U.S. Dairy
Export Council®
Ingredients | Products | Global Markets

미국산 유청 · 유당제품 안내서

미국 유제품 수출 협의회(U.S. Dairy Export Council, 이하 USDEC)는 1995년 이래 최신 과학연구 결과를 바탕으로 미국산 유제품 원료에 대한 교육자료 개발에 힘써 왔습니다. 본 안내서는 USDEC에서 두 차례 발간한 바 있는 「미국 유청 제품 참고 안내서」의 개정 증보판으로 유청 함유 성분의 특성, 기능, 이점에 대한 최신 기술 · 과학 정보를 고찰하기 위해 제작되었습니다. 잠재고객, 교육자, 보건 전문가, 식품학자 및 기타 관련단체에 최신 정보를 제공하려는 목적으로 USDEC에서 새로 발간한 본 안내서의 제작을 위해 USDEC의 여러 회원들을 비롯한 미국 유제품 공급업체, 가공업체, 업계 전문가, 컨설턴트, 연구원, 데어리 매니지먼트 사(Dairy Management Inc.), USDEC 직원들이 귀중한 지식과 자원을 공유해 주셨습니다. USDEC의 기존 매뉴얼에 이어 본 안내서 역시 미국 유청 · 유당제품 원료에 대한 유용한 자료가 되기를 바랍니다.

베로니끄 라그랑쥐(Veronique Lagrange)
편집자
미국 유제품 수출 협의회(USDEC)

TABLE OF CONTENTS

Section		Page
	감사의 글	5
	용어 해설	5
	미국 낙농업	6
	개요	6
	미국 유제품 수출 협의회	8
	데어리 매니지먼트 사	9
	미국 유제품 연구소	10
1	**유청과 유당: 천연 유제품**	11
1.1	미국산 유청 · 유당 생산: 개요	12
2	**품질기준과 품질 보증 및 인증**	15
	F. T. 숀록 (Schonrock 컨설팅)	
2.1	미국 농무부 기준 및 등급 평가 서비스	16
2.2	공장 검사	17
2.3	수출 인증 및 제품 실험 서비스	17
2.4	코셔 인증 및 할랄 인증	18
2.5	주 농무부	18
2.6	기타 인증 및 제품실험	18
3	**제조기술**	19
	작성: K. 스미스 박사 (위스콘신 유제품 연구센터)	
	편집: R. 비숍 박사 (위스콘신 유제품 연구센터)	
3.1	유청 가공기술: 개요	20
3.2	증발 및 건조	21
3.3	고부가가치 유가공법	21
3.4	기타 유가공법	23
	Q & A	24
3.5	고급 유청원료 기술	25
	원고 제공: DMI	
3.6	단백질 중합 및 변형	25
	A. 라오 박사 (Davisco Foods International, Inc.)	
4	**유청제품의 정의, 성분 및 기능**	27
	정보 제공: 미국 공급업체, USDEC, AD PI, DMI	
	개요	28
4.1	스위트 유청분말	28
4.2	에시드 유청분말	29
4.3	저유당 유청	29
4.4	탈염유청	30
4.5	WPC34	31
	WPC의 열안정성	31
	A. 후구닌 박사 (컨설턴트)	
4.6	WPC50	32
4.7	WPC60	32
4.8	WPC75	32
4.9	WPC80	33
4.10	WPI	33
4.11	락토페린	34
4.12	락토페록시다제	36
4.13	글리코매크로펩타이드(GMP)	36
4.14	유제품 고형분(퍼미에이트, Permeate)	37
4.15	미네랄농축 유청(저유당 유청)	38
4.16	우유 미네랄, 칼슘	39
5	**유당제품의 정의, 성분 및 기능**	41
	정보 제공: 미국 공급업체, USDEC, AD PI, DMI	
	개요	42
5.1	공업용 유당제품	42
5.2	식용 유당제품	43
5.3	약제용 유당	46
	약제용 유당의 정의	47
	작성: H. 브리테인 (물리약학센터)	
	원고 제공: Foremost Farms USA	
6	**유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성**	49
	편집: C. 소렌슨 (유청단백 연구소)	
	J. 오도넬 (캘리포니아 유제품 연구재단)	
	개요	50
6.1	유청제품의 영양적 특성	53
	R. L. 월젬 박사 (텍사스 A&M 대학교)	
	원고 제공: USDEC	
6.2	유청성분의 생물학적 특성	58
	J. 하퍼 박사 (오하이오 주립 대학교)	
	원고 제공: ADPI	
6.3	유청단백질과 유청 분획물의 건강 증진 특성	62
	R. L. 월젬 박사 (텍사스 A&M 대학교)	
	C. J. 딜라드, J. B. 저먼 박사 (캘리포니아 대학교)	
6.4	유청단백질과 스포츠 영양	64
	G. 빠쟁 박사 (캘리포니아 대학교 빠쟁그룹)	
	S. 밀러 박사 (미국 낙농 협회)	
6.5	유청단백질과 심혈관 건강	68
	작성: S. 저드 (SK 저드 컨설팅), J. 하퍼 박사 (오하이오 주립 대학교)	
	편집: G. 밀러 박사 (미국 낙농 협회)	
6.6	분리유청단백 및 분리대두단백이 인체에 미치는 영향	70
	L. A. 넬슨 (Davisco Foods International Inc.)	
	C. M. 콜커, D. S. 칼만, M. 스웨인-오닐 (Peak Wellness, Inc.)	
6.7	유청 제품, 우유 미네랄 그리고 우유 칼슘에 대한 새로운 발견 및 이점	75
	편집: D. 디리엔조 박사 (미국 낙농 협회)	
6.7.1	균형 잡힌 식이성 미네랄 섭취	78
	E. 바스티앙 박사 (Glanbia Nutritionals USA)	
6.8	유당의 영양적 · 생리학적 특성	79
	L. 맥빈 (뉴트리션 앤드 헬스 커뮤니케이션)	
6.9	영양공급 및 환자식이를 위한 유청단백의 활용(HIV 환자 포함)	80
	R. W. J. 캠벨 (ABCI)	
7	7.1 **유청제품의 기능적 특성**	81
	편집: K. J. 버링톤 (위스콘신 유제품 연구센터)	
	용해성	82
	수분 결합력과 점성	83
	겔 형성	83
	유화력	83
	휘핑, 거품형성 및 공기포집	83
	향미	83
	분산성	84
	식용 필름의 형성	84
	항산화 작용	84
	접착성	84
	갈변화	84

