decreased with increasing cooking temperature. Further research to improve the sensory characteristics of low-fat cheese is required.

### Keywords

Mozzarella cheese, low-fat, cooking temperature, texture

## 서론

치즈에 있어서 지방은 영양적 측면에서 중요할 뿐만 아니라, 관능적, 기능적 특성에서도 중요한 역할을 한다(Mistry, 2001). 하지만, 지방이 고혈압, 당뇨병 등 주요 성인병의 원인으로 지목되면서 세계적으로 저지방 식품에 대한 소비자 선호가 높아지고 있으며, 이러한 흐름에 치즈도 예외일 수는 없다. 일반적인 한국인의 1일 섭취 에너지 중 지방의 적정비율은 15~30%로(보건복지부, 2015), 탄수화물이나 단백질보다 열량이 높은 지방의 섭취는 신중히 고려할 필요가 있다.

이탈리아어로 '잘라내다'는 의미를 가진 모짜렐라 치즈는 우유 커드를 열수 성형하여 만드는 신선치즈의 일종으로, 일반적으로 고형분의 45% 이상의 유지방 함량을 가지고 있다. 그런데, 한국산업규격(KS)이 설정한 모짜렐라 치즈 분류 기준에 따르면, 고형분 중 유지방 함량이 30~45%인 것을 저지방 모짜렐라 치즈로 규정하고 있다. 저지방 치즈에 대하여는 지방함량 감소가 체다 치즈의 풍미 및 화학조성에 미치는 영향(Drake *et al.*, 2010), 저지방 모짜렐라 치즈의 유동학 및 미세구조(Michael *et al.*, 1993), 저지방 페타 치즈의 유리지방산 및 휘발성분 구성(Kondyli *et al.*, 2002) 등 국외연구가 다양하게 진행

Received: March 20, 2017

Revised: March 23, 2017

Accepted: March 23, 2017

\*Corresponding author :  
Jun-Sang Ham, National  
Institute of Animal Science,  
RDA, Wanju, Korea.  
Tel : +82-63-238-7366,  
Fax : +82-63-238-7397,  
E-mail : hamjs@korea.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

되었으며, 국내에서는 동물성 지방을 제거하고 식물성 지방인 옥배유로 원료유 지방을 대체하여 제조한 cholesterol free 모짜렐라 치즈에 대한 연구(전 등, 2004)가 진행된 바 있다.

유지방은 casein matrix 사이에 골고루 분포함으로써 치즈를 부드럽게 만들지만(Mistry, 2001), 지방함량이 감소된 저지방 치즈는 특유의 고무 같은 조직감과 단단함, 반투명의 특성을 나타내며, 일반 지방함량의 치즈보다 다소 낮은 관능적 선호도를 보인다(Mcmahon, 1996). 이러한 저지방 치즈의 조직감 문제는 치즈 커드의 수분함량을 높여 개선할 수 있는데(Banks, 2004), 높은 온도의 살균처리, 커드입자 표면적의 감소 등 치즈 제조 공정을 변형하여 치즈 내 수분함량을 증가시키는 방법 등이 있다.(Merrill et al., 1994; Tunick et al., 1991). 또 다른 방법으로, 칼슘함량을 증가시키거나(Nauth and Ruffie, 1995), 단백질이나 탄수화물 기반의 상업용 지방 대체재를 활용하여 커드의 수분을 더 높이거나, casein matrix에 진입하여 지방과 유사한 특성을 가지게 하기도 한다(Mitchell, 1993; Hewitt, 1993; Lucey et al., 1993; Singer et al., 1990).

