

ARTICLE

산지 초지 방목우의 우유로 제조한 목장 버터의 조직 특성 및 지방산 조성

박승용^{1*} · 이배훈² · 강효진² · 김거유²

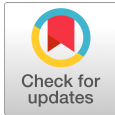
¹연암대학교 축산학과, ²강원대학교 동물응용학과

Rheological Properties and Fatty Acid Profile of Farm Butter Made from Cows' Milk Grazing on Mountain Pasture

Seung-Young Park^{1*}, Bae-Hun Lee², Hyo-Jin Gang², and Gur-Yoo Kim²

¹Dept. of Animal Science, Yonam College, Cheonan, Korea

²Dept. of Animal Applied Science, Kangwon National University, Chuncheon, Korea



Received: December 24, 2018
Revised: December 25, 2018
Accepted: December 25, 2018

*Corresponding author :
Seung-Young Park
Dept. of Animal Science,
Yonam College, Cheonan, Korea.
Tel : +82-41-580-1082
Fax : +82-41-580-1082
E-mail : sypark@yonam.ac.kr

Copyright © 2018 Korean Society of Milk Science and Biotechnology.

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.

ORCID

Seung-Young Park
0000-0002-1805-3560
Bae-Hun Lee
0000-0002-3811-6709
Hyo-Jin Gang
0000-0002-1835-868X
Gur-Yoo Kim
0000-0001-9973-3367

Abstract

This study was carried out to investigate the rheological properties and composition of unsaturated fatty acid of farm butter made from the milk of cows grazing at high mountain pasture in Pyronogchang SKY ranch (above sea level, 935 m). From two groups containing 7 cows each, a group was fed in-door with TMR (total mixed ration) feed and whereas the other group was grazed pastures for 12 h. The daily intake of feed on basis of dry matter (DMI), milk yields, concentration of milk constituents, and fatty acid profile of pasture milk were compared with control TMR milk. In addition, the physiochemical properties and composition of unsaturated fatty acids of the butter were also compared with those of the butter made from control TMR milk. Upon comparison, the health-promoting index (HPI) of fatty acids; the ratio of omega-6 fatty acids to omega-3 fatty acids (n-6 to n-3 UFA), the atherogenicity index (AI), and the ratio of linoleic acid to α -linolenic acid (LA to ALA) was apparently improved in farm butter than those of control butter. Thus, it could make the dairy farm visitors to consume the farm butter containing the health-promoting fatty acids from the milk of cows grazing on mountain pasture.

Keywords

farm butter, grazing cows, mountain pasture, health-promoting index of fatty acids, rheological properties

서 론

축산물 가공기준 및 성분규격에 의하면 '버터는 원유, 우유류 등에서 유지방분을 분리한 것이나 발효시킨 것을 그대로 또는 이에 식품이나 식품첨가물을 가하고 교반하여 연압 등 가공한 것'으로 규정되어 있다(한국의약품안전처, 2017). 버터는 버터 생산에 사용된 원유의 양으로 볼 때, 2013년 기준 5,000 톤으로서 원유 생산량의 0.2%에 해당하는 작은 규모의 유가공품이다. 버터 생산량은 1997년 3,332 톤이었다가 2002년 5,843 톤으로 증가한 이후 지속적으로 감소하여 2017년 2,420 톤 수준에 그치고 있다. 버터 소비량은 1997년 3,737 톤이었다가 꾸준히 증가하여 2017년 현재 11,484 톤에 이르렀으며, 수입 버터 소비량(9,432 톤)이 국내 생산량의 약 3.9배에 달한다(Korea Dairy Committee, 2018).

버터 제품의 개발추세는 세계적으로 버터에 비타민, 오메가-3 등이 함유된 제품이 출시되고 있으며,

국내에서는 소금을 첨가하지 않은 무염버터, 식물성 버터, 발효버터(한국농수산식품유통공사, 2015)의 소비가 증가하고 있으며, 유채씨유, 올리브 오일 등을 첨가하여 전연성을 높인 가공버터(Suh *et al.*, 2008)의 개발이 확대되는 추세이다. 버터의 주 사용 용도는 식용유 대용으로 사용하는 경우가 36.0%이고, 제빵 등 베이킹용으로 35.4%를 사용하고 있으며, 가정에서는 빵에 발라먹는 타입의 가공버터가 주로 소비되고 있다(한국농수산식품유통공사, 2015). 일부 지역에서는 원산지를 강조한 로컬 푸드로 개발된 버터의 소비가 점차 확대되고 있다. 버터 소비는 지난 40여 년간 버터 지방이 동맥경화의 원인이라는 인식이 만연되어 오다가 최근 식물성 오일을 경화시킨 마아가린에 다량 함유되어 있는 트랜스 지방산이 포화지방산보다 건강에 유해성하다고 알려지면서 버터의 소비가 회복되고 있는 추세에 있다.

우유 지방의 건강증진지수(HPI)에 대하여 n-6/n-3 ratio, 동맥경화유발지수(artherogenicity, AI), LA/ALA ratio 등 건강한 유지방을 함유한 원유를 생산하려는 다양한 연구(Blasko *et al.*, 2010; Esmailifard *et al.*, 2016), 발효유제품의 유지방의 동맥경화(cardiovascular disease, CRD) 발병 위험요인인 포화지방산 조성 조사 연구(Jessica *et al.*, 2016) 등이 있다. 국내에서는 초지에서 방목 사양하는 젖소 사육기술이 부족하여 유지방의 건강증진 기능이 향상된 초지방목 원유의 생산에 관한 연구는 전무한 실정이다. 초지에서 방목하는 젖소는 건물섭취량은 충족시킬 수 있지만, 목초에는 부족한 미네랄 및 단백질이 부족하다. 이를 보충하기 위하여 착유 중 소량의 농후 사료를 섭취하도록 하기 때문에 방목우는 농후 사료를 주로 섭취한 사사우의 우유와는 영양소의 조성이나 물리화학적 특성, 지방산 조성 등에 큰 차이가 있다.