Section		Page
8	8.1 **유당제품의 기능적 특성** 편집: K. J. 버링톤 (위스콘신 유제품 연구센터)	85
	향미, 색감의 흡수 및 유지	86
	갈변화	86
	흡습성	86
	당도	86
	용해성과 결정성	87
	발효 기질	88
	부형제	88
	유당 입자의 크기	88
9	**유청 · 유당제품 퀵 가이드**	89
	9.1 표 9.1 유청제품의 기능, 특성, 기능적 이점, 마케팅상의 이점 및 용도	90
	9.2 표 9.2 유당제품의 기능, 특성, 기능적 이점, 마케팅상의 이점 및 용도	92
	9.3 유청원료와 주요 기능적 특성	94
10	**유청 · 유당제품을 응용한 제빵제품 제조** 제조법 감수: K. 넬슨 (위스콘신 유제품 연구센터)	97
	10.1 개요 및 최신 동향 B. 스트라우츠 (American Institute of Baking)	98
	10.2 제빵제품 제조 시 유청제품의 활용 K. J. 버링톤 (위스콘신 유제품 연구센터)	100
	10.3 제빵제품 제조 시 유당과 퍼미에이트의 활용 S. 저드 (SK 저드 컨설팅)	106
	10.4 유당의 기능성 K. J. 버링톤 (위스콘신 유제품 연구센터)	109
	10.5 제조법	110
11	**유청 · 유당제품을 응용한 음료 제조** 제조법 감수: K. 넬슨 (위스콘신 유제품 연구센터)	115
	11.1 개요 K.J. 버링톤 (위스콘신 유제품 연구센터) Weeks Publishing Company의 승인하에 재인쇄	116
11	11.2 유음료 제조 시 유청단백의 활용 V. 라그랑쥐 (USDEC) G. 빠쟁 박사 (캘리포니아 대학교 빠쟁그룹)	118
	11.3 제조법	121
12	**유청 · 유당 제품을 응용한 제과제품 제조** 제조법 감수: K. 넬슨 (위스콘신 유제품 연구센터)	125
	12.1 개요 및 최신 동향 R. 부탱 박사 (넥텔 연구소)	124
	12.2 제과제품 제조 시 유청 · 유당제품의 활용 J. 바우자스 박사 (허쉬)	127
	12.3 제조법	133
13	**유청 · 유당제품을 응용한 유제품 제조** 제조법 감수: K. 넬슨 (위스콘신 유제품 연구센터)	145
	13.1 개요 P.S. 통 박사 (캘리포니아 주립 공과대학)	146
	13.2 냉장포장 및 저온살균 치즈 제조 시 유청의 활용 S. 영 박사 (스티븐 영 월드와이드)	147
	13.3 요거트 및 발효 유제품 제조 시 유청의 활용 A. 후구닌 박사 (컨설턴트)	151
	13.4 아이스크림과 냉동 디저트 제조 시 유청의 활용 S. 영 박사 (스티븐 영 월드와이드)	156
	13.5 유당 및 기타 유청제품에서의 유단백 표준화 P.S. 통 박사 (캘리포니아 주립 공과대학)	161
	13.6 제조법	163
14	**유청 · 유당제품을 응용한 가공육 · 가공수산 제품 제조** 제조법 감수: K. 넬슨 박사 (위스콘신 유제품 연구센터)	169
	14.1 개요 G. 프라부 박사 (Proliant, Inc.)	170
	14.2 가공육 제품 제조 시 유청 · 유당제품의 활용 J. 키튼 박사 (텍사스 A&M 대학교)	171
	14.3 제조법	175
15	**유청유청 · 유당제품을 응용한 가공식품 및 스낵 제조** 제조법 감수: K. 넬슨 박사 (위스콘신 유제품 연구센터)	183
	15.1 스낵 제조 시 유청제품의 활용 B. 존슨 박사 (FS&T 컨설팅)	184
	15.2 스낵 제조 시 유청단백 필름의 활용 원고 제공: 데어리 매니지먼트 사	188
	15.3 저지방 식품 제조 시 유청제품의 활용 B. 존슨 박사 (FS&T 컨설팅)	190
	15.4 유청제품, 식용필름 및 코팅제 편집: J. 크로취타 박사(캘리포니아 대학교), A. 포쥐딩 박사(노스 캐롤라이나 주립 대학교)	193
	15.5 제조법	194
16	**유청제품을 응용한 영양제품 제조** 제조법 감수: K. 넬슨 박사 (위스콘신 유제품 연구센터)	201
	16.1 조제분유 · 아동건강식품 제조 시 유청제품의 활용 B. 로이드 박사 (글로벌 리서치 솔루션)	202
	16.2 영양 및 스포츠 식품 제조 시 유청, 유당 및 파생물의 활용 이곽만 박사 (Proliant, Inc.)	205
	16.3 스포츠 · 영양 바 제조 시 유청의 활용 J. 바우자스 박사 (허쉬)	205
	16.4 유청제품 및 칼슘의 체중감량 효과 제멜 박사 (테네시 대학교)	206
	16.5 기능성 강화 식품의 재료와 우유 미네랄 E. 바스티앙 박사 (Glanbia Nutritionals USA)	210
	16.6 제조법	211
17	**참고문헌, 색인**	219
	참고문헌	220
	색인	222

서 론

편집:

제임스 페이지(Mr. James Page)
미국 유제품 연구소(American Dairy Products Institute)

댄 메이어(Mr. Dan Meyer)
미국 유제품 연구소(American Dairy Products Institute)

빌 하인스 박사(Dr. Bill Haines)
데어리 매니지먼트 사(Dairy Management Inc.)

베로니끄 라그랑쥐(Veronique Lagrange), 오드리 케니(Audrey Kenney) 및 USDEC 직원

기고:

W.S. 클라크 박사(Dr. W.S. Clark, Jr.)

감사의 글

미국 유제품 수출 협의회(USDEC)는 본 안내서의 개발, 검토, 제작에 도움을 주신 모든 분들께 감사 드립니다. 일일이 다 이름을 거론할 수 없을 정도로 많은 유제품 전문가 분들의 노고에 감사 드리며, 본 보고서 제작에 애써 주신 USDEC의 회원사(www.usdec.org에서 확인 가능), 미국 유제품 연구소(American Dairy Products Institute), 캘리포니아 유제품 연구재단(California Dairy Research Foundation), 캘리포니아 주립 공과대학의 유제품 기술센터(Dairy Products Technology Center at California Polytechnic State University), 데어리 매니지먼트 사(Dairy Management Inc.), 디자인 투(Design Two Ltd.), 유청단백 연구소(Whey Protein Institute), 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)에도 감사의 말씀을 전합니다.

용어 해설

본 보고서에서 사용된 일부 용어의 경우 관련 업계나 해외에서는 해당 용어보다 다른 용어나 동의어가 더 많이 사용되고 있습니다. 이러한 용어들을 동의어 및 빈번히 사용되는 다른 용어들과 함께 표로 정리해 보았습니다.

본 안내서에 사용된 용어 및 약어	동의어 및 유사 용어
산성형 유청분말, 에시드 유청분말	건조 에시드 유청
유제품 고형분	퍼미에이트, 제단백 유청
탈염유청	저염유청, 저염유청분말
퍼미에이트	유제품 고형분, 제단백 유청
가공치즈	가공처리 치즈
저유당 유청, 저유당 유청분말	저유당 건조유청
탈지분유, SMP	무지방 분유, NFDM, NDM
스위트형 유청분말,스위트 유청분말	스위트 건조유청
유청	유제품 유청
유청크림	유청 유지방
유청제품	다양한 종류의 유청, 농축유청단백, 분리유청단백, 유당
유청분말	건조유청, 건조시킨 유청-스위트 또는 산성
전지분유, WMP	전지 분말우유
WPC	농축유청단백
WPI	분리유청단백

미 국　낙 농 산 업

개요

미국은 전 세계 우유 공급의 19.5%를 책임지는 세계 최대의 낙농국가로, 연간 7,500백만톤(mt) 이상의 우유를 시장에 공급하고 있습니다. 미국 낙농가의 우유 생산량은 유럽의 2.5배가 넘으며 호주나 뉴질랜드의 7배에 달합니다. 전 세계 유청 · 유당 생산량의 1/4(93만5천mt)이 미국 내 200여 개의 유청 제조공장에서 생산됩니다. 넓은 국토면적과 천문학적 규모의 연구개발비, 세계적인 규모의 치즈산업 등 유리한 조건을 고루 갖춘 덕택에 미국의 유청산업은 거침없는 성장을 거듭하고 있습니다.

미국의 낙농업체는 매년 원유 2,500만mt, 치즈 370만mt, 유청 · 유당 93만5천mt, 분유 70만mt, 요거트 58만3천mt, 버터 54만mt, 아이스크림 56만5천mt을 가공처리하고 있습니다. 이렇듯 미국 유가공업은 단연 세계 최대 규모를 자랑합니다.

미국 낙농업체에서 가공 · 생산하는 유제품은 다른 식품의 원료로 사용됩니다. 세계적인 명성을 자랑하는 미국의 여러 식품 가공업체에서는 내수 및 수출용으로 생산하는 제빵 · 제과, 육류, 소스, 수프 및 기타 유제품 제조에 미국산 유제품 원료를 사용합니다.