2016년 1인당 치즈 소비량은 자연치즈 2.1 kg, 가공치즈 0.7 kg으로(낙농진흥회, 2016), 자연치즈 소비가 90.5%로 대부분을 차지하나, 현재 국내산 저지방 치즈는 유업체에서 판매하는 일부 가공치즈로 한정되어 있어, 소비자 건강증진 측면 뿐 아니라, 제품 다양화 측면에서 저지방 자연치즈에 대한 다양한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 저지방 모짜렐라 치즈 특유의 조직특성 개선을 위해 원유의 지방함량을 2%로 조정하고, 제조공정 중 가온과정에서의 온도를 조정하였을 때 저지방 모짜렐라 치즈에 나타나는 품질특성에 대해 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료 및 치즈제조

국립축산과학원에서 생산된 원유를 지방함량 2%로 표준화하여 사용하였다. 표준화된 원유를 65°C에서 30분간 살균하여 냉각시킨 후, 상업용 스타터 TCC-3(Chr. Hansen, Denmark)를 접종하여 40분 유지하고, 이후 렌넷을 첨가하고 45분간 정치하였다. 생성된 커드는 1 cm 크기로 절단하여 교반 후 가온과정을 실시하였는데, 국립축산과학원에서 모짜렐라 치즈 제조시의 가온온도인 43°C를 각각 43(T1), 40(T2), 37(T3)°C로 나눠 처리하였다. 40분 정치시킨 후 유청을 배출하고, 커드를 열수 성형하여 15분간 염지 후 건조시켜 보존액이 담긴 용기에 포장, 냉장보관 후 지방함량을 조정하지 않은 원유를 대조구(C)로 비교하며, 16일간 4일 간격으로 품질특성을 조사하였다.

### 2. 일반성분 및 pH

수분, 단백질, 지방 및 염분 등의 일반성분은 Anderson 등(2007)의 방법에 따라 Foodscan(78810, Foss, Denmark)을 이용하여 측정하였다. pH의 경우, 균일하게 다져진 시료 샘플 25 g을 증류수 225 mL와 함께 균질하여 pH-meter(B22869, Thermo Scientific, Singapore)로 측정하였다.

### 3. 지방산 조성

Folch 등(1957)의 방법으로, 다진 치즈 시료 15 g에 Folch용액(Chloroform:Methanol=2:1)을 45 mL 넣고 10분간 균질한 후, 여과, 원심분리(3000 rpm, 10°C, 10min)하고 하층액에 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 첨가, 여과 후 원심농축기로 Chloroform을 날려 지질을 회수하였다. Morrison과 Smith(1964)의 방법으로 추출된 지질에 0.5N NaOH 1 mL를 넣고, 100°C에서 20분간 가열 후 방냉하였다. 이후 2 mL의 Boron trifluoride methanol solution(BF<sub>3</sub> methanol, Sigma, USA)을 첨가, 가열 및 방냉하고, NaCl용액 8 mL, Heptane 1 mL를 첨가 후 정치시켜 취한 상층액을 Gas chromatography (Varian 3600, USA)를 이용하여 분석하였으며, 분석에 사용된 기기의 조건은 Table 1과 같다.

### 4. 조직특성

직경 1 cm 코어를 활용해 원통형으로 만든 시료를 길이 2 cm로 균일하게 절단하여 채취한 후, Instron(Model 5543, USA)을 활

**Table 1.** Conditions of gas chromatography for fatty acid analysis

Items	Condition
Instrument	Varian star 3600. U.S.A
Column	Omegawax 205 fused-silica bond capillary column (30 m × 0.32 mmL, D, m 0.25µm film thickness)
Detector	Flame ionization detector
Carrier gas	Nitrogen (99.99%, research purity)
Column flow rate	1mL/min
Split ratio	100:1
Injection port temperature	250°C
Detecton port temperature	260°C
Oven tempeprature	200°C



용하여 직각방향으로 절단하여 5회 반복 측정하여 경도(Hardness), 탄력성(Springiness), 응집성(Cohesiveness), 겹성(Gumminess), 씹힘성(Chewiness) 항목을 분석하였다.

**5. 관능특성**

관능평가용 치즈 시료는 가로, 세로, 높이 각 1 cm 크기의 균일한 정육면체 큐브형태로 절단하여, 훈련된 패널 10명을 대상으로 색, 향미, 조직감, 맛, 종합적기호도 항목에 대한 관능적 선호도를 ‘대단히 싫다’를 1점, ‘대단히 좋다’를 9점으로 나타내는 9점 척도법으로 평가하였다.

