

## 산 · 학 · 연 논문

## 현대인의 완전식품 우유의 생리활성물질

구락현<sup>†</sup> · 박광심 · 노민호 · 문진섭

서울우유협동조합

## Bioactive Components of Milk as Complete Food to Modern People

Rakhyun Koo<sup>†</sup>, Kwangsim Park, Minho Noh, and Jinseop Moon

Seoul Dairy Cooperative, Seoul 02118, Korea

## 서 론

최근 COVID19와 같은 바이러스의 유행으로 인체 면역력의 중요성이 커지고 있고, 면역력 강화식품에 대한 관심 또한 증가함에 따라 오늘날 식품과학은 생체조절기능을 가지는 기능성 식품과 건강기능식품에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 식품은 영양소를 포함한 매우 다양한 구성성분을 지니고 있으며, 인체에 대하여 독특한 생리활성을 나타내고 특정한 생리기능을 향진시키는 것도 많다(정, 1998). 인류 최고의 영양식품인 우유는 균형 잡힌 다양한 영양소를 공급하는 가장 완전한 식품이다(유과학연구회, 2010). 우유의 주요성분은 수분, 지방, 단백질, 유당 및 회분이며, 이를 일반조성이라 하고, 그 밖에 미량성분, 비타민, 효소, 색소, 가스, 면역체, 세포 등이 함유되어 있다(이 등, 1981). 또한 우유의 영양소 중에서도 단백질·칼슘·비타민 B<sub>2</sub> 그리고 비타민 B<sub>12</sub>는 현대인에게 더욱더 가치가 높은 영양소라 할 수 있다(김 등, 2011). 표 1에서와 같이 한국인의 영양권장량과 우유 중의 영양소 함량을 비교해볼 때 우유는 철분 이외에는 칼슘, 비타민A, 비타민B<sub>1</sub>, 비타민B<sub>2</sub> 등을 대부분 상당량 함유하고 있어 한국인의 영양권장량을 충족시킬 수 있는 식품임을 쉽게 알 수 있다.

우유에는 단백질이 약 3.5% 함유되어 있는데, 우유 단백질은 필수 아미노산이 다량 함유되어 있는 양질의 단백

질이다. 우유 단백질은 약 82%가 casein이고 나머지 18%에 해당하는 단백질은 대부분이 whey protein으로서 lactalbumin과 lactoglobulin으로 구성되어 있다. Casein은 여러 종류의  $\alpha_s$ -casein,  $\beta$ -casein,  $\kappa$ -casein으로 구성되어 있다. 우유 단백질은 장내에서 소화효소에 의해 여러 펩타이드와 아미노산으로 분해되는데 이들은 생리활성을 나타내는 기능성 물질을 포함하고 있다(김 등, 2011). 최근 연구결과에 의하면 면역단백질, 항균활성 펩타이드, 올리고당과 특정 지방성분들은 우유에 비교적 소량으로 존재하는 미량성분이지만 이러한 성분들이 신생아와 성인에게 병원성 세균과 질병으로부터 보호해주는 아주 중요한 역할을 수행하는 것으로 알려져 있다(김, 2010).

우유 단백질에서 유래하는 기능성 물질에 대한 주요한 생리적 역할은 칼슘흡수 촉진, 무기물 운반, 호르몬분비 조절, 항고혈압작용, 장내 비피더스균의 증식, 면역력 증진, 진통작용, 항균작용 등이다(김 등, 2011). 우유에 존재하는 다양한 기능성 성분들에 대해 현재는 특정 기능성 성분을 분리하여 정제하는 기술들이 실험실 규모와 더불어 상용화할 수 있는 수준까지 개발되었다. 우유에서 생겨난 생리활성성분들은 기능성 유제품과 일반 기능성 식품의 원료뿐만 아니라 의약품의 원료로도 개발되고 있다(유과학연구회, 2010). 이에 천연식품으로서 우유의 가장 훌륭한 생리활성 물질인 단백질과 지방의 구성 물질 등에 대해 살펴보고자 한다.

