

응고제가 우유두부의 물성 및 관능적 특성에 미치는 영향

우나리아¹ · 이민선² · 박수진¹ · 강명화^{1†}

¹호서대학교 자연과학부 식품영양전공
²호서대학교 벤처대학원 첨단산업기술 전공

Effect of Various Coagulants on the Texture and the Sensory Properties of Milk Curd

Na-Ri Yah Woo¹, Min-Sun Lee², Soo-Jin Park¹ and Myung-Hwa Kang^{1*}

¹Dept. of Food Science and Nutrition, Natural College, Hoseo University, Asan 336-795, Korea
²Graduate School of Venture for BK21, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

Abstract

Different types of coagulant and characteristics of its concentration added in the process of making milk curd were compared in this study. The pH of whey decreased when the amount of coagulant increased. The turbidity of whey was decreased when 5% of acetic acid and lemon juice were put into as coagulants. The texture of milk curd made with cow's milk and skim milk was measured the highest when acetic acid and lemon juice were added at 3, 5% of their concentration. The fracturability of milk curd made only with cow's milk decreased as the concentration of each coagulant increased. The cohesiveness was decreased as concentration of coagulant increased. The springiness was slightly changed depending on its coagulant but didn't show much of difference. The gumminess of milk curd made with cow's milk was increased when 3, 5% of coagulant was added. The result of sensory evaluation of milk curd showed that preference of milk curd wasn't depending on types of milk nor its coagulant. Also, flavor preference showed better when lemon juice was added. Preference in texture of milk curd was the highest made with cow's milk and skim milk. Preference in taste was high when 10% of lemon juice was added to skim milk and preference in its appearance showed higher when the alum was added as a coagulant to both cow's milk and skim milk than other coagulants.

Key words : Milk curd, coagulant, sensory evaluation.

서론

우유는 면역 글로블린, 락토페린, 칼슘흡수 촉진 펩타이드 등 여러 종류의 생리활성물질을 함유한 완전식품이다(Kim GY, 1997). 2004년 5월 농림부에서는 국내 젖소 두당 산유량은 2003년 7,507 kg으로 2002년도에 비해 437 kg이 증가했고, 1인당 시유소비량 또한 38.2 kg으로 2002년도 34.9 kg에 비해 증가했다고 보고하였다. 소비자들의 건강에 관한 관심 증가로 기능성이 강화된 식품의 선호도를 증가시켜, 기능성 올리브고당, 식이섬유, 기능성 펩타이드류, DHA, EPA 등 각종 강화우유가 개발·가공되었으나(Moon JW, 1998), 흰 우유와 가공우유로 사용되는 시유는 2001년 172만 9331 t에서 2002년

168만 6,817 t으로 줄어 원유 재고문제를 일으켰다. 2003년 이후 검은콩 우유와 과즙우유의 가공 등 한층 더 향상된 제품의 고급화로 인해 원유 사용량이 179만 4822 t으로 늘어났으나, 아직까지 원유 생산량에 비해 소비량이 부족한 상태이며, 국산 우유 자급율은 79.1%, 농가수취 원유가격은 625원/kg으로 매우 낮은 상태를 보이고 있다. 따라서 WTO 시장개방 이후 국내 낙농업계의 타격을 방지하기 위한 시유소비 증대 촉진 및 국내산 원유를 이용한 유제품 생산의 활성이 시급한 실정이다.

중국과 대만의 유제품 발효식품인 '두부유(sufu)'는 치즈형태 발효식품으로 두부의 표면에 유용 곰팡이를 생육시켜 슬랫과 소금용액으로 침지하여 제조한 것(De Rham et al, 1997)으로, 일본에는 'tofuyo'(Rocotta et al., 1973)이란 유사 우유두부가공 식품이 있다. 이러한 식품은 오래 전부터 자양식, 보양식 등으로 어린이 및 노인식품으로 이용되었고 저장성, 기호성과 소화성이 우수하여 주목받고 있다(Defaye J et al., 1989, Kim et al 1999). 그러나 우리나라는 두부 제조 시 우유를 첨가하여 두부의 품질을 개선하고 맛을 향상시킨다는

본 연구는 2003년도 호서대학교 교내연구비 지원에 의해 수행된 연구결과의 일부임.

†Corresponding author : Myung-Hwa Kang, Tel: +82-41-540-5973, Fax: +82-41-548-0671, E-mail: mhkang@office.hoseo.ac.kr

Kim 등(Kim et al, 1993)의 연구와 키토산을 우유에 첨가하여 저장 안정성과 기능성을 비교한 Lee & Lee (2000)의 보고가 있을 뿐, 우유를 이용한 새로운 식품개발 및 가공에 대한 연구가 매우 미비한 실정이다.

단백질은 응고제의 특성과 제조방법에 따라 gel의 물성이 다양하게 변화될 수 있고, 제품 수율, 커드 형성 조건, 응고 조건 등이 다양하게 변화된다. Hirano & Matsumera(Hirano S & Matsumera T 1987)는 키토산을 첨가하여 침전된 대두단백질의 특성을 보고하였고, Hashizume 와 Ka(Hashizume K & Ka G, 1987)는 염의 종류에 따라 단백질의 공침전의 차이가 다르게 나타난다고 하였다. Kim 등(Kim et al 1994, Kim et al 1994)은 우유와 대두단백질에 Ca염, 유기산을 각각 응고제로 첨가하여 '우유 두부' 제조 시 응고제에 따라 품질에 영향을 준다고 하였으며, Lee 등(Lee 1997)은 두부의 저장과 가열처리 과정 중 응고제에 따라 조단백과 아미노산 조성이 변한다고 보고하였다.