미국 낙농업계가 현재 수준의 우유 생산량을 기록할 수 있는 것은 생산, 가공, 규제, 판매의 모든 단계에서 과학 기술 및 관리 능력의 발전을 이룩했기 때문입니다. 균형 있는 영양 공급을 위한 사료량 조절 및 유전자 관련 기술 활용은 농가에서 젖소 한 마리당 우유 생산량을 높이는 데 지대한 공헌을 했습니다. 1990년에서 2000년 사이 1,000만 마리에 육박하던 젖소 숫자가 910만 마리가 채 안 되는 수준으로 줄어든 반면, 젖소 한 마리당 평균 우유 생산량은 6,720 kg에서 8,061 kg으로 크게 늘었습니다.

이와 같은 생산 효율성은 미국 낙농업계가 자원 이용의 효율성을 극대화함으로써 점차 증가하고 있는 전 세계의 유제품 수요를 충족시킬 수 있다는 점을 입증하고 있습니다. 자원 효율성을 높이는 생산 방식은 우유 성분상의 변화로 이어졌고, 이는 결국 우유단백질 함량 증가를 원하는 식품 제조업계의 요구에 따라 무지고형분 함량이 증가하는 결과를 낳았습니다.

미국 낙농업계는 선진 낙농기술 덕택에 최상의 유제품을 효율적으로 생산 · 공급하고 있습니다. 자동화 착유 시스템을 비롯한 첨단 착유장비 및 우유 생산설비는 유제품의 세척, 살균, 냉각 속도를 향상시킬 뿐 아니라 가공시설로의 보다 신속한 이송을 가능하게 합니다.

낙농가와 유가공업체 모두 미국의 엄격한 위생기준을 준수합니다. 업체 차원의 자발적인 위생관리 외에도 정부 감독기관에서 정기적으로 방문해 제품 품질을 확인하고 안전성을 점검합니다. 젖소의 건강상태, 정기검진 실태, 각종 설비 및 착유장비의 위생상태 등을 점검하고 우유를 가공시설로 이동시키기 전에 신속히 냉각하여 올바르게 보관하는지도 확인합니다.

가공시설로 운반된 우유는 살균 처리된 파이프, 배트, 탱크 등을 통해 이동하면서 300여 종의 치즈, 100가지 맛의 아이스크림과 냉동 요거트, 75가지 맛의 호상 요거트, 다양한 종류의 분유 및 유청단백 제품, 수많은 종류의 버터블렌드와 발효제품으로 재탄생합니다. 사실상 미국 내 모든 유가공업체에서는 최고 품질의 완제품을 생산하기 위해 위해요소중점관리기준(HACCP)과 국제표준화기구(ISO)와 같은 품질관리 프로그램을 운영하고 있습니다.

미국 업계는 최첨단 유제품 생산시설에 막대한 투자를 계속해 왔습니다. 이러한 적극적인 투자 덕분에 지난 10년 동안 생산시설의 수는 45%나 감소한 반면 총 생산량은 매년 4~5% 증가했습니다. 지금과 같이 활발한 투자가 지속된다면 생산원가는 더 낮아지고 우유 생산량은 더욱 늘어날 것입니다.

유제품 생산업체들은 유제품 제조 외에도 여러 가지 활동을 합니다. 연구개발을 통해 신제품을 개발하고 우유 및 우유성분의 새로운 활용방안을 고안해 냅니다. 낙농 기술자와 식품학자들이 모여서 분획 및 기타 가공처리 과정을 통해 우유성분의 기능적 특성을 보존하거나 변화시킬 수 있는 방법을 연구합니다. 생산업체들은 우유 건조, 치즈 생산, 유청 가공 기능의 첨단 장비를 이용해 차별화된 분유, 무유당치즈, 무균우유, 락토페린 등의 다양한 신제품을 개발하고 있습니다. 이러한 신제품 개발은 영양가 높은 유제품과 원료에 대한 요구가 세계적으로 확대되고 있는 추세에 발맞추기 위한 노력입니다.

국가간 무역협정 체결로 인해 세계시장이 꾸준히 개방되면서, 해외에서도 미국산 유제품을 이용할 수 있게 되었습니다. 각 유청 · 유당 원료에 대한 보다 자세한 정보는 해당 제품의 공급업체를 통해 확인하실 수 있으며, 각 유형별 분유제품 생산 · 판매업체에 대한 정보(회사명, 주소, 전화번호, 팩스번호)는 미국 유제품 수출 협의회(USDEC)에 문의하시기 바랍니다.

[사진 제공: Hilmar Cheese Company]

본 안내서는 전 세계 유제품 생산업체에게 미국산 유청 · 유당 원료 사용에 대한 안내와 교육을 위해 제작된 자료로, 다음과 같은 내용을 포함하고 있습니다.

- 미국 유청산업에 대한 안내
- 유청 · 유당제품에 대한 정의
- 유청 · 유당 원료 생산 및 영양적 · 기능적 특성 개선을 위한 가공처리 공정에 대한 설명
- 유청 · 유당 원료의 기능적 · 영양적 특성에 대한 논의
- 고기능 · 고영양 유제품 원료의 활용 사례

자세한 제품사양은 미국 공급업체에 확인하시고 원료 사용 및 성분 표시에 대해서는 해당 지역의 규정을 참고하시기 바랍니다. 본 안내서에 들어있는 제조법은 제품개발의 출발점으로 삼을 수 있도록 참고용으로 기재한 것입니다.

미국 유제품 수출 협의회

미국 유제품 수출 협의회(The U.S. Dairy Export Council, 이하 USDEC)는 미국의 유제품 업체들이 결성한 독자적인 비영리 조합입니다. USDEC의 설립 목표는 미국 낙농업의 세계시장 개발노력을 통합함으로써 미국 업체들이 해외 소비자들의 요구에 보다 발 빠르게 대응할 수 있도록 지원하는 것입니다. USDEC는 미국의 유제품 업체들이 규모, 효율성, 일관성, 우수한 품질, 첨단 기술 등 미국 낙농업이 지닌 이점을 극대화할 수 있도록 협력하고 있습니다.

USDEC의 활동은 크게 다음 3가지로 나눌 수 있습니다.

- 해외 거래업체에 대한 지속적인 서비스 제공
- 잠재 구매자와 판매자의 연결을 통한 거래 촉진
- 미국 유제품 수출업체들에 대한 교육 및 지원 제공

USDEC는 아래와 같은 활동을 통해 미국산 유제품의 해외 구매자들을 지원합니다.

- 전 세계 거래업체 및 최종 소비자들과의 긴밀한 협력을 통해 새로운 제휴관계를 구축해 나간다.
- 미국 공급업체와 이들의 판매제품 및 역량에 대한 정보를 제공한다.
- 미국산 유제품 사용에 대한 교육 및 안내를 목적으로 하는 학회, 기술 세미나 등을 통해 최종 소비자를 지원하고 해외 거래를 활성화한다.
- 미국산 유제품 원료에 대한 활용 방안 및 이용 방법을 보급한다.
- 매장 내 판촉행사 및 외식업체 행사 등을 추진하고 지원함으로써 미국산 제품 판매를 촉진시킨다.
- 미국산 제품 구매의 이점을 홍보하는 판촉물을 제작한다.

USDEC는 미국 유제품 공급업체와 해외 구매자들 간의 원활한 의사소통을 도모하기 위해 다음과 같은 노력을 펼치고 있습니다.

- 해외 구매자와 미국 수출업체 간의 핵심 중개자 역할을 함으로써 잠재 구매자와 판매자를 연결시킨다.
- 구매자와 판매자 명단을 수집하고 관리하며 해외 고객 및 회원사에게 이를 제공한다.
- 제품에 대한 해외 구매자들의 문의를 관련된 미국 업체들에게 전달함으로써 적정한 가격 산정이 이루어지도록 지원한다.
- 해외 구매단 초청을 통해 최종 소비자들에게 미국 낙농업계의 규모와 범위를 제대로 알린다.
- 업체별 해외거래 목적을 조율하고 해외 무역 박람회에 참여함으로써 해외시장에 대한 미국 업체들의 이해를 높인다.

USDEC는 미국 낙농업을 지원하기 위해 다음과 같은 활동을 진행하고 있습니다.

