

〈총 설〉

기능성 유제품과 개선된 기능성 물질로서 미국에서 개발된 유청 단백질과 그 분획물

V. Lagrange

Applications and Development Director, U.S. Dairy Export Council, USA

U.S. Whey Proteins and New Fractions as Ingredients in Functional Dairy Products and Innovative Nutraceuticals

V. Lagrange

Applications and Development Director, U.S. Dairy Export Council, USA

ABSTRACT

Whey is a natural product obtained during cheese production. With the advent of new technology, whey protein concentrates and whey fractions have become readily available and versatile food ingredients. Whey protein concentrates are highly functional ingredients that have gelling, emulsifying, whipping, water-binding and fat-replacement properties. New fractions derived from whey (such as alpha-lactalbumin, lactoferrin, lactoperoxidase and peptides) attract considerable interest worldwide because of their bioactive or health-enhancing properties. Some of these fractions also find new uses as natural antibiotic, natural preservative and immunity-enhancing agents. With the growth of the functional foods industry sector, an increasing number of manufacturers take advantage of whey's nutritional and functional benefits to develop successful new products. The United States is the world's largest single producer and exporter of whey products. In 1997, more than 1 million metric tons of whey products were manufactured in the U. S.

I. 유청 단백질의 건강증진 기능성

유청단백질은 영양, 건강 그리고 안전성에 관한 주요 문제들이 성공적인 제품 개발을 유도하고 있다. 2000년까지 여러 종류의 식품선택에서 폭발적인 성장이 기대되는데, 이는 대부분이 건

강에 긍정적인 영향을 주는 기능성 식품이 증가되는 요구에 기인된 것이다. 기능성 유제품 원료로 식품을 체계적으로 조직화하는 사람들에서와 마찬가지로 유제품의 전체 또는 약간 변형시킨 제품의 개발자들에게 중요한 기회가 될 것이다.

- 스포츠 영양에서 유청단백질의 가치
- 대장암에 대한 보호 효과

- 콜레스테롤 수준을 조절하기 위한 유청단백질의 이용
- 유청단백질의 면역 증강 작용
- 유청단백질의 골 성장에 대한 효과
- 비만치료에 있어서 유청단백질의 이용 가능성

프로바이오틱 배양체 (probiotic culture)에 관한 유청 제품의 보호효과와 기능성 유제품에 유청단백질의 사용에 대해서 알아보도록 한다.

1. 500억 달러 시장으로 성장

기능성 식품의 시장은 급속한 속도로 성장을 하고 있으며, 특히 아시아나 북미에서 그런 추세이고 라틴아메리카에서는 성장 과도기에 있다. 신제품 개발에서는 현재 저지방, 저당, 저칼로리 제품에서 건강증진 물질의 함량을 증가시키는 제품개발로 방향을 전환하고 있다. 이와 같은 식품 분야의 세계적인 시장규모는 2000년까지 50억 달러에 이를 것으로 예측되고 있다. 또 다른 예측에 의하면, 이 시장은 이미 40~60억 달러의 범위와 있다는 것이다⁽¹⁾.

여러 선진국에서 심장병, 뇌일혈, 암, 당뇨병 등이 55% 이상의 치사율을 보이기 때문에 소비자들은 특별히 건강에 유익한 식품에 관심을 돌리게 된다. 또한 기능성 식품은 영양분의 흡수 증진에도 효과적이며 어떤 전염병의 보호에도 중요하기 때문에 개발도상국의 소비자들도 마찬가지로 이에 지대한 관심을 두고 있다.

기능성 식품 (functional foods)의 정의

기능성 식품 (nutraceuticals라고도 불림)은 일반적으로 어떤 식품이나 식품 일부의 물질이 의학적 또는 건강에 유익하게 제공되는 것을 말하며, 질병을 예방하고 치료하는 기능을 포함한다.

더 구체적으로 일본 보건성에서 사용하는 정의에 의하면, 기능성 식품은 천연 물질로

부터 유래하여야 하며, 일상적인 식단 식품의 일부분으로 소비되며, 이들이 소화됐을 경우에 목표가 확실한 생리적 기능을 가져야 한다.

2. 35종류 이상의 다양한 유청 제품

유청은 치즈 제조시 생산되는 부산물이며, 이는 기능적, 영양적, 생활동적 기능 등의 다양한 기능을 내재한 단백질이 풍부한 혼합물을 포함하고 있다. 유청의 주요 단백질은 알파 락트알부민, 베타락토글로불린이며, 이들이 유청단백질의 70~80%를 차지하고 있다. 이외의 단백질 성분들은 혈청알부민, 락토페론, 락토페록시다아제, 면역글로블린, 성장요소, 다수의 생활동 요소 그리고 효소 등이다. 몇년 전만 해도 유청에서 유래한 상업적 제품들은 당 또는 산유청, 변형되고 농축된 몇 종류의 유청제품에 불과했다. 그러나 현재는 식품, 사료, 제약, 화장품 산업에 사용되는 유청제품이 매우 다양해져서 35개 종류 이상 되는 것으로 보인다. 미국에서 생산되어 많이 이용되는 이들 주요 제품들은 표 1에서와 같고, 일본에서 생산된 주요 기능성 제품들은 표 2에서와 같다.

3. 신제품 계획에 새로운 연구결과의 영향

로마 사람들은 예로부터 유청을 의약품으로 이용했다는 말이 전해지고 있는데, 유청단백질이 영양분을 공급하는 것보다는 오히려 생리학적 기능을 더 많이 부여한다는 개념이 부각되는 것은 비교적 최근의 일이다. 그리고 이들의 생활성의 특성이 증가한다는 것을 알고부터는 유제품이 기능성 식품의 성장에서 중추적인 역할을 하게 되었다⁽²⁾. 유청으로 생산된 다양한 새로운 기능성 과 생활성 원료가 현재 상업적으로 이용되고 있다. 그래서 최근에 유청의 생물학적 기능에 관한 새로운 발견은 전세계적으로 식품산업에 매우 중요하다고 사료된다.