유럽 알프스 산간 초지에 젖소의 방목 사양은 6월 초순부터 9월 하순까지 약 100여 일간 실시되며, 산지 초지에서 착유 직후 곧바로 치즈를 제조 및 숙성을 하고 있다. 그러나 국내에 산지 초지가 조성되어 있는 대관령에서는 방목사육을 실시하지 않고 있다. 초지 방목사육 연구를 위해 대관령 935 m의 고지에 위치한 초지에서 방목 실험 중인 젖소의 우유로 제조한 Montasio 치즈(Park *et al.*, 2018) 및 Avocado 버터(Park *et al.*, 2018) 등의 지방산 조성에 대하여 연구되었다.

일반 원유와 같이 포화지방산이 높은 우유로 제조한 버터는 보관온도인 냉동상태에서 과도한 경도를 갖는 조직이 되어 전연성(spreadability)이 낮다. 불포화 지방산 함량이 높은 식물성 유지를 첨가하면 전연성이 개선되지만 실온에서 버터의 조직과 형태의 유지에 부적합한 물성을 갖게 된다. 그러므로 버터 지방산의 건강 기능성을 향상시키고, 전연성 향상, 견고성 유지 등 조직 특성을 개선시키며 천연의 황색도를 갖는 버터의 생산을 위한 방안으로서 초지 방목 우유로 제조하는 목장형 버터의 우수성을 도출하고자 하는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 젖소를 방목 사육한 젖소의 우유로 버터를 제조하여 버터의 물리화학적 특성, 불포화 지방산 조성비, 오메가-6에 대한 오메가-3 지방산 조성비, 동맥경화 유발지수(AI index), linoleic acid에 대한 α -linolenic acid 조성비(LA/GLA) 등 건강증진지수를 비교하였다.

재료 및 방법

1. 젖소 방목 및 착유

젖소는 대관령 하늘목장의 산차별로 구성된 사사우 7두와 방목우 7두, 총 14두를 시험축으로 선발하였다. 시험축의 평균 체중은 614.4 ± 47.9 kg, 1일 착유량은 34.0 ± 8.5 kg이었다. 사사우는 건초, 옥수수 분말, 기초 TMR(total mixed ration) 및 반추위 보호지방 등을 혼합한 TMR 사료를 위주로 1일 건물(DM)량 기준 23.23 kg을 급여하였다. 방목우는 12시간 또는 24시간 방목시간을 정하여 티모시(timothy) 위주의 초종으로 구성된 산지 방목초지에서 3년간 6월부터 9월 말까지 방목을 실시하여 1일 DM량 16.67 kg을 섭취토록 하였다. 방목 가축은 3개의 방목지(paddock) 구획을 설정하고 예비 방목을 1주간 실시한 후, 목초의 초장이 25 cm일 무렵인 6월 초부터 윤환방목의 형태로

방목하였다.

착유는 2대의 Robot 착유기(De Laval, Denmark)를 사용하였으며, 사사우는 1일 3회 기준으로 자유롭게 착유하도록 하였고, 방목우는 1일 2회 착유하였다. 착유 중에는 2군의 실험축들이 1일 2회, DM 4.6 kg의 농후사료를 섭취케 하였다. 방목우가 섭취한 목초의 영양소 함량은 Vazquez와 Smith(2000)의 공식으로 계산하였다.

2. 버터 제조

일반우유와 방목우유 각각 80 리터를 하늘목장에 설치된 소형 유가공실에서 45℃로 가온한 후, 크림 분리기(Model No.3, Elecrem, France)로 크림을 분리하였다. 크림은 67℃에서 25분간 저온살균한 후 1일간 냉장저장하였다. 10℃의 냉장 크림은 연암대학교 유가공기술센터로 수송한 후 버터 교동기(BLBA 80, Elecrem, France)로 15분간 교동을 하여 버터 그레인 (butter grain)과 탈지유로 분리하였다. 크림량의 1%에 해당하는 식용 정제소금을 첨가하고 다시 2차 교동을 하여 적절한 수분함량이 되도록 연압하였다. 연압시킨 버터는 목재의 성형틀로 300 g 단위로 성형하여 버터용 포장지로 포장하여 -18℃로 냉동 보관하였다.

3. 분석방법

1) 물성 측정

버터의 물성 측정은 버터를 가로×세로 3 cm, 두께 2 cm 동일한 크기로 잘라 냉장 5℃에서 보관 후 실험하기 직전 사용하였다. 버터의 조직 측정은 Texture analyzer(TA-XT Express v2.1, London, England)를 사용하였으며, two bite test를 실시하는 TPA test로 조직감을 측정하여 분석하였다(Table 1). Probe는 30' Conical Perspex 타입을 사용하였다. 시료 측정 후 얻어진 force and time graph로부터 견고성(hardness; kg), 응집성(cohesiveness; %), 탄력성(springiness; mm), 검성(gumminess; kg), 저작성(chewiness; kg×mm), 점착성(adhesiveness), 및 복원성(resilience) 등을 측정하였으며, 3회 반복하여 평균값을 구하였다.

2) 수분, 지방, 고형분 측정

수분 함량은 적외선 수분측정기(FD-600, Kett, Japan)로 측정하였으며, 측정방식은 적외선 램프(185 W)로 가열 건조 후 중량 감소 비율로 수분 함량을 표시하는 방식이며, 측정 조건은 시료 중량 0.5~1.00 g, 가열온도 프로그램은 온도 150℃, 시간 2~3분으로 하였다. 총 고형분 함량은 총 중량에서 수분함량을 제외한 값으로 하였다. 지방 함량은 수분을 건조시킨 잔류물의 지방을 유기용매로 추출하고, 유기용매를 휘발시킨 후 순수한 오일의 중량으로 하였다.

Table 1. Analysis condition of texture analyzer

Instrument type	TA-XT Express, Stable Micro Systems
Type	Texture profile analysis test TPA(texture profile analysis)
Probe	30' Conical perspex
Pre-test speed	1.00 mm/s
Test speed	5.00 mm/s
Post-test speed	5.00 mm/s
Test distance	4.00 mm
Time	5.00 sec
Trigger force	50.00 g

3) 소금 측정

소금의 함량은 Salt meter(SSX 56-N, Ebro Electronic, Germany)로 측정하였다. 버터의 지방은 전기적으로 절연체이므로 액상 부분의 소금 함량을 측정해야 하므로 버터 5 g을 가온 용융한 후 냉장 고에 넣어 냉각하여 지방층을 응고시킨 후 용출된 하층부 액체를 취하여 소금 함량을 측정하였다. Salt meter 측정값과 소금 농도와의 회귀곡선($y=0.9516x+33.3099$)을 구한 후, 시료 측정값을 순수 NaCl 함량(96.58%)을 감안하여 버터의 소금 함량으로 하였다.

$$\text{버터의 소금 함량(\%)} = \{ \text{측정값(\%)} \times \text{총 수분(g)} / \text{버터 시료량(g)} \} \times 100$$

4) 색도 측정

색도 측정은 버터의 표면색은 색차계(JX-777, Color Techno System Co., Japan)를 이용하여 Hunter LAB 색차 식에 의하여 명도지수(Lightness) L, 색좌표 지수인 적색도(Redness) a와 황색도(Yellowness) b로 표시하였는데, 각 시료마다 측정 부위를 달리하여 3회 반복 측정하였으며, 이때 사용한 표준백판의 L값은 +93.30, a값은 +0.19, b값은 +3.45이었다.

