

동결농축유의 일반성분 및 이화학적 특성에 관한 연구

이수정 · 황지현 · 박홍식 · 민상기¹ · 곽해수*

세종대학교 식품공학과, ¹건국대학교 축산식품생물공학과

서 론

농축은 용액으로부터 수분을 부분적으로 제거하여 용액의 고형분 농도를 높여주는 가공방법으로 반드시 수분을 제거하는 공정이 필요하며, 농축유의 기준은 유지방이 7.5% 이상 그리고 총고형분이 25% 이상이다¹⁾. 농축의 목적은 상품적 가치를 상승시키고, 원액에 비해 부피와 무게를 감소시켜 수송과 저장을 효과적으로 하고 수분함량 및 수분활성도를 감소시켜 미생물학적 위험을 줄이는데 있다. 일반적인 농축방법은 열처리를 하여 수분을 부분적으로 증발시키는 진공농축(evaporated concentration)과 수분을 고체상으로 감소시키는 동결농축(freeze concentration)이 있다. 동결농축은 동결된 액상 식품 중 고체상태로 상변화된 얼음을 기계적인 힘으로 분리하여 액상식품의 농도를 증가시키는 공정으로 일종의 비열처리 기술을 이용한 농축공정을 말하며 진공농축공법이나 가열농축공법, 역삼투압방식에 비하여 식품이 갖고 있는 향미, 맛, 영양학적인 측면에서 많은 장점을 제공할 수 있지만 비용이 다른 농축방법에 비하여 많이 소요되고, 조작이 복잡하며, 농축을 위해 투입한 시료에서 원하는 농도로 가능한 많은 농축액을 얻는 것이 문제시된다. 또한, 수율이 낮은 편이고 유지방으로 인해 얼음결정형성을 통해 수분을 분리하는 것이 어렵다²⁾.

따라서 본 연구에서는 이러한 단점을 개선하여 개발한 동결농축유의 일반성분 분석 및 이화학적 특성을 분석하고 이를 진공농축유와 비교하여 동결농축유의 우수성을 입증하는데 그 목적을 두었다.

재료 및 방법

본 실험을 위해 동결농축유는 건국대학교에서 개발한 batch type 동결농축 장치를 이용하여 제조하였고 진공농축유는 진공농축장치(Buechi, R-205, Swiss)를 이용하여 진공도 300Torr, 가열온도 85℃, Vapor 온도 70℃, 회전수 40rpm으로 제조하였다. 일반성분 분석은 수분, 회분, 조단백질(Kjeldahl 방법), 조지방(Gerber 방법)이 있으며 A.O.A.C. 방법에 따랐고, 산도는 시

료 10g에 phenolphthalein 용액 0.5ml을 첨가하여 잘 혼합하고 0.1N NaOH로 적정하였다. pH는 pH meter(Model 440, Corning, UK)를 이용하여 측정하였으며, 유당 분석은 Kwak등의 방법으로 농축유 10g을 25ml Vol. flask에 취하고 2-propanol 10ml를 첨가하여 잘 혼합한 후 2-propanol을 사용하여 25ml로 조절한 후 상온에서 20분간 방치하고 이를 $2,760 \times g$ 으로 10분간 원심분리하여 얻어진 상층액을 Whatman No. 542 여과지로 여과하고 Sep-pak C₈(Millipore Corporation, Milford, Mass. USA)로 재여과한 것을 시험용액으로 사용하여 HPLC로 분석하였다. 유당표준용액은 HPLC용 물에 유당 5g을 첨가하고 위와 동일한 방법으로 전처리하여 5% 유당의 표준용액으로 사용하였다. 단백질 변성을 관찰하기 위해서는 전기영동법을 사용하였으며 방법은 다음과 같다. 증류수, 1.5M Tris-HCl(pH 8.8), 10% SDS, 30% acrylamide, 10% ammonium persulfate, TEMED 시약을 넣어 12% separation gel을 만들어 comb 0.5cm아래 부분까지 넣어 1시간 정도 방치한 후 나머지 부분에 14% stacking gel을 넣어 50분 정도 방치하여 사용하였다. 시료는 농축유 10ml와 PBS(sodium phosphate buffer)40ml를 혼합하여 4℃에서 10500 ×g로 1시간 동안 원심분리하였으며, 얻어낸 상층액 120μl에 sample buffer 60μl를 혼합하여 100℃에서 4분간 가열한 것을 10μl주입하여, power supply로 5X-electrode buffer(pH 8.3)를 사용하여 각 단백질을 분리하였다. 0.1% Coomassie blue로 30-40분간 염색한 후 증류수로 2-3번 씻어낸 후 증류수 : acetic acid : MeOH(5 : 1 : 4)로 여백의 부분이 투명해질 때까지 탈색하였다. 시료의 분자량을 측정하기 위하여 표준 marker는 Amersham제품을 사용하였으며 HMW-marker와 LMW-marker를 사용하였다.

