국내산 초유의 가공방법에 따른 품질특성 연구

정석근 · 함준상 · 김동훈 · 안종남 · 채현석 · 유영모 · 장애라 · 권일경¹ · 이승규*

농촌진흥청 국립축산과학원, ¹강원대학교

Research on the Quality Characteristics of Domestic Colostrum according to the Processing Methods Employed

Seok-Geun Jeong, Jun-Sang Ham, Dong-Hun Kim, Chong-Nam Ahn, Hyun-Seok Chae,
Young-Mo You, Aera Jang, Il-Kyung Kwon¹, and Seung-Gyu Lee*

National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea

¹Kangwon National University, Kangwon 200-701, Korea

Abstract

The characteristics of Holstein colostrum according to the methods that were employed in processing it were analyzed in this study to improve its industrial utilization. Colostrum samples were collected from the dairy farm of the National Institute of Animal Science (NIAS). The milk fat, protein, lactose, and SNF contents of colostrum were 4.34, 6.99, 3.37, and 11.10%, respectively. The effects of spray drying, freeze drying, freezing, acidification, and inoculation of lactic-acid bacteria on the characteristics of colostrum were then compared. The freezing of colostrum was found to be proper for long-term storage in a farm. Freeze-dried colostrum powder could not meet the processing requirements and the component standards for animal products in terms of the total bacterial and coliform bacteria counts, but spray-dried colostrum powder could meet the microbiological requirements because of its bactericidal effect during the spray-dry treatment. The inoculation of lactic-acid bacteria showed a better inhibitory effect on coliform than the acidification treatment, but protein precipitation appeared because of the low pH and the high acidity. To estimate the effects of the processing methods employed on the IgG of colostrum, the IgG contents of the milk treated by long temperature long time (LTLT) (65°C, 30 min), by inoculating the lactic acid bacteria starter, by spray drying, and by freeze drying were measured. The IgG contents of the colostrum were changed significantly by the processing treatment employed, from 53.98 mg/mL to 33.28, 34.82, 21.98, and 36.89 mg/mL, respectively.

Key words : colostrum, immunoglobulin, long temperature long time, processing methods

서 론

초유는 분만 후 3일 동안 생산되는 우유로서 영양분이 풍부할 뿐 아니라 면역단백질, 락토페린 등의 생리활성물질을 공급하여 어린 송아지의 질병을 예방할 수 있는 기능을 가진다(Larson *et al.*, 1997). 초유의 성장호르몬(growth hormone: GH), 인슐린 유사성장인자(insulin-like growth factors: IGFs), 상피세포 성장인자(epidermal growth factor: EGF) 등이 인체의 성장과 노화방지에 효과가 있으며, oligosaccharide, lipoprotein, biopeptide 등이 생리, 면역기능을 돕는 것으로 보고되었다(Birchmeier *et al.*, 1995; Doe,

1979). 젖소의 경우 초유 생산량은 송아지에게 먹이고 남은 정도로 충분히 분비된다. 국내에서 생산되는 초유의 일부는 어린 송아지에게 먹이고 잉여 초유는 이용되지 않고 버려진다. 그럼에도 불구하고 건강보조식품 형태의 초유 제품이 수입되고, 국내에서 생산된 초유의 이용이나 제품은 거의 없는 실정이다. 따라서 잉여 초유의 효율적인 이용을 통해 농가나 기업의 새로운 소득 창출, 나아가 국민 건강에 기여할 수 있으리라 생각된다. 젖소의 초유에 관한 연구들을 살펴보면 젖소 초유와 정상우의 아미노산 조성에 대한 연구(Oh and Lee, 1983)와 젖소의 초유 생산성 및 초유에 유기산을 첨가하여 저장기간을 연장할 수 있다고 보고하였다(Kwon *et al.*, 1991; Yun *et al.*, 1992). 대기 온도에서 자연발효를 통해 저장하는 방법이 개발되어 낙농가와 연구자들의 관심을 증대시켰고 자연발효 초유의 이용방법이 농가에 보급되었으나, 발효초유는 저장기간이

*Corresponding author : Seung-Gyu Lee, Quality Control and Utilization of Animal Products Division, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea, Tel: 82-31-290-1696, Fax: 82-31-290-1697, E-mail: lsgyu007@rda.go.kr

짧고 보관장소 및 용기 등의 제한으로 실용적이지 못하였다. 이를 개선하기 위해 acetic acid, formic acid, lactic acid, citric acid, propionic acid 등과 같은 유기산 첨가에 의한 산처리 초유에 관한 저장성 증진 연구가 진행되었다(Kwon *et al.*, 1991; Otterby *et al.*, 1976; Yun *et al.*, 1992).

젖소의 초유에 많이 함유되어 있는 Immunoglobulin(Ig)은 송아지의 자가 면역시스템이 구축될 때까지 송아지에 IgG와 같은 수동면역의 전달과 미생물감염에 대한 방어효과를 제공하는 등 생리적 특성을 이용하여 임신말기에 병원성미생물 또는 항원으로 소를 면역 처리함으로써 초유 내 병원성 미생물에 대한 특이항체의 함량을 증가시킬 수 있으며, 이와 같이 과면역처리된 초유나 강화된 항체의 초유로 만들어진 제품은 송아지 장질환에 효과적이고 특이적으로 예방하는데 이용될 수 있다(Corley *et al.*, 1977; Ebina *et al.*, 1992; Korhonen *et al.*, 2000). 이러한 초유관련 연구가 활발히 이루어졌고, 앞으로도 많은 연구 활동이 있으리라 생각되는데, 이것은 초유가 산업적으로 충분한 이용가치가 있기 때문이다.

이에 본 연구는 잉여 초유의 활용성 증진과 농가의 소득증대에 기여하고자 국내에서 생산된 초유의 가공방법에 따른 초유제품의 저장성 및 특성을 구명하고자 수행되었다.