5) 지방산 분석

지방산 분석용 버터는 축산물가공기준 및 성분규격(한국식품의약품안전처, 2017)의 시험법에 따라서 처리하였다. 우유, 크림 및 버터 시료를 약 100~200 mg의 지방을 포함하는 양을 취하여 Mojonnier tube에 넣고 약 pyrogallol 100 mg, internal standard 2.0 mL, 증류수에 2 mL의 ethanol을 첨가하여 잘 혼합한 후 증류수 4 mL, ammonium hydroxide 2.0 mL를 첨가 후 교반하여 밀봉한 후 70~80°C의 수조에서 적당한 속도로 교반하면서 10분간 분해시켰다. 버터는 그 후 12M HCl 10 mL를 추가로 첨가하여 20분간 처리하였다.

시료로부터 지방의 추출은 Mojonnier tube에 들어 있는 분해물에 di-ethyl ether 25 mL 첨가하고 마개를 밀봉한 후 5분간 진탕하여 추출한 다음 anhydrous petroleum ether 25 mL를 첨가하여 5분간 다시 진탕 추출하고 상등액이 깨끗해질 때까지 1시간 이상 방치하였다가 분리하였다. 추출용액으로 마개를 씻고 150 mL 비이커에 에테르 층을 분액한 후 질소 가스로 증발시키고, 35~40°C 수조에서 에테르를 증발시켜 순수한 지방을 추출하였다.

Gas chromatography 분석용 시료는 chloroform 2~3 mL, di-ethyl ether 2~3 mL로 추출한 지방을 용해시켜 15 mL 시험관으로 옮긴 후 40°C 수조에서 질소 가스를 분주하여 지방을 농축하였다. 농축 시료에 7% trifluoroboric methanol 2.0 mL와 toluene 1.0 mL를 첨가하여 밀봉하고, 100°C 오븐에서 45분간 가열한 후 실온으로 냉각시켰다. 냉각한 혼합액에 증류수 5.0 mL, hexane 1.0 mL, anhydrous sodium-sulfate 1.0 g을 첨가한 후 다시 진탕하여 정치시키고, 분리된 상등액을 취하여 anhydrous sodium-sulfate 1.0 g이 들어 있는 vial에 넣고 탈수한 후 GC 분석용 시료로 사용하였다. 가스 크로마토그래피 분석은 냉동보관 중인 지방산 시료 2 μ L를 취하여 시료주입구에 2 μ L량 주입하였으며, split ratio는 1:100이었다. 가스 크로마토그래피 가동 조건은 Table 2와 같았다.

4. 통계처리

사료 섭취량, 우유 생산량, 버터 조직특성, 색도, 성분 함량, 및 지방산 함량 등을 분석하여 구한 데이터는 SPSS 프로그램(IBM SPSS Statistics 24.0)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 처리구 간 비교 분석을 위해서 one-way ANOVA 분석을 한 후, 평균의 차이를 *t*-test, *F*-test 등으로 검정을 하였고, 95% 신뢰구간에서 probability를 구하였다.

Table 2. Operation condition of gas chromatography

		Conditions
Main body	500 GC system, YL Instrument Co. LTD, Anyang, Korea	
Detector	Flame ionization detector (FID)	
Column	SP-2560 (100 m×0.25 mm×0.2 μm)	
Carrier gas	N ₂	
Oven temperature	140°C (5 min) → 1.5°C/min → 200°C (4 min) → 3°C/min → 240°C (15 min)	
Inlet temperature	225°C	
Detector temperature	285°C	
Injection volume	2 μL	

결과 및 고찰

1. 사료 섭취량, 유생산량 및 유성분 조성

방목우가 섭취한 목초의 영양소 함량은 조단백 130 g/kg DM, 섭취한 증성세제 불용성 섬유소 (Neutral detergent digestible fiber, NDF) 593 g/kg DM, CF 228g/kg DM, 회분 63 g/kg DM 이었다. Table 3은 두 시험구의 사료 섭취량, 유생산량, 유성분 조성 등의 평균 값이다.

두 시험구의 사료 섭취량을 비교해 보면, 1일 건물 섭취량(daily intake of dry matter, DMI)은 사사우 23.22 kg, 방목우 16.67kg이었다. 12시간 방목우의 사료 섭취량이 사사우보다 적은 것은 초지 단위 면적당 목초 생산 예측량이 지나치게 높았기 때문인 것으로 판단된다. 이를 1일 유지에너지(metabolizable energy, ME; Mega Joule)로 환산해 보면, 사사우가 195.46 MJ이었고, 방목우가 146.36 MJ로서 에너지 공급 면에서 크게 차이가 있었다($p < 0.001$). 에너지 공급량은 산유량이나 유지방 함량에 따라서 다르겠으나(NRC, 2001), 일본 젖소사양표준(Sohn and Yang, 2008)을 근거

Table 3. Diet compositions, DMI and milk yield of Holstein cows fed in-door and grazed on pasture

