

안전성과 건강기능이 있는 유제품 개발 및 분리기술

임 상 동

신소재연구단

Development of Dairy Products and Separation Technology Focusing on Food Safety and Food Function

Sang-Dong Lim

Neo Food Resources Research Group

서 론

우유의 다양한 영양적 가치와 풍부한 건강기능 성분은 이미 많이 알려져 있다. 그러한 성분으로는 우유 중의 주요성분인 단백질, 당류, 지질 등이 해당되지만 일반적으로 기능성을 발현하는 성분의 대부분은 우유 중에 미량으로 존재하고 있다. 따라서 이러한 성분을 유효하게 활용하기 위해서는 기능성 성분을 농축 또는 분리할 필요가 있고, 그러한 연구와 기술, 공정, 설비 등의 개발이 중요하다. 일반적으로 식품안전에 관한 사건, 사고가 많이 보고되면서 소비자와 정부가 식품에 대한 감시의 눈이 날로 엄격해지고 있다.

식품제조업자는 소비자가 안심하고 먹을 수

있도록 상품을 제공하는 것이 요구되고 있다. 이는 식품이 유해한 세균 및 물질을 함유하지 않는 것이 중요하지만 제품의 설계, 원료 제조 및 조달, 제품의 제조, 포장, 배송 등을 거치는 단계에서 위해요인 배제가 중요하다. 특히 식품에 있어서는 알러지의 원인이 되는 물질(알레르겐)을 분리하여 제거하고 저감할 필요가 있다. 또 세균오염에 있어서는 원료에 대한 세균의 혼입을 완전히 방지하는 것이 곤란하므로 식품 제조공정 중에 세균의 수를 감소시키는 것이 필요하다. 따라서 일반적으로 가열에 의한 세균을 사멸시키는 살균조건이 행해지고 있지만 분리기술에 의해 균을 제거하는 방법도 이용되고 있다.

본고에서는 우유 중 기능성 성분의 분리정제

및 안전성을 높이기 위해서 특정물질 및 세균을 분리하는 기술에 관해서 산업규모로 실시되고 있는 예를 다루고, 그 개요를 소개하고자 한다.

본 론

1. 유제품 및 분리기술

우유는 그 중량의 86~88% 정도가 수분이고 보존성 및 수송효율을 높이기 위해서 수분을 분리(탈수)하는 조작이 오래 전부터 행해졌으며 증발농축 및 건조는 유제품 제조에 있어서 대표적인 분리기술이다. 그러나 수분이외의 성분을 분리하기 위해서는 원심분리, 압착, 막분리, 흡착분리 등 다양한 분리기술이 단독 또는 조합시켜 이용된다. 그림 1은 생유를 원료로 한 다양한 유제품에 관한 것으로 탈지유 또는 치즈유청 등 제조되는 대표적인 유제품을 중심으로 그 제조공정 중에서 이용되는 분리기술의 예를 나타내고 있다. 그림 중에 분리기술 등을 사각형으로, 얻어진 유제품을 밑줄로 표시하였다. 또 본 그림은 기본적인 전형적인 공정으로, 세부적인 것은 할애하였으며, 다양한 개량법이 존재하는 것에 유의할 필요가 있다.

우유 중의 기능성 성분으로는 β -lactoglobulin, α -lactalbumin, immunoglobulin, lactoferrin 등 유단백질, 유단백질 유래 peptide, 각종 아민류, L-카르니틴, 공역리놀산, 스펡고지질, 밀크올리

고당 등이 속한다. 이러한 것은 우유 중에 함유되어 있지만 때로는 치즈 등 제조 및 체내에서 효소반응 등에 의해 생성되며, 원리적, 실험적으로 각종 분리기술 등을 이용하여 우유 중에서 분리 및 농축이 가능하다. 그러나 산업적인 규모에서 분리되고 있는 예는 한정되어 있다. 여기에서는 그러한 예로서 L-카르니틴의 농축, 유단백질의 대표되는 유청단백질 분획(β -lactoglobulin과 α -lactalbumin의 분리) 및 막에 의한 세균의 분리에 관하여 다루고 있다.