**6. 통계처리**

치즈는 3회 반복하여 제조하였으며, 분석결과는 SAS 프로그램(2008)을 활용하여 ANOVA 분석하였고, Duncan’s multiple range

test에 의해 검증하였다( $p < 0.05$ ).

**결과 및 고찰**

**1. 일반성분 및 pH**

가온온도 조건에 따른 저지방 모짜렐라 치즈의 일반성분 분석 결과는 Table 2와 같다. 제조시 수분함량에 있어서 대조구와 처리구간 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났으며, 대조구와 처리구 모두 저장기간 경과에 따라 증가하였다. 이는 저장기간 중 치즈가 보존액을 흡수하기 때문으로 생각된다. 단백질함량의 경우, 저지방 치즈 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났는데, 이는 체다치즈의 지방함량을 낮춰줄수록 단백질 함량이 증가한 Mistry 등(2003)의 연구와도 일치하였으나, 처리구간 유의적인 차이는 없었다. 지방함량의 경우, 원유의 지방함량을 2%로 낮춰

**Table 2.** General composition of low-fat Mozzarella cheese made by different cooking temperature during storage period

Treatments	Storage time (day)					
	0	4	8	12	16	
Moisture	C	55.56±1.98 <sup>b</sup>	54.49±3.00 <sup>ab</sup>	58.35±2.48 <sup>a</sup>	56.27±4.10 <sup>Bab</sup>	58.01±1.81 <sup>a</sup>
	T1	51.76±1.33 <sup>c</sup>	55.17±0.35 <sup>b</sup>	56.94±1.49 <sup>b</sup>	59.49±1.07 <sup>ABa</sup>	60.32±2.06 <sup>a</sup>
	T2	51.54±1.65 <sup>c</sup>	51.54±0.66 <sup>b</sup>	58.88±1.96 <sup>a</sup>	59.39±0.73 <sup>ABa</sup>	60.45±1.78 <sup>a</sup>
	T3	52.85±1.34 <sup>c</sup>	56.44±0.14 <sup>b</sup>	59.83±0.70 <sup>a</sup>	61.12±0.80 <sup>Aa</sup>	60.27±2.07 <sup>a</sup>
Protein	C	20.55±0.68 <sup>Ba</sup>	18.84±1.29 <sup>Bab</sup>	16.93±1.46 <sup>Bb</sup>	17.69±1.79 <sup>Bb</sup>	17.28±0.86 <sup>Bb</sup>
	T1	25.65±2.65 <sup>Aa</sup>	24.62±0.18 <sup>Aab</sup>	23.57±0.76 <sup>Aabc</sup>	22.07±0.81 <sup>Abc</sup>	21.63±1.49 <sup>Ac</sup>
	T2	27.56±0.90 <sup>Aa</sup>	25.20±1.54 <sup>Ab</sup>	22.79±0.96 <sup>Ac</sup>	22.41±1.27 <sup>Ac</sup>	21.66±1.27 <sup>Ac</sup>
	T3	26.62±1.02 <sup>Aa</sup>	21.76±0.80 <sup>Aa</sup>	22.02±1.24 <sup>Ab</sup>	21.36±0.43 <sup>Ab</sup>	21.76±1.91 <sup>Ab</sup>
Fat	C	22.49±1.37 <sup>A</sup>	23.71±1.76 <sup>A</sup>	21.92±1.78 <sup>A</sup>	23.12±1.78 <sup>A</sup>	21.61±1.12 <sup>A</sup>
	T1	17.25±0.68 <sup>Ba</sup>	15.95±0.51 <sup>Bb</sup>	15.40±0.55 <sup>Bb</sup>	14.48±0.23 <sup>Bc</sup>	13.99±0.36 <sup>Bc</sup>
	T2	16.91±1.74 <sup>Ba</sup>	15.85±1.64 <sup>Bab</sup>	14.12±1.40 <sup>Bab</sup>	14.13±0.98 <sup>Bab</sup>	14.13±1.48 <sup>Bb</sup>
	T3	16.11±1.17 <sup>Ba</sup>	14.60±1.13 <sup>Bab</sup>	13.89±0.73 <sup>Bb</sup>	13.40±1.18 <sup>Bb</sup>	13.70±1.38 <sup>Bb</sup>
Salt	C	0.82±0.03 <sup>Ca</sup>	0.76±0.07 <sup>Bab</sup>	0.71±0.02 <sup>Bb</sup>	0.72±0.02 <sup>Bb</sup>	0.72±0.06 <sup>Bb</sup>
	T1	0.86±0.01 <sup>BCab</sup>	0.88±0.06 <sup>ABa</sup>	0.83±0.03 <sup>Aab</sup>	0.81±0.01 <sup>Ab</sup>	0.82±0.06 <sup>Aab</sup>
	T2	0.94±0.07 <sup>ABa</sup>	0.91±0.09 <sup>Aa</sup>	0.81±0.02 <sup>Ab</sup>	0.81±0.01 <sup>Ab</sup>	0.81±0.03 <sup>Ab</sup>
	T3	0.96±0.06 <sup>Aa</sup>	0.96±0.08 <sup>Aa</sup>	0.82±0.03 <sup>Ab</sup>	0.81±0.03 <sup>Ab</sup>	0.81±0.04 <sup>Ab</sup>