두부 제조에 쓰이는 응고제로는 CaSO₄, CaCl₂, MgCl₂ 등의 2가 염류가 주로 쓰이며, 응고제의 종류에 따라 두부 제조 시 첨가되는 응고제의 최적량 및 두부의 종류가 다르게 측정되고 있다. 두부의 콩단백질인 glycinin은 열에 안정하나 금속염과 산에 불안정하기 때문에 2가 염류를 첨가하여 단백질을 응고시키는 원리를 사용하여 가공하며, 이밖에 식초(acetic acid)를 응고제로 pH에 변화를 주어 등전점을 유도하는 방법이 시도되고 있다. 또한 우유단백질인 카제인은 열에 의해서는 잘 응고되지 않으나 산성에서 응고하는 성질을 가지고 있다. 카제인 등전점은 pH 4.6~4.7이므로 우유에 산을 넣어서 이 등전점에 가깝게 하면 카제인 미립자의 안정성이 파괴되어 우유 단백질이 응고된다(Lee & Cho 2004).

따라서 본 연구에서는 우유를 이용한 단백질 이용 효율 증진을 위한 새로운 소재를 탐색하고 우유 소비 촉진의 한 방법을 모색하기 위하여 '우유 두부'를 가공하였으며, 2가 염류가 아닌 산성을 띄는 용액을 이용하여 등전점을 유도하는 방법을 적용하였다. 또한 응고제의 최적 조건 결정하기 위해 식초, 레몬즙과 명반을 여러 비율로 첨가하여 제조하였으며, 제조된 '우유두부'의 물리적 및 관능적인 특성을 평가하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용된 원유는 아산지역의 우유공장(서울우유)에서 실험 당일 구입하여 4℃ 냉장고에 보관하면서 사용하였다. 탈지분유(서울우유)는 시중에서 구입하였으며, 응고제로 사용된 명반(Aluminum Sulfate, 유미케미), 레몬즙(Clifstar Co. USA), 식초(청정원)는 시중에서 구입하여 사용하였다.

2. 우유두부의 제조

당일 구입한 시유, 혼합유, 탈지유를 우유두부의 공시재료로 사용하였다. 탈지유는 시판 탈지분유를 10% 농도로 준비하였으며, 혼합유는 시유와 탈지유를 1:1로 혼합하여 준비하였다. 각각의 우유를 80~90℃에서 5~7분간 가열한 다음 레몬즙, 명반, 식초 등 응고제를 각각 3, 5, 10(v/v%)로 농도를 달리하여 첨가한 후 강하게 압착하고, 냉각하여 우유두부를 제조하였다. 명반은 일반적으로 베이킹 파우더 등에 널리 사용되며, 서구에서는 피클이나 체리 등 저장 식품을 가공할 경우 0.2% 미만으로 사용하고 있다. 따라서 명반은 안전을 고려하여 0.1% 수용액으로 제조하여 농도별로 첨가하였다.

3. pH, 적정산도, 탁도, 무게, 용적 및 물성 측정

응고제를 달리하여 제조한 우유두부 유형의 pH는 pH meter(pH526 Wissen schafilich, Germany)로 측정하였고, 산도는 유청을 일정량 취한 후 phenolphthalein 지시약을 이용하여 측정하였으며, 유청을 원심 분리(1,500 rpm, 5 min) 하여 상등액을 200mesh 여과망으로 여과 후 비색계(spectrophotometer Ultraspec 3000 Biotech, Germany)로 500nm에서 비색 정량하여 탁도를 측정하였다.

우유두부의 용적은 messcylinder를 이용하여 물치환법으로 측정하여 표시하였으며, 우유두부의 물성은 computer system과 연결된 texture analyser(TA.TX2, texture analyser England)를 사용하여 TPA(Texture Profile Analysis)분석을 통해 경도(hardness), 파쇄성(fracturability), 탄력성(springness), 결착성(cohesiveness) 및 검성(gumminess)을 측정하였으며, 분석 조건은 Table 1과 같다.

4. 관능검사

제조된 우유두부의 관능적 특성 검사는 사전에 교육받은

Table 1. Operating condition of TA.XT2 texture analyser for measuring the texture of milk curd

Parameter	Operating condition
Load cell	5.0 kg
Pre test speed	5.0 mm/sec
Post test speed	1.0 mm/sec
Test speed	5.0 mm/sec
Distance	1.5 mm/sec
Trigger force	20 g
Trigger type	auto
Force	grams
Distance	millimeters

10명의 관능요원을 대상으로 형광조명과 개인 검사대가 설치된 관능검사실에서 3회 반복 실시하였다. 시료는 3가지 숫자를 무작위로 조합하여 코팅한 흰색의 일회용 평판 접시에 담아 제공하였고, 한 개의 시료를 평가한 후에는 반드시 22°C의 물로 입안을 헹구어낸 다음 다른 시료를 평가하도록 하였다. 평가 척도는 appearance, color, flavor, taste, crumb texture, overall preference에 대해 낮은 평점을 1점으로 하고, 5점으로 갈수록 강도가 증가하는 '5점 평가법'을 사용하였다.