2. 이온교환수지 칼럼크로마토그래피에 의한 L-카르니틴의 농축

L-카르니틴은 지방대사에 있어서 중요한 역할을 하며, 지방산을 미토콘드리아·메트릭스 내에 옮기는 역할을 한다. L-카르니틴은 간장에서 lysine과 methionine으로부터 합성되기 때문에 건강한 사람이 L-카르니틴 결핍증에 걸리지 않는다. 그러나 신생아는 L-카르니틴 합성 능력이 낮아 모유 및 조제분유(유아용 분유)로 섭취할 필요가 있으며, 조제분유에 L-카르니틴의 첨가가 이루어지고 있다. 한편, L-카르니틴의 합성능은 나이가 많아짐에 따라 저하되는 것으로 보고되고 있고, 최근에는 L-카르니틴 기능 가운데 피로회복, 뇌 노화방지, 운동능력 향상 등의 기능을 가진 다이어트 및 근육증강을 위한 건강보조제품이 많이 판매되고 있다. 일반적으로는 화학적으로 합성된 L-카르니틴이 이용되고 있지만 천연물로서는 축육 및 우유에 함유되어

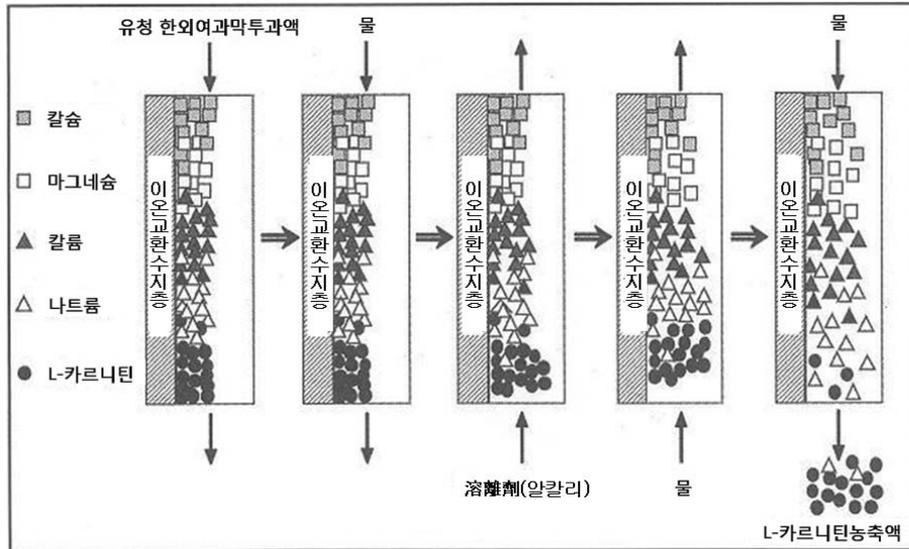


그림 2. 이온교환크로마토그래피에 의한 L-카르니틴 농축공정 개념도

있는 것으로 알려져 있다. 우유 유래 L-카르니틴은 치즈 제조시에 발생하는 유청에서 얻어지며 유아용 조제분유에는 합성품을 사용할 수 없고, 아래와 같이 농축한 우유 유래 L-카르니틴이 첨가되고 있다. L-카르니틴은 양성 전해질로서 중성에서는 이온으로 작용한다. 그렇기 때문에 이온교환(cation 교환)크로마토그래피에 의해 유청 한외여과막투과액 또는 이것에서 유당을 제거한 액 중의 L-카르니틴을 농축하는 것이 가능하다. 유청 한외여과막투과액은 치즈 제조시에 얻어지는 치즈유청을 한외여과막으로 처리한 투과액(그림 1)으로, 유당, 미네랄류 및 요소, L-카르니틴 등의 질소화합물을 함유하고 있다. 따라서 L-카르니틴의 농축은 미네랄류 등에 대한 L-카르니틴의 상대적 농도를 높이기 위한 공정이다.