<sup>†</sup>Data are mean±standard deviation values.

<sup>A-D</sup> : Means with different superscripts in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>a-e</sup> : Means with different superscripts in the same row are significantly different ( $p < 0.05$ ).

제조한 처리구의 지방함량이, 제조시에 16.11~17.25%로 대조구의 22.49%에 비해 낮았다. 단백질과 지방함량은 대조구와 처리구 모두 저장기간이 경과함에 따라 감소하였는데, 이는 치즈를 보존액에 담가 보관하였기 때문에 치즈 내 수분함량이 증가했기 때문이다. 염분함량에 있어서는 동일한 염지시간에도 불구하고, 저지방 치즈가 높게 나타났으며, 이러한 경향은 염도 0.75%의 보존액에 저장하는 동안에도 유지되었다. 치즈의 pH는 Table 3과 같았으며, 대조구 및 처리구, 그리고 저장기간에 따라 유의

적인 차이가 없었다.

## 2. 지방산 조성

가온 조건에 따른 대조구 및 처리구의 지방산 조성은 Table 4와 같다. 대조구와 처리구 모두 불포화 지방산인 palmitic acid의 함량이 42.10~43.88%로 가장 높게 나타났는데, 이는 일반적인 모짜렐라 치즈 내 palmitic acid의 조성이 가장 높게 나타났다는 전 등 (2004)의 연구결과와 일치하였다. 다음으로 불포화지방산인 Oleic

**Table 3.** pH of low-fat Mozzarella cheese made by different cooking temperature during storage period

Treatments	Storage time (day)					
	0	4	8	12	16	
pH	C	5.59±0.40 <sup>*</sup>	5.57±0.37	5.57±0.40	5.72±0.29	5.74±0.40
	T1	5.47±0.28	5.49±0.26	5.50±0.29	5.74±0.19	5.66±0.27
	T2	5.51±0.28	5.42±0.21	5.49±0.22	5.72±0.22	5.72±0.21
	T3	5.41±0.34	5.34±0.19	5.44±0.09	5.67±0.25	5.62±0.31

<sup>\*</sup>Data are mean±standard deviation values.