재료 및 방법

공시재료 및 시료의 조제

공시재료인 초유는 국립축산과학원 시험 유우사에서 사육중인 분만 젖소(Holstein)의 초유와 수입초유(건조 분유)를 공시재료로 사용하였다. 초유시료는 분만 후 1회 차부터 4회 차까지 착유한 초유를 혼합한 다음 각각 액상초유, 냉동초유, 분말초유 시료를 제조하여 사용하였다. 냉동초유시료는 500 mL의 뚜껑이 있는 플라스틱 용기에 넣어 냉동시킨 다음 -20°C의 냉동고에 저장하여 사용전 해동시켜 시험에 사용하였으며, 동결 건조 초유분말은 액상초유를 냉동시킨 다음 동결건조기(HB-501VL, HanBack Sci. Co., Korea)에서 72시간 동결 건조한 후 냉장 보관하면서 시험에 사용하였다. 분말 초유는 축산기술연구소에서 분무건조 후 냉장고에 보관하면서 시험에 사용하였다.

초유의 일반성분 분석

초유의 일반성분인 유지방, 유단백질, 유당, 무지고형분, 총고형분 함량은 근적외선 유성분 분석기(Milkoscan FT-120, Foss Electric, Denmark)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다. 그 외 초유 중의 일반성분은 AOAC에 준하여 측정하였다.

초유의 아미노산 분석

초유중의 아미노산 조성 분석을 위하여 약 1 g의 시료를

칭량하여 40 mL의 6 N HCl에 넣고 질소가스로 충전하여, 110°C에서 24시간 가수분해 후 50°C에서 rotary evaporator(Eyela, Japan)를 이용하여 HCl을 제거하였다. 잔류물은 증류수로 3회 세척하고 증발시킨 후 거름종이(Toyo, No. 5B)로 여과하였고, 여과액에 증류수를 첨가하여 50 mL로 맞추어 아미노산 분석기(Hitachi L-8500A, Japan)로 분석하였다. Cysteine과 methionine은 HCl 첨가 전에 20 mL의 안정액(45 mL 85% formic acid + 5 mL 30% H₂O₂)을 첨가하여 cysteic acid와 methionine sulfone으로 변환시켰다.

분무건조 처리

초유의 분무건조는 국립축산과학원에서 보유중인 원판 disk식 spray dryer(APV LABSI -029042, APV사, Denmark)를 이용하였으며, 분무기 chamber 내 열풍 온도는 160°C, 배기(구) 온도는 80°C로 조정하여 시료를 건조하였다.

초유 중 IgG 분석

초유 내 IgG 함량 측정은 sandwich ELISA법(enzyme linked immuno sorbent assay, Coligan *et al.*, 1994)에 의하여 실시하였으며, IgG 함량은 405 nm의 흡광도로 표준 시료를 사용하여 측정한 표준커브를 통해 산출하였다.

열처리

초유의 열처리는 국립축산과학원에서 보유중인 batch식 살균장치에서 65°C에서 30분간 long temperature long time(LTLT) 살균처리를 한 다음 37°C까지 냉각시킨 후 젖산균 접종시험용 시료로 사용하였으며, IgG 분석용 시료는 살균처리 후 냉동시킨 다음 필요에 따라 해동시켜 시험에 사용하였다.

유기산 처리

초유의 유기산 처리는 초유량에 0.3%(v/v)의 propionic acid와 formic acid를 첨가한 다음 각각의 시료를 5°C의 냉장고, 15°C와 25°C의 항온 배양기에서 각각 배양하면서 저장기간에 따른 이화학적 특성 및 미생물수를 측정하였다.

pH측정 및 적정산도 측정

시료의 pH 측정은 pH meter(Beckman PHI 34, Beckman, USA)를 이용하였으며 측정 전에 pH 4.0과 7.0 표준 완충 용액으로 표준화시킨 다음 측정하였다.

전자현미경

초유분말의 외관적 특성을 조사하기 위해 동결건조와 분무 건조한 분말초유를 gold coating기(SC7610, Testbourne Ltd., UK)에서 10초간 2회 코팅 처리한 다음, 주사전자현미경(scanning electron microscope; SEM, Philips XL30CP, Netherlands)을 이용하여 500배와 1,000배로 관찰하였다.

미생물 조사

총 미생물수

총 미생물수의 측정은 Standard Method for the Examination of Dairy Production (APHA, 1993)의 방법을 따랐으며, 멸균한 phosphate buffer로 시료를 희석한 후 1 mL을 petri dish에 넣고 standard plate count agar (Difco, USA)를 부어 굳힌 다음 $32\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 48 ± 2 시간 동안 배양기에서 배양했을 때 나타나는 colony를 계수한 다음 mL당 생균수로 산출하였다.

대장균군 및 대장균수

대장균군 및 대장균수 측정시 시료의 희석방법은 총세균수와 같았으며, VRBA agar (violet red bile agar, Difco, USA)를 사용하여 $32\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 24 ± 1 시간 배양기에서 배양한 후 나타난 colony를 계수한 다음 mL당 생균수로 산출하였다.

젖산균과 효모 및 곰팡이수

젖산균수는 0.02% sodium azide가 함유된 MRS agar, 효모와 곰팡이 수는 0.16% tartaric acid가 함유된 potato dextrose agar에서 APHA(1993)에 따라 측정하였다.

전기영동

전기영동은 10% SDS-PAGE (sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis)로 실시하였다. Sample buffer는 stacking gel buffer에 20% (v/v)의 glycerol, 12% (w/v)의 SDS, 2% (v/v)의 β -mercaptoethanol과 0.1% (w/v)의 bromophenol blue 용액으로 제조하였다. 시료 500 μL 와 시료 완충액 500 μL 를 1:1로 희석한 후 100°C 로 90초간 가열한 다음 즉시 냉각하고 3 μL 의 시료를 loading한 후 30 mA에서 전기영동하였다. 0.05% coomassie brilliant blue 용액 (50% methanol, 10% acetic acid, 40% 증류수)으로 염색하고 탈색액 (5% methanol, 7% acetic acid)에서 탈색하였다.