표 1. 미국에서 생산되는 유청제품과 이들의 가장 많이 이용되는 식·약품 분야

제 품	조 성			주요 이점	일반적으로 이용되는 분야
	단백질(%)	유당(%)	무기질(%)		
단(sweet) 유청	11~14.5%	63~75%	8~8.8%	유고형분을 얻음.	유제품, 스넥, 제빵, 사료 제조
산성 유청	11~13.5%	61~70%	8~12.3%	유고형분을 얻을 수 있고 칼슘 함량이 높음.	유제품, 제과 및 스넥 제품 제조, 소스류와 드레싱류 제조
유당을 감소시킨 유청	18~24%	52~58%	11~22%	유당 함량이 적고 단백질 함량이 높은 유고형분을 얻음.	유제품, 유제품 및 스넥 제조
무기질이 제거된 유청	11~15%	70~80%	1~7%	무기질 함량이 낮은 유고형분과 유당을 얻을 수 있음.	영양 식품, 유아용 조제분유, 유제품, 과자류 제조
농축유청 단백질 34% (WPC 34)	34~36%	48~52%	6.5~8%	유고형분과 단백질을 얻을 수 있음. 유제품원료로 사용할 때 제조비용을 낮출 수 있음.	유제품, 스넥 제조 및 제과, 제빵
농축 유청 단백질 50% (WPC 50)	50~52%	33~37%	4.5~5.5%	농축 단백질을 얻음. 지방흡착 및 유화력을 가짐.	유제품, 스넥, 제빵류 제조 소스, 드레싱, 디저트류 제조
농축 유청 단백질 60% (WPC 60)	60~62%	25~30%	4~6%	유단백질을 얻음. 지방흡착, 유화능력을 가짐.	저지방 유제품 제조 제빵, 제과
농축 유청 단백질 75% (WPC 75)	75~78%	10~15%	4~6%	단백질 보충. 수분흡수/점조성 및 유화능력을 가짐.	가공 어류 및 유제품 제조 영양식품 및 다이어트 식품 제조
농축 유청 단백질 80% (WPC 80)	80~82%	4~8%	3~4%	고품질의 단백질을 얻을 수 있음. 열고정력 (heat-setting)과 겔형성능력이 좋음	가공어류 및 유제품 제조, 제빵 및 디저트류 제조 영양식품(어린이와 노인용)
유청 단백질 분획물	90~92%	0.5~1%	2~3%	고도로 농축된 단백질. BCAA ² 의 얻을 수 있음. 콜레스테롤 제거력이 있음.	스포츠 음료 제조, 운동선수의 영양보충, 단백질이 강화된 영양식품, 다이어트 식품
α-락토알부민	>90%	<1%	<5%	저자극성 및 고품질의 단백질.	유아용 조제 분유
β-락토글로블린	>90%	<1%	<5%	겔형성 능력이 있음.	계란 대체 식품 지방 모조품
락토페린	>90%	<1%	<1.5%	철 이송 조절. 세포 성장 촉진, 면역 촉진, 자유 라디칼 반응 저해. 항산화능력이 있음. 비피더스균의 생육 촉진.	유아용 조제 분유, 여성용 건강 식품, 철 강화 식품, 개량 영양 약제 제조, 천연 항산화제, 화장품, 피부보호 및 personal care 제품 유제품, 기능성 유제품
락토페록시다아제	>90%	<1%	<5%	보존료. 구강 및 피부의 세균 감염 방지.	유제품 Electrolyte additive 신생아용 영양 식품 구강청정제, 치약, 피부보호제품

¹ 각 유청제품의 특징, 적용범위 및 주요 이점에 관한 더 자세한 내용은 미국내 유청제조업자나 미국 유제품 수출 협회에 문의 할 것.

² 측쇄 아미노산

표 2 기능성 유제품의 예 (일본)

Calpis Clear <i>Calpis Ajinomoto Danone</i>	유청 무기질 음료, “몸에 좋고”, 열량이 낮음	영양이 강화된 음료의 유청 무기질 (칼슘, 나트륨, 칼륨)
유청 칼슘이 함유된 Takanshi 저지방 우유 <i>Takanashi Nyugyo</i>	유청 칼슘이 함유된 신선한 우유. 200ml당 416mg의 칼슘이 함유됨	유청 칼슘
칼슘 강화 음료 <i>Nippon Del Monte</i>	칼슘이 강화된 음료	유청 칼슘
Morinaga Batchiri Balance <i>Morinaga Milk Ind.</i>	여성을 위해 칼슘, 철, 심유소, 비 피더스균과 락토페린이 첨가된 저 지방, 저열량의 기능성 분말	락토페린은 철의 흡수를 촉진시키고 병원성 세균의 감염을 방지하기 위 해 첨가됨
<i>Morinaga Milk Industry</i>	당류의 흡수를 촉진하기 위한 조 성	락토페린(hydroysate)
기능성 식품(락토페린) <i>Snow Brand Milk Prod.</i>	락토페린의 형태로 철이 첨가된 지질 함유 식품	락토페린은 철의 공급원 및 식품내 지질의 항산화제로 작용함
Meiji Subesube Miruru <i>Meiji milk products</i>	아기의 피부 보호 제품: 비누, 스킨 로션, 피부 세정제	유청 무기질

풍부한 단백질을로부터 건강 증진에 이르는 영양적 특성 유청단백질의 생물학적 가치는 계란, 쇠고기, 콩 등과 같이 고품질의 식품에 있는 단백질의 그것보다도 더 높다. 유청은 cystein과 methionine이 풍부하며, 이들 황이 포함된 아미노산들은 체내의 항산화력을 유지하고 세포분열시 DNA를 안정하게 하기 때문에 중요하다⁽³⁾. 유청 단백질은 면역체계를 자극하고, 화학적으로 유인된 암의 발전을 지연시키고, 뼈를 강하게 하며, LDL 콜레스테롤을 저하시킨다. 그래서 여러 회사에서 영양제 생산시 주요 단백질원으로 유청단백질을 이용하고 있다.