- 미국 유제품 공급업체들에게 해외시장 내 사업기회 및 시장요구에 대해 알려주고 교육함으로써 최종 소비자의 입맛에 맞는 제품을 시장에 공급할 수 있도록 도와준다.
- 미국 낙농업을 대표해 해외무역정책포럼 등에 참여하여 미국산 제품에 대한 무역장벽을 낮춘다.
- 세계 공통의 기술기준을 세우고 미국 수출업체들이 규정요건에 부합할 수 있도록 지원하기 위해 국제낙농연맹(International Dairy Federation)과 손을 잡고 적극적인 노력을 펼친다.
- 유제품 생산, 소비 및 무역 동향에 관한 정보를 연구하고 분석하며 공유한다.

USDEC 본사는 버지니아 주 알링턴(워싱턴 D.C. 인근)에 위치해 있으며, 연락처는 다음과 같습니다.

U.S. Dairy Export Council
2101 Wilson Boulevard, Suite 400
Arlington, Virginia 22201 USA
전화: +1-703-528-3049
팩스: +1-703-528-3705
www.usdec.org

USDEC는 본사 외에도 멕시코, 브라질, 한국, 일본, 중국, 대만, 동남아시아, 유럽, 중동 등지에 해외 사무소를 두고 있습니다. 해외 사무소 명단과 연락처는 USDEC에 문의하시거나 www.usdec.org에서 확인하시기 바랍니다.

데어리 매니지먼트 사

데어리 매니지먼트 사(Dairy Management Inc.™, 이하 DMI)는 미국 국내 및 해외시장에서 미국산 유제품에 대한 수요를 창출하는 비영리 기획 · 관리조직입니다. DMI는 국제 · 국가 · 지역단체들과 공동으로 미국 유제품 협회(American Dairy Association), 미국 낙농 협회(National Dairy Council), 미국 유제품 수출 협의회(U.S. Dairy Export Council)를 운영합니다.

DMI는 1997년 이래 미국 낙농가를 대신해 "Do it with dairy™" 프로그램에 대한 미국 내 식품 개발 전문가, 유가공업체 및 협동조합의 동참을 적극 독려해 왔습니다. DMI의 "Do it with dairy" 프로그램은 유제품 원료에 대한 미국 시장 내 인식을 변화시키기 위해 개발되었습니다. 이 프로그램의 당초 목적은 분말 원료에 대한 인식을 높이고 식품 · 음료의 신제품 개발 및 품질 개선 등에서 유원료가 지니는 기능적 · 영양적 이점을 널리 알리기 위한 것으로 시작되었으며, 2002년에는 치즈와 유지방 성분도 포함하여 확대되었습니다.

"Do it with dairy" 프로그램은 수준 높은 서비스를 제공해 식품업체들이 시장에서 성공할 수 있도록 도와줍니다. 미국 최고의 식품공학자, 식품연구가, 유제품 원료 전문가들로 구성된 DMI의 기술지원시스템을 통해 식품개발과 관련된 낙농업계의 주요 난제 해결을 위한 방안을 개발하고 제공함으로써, 미국 식품 · 음료 제조업체들이 보다 쉽고 빠르게 식품개발연구를 진행할 수 있도록 도와줍니다. DMI 기술지원시스템의 구성원들 또한 본 안내서 제작에 도움을 주셨습니다.

DMI는 본 안내서 제작을 통해 여러분께 도움을 드릴 수 있게 되어 기쁘게 생각합니다. 본 안내서가 여러분께 구체적인 제품 활용 방안뿐 아니라 제품개발에 필요한 모든 기술 정보를 제공하는 값진 자료가 되기를 바랍니다. 이처럼 기술지원을 제공하는 일 역시 DMI의 사명입니다.

본 안내서 제작을 위해 글을 제공해 주신 여러 분야의 많은 전문가분들께도 감사 드리며, 본 안내서가 여러분의 사업활동에 유용하게 쓰이길 바랍니다.

윌리엄 C. 하인스 박사(William C. Haines, Ph. D.)
데어리 매니지먼트 사 부사장, B2B마케팅 사업부

DMI 본사는 일리노이 주 로즈몬트(시카고 인근)에 위치하고 있으며 연락처는 다음과 같습니다.

Dairy Management Inc.™
10255 West Higgins Road, Suite 900
Rosemont, Illinois 60018-5616 USA
전화: +1-800-853-2479
팩스: +1-847-803-2077
www.dairyinfo.com
www.doitwithdairy.com

미국 유제품 연구소

미국 유제품 연구소(American Dairy Products Institute, 이하 ADPI)는 유가공업의 전미 조합으로, 지난 1986년 4월에 창립 61주년을 맞이한 미국 분유 연구소(American Dry Milk Institute)와 15년째 활동 중이던 유청제품 연구소(Whey Products Institute)가 합병하면서 ADPI가 탄생했습니다. ADPI는 이후 1987년 4월에 무당연유협회(Evaporated Milk Association)를 합병하면서 그 활동범위를 더욱 확대했습니다. ADPI 내 치즈 부서를 신설하기 위한 움직임이 시작되었고 이후 1997년 2월 6일에 그 결실이 맺어졌습니다. 현재 ADPI의 회원사로는 무당연유 · 분유 · 치즈 · 유청제품의 제조업체, 유가공업체에 물품과 서비스를 제공하는 업체, 그리고 이러한 유가공품을 활용하는 다양한 업체들이 있습니다. 회원사 대다수가 미국 내에 위치하고 있지만 ADPI는 이외에도 전 세계 16개국 출신의 여러 해외 업체들을 회원사로 두고 있습니다.

ADPI의 사업 목적은 ADPI가 대표하는 유제품의 특성과 장점을 효과적으로 널리 알리는 것입니다. 더불어 ADPI는 이러한 활동이 ADPI의 회원사와 이들의 고객사 및 소비자들에게 유익하게 작용할 수 있도록 모든 노력을 다하고 있습니다.

ADPI는 정부나 소비자 관련 업무 또는 제품 고유성에 대한 기준 마련 등에 있어서 회원사들의 이익을 대변하는 등 회원사들에게 다양한 서비스를 제공합니다. ADPI의 목표는 가공처리에서부터 활용에 이르기까지 유가공업과 관련한 모든 정보를 회원들에게 제공하는 것입니다. 분유 관련 기준은 ADPI 고시 916호(분석방법을 포함한 분유 등급 기준)에 나와 있으며, 유청제품 관련 기준은 ADPI 고시 W-16호(유청 · 유청제품-정의, 성분, 표준 분석방법)에서 확인하실 수 있습니다. 해당 발행물 및 기타 자료에 대한 주문은 아래 연락처로 하시기 바랍니다.

American Dairy Products Institute
116 North York Street
Elmhurst, IL, 60126 USA
전화: 1-630-530-8700
팩스: 1-630-530-8707
www.adpi.org

기타 연락처
대표: Jim Page, jjpag2@adpi.org
기술지원담당: Dan Mayer, dmeyer@adpi.org
회계 · 통계담당: Steve Griffin, sgriffin@adpi.org

1 유청과 유당: 천연 유제품

1.1 미국산 유청 · 유당 생산: 개요

세계 최대 유청 생산국

전 세계 유청 · 유당 생산량의 1/4(93만5천mt) 이상이 미국 내 200여 개의 유청 제조공장에서 생산된다. 넓은 국토면적과 천문학적 규모의 연구개발비, 세계적인 규모의 치즈산업 등 유리한 조건을 고루 갖춘 덕택에 미국의 유청산업은 거침없는 성장을 거듭하고 있다.

첨단 기술 및 혁신

미국의 유청산업은 기술 개발과 활용 면에서 전 세계 유청시장을 선도하고 있다. 기술 발전과 적극적인 연구개발 투자 덕택에 미국 유청산업은 기본 제품, 스위트 유청분말, 탈염유청에서부터 농축유청단백(단백질 함량 34%~80% 사이), 분리유청단백(90%이상), 유청단백 분획물, 유청단백 파생물 등 고부가 제품으로까지 제품 라인을 확대할 수 있었다.

활발한 연구개발과 투자 덕분에 미국의 유청산업은 더욱 새롭고 활용성이 뛰어난 형태의 유청 제품 생산에 박차를 가하고 있다.