결과 및 고찰

일반성분 분석

본 실험에서 사용된 원료유의 단백질, 지방함량은 3.35, 3.4%이었지만 농축 후 단백질, 지방 함량이 증가하였고, 고히성분이 27%인 경우보다 고히성분이 17%인 경우에 더 높았으며, 이는 고히성분이 16%인 무당연유의 일반성분과 유사하게 나타났다. 유당측정 결과 원료유는 4.8%로 나타났으며, 고히성분이 17%의 경우 진공농축유는 6.9%로 증가하였고, 동결농축유는 6.5%로 상대적으로 감소하였다. 고히성인 27%의 경우 진공농축유는 7.8%로, 동결농축유는 7.4%로 17%의 경우와 같이 진공농축유가 동결농축유에 비해 유당함량이 높은 것으로 나타났다. 우유 중 유당농도의 변화에 따라 lactose농도가 변화되는데 우유의 열처리시 lactulose함량에 대한 연구보고에 의하면 lactulose함량이 우유의 가열처리 정도의 지표가 될 수 있다고 하였으므로 열처리한 진공농축유의 유당함량이 동결농축유보다 높게 나타난 것으로 사료된다(Table. 1).

산도 변화

본 실험에 사용된 원료유의 산도는 0.14%이었고, 농축 후에 산도가 증가하였는데 17% 고히성분의 경우 진공농축유는 0.23%로 증가하였고, 동결농축유는 0.28%로 상대적으로 높게 측정

되었다. 또한, 고농축유인 27%의 경우 진공농축유는 0.25%이었고, 동결농축유는 0.34%로 17%와 같이 진공농축유보다 동결농축유의 산도가 더 높게 나타나 농축방법이 농축유 pH에 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

Table 1. Mean chemical composition of concentrated milk by freezing and evaporation

Treatment	Protein	Fat	Moisture	Ash	Total Solid	Lactose
Control ²	3.35 ^c	3.4 ^c	87.4 ^a	0.8 ^b	12.6 ^c	4.8 ^c
Trt A (FC)	7.83 ^a	7.9 ^a	73 ^c	1.60 ^a	27 ^a	7.4 ^a
Trt B (E)	7.8 ^a	7.8 ^a	73 ^c	1.59 ^a	27 ^a	7.8 ^a
Trt C (FC)	6.72 ^b	7.4 ^b	83 ^b	1.58 ^a	17 ^b	6.5 ^b
Trt D (E)	6.72 ^b	7.3 ^b	83 ^b	1.57 ^a	17 ^b	6.9 ^b

¹Means within column by the same letter are not significantly different (P<0.05)

²Control 1 : Raw milk

Trt A : 27% Total solid (freeze concentration ; FC)

Trt B : 27% Total solid (evaporation ; E)

Trt C : 17% Total solid (freeze concentration ; FC)

Trt D : 17% Total solid (evaporation ; E)

pH 변화

본 실험에 사용된 원료의 pH는 6.56 ± 0.016 이었지만 농축 후 pH는 감소하는 것으로 나타났다. 진공농축유와 동결농축유를 비교하였을 경우 17% 고형성분의 경우 진공농축유는 5.99로 낮아졌고 동결농축유는 6.27로 상대적으로 pH의 감소가 작았다. 또한 고농축인 27%의 경우 진공농축유는 5.73이었고 동결농축유는 6.68로 17%와 같이 농축방법이 농축유 pH에 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