통계처리

본 시험에서 얻어진 성적은 SAS Package Program (1995)을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 유의성은 χ^2 검정, T-test와 Duncan's multiple range test를 실시하였고, 상관분석은 simple linear regression으로 실시하였다.

결과 및 고찰

혼합초유의 이화학적 특성

일반성분

초유의 가공방법에 따른 품질 특성을 구명하고 이용성을 증진시키기 위하여 국내산 초유를 분석한 결과 1회 차

Fig. 1. General composition of the colostrum mixture successive four times milking right after parturition. Values present the mean $\pm$ SD (n=24). ¹⁾ SNF: solid non-fat, MC: mixed colostrum, RM: raw milk. ^{ab}Means with the different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$.

에서 4회 차까지 착유분이 초유의 특성을 가지고 있는 것으로 평가되었다. 따라서 본 시험에 사용한 초유는 1회 차에서 4회 차까지의 초유를 혼합한 초유의 일반성분을 유 성분 분석기 (Milkoscan FT-120, Foss electric, Denmark)로 분석한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 그 결과 혼합초유의 유지방, 유단백질, 유당, 무지고형분은 각각 4.34, 6.99, 3.37, 11.10%이었다. 한편 유당은 유의적으로 낮았으며 유지방은 혼합초유가 높았으나 유의성은 없는 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). Kaiser (1977)는 분만 후 1-7회 차 착유 초유의 평균 성분함량이 총고형분 14.4%, 단백질 5.0%, 지방 4.3%, 회분 0.9%라고 보고한 바 본 실험의 1-4회 차 초유보다 성분함량이 낮음을 알 수 있었다.

아미노산 조성비교

분만 후 1-4회 차까지 착유한 초유를 혼합한 액상초유, 수입산 초유분말, 1-2회 차까지 착유한 혼합초유분말, 1-4회 차까지 착유한 혼합초유분말에 대한 아미노산 조성 분석결과를 Table 1에 나타내었다. 수입산 초유분말과의 차이점을 분석하기 위해 국내산 초유를 1-4회 차 착유분을 분무 건조한 초유분말, 1-2회 차 착유분을 분무 건조한 초유분말, 수입산 초유분말을 이용하여 아미노산 조성을 분석한 결과 주요 아미노산은 glutamic acid, lysine, leucine, proline으로 나타났다. 액상 혼합초유의 경우 glutamic acid, lysine, leucine, proline은 각각 0.594, 0.399, 0.355, 0.358%이었으며, 총 아미노산 함량은 3.626%이었다. 수입초유분말의 경우에는 각각 7.189, 4.915, 4.673, 4.584%이었으며, 총 아미노산 함량은 50.387%이었다. 1-2회 차 착유분말의 경우에는 각각 7.716, 4.858, 4.650, 4.555%이었으며 총 아미노산 함량은 49.779%로 수입산 초유분말과 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 1-4회 차 착유분 초유분말의 glutamic acid, lysine, leucine, proline은 각각 4.809, 3.784, 3.440, 3.283%이었으며, 총 아미노산 함량은 37.544%

Table 1. Analysis of amino acid composition of colostrum and colostrum powder (Unit: %)

Items	LC ¹⁾	ICP	1-2MCP	1-4MCP
Cysteine	0.029	0.883	0.832	0.754
Methionine	0.068	0.698	0.707	0.500
Aspartic acid	0.264	3.726	3.680	2.721
Threonine	0.168	3.056	2.803	2.295
Serine	0.202	3.653	3.355	2.666
Glutamic acid	0.594	7.189	7.716	4.809
Glycine	0.060	1.106	0.992	1.126
Alanine	0.121	1.882	1.817	1.412
Valine	0.181	2.845	2.692	2.217
Isoleucine	0.175	2.091	2.167	1.544
Leucine	0.355	4.673	4.650	3.440
Tyrosine	0.192	2.678	2.712	2.004
Phenylalanine	0.155	1.986	1.992	1.529
Lysine	0.399	4.915	4.858	3.784
Histidine	0.144	1.832	1.786	1.466
Arginine	0.161	2.590	2.465	1.994
Proline	0.358	4.584	4.555	3.283
Total	3.626	50.387	49.779	37.544

¹⁾LC: liquid colostrum, ICP: imported colostrum powder, 1-2MCP: 1st-2nd milking colostrum powder, 1-4MCP: 1st-4th milking colostrum powder.

로 1-2회 착유분 초유분말의 75.4% 수준이었으며, 액상초유보다는 10.4배 정도 높은 수준이었다. Oh와 Lee(1983)는 젖소의 초유 및 정상유 중의 총아미노산과 유리아미노산의 차이점을 비교 조사한 결과 젖소의 정상유 중 총 아미노산 함량은 초유의 66.65%이었으며, 성숙유의 총아미노산은 30%정도 감소함을 나타내어, 정상유 중의 유리 아미노산은 초유에 비해서 39.5% 감소함을 보고하였다. Davis 등(1994)은 사람을 비롯한 가축(말, 돼지, 젖소)의 초유와 정상유의 아미노산 조성을 착유단계별(초유에서 정상유까지)로 연구한 결과에 의하면 glutamate, proline, methionine, isoleucine, lysine은 증가하고, cystine, glycine, serine, threonine, alanine은 감소한다고 보고하였고 초유에서 정상유로 전환되면서 총 아미노산함량의 75%가 감소한다고 하였다. 본 연구에 이용한 초유는 glycine을 제외한 모든 아미노산 함량이 감소하는 결과를 얻었다.

건조방법에 따른 초유특성

미생물 검사

액상 초유를 열풍 분무건조와 동결건조 방법으로 초유분말 제조시 초유 내 미생물의 변화수준을 조사한 결과를 Table 2에 표시하였다. 액상 초유의 건조 전 총세균수와 대장균군수 수준은 각각 3.0×10^6 , 1.4×10^3 CFU/mL이었으나, 분무열풍 건조 후에는 각각 8.8×10^3 CFU/mL과 음성으로

Table 2. Changes of bacterial count of the colostrum by different drying methods (Unit: CFU/mL, g)

Items	Liquid colostrum	Drying methods ¹⁾		
		SDP ²⁾	FDP	ICP
TBC ³⁾	3.0×10^6	8.8×10^3	3.7×10^5	6.5×10^1
Coliform	1.4×10^3	-	4.0×10^2	-

¹⁾ SDP: spray dried powder, FDP: freeze dried powder, ICP: imported colostrum powder.