5. 통계처리

모든 측정에 대한 결과는 SAS package를 이용하여 통계 처리하였고, 유의성 검증은 Duncan's multiple range test로 $\alpha=0.05$ 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 우유 두부 유청의 pH, 탁도 및 산도 측정

시유, 탈지분유, 혼합유 유청의 pH로 우유 단백질의 공침전 정도를 관찰한 결과는 Table 2와 같다. 각 응고제에 따른 우유두부의 유청층 pH는 4.41~5.62 범위를 나타냈고, 응고제의 농도가 증가할수록 낮은 pH를 나타냈으며, 100%의 농

도의 응고제를 사용한 경우 우유단백질의 등전점과 비슷한 pH 4.7 부근에서 응고가 일어났다. 이는 우유를 첨가한 두부의 pH가 유기산 응고제를 사용한 결과 4.84~4.74 범위에 있다고 보고한 Kim 등(Kim et al 1994, Kim et al 1994)의 연구와 유사하다.

응고제에 따른 유청층의 적정 산도 변화는 Table 3과 같다. 유청의 산도는 각 응고제의 농도에 의존적으로 증가하였고, 유청층의 pH가 감소함에 따라 유청층의 산도가 증가하는 경향을 보였다. 우유두부 제조 후 유청층의 탁도를 측정된 결과는 다음 Table 4와 같다. 유청층은 응고제에 의해 변성 응고된 우유단백질을 압착 성형하는 과정에서 응고되지 않은 단백질과 수분이 배출되어 생성된 우유 두부의 부산물로, 유청층의 탁도를 측정함으로써 우유두부 제조 시 우유단백질이 커드로 이행되는 양을 측정할 수 있으며, 단백질 공침전의 최적 조건을 갖는 응고제의 종류 및 농도를 설정할 수 있다. 본 실험에서 탈지유로 제조된 우유두부에서는 대체적으로 응고제의 첨가농도가 증가할수록 탁도가 감소하였다. 그러나 시유와 혼합유의 유청 탁도 측정결과는 다소 증가하는 경향을 보여주었다. 또한 응고제 따른 우유두부의 커드 형성량을 측정된 결과도 탈지유에서는 3~5%까지 첨가 농도에 의존적으로 우유두부의 커드 형성량이 증가되는 결과와 일치하였

Table 2. pH value of milk curds made at various coagulant concentrations

	Coagulant concentrations (%)								
	Acetic acid			Lemon juice			Alum		
	3	5	10	3	5	10	3	5	10
CM ¹⁾	5.32±2.21 ^{ab*}	5.06±2.58 ^b	4.74±0.08 ^c	5.30±1.54 ^{ab}	5.00±0.21 ^b	4.41±1.52 ^d	5.64±0.59 ^a	5.70±3.21 ^a	4.76±0.04 ^c
SM ²⁾	5.18±1.92 ^b	5.02±0.22 ^{bc}	4.61±0.11 ^d	5.78±1.30 ^a	5.27±0.10 ^b	4.41±2.03 ^d	5.57±1.06 ^{ab}	5.70±0.27 ^a	5.23±1.62 ^b
SCM ³⁾	5.27±0.25 ^{ab}	5.12±3.21 ^b	4.76±0.00 ^c	5.26±1.78 ^{ab}	5.00±0.45 ^{bc}	4.45±1.85 ^d	5.62±0.64 ^a	5.31±1.88 ^a	4.75±2.51 ^c

¹⁾ CM : whey of cow's milk, ²⁾ SM : whey of skim milk, ³⁾ CSM : whey of mixture of cow's milk and skim milk,

^{*} Means with same superscript letters within a row are not significantly different at $\alpha=0.05$ level as determined by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 3. Effects of coagulant concentration on the acidity of whey of milk curd

	Coagulant concentrations (%)								
	Acetic acid			Lemon juice			Alum		
	3	5	10	3	5	10	3	5	10
CM ¹⁾	0.32±0.01 ^{a*)}	0.30±0.07 ^a	0.35±0.05 ^a	0.09±0.00 ^c	0.08±0.00 ^c	0.26±0.02 ^b	0.07±0.03 ^c	0.09±0.00 ^c	0.25±0.03 ^b
SM ²⁾	0.12±0.02 ^{bc}	0.18±0.01 ^b	0.31±0.00 ^a	0.12±0.02 ^{bc}	0.17±0.00 ^b	0.36±0.00 ^a	0.08±0.01 ^c	0.08±0.02 ^c	0.13±0.08 ^{bc}
SCM ³⁾	0.14±0.01 ^b	0.19±0.00 ^b	0.27±0.11 ^a	0.07±0.00 ^c	0.12±0.04 ^{bc}	0.23±0.00 ^a	0.12±0.00 ^{bc}	0.24±0.15 ^a	0.26±0.02 ^a

¹⁾ CM : whey of cow's milk, ²⁾ SM : whey of skim milk, ³⁾ CSM : whey of mixture of cow's milk and skim milk,

^{*} Means with same superscript letters within a row are not significantly different at $\alpha=0.05$ level as determined by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

다. 우유두부 제조에 사용된 응고제(10%)의 pH는 식초 2.72, 레몬즙 2.78, 명반은 1.83으로 강한 산성을 띄고 있다. 즉, 응고제의 pH가 강산에 가까울수록 탁도 감소함을 나타내는 것으로 보아, 강한 산성을 띄는 응고제를 첨가하여 우유 두부를 가공할수록 단백질의 커드로의 이행률이 높음을 알 수 있다.