유청단백질은 새로운 건강증진과 기능성 식품 분야에 응용이 가능한 것으로 알려지고 있는데, 유청 단백질의 발전적 응용과 중요한 잇점은 아래의 예에서와 같다.

- 스포츠 영양 제품 : 스포츠 영양의 핵심인 측쇄아미노산과 트립토판이 풍부.
- 모든 천연식이 보충 : 면역체계를 보강하고, 병원성 미생물과 대적하고, 철흡수를 발전시

키고, 대장암을 예방하고, 비피더스균을 보호하기 위하여 개발하는 제품.

- 성인과 노인을 위한 건강식품 : 고생물학적 가치, 양호한 아미노산과 광물질의 균형, 향미와 조직이 좋은 건강식품.
- 조제분유 : 인유화와 저알레르기 조제분유.
- 항산화제 : 유청단백질 가수분해물은 산화에 의해 부패되는 것을 억제함으로써 식품의 안정성을 발전시킬 잠재력이 있다.

유청단백질에 대한 최근의 발견들은 생명주기의 다른 단계와 특별한 인구군의 건강에 유청단백질이 매우 유의하다는 사실에 관심이 모여지고 있다.

1) 활동적인 사람과 운동선수를 위한 고품질 단백질원

단백질은 스포츠 영양에 중요한 역할을 하는데, 특히 인내, 강한 훈련, 근육 섬유회복 등에 그러하다. 이들 단백질은 또한 운동선수들이 집중적이고 계획적으로 하는 운동의 에너지원으로

이용된다. 이들 에너지원은 우선 leucine, isoleucine, valine, 측쇄아미노산들로부터 유래한다고 사료되며, 측쇄아미노산은 근육에 의해 직접 신진대사되고 운동하는 동안에 측쇄아미노산의 요구가 증가된다. 여러 연구의 결과에 의하면 측쇄아미노산은 단백질의 합성을 향상시키고 밤새 쉬는 동안에 근육을 회복시키는 작용을 한다. 결과적으로 이와 같은 아미노산의 섭취는 매우 유익하다. 유청단백질은 어떤 단백질원에서보다 측쇄단백질이 가장 많이 함유되어 있어서 단백질 중 25.9g/100g이며, 콩단백질을 분리한 것은 18g/100g, 난백분은 22.3g/100g의 측쇄아미노산을 함유하고 있다. 또한 유청단백질은 증가된 근육질을 증진시키는 성장호르몬의 합성과 이완에 작용한다.

유청단백질은 특별히 스포츠음식과 음료에 유용한데, 그 이유는 이들의 소화력이 뛰어나고 다양한 아미노산이 균일하게 있기 때문이다. 유청단백질로 만든 전형적인 스포츠 음료의 제조 방법은 표 3에서와 같다.

표 3. 스포츠 음료

(Courtesy : AMPC, Ames, Iowa)

성분	함량(%)
수분	82
고형분	18
성분(고형분)	
과당	76.64
WPC80	20
레몬향	1.1
구연산	0.65
염화나트륨	0.50
구연산나트륨	0.50
인산칼륨 (mono potassium phosphate)	0.40
안식향산 나트륨	0.10
색소	0.10
소포제(antifoam)	0.01

제조과정	
1.	1. 모든 건조 성분들을 잘 혼합한다.
2.	2. 위의 건조성분들을 18%로 하여 82%의 물에 분산시키고 건조성분이 완전히 수화될 때까지 교반한다.
3.	3. 25%의 인산용액을 사용하여 pH를 2.85~3.0으로 조절한다.
4.	4. 냉각상태로 병에 넣고 88℃에서 살균한다.
유청 성분들을 이용함으로써 얻는 이점	
1.	1. 음료수(clear beverage)를 마시면서도 우유의 영양성분을 섭취할 수 있다.
2.	2. 유당함량이 낮은 제품에 고품질의 단백질을 공급하고 미네랄을 보충한다.
3.	3. 거품을 내는 음료수 생산을 위해 탄산을 첨가할 수 있다.

단백질 함량을 높이기 위해서 80% 농축 유청 단백질 대신 유청 단백질 분획물을 사용할 수 있다.

2) 대장암의 예방효과

동물실험의 연구결과에 의하면, 유청단백질 식품은 대장암의 발전에 예방효과가 있는 것으로 밝혀졌다⁽⁴⁾. 유청단백질을 동물에게 급여했을 경우 육류나 콩을 급여한 동물에서보다 암의 발생률이 50% 감소되었다⁽⁵⁾. 또한 여러 연구결과에 의하면, 유청단백질의 소비와 관련된 잠재적인 건강의 유익성에서 나이가 장애물이 아니라는 것이다.

다양한 유청단백질 분획물이 대장암의 발전에 대처하는 잠재력이 총유청단백질 제품보다 더 크다고 믿어 왔다. 사람의 임상실험의 기대와 식이에서 보호단백질의 공급량의 가능한 식품을 위한 예비실험 개발이 수행되어 왔다. 또한 유청의 항종양효과와 영양적 유익성에 관한 연구도 진행중이다⁽⁶⁾.