표 1. 성인 1인당 한국인 영양권장량과 우유의 영양량

	에너지 (kcal)	단백질 (g)	칼슘 (mg)	철 (mg)	비타민A ( $\mu$ g)	비타민B <sub>1</sub> (mg)	비타민B <sub>2</sub> (mg)	비타민B <sub>12</sub> ( $\mu$ g)
영양권장량 <sup>1)</sup>	2,400	55	750	10	700	1.3	1.5	2.4
우유 1 L의 영양량 <sup>2)</sup>	650	30.3	1,130	0.5	550	0.21	1.62	3.4

<sup>1)</sup>성인남자(30~49세) 기준치, 한국인 영양섭취기준 1차 개정판, (사)한국영양학회, 2010.

<sup>2)</sup>국가표준식품성분 DB9.1, 국립농업과학원, 2019.

<sup>†</sup>Corresponding author

E-mail: lhkoo@seoulmilk.co.kr, Phone: 02-490-8631

## 우유의 주요 생리활성물질

### Milk protein과 Peptides

Dairy products는 세계 여러 나라에서 현대인에게 단백질 공급원으로써 아주 중요한 역할을 하고 있다(유과학연구회, 2010). 건강에 이로운 많은 생리활성물질이 우유 단백질로부터 만들어진다. 우유 단백질의 분해과정에서 만들어지는 일부 peptides 중에는 체내에서 아주 중요한 생리활성을 가진 것들이 있으며 그중에는 혈압의 상승을 막아주거나 칼슘흡수촉진과 면역기능을 증강시키는 물질도 있다(표 2).

우유 단백질은 전통적으로 casein과 whey protein의 두 부분으로 구분된다. Casein 부분은 서로 다른 amino acid sequence의 subtype casein( $\alpha_{s1}$ -casein,  $\alpha_{s2}$ -casein,  $\beta$ -casein,  $\kappa$ -casein in bovine milk)과 amino acid sequence는 같지만, 각각의 phosphorylated serine기를 가진 casein( $\alpha_{s0}$ -casein,  $\alpha_{s1}$ -casein 혹은  $\alpha_s$ -,  $\alpha_{s3}\alpha_{s4}$ -, 그리고  $\alpha_{s6}$ -casein in bovine milk)로 구성되어 있다. Whey protein 부분은  $\beta$ -lactoglobulin,  $\alpha$ -lactalbumin, serum albumin과 immunoglobulin으로 구성되어 있다.

우유는 또한 milk fat globulin membrane(MFGM) 단백질과 다른 소수 단백질(lactoferrin, transferrin,  $\beta_2$ -microglobulin, folate-binding 단백질 등)과 다른 효소와 cytokine으로 구성되어 있다(정, 1998). 동물(rat)을

이용한 실험에서 whey protein concentrates 급여의 면역증강효과는 우유 및 발효유 제품 등의 꾸준한 섭취가 건강과 면역반응에 긍정적인 효과가 있음을 보여주는 결과다(황 등, 2003). Whey protein은 다음과 같은 건강에 도움을 주는 기능성들이 밝혀지고 있다.

- 신체능력의 향상, 운동 후 회복 속도개선, 근육피로감 예방
- 포만감 부여 및 체중조절
- 심혈관계 건강 증진
- 항암효과
- 상처보호 및 회복
- 소화관의 감염과 장점막염증 개선
- 영유아의 알레르기 개선효과
- 노년층의 건강증진

### 면역글로불린(Immunoglobulins, Ig)

초유에 많은 양이 함유되어 있으며 아직 면역력이 형성되기 전인 갓 태어난 포유동물의 새끼에게 병원균에 대한 방어력을 제공하는 항체로써 중요한 생리적 특성이 있는 단백질이다. 우유와 모유에서는 공통적으로 IgG, IgM, IgA가 주요 면역단백질로서의 역할을 한다. 젖소의 초유에서는 전체 단백질 중에서 Ig의 비율이 약 70% 정도에 해당되며, 송아지에게 세균감염에 대한 면역력을 부여하는데 핵심적인 역할을 수행하고 있다. 따라서 초유 이용 제품들이 많이 개발되고 있으며, 일부 국가에서 기능성