Thompson(1978)은 두유와 유청, 면실 단백질을 혼합 후 응고제를 사용하여 단백질 공침전시에 커드의 단백질과 함황 아미노산 함량이 증가되었음을 보고하여, 유단백질 공침전에 의해 제조된 우유두부의 이화학적 특성 비교를 통해 단백질의 이용 효율 및 기능성에 관해 고찰하고 있다. 이를 바탕으로 우유 외 다른 단백질 및 기능성을 응고제 사용으로 인한 공침전을 통해 강화한다면, 다양한 단백질강화식품 개발 · 가공될 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 유청 중 고형분량을 최소화함으로써, 우유두부 제조 수율을 증가시킬 수 있을 것이

며, 영양소 손실을 줄일 수 있고, 오페수의 BOD 감소로 인해 환경오염을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 우유두부의 무게 및 물성 측정

응고제에 따른 우유두부의 무게와 부피는 다음 Table 5, 6과 같다. 즉 각각의 우유에 응고제의 첨가농도를 달리하여 1L로 전체용적을 맞추어 제조한 두부의 무게는 응고제의 농도가 3, 5 %로 증가함에 따라 농도 의존적으로 증가하는 경향을 보였으나 10% 농도로 응고제를 첨가한 경우는 우유두부의 무게가 감소하는 것으로 나타났다. 탈지유의 경우 식초와 레몬즙을 응고제로 사용한 경우 5% 첨가 시 각각 무게가 192. 35, 172.93 g으로 가장 높게 증가되었다. 우유두부의 용적은 무게와 같이 응고제의 농도가 증가함에 따라 같이 증가하는 경향을 보여주었다. 우유에 초산을 5, 10% 첨가한 경우

Table 4. Effects of coagulant concentration on the absorbance of whey of milk curd

	Coagulant concentrations (%)								
	Acetic acid			Lemon juice			Alum		
	3	5	10	3	5	10	3	5	10
CM ¹⁾	0.97±0.05 ^{d*}	0.89±0.17 ^d	1.01±0.04 ^c	1.01±0.01 ^c	1.01±0.05 ^c	1.30±0.02 ^b	2.30±1.19 ^a	1.25±0.17 ^b	1.09±0.03 ^{bc}
SM ²⁾	1.52±0.48 ^b	1.79±0.01 ^{ab}	1.74±0.25 ^{ab}	1.97±0.00 ^a	1.57±0.98 ^b	0.51±0.00 ^{de}	0.84±0.21 ^c	0.70±0.02 ^{cd}	0.62±0.15 ^d
SCM ³⁾	0.52±0.01 ^e	0.44±0.05 ^e	0.68±0.11 ^{de}	0.77±0.06 ^d	1.08±0.00 ^{bc}	1.53±0.10 ^b	0.99±0.00 ^c	1.27±0.00 ^b	2.19±0.32 ^a

¹⁾ CM : whey of cow's milk, ²⁾ SM : whey of skim milk, ³⁾ CSM : whey of mixture of cow's milk and skim milk, ^{*} Means with same superscript letters within a row are not significantly different at α=0.05 level as determined by Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 5. Weight(g) of milk curds made by various coagulant concentration

	Coagulant concentrations (%)								
	Acetic acid			Lemon juice			Alum		
	3	5	10	3	5	10	3	5	10
CM ¹⁾	111.12±136*	140.11±2.26	141.21±2.36	100.13±3.36	121.16±0.36	111.35±5.76	30.11±4.76	121.12±7.46	131.28±2.36
SM ²⁾	151.59±3.36	192.35±2.66	150.40±4.20	110/62±5.26	172.93±4.68	153.19±3.51	50.28±4.36	62.88±2.36	142.82±3.36
SCM ³⁾	140.23±3.36	120.45±2.46	150.11±1.38	142.45±6.45	160.23±4.30	167.23±4.72	40.34±5.67	60.23±4.30	90.21±6.95

¹⁾ CM : cow's milk, ²⁾ SM : skim milk, ³⁾ CSM : mixture of cow's milk and skim milk, * Mean ± SD.

Table 6. Volume(mL) of milk curds made by various coagulant concentration

	Coagulant concentrations (%)								
	Acetic acid			Lemon juice			Alum		
	3	5	10	3	5	10	3	5	10
CM ¹⁾	100±2.00*	150±3.00	150±2.05	100±5.00	130±4.60	100±2.00	50±4.42	120±2.00	130±6.00
SM ²⁾	100±5.30	120±4.54	130±2.72	100±4.00	120±4.05	120±3.45	60±4.00	75±6.24	110±4.00
SCM ³⁾	100±6.45	100±3.00	110±6.88	140±4.68	150±4.00	100±3.67	50±5.00	70±8.35	100±5.66

¹⁾ CM : cow's milk, ²⁾ SM : skim milk, ³⁾ CSM : mixture of cow's milk and skim milk, * Mean ± SD.