기능적 특성

미국 유청제품은 다양한 기능적 특성 덕분에 많은 식품 원료로 이용된다. 아래 표는 유청제품과 그 기능적 특성을 정리해 놓은 내용이다.

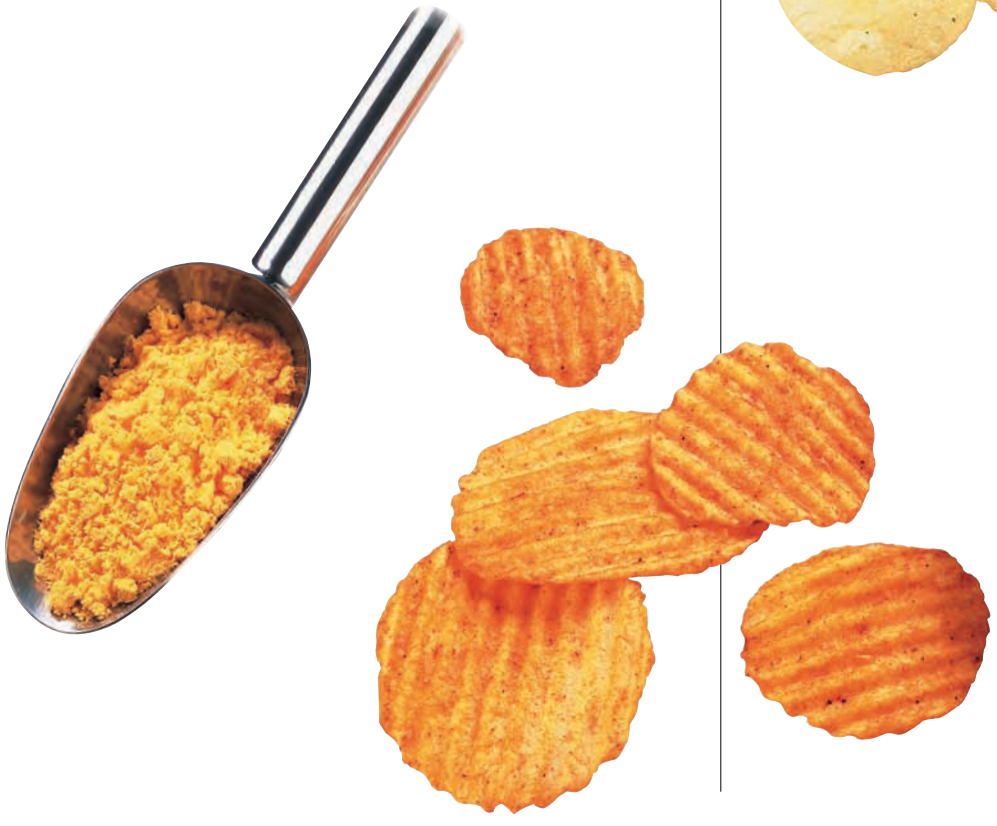
제품	기능적 특성 (자세한 내용은 본문 내용 참고)
유청분말*, 퍼미에이트	색감과 향미 보강 고형분 분산성
스위트 유청	우유맛과 고형분 용해성 분산성
WPC34	단백질 제공 유화 용해성 연한 우유맛 색감과 향미 보강
WPC80	고단백 유화 휘핑 지방 결합력 용해성 열경화성/겔화 수분 결합력
분리유청단백	고단백 용해성
탈염유청제품	균형 있는 영양소를 공급하는 유청 · 유당 낮은 미네랄 함량 다기능성
생리활성 단백질/유청 분획물	비피더스균의 성장 촉진 콜레스테롤 완화 철분 이동 원활화 항균성 무알레르기성
유당	보수성 질감 향상 유도제 기능 색감 및 향미 유지 갈변화 반응 촉진 및 향미 보강 비흡습성 팬코팅 분산성 첨가제
저유당 유청	우유맛과 고형분 분산성
우유 칼슘	생물학적으로 유용한 칼슘 연한 우유맛 100% 천연 성분

*비흡습성 탈염, 제단백 및 기타 변형제품도 있음

다양한 활용 사례

다양한 종류의 유청제품이 개발되면서 이를 여러 식품 분야에서 활용하는 예가 늘어났다. 현재 유청을 활용하는 식품 분야는 다음과 같다.

식품 분야	제품 사례	기능적 요건
유제품	아이스크림, 요거트, 유제품 스프레드, 치즈제품, 음료	유제품 고형분, 유화, 점성, 휘핑성
고기	가공육, 소시지, 생선	지방/수분 결합력, 겔화
시즈닝 믹스 분말	감자칩 · 멕시코요리 · 그레이비에 사용하는 시즈닝 믹스	분산성, 향미, 팽창 기능의 저감미 팽창제
제빵류	머핀, 파이, 식빵, 번	색감과 향미 보강, 열경화성, 유통기한
제과류	캔디바	휘핑성, 팽창 기능의 저감미 팽창제, 계란 대체 안정성
스낵류	쿠키, 바	열팽창, 영양
음료	코코아믹스, 커피크리머 스포츠음료, 건강음료	용해성, 점성, 영양, 우유맛 양질의 단백질
기능성 식품 및 스포츠 식품	에너지 바, 에너지 음료 특수 영양보충제	생리활성, 양질의 단백질 비알레르기성



구매자의 요구에 따른 다양한 단백질 · 미네랄 · 지방 함량

미국 공급업체들은 구매자의 요구에 맞는 맞춤 제품 생산을 위한 전문성을 갖추고 있다. 최신 제조기술을 이용해 제품 내 단백질, 미네랄 및 지방 함량을 다양하게 조절하는데, 구체적으로, 탈염법, 결정화법, 한외여과법 등을 사용해 유청 제품에 변화를 주기도 한다. 그 결과, 미국산 유제품은 단백질 함량이 12% 미만에서부터 90% 이상에 이르기까지 매우 다양하며 미네랄 함량도 1%에서 28% 사이로 다양해 고객에게 폭넓은 선택의 기회를 제공한다. 기능적 · 영양적 특성이 강화된 변형 유청제품 또한 널리 이용되고 있으며 대부분 최적의 효과를 낼 수 있도록 고객의 기호에 따라 맞춤 생산된다.

세계에서 가장 엄격한 품질 · 위생기준

미국 유청산업은 엄격한 생산공정을 통해 미국산 유청제품을 이용하는 모든 구매자에게 안전하고 우수한 품질의 영양가 높은 제품을 제공한다. 미국산 유청제품은 미국 농무부(United States Department of Agriculture, 이하 USDA)와 미국 식품의약국(Food and Drug Administration, 이하 FDA)에서 공동으로 개발한 엄격한 품질관리 기준에 반드시 부합해야 한다. 따라서 모든 제품이 테스트 및 평가과정을 거치는데, 이는 미국 정부 기준뿐 아니라 최종 소비자의 요구에 부합하기 위해서이다. 세계에서 가장 까다로운 품질 · 위생기준을 적용함으로써 미국 유청산업은 최종 소비자 한 사람 한 사람에게 최고의 품질을 보장한다.

영양적 이점

미국산 유청제품은 높은 영양적 이점을 가지고 있어 식품 원료로 사용된다. 우수한 품질의 미국산 유청제품은 필수 아미노산을 함유하고 있으며, 소화가 잘 되고 매우 높은 단백질 효율비(3 이상)를 자랑한다. 또한 미국산 유청제품에는 티아민, 리보플라빈, 판토텐산, 비타민 B6와 B12 등 각종 비타민이 풍부하게 들어있다.

지속적인 성장세의 수출지향적 산업

미국산 유청제품 수출량의 지속적인 성장은 미국산 유청제품의 우수한 품질과 사용량 증가를 입증하는 증거다. 1998년에서 2001년 사이 미국산 건조유청의 총 수출량은 46% 증가했다. 미국은 식품 · 음료 제조분야에서 뛰어난 많은 국가들의 최대 유청 수출국으로 자리잡은지 이미 오래이다. 미국 유청산업의 거침없는 성장세와 지속적인 연구개발 투자, 갈수록 수출에 치중하는 세계적인 추세까지 더해져, USDEC와 미국 유청산업은 미국산 유청제품을 이용하는 모든 고객사들이 새로운 기회에 신속히 대응하고 시장 점유율을 늘릴 수 있도록 지원할 준비가 되어있다.