3) 콜레스테롤 수준을 조절하는데 유청단백질의 이용

동물실험에서 지방성분이 많은 사료에 유청단

백질을 혼합하여 쥐에게 섭취시켰을 경우에 콜레스테롤의 분비가 급격히 올라갔으며, 지방성분이 전혀 없는 사료에 유청단백질을 혼합하여 쥐에게 먹었을 때는 콜레스테롤의 합성이 제한되었다⁽⁷⁾.⁽⁸⁾ 또 다른 실험에서는 대두단백질, 카제인, 유청단백질의 함량을 동일하게 각각 쥐에 먹었을 때, 카제인의 급여시는 콜레스테롤치가 3배 증가하였고 대두단백질의 경우는 두 배 증가한 반면, 유청단백질을 먹었을 때는 오히려 30% 감소하는 경향을 보였다. 유청단백질을 함유하고 콜레스테롤을 감소하는 건강보충제로 개발된 제품이 일본에서 최근에 “Enjoy”라는 이름으로 시판되기 시작했다⁽⁹⁾.

유년기에 콜레스테롤치가 높은 사람은 성인이 되어도 그 상태를 계속 유지한다는 연구가 있다. 이러한 사실에 기인하여 많은 연구자들이 조제분유에 있는 지방 성분이 콜레스테롤의 수준에 미치는 영향에 대하여 연구하고 있다. 그러나 최근의 새로운 연구에 의하면, 다른 종류의 단백질을 먹었을 때 콜레스테롤에 대한 더 큰 영향을 미친다는 사실이다. 돼지새끼에게 유청단백질을 먹었을 때 콜레스테롤치가 낮게 나타났는데, 이와 같은 연구결과는 조제분유 제조자들에게 중요한 의미를 시사한다. 구체적으로 말하면 유년기에 유청단백질을 먹으면 성인이나 노년기에 콜레스테롤치가 높아지는 현상을 감소시킬 것이다⁽¹⁰⁾.

4) 유청단백질과 면역 증강 활동

HIV-혈청 양성 환자에 관하여 수행된 연구에서 적당량의 칼로리 섭취를 유지하는 환자에 농축유청단백질을 전체 단백질 섭취의 중요한 부분으로 첨가하여 먹었을 때 몸무게가 증가하고, 단핵세포의 글루타치온 함량이 정상적인 수준으로 증가되었다⁽¹¹⁾ 이 연구는 여러 동물 실험을 통하여 유청단백질의 면역증강의 특성을 확인하였다.

5) 어린이의 영양으로 골의 성장 촉진

농축 유청단백질 80% (WPC80)은 조직배양 실험에서 조골세포(osteoblast)의 성장과 증식을 증가시킨다. 소화효소의 열처리나 노출이 유청단

백질로부터 조골세포에 자극적인 효과에 영향을 주지 않는다. 몇몇 제조자들은 이미 유청단백질을 어린이들의 건강제품으로 특별히 계획하고 있다.

6) 비만 치료의 도움

유청단백질은 동물실험을 통해서 식용억제 호르몬인 cholecystokinin(CCK)를 방출하는데 성공했다. 이에 관한 연구 결과 유청 펩타이드를 20~30g을 투여하여 CCK를 자극함으로써 식욕을 감퇴시켰다. 더구나 이 유청 펩타이드는 체내 대사율을 증가시키고 글루카곤(glucagon)을 일정한 속도로 흐르게 하므로 지방이 축적되는 것을 방지하여 체중감소의 효과가 관찰되었다. 현재 비만 관련 연구가 계속 진행되는데 이 연구의 결과 유청단백질이 비만을 치유하는데 얼마나 효과적인지가 더 면밀하게 규명될 것이다.

최근에 미국에서 개발된 기능성이 부여된 유청 제품들은 표 4에서와 같다.

4. 유청단백질과 프로바이오틱 배양체

현재 전세계적으로 중요한 과제로 연구되고 있는 분야가 프로바이오틱스이다. 이 프로바이오틱스는 우리의 체내에 미생물균총의 균형을 유지하는데 유익한 배양체를 함유하고 있다. 프로바이오틱 배양체에 관련된 가장 유익한 연구분야는 장내 전염의 방지, 장내균총의 균형, 면역체계의 자극, 대장암의 위험 감소, 그리고 콜레스테롤의 저하 등이다⁽¹²⁾. 낙농식품에 주요 바이오티크 배양체로 사용되는 균은 *Lactobacillus*(*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. reuteri*)와 *Bifidobacterium*(*B. bifidus*)이다. 소비자에게 유익한 프로바이오틱 배양체라면 유제품내의 이 배양체들은 위산과 담즙산에서 살아 남아야 한다.

호상 요구르트, 드링크 요구르트 제조시 *Lactobacilli*와 *Bifidobacteria* 배양체를 많이 사용하는데, 일본에서는 8개 종류의 제품이 특별히 건강에 사용되는 식품으로 공식적인 허가를 받아 시장에서 판매되고 있다⁽¹³⁾. 유산균 음료의 수도