Feeding system	In-door feeding		Pasture grazing		t-value	p-value	
	Mean	SD	Mean	SD			
Intake · d ⁻¹	Concentrates ¹⁾ (kg · DM · d ⁻¹)	6.03	1.09	1.90	0.36	46.666	0.000
	TMR (kg · DM · d ⁻¹)	9.86	0.74	4.93	0.37	81.673	0.000
	Herbage ²⁾ intake (kg · DM · d ⁻¹)	-	-	5.43	0.67	-	-
	DM (kg · d ⁻¹)	15.89	1.28	12.26	0.90	31.916	0.000
	ME (MJ · d ⁻¹)	195.46	16.37	142.39	10.38	37.637	0.000
	ME (MJ · DM ⁻¹)	12.30	0.08	11.62	0.08	80.351	0.000
Yield · d ⁻¹	Milk (kg)	37.73	6.58	21.20	5.76	22.857	0.000
	ECM ³⁾ (kg)	35.18	2.02	22.25	0.99	29.856	0.000
	Milk yield (kg · DM ⁻¹)	1.53	0.09	1.17	0.08	41.582	0.000
	Milk yield (kg · MJ ⁻¹)	0.12	0.01	0.10	0.01	33.885	0.030
	Fat (kg)	1.39	0.08	1.46	0.08	-3.374	0.001
	Protein (kg)	1.19	0.07	1.20	0.07	0.944	0.410
	Total solids (kg)	4.63	0.27	4.70	0.27	0.932	0.362
Concentration (%)	Fat	3.68	0.51	3.88	0.59	0.832	0.196
	Protein	3.15	0.20	3.19	0.25	0.762	0.514
	Lactose	4.81	0.21	4.80	0.20	0.943	0.793
	Total solids	12.28	0.64	12.46	0.68	0.757	0.328

¹⁾ Concentrate feed was composed of a mixture of hays (timothy 2.5, alfalfa 3, tall fescue 1, oat grass 3, and reed canarygrass 1.5), with grounded corn (2.5), TMR base (7) and rumen-protected fat (0.2) for indoor feeding (28.4 kg · cow⁻¹ · d⁻¹).

²⁾ Herbage is composed of timothy, orchard grass and reed canarygrass grown on mountain pasture.

³⁾ ECM (Energy corrected milk fat): ECM (kg · cow · d⁻¹) = [(milk fat % × 41.65) + (milk true protein % × 24.13) + (milk lactose % × 21.60) - 11.72]/1000 × 2.204] × (milk, kg · d⁻¹)/0.271.

로 산유에 필요한 에너지는 유지방 3.5%인 경우, 유지방 3.75%인 경우 각각 199.06 MJ, 115.9 MJ로서 방목 사육 젖소의 에너지 공급량은 충분한 것으로 보인다. Rego 등(2004)의 결과와 비교해도 큰 차이가 없는 수준으로 판단된다.

두 시험축의 평균 유생산량은 사사우 평균 37.73 kg/d, 방목우는 21.20 kg/d 로서 유의적인 차이 ($p < 0.001$)가 있었다. 젖소의 생산성 비교에 중요한 요소들인 유지방, 유단백질, 총 고형분 등의 함량을 비교하면, 12시간 방목우의 유지방 생산 수율은 방목우 1.46 kg/d로서 사사우(1.39 kg/d)에 비하여 높은 결과를 보여주었으나($p < 0.001$), 유단백질과 총 유고형분 생산수율은 사사우(1.20 kg/d, 4.63 kg/d)와 큰 차이가 없었다. 우유의 유지방, 단백질, 유당 및 총고형분 등 각 영양소 함량 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다.

사사우의 DMI 섭취량(16.67 kg/d)이 Rego 등(2004)의 결과(17.8 kg/d)와 크게 차이를 보이지 않았는데, 이러한 결과가 나온 것은 목초의 영양가(ME/kg)가 낮은 때문이라고 판단된다. Schroder 등(2003)은 옥수수 알곡을 보충용 지방(불포화지방산의 갈슘염)과 함께 공급하면 유지방산 조성에 영향을 주며, 공역 리놀산(CLA) 함량도 1.91 g/100 g FA로 증가한다고 하였다. 34%의 지질을 함유하는 캐놀라유는 유생산량, 증체량, 신체충실지수(body condition score, BCS), 반추위 내 pH 등에는 영향을 주지 않으나, vaccenic acid와 c-9,t-10 CLA는 증가한 반면에 단쇄 및 중쇄 지방산 함량은 감소한다고 하였다(Chichlowski *et al.*, 2005). ME 값이 높은 옥수수 사일리지 섭취량이 2 kg/d이 되면 유생산량이 1.9 kg/d, 유단백질은 1.2 kg/d 수준으로 증가한다는 Khan 등(2015)의 연구 결과와 같이 ME 값을 높일 수 있는 방목 사양기술을 확립되지 못한 경우에는 목초 외에 에너지 보충사료의 급여가 필요한 것으로 판단된다.

2. 버터의 물리화학적 특성

버터의 조직 특성, 영양 조성, 색상에 대한 결과들은 Table 4와 같다.

버터의 조직은 Table 4와 같이 방목 시간별로 견고성($p < 0.001$), 복원성($p < 0.001$) 및 응집성($p < 0.005$)에 차이가 있었으나, 점착성은 감소($p < 0.05$), 저작성도 증가($p < 0.05$)하였다. 방목 12시간 후 견고성이 다시 낮아지는 것은 수분함량의 차이에 의한 것으로 보인다.

방목 버터가 일반 버터에 비해 비교적 응집이 낮으나 오일 분리현상(oiling-off)이 발생하지 않았으며, 버터 사용상 중요한 특성인 전연성이 우수한 것을 알 수 있다.

Table 4. Rheological properties, chemical composition, and color of farm butter made from cows' milk grazing on mountain pasture

Parameters	A commercial brand	Grazing time			SEM	F-value	p-value
	Mean±SD	0 hr	6 hr	12 hr			
		Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD			
Hardness (kg)	413.37±34.17	242.70±6.74	523.23±8.11	228.90±5.23	96.500	1,583.734	0.000
Cohesiveness (%)	0.28±0.05	0.16±0.03	0.16±0.04	0.36±0.07	17.000	7.543	0.023
Springiness (mm)	0.33±0.12	0.17±0.05	0.17±0.12	0.66±0.20	0.162	12.578	0.007
Gumminess (kg)	116.90±24.30	38.40±5.32	82.97±22.65	82.08±16.69	15.146	7.689	0.022
Chewiness (kg×mm)	39.69±22.19	6.57±2.87	16.10±13.32	56.02±24.90	14.712	7.127	0.026
Adhesiveness	-118.70±3.46	-85.43±14.67	-123.50±20.12	-147.23±23.23	0.068	17.635	0.003
Resilience	0.15±0.01	0.10±0.01	0.13±0.01	0.11±0.00	0.009	33.50	0.001
Total milk solids (%)	80.17±0.04	73.39±0.03	82.98±0.03	82.48	-	-	-
NaCl (%)	1.20±0.01	3.78±0.01	1.28±0.01	2.25	-	-	-
Total solids (%)	81.37±3.21	77.17±2.96	79.63±2.49	84.73±1.14	1.650	20.084	0.000
Moisture (%)	18.63±3.21	22.83±2.96	20.37±2.49	15.27±1.14	1.650	20.084	0.000
Lightness (L)	77.83±6.07	69.42±3.80	75.37±7.16	68.37±5.68	3.124	3.271	0.066
Redness (a)	0.87±0.42	0.68±0.15	2.21±0.65	1.52±0.55	0.329	4.092	0.038
Yellowness (b)	25.40±4.20	27.59±1.11	7.63±3.38	13.48±1.60	5.888	143.763	0.000