²⁾ Spray dryer condition: chamber temperature 160°C, outlet temperature 80°C.

³⁾ TBS: total bacterial count.

나타났으며, 동결 건조시에는 각각 3.7×10^5 과 4.0×10^2 CFU/mL으로 감소하는 것으로 나타났다.

국내 축산물의 가공기준 및 성분규격의 분유류의 성분규격(국립수의과학검역원, www.nvrgs.go.kr) 중 미생물수는 총세균수 20,000 CFU/g 이하, 대장균군수 음성으로 규정되어 본 제조방법으로 초유 분말제품을 제조 시 분무열풍 건조방법으로 제조한 초유분말은 분유류의 미생물 성분규격에 적합한 것으로 나타났다.

수입초유의 총세균수 및 대장균군수는 각각 6.5×10^1 CFU/mL과 음성으로 조사되어 국내 초유분말과 비교하여 품질이 우수한 것으로 나타났다. 또한 초유 중 생리활성물질, IgG 등 유용성분의 이용을 고려할 때 동결건조 방법이 우수한 것으로 알려져 있다. 그러나 본 시험결과 동결 건조한 초유의 총미생물수는 3.7×10^5 CFU/mL, 대장균군수는 4.0×10^2 CFU/mL 수준으로 축산물 가공기준 및 성분규격의 분유류 미생물 규정을 충족시키지 못하는 것으로 나타

Fig. 2. Electromicrographs of colostrum powder by drying method.

나, 국내산 초유를 자원화할 경우 동결건조시 초유의 미생물학적 품질향상이 필요할 것으로 생각된다.

전자현미경 관찰

국내산 초유의 건조방법에 따른 물리적 특성을 조사하기 위해 전자현미경(scanning electron microscope; SEM)을 이용하여 관찰한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 동결건조 초유분말의 외관은 조직이 빙결정(氷結晶) 형성 후 승화로 인해 분말의 표면 외관이 매우 거친 모양을 보이고 있었으며, 분무건조 분말초유의 경우에는 분무 시 구형을 형성한 후 수분이 증발함으로써 변형된 구형의 모양이었다. 전자현미경을 이용한 분무건조 초유분말과 동결건조 초유분말의 외관은 매우 상이하므로 전자현미경 관찰결과는 초유의 가공방법을 구분하는 자료로 활용이 가능하며, 국내 수입산 초유분말의 가공방법은 본 시험 결과 분무건조법으로 가공한 것으로 판단된다.

단백질 변성도

초유의 건조방법에 따른 단백질의 변성 정도를 알아보기 위하여 오븐 건조, 동결건조, 열풍분무건조로 제조한 초유분말과 액상초유 및 수입초유분말을 10% SDS-PAGE를 실시하여 Fig. 3에 나타내었다. 전기영동을 실시한 결과 50°C에서 6시간 건조시킨 오븐건조방법의 초유분말(OD)이 동결건조(FD), 분무건조(SD)의 초유보다 단백질 변성도가 심한 것으로 나타났는데 이는 장시간 열에 노출이 초유 품질에 크게 영향을 미친 것으로 생각된다. 또한 동결건조 초유분말과 분무건조 초유분말은 수입 초유분말과 비교하여 큰 변화는 없었다. 유청 단백질이 열변성을 받으면 casein과 상호작용으로 복합체를 형성하여 casein은 증가하고, 유청 단백질이 감소한다는 보고(Sawyer, 1969)로 볼 때 오븐건조가 열변성을 가장 많이 받은 것으로 나타났다. Manji와 Kakuda(1987)는 유청 단백질의 변성이

Fig. 3. Electrophoretic patterns of SDS-PAGE for colostrum whey protein. ¹⁾SM: standard marker, IC: imported colostrum powder, OD: oven dried colostrum powder, FD: freeze dried colostrum powder, RC: raw colostrum, SD: spray dried colostrum powder. ²⁾ STI: serum trypsin inhibitor.

Fig. 4. Change of microflora in colostrum before and after freeze. Values present the mean±SD (n=36). ¹⁾TBC: total bacterial count, ²⁾LBC: lactic acid bacterial count. ^{ab}Means with the different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$.

ultra high temperature(UHT) 살균유(142-145°C/3초), high temperature short time(HTST) 살균유(80°C/30초), LTLT 살균유(63°C/30분)의 순으로 많이 나타났다고 하였다. In 등(1999)은 원유의 열처리 방법을 달리하여 전기영동으로 비교한 결과 LTLT와 HTST 처리유에서는 큰 차이를 발견할 수 없었고 UHT 처리유에 있어서는 유청 단백질의 변성이 많이 일어났으며, 66,000 Da 이상의 위치에서 LTLT와 HTST 처리유에서 발견되는 band가 UHT 처리유에서는 발견되지 않았다고 하여 열처리에 의한 유청 단백질의 변성을 보고하였다. 본 연구에서는 분자량 23,800 Da 이하에서 열변성에 의한 band가 나타남을 알 수 있었다. Parnell-Clunies 등(1988)도 여러 수준의 열처리를 받은 우유의 산유청(酸乳清)을 전기영동하여 α -lactalbumin, β -lactoglobulin A, β -lactoglobulin B로 분리하여 조사한 결과 열처리 시간의 증가에 따라 유청 단백질의 함량이 감소하였다고 보고하였다. 따라서 오븐건조는 초유의 건조방법으로 적합하지 않았으며, 수입 초유분말과 동결건조 및 분무건조간의 단백질 변성도는 차이가 없는 것으로 나타났다.