표 4. 개별 식품 그룹에 요구되는 기능성에 부합되는 미국의 유청 제품

식품 그룹	요구되는 기능성	각 식품에 부합되는 유청 제품 (미국산) ¹
음료	용해성, 투명성	WPC80
	· 스포츠 음료	축쇄 아미노산 함유 체내에서의 아미노산 흡수력이 높을 것
· 일반여성과 수유부를 위한 음료	단백질 동화작용의 향상	WPI
	칼슘함량이 높을 것 염산의 흡수력을 향상시킬 것	WPI WPI(염산과 결합한 단백질을 섭취할 수 있음)
· 어린이를 위한 유음료	철	철로 포화된 락토페린
· 노인을 위한 유음료	고품질의 단백질 부드러운 우유향	WPC34, WPC50
	· 특수 영양 음료	고품질의 단백질 소화가 용이할 것
제과류	면역체계의 활성화	락토페린
	거품 형성능 거품 안정성	농축 유청 단백질
드레싱류, 소스류	유화능력	WPC80
	지방의 대체	β -락토글로불린
디저트류	유화능력, 거품 형성능력	WPC80
	계란의 대체	β -락토글로불린
특수 식이 제품 Dips, 스프레드	식욕 억제 기능	락토페린
	고품질의 단백질	유청단백질 분획물, WPC80
유제품	겔 형성 능력	β -락토글로불린
	지방의 대체	
· 유음료	점성	WPC34
	· 액상 우유 제품, 요구르트	대장암의 예방
· 가공 치즈	저장기간 연장	락토페록시다아제
	· 아이스크림	Syneris의 조절
· 저지방크림, 저지방크림 치즈	조직감, 우유향	WPC34, WPC50
	수율의 향상	
· Probiotics	조직감, 우유향	WPC34
	유아용 조제 분유 ²	수분과 지방을 결합
육제품 (가공)어육제품	Probiotic cultures의 보호	WPC80, WPI
	제빵류	유청/카세인의 비율이 높을 것
스프류	저자극성	
	· 저지방크림, 저지방크림 치즈	지방/수분결합력, 유화력
조직감을 부여한 제품 (textured products)	부드러운 냄새	WPC34-WPC80
	결착력	WPC80
조직감을 부여한 제품 (textured products)	열고정력(heat-setting)	WPC50-WPC80
	조직감의 향상	
조직감을 부여한 제품 (textured products)	구성분들이 잘 결합될 것	WPC80
	점성	
조직감을 부여한 제품 (textured products)	온도에 의한 팽창	WPC80

¹ 제품명과 특정성분의 사용에 관한 내용은 각 지역의 규정을 따를 것.

² 생후 6개월 된 유아를 위한 이상적인 식품으로서는 모유가 절대적임. 유아의 영양식을 위한 사항은 의사나 식이요법 전문가와 상의할 것.

증가되고 있는데, 이들 제품에는 여러 기능성 원료와 유청 제품이 필수적이다. 또한 많은 유산균 음료가 오랫동안 시판되고 있는데 대표적인 제품들은 Yakult, Calpis, Lactia by Coaca-Cola 등이다. 여러 연구에 의하면, 유청단백질과 이들의 특별한 분획물들이 장에서와 마찬가지로 위에서 프로바이오틱 배양체를 함유하는 기능성 유제품에 사용된다. 유청이 첨가된 요거트 제품의 사양은 미국 유제품 수출협회(U.S. Dairy Exprot Council)에서 입수가 가능하다.

II. 특정 기능을 가지는 작은 분획의 중요성

최근의 연구에서 유청 단백질 자체에 포괄적인 생물학적인 기능이 있는 반면, 그 각각의 상호작용에 의한 특정한 생물학적 기능에 대해서도 이루어지고 있다. 유청 중 주요 단백질은 베타락토글로불린 (48%), 알파락트알부민 (19%), 프로티에이즈렙톤 (20%), 혈청알부민 (5%)과 면역글로불린 (8%) 등이다. 적은 양의 락토페린과 락토펙시다아제도 있으나, 이들을 분리하는데 많은 비용이 요구되는 분획물이다.

1. 천연 유청단백질인 알파락트알부민

이 단백질의 주요 기능은 칼슘 등의 금속이온과의 결합 능력이며, 최근 vitro 실험에서 항암기능도 밝혀진 바 있다. 시장성을 감안한다면, 현재 “모유와 거의 유사한 분유” 생산에 가장 많이 사용되고 있다. 그 이유는 모유에는 베타락토글로불린이 들어 있지 않은 반면, 알파락트알부민은 모유에 상당량 들어있으며, 아미노산의 종류와 구조면에서 소의 알파락트알부민과 거의 유사하기 때문이다. 따라서 알파락트알부민과 락토펙신의 이용은 유아용 조제분유의 기능을 모유와 좀 더 유사하게 하는데 그 중요성이 있다고 하겠다⁽¹⁴⁾.

2. 가장 풍부한 유청 단백질인 베타락토글로불린

락토글로불린은 비타민 A와 지방산과의 결합 능력이 강하며, 이 성분을 분리하여 생물학적 요소보다는 일반적으로 기능성 요소 특히 젤화에 사용하는 경우이다.

그러나, 미국의 남동부 유가공연구센터 (노스 캐롤라이나 주립대)에서 진행된 연구는 베타락토글로불린이 비타민 A와 E 등의 지용성 비타민에 결합하는 능력이 있다는 것을 보여준다. 위의 비타민들은 일반적으로 식품에 첨가시 용매나 운반체를 필요로 하기 때문에 무지방 식품의 경우에 어려움이 있었다. 그러나 베타락토글로불린의 지용성 비타민 결합 능력을 이용한다면 유제품, 제빵류, 스포츠음료, 식이보충제 등에 용이하게 적용시킬 수 있을 것이다.