버터의 하강행동(creep behavior)은 점탄성(viscoelasticity)과 유사한 행동을 보이며, Kelvin 모형(Harnett, 1989)에 따르는 것으로 알려졌다. Young's modulus(계수)는 viscoelasticity 회귀직선 내에서 stress-strain 곡선을 이용하여 구할 수 있다(Vithanage *et al.*, 2009). 하강을 유발하는 요소들은 견고성, 고형분 및 지방 함량과 관련성이 있으며, 계절적으로는 견고성과 역비례의 관계를 보인다(Harnett, 1989). 초지 방목 시기에 따라서 버터의 조직특성이 다른 것은 이미 잘 알려진 것으로서 본 연구에 사용한 버터는 초지 방목이 가능한 여름철 버터이므로 견고성이 낮은 것으로 나타났다. 버터의 조직학적 특성은 소비자의 만족도에 영향을 주는 주요 요인 중의 하나이다. 버터는 조직 내에 다양한 계(phase)의 에멀전 양상을 가지고 있기 때문에 조직학적 특성은 외관, 입안 감촉, 맛, 전연성과 사용 용도 등과 밀접한 관계를 지닌다. 버터의 기능적 특성 중 조직학적 특성을 변화시키고자 하는 목적은 실온에서 형태적 안정성을 유지하면서 낮은 온도에서 전연성을 높이고자 하는 것이며, 이를 위해 적용하고 있는 방법은 지방 조성의 변화(alteration)이며, 조성 변환은 불포화도가 높은 식물성 지방의 첨가나 효소적 또는 화학적 에스테르화 공정(interesterification)에 의해 가능하다(Wright *et al.*, 2009). 축산물의 가공기준 및 성분규격(한국식품의약품안전처, 2017)에 의하면 식물성 오일의 첨가는 가공버터의 품목유형에 해당하며, Suh 등(2003)은 대두유와 가수소화시킨 대두유를 이용하여 적절한 수준의 견고성을 가진 가공 버터의 조직학적 특성을 최적화 할 수 있는 연구를 통해 대두유 6.71%, 가수소화 대두유 2.36%를 첨가하여 최적 조건의 견고성(65.78 N)을 갖는 버터를 개발하였으며, Park 등(2018)도 아보카도 오일의 n-3/n-6 FA 조성비를 고려하여 초지 방목 크립을 원료로 하는 버터를 개발하였다. 이와 같이 소비 적합성을 고려한 가공버터의 상품화 품목수가 일반 버터의 품목수보다 훨씬 다양해졌다(한국농수산식품유통공사, 2015). 그러나 초지 방목이 가능한 계절에 생산된 우유로 제조한 버터는 전연성의 개선효과 외에도 지방산 조성에서의 영양적 가치를 부가한 건강 지향적인 버터의 개발에 도움이 될 것이다.

버터의 색상은 12시간 방목 버터의 색상 중 백색도인 L값은 방목시간이 길수록 낮았으며, 적색도인 a값은 1~2 수준으로서 매우 낮았다. 황색도는 6시간 방목버터는 색소의 첨가 없이 7.95의 b값을 보이나, 12시간 방목버터는 13.48의 b값으로서 방목 중 섭취한 청초의 양에 따라서 β -carotene 함량이 증가하여 황색도가 차이가 있었다. 이러한 결과는 망고의 β -carotene은 적색도(a)를 증가시키지만 백색도(L)를 감소시킨다는 Bicanic 등(2010)의 결과와 유사하다.

3. 방목 버터의 지방산 조성

Table 5는 방목 버터의 지방산 성분별로 분석한 결과이며, 표준 지방산 용출시간을 근거로 정량 표준 물질인 C11에 대한 RRT(relative retention time)를 적용하여 지방산 피크를 동정하였고, 각 지방산 개별 농도를 감안하여 버터 100 g 당 지방산함량을 구한 후 총지방산 함량(total fatty acid, TFA) 100 g 중 개별 지방산 g수로 표시(g FA/100 g TFA)한 결과이다. 초기 용매 peak와 함께 C4 지방산이 소실되어 일반적인 버터의 함량보다 적게 나타났다. 또한 함량이 많은 C18:1n9c(oleic acid)와 C18:2n6c(linoleic acid)의 분리능이 낮은 탓에 n-6 FA의 표준편차가 큰 편으로 나타났으며, 유의성(p-value)에 영향을 주는 지방산들도 있었다. 특히 용출시간 42분 이후의 고급 불포화 지방산 정량 값은 Blasko 등(2010)의 결과와 비교해 볼 때 높은 결과를 보여주었다. 또한, CLA는 표준물질에 포함되지 않은 지방산이어서 peak 동정을 하지 못하였다.