미국산 유청제품 수출량 1996~2001 (1,000mt)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
유청	109.3	104.1	99.1	120.0	166.0	143.1
농축유청단백	5.6	12.0	19.5	15.7	17.6	24.5
유당	74.5	82.2	75.5	80.1	99.5	127.2
합계	189.4	198.3	194.1	215.8	283.1	294.8

출처: USDEC, USDA

품질 기준과 품질 보증 및 인증 2

2. 품질 기준과 품질 보증 및 인증

F. 트레이시 숀록
(Mr. F. Tracy Schonrock)
Schonrock 컨설팅 (Schonrock Consulting, Fairfax Station, VA)

2.1 미국 농무부 기준 및 등급 평가 서비스

미국 농무부(USDA)

미국 농무부(이하 USDA) 산하 마케팅지원청(Agricultural Marketing Service, 이하 AMS) 내 유제품표준화부서(Dairy Standardization Branch)는 여러 유제품에 대한 미국의 국가 표준과 규격을 마련하는 역할을 한다. 이러한 표준과 규격은 향미나 저장성처럼 판매자와 구매자에게 매우 중요한 제품 특성을 바탕으로 품질을 가늠할 수 있게 한다. 유제품의 표준과 규격을 세우는 것은 전 세계 유제품 무역의 효율성과 질서를 위해 만국 공통의 언어를 정립하는 것과 마찬가지이다. 건조유청 제품의 요건은 「미국 건조유청 등급 기준」에서 확인할 수 있으며, 해당 등급의 명칭은 'U.S. Extra'이다. 미국 건조유청 등급은 제품의 향미, 외형, 세균 수, 대장균군 수, 유지방 함량, 수분 함량 및 초분 함량에 따라 결정된다.

건조유청 제품이 USDA에서 인정하는 등급을 받기 위해서는 U.S. Extra Grade 요건을 충족해야만 한다. 미국의 건조유청 제품 등급 기준은 2000년 12월 14일에 발효되었으며, 이에 대한 자세한 정보는 아래로 연락하면 확인할 수 있다.

United States Department of Agriculture
Agricultural Marketing Service
Dairy Programs,
Dairy Standardization Branch
Room 2746-S
1400 Independence Avenue, SW
Washington, DC 20250-0230 USA
전화: +1-202-720-7473
팩스: +1-202-720-2643
www.ams.usda.gov/dairy

검사 및 등급 평가 서비스

U.S. Extra Grade 건조유청은 믿고 살 수 있는 건강하고 품질 좋은 제품이다. 제품의 안전성과 품질은 USDA 산하 AMS의 유제품등급평가부서(Dairy Grading Branch)에서 보장한다. USDA의 등급 기준과 등급 평가 서비스는 체계적인 유제품 마케팅에 도움이 된다. 등급 평가 서비스는 판매자와 구매자 모두에게 해당 제품이 특정 등급이나 조건을 충족하며, 균일한 품질을 지니고 있으며 저장성 또한 우수하다는 사실을 보장해 준다. 건조유청 제품에 대해 USDA의 등급 평가를 받으려는 제조업체는 USDA의 제조설비 검사를 받아야 한다.

U.S. Extra Grade 건조유청의 미국 국가 표준

향미*	정상적인 향미여야 하며, 이상한 향취가 없어야 함
외형	균일한 색상을 띠고, 유동성이 좋아야 하며, 덩어리가 지지 않고, 빛깔이 어두운 입자가 없어야 함
세균 수(SPC**)	≤ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
유지방	≤ 1.50%
수분	≤ 5.0%
초분 함량	≤ 15.0mg
산도	등급결정과는 무관 스위트 유청과 에시드 유청을 구분하는 데 도움이 됨 품질 인증서에 기재됨
선택 검사 항목* **	
단백질 (Nx6.38)	≥ 11%
회분의 알칼리도****	≤ 225ml 0.1 N HCl/100g

* 재액화 형태에만 적용된다.
** SPC=표준평판균수
*** 선택 검사 항목은 필수 검사 항목 외에 추가되는 검사 항목으로, USDA의 결정이나 관계자의 요청에 의해 해당 항목에 대한 검사가 시행된다.
**** 스위트 유청에만 적용된다.

2.2 공장 검사

숙련된 전문 감독관이 공장 검사를 시행하면서 100가지가 넘는 항목에 대해 자세히 점검한다. 점검 기준을 통과한 공장만이 '합격' 판정을 받을 수 있고 USDA의 등급 평가, 품질관리 및 인증 서비스를 받을 자격을 갖추게 된다. '합격' 판정을 받은 제조업체 명단은 분기별로 발행되는 「USDA 등급 평가 기준을 통과한 유제품 업체」에 게재되며 아래로 연락하면 확인할 수 있다.

United States Department of Agriculture
Agricultural Marketing Service
Dairy Programs,
Dairy Grading Branch
Room 2746-S
1400 Independence Avenue, SW
Washington, DC 20250-0230 USA
전화: +1-202-720-3171
팩스: +1-202-720-2643
www.ams.usda.gov/dairy/grade.htm

검사 및 등급 평가

USDA는 제품의 건전성과 품질을 보장하기 위한 검사 및 등급 평가 서비스를 제공하는데, 등급 승인, 성분 분석, 용기 상태 검사, 무게 실측 및 분쟁 해결 등이 그 예이다. 등급 평가요원이 모든 샘플에 결함이 없는지 확인하고 샘플을 일일이 검사해 등급 기준이나 조건에 부합하는지 판단한다. 적합 판정을 받은 제품의 평가결과는 USDA의 공식 인증서에 기록된다.

유제품 감독관의 검사항목에는 다음이 포함된다.

1. 세균오염 및 환경오염을 예방하고 제품의 안전성을 극대화할 수 있도록 공장 주변이 청결해야 한다.
2. 공장 시설은 안전하게 설계되어 있어야 한다.
3. 원유 입하장, 원료 입고장, 제조실, 저온살균실, 포장실, 저장고, 창고 보관실의 조명이 제품 검사를 정확히 하고 장비 · 시설을 제대로 청소하기에 적합해야 한다.
4. 공장에 입고되는 원료는 정기적으로 등급을 매긴다.
5. 공장에 입고되는 원유는 제품의 품질 및 안전성 보장을 위해 정기적으로 분석한다.
6. 생산되는 유청이 오염되지 않은 깨끗하고 안전한 제품이라는 믿음을 구매자에게 줄 수 있도록 모든 가공처리 시설은 위생적인 설계, 적절한 유지관리 및 철저한 위생관리가 이루어져야 한다.
7. 제품의 품질과 안전성을 보장할 수 있도록 제품 취급, 생산 직원 및 공정 관리 관련 규정을 반드시 준수한다.
8. 구매자에게 제품 품질과 안전성을 보장할 수 있도록 포장 및 저장 관련 규정을 반드시 준수한다.

2.3 수출 인증 및 제품 실험 서비스

수출 인증 서비스

유제품을 해외에 수출하는 경우에는 해당 제품이 식용으로 적합하며, 위생적인 환경에서 생산되고, 가축전염병으로부터 안전하고, 미 연방 검사기준에 적합하다는 점을 증명하는 수출 인증서를 제품 수입국에게 제공하는 것이 일반적이다. USDA에서는 대부분의 유제품 수입국에서 요구하는 조건을 충족시키는 수출 인증서를 제공하고 있다. USDA의 유제품등급평가부서는 EU에 수출되는 유제품의 공식 인증기관이기도 하다.