베타락토글로불린은 달걀 흰자보다 젤화 기능이 뛰어나기 때문에, 젤화와 수분결합능력은 다양한 식품 체계에서 우수한 기능성 요소로 작용한다. 미국을 비롯한 여러 나라의 식품회사에서는 무지방 식품에서 지방을 대체하는 물질로 열처리된 락토글로불린을 이용하고 있으며, 이는 저지방 유제품 등의 여러 제품에 유청으로 만든 지방대체물질의 발달을 주도해오고 있다. 또한, 변형 형태의 베타락토글로불린의 첨가로 요거트의 젤화를 6~10배 정도 빨리 해 줄 수도 있으며, 83% syneresis의 감소 효과를 보인다고 알려져 있다⁽¹⁵⁾

3. 다기능 요소인 락토펙린

우유에 함유된 락토펙린은 0.01 g/100ml이나, 유청단백질에서는 단유청(sweet whey)의 30~100 mg/1로 높은 농도를 보인다⁽¹⁶⁾. 상업적으로 양이온 교환막과 크로마토그래피 등의 방법으로 분리 생산되고 있으며⁽¹⁷⁾, 락토펙린의 여러 기능을 살펴보면 다음과 같다.

- 항세균
- 철분 이동의 조절
- 성장 촉진 및 면역 증강
- 항산화

- 비피도박테리아의 성장 자극

1) 락토페린의 항세균 특성

락토페린은 철분에 강하게 결합하므로 박테리아로부터 필수 영양소를 보호할 수 있다. 그러나 여러 실험결과에 따르면, 이런 기능은 단순한 영양분 상실보다 더욱 복잡한 기작이 있는 것으로 보여진다. 또한 우유의 락토페린이 모유의 그것보다 0.3~3.0 μM 의 농도에서 여러 종류의 그람-음성 및 양성 박테리아에 더욱 강한 것으로 알려져 있다⁽¹⁸⁾, 시카고 의과대학에서 이루어진 다른 여러 종류의 동물 실험에서는 락토페린이 부패성 쇼크나 혈액 감염에 의한 치명적인 합병증에 대해 보호되는 기능이 있다고 보고되었다⁽¹⁹⁾ 특히 노인이나 수술 환자, AIDS 환자 등 면역성이 약한 사람들에게 효과가 있다. 사람의 여러 다른 종류의 바이러스에도 보호 효과가 있는 것으로 보고되었다.

2) 자유라디칼의 억제

다른 생물학적 기능은 자유라디칼의 생성을 촉진시키는 과잉 철분을 제거함으로써 산화에 의한 손상으로부터 보호하는 것이다. 수퍼옥사이드나 하이드록실 라디칼의 생성은 피부에 나타나는 주름 등과 같은 노화 현상의 주범으로 알려져 있다.

3) 철분 이동

여러 실험 결과들은 철분으로 포화된 락토페린이 식이에서 철분을 흡수하는데 가장 효과적인 형태라고 한다. 따라서 이것은 철분 증강을 위해 유아용 조제분유의 제조에 사용되고 있다. 철분으로 포화된 락토페린은 철분의 체내 이용을 증가시키기 위한 식품들, 즉 식이 보충제, 스포츠 음료, 여성용 식품의 주요원이 된다. 또 다른 장점은 다른 철분영양제(무기염)들의 복용에서 발생할 수 있는 변비가 나타나지 않는다는 것이다⁽²⁰⁾. 일본에서는 위의 물질을 사용하여 지방과 기름 등에 철분을 강화하기 위하여 철분함량이 매우 높은 락토페린이 풍부한 식품개발의 특허에 관심이 집중되고 있다.

4) 성장 촉진 및 면역 강화

락토페린은 장세포의 성장에 관여하는 것으로 잘 알려져 있다. 이의 섭취는 정상적인 소화 기능의 빠른 복구를 유도할 수 있다⁽²¹⁾. 최근 연구들은 락토페린이 면역체계 세포 또한 촉진시킨다고 한다. 따라서 면역능력이 손상된 사람들이나 노인층에 락토페린의 보충은 큰 효과를 나타낼 것으로 보여진다.

5) 항산화

락토페린은 자유 철분과 수퍼옥사이드 라디칼의 형성을 촉매하는 이가 금속이온과 결합하여 이동시키는 기능을 갖고 있다⁽²²⁾ 따라서 금속이온에 의한 산화작용을 억제할 수 있고, 이런 측면에서 항산화 특성이 있다고 하는 것이다. 일본의 특허에서는 철분-락토페린의 결합 형태로 철분 증강 기름과 지방을 포함한 기능성 식품에 대해 설명되어 있다⁽²³⁾. 이 결합체는 식품에서 철분도 제공하면서 유지류의 산화를 억제하는 두가지 작용을 할 수 있다.

6) 비피도박테리아의 성장 자극

락토페린은 비피도박테리아의 성장을 자극한다고 알려져 있다⁽²⁴⁾. 위에 열거한 이유로 락토페린은 유제품과 몸에 유익한 균을 포함하는 (probiotics) 영양약제에서 건강 증진 요소로 작용함을 알 수 있었다.

최근 락토페린의 이용

천연적인 항생제, 분유의 첨가 물질, 다른 특정 식품들의 수요가 증가되면서 락토페린의 분리와 효과적인 이용에 관심이 증가되고 있다. 락토페린은 상업적으로 철분의 포화도에 따라 <10mg/100g 에서 100mg/100g 단백질의 형태로 다양하게 판매되고 있다⁽²⁵⁾(표 5 참고). 고농도 철분을 함유한 생산물은 철분보충제로, 낮은 포화도의 락토페린은 살균이나 세균 발육 저지에 사용

된다.

조제분유에 주로 사용된다. 락토페린의 첨가는 조제분유보다 거의 20배에 가까운 락토페린을 함유한 모유와 비슷하게 만들 수 있다. 또한 철분이 포화된 락토페린은 철분의 흡수도 용이하게 해준다.