냉동 초유의 미생물수 변화

농가에서 초유를 적정보관 이용하는 방법을 설정하기 위하여 초유를 냉동한 후 저장기간에 따라 초유 내 미생물수의 변화를 조사한 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 냉동 전 초유의 총미생물수, 대장균군수, 유산균수, 효모 및 곰팡이수는 각각 3.0×10^6 , 1.4×10^3 , 1.5×10^5 , 1.6×10^2 CFU/mL이었으며 냉동 후에는 각각 5.1×10^5 , 1.3×10^3 , 1.2×10^5 , 1.5×10^1 CFU/mL로 감소하였고, 냉동 저장 3개월 후에는 각각 8.3×10^4 , 2.6×10^2 , 7.6×10^4 , 1.0×10^1 CFU/mL로 다소 감소하였다.

초유의 냉동에 따른 미생물수의 감소 효과가 다소 있었으나, 처음 초유의 미생물 오염수준이 높아 효과가 적은 것으로 나타났다. 따라서 초유의 장기저장 이용 시에는 초

Fig. 5. pH change of the colostrum during 7 d storage at three different temperatures.

유의 미생물 오염을 줄이는 것이 가장 중요하다.

저장 온도별 pH의 변화

액상초유를 각각 5, 15, 25°C에서 14일 동안 저장하면서 pH를 조사한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 발효 전 초유의 최초 pH는 6.02이었으며 3일 후에는 각각 5.41, 5.20, 5.10이었다. 저장 7일차에는 pH가 각각 4.92, 4.36, 4.28로 감소하였으며, 저장 14일 경우에는 4.72, 4.21, 4.19로 나타났다. 15, 25°C에서는 유산균의 증식이 빨리 이루어져 7일차 때 pH가 낮아졌고, 5°C 저장에서는 미생물 증식이 서서히 진행되어 14일이 지나도 pH가 완전히 낮아지지 않는 것으로 나타났다.

유기산 처리시 초유 저장 중 pH 변화

초유의 저장성과 저장 중 미생물의 증식을 억제하기 위해 초유에 0.3%의 propionic acid와 formic acid를 첨가하고 15°C에서 저장기간별 pH를 조사한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 유기산인 propionic acid와 formic acid를 첨가하면 저장 중 pH를 4.3 수준에서, 적정산도 1.5% 수준에서 유지하며(Carlson and Muller, 1977; Otterby *et al.*, 1980; Kwon *et al.*, 1991) 보존성을 높인다고 보고한 연구결과와 propionic acid 첨가는 같은 결과를 얻었다. 그러나 formic acid 첨가에 의한 저장성 증진 효과는 확인할 수 없었다.

Fig. 6. Change of pH of the colostrum during 7 d storage at 15°C after organic acid treatment.

한편 초유에 유기산을 첨가하면 단백질 응고와 유청 분리가 일어나지만(Otterby *et al.*, 1977) propionic acid의 경우 입자의 크기가 작고 잘 분산되어 외관상 모양도 좋다고 하였는데 본 시험에서 외관의 차이는 확인할 수 없었다. 초유의 유기산 첨가에 의해 propionic acid 처리구에서는 보존성은 높아지나 산에 의한 pH 저하로 인해 단백질 응고와 유청분리로 상품성이 낮아지는 것으로 판단된다.

유기산 처리시 저장 온도 별 미생물수 변화

액상 초유에 0.3% 유기산을 처리하고 15°C에서 저장하면서 미생물의 증식에 대해 조사한 결과를 Table 3에 나타내었다. 대조구에서는 총세균수, 대장균수, 젖산균수, 효모, 곰팡이의 경우 저장기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다. 반면 formic acid 처리구에서는 Muller와 Syhre(1975), Daniel 등(1977)이 액상 초유에 유기산 처리시 저장기간 동안 pH가 비교적 낮게 유지되고 미생물의 증식을 억제하여 초유의 보존성을 높이며, 하절기 발생하는 이상발효를 억제할 수 있다는 보고와 유사한 결과를 얻었다. 그리고 단쇄지방산 중 하나인 propionic acid는 인간의 장내에서 유산균을 비롯한 유익한 세균이 섬유소를 분해하여 그 대사산물로 생성해 내는 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과에서 Palmer와 Mudd(1972), Rindsig와 Bodoh(1977)의 초유에 propionic acid 첨가시 대장균의 성장은 억제되고 유산균과 곰팡이, 효모는 계속 증식한다는 보고와 비교해 보면 조금은 차이가 있지만 유산균의 수가 잠시 줄었다가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 유산균이 propionic acid를 대사산물로 생성하기 때문에 propionic acid 환경에서는 잘 적응하면서 정상적인 증식을 할 수 있는 것으로 생각된다. 반면 효모와 곰팡이의 수는 propionic acid 처리에 의해 현저히 줄어드는 것으로 확인되었다. 이상의 유기산 처리에 의한 미생물 증식 결과로 볼 때, 좀 더 다양한 농도의 유기산 처리를 통해 미생물의 증식변화에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

초유에 유산균 접종

균주접종

유해한 미생물의 증식에 의한 오염수준을 낮추고 초유의 적정한 저장과 발효를 유도하기 위해 *Streptococcus thermophilus*와 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 1:1 혼합균주(SL)를 첨가한 처리구와 *Lactobacillus helveticus*와 *Lactobacillus lactis* 1:1 혼합균주(LH)를 접종한 후의 총세균수, 대장균수, 젖산균수는 각각 SL 첨가구에서는 각각 1.3×10^6 , 3.6×10^4 , 1.9×10^6 CFU/mL이었으며 저장 24시간 후에는 각각 1.2×10^9 , 2.7×10^4 , 3.5×10^6 CFU/mL이었다. LH 첨가구는 접종당시에는 5.5×10^6 , 6.7×10^4 , 8.4×10^5 CFU/mL이었고 저장 24시간 후에는 2.1×10^9 , 4.2×10^4 , $7.7 \times$

Table 3. Change of microflora found in the colostrum acidified with organic acid when stored at 15°C

(Unit: CFU/mL)