**Table 4.** Fatty acid composition of low-fat Mozzarella cheese made by different cooking temperature

Items	Treatments			
	C	T1	T2	T3
C14:0	12.73±0.64 <sup>*</sup>	12.96±0.87	13.15±0.98	12.92±0.81
C16:0	43.83±3.14	43.88±3.10	42.10±6.10	43.70±3.08
C16:1 n7	1.84±0.43	1.78±0.41	1.75±0.36	1.82±0.35
C18:0	12.99±1.40	12.85±1.71	13.49±1.62	12.99±1.54
C18:1 n9	25.60±3.08	25.60±3.45	26.47±4.55	25.69±3.31
C18:1 n7	0.09±0.02	0.9 ±0.02	0.09±0.02	0.10±0.03
C18:2 n6	2.09±0.23	2.04±0.21	2.13±0.30	2.02±0.26
C18:3 n6	0.10±0.02	0.10±0.02	0.09±0.02	0.09±0.02
C18:3 n3	0.21±0.04	0.21±0.03	0.21±0.04	0.20±0.4
C20:1 n9	0.30±0.06	0.28±0.03	0.27±0.05	0.27±0.04
C20:4 n6	0.13±0.02	0.12±0.02	0.13±0.04	0.13±0.01
C20:5 n3	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.01	0.03±0.00
C22:4 n6	0.03±0.01	0.04±0.01	0.03±0.01	0.03±0.01
C22:6 n3	0.03±0.02	0.03±0.02	0.04±0.02	0.03±0.02



Table 4. Continued

Items	Treatments			
	C	T1	T2	T3
SFA <sup>1)</sup>	69.54±3.19	69.69±3.50	68.75±4.81	69.60±3.33
USFA <sup>2)</sup>	30.46±3.19	30.31±3.50	31.25±4.81	30.40±3.33
MUFA <sup>3)</sup>	27.84±3.01	27.75±3.32	28.59±4.55	27.87±3.18
PUFA <sup>4)</sup>	2.62±0.28	2.56±0.26	2.66±0.38	2.52±0.31
n3	0.27±0.05	0.27±0.04	0.28±0.06	0.25±0.05
n6	2.35±0.25	2.29±0.22	2.39±0.33	2.27±0.28
n6/n3	9.00±1.34	8.66±0.77	8.82±1.44	9.13±1.10
MUFA/SFA	0.40±0.06	0.40±0.07	0.42±0.11	0.40±0.06
PUFA/SFA	0.03±0.01	0.04±0.01	0.04±0.00	0.04±0.1

<sup>1)</sup>Data are mean±standard deviation values.

<sup>1)</sup> SFA: Saturated fatty acid, <sup>2)</sup> USFA: Unsaturated fatty acid, <sup>3)</sup> MUFA: Monounsaturated fatty acid, <sup>4)</sup> PUFA: Polyunsaturated fatty acid.

acid의 함량이 높았으나, 전체적으로 포화지방산이 68.75~69.69%로 불포화지방산에 비해 높게 나타났다. 또한 처리구간 지방산 조성에 대한 유의적 차이가 없어 원료유의 지방함량이나 가운조건 조성은 치즈의 지방산 조성에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

### 3. 조직특성

Instron을 이용하여 측정된 치즈의 조직특성은 Table 5에 표시하였다. 경도(Hardness)의 경우, 대조구의 값이 처리구에 비해 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. Olson 등(1990)에 따르면, 저지방 치즈의 조직적 특성으로는 단단함 외에도 고무와 같은 질감, 건조함 및 거친 느낌 등이 있다고 한다. 처리구 중에서는 가운온도가 낮을수록 경도가 감소하는 경향을 보였다. 이는 가운온도를 낮춰줄수록 커드 내 유청배출 정도가 감소하여 수분함량이 높아져 치즈의 조직이 좀더 부드러워졌기 때문으로 보여진다. 수분함량의 증가는 경도를 감소시켜 치즈를 부드럽게 한다는 내용은 Rudan 등(1999), Mistry 등(2001)의 연구결과에서도 확인된다. 응집성(Cohesiveness)은 대조구의 값이 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타나, 조직특성 중에서 응집성이 지방함량의 영향을 가장 많이 받는 것으로 보여진다. 탄력성(Springiness), 겹성(Gumminess), 씹힘성(Chewiness) 항목에서는 전반적으로 대조구의 값이 처리구에 비해 낮게 나타났으나 유의성은 없었다. 저장기간 경과에 따라서는 각 조직특성 분석 값이 감소하는 양상을 보였는데, 이는 숙성기간에

따라 치즈의 단단함(Firmness)이 감소한다는 Guinee 등(2001)의 저수분 모짜렐라 치즈에 대한 연구 결과와 유사하였다.