최근에는 락토페린이 식품이 아닌 다른 면으로도 사용된다. 예를 들면, 치약이나 구강 청결제의 항세균 작용에 사용되고 여기에서는 락토페록시데이즈와 라이소자임과 혼합되어 사용된다⁽²⁶⁾.

표 5. 미국에서 제조되는 락토페린의 일반사항

성분	평균합량
형태	분말
pH	6~7
용해도	>99%
철과의 결합능력	>85%
단백질 함량	>90%
락토페린의 순도	>90%
수분함량	<5%
회분함량	<1.5%
철의 함량	낮은 수준 <10mg /100g 단백질 중간수준 35mg /100g 단백질 높은 수준 >400mg /100g 단백질
생균수	<1000개 /g
대장균군 수	<10개 /g
살모넬라균	0개 /g

참고 : Agricell Company / Agri-Mark Inc. USA., Avonmore Waterford Ingredients.

4. 항세균과 보존에 효과를 보이는 락토페록시다아제

락토페록시다아제는 효소이면서 천연 세균체로 1~30 mg /l의 농도로 단유청에 존재하며, 항

세균 역할을 한다⁽²⁷⁾. 유청에서 분리된 락토페록시다아제는 열에 강하다. 락토페린과 다르게, 효소작용에 의해 다양한 세균들을 죽이거나 불활성화 시킨다. 그 반응은 하이드로젠 페록사이드와 티오시아네이트 이온과 같은 두 개의 보조 요소들이 관여하며, 락토페록시다아제와 함께 이 세 물질은 락토페록시다아제 체계를 이룬다. 락토페록시다아제는 특정한 그램음성균 (*E. coli*와 살모넬라의 일부)을 억제하고 그램양성균의 발육을 억제한다. 이 효소체계는 pH, 온도와 세포의 밀집 정도에 따라 영향을 받는다. 과산화수소와 티오시아네이트와 함께라면 그램음성 세균의 발육도 저지시킬 수 있다. 따라서 이 효소체계는 우유의 항세균 작용에 가장 주요한 부분이며, 열에도 안정하고 살균온도에 의해서도 비활성화되지 않는다는 장점을 갖고 있어서 우유의 보존에 중요한 역할을 한다⁽²⁸⁾. 최근에는 요구르트의 저장기간 동안에 산생성 억제와 부드러운 질감을 내는데 락토페록시다아제를 사용하기도 한다⁽³⁰⁾. 미국에서 제조되는 락토페록시다아제의 일반사항은 표 6에서와 같다.

표 6. 미국에서 제조되는 락토페록시다아제의 일반사항

성분/특징	평균합량
형태	녹색 /갈색 분말
pH	6~7
단백질	92%
수분	5%
회분	3%
생균수	<1000개 /g
대장균군	<1개 /g
<i>Staphilococcus aureus</i>	0개 /g
살모넬라균	0개 /5g
효모와 곰팡이	<10 /g

참고 : Avonmore Waterford Ingredients, Inc. Wisconsin, USA.

락토페록시다아제의 이용

- 영양 대용물 : 장세포의 세균으로부터 보호, 신생아 감염으로부터 보호하기 위해 사용하는 항생제 대체물질로 우유의 대용과 전해질의 첨가
- 개인용품 : 충치와 잇몸 감염 또는 피부 감염을 방지하기 위한 구강과 피부의 보호품
- 유제품 : 보존효과
- 임상학적 증상에 의하면, 락토페록시다제를 함유한 치약의 사용은 치과치료를 감소시킨다⁽³¹⁾. 또한 구강청결제, 샴푸, 여드름 치료등 화장품과 개인용품에 사용되고 있다.

5. 라이소자임

이것은 우유에 있는 효과적인 항세균 효소로 눈물이나 침에서도 발견되며, 우유에서보다 모유에 더 많은 양이 있다. 상업적으로 이것은 락토페린과 락토페록시다아제와 같이 분리되어 그들의 항세균 작용을 도와주는 역할을 한다.

6. 엽산 결합 단백질

이 단백질은 미래의 기능성 식품에 이용될 가능성이 있는 유청 단백질이며, 식품내의 엽산결합 단백질은 엽산의 흡수와 체내 이용율을 증가시킨다고 알려져 있다. 따라서 유청단백질을 함유한 유제품은 반드시 과일이나 엽산이 풍부한 야채와 같이 섭취해야만 흡수를 높일 수 있다고 제안하고 있다. 세계적으로 엽산 결핍은 비타민 결핍과 함께 가장 널리 퍼져 있다⁽³²⁾.

7. 성장 요소

유청물질을 통틀어 성장요소라고 할 수 있는

데, 이 물질들은 당뇨성 궤양 등에 의한 만성적이고 치료되지 않는 손상부위의 치료를 위한 성장세포를 자극한다고 알려져 있다. 이런 국소적인 적용은 동물의 상처 치유를 향상시킨다. 장질환과 치유된 상처에서 추출된 유청 성장요소의 적용은 의학 및 수위학적인 이용 가능성을 시사한다. 최근의 연구에서⁽³³⁾, 유청의 섭취는 화학요법때문에 나타나는 소장 손상을 감소시키며, 장질환에 유청의 임상학적 사용을 제안하고 있다.