가 150 mL로 높은 용적을 보여주었다. 이는 우유두부제조 시 유청 중으로 유실되는 지질, 당류와 일부 단백질 등이 응고되어 산에 응고된 유단백질과 공침되어 우유두부로 이행되었을 것으로 생각된다. 탈지유로 우유두부를 제조한 경우 우유두부의 응고가 단단히 형성되어지는 것에 비하여 부피는 다소 낮게 나타났다.

따라서 응고제에 따른 변화는 식초를 첨가한 경우가 각각의 종류별 우유두부에서 모두 무게와 부피가 가장 높게 나타났으며, 레몬즙, 명반의 순으로 수율의 차이를 보여주었다.

응고제에 따른 우유두부의 조직변화를 texture analyser를 이용하여 측정 한 결과는 다음 Table 7~9와 같다. 시유로 제조한 우유두부(Table 7)는 식초 3%, 5% 첨가군이 경도가 높고, 파쇄성은 대체적으로 농도 의존적으로 감소하는 경향을 보였으며, 탄력성과 결착력은 0.78~0.96, 0.32~0.52 로 각 응고제별로 큰 차이가 없었다. 또한 3%, 5% 식초 첨가군이 높은 검성을 나타냈다. 이는 Kim 등(Kim TY et al 1994, Kim TY et al 1994)이 pH를 달리한 응고제를 사용한 우유두부 가공실험에서 acetic acid를 첨가하였을 때 가장 큰 경도를 보인 연구결과와 유사하다. 탈지유 이용 가공한 우유두부의 경도와 파쇄성은 레몬즙 첨가군이 높았고, 탄력성과 결착성은 시

유를 이용한 우유두부의 조직 결과와 같이 각 응고제별로 큰 차이는 없었다. 이밖에 검성은 레몬즙 첨가군에서 높았으며 (Table 8). 혼합유를 이용한 우유두부는 식초와 명반을 사용한 군이 농도 의존적이지 않았으나 높은 경도를, 레몬즙, 명반을 낮은 농도로 혼합한 군에서 유의적으로 높은 파쇄성을 나타냈다. 탄력성과 결착성은 다른 실험군들과 마찬가지로 각 응고제별 큰 차이를 보이지 않았으나 명반을 사용한 군이 대체적으로 높았고, 초산과 레몬즙을 응고제로 사용한 군에서는 농도 의존적으로 낮은 결착성을 나타냈다(Table 9).

본 실험의 결과, 사용된 우유의 종류(시유, 탈지유, 혼합유) 별로 첨가된 응고제 · 응고제의 농도별로 각기 다른 조직의 특성을 보여, 우유두부 제조 시 우유의 종류가 달라지면, 그 우유두부를 최적화 시킬 수 있는 응고제의 종류와 응고제의 농도가 달라짐을 알 수 있다. 우유두부 가공 중 사용된 응고제 중 하나인 명반은, 식품에 첨가하였을 때 바삭거리는 물성을 강화시키고, 단백질의 gel화를 단단하게 하는 특징이 있다. 본 연구에서 결착성 및 파쇄성은 각 우유별(시유, 탈지유, 혼합유) 명반 첨가군에서 대체적으로 높은 경향을 나타냈으며, 이는 명반이 갖는 특성으로 인한 결과라 보여진다.

따라서, 공침전 유도로 인해 단백질 강화 식품을 가공할

Table 7. Comparison of textural properties of cow's milk curd prepared with various coagulants

Texture parameters	Coagulant concentrations (%)								
	Acetic acid			Lemon juice			Alum		
	3	5	10	3	5	10	3	5	10
Hardness	282.54±20.53 ¹⁾	276.99±95.56 ^a	183.97±5.12 ^{bc}	164.89±15.98 ^c	227.87±8.52 ^{ab}	269.78±0.84 ^{bc}	149.21±1.68 ^{bc}	128.31±22.72 ^c	110.93±10.02 ^c
Fracturability	11.46±0.72 ^{ab}	13.81±2.46 ^a	2.86±1.54 ^c	4.02±0.57 ^c	2.74±0.96 ^c	9.15±1.28 ^b	3.24±0.20 ^c	3.36±0.07 ^c	2.90±0.45 ^c
Springiness	0.96±0.00 ^a	0.93±0.00 ^{ab}	0.91±0.02 ^b	0.85±0.02 ^c	0.78±0.06 ^d	0.64±0.38 ^e	0.91±0.40 ^b	0.91±0.01 ^b	0.93±0.01 ^{ab}
Cohesiveness	0.52±0.00 ^a	0.49±0.03 ^{bc}	0.46±0.00 ^c	0.47±0.00 ^c	0.41±0.01 ^d	0.32±0.01 ^e	0.52±0.00 ^a	0.50±0.00 ^{ab}	0.52±0.00 ^a
Gumminess	146.48±5.44 ^a	140.89±0.01 ^a	87.75±0.00 ^b	66.4±28.98 ^b	92.36±0.33 ^b	95.60±0.00 ^b	75.62±0.02 ^b	76.62±6.56 ^b	65.02±4.28 ^b