그림 2는 이온교환크로마토그래피에 의한 L-카르니틴의 농축공정 개념도를 나타내고 있다.

L-카르니틴과 미네랄류는 cation 교환수지에 흡착력이 다르며 칼슘 > 마그네슘 > 칼륨 > 나트륨 > L-카르니틴 순으로 흡착력이 강하다. cation 교환수지를 충전한 고정층 상부에 유청 한외여과막투과액을 공급하고 고정층 상부에 흡착력이 강한 성분이 순차적으로 흡착하고 흡착력이 약한 L-카르니틴은 고정층 내의 최하부에 흡착된다. 공급액을 물로 바꾸고 고정층 내의 원로액을 완전히 짜낸 후에 고정층 하부로부터 알칼리를 통과시키면 알칼리가 용리제(熔離劑)로 작용하여 L-카르니틴 등이 탈착한다. 물에서 용리제를 압착한 후에 이번에는 고정층 상부에 물을 공급하여 탈착한 L-카르니틴을 고정층 하부에 회수하는 것이 가능하다. 표 1은 원료가

표 1. L-카르니틴 농축에 있어서 원료액 및 농축액의 고형분 기준함량

	유청 한외여과막 투과액(%)	L-카르니틴 농축액(%)	농축비율(-)
L-카르니틴	0.03	2.4	80
요소	0.2	5.0	25
나트륨	1.0	8.0	8
칼륨	2.6	16	6
마그네슘	0.1	0	-
칼슘	0.4	0	-
유당	83	9.0	0.11

되는 유청 한외여과막 투과액과 L-카르니틴 농축액에 함유되어 있는 대표적인 성분(고형분 기준함량)을 예로 나타내었다.

기능성이 풍부한 성분인 L-카르니틴이 선택적으로 80배 정도로 농축된다.

3. 유청단백질 분획

조제분유 개발에는 그 성분과 함량을 모유에 가깝게 하는 것이 중요하다. 단백질에 있어서 유단백질과 모유단백질은 함유된 성분과 그 농도가 다르기 때문에 유단백질을 분리한 후 얻어진 획분을 모유의 조성으로 일치시키도록 재구성하는 공정이 행해진다. 유단백질은 케이스단 단백질과 유청단백질로 크게 나누어지지만 유청단백질은 β -lactoglobulin, α -lactalbumin, 혈청알부민, immunoglobulin 등이 있다. 그러나 β -lactoglobulin은 모유에는 거의 함유되어 있지 않은 단백질로서 유단백질을 그대로 조제분유에 사용하게 되면 β -lactoglobulin이 알레르겐으로 작용할 가능성이 있다. 따라서 조제분유를 조제

하는데 있어 β -lactoglobulin의 제거가 중요하다. 또 케이스단 단백질과 유청단백질 분리는 그림 1에 나타난 치즈, 산케이신, 케이스네이트 등의 제조 흐름에 따라서 실시되고 그 후 얻어진 유청단백질 획분에서 β -lactoglobulin의 제거가 행해진다. 그림 3에 나타냈듯이 유청 또는 유청단백질 농축물(whey protein concentrate: WPC)을 이온교환법으로 탈염(미네랄류의 흡착분리)한 후 pH를 α -lactalbumin의 등전점까지 낮추면 α -lactalbumin이 응고된다. 이 응집을 촉진시키기 위해 45~70°C, 60분간 가온유지하고, 그 후 원심분리하면 침전물에 α -lactalbumin을, 상층액에 β -lactoglobulin이 각각 얻어진다. 침전물의 응집된 α -lactalbumin은 pH를 다시 중성으로 맞추어 재용해시키고 살균, 건조한 β -lactoglobulin 함량이 저감된 유청단백질 획분을 조제분유에 첨가함으로써 기능성 소재로 이용 가능하다.