방목 우유의 지방산 조성은 방목 초지의 식생이나 농후사료 조성에 의해 영향을 받는다. Blasko 등(2010)은 방목우유의 지방산 조성은 목초나 사료의 α -linolenic acid와 linoleic acid 함량에 의해서 영향을 받으며, 특히 불포화 지방산 중에서도 CLA 지방산 함량에 영향을 준다고 하였다. Lerma-Reyes 등(2018)은 방목 산양에게 캐놀라유(canola oil)와 대두유(soybean oil)를 사료에 보충하였을 때 산양의 유생산량에는 영향을 주지 않았으나, C4, C6, C8, C10, C11, C14:1, C18:1n9c 및 CLA는 증가(p<0.05)하였고, C12, C14, C16, C18:1n9c, C18:2n6c 및 C18:3n3는

Table 5. Fatty acid composition of farm butter made from cows' milk grazing on mountain pasture

Fatty acids (g/100g TFA)	Grazing time						SEM	F-value	p-value
	0 hr		6 hr		12 hr				
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
C4:0	0.07	0.00	0.06	0.06	0.08	0.12	0.761	45.930	0.001
C6:0	1.89	0.51	2.65	0.47	2.64	0.95	0.009	0.001	0.999
C8:0	2.37	0.01	2.75	0.05	2.60	0.13	0.861	636.256	0.000
C10:0	1.78	0.04	2.03	0.03	1.62	0.03	0.119	121.227	0.000
C11:0	1.12	0.00	1.14	0.10	0.82	0.02	0.104	20.560	0.004
C12:0	2.93	0.03	3.08	0.08	2.01	0.07	0.332	193.889	0.000
C13:0	0.04	0.01	0.18	0.01	0.13	0.02	0.004	46.811	0.001
C14:0	9.08	0.05	10.44	0.20	7.11	0.24	0.969	198.974	0.000
C14:1	1.24	0.01	1.36	0.84	1.12	0.13	0.071	0.156	0.860
C15:0	0.04	0.00	1.03	0.01	0.70	0.03	0.293	1,686.808	0.000
C15:1	0.11	0.10	0.25	0.20	0.04	0.02	0.062	1.901	0.243
C16:0	30.57	0.07	36.92	0.84	25.38	0.53	3.358	232.231	0.000
C16:1	0.27	0.00	1.51	1.14	1.13	1.33	0.367	0.765	0.513
C17:0	1.76	0.01	0.38	0.33	2.60	1.57	0.644	3.608	0.107
C17:1	0.29	0.11	0.16	0.20	0.46	0.37	0.089	0.969	0.441
C18:0	12.64	0.13	8.01	0.08	11.65	0.09	1.381	1,359.130	0.000
C18:1n9t	0.00	0.00	0.67	1.16	0.00	0.00	0.223	0.781	0.507
C18:1n9c	29.05	0.02	22.69	1.34	35.61	0.24	3.726	160.667	0.000
C18:2n6t	0.78	0.01	0.45	0.10	0.33	0.11	0.132	13.613	0.009
C18:2n6c	0.75	0.01	0.27	0.10	0.38	0.03	0.160	170.653	0.000
C20:0	0.18	0.00	0.16	0.04	0.15	0.03	0.007	0.387	0.698
C18:3n6	0.56	0.00	1.03	1.20	0.32	0.01	0.180	0.442	0.666
C20:1	0.04	0.00	0.13	0.11	0.04	0.01	0.030	1.448	0.319
C18:3n3	0.13	0.01	0.20	0.24	0.18	0.13	0.019	0.083	0.921
C21:0	0.19	0.03	0.36	0.33	0.06	0.01	0.087	1.572	0.295
C20:2	0.07	0.01	0.28	0.27	0.07	0.03	0.070	1.379	0.334
C22:0	0.11	0.00	0.18	0.16	0.17	0.13	0.023	0.208	0.819
C20:3n6	0.11	0.04	0.09	0.06	0.10	0.05	0.007	0.148	0.866
C22:1n9	0.34	0.02	0.10	0.08	0.19	0.05	0.069	8.254	0.026
C20:3n3	0.25	0.02	0.10	0.09	0.22	0.02	0.046	5.322	0.058
C23:0	0.37	0.01	0.19	0.06	0.32	0.03	0.054	12.423	0.011
C20:4n6	0.31	0.08	0.24	0.03	0.63	0.06	0.121	39.003	0.001
C22:2	0.28	0.05	0.15	0.09	0.19	0.04	0.037	2.151	0.212
C24:0	0.21	0.01	0.11	0.05	0.30	0.15	0.053	2.577	0.170
C20:5n3	0.00	0.00	0.17	0.09	0.15	0.12	0.055	2.239	0.202
C24:1	0.10	0.14	0.27	0.17	0.07	0.12	0.062	1.605	0.289
C22:6n3	0.00	0.00	0.21	0.20	0.41	0.10	0.119	4.947	0.065
SFA	65.34	0.22	69.68	1.21	58.34	1.43	3.341	64.437	0.000
UFA	34.33	0.20	30.32	1.21	41.88	1.24	3.428	78.393	0.000
MUFA	31.43	0.37	27.13	0.94	38.67	1.15	3.374	110.574	0.000
PUFA	3.23	0.15	3.19	1.39	2.99	0.29	0.075	0.040	0.961
Total n-6 FA ¹⁾	1.79	0.02	1.57	1.19	1.13	0.06	0.187	0.360	0.714
Total n-3 FA ²⁾	0.38	0.03	0.67	0.14	0.96	0.12	0.159	11.502	0.013
Ratio of n-6/n-3	4.78	0.46	2.63	2.43	1.18	0.11	1.043	2.755	0.156
AI	2.03	0.00	2.70	0.16	1.33	0.05	0.399	103.240	0.000
LA/ALA	6.02	0.51	3.29	2.50	2.99	1.67	0.637	0.175	0.844

¹⁾ Total n-6 FA is a sum of linoleic, γ -linolenic acid, homo- γ -linolenic acid, and arachidonic acid.

²⁾ Total n-3 FA is a sum of α -linolenic acid, eicosatrienoic acid, EPA, and DHA. FA: fatty acids, SFA: saturated fatty acids, MUFA: monounsaturated fatty acids, PUFA: poly unsaturated fatty acids, CLA: conjugated linoleic acids, EPA: eicosapentaenoic acid, DHA: docosahexapentanoic acid, LA: linoleic acid, ALA: α -linolenic acid. AI index is calculated as $(C12:0 + (C14:0 \times 4) + C16:0) / (\text{total unsaturated FA})^{-1}$.