¹⁾ Means with same superscript letters within a row are not significantly different at α=0.05 level as determined by Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 8. Comparison of textural properties of skim milk curd prepared with various coagulants

Texture parameters	Coagulant concentrations (%)								
	Acetic acid			Lemon juice			Alum		
	3	5	10	3	5	10	3	5	10
Hardness	244.85±48.96 ¹⁾	262.83±1.26 ^{ab}	268.87±1.82 ^b	377.22±84.70 ^a	376.50±79.74 ^a	379.38±6.71 ^a	202.82±29.93 ^b	181.04±35.53 ^b	224.76±30.45 ^b
Fracturability	1.92±0.61 ^{de}	1.45±0.58 ^{de}	7.49±0.02 ^{bc}	10.92±1.54 ^{ab}	13.20±4.03 ^a	-0.62±0.41 ^e	1.11±1.72 ^{de}	8.56±0.39 ^b	4.49±0.48 ^{cd}
Springiness	0.94±0.01 ^b	0.91±0.00 ^c	0.94±0.00 ^{ab}	0.94±0.16 ^{ab}	0.94±0.00 ^{ab}	0.90±0.06 ^c	0.96±0.00 ^a	0.94±0.01 ^{ab}	0.93±0.00 ^b
Cohesiveness	0.64±0.00 ^a	0.57±0.00 ^{de}	0.61±0.00 ^b	0.60±0.00 ^{bc}	0.58±0.02 ^{cd}	0.56±0.01 ^e	0.59±0.00 ^{bcd}	0.60±0.00 ^{bc}	0.56±0.01 ^e
Gumminess	152.03±36.21 ^{ab}	152.97±4.57 ^{ab}	154.85±1.77 ^{ab}	177.19±0.94 ^a	178.92±0.09 ^a	109.34±4.70 ^c	119.99±15.95 ^{bc}	118.22±20.17 ^c	125.97±13.56 ^{bc}

¹⁾ Means with same superscript letters within a row are not significantly different at α=0.05 level as determined by Duncan's multiple range test (p<0.05).

경우, 그 식품을 최적화 시킬 수 있는 응고제를 모색하는 것이 가장 큰 숙제이며, 이로 인해 더 많은 가능성을 부여한 식품을 무한히 가공·개발할 수 있음이 기대된다.

3. 관능검사

응고제의 종류를 달리하여 제조한 우유두부의 색상, 향미, 조직감, 맛, 외향, 전체적인 기호도 측정 결과는 Fig. 1~3과

Table 9. Comparison of textural properties of cow's milk and skim milk mixture curd prepared with various coagulants

Texture parameters	Coagulant concentrations (%)								
	Acetic acid			Lemon juice			Alum		
	3	5	10	3	5	10	3	5	10
Hardness	233.23±4.78 ^{af}	104.26±1.52 ^{cf}	149.30±7.46 ^{cd}	82.95±0.28 ^f	129.02±11.62 ^{de}	74.62±3.65 ^f	183.38±50.39 ^a	200.05±5.74 ^{ab}	75.54±5.98 ^f
Fracturability	3.68±0.50 ^{bcd}	5.34±0.48 ^b	5.23±2.31 ^{bc}	9.18±0.00 ^a	3.32±0.48 ^{bcd}	1.67±0.29 ^{cd}	10.58±1.09 ^a	0.99±1.06 ^{de}	-1.70±1.90 ^c
Springiness	0.90±0.00 ^{cd}	0.82±0.01 ^e	0.83±0.01 ^e	0.92±0.01 ^{bc}	0.88±0.04 ^e	0.73±0.00 ^f	0.98±0.00 ^a	0.92±0.00 ^{bc}	0.96±0.00 ^{ab}
Cohesiveness	0.54±0.01 ^c	0.50±0.00 ^d	0.45±0.00 ^e	0.51±0.00 ^d	0.44±0.00 ^e	0.44±0.01 ^e	0.57±0.00 ^{ab}	0.59±0.00 ^a	0.57±0.00 ^b
Gumminess	126.17±1.63 ^{ab}	50.72±1.10 ^d	66.78±2.57 ^c	42.86±0.28 ^{de}	69.46±7.38 ^c	31.80±0.59 ^e	138.16±15.49 ^a	116.38±0.85 ^b	43.24±3.48 ^{de}

¹⁾ Means with same superscript letters within a row are not significantly different at α=0.05 level as determined by Duncan's multiple range test (p<0.05).