단백질 변성

농축유의 단백질변성은 Electrophoretic후 Coomassie blue염색에 의해 35kDa, 25kDa, 18kDa, 14kDa의 4개의 band가 나타났으며, 66kDa전후에 약간의 band밀도를 나타내었다. 특히, 35kDa의 band 밀도가 가장 많이 나타났고, 진공농축유에 비해 동결농축유의 band가 뚜렷하게 나타났다. 14.4kDa의 band는 동일한 위치에 비슷한 밀도로 나타났는데, Larson 등이 α -lactalbumin의 열변성이 가장 늦게 일어난다는 보고와 일치하였다. 이것은 α -lactalbumin은 고온에서 장시간 가열하면 모두 변성되거나 다른 유청단백질 또는 카제인과 복합체를 형성하지만, 저온이나 순간 살균법에 의해서는 크게 변성되지 않기 때문으로 사료된다. Fig 1을 보면 진공농축유보다 동결농축유의 band밀도가 증가하였는데 이것은 진공농축유를 제조하기 전 원유를 HTST살균법으로 가열처리할 때 단백질이 변성되었기 때문인 것으로 사료된다. 우유의 열처리시 유청단백질의 열변성 정도는 열처리온도와 시간에 영향을 받으며 열처리를 전혀 받지 않는 상태의 유청단백질은 뚜렷한 형태를 갖고 있으나 어느 범위수준 이상의 열에 노출될 때에는 이러한 형태가 파괴되면서 단백질의 특성이 변화되며 가열살균법에 따라

변성정도가 달라지게 되는데 LTLT살균법의 경우 12~20%, HTST의 경우 50%, UHT의 경우 60~65%의 변성이 일어난다고 하였다.

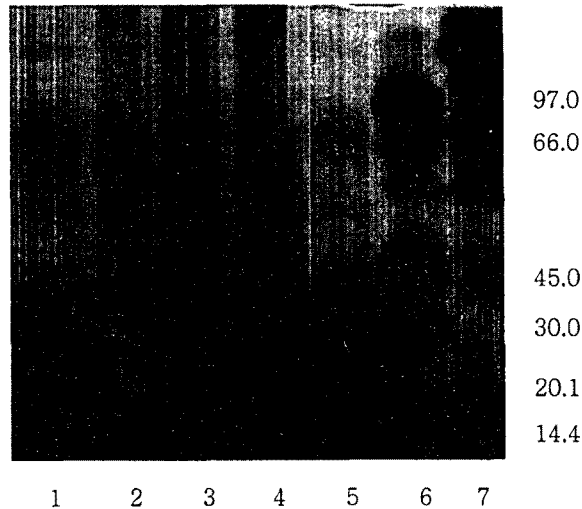


Fig 1. Electrophoretic patterns of concentrated milk by freezing and evaporation
 1: 27% Total solid(Freeze concentration) 2: 27% Total solid(Evaporation)
 3: 17% Total solid(Freeze concentration) 4: 17% Total solid(Evaporation)
 5: Raw milk 6: Low molecular weight
 7: High molecular weight

요 약

본 연구는 개발한 batch type 동결농축장치를 이용하여 제조한 동결농축유의 일반성분 분석 및 이화학적 특성을 분석하고, 진공농축유와 비교하여 동결농축유의 우수성을 입증하기 위하여 실시되었다. 동결농축유와 진공농축유는 농축방법에 따라 차이가 나타났으며, 전기영동 실험결과 진공농축유에 비하여 동결농축유의 band가 뚜렷하게 나타나 열처리한 진공농축유가 열변성이 된 것을 확인할 수 있었다. 열처리시에는 Maillard반응이 일어나거나 유효성 lysine함량이 감소되며, 유청내 용해성 칼슘이 인산이나 변성된 단백질과 결합하여 한외여과성칼슘(calcium ions in milk ultrafiltrates)함량이 감소되며, 비타민 손실, 유당의 이성체화, 휘발성 황화합물 생성에 의해 가열취가 발생될 수 있다³⁾. 따라서 전기영동 실험결과 batch type 동결농축장치를 이용하여 제조한 동결농축유의 우수성을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Marijana C. (1994) VCH Publishers, Inc. 10
2. Anonymous(1988) Dairy Mandbook. Alfa-Laval. AB, Lund, Sweden, 301
3. Kim, S. S. (1999) Korean J. of Food Sci. and Tech. 31(6) : 1518-1522