감소($p < 0.05$) 하였다. 반추위에서 biohydration 패턴은 섭취하는 식이에 따라서 변하며(Kay et al., 2005; Nielsen et al., 2006), 특히 목초와 함께 n-6 함량이 높은 옥수수과 같은 농후사료를 급여하게 되면 불포화지방산의 biohydration 패턴이 변화되어서 우유의 c-9,t-11 CLA, t-10,c-11 CLA, C18:t-10 및 C18:t-11 지방산 농도가 증가한다(Nielsen et al., 2006). 유지방의 불포화도를 높이는 방향으로 지방산 조성을 변화시키면 유제품의 영양적 및 물리적 특성은 향상된다. 젖소에게 생선 오일과 튀긴 대두유 등 건강 지향적인 보조사료를 급여하면 건강향상지수(health promoting index, HPI)가 높은 버터를 생산할 수 있게 되며, 버터의 침투력(penetration) 및 하강력(creep)을 측정할 결과, HPI 수준이 낮은 일반 버터보다 부드러운 버터가 된다(Bobe et al., 2008). 20% CLA 함유 반추위 보호지방을 급여하였을 때, c-9,t-11 CLA는 1일 40g 이상, c-10,t-12 CLA는 80 g 이상 급여시 총 지방의 0.62%에서 1.87%, 0.01%에서 0.93%으로 각각 증가하였다(Piamphon et al., 2009).

반추위의 환경은 또한 초지의 식물 조성에 따라서 우유 지방산의 조성도 변하는데, Festuca-Agrostis 목초가 우점하고 있는 알프스 산지에서 제조한 치즈에는 trans-지방산과 탄화수소의 농도가 다르다(Povolo et al., 2012; 2013). 방목한 가축의 우유에는 n-3 FA와 PUFA 함량이 사사우의 우유보다 높으며(각각 $p < 0.05$)(Rule et al., 2002), 알프스 산지에서 방목한 우유의 치즈에는 n-3 FA인 α -linolenic acid, 총 n-3 FA 함량은 4배, CLA 함량은 3배 높았으며, 아마인(linseed)을 보충한 젖소의 우유로 제조한 치즈는 n-6/n-3 비율이 낮아졌다(Hauswirth et al., 2004). Park 등(2008)은 알프스 산간지역에서 만든 Gruyere 치즈의 총 CLA 이성체의 함량은 2.99 g/100 g FA, c-9,t-11 CLA는 2.20 g/100 g FA로서 Jalsberg, Provolone, Cheddar, Swiss 치즈 등의 함량보다 높다고 하였다.

12시간 방목우의 버터는 사사우나 6시간 방목우의 버터보다 UFA 함량이 높았으며, PUFA보다는 MUFA의 함량이 유의적으로 증가($p < 0.001$)하였다(Table 5). 지방산의 HPI 지수로 사용하는 n-6/n-3 비, AI index, LA/ALA 비 등을 방목 시간 별로 살펴보면, 총 n-6 FA 함량은 1.79 g/100 FA에서 1.57 g/100 FA, 1.13 g/100 FA으로 각각 감소한 반면에, 총 n-3 FA 함량은 0.38 g/100 FA에서 0.67 g/100 FA, 0.96 g/100 FA으로 증가하여($p < 0.05$) 결국 n-6/n-3 비가 4.78 g/100 FA에서, 2.63 g/100 FA, 1.18 g/100 FA로 낮추는 원인이 되었다. 동맥경화 유발지수(AI)는 일반 우유가 2.03인 반면에 12시간 방목우의 버터는 1.33으로 감소되어($p < 0.001$), 여름철 방목 우유의 AI가 2.10이었다는 Blasko 등(2010)의 연구 결과보다 약간 낮은 값을 보였다. LA/ALA 비는 6.02에서 3.29, 2.99로 향상되어 Blasko 등(2010)의 연구 결과인 3.17보다 약간 낮았으나 유의성은 없었다. 식물성 지방을 트랜스 지방산으로 변환시킨 고형의 유지식품인 마아가린은 버터와 달리 불포화 지방산 함량이 62% 수준이고, 총 UFA중 MUFA와 PUFA 비율이 각각 34%, 18%이며, n-6 FA 함량이 26%, 17% 수준에 달하여 n-6/n-3 비율이 10.87, 12.79로서 매우 높은 수준을 보여 건강증진지수가 낮은 것을 알 수 있다. 버터의 총 트랜스 지방은 3.89%로서 CLA의 전구물질인 vaccenic acid(C18:1n11t)가 주요 성분인 반면에, 마아가린의 총 트랜스 지방은 11.41%로서 버터보다 2.5배 이상 많으며, 주요 성분도 elaidic acid(C18:1n9t)이라는 Esmaeilifard 등(2016)의 결과를 볼 때 건강지수가 높은 초지 방목우유를 이용한 유제품 개발에 필요한 젖소 사육기술의 다양화가 필요할 시점이라고 사료된다.

결론

국내에서 산지 초지에 젖소를 방목하여 획득한 우유로 만든 버터는 아직까지 생산되고 있지 않다. 방목 버터의 지방산 조성은 일반 농후사료를 급여하는 사사우의 우유에 비하여 오메가-3 지방산의 함량이 높고 오메가-6 지방산과의 비율이 낮아지는 것을 본 연구에 의해서 확인되었다. 우유 지방이

크림을 거쳐서 버터 지방으로 전환되는 과정에서 개별 지방산의 이행 수준과 불포화 지방산의 비율, 기능성 지방산의 비율 등은 젖소가 초지에서 채식하는 방목시간에 따라서 불포화 지방산은 보다 영양학적으로 균형을 보이는 방향으로 증가하였으며, 동맥경화 유발지수(AI)가 감소하였으며, 다가불포화 지방산 수준, LA/ALA 비율 등이 증가하였고, 색상은 황색도(b 값)가 증가하였다. 지방을 주요 성분으로 하는 유제품인 크림과 버터, 크림을 원료로 하는 아이스크림 제조에 지방산 조성면에서 우수한 영양조성을 가진 방목우유의 활용은 방목우유의 생산 가능 국내 여건을 고려해 볼 때 현 상황에서 산업적인 생산은 어렵지만, 목장에서 체험활동의 하나로서 가족단위 체험객들에게 아이스크림, 버터 제조 체험 등을 통해 건강지수가 높은 지방을 섭취토록 하는 방안으로 활용할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 농촌진흥청 용역 연구과제(과제번호 PJ 01020 902) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