Items	Acid treatment	Storage period (d)						
		0	1	3	5	7	10	14
Total bacteria	Control ¹⁾	3.7×10 ⁶	8.2×10 ⁶	4.7×10 ⁷	1.1×10 ⁸	2.1×10 ⁸	1.5×10 ⁸	1.1×10 ⁸
	Formic acid ²⁾	2.8×10 ⁵	1.1×10 ⁴	4.0×10 ³	1.0×10 ⁰	1.0×10 ⁰	1.0×10 ⁰	1.0×10 ⁰
	Propionic acid ³⁾	1.4×10 ⁶	6.6×10 ⁶	6.5×10 ⁶	3.1×10 ⁶	6.0×10 ⁵	1.2×10 ⁵	6.3×10 ⁴
Coliform	Control ¹⁾	1.4×10 ⁴	2.0×10 ⁵	1.2×10 ⁶	7.1×10 ⁷	7.2×10 ⁷	5.6×10 ⁷	1.1×10 ⁶
	Formic acid ²⁾	1.5×10 ²	0	0	0	0	0	0
	Propionic acid ³⁾	5.0×10 ³	-	5.0×10 ¹	1.8×10 ²	-	2.3×10 ³	1.0×10 ²
Lactic acid bacteria	Control ¹⁾	1.5×10 ⁶	8.0×10 ⁶	4.1×10 ⁶	1.2×10 ⁶	5.0×10 ⁶	1.8×10 ⁷	1.8×10 ⁶
	Formic acid ²⁾	3.9×10 ⁴	2.5×10 ³	0	0	0	0	0
	Propionic acid ³⁾	7.1×10 ⁵	8.0×10 ⁵	5.0×10 ⁴	1.0×10 ³	2.1×10 ⁴	1.8×10 ⁵	4.8×10 ⁶
Yeast mould	Control ¹⁾	1.6×10 ²	2.0×10 ²	5.6×10 ³	2.1×10 ⁴	4.5×10 ⁴	2.3×10 ⁴	7.0×10 ⁴
	Formic acid ²⁾	-	3.5	0	0	0	0	0
	Propionic acid ³⁾	4.5	4.0	4.0	0	0	0	0

¹⁾Control: colostrum, ²⁾Formic acid: added 0.3% formic acid in colostrum, ³⁾Propionic acid: added 0.3% formic acid in colostrum

10⁶ CFU/mL로 총세균수와 젖산균수는 증가하였으며, 대장균수는 감소하였다. 한편 초기발효를 촉진하기 위한 젖산균의 접종은 대장균의 억제효과는 적은 것으로 나타났다(Table 4). Bush 등(1981)은 초유를 발효시키거나 포르말린 처리보존이 초유의 단백질 성분함량에 미치는 영향을 조사하기 위해 *Streptococcus* 또는 요구르트를 접종시켜 발효시키거나, 포르말린 0.1%(v/v)로 보존 처리하여 상온에서 24시간 보존하였을 때 시간이 경과할수록 초유 내 단백질은 10%(w/v) trichloroacetic acid에서도 침전되지 않았다고 하였으나 본 시험에서는 일부 침전이 발견되었다. 젖산균 접종은 초유발효에서 바람직한 미생물수의 증식을 촉진하기 위해 사용되었는데, Muller와 Syhre(1975)는 *Lactococcus lactis* 배양액 1%를 이용하여 초유 발효시 젖산균 접종의 이점이 나타나지 않았다고 하였으나, 본 시험결과 젖산균 접종은 대장균의 증식을 억제 효과와 유산균 증식에 효과가 있는 것으로 나타났다.

열처리 후 균주접종

초기의 미생물 수를 줄이기 위해 65°C에서 15분간 저온장시간 열처리한 후 *Streptococcus salivarius thermophilus*와 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 1:1 혼합균주(SL)를 첨가한 처리구와 *Lactobacillus helveticus*와 *Lactococcus lactis* 1:1 혼합균주(LH)를 접종한 후의 총세균수, 젖산균수는 각각 SL 첨가구에서는 1.0×10⁵, 1.7×10⁵ CFU/mL이었으며 저장 24시간 후에는 각각 1.8×10⁸, 6.4×10⁷ CFU/mL 수준이었다. LH 첨가구는 접종시에는 8.3×10⁴, 2.0×10⁵ CFU/mL이었고 저장 24시간 후에는 6.5×10⁸, 5.5×10⁷ CFU/mL로 총세균수와 젖산균수는 증가하였으며, 대장균수는 열처리에 의해 사멸하여 저장기간 동안 검출되지 않았다(Table 5).

Meylan 등(1996)은 원유 중 오염미생물의 전파방지를 위한 시험에서 LTLT 처리(65°C, 30분간)는 *Mycobacterium paratuberculosis*의 발육은 지연되었으나 살균처리로 완전히 제지하지 못했다고 하였다. 그러나 본 연구에서 LTLT

Table 4. Microfloral change of the colostrum during 24 h storage at 15°C after inoculating lactic starter

(Unit: CFU/mL)

Starter	Microbe ¹⁾	Fermentation times (h)					
		0	2	4	6	8	24
SL ²⁾	TBC	1.3×10 ⁶	9.8×10 ⁷	3.4×10 ⁸	4.4×10 ⁸	9.2×10 ⁸	1.2×10 ⁹
	CBC	3.6×10 ⁴	9.7×10 ³	9.0×10 ³	1.6×10 ⁴	2.1×10 ⁴	2.7×10 ⁴
	LBC	1.9×10 ⁶	3.4×10 ⁶	1.2×10 ⁶	1.7°ø×	2.1×10 ⁶	3.5×10 ⁶
LH ³⁾	TBC	5.5×10 ⁶	8.7×10 ⁷	6.2×10 ⁸	7.7°×10 ⁸	3.4×10 ⁸	2.1×10 ⁹
	CBC	6.7×10 ⁴	6.7×10 ⁴	8.5×10 ³	2.4×10 ⁴	2.7×10 ⁴	4.2×10 ⁴
	LBC	8.4×10 ⁵	3.0×10 ⁶	8.0×10 ⁶	7.8×10 ⁶	6.8×10 ⁶	7.7×10 ⁶

¹⁾TBC : total bacterial count, CBC : coliform bacteria count, LBC : lactic acid bacteria count.²⁾SL : *Streptococcus salivarius thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 1:1 mixed culture.³⁾LH : *Lactobacillus helveticus* and *Lactococcus lactis* 1:1 mixed culture.