제품실험 서비스

USDA의 제품실험 서비스는 분석 및 품질관리 테스트로 구성되며, 제품의 등급, 품질, 상태, 저장성 평가에 필수적인 모든 화학적 · 세균학적 검사를 포함한다. 제품실험 테스트 결과를 통해 제품의 품질과 건전성을 확인할 수 있다. 예를 들어 건조유청은 제품실험 테스트 5가지와 향미 테스트 1가지를 거쳐야 한다.

서비스 제공 인력

수출 인증 서비스와 제품실험 서비스는 USDA에서 감독하는 숙련된 전문 인력이 제공한다. 제품 등급 평가요원과 공장 감독관의 경우 다수가 유제품 제조학 또는 식품공학 학사 소지자로 해당 산업 내에서 주요 직책을 맡고 있다.

[사진 제공: Hilmar Cheese Company]

미국 유제품 연구소(ADPI)

미국 유제품 연구소(The American Dairy Products Institute, 이하 ADPI)는 미국산 유청 및 관련 제품에 대한 다양한 조성분석을 통해 미국 유제품 수출 판매에 기여하고 있다. ADPI 규격의 예는 아래 제시되어 있으며, 아래로 문의하면 ADPI의 제품 성분에 대한 보다 자세한 정보를 얻을 수 있다.

American Dairy Products Institute
166 North York Street
Elmhurst, Illinois 60126 USA
전화: 1-630-530-8700
팩스: 1-630-530-8707
www.adpi.org

2.4 코셔 인증 및 할랄 인증

공급업체에서 세계적인 인증기관을 통해 코셔 인증이나 할랄 인증을 자발적으로 받는 방법도 가능하다. 코셔나 할랄 인증은 종교적인 율법에 따라 특별히 중요하고 민감한 사항들이 있는 만큼, 공급업체에 확인해야 해당 인증의 요건에 맞는 유청을 구입할 수 있다. 보다 자세한 정보는 공급업체에 문의하면 된다.

2.5 주 농무부

각 주정부 차원에서도 유가공 업체에 대한 인증을 실시하고 있다. 보다 자세한 정보는 공급업체에 연락하면 얻을 수 있다.

2.6 기타 인증 및 제품실험

다른 산업분야에 제품을 공급할 자격을 부여하는 인증제도도 있다. 대표적인 예가 American Institute of Baking 인증, ISO 9000 인증, PMO인증, 미국 공중위생국(United States Public Health Service, USPHS) 인증, EPA인증 등이다. 이 외에도, 개별 공급업체 차원에서 제품생산 및 완제품 기록보관 등과 관련해 추가적인 실험을 시행할 수도 있다.

U.S. Extra Grade 건조유청의 미국 국가 표준

기준	건조유청(스위트)	퍼미에이트/유제품 고형분	저염유청	농축유청단백	분리유청단백
단백질	11.0~14.5%	3.0~5.0%	11.0~15.0%	34.0~79.9%	92.0%
유당	63.0~75.0%	65.0~85.0%	70.0~80.0%	10.0~55.0%	0.5%
유지방	1.0~1.5%	0.0~1.5%	0.5~1.8%	1.0~10.0%	1.0%
회분	8.2~8.8%	8.0~20.0%	1.0~7.0%	4.0~8.0%	2.0%
수분	3.5~5.0%	3.0~5.0%	3.0~4.0%	3.0~4.0%	4.5%
SPC*	≤ 30,000/g	≤30,000/g	≤30,000/g	≤30,000/g	≤30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g	≤ 10/g	≤ 10/g	≤ 10/g	≤ 10/g
살모넬라균	음성반응	음성반응	음성반응	음성반응	음성반응
리스테리아균	음성반응	음성반응	음성반응	음성반응	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응	음성반응	음성반응	음성반응	음성반응
초분	7.5~15.0mg	7.5~15.0mg	7.5~15.0mg	7.5~15.0mg	7.5~15.0mg
적정산도	0.10~0.15%	0.10~0.15%	–	–	–
pH	5.8~6.5		6.2~7.0	6.0~6.7	6.7~7.5
색상	황백색~크림색	황백색~크림색	크림색~진한 크림색	백색~연한 크림색	백색~연한 크림색
향미**	정상적인 유청맛	정상적인 유청맛	정상적인 유청맛	순한 맛, 깔끔한 맛	순한 맛, 깔끔한 맛
회분의 알칼리도	≤ 225ml 0.1N HCL/100g				

* SPC=표준평판균수
** 재액화 형태에만 적용된다.
주: 조성표에는 특징적인 성분(유당, 미네랄, 단백질 등)의 함량 비율이 기재된다. 유당과 단백질 비율은 5% 단위, 미네랄과 분리유청단백은 2% 단위로 기록하나, 해당 제품에 대한 분석내용이 제공되는 경우에는 실제 비율을 기록한다.
출처: ADPI 성분기술서, 1998년 개정판

제조기술 3

[사진 제공: Hilmar Cheese Company]

3. 제조기술

작성:
캐런 스미스 박사 (Dr. Karen Smith)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

편집:
러스티 비숍 박사 (Dr. Rusty Bishop)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

미국산 스위트 유청은 주로 효소를 사용해 응고시켜 만드는 치즈의 생산과정 중 얻게 되는 산물이다. 미국 내에서 생산되는 치즈의 종류는 다양하지만, 체다 치즈와 모짜렐라 치즈가 대다수를 차지한다.

3.1 유청 가공기술: 개요

치즈 배트에서 꺼낸 유청에는 치즈 커드로 응유되지 않고 남은 치즈 조각 및 입자, 지질, 산, 미네랄, 미생물 및 기타 우유 성분이 포함되어 있다. 치즈제조기는 보통 원심분리법을 이용해 유청에서 치즈 입자와 대부분의 지질을 제거한다. 정제용 원심기가 주로 치즈 입자를 제거하기 위해 사용되는 반면 분리기라고 부르는 다른 종류의 원심기는 지방을 제거하는 데에 사용된다. 이렇게 해서 제거된 지방이 유청크림이다. 이처럼 지방과 치즈 입자를 제거하면 최종 유청제품의 품질을 향상시킬 수 있다.

치즈 제조과정에서는 유당을 젖산으로 바꾸기 위해 치즈 배양균을 우유에 가미하는 기법을 사용한다. 문제는 이러한 치즈 배양균이 유청에도 존재해 유당이 젖산으로 바뀌는 원치 않는 결과가 일어날 수 있다는 점이다. 따라서 유가공업체에서는 유청을 즉시 저온살균해 치즈 배양균의 활성을 억제하거나 유청을 7℃ 미만으로 신속히 냉각시켜 산의 생성을 막은 뒤에 저온살균하는 방법을 사용한다.

유청을 저온살균(고온, 단시간)하는 방법은 72℃ 이상의 온도에서 15초 이상 가열하는 것이다. 저온살균 시 가열 온도나 시간을 다양하게 할 수 있지만 72℃ 이상에서 15초 이상 가열하는 방법이 가장 많이 이용된다. 저온살균은 유청 내에 서식하고 있을지 모르는 병원균을 제거하고 치즈 배양균과 기타 세균의 활동을 억제하는 효과가 있다.

저온살균 과정을 거치고 치즈 입자와 유청크림을 제거하고 나면 이제 유청을 원하는 유청제품으로 바꿀 수 있다. 미국 유제품 제조업체는 제품의 기능 및 영양 면에서 최종 소비자의 요구를 충족하기 위해 아래 기술 가운데 한 가지 이상을 사용하고 있다.

유청 가공기술의 예:
- 증발 및 건조
- 원심분리
- 결정화
- 크로마토그래피
- 이온교환
- 전기투석
- 막 기술
- 흡착 (예: 탈색을 위한 활성탄소 처리)

3.2 증발 및 건조

- 거의 모든 유청제품에 사용되는 가공기술
- 증발/건조 유형에 따라 완제품의 품질이 달라짐
- 단백질 변성이 대체로 발생하지 않음

증발법은 유청에서 수분을 제거하는 공정이다. 치즈 배트에서 바로 꺼낸 유청에는 대략 6~7%의 고형분이 함유되어 있다. 이때 증발법을 사용하면 수분이 제거되어 유청 내 총 고형분의 함량이 증가한다. 수분이 줄면 유청 취급 시 운송비와 저장비가 줄어들기 때문에 증발법은 유청제품 제조과정에서 자주 이용되는 가공법이다. 또한 증발법은 결정화나 건조 등의 다른 가공 단계 전에 반드시 거쳐야 하는 필수 공정이기도 하다.