### 4. 관능특성

가운온도에 따른 저지방 모짜렐라 치즈의 관능특성 분석 결과는 Table 6에 표시하였다. 색 항목의 경우, 제조 시에 대조구가 유의적으로 높게 나타났고, 저장 중에도 유사한 경향을 나타내었다. Rudan 등(1999)에 의하면, 지방함량 감소에 따라 치즈의 백색도(Whiteness)도 감소하는데, 지방 함량을 낮춘 처리구는 백색도가 낮아 선호도가 떨어지는 것으로 보인다. 향미와 맛의 경우 대조구가 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었으며, 처리구 중에서는 가운온도가 낮을수록 높은 경향을 보였다. 조직감에 대한 선호도는 유의적인 차이는 없었으나, 저장기간 중 증가하는 경향을 나타내었는데, 이는 저장기간이 경과할수록 치즈의 경도가 감소한 것과 관련이 있는 것으로 보인다. 전체적인 선호도에 있어서도 유의적인 차이는 없었으나 제조 시에 대조구가 높고, 처리구에서는 가운온도가 낮을수록 높고, 저장기간이 지날수록 높아지는 경향을 보였다. 모짜렐라 치즈의 경우, 그대로 섭취하기 보다는 주로 슈레드(shred)된 피자치즈 형태로 조리 후 섭취하는 비중이 크기 때문에, 전 등(2004)의 연구에서와 같이 가열에 따른 용융성 및 스트레칭성에 대한 추가 분석이 필요한 것으로 사료된다. 또한 저지방 모짜렐라 치즈의 조직감 문제 개선을 위한 제조공정 변화 및 물질 첨가 등 보다 다양한 연구



**Table 5.** Texture of low-fat Mozzarella cheese made by different cooking temperature during storage period

Treatments		Storage time (day)				
		0	4	8	12	16
Hardness	C	0.34±0.04 <sup>*</sup>	0.27±0.15 <sup>B</sup>	0.27±0.19	0.27±0.22	0.25±0.17
	T1	0.54±0.19	0.53±0.14 <sup>AB</sup>	0.53±0.19	0.47±0.22	0.45±0.26
	T2	0.49±0.16	0.55±0.16 <sup>A</sup>	0.41±0.13	0.40±0.10	0.42±0.10
	T3	0.44±0.13	0.30±0.10 <sup>AB</sup>	0.36±0.18	0.34±0.14	0.30±0.12
Cohesiveness	C	1.69±0.10 <sup>A</sup>	1.61±0.16 <sup>A</sup>	1.59±0.13 <sup>A</sup>	1.59±0.05 <sup>A</sup>	1.56±0.17
	T1	1.46±0.05 <sup>B</sup>	1.43±0.01 <sup>B</sup>	1.42±0.04 <sup>B</sup>	1.42±0.07 <sup>B</sup>	1.41±0.06
	T2	1.45±0.03 <sup>B</sup>	1.43±0.04 <sup>B</sup>	1.43±0.05 <sup>B</sup>	1.43±0.04 <sup>B</sup>	1.40±0.04
	T3	1.45±0.10 <sup>B</sup>	1.42±0.01 <sup>B</sup>	1.39±0.03 <sup>B</sup>	1.43±0.04 <sup>B</sup>	1.43±0.02
Springiness	C	30.89±1.30	30.52±1.30 <sup>B</sup>	30.51±1.30	30.48±1.48	30.32±1.63
	T1	32.21±0.37	32.27±0.34 <sup>A</sup>	32.23±0.42	32.05±0.51	32.02±0.65
	T2	32.05±0.42	32.31±0.34 <sup>A</sup>	31.90±0.46	31.97±0.44	32.13±0.37
	T3	31.83±0.65	31.79±0.48 <sup>AB</sup>	31.37±1.19	31.47±0.92	31.31±1.06
Gumminess	C	0.57±0.38	0.42±0.21	0.42±0.07	0.43±0.35	0.39±0.27
	T1	0.79±0.25	0.75±0.20	0.74±0.05	0.66±0.27	0.63±0.33
	T2	0.70±0.23	0.49±0.22	0.58±0.16	0.57±0.15	0.59±0.12
	T3	0.62±0.15	0.55±0.14	0.50±0.24	0.48±0.19	0.43±0.17
Chewiness	C	17.93±12.76	12.90±7.12	13.01±9.05	13.45±11.58	12.05±8.77
	T1	25.44±8.32	24.33±6.72	24.00±8.29	21.29±9.16	20.28±11.18
	T2	22.54±7.53	25.45±7.28	18.57±5.52	18.34±4.97	19.02±4.12
	T3	19.91±5.21	17.62±4.69	15.85±8.07	15.29±6.39	15.29±5.70