III. 요약

유청은 치즈제조시 부산물로 얻어지는 천연물이며, 새로운 기술발전에 따라 유청단백질의 농축물과 유청분획물들이 여러모로 이용 가능하게 되었고, 또한 여러 종류의 식품의 원료로 제공하게 되었다. 농축 유청단백질은 겔화, 유화성, 유평, 수분결합성, 지방대체성 등의 다양한 기능을 함유하고 있다. 유청의 새로운 분획물인 알파 락트알부민, 락토페린, 락토페록시다아제, 펩타이드 등은 이들의 생활성이나 건강향상성때문에 전세계적으로 관심이 높다. 이들 분획물에서 천연 항생물질, 천연 보존료 및 면역 향상 물질 등으로 새롭게 사용이 가능한 것으로 발견되었다. 기능성 식품산업의 성장에 힘입어 증가 추세에 있는 많은 제조업자들이 새로운 제품개발을 성공적으로 하는데 유청의 영양적, 기능적 조건들이 유리하다. 미국은 유청생산이 전세계에서 가장 큰 유일한 생산국이고 또한 수출국이다. 1997년에는 백만톤 이상의 유청제품들이 미국에서 제조되었다.

IV. 참고문헌

1. Anon : Dairy components increasingly find uses in functional foods. The Cheese Reporter. April 10:11 (1998).
2. Britton, J. R. and Kastin, A. J. : Biologically active polypeptides in milk. Amer-

- ican Journal of the Medical Sciences. 301(2):124-132 (1991).
3. Aimutis, W. : Improved functional dairy components for health. Presentation at Concentrated and Dried Milk and Whey Products Symposium, San Francisco, CA, USA (1998).
 4. Gallaher, D. and Schmidl, M. : Bioactive and nutraceutical entities found in whey. Paper presented at Institute of Food Technologists, Annual Meeting. June Atlanta, Georgia, USA (1998).
 5. Smither, G. W. et al. : New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. Journal of Dairy Science. 79: 1454-1459 (1996).
 6. Chmiele, J. F. : Anti-tumor effects of dietary whey protein and its value for head and neck cancer patients. Presentation at International Whey Conference. Chicago, IL, USA (1997).
 7. Comline International Corp. : MedSource (1991).
 8. Nakaoka, M. : Gifu University explains mechanism for lowering of rat blood cholesterol by whey proteins. Comline: Biotechnology and Medical Industry of Japan. Ref. CBI9103280002 (1991).
 9. Comline International Corp. : Morinaga Milk Industry finds whey protein lowers blood cholesterol in rates. Med Source (1991).
 10. Anon : "This lucky piglet got whey protein" Science News 146(9):137 (1994).
 11. Bounous, G. et al. : Whey proteins as a food supplement in HIV-seropositive individuals. Clin. Invest. Med. 16(3):204-209 (1993).
 12. Klaenhammer, T. : Functional dairy foods. Food Product Design, Supplement. August 1998 (1998).
 13. JapanScan : Functional Foods and Drinks in Japan. Food Industry Bulletin/Leatherhead Food R.a. UK. April (1998).
 14. Benson, J. et al. : Use of whey in infant formulas and medical nutritionals. Paper presented at Annual Meeting, Institute of Food Technologists, Atlanta, Georgia, USA (1998).
 15. Anon : Cornell scientists engineer milk protein to improve yogurt manufacture. Genetic Engineering News. March 15:32 (1994).
 16. Chiu, C. K. and Etzel, M. R. : Fractionation of lactoperoxidase and lactoferrin from bovine whey using a cation exchange membrane. Journal of Food Science. 62(5):996-999 (1997).
 17. Chiu, C. K. and Etzel, M. R. : Fractionation of lactoperoxidase and lactoferrin from bovine whey using a cation exchange membrane. Journal of Food Science. 62 (5): 996-1000 (1997).
 18. Bellamy, W. et al. : Identification of the bactericidal domain of lactoferrin. Biochimica et Biophysica Acta. 1121:130-136 (1992).
 19. Lee, W. J. et al. : The protective effects of lactoferrin feeding against endotoxin lethal shock I germ-free piglets. Infection and Immunity. 66:1421-1426 (1998).
 20. Juttelstad, A. : Dairy tech. Industry Insights. www.foodexplorer.com (1998).
 21. Hagiwara, T. et al. : Effects of lactoferrin and its peptides on proliferation of rat intestinal epithelial cell line IEC-18 in the presence of EGF. Biosci. Biotech. Biochem. 59:1875 (1995).
 22. Gutteridge, J. M. et al. : Inhibition of lipid peroxidation by the iron-binding pro-

- tein lactoferrin. *Biochem. J.* 199:259-261 (1991).
23. Snow Brand Milk Products 9-84522 : Functional food (lactoferrin). *JapanScan* 15 (8) (1997).
 24. Petschow, B. et al. : Response of bifidobacteria species to growth promoters in human and cow milk. *Pedia. Res.* 29:208 (1991).
 25. Avonmore Waterford Ingredients. Typical analysis of Bioferrin : Specification sheet. Monroe, Wisconsin, USA (1998).
 26. Laclede Professional Products. Inc.
 27. Chiu, C. K. and Etzel, M. R. : Fractionation of lactoperoxidase
 28. Wolfson, L. M. and Sdumner S. S. : Antibacterial activity of the lactoperoxidase system: a review. *Journal of Food Protection.* 56(10):887-892 (1993).
 29. Bjorck, L. et al. : The lactoperoxidase / thiocyanate / hydrogen peroxide system as a temporary preservative for raw milk in developing countries. *Milchwissenschaft.* 34(12):726-729 (1979).
 30. Hirano, R. et al. : Lactoperoxidase effects on rheological properties of yogurt. *Journal of Food Science.* 63(1):35-38 (1998).
 31. Chiu, C. K. and Etzel, M. R. *ibid.*
 32. Aimutis, W. : Improved functional dairy components for health. Presentation at Concentrated and Dried Milk and Whey Products Symposium. San Francisco, CA. USA (1998).
 33. Howarth, G. et al. : Milk growth factors enriched from cheese whey ameliorate intestinal damage by methotrexate when administered orally to rats. *Journal of nutrition* 126:2519-2530 (1996).