Table 5. Microfloral change of the LTLT treated colostrum during 24 h storage at 15°C after inoculation of lactic starter
(Unit : CFU/mL)

Starter	Microbe ¹⁾	Fermentation times (h)					
		0	2	4	6	8	24
SL ²⁾	TBC	1.0×10 ⁵	2.5×10 ⁵	1.6×10 ⁶	3.5×10 ⁶	2.0×10 ⁷	1.8×10 ⁸
	LBC	1.7×10 ⁵	1.9×10 ⁵	2.5×10 ⁶	9.5×10 ⁶	1.3×10 ⁷	6.4×10 ⁷
LH ³⁾	TBC	8.3×10 ⁴	2.0×10 ⁵	2.0×10 ⁶	6.5×10 ⁶	3.8×10 ⁷	6.5×10 ⁸
	LBC	2.0×10 ⁵	3.1×10 ⁵	4.6×10 ⁵	1.5×10 ⁶	7.3×10 ⁶	5.5×10 ⁷

¹⁾ TBC : total bacterial count, LBC : lactic acid bacteria count.

²⁾ SL : *Streptococcus salivarius thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 1:1 mixed culture.

³⁾ LH : *Lactobacillus helveticus* and *Lactococcus lactis* 1:1 mixed culture.

처리는 대장균군의 사멸에는 문제가 없는 것으로 나타났다. Dominguez 등(1997)은 초유 내 항산화 효소 Ig의 항원결합능력에 관한 열처리효과를 조사한 결과 초유 내 IgG의 변성온도는 69-81°C 범위이었으며 90%의 항원 결합력을 떨어뜨리는 수준은 69, 72, 77, 81°C에서 각각 8,504, 1,387, 285, 152초이었다고 하였는데, 이 온도와 처리시간 조건보다는 낮은 수준으로 열처리를 실시하는 것이 초유 중의 Ig 함량에는 영향이 적고 미생물의 증식을 억제하는 효과가 있는 것으로 판단된다.

면역 글로블린 G (IgG) 함량

초유의 상품화와 보관 및 이용성을 향상시키기 위해 처리방법에 따른 초유 내 IgG 함량을 조사한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 초유 중 IgG 함량은 53.98 mg/mL이었으나 LTLT 처리, LTLT 처리 후 발효스타터로 발효 처리, 분무 건조 그리고 동결 건조한 후의 초유 중 IgG 함량은 각각 33.28, 34.82, 21.98, 36.89 mg/mL로 확인되었다. 이들 중 분무건조방법이 가장 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며, 동결건조가 가장 우수한 것으로 나타났다. Meylan 등(1996)은 LTLT 열처리(65°C, 30 min)가 12.3%의 Ig 손

실을 가져왔으며, Yun 등(1992)은 55°C에서 5분간 살균 처리 시에는 그 손실이 전혀 없었다고 하였다. 한편 외국의 모유 은행에서 사용하는 조건인 62.5°C에서 15분간 살균 시에는 초유 및 모유에서 12.6%와 14.0%의 손실이 각각 있었다. Dominguez 등(1997)은 초유 내 IgG의 변성온도는 69-81°C범위이었으며 90%의 항원결합력을 떨어뜨리는 수준은 69, 72, 77, 81°C에서 각각 8,504, 1,387, 285, 152라 보고하였고, Meylan 등(1996)은 저온 살균온도(63°C, 30 min)에서 살균한 처리구의 초유의 IgG 농도는 살균 전에는 44.4 g/L이고 살균 후에는 12.3%가 줄어든 37.2 g/L이었다고 하였으며, 양질의 초유(>48 g/L)는 저질의 초유보다 IgG 함량의 더 많은 손실을 가져왔다고 보고하였다. 따라서 본 연구의 65°C에서 30분간의 열처리가 Ig 변화와 미생물 살균효과로 볼 때 가장 적합하다고 생각된다.

요 약

국내산 젖소 초유의 활용성을 높이기 위해 초유가공 방법별 특성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

혼합초유의 유지방, 유단백질, 유당, 무지고형분은 각각 4.34, 6.99, 3.37, 11.10%이었다. 초유의 건조 전 총세균수와 대장균군수 수준은 각각 3.0×10⁶, 1.4×10³ CFU/mL이었으나, 분무열풍 건조 후에는 각각 8.8×10³ CFU/mL과 음성으로 나타났으며, 동결 건조 시에는 각각 3.7×10⁵과 4.0×10² CFU/mL으로 감소하는 것으로 나타났다.

초유의 품질을 향상시키기 위해 젖산균을 접종한 결과 자연발효처리 효과는 나타나지 않았으며, 저온 장시간 살균(LTLT) 후 젖산균을 접종한 처리구에서는 대장균군이 사멸하여 초유의 품질을 향상시킬 수 있었다. 산처리 초유보다는 젖산균접종 처리 초유가 대장균군의 억제효과는 높았으나, pH가 낮아 단백질 침전에 의한 유청 분리현상이 나타났다. 초유의 가공방법에 따른 IgG 함량의 영향을 평가하기 위해 LTLT 처리, 젖산 발효스타터, 분무건조, 동결건조를 실시한 결과 처리 전 초유 중 IgG 함량은 53.98 mg/mL이었으며, 처리 후에는 각각 33.28, 34.82, 21.98, 36.89 mg/mL로 감소하였다.

Fig. 7. Change of IgG concentration by processing methods. Values present the mean±SD (n=15). ¹⁾RC: raw colostrum, LTLT: low temperature long time, FC: fermentation colostrum, SD: spray dried colostrum, FD: freezing dried colostrum. ^{abc}Means with the different superscripts between treatments are significantly different at $p<0.05$.