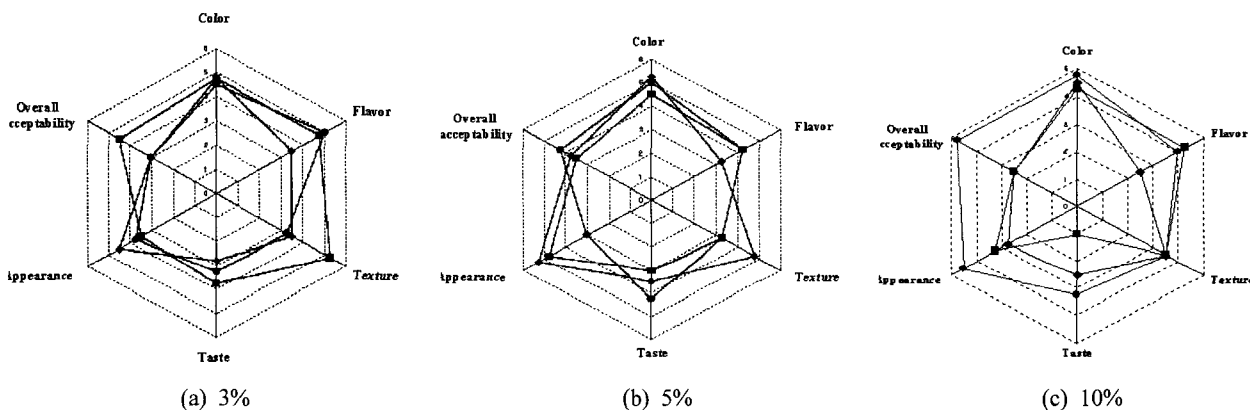


Fig. 1. Sensory evaluation score of cow's milk curd at various coagulant concentrations.

◆ : acetic acid, ■ : lemon juice, ● : alum

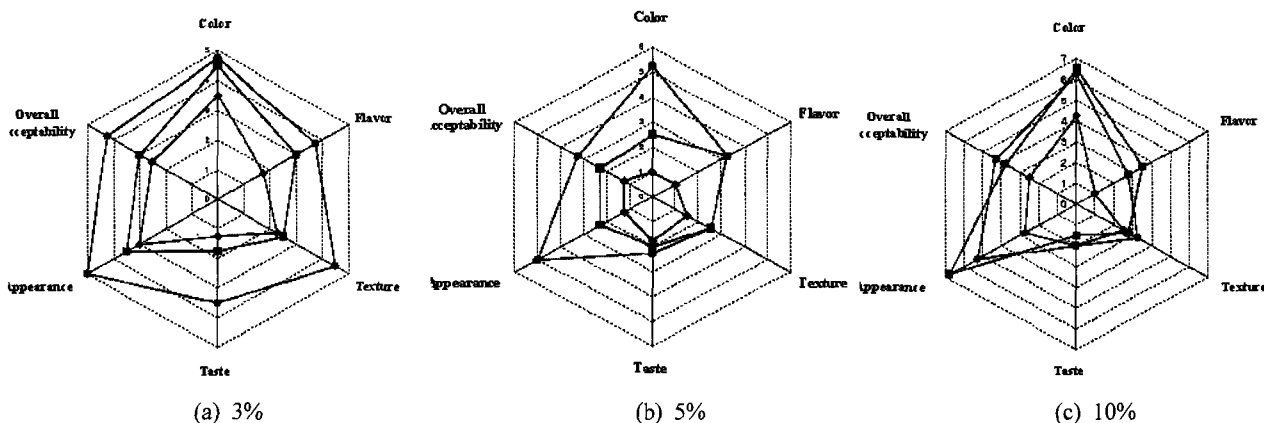


Fig. 2. Sensory evaluation score of skim milk curd at various ratio coagulants.

◆ : acetic acid, ■ : lemon juice, ● : alum

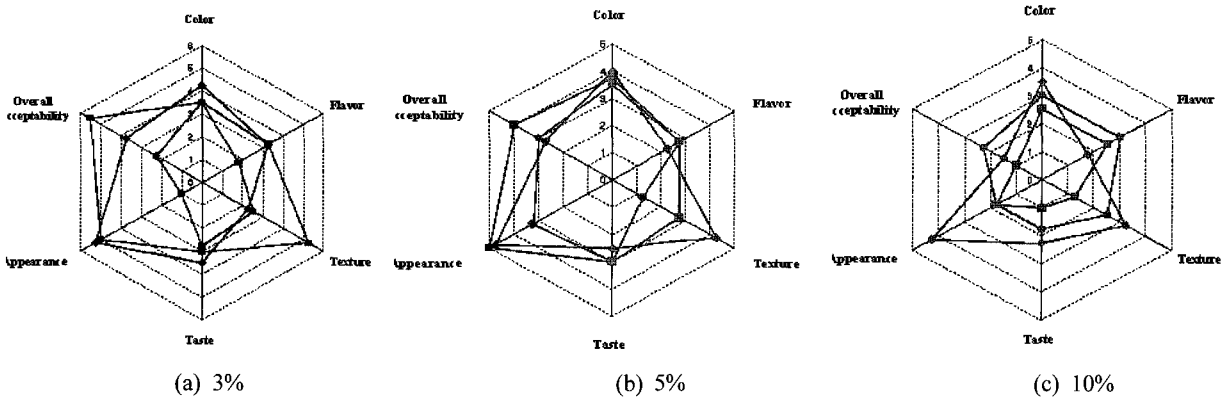


Fig. 3. Sensory evaluation score of cow's milk and skim milk mixture curd at various coagulant concentrations.

◆ : acetic acid, ■ : lemon juice, ● : alum

같다. 색상은 우유 및 응고제의 종류에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 향미는 레몬즙을 첨가한 경우 높게 나타났으며, 시유에 레몬즙을 첨가한 경우 농도가 증가할수록 높은 선호도를 나타냈다. 조직감은 혼합유(시유와 탈지유)에 3% 레몬즙을 첨가하여 제조한 우유두부에서 높은 선호도를 보였고, 맛은 탈지유에 10% 레몬즙을 첨가하였을 때 가장 좋은 것으로 평가되었다. 외형은 명반을 응고제로 첨가하여 제조한 우유두부가 다른 응고제를 첨가한 경우보다 선호도가 높았으나 첨가농도에 따른 유의적인 차이는 없었다.