표 2. 우유 단백질에서 유래하는 기능성 물질 및 생리적 역할

단백질 성분	기능성 물질	생리적 역할
Casein	Casein phosphopeptide (CPP)	칼슘흡수 촉진, 무기물 운반
	Opioid agonist peptide	
	$\beta$ -Casomorphin-7	
	$\beta$ -Casomorphin-6	
	$\beta$ -Casomorphin-5	진통, 호흡, 박동, 체온조절, 호르몬분비조절, 진정, 안정작용
	$\beta$ -Casomorphin-4	
	Exorphins	
	Morphiceptin	
	Casoxins	
	ACE-inhibition peptide	항고혈압 작용
$\alpha$ -Lactalbumin	Casoplatelins	항혈전증 작용
	Glucomacropeptides	장내 비피더스균의 증식, 정장기능
	Immunopeptides	면역력 증진
	Angiotensin 전환효소 저해제	혈압의 정상 유지
	Phagocytosis peptides	면역기능 증강, 식세포 기능
	Antithrombic peptides	항응혈작용 촉진
$\beta$ -Lactoglobulin	Opioid peptide	진통작용, 호르몬 분비촉진
	$\beta$ -Lactorphin	호르몬 분비조절, 소화관 기능촉진
Lactoferrin	평활근 수축 peptide	평활근 수축활성 촉진
Immunoglobulins	Lactoferricin	철분흡수촉진, 혈압강하작용, 진통작용
		항균작용, 세균성 설사방지
	Immunoglobulin A, E, G, M	면역기능, 건강유지

출처: 최신 유가공학, 2011.

유제품으로 출시되고 있는 immune milk는 젖소에게 불활성화시킨 다양한 병원성 세균들을 백신처럼 접종한 후 이들 병원균에 대한 항체가 만들어져 젖으로 이행되는 원리를 이용하여 개발한 제품이다.

#### 알파-락트알부민( $\alpha$ -Lactalbumin, $\alpha$ -LA)

$\alpha$ -LA는 필수아미노산인 tryptophan과 cysteine의 공급원으로써 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 스트레스에 민감한 사람들을 대상으로 한 일련의 연구에 따르면  $\alpha$ -LA 함량이 높은 식이를 한 경우에 스트레스 해소와 우울증 증상을 완화시켜주는 결과가 관찰되었으며 이는 뇌에서 tryptophan과 그 전구체로 이용되어 생산되는 신경전달물질인 serotonin의 함량이 증가되었기 때문이라고 보고하였다.

#### 베타-락토글로불린( $\beta$ -Lactoglobulin, $\beta$ -Lg)

$\beta$ -Lg는 whey protein의 50%에 해당하는 주요 단백질이며, 다양한 식품의 원료로 이용될 수 있는 기능적, 영양적인 특성이 있을 뿐만 아니라 혈압상승 억제, 항균활성, 항산화작용, 암발생 저해, 면역조절작용, 콜레스테롤 저하작용과 같은 다양한 효능을 보이는 생리활성 펩타이드의 전구체로써 중요한 역할을 하는 것으로 보고되어 있다(유과학연구회, 2010).

#### 락토페린(Lactoferrin, LF)

LF는 대부분의 포유동물의 젖과 초유에서 발견되는 당단백질이다. 이 단백질은 신체의 방어기작에서 중요한 역할을 한다. 항균활성, 항산화작용, 항염증작용, 면역조절과 같은 생리활성을 하는 것으로 알려져 있다. 위에 존재하는 소화효소인 펩신의 분해작용에 의해 생성된 락토페린 B와 lactoferrampin 같은 peptides는 우수한 항균활성을 나타내는 생리활성 peptides의 일종이다(김, 2010). LF의 pepsin 가수분해물은 미생물이 성장하는데 필수요소인 철성분과 결합함으로써 미생물의 성장을 억제하거나, LF가 그람음성 세균의 세포막에 있는 지질다당류(Lipopolysaccharide: LPS) 성분에 직접 결합하여 구조적 변형을 일으켜 죽이는 기작, 또는 병원성 세균이 장상피세포에 흡착하는 것을 막아주는 기작이다. LF의 항균활성작용은 라이소자임이나 항생제와의 상호작용에 의해 그 효과가 증대될 수 있고, 바이러스성 질환의 원인이 되는 여러 종류의 virus를 억제하는 작용도 있는 것으로 나타났다(유과학연구회, 2010). 또한, LF는 leukocyte의 기능과 hemopoietic progenitor cell의 분화와 증식을 조절하는 것으로 조절복합체 network의 성분으로서 역할을 한다(정, 1998).