<sup>\*</sup>Data are mean±standard deviation values.

<sup>A-D</sup> : Means with different superscripts in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 6.** Sensory characteristics of low-fat Mozzarella cheese made by different cooking temperature during storage period

Treatments		Storage time (day)				
		0	4	8	12	16
Color	C	7.0±0.21 <sup>*A</sup>	7.0±0.56 <sup>A</sup>	6.5±0.76	6.8±0.46 <sup>A</sup>	6.5±0.57
	T1	6.2±0.59 <sup>B</sup>	5.9±0.15 <sup>B</sup>	5.9±0.66	6.0±0.31 <sup>AB</sup>	6.3±0.25
	T2	5.9±0.35 <sup>B</sup>	5.7±0.85 <sup>B</sup>	5.9±0.57	5.8±0.42 <sup>B</sup>	5.8±0.35
	T3	6.1±0.31 <sup>B</sup>	6.2±0.31 <sup>AB</sup>	6.3±0.35	6.3±0.44 <sup>AB</sup>	6.4±0.65



Table 6. Continued

Treatments	Storage time (day)					
	0	4	8	12	16	
Flavor	C	5.8±0.31	5.6±0.46	6.4±0.75	6.1±1.05	5.4±0.71
	T1	5.2±1.04	5.9±0.76	5.9±0.35	6.1±0.47	5.8±0.50
	T2	5.2±0.81 <sup>b</sup>	5.4±0.89 <sup>ab</sup>	6.3±0.85 <sup>ab</sup>	5.8±0.75 <sup>ab</sup>	5.8±0.25 <sup>a</sup>
	T3	5.9±0.55	5.8±0.40	5.9±0.31	6.0±0.21	5.6±0.66
Texture	C	5.8±0.14	5.3±1.00	4.6±1.48	5.1±1.97	5.0±1.21
	T1	5.1±1.27	5.4±0.76	5.8±0.12	5.9±0.95	5.6±1.08
	T2	5.1±0.61	5.7±0.87	6.2±0.60	6.2±0.55	6.4±0.26
	T3	5.5±1.01	5.9±0.61	5.9±0.15	6.5±0.60	5.3±0.36
Taste	C	5.7±0.31	5.6±0.69	4.9±1.85	4.8±1.66	4.8±1.62
	T1	4.7±1.23	5.5±1.01	5.5±0.21	6.0±0.32	5.1±0.74
	T2	4.8±0.95	4.0±1.29	5.8±0.95	5.6±0.35	5.6±0.35
	T3	5.0±0.83	4.0±0.06	5.8±0.42	5.4±0.61	4.9±0.59
Overall preference	C	5.8±0.26	5.7±0.74	4.9±1.76	5.1±1.70	5.0±1.33
	T1	4.9±1.47	5.8±0.85	5.8±0.23	6.1±0.26	5.6±0.52
	T2	4.9±0.72	5.2±1.14	6.1±0.75	5.8±0.12	6.1±0.10
	T3	5.3±1.01	5.8±0.40	5.9±0.42	5.8±0.40	5.4±0.44

\*Data are mean±standard deviation values.

<sup>A-D</sup> : Means with different superscripts in the same column are significantly different ( $p<0.05$ ).

<sup>a-e</sup> : Means with different superscripts in the same row are significantly different ( $p<0.05$ ).