References

- Bicanic, D., Dimitrovski, D., Luterotti, S., Marković, K., van Twisk, C. and Buijsters, J. G. 2010. Correlation of trans-lycopene measurements by the HPLC method with the optothermal and photoacoustic signals and the colour readings of fresh tomato homogenates. *Food Biophys.* 5:24-33.
- Blasko, J., Kubines, R., Gorova, R. A., Fabry, I., Lorenz, W. and Sojak, L. 2010. Fatty acid composition of summer and winter cows' milk and butter. *J. Food and Nutr. Res.* 49:169-177.
- Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E. G., Freeman, G., Porter, P. A., Luhman, C. M. and Beitz, D. C. 2008. Butter composition and texture from cows with different milk fatty acid compositions fed fish oil or roasted soybeans. Iowa State University Animal Industry Report 2008. A.S. Leflet R2302.
- Chichlowski, M. W., Schroeder, J. W., Park, C. S., Keller, W. L. and Schimek, M. E. 2005. Altering the fatty acids in milk fat by including canola seed in dairy cattle diets. *J. Dairy Sci.* 88:3084-3094.
- Esmailifard, N., Bahmaei, M. and Eshratbadi, P. 2016. Comparison of physico-chemical characteristics of some margarines and butters in Iranian market during storage. *J. Pharm. Health Sci.* 4:181-192.
- Harnett, M. 1989. The rheology of butter. A Ph. D. Thesis, Massey Univ., NZ.
- Hauswirth, C. B., Scheede, M. R. and Beer, J. H. 2005. Alpine cheese-healthy for your heart or just a life-style product? *Ther. Umsch.* 62:619-624.
- Jessica. L. O. B., Suellen, M. G. M., Josevan, S., Ana, S. B. M., de Figueiredo, R. M. F., Rita, C. and Marta, S. M. 2015. Conjugated linoleic acid concentration and fatty acid composition of Brazilian fermented dairy products: Short communication. *J. Nutr. Food Sci.* 5:403.
- Kay, J. K., Roche, J. R., Kolver, E. S., Thomson, N. A. and Baumgard, L. H. 2005. A comparison between feeding system (pasture and TMR) and the effect of vitamin E

- supplementation on plasma and milk fatty acid profiles in dairy cows. *J. Dairy Res.* 72:322-332.
- Khan, N. A., Yu, P., Ali, M., Cone, J. W. and Hendrics, W. H. 2015. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *J. Sci. Food Agric.* 95:238-252.
- Korea Dairy Committee. 2018. 2018 Dairy Statistics Yearbook (www.dairy.or.kr).
- Lerma-Reyes, I., Mendoza-Matines, G. D., Rojo-Rubio, R., Megia, M., Garcia-Lopez, J. C. and Lee-Rangel, H. A. 2018. Influence of supplemental canola or soybean oil on milk yield, fatty acid profile and postpartum weight changes in grazing dairy goats. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 31:225-229.
- Nielsen, T. S., Straarup, E. M., Vestergaard, M. and Sejrsen, K. 2006. Effect of silage type and concentrate level on conjugated linoleic acids, trans-C18:1 isomers and fat content in milk from dairy cows. *Reprod. Nutr. Dev.* 46:699-712.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, Chap 2. Energy, 7th Rev. Ed., p.13-27. Washington D.C.
- Park, M. S., Rhu, S. J., Shin, J. S., Lee, K. T. and Park, S. Y. 2018. Effects of avocado butter made from mountain pasture milk for skin recovery of lactating women. 2018 IDF Dairy Summit Conference, Health and Nutrition Abstract No. 114. Daejeon, Korea.
- Park, S. Y., Ahn, J. E., Jung, M. Y., Kim, G. B. and Lee, B. H. 2008. Distribution of geometric isomers in dairy foods from the Quebec province of Canada. *Kor. Food Sci. Biotechnol.* 17:31-37.
- Piamphon, N., Wachirapakon, C., Wanapat, M. and Navanukra, C. 2009. Effects of protected conjugated linoleic acid supplementation on milk fatty acid in dairy cow. *Asian. Australas. J. Anim. Sci.* 22:49-56.
- Povolo, M., Pelizzola, V., Lombardi, G., Tava, A. and Contarini, G. 2012. Hydrocarbon and fatty acid composition of cheese as affected by the pasture vegetation type. *J. Agric. Chem.* 60:299-308.
- Povolo, M., Pelizzola, V., Passolungo, L., Biazzi, E., Tava, A. and Contarini, G. 2013. Characterization of two *Agrostis-Festuca* alpine pastures and their influence on cheese composition. *J. Agric. Food Chem.* 61:447-455.
- Rego, O. A., Portugal, P. V., Sousa, M. B., Rosa, H. J. D., Vouzela, C. M., Borba, A. E. S. and Bessa, A. E. S. 2004. Effect of diet on the fatty acid pattern on milk from dairy cows. *Anim. Res.* 53:213-220.
- Rule, D. C., Broughton, K. S., Shellito, S. M. and Maiorano, G. 2002. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk, and chicken. *J. Anim. Sci.* 80:1202-1211.
- Schoeder, G. F., Delahoy, J. E., Vidaurreta, I., Bargo, F., Gagliostro, G. A. and Muller, L. D. 2003. Milk fatty acid composition of cows fed a total mixed ration or pasture plus concentrates replacing corn with fat. *J. Dairy Sci.* 86:3237-3248.
- Sohn, Y. S. and Yang, W. M. 2008. Japanese feeding standard for dairy cattle (2006). *Kor. Anim. Sci. Technol.*, Shinkwang Pub. pp. 36-37.
- Suh, M. H., Yun, K. and Baick, S. C. 2008. Optimization of the manufacturing of process



- butter by response surface methodology and its tecture and rheological properties. Kor. J. Dairy Sci. Technol. 26:51-56.
- Vazquez, O. P. and Smith, T. R. 2000. Factors affecting pasture intake and total dry matter intake in grazing dairy cows. J. Dairy Sci. 82:2301-2309.
- Vithanage, C. R., Grimson, M. J. and Smith, B. G. 2009. The effect of temperature on the rheology of butter, spreadable blend and spread. J. Texture Studies 40:346-369.
- Wright, A. J., Scanlon, M. G., Hartel, R. W. and Marangoni, A. G. 2001. Rheological properties of milk fat and butter. J. Food Sic. 66:1056-1071.
- 한국농수산식품유통공사. 2015. 2015 가공식품세분시장: 버터/치즈 시장. 발간등록번호 11-1543000-001037-01(www.aTFIS.or.kr).
- 한국식품의약품안전처. 2017. 축산물의 가공기준 및 성분규격(www.mfds.go.kr).