#### 락토페록시다아제(Lactoperoxidase, LP)

LP는 과산화수소 존재하에  $SCN^-$ 를  $OSCN^-$ 로 산화시키는 반응을 촉매하는 효소인데, 이 효소반응의 생성물인

$OSCN^-$ 는 세균의 중요효소를 산화시키거나 기타 세포막 단백질들을 변형시키는 강력한 항균활성이 있어서 다양한 종류의 세균을 사멸시킬 수 있다. 유가공 산업 이외에도 LP 시스템은 구강 청결제나 사료용으로도 이용이 가능하며 육류, 생선, 야채, 화훼 분야로 이용가능성도 높은 것으로 여겨지고 있다(김, 2010). 또한, 고령화 사회에 milk protein 및 분해 peptides에 의한 우유의 항노화 효과는 노령인구의 삶의 질을 개선하는 동시에 의료비 절감과 사회비용감소 효과를 가져올 것으로 기대된다(김 등, 2017).

#### 유지방(Milk fat)

유지방은 linoleic acid와 같이 고등동물에서 합성되지 않는 필수지방산과 지용성비타민(A, D, E, K)의 공급원으로도 중요하다(전 등, 2007). 오늘날 우유의 경제적 가치는 대부분 지방함량에 의한다.

#### 공액리놀레산(Conjugated linoleic acid, CLA)

우유의 지방은 약 400종 이상의 fatty acid로 이루어져 있다. 우유에는 특징적으로 CLA의 함량이 다른 식품과 비교하여 높는데, CLA는 항암효과, 콜레스테롤 저하효과, 비만 억제효과를 포함하는 다양한 기능성이 있는 것으로 밝혀졌다(김, 2010). 이들 효과는 주로 두 종류의 이성체인 *cis*-9, *trans*-11과 *trans*-10, *cis*-12(숫자는 이중결합의 위치)에 의한 것이며, 이성체의 종류에 따라 그 효능도 서로 다른 것으로 알려져 있다. 일반적으로 *trans*-10, *cis*-12 이성체는 동물실험을 통하여 지방 감소효과를 보이는 것으로 알려져 있고, *cis*-9, *trans*-11 이성체는 어린 동물의 성장을 촉진하는 효과 또는 항암효과를 보이는 것으로 보고되었다. 현재까지 CLA는 유방암, 전립선암, 대장암 등에 효과가 있음이 밝혀졌으며 현재 그 기작을 밝히기 위한 연구들이 진행 중에 있다(유과학연구회, 2010).

#### 인지질(Phospholipid)

우유의 지방성분 중에서 또 다른 흥미로운 생리활성성분으로는 주로 MFGM에 존재하고 있는 인지질을 들 수 있다. 인지질은 신호전달 물질의 기능이 있으며 세포증식, 분화 및 사멸에도 중요한 역할을 담당하는 것으로 밝혀졌다. 또한 신경계에서도 중요한 역할을 하며 노화 관련 질병, 혈액의 응고, 면역작용, 염증반응과도 관련성이 있다. 인지질의 일종인 sphingolipids는 항암, 콜레스테롤 저하, 항균활성도 가지는 생리활성 성분이다(유과학연구회, 2010).

#### Milk minerals

칼슘과 인 성분은 치아와 뼈의 성장에 필요한 주요한 무기물이다. 칼슘 결핍은 현대인의 식습관에서 매우 보편적이므로, 식품에서의 칼슘 보충이 요구된다. Milk minerals는 식품과 음료 제품에서의 칼슘 강화를 위해 사용

표 3. 24% 칼슘 함량의 milk minerals의 구성 성분

구성 성분	함량/100 g
Moisture (free&bound) (g)	10.0
Protein (g)	5.0
Fat (g)	1.0
Lactose (g)	5.0
Ash (g)	78.0
Sodium (g)	0.5
Potassium (g)	0.15
Calcium (g)	24.0
Magnesium (g)	0.8
Phosphorus (g)	13.7
Phosphorus as phosphates (g)	39.0
Chloride (g)	0.20
Iron (mg)	11.0
Copper (mg)	0.1
Manganese (mg)	1.0
Zinc (mg)	48
Iodine (ug)	20

출처: Dairy Australia, 2008.