참고문헌

1. AOAC (1995) Official Method of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
2. APHA (1993) Standard methods for the examination of dairy products. American Public Health Association, Washington, DC.
3. Birchmeier, C., Meyer, D., and Riethmacher, D. (1995) Factors controlling growth, motility, and morphogenesis of normal and malignant epithelial cells. *Int. Rev. Cytol.* **160**, 221-226.
4. Bush, R. S., McQueen, R. E., and Nicholson, J. W. (1981) Effect of fermentation and formalin preservation on the protein component of bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* **64**, 1695-1699.
5. Carlson, S. M. A. and Muller, L. D. (1977) Compositional and metabolic evaluation of colostrum preserved by four methods during warm ambient temperatures. *J. Dairy Sci.* **60**, 566-571.
6. Corley, L. D., Staley, T. E., Bush, L. J., and Jones, E. W. (1977) Influence of colostrum on transepithelial movement of *Escherichia coli* O:55. *J. Dairy Sci.* **60**, 1416-1421.
7. Coligan, J. E., Kruisbeek, A. M., Margulies, D. H., and Strober, E. (1994) Current protocols in immunology. 2. Antibody detection and preparation. Greene Publishing Association, NY, Chapter 6, Sec. 19, pp. 1-8.
8. Daniel, L. B., Hall, J. R., Hornsby, Q. R., and Collins, J. A. (1977) Feeding naturally fermented, cultured, and direct acidified colostrum to dairy calves. *J. Dairy Sci.* **60**, 992-996.
9. Davis, T. A., Nguyen, H. V., Garcia-Bravo, R., Fiorotto, M. L., Jackson, E. M., and Reeds, P. J. (1994) Amino acid composition of the milk of some mammalian species changes with stage of lactation. *Br. J. Nutr.* **72**, 845-853.
10. Doe, W. F. (1979) An overview of intestinal immunity and malabsorption. *Am. J. Med.* **67**, 1077-1084.
11. Dominguez, E., Perez, M. D., and Calvo, M. (1997) Effect of heat treatment on the antigen-binding activity of antiperoxidase immunoglobulins in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* **80**, 3182-3187.
12. Ebina, T., Ohta, M., Kanamaru, Y., Yamamoto-Osumi, Y., and Baba, K. (1992) Passive immunizations of suckling mice and infants with bovine colostrum containing antibodies to human rotavirus. *J. Virol.* **38**, 117-123.
13. In, Y. M., Jeong, S. G., Ham, J. S., Choi, J. C., and Lee, S. W. (1999) Effect of different heat treatments on protein denaturation and sensory characteristics of whole milk. *Korean J. Dairy Sci.* **21**, 59-66.
14. Larson, L. L., Owen, F. G., Albright, J. L., Appleman, R. D., Lamb, R. C., and Muller, L. D. (1977) Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. *J. Dairy Sci.* **60**, 989-1003.
15. Kaiser, A. G. (1977) The use of colostrum preserved with formalin for rearing calves. *Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb.* **17**, 221-227.
16. Korhonen, H., Marnila, P., and Gill, H. S. (2000) Bovine milk antibodies for health. *Br. J. Nutr.* **84 Suppl.** **1**, S135-146.
17. Kwon, M. K., Jang, Y. H., Ahn, J. K., Goh, J. S., and Kwon, I. K. (1991). Improving availability of surplus colostrum. *Korean J. Dairy Sci.* **13**, 71-78.
18. Manji, B. and Kakuda, Y. (1987) Determination of whey protein denaturation in heat-processed milks: Comparison of three methods. *J. Dairy Sci.* **70**, 1355-1361.
19. Meylan, M., Rings, D. M., Shulaw, W. P., Kowalski, J. J., Bech-Nielsen, S., and Horrsis, G. F. (1996) Survival of *Mycobacterium paratuberculosis* and preservation of immunoglobulin G in bovine colostrum under experimental conditions simulation pasteurization. *Am. J. Vet. Res.* **57**, 1580-1585.
20. Muller, L. D. and Syhre, F. C. (1975) Influence of chemicals and bacterial cultures on preservation of colostrum. *J. Dairy Sci.* **58**, 957.
21. Oh, M. W. and Lee, Y. H. (1983) The comparison of amino acid composition in cow's colostrum and mature milk. *Korean J. Human Sci.* **7**, 31-40.
22. Otterby, D. E., Dutton, R. E., and Foley, J. A. (1977) Comparative fermentations of bovine colostrum milk. *J. Dairy Sci.* **60**, 73-78.
23. Otterby, D. E., Johnson, D. G., Foley, J. A., Tomsche, D. S., Lundquist, R. G., and Hanson P. J. (1980) Fermented or chemically-treated colostrum and nonsalable milk in feeding programs for calves. *J. Dairy Sci.* **63**, 951-958.
24. Palmer, G. H. and Mudd, A. J. (1972) A note on the growth of some microorganisms in stored bovine colostrum. *J. Dairy Res.* **9**, 227-230.
25. Parnell-Clunies, E., Kakuda, Y., Irvine, D., and Mullen, K. (1988) Heat-induced protein changes in milk processed by vat and continuous heating systems. *J. Dairy Sci.* **71**, 1472-1483.
26. Rindsig, R. B. and Bodoh, G. W. (1977) Growth of calves fed colostrum naturally fermented, or preserved with propionic acid or formaldehyde. *J. Dairy Sci.* **60**, 79-84.
27. SAS (1995) SAS/STAT Software for PC. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
28. Sawyer, W. H. (1969) Complex between lactoglobulin and κ -casein. *J. Dairy Sci.* **52**, 1347-1355.
29. Yun, S. G., Kim, K. S., Kang, W. S., Lee, K. J., and Joo, Y. K. (1992) A study on the yield and composition of colostrum and the change of physical characteristics depending on the different storage methods with Holstein dairy cows. *Res. Rept. RDA.* **34**, 27-32.

(Received 2009.3.10/Revised 1st 2009.5.26, 2nd 2009.6.17, 3rd 2009.6.19/Accepted 2009.6.20)