가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01099801)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

## References

- Anderson, S. 2007. Determination of fat, moisture, and protein in meat and meat products by using the FOSS FoodScan near-infrared spectrophotometer with FOSS artificial neural network calibration model and associated database: collaborative study. *Journal of AOAC International*. 90(4):1073-1083.
- Banks, J. M. 2004. The technology of low-fat cheese manufacture. *International Journal of Dairy Technology*. 57(4):199-207.
- Drake, M. A., Miracle, R. E. and McMahon, D. J. 2010. Impact of fat reduction on flavor and flavor chemistry of Cheddar cheeses. *Journal of Dairy Science*. 93(11): 5069-5081.
- Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226(1): 497-509.



5. Guinee, T. P., Feeney, E. P. and Fox, P. F. 2001. Effect of ripening temperature on low moisture Mozzarella cheese: 2. Texture and functionality. *Le Lait*. 81(4): 475-485.
6. Hewitt, L. 1993. The low fat no fat boom. *Food Manufacture*. 68(3):23-4.
7. [http://www.dairy.or.kr/jsp/layout/LayoutControlCtrl.jsp?ACT\\_CD=MAIN&INDEX\\_UPPERMENU\\_CODE=domestic&INDEX\\_MENU\\_CODE=domestic\\_ani\\_statistics&INDEX\\_MENU\\_DEPTH=2](http://www.dairy.or.kr/jsp/layout/LayoutControlCtrl.jsp?ACT_CD=MAIN&INDEX_UPPERMENU_CODE=domestic&INDEX_MENU_CODE=domestic_ani_statistics&INDEX_MENU_DEPTH=2)
8. Kondyli, E., Katsiari, M. C., Masouras, T. and Voutsinas, L. P. 2002. Free fatty acids and volatile compounds of low-fat Feta-type cheese made with a commercial adjunct culture. *Food Chemistry*. 79(2):199-205.
9. Lucey, J. A. and Gorry, C. 1994. Effect of Simplesse 100 on the manufacture of low fat Cheddar cheese. In IDF seminar. Cheese yield and factors affecting its control. Cork (Ireland). Apr 1993.
10. McMahon, D. J., Alleyne, M. C., Fife, R. L. and Oberg, C. J. 1996. Use of fat replacers in low fat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*. 79(11):1911-1921.
11. Merrill, R. K. A method for manufacturing reduced fat Mozzarella cheese. 1783-1789. En: *Journal of Dairy Science*. Vol. 77, no. 7 (Jul 1994).
12. Mistry, V. V. 2001. Low fat cheese technology. *International Dairy Journal*. 11(4):413-422.
13. Mistry, V. V. and Anderson, D. L. 1993. Composition and microstructure of commercial full-fat and low-fat cheeses. *Food Structure*. 12(2):13.
14. Mitchell, H. L. 1993. Novel milk protein concentrated for low fat foods. *Int. Food Ingred.* 5:25-28.
15. Morrison, W. R. and Smith, L. M. 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *Journal of Lipid Research*. 5(4):600-608.
16. Nauth, K. R. and Ruffie, D. 1995. Microbiology and biochemistry of reduced-fat cheese. In *Chemistry of Structure-Function Relationships in cheese* (pp. 345-357). Springer US.
17. Olson, N. F. and Johnson, M. E. 1990. Light cheese products: characteristics and economics. *Food technology (USA)*.
18. 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. *Journal of Dairy Science*. 82(4):661-672.
19. Singer, N. S. and Dunn, J. M. 1990. Protein micro-particulation: the principle and the process. *Journal of the American College of Nutrition*. 9(4):388-397.
20. Tunick, M. H., Mackey, K. L., Shieh, J. J., Smith, P. W., Cooke, P. and Malin, E. L. 1993. Rheology and microstructure of low-fat Mozzarella cheese. *International Dairy Journal*. 3(7):649-662.
21. 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. *Nederlands Melk En Zuiveltijdschrift*. 45(2):117-125.
22. 보건복지부. 2015. 한국인 영양소 섭취기준(요약본). pp. 11.
23. 전정기, 김병용. 2004. Cholesterol Free Mozzarella Cheese 제조에 관한 연구. *한국식품영양과학회지*. 33(3):587-592.