시유와 탈지유는 각기 다른 지방 함량을 갖고 있다. 본 실험의 결과, 시유보다 지방의 함량이 적은 탈지유가 우유 두부의 맛에서 더 좋은 결과를 나타냈고, 과실의 향이 느껴지는 레몬즙이 다른 응고제에 비해 좋은 관능검사의 결과를 보였다. 또한, 외형의 선호도가 명반을 첨가한 우유 두부군이 다른 응고제를 첨가한 우유두부에 비해 좋게 평가되었으며, 이는 명반이 갖는 겔화 능력에 의해 다른 응고제 첨가 군에 비해 탄력성·결착성이 높아 외관상 단단하고 윤기 있어 보이는 조직의 특성과 연관시킬 수 있다.

조직감이 높게 평가된 혼합유에 레몬즙을 3% 첨가하여 가공한 우유두부는 낮은 경도와 높은 파쇄력을 갖고, 다른 군들에 비해 평균적인 씹힘성을 갖으며, 맛이 높게 평가된 10% 레몬즙을 탈지유에 첨가하여 제조한 우유두부는 모든 조직감이 다른 군에 비해 평균치 정도를 갖는다.

요약 및 결론

본 실험에서는 시유와 탈지유, 혼합유에서 응고제의 종류와 첨가농도를 달리 가공한 우유두부의 특성을 비교하였다. 유청 pH의 변화를 측정된 결과 응고제의 농도에 의존적으로 pH는 낮은 경향을 보였고, 높은 농도의 응고제를 사용하였을 때 단백질의 커드 이행률이 높게 나타났다. 또한, 우유두부의

조직은 사용된 우유의 종류에 따라 최적 응고제 및 응고제의 농도가 각기 다를 수 있었으며, 우유두부의 관능검사 결과, 색과 조직감은 우유와 응고제의 종류에 영향을 받지 않았으며, 향미와 맛의 선호도는 레몬즙 첨가군이 높게 나타났다. 따라서 최종 우유두부의 제품의 무게와 물성 특성 그리고 선호도를 종합적으로 비교한 결과 식초의 5~10% 첨가 제품이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 맛은 레몬즙 첨가, 색상은 명반의 첨가 우유두부가 높은 것으로 보아 앞으로 첨가제를 혼합하여 우유두부의 완성도를 높여야 할 것으로 사료된다.

문헌

Kim GY (1997) Functionality and nutrition of milk. *Korea Soybean Digest* 14(1): 113-117.
 Moon JW (1998) Production technology of functional products in recent dairy industry. *Korean J Animal Sci* 40(1): 120-133.
 De Rham O, Van de Ravant P, Bujard E, Mottu F, Hidalgo J (1997) Fortification for soy bean protein with cheese whey protein and the effect of alkaline pH. *Cereal Chem* 54(2): 238-243.
 Rocotta V, Bourges H, Navarette A, Zuckermann J (1979) Use of whey proteins for supplementing Tortilla. *J Agric Food Chem* 27 : 668- 675.
 Defaye J, Gradled A, Pedesen C (1989) Chitin and chitosan oligosaccharieds. Proc. 4th Inter. Conf. on Chitin/Chitosan held, Norway. 415.
 Kim DH, Lee C, Kim KO and Lee YC (1999) The physicochemical and sensory properties of water soluble chitosan. *Korean J Food Sci Tech* 31(1) : 83-90.
 Kim JM, Kim HT, Choi YB, Hwang HS, Kim TY (1993) Effect

- of cow's milk addition on the quality of soybean curd. *J Korean Soc Food Nutr* 22(4): 437-442.
- Lee HS, Cho Y (2004) *Principle of Cookery*. Gyomoonsa, 314.
- Lee JW, Lee YC (2000) The Physico Chemical and sensory properties of milk with water soluble chiosan. *Korean J Food Sci Tehcnol* 32(4): 806-813.
- Hirano S, Matsumera T (1987) N-Acyl derivaties of chitosan and their hydrolysis chiinase. *Carbohydr Res* 165:120.
- Hashizume K, Ka G (1987) Difference between tofu as coagulated with gluco delta lactane and calcium sulfate. *J Food Sci & Tec* 25: 790-792.
- Kim TY, Kim JM, Cho NJ (1994) Effect of coagulants on the quality of soybean curd added with cow's milk. *Agri Chem & Biotechnology* 37(5): 370-378.
- Kim TY, Kim JM, Yoon IH, Chang CM (1994) Changes in chemical components of soybean cheese making from cow's milk added soybean curd. *J Korean Soc & Food Nutr* 23(5): 837-844.
- Lee KH (1997) Crude protein and amino acid contents of soybean curd according to coagulants, storage and frying conditions. *MS Thesis*, Dongguk Univ. Korea.
- Thompson LU (1978) Coprecipitation of cheese whey with soybean and cottonseed proteins using acid and heat treatment. *J Food Sci* 43: 790-799.
- (2004년 8월 20일 접수, 2004년 10월 24일 채택)