한편 상층액의 β -lactoglobulin도 살균, 건조하여 다양한 유제품 원료로서 사용된다. 이 유청단백질의 분획은 기능성이 풍부한 유단백질의

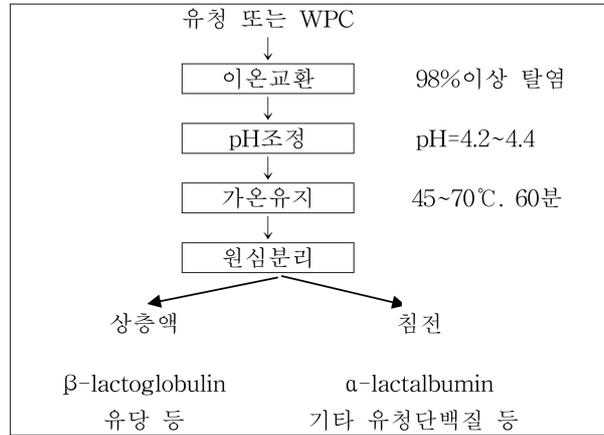


그림 3. 유청단백질의 분리공정 흐름도

분리기술이 되는 동시에 유아의 알레르겐을 가지는 β -lactoglobulin을 제거하고 조제분유의 안전성을 높이기 위한 기술이 되고 있다.

4. 정밀여과에 의한 세균분리

세균은 가열에 의해 사멸되기 때문에 일반적으로는 식품 중에 세균수를 감소시키기 위해 가열살균이 이루어지고 있다. 안전성을 높이기 위해 고온 살균이 필요하지만 가열은 처리물의 성분, 물성, 풍미 등에 영향을 미치기 때문에 과도한 가열살균은 상품가치를 저하시킨다. 따라서 성분, 물성, 풍미, 안전성은 중요한 품질이 되지만 이러한 모든 것을 완전한 수준으로 만족시키는 것은 매우 어렵다. 시장에 공급되는 유제품의 대표격인 음용유 역시 이와 마찬가지로 이다.

그 문제를 해결하기 위한 수단의 하나로 스

웨텐의 Tetra Pak Processing System사(일본 대리점 : 일본 Tetra Pak(주))가 개발한 막분리를 이용한 우유류의 살균처리(Bactofuge)시스템이 있다. 이 시스템은 정밀여과막에 의한 여과와 고온단시간살균을 조합한 처리법으로 거의 세균을 막으로 분리하고 세균이 농축된 유지액 획득은 고온에서 살균처리하지만 액량의 대부분을 접하고 있는 세균이 제거된 투과액 획득은 저온에서 살균이 가능하기 때문에 가열조건 완화가 가능하다. 또한 정밀여과막은 우유 중의 지방구도 제거하지만 지방구는 막이 막히게 하는 원인이 되기 때문에 이 시스템에서 정밀여과막에 의한 처리는 지방(크림)을 분리한 탈지유에 적용된다. 구체적인 처리과정은 그림 4에 나타내었다. 또, 원료유를 예비가열한 후 원심분리기로 탈지유와 크림을 분리하고 탈지유를 정밀여과막에 통과시킨다. 세균이 농축된 탈지유 유지액 획득은 크림과 혼합하여 고온단시간