되는 풍부한 칼슘원이다.

Milk minerals는 우유와 유청으로부터 제조된 천연 우유칼슘 복합체로써 다양한 성분을 함유하고 있다(표 3). 칼슘섭취는 골다공증 예방, 신경전도, 근육 수축 및 혈액 응고와 같은 신체기능과 관련이 있다. 그러므로 우유 칼슘은 골다공증 예방, 건강한 뼈와 치아 성장, 혈압 및 심장 질환 조절, 고혈압 관리, 대장암 예방, 비만조절의 생리활성기능과 관련이 있다.

Milk minerals를 활용한 제품들은 조제유·가공유·요구르트·치즈 등 유제품, 스포츠 음료·성인영양음료·체중 조절식품 등 영양적 기능식품, 아침식사용 시리얼·수프, 디저트용 냉동식품, 편의 식품, 캡슐과 태블릿 형태의 식이 보충제 등으로 응용이 가능하다.

### 우유 중 특이적 미량 생리활성물질

우유에 비교적 미량이지만 특이적 기능성 성분은 hormone, cytokine, oligosaccharide, nucleotide 등이다. 최근 들어 기능성 우유로도 개발되고 있는 멜라토닌 강화 우유의 경우에는 동물실험과 임상실험을 통해 숙면을 도와주는 효과가 입증되기도 하였다(김, 2010).

## 결론

우유는 인간이 살아가는 데 필요한 거의 모든 종류의 영양소들이 적절한 비율로 들어 있으며 소화율도 높은 천연의 완전식품이다. 그리고 우유로부터 유래한 다양한 peptides와 우유 구성성분의 과학적 효능은 현대인의 건강한 생활에 중요한 식품군으로 역할을 하고 있다고 생각된다. 인류가 식품으로 우유를 이용하기 시작하며 검증한 우유의 우수성에 대한 많은 현대 과학적 노력으로 밝혀진 우유의 보편적이고 질적으로 우수하고 영양학적인 기능과 immunoglobulin, enzyme, enzyme inhibitor, 성장요소, 항균요소 등을 포함하는 milk protein과 peptide에 의한 생리학적 기능은 현대인의 건강에 중요한 의미가 있다고 사료된다.

## 참고문헌

- Curri S, Munns B, Margetts C, Robinson M, Willman N, Clarke P, et al. Australian dairy ingredient reference manual. Xu SY, editor. Dairy Australia, VIC, Australia. 2008. p 246.
- 국립농업과학원. 국가표준식품성분 DB9.1. 2019 [cited 2020 May 27]. Available from: <https://koreanfood.rda.go.kr:2360/kfi/fct/fctFoodSrch/list>
- 김기유, 김세현, 김완섭, 김철현, 남명수, 문용일 등. 최신 유가공학. 유한문화사, 서울, 한국. 2011. p 23-32.
- 김근배. 우유의 생리활성 물질. 한국유가공기술과학회지. 2010. 28(1):43-52.
- 김기광, 김용은, 조남준, 천성혜. 우유섭취를 통한 세포노화 억제 유효성 관련 연구. 우유자조금사업 연구보고서. 2017. p 48.
- 유과학연구회. 우유 한잔의 과학. 드림디앤디, 서울, 한국. 2010. p 341-366.
- 이재영, 유제현, 강국희. 신제 유가공학. 향문사, 서울, 한국. 1981. p 24.
- 전우민, 강신호, 김세현, 문용일, 박동준, 오세종 등. 우유와 유제품의 생화학. 라이프사이언스, 서울, 한국. 2007. p 120-173.
- 정동호. 식품의 생리활성. 선진문화사, 서울, 한국. 1998. p 212-214.
- 황광연, 박유현, 김중건, 임현진, 오호연. 쥐(Rat)를 이용한 우유 유래 단백질과 유산균의 면역증강 효과 검증. 한국낙농육우협회, 서울, 한국. 2003. p 38-39.