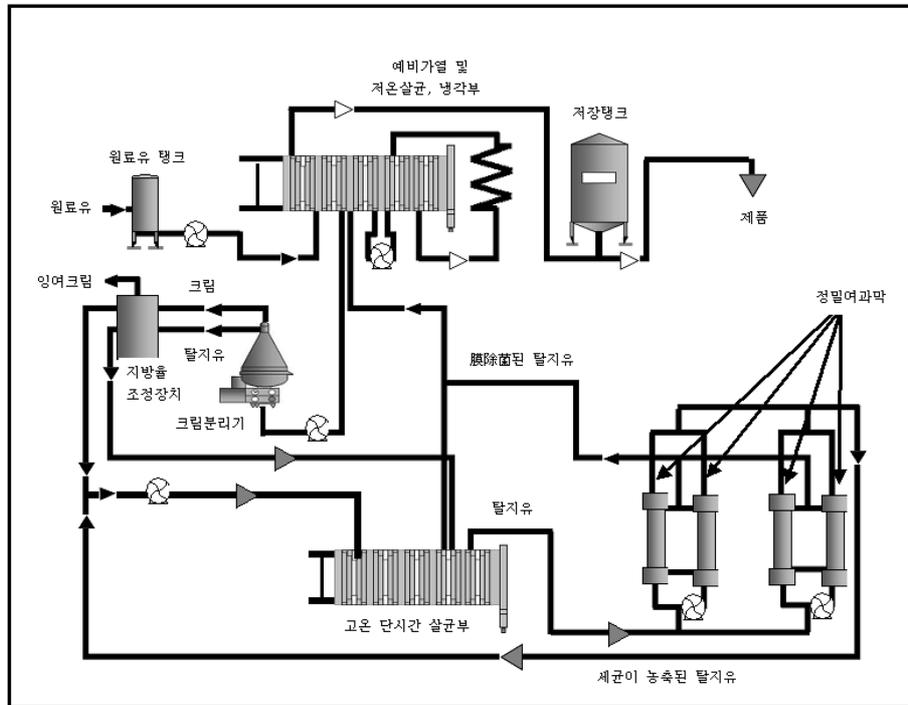


그림 4. Tetra Pak의 Bactofuge system 흐름도

(130°C, 2초간 정도) 살균된다. 이 살균액과 막에 의해 세균이 제거된 탈지유 투과액 분획을 혼합시킨 후에 균질화와 저온에서의 최종살균(72°C, 15~20초간 정도), 냉각을 거쳐 제품이 된다. 또 제균효과는 사용한 정밀여과막에 따라 좌우되나 탈지유에서의 제거율은 직경 1.4 μm에서 99.9% 정도, 직경 0.8 μm에서 99.999% 정도이고, 포자를 포함하여 거의 모든 세균을 제거할 수 있다. 유럽에서는 이 시스템을 음용유의 처리에 사용하고 있는 실적이 있다. 일본에서는 치즈용 원료유의 살균 실적이 있지만 최근에는 음용유에 적용이 검토되고 있다는 정

보가 있다.

결론

우유의 기능성 성분에 관한 연구로서는 여러 가지 성분의 새로운 활용과 신제품 개발을 전제로 한 기능성에 관한 연구 및 기능성을 발현하는 성분 동정 등이 있다. 본고에서 다룬 기능성 성분의 분리 및 안전성 향상을 목적으로 한 공정을 산업적인 규모에서 실시한 예와 이러한 실용적인 연구는 그리 많지 않다. 유제품

의 소비 확대를 위해서는 고부가가치 제품이 필요하고 안전성 향상과 기능성이 있는 미량성분의 분리정제를 목적으로 한 기술개발, 발전이 요구되고 있다.

참고문헌

1. Bylund G, Dairy processing handbook, Tetra Pak Processing System AB, p. 206, 1995
2. Suido S, Ohtomo H, Kudo S, The wonders of whey... Catch the powder proceedings of the 4th International Whey Conference Chicago, American Dairy Products Institute, p. 235, 2005
3. 桑田, Food Style 21, 13(2), 31, 2009
4. 桑田, 工藤, 大友. MRC News, 39, 46, 2008
5. 千原, 小林. 改質木工-蛋白質濃縮物の製造法. 特公平3-60468, 1991
6. 豊田 活, 安全性と健康機能を有した乳製品開發と分離技術, 食品と開發, 44(4), 10-12, 2009

임상동 농학박사

- 소속 한국식품연구원 신소재연구단
- 전문분야 기능성 젖산균 분리 및 이용기술, 유가공
- E-mail limsd@kfri.re.kr
- TEL 031-780-9082