진공농축은 증발법 가운데 흔히 이용되는 종류로, 100℃보다 한참 낮은 온도의 진공 상태에서 증발기를 사용해 유청 내 수분을 증발 · 제거시키는 방법이다. 이때 가해지는 열로 인해 유청단백에 돌이킬 수 없는 구조변화(변성)가 생길 수 있다. 하지만 온도를 낮춰서 진공증발 과정을 진행하면 유청단백의 변성을 최소화할 수 있다.

진공 정도, 증발기 종류, 예열시간 및 온도는 유청의 최종성질을 결정하는 중요한 변수로 작용한다. 예를 들어, 겔 형성력이 높은 유청분말을 만들기 위해서는 증발 온도를 높이고 시간을 늘려야 한다. 증발법을 사용할 때는 일반적으로 유청단백에 발생하는 손상을 최소화할 수 있는 증발 조건을 선택한다.

건조법은 증발법에서 비해 유청에 함유된 수분을 더 많이 제거하는 가공법이다. 건조법에 사용되는 건조기의 종류는 다양하지만, 식용으로 제조되는 유청제품은 대체로 분무건조기를 사용해 건조시키는 반면 동물사료용 유청제품은 드럼건조기로 건조시키는 경우도 있다.

분무건조법은 열풍이 흐르는 분무실 내에서 농축유청을 분무해 건조시키는 방법이다. 건조한 실내에 유청을 분무해 수분을 즉시 증발시킴으로써 유청단백의 열손상을 막을 수 있다. 분무기는 압력노즐 형태이거나 원심분리판 구조이다. 분무 입자 크기와 분무실 기온 및 기류를 조절함으로써 고형분을 비교적 낮은 온도에 노출시키면서도 수분을 거의 100% 증발시킬 수 있다. 분무건조법을 이용하면 용해성, 향미, 색감이 모두 우수한 유청분말을 얻을 수 있다.

롤러건조법은 회전하는 고온의 롤러 표면에 농축유청을 직접 닿게 해서 건조시키는 방법이다. 고열로 인해 비효소적 갈변, 단백질 변성 등 유청단백에 영구적인 변화가 자주 발생한다. 롤러건조 공정을 거친 유청제품은 메일라드 반응으로 인해 분무건조된 제품에 비해 색이 어둡고 초분 함량이 높으며 용해성이 낮다.

분무건조법으로 생산한 유청제품은 복원성 향상을 위해 인스턴트화하기도 하는데, 인스턴트화는 분무된 미세한 유청입자를 포도송이 형태로 응집시키는 방법이다. 분말 입자 사이사이의 공간 때문에 분산성과 입자의 수화성이 커지는 효과가 발생한다.

[사진 제공: Land O' Lakes Food Ingredients Division]

3.3 고부가가치 유가공법

높은 가치의 유청 성분을 농축하거나 분리하는 가공법은 막 기술, 전기투석, 이온교환, 결정화 등 매우 다양하다.

막 기술

- 압력에 의한 분리 공정으로 반투과막을 사용
- 비교적 낮은 온도에서 진행
- 소량 생산에서부터 대량 생산에 이르기까지 모두 적합
- 단백질 변성을 일으키지 않음
- WPC34에서부터 WPC90까지 제조 가능
- 역삼투압법, 나노여과법, 한외여과법, 정밀여과법 등이 있음

막 기술은 액상 유청을 반투과막에 통과시키는 공정이다. 펌프와 밸브를 사용해 막 전체에 압력구배를 형성하여 유청 안의 작은 분자들을 막에 투과시킴으로써 막을 통과하지 못한 큰 분자와 입자들을 농축시킨다. 이때 막을 통과하지 못한, 즉 농축된 부분을 농축액이라고 부르고 막을 통과 또는 투과한 부분을 퍼미에이트이라고 부른다.

막의 구멍 크기와 걸러낼 수 있는 분자의 무게를 조절하면 유청 성분을 선별적으로 분리하거나 농축할 수 있다. 유청 가공에 사용되는 막에는 4가지 등급이 있다.

(1) 역삼투압막(reverse osmosis)
(2) 나노여과막(nanofiltration)
(3) 한외여과막(ultrafiltration)
(4) 정밀여과막(microfiltration)

막 기술 공정에서는 유청이 55℃ 이상의 온도에 노출되지 않기 때문에 열로 인한 단백질의 변성을 최소화할 수 있다.

역삼투압막은 유청 가공에 사용되는 막 중에서 구멍 크기가 가장 작다. 오직 수분 입자만 투과시키고 나머지 유청 성분은 모두 농축시킨다. 역삼투압막은 흔히 담수를 추출하는 데 이용된다. 역삼투압막은 일반적으로 소금 입자를 걸러내는 능력에 따라 등급이 매겨진다. 진공농축에서처럼 역삼투압법 역시 유청 내 고형분의 비율은 그대로 유지하면서 수분만 제거해 농축시킨다. 역삼투압법은 수분을 제거하는 원리이기 때문에 유청의 점도 및 삼투압의 크기에 따라 유청의 농축 정도가 달라진다.

나노여과막은 흔히 '느슨한' 역삼투압막이라고 불린다. 나노여과막은 수분과 함께 1가 이온을 투과시키기 때문에 유청을 부분적으로 '탈염'시키는 결과를 낳는다. 나노여과법은 1가 미네랄만 제거하기 때문에 유청의 미네랄 함량이 다소 줄어들게 된다. 유청의 염화나트륨 함량을 줄이기 위해 나노여과법을 사용하기도 한다.

한외여과막은 역삼투압막이나 나노여과막에 비해 구멍 크기가 크다. 유당과 회분 입자는 통과시키고 유청 내 단백질은 걸러내기 때문에 한외여과막은 농축유청단백(WPC) 생산에서 표준 막 역할을 한다. 제거되는 유당과 회분 양이 많아질수록 농축유청단백의 단백질 함량이 높아진다. 농축단백이 증가하면 유청의 점도도 증가하기 때문에, 단백질 함량이 50% 이상인 농축유청단백을 생산하기 위해서는 농축액 안에 불필요하게 많이 들어있는 유당과 미네랄을 물로 씻어내는 정용여과(diafiltration) 과정을 거쳐야 한다.

정밀여과막은 막 분리 공정에 사용되는 막 가운데 구멍이 가장 크다. 용해성 있는 작은 단백질 입자, 펩타이드, 유당, 미네랄, 비단백질소 성분과 수분 입자는 정밀여과막을 쉽게 통과한다. 하지만 지방 입자는 걸러지기 때문에 정밀여과막은 원심분리법으로 여과되지 않고 남아있는 소량의 지방을 제거하는 데 사용되기도 한다. 분리유청단백(WPI)을 생산하기 위해서는 소량의 지방도 모두 제거해야 한다.

전기투석

- 단백질 변성을 일으키지 않음
- 작업 중단 없이 지속적인 유청 가공이 가능
- 미네랄 성분을 70~75%까지 제거

전기투석 역시 반투과막을 사용하는 기법이지만 앞서 설명한 막 기술 공정과 다른 점은 물리적인 압력 대신 전류를 이용해 유청 성분을 분리한다는 점이다. 전기투석막은 유당과 단백질은 걸러내고 미네랄만 통과시킨다. 전류가 흐르면서 전하를 띠는 미네랄 이온을 투과막 반대편으로 끌어당겨 염수로 흘러 들어가게 만든다. 유당은 전류의 영향을 받지 않으며 단백질은 막을 통과하지 못하기 때문에 오직 미네랄만 제거된다. 전기투석법을 이용하면 유청의 미네랄 성분을 75%까지 제거하면서도 단백질 변성은 막을 수 있다.

이온교환

- 단백질 변성을 일으키지 않음
- 고순도 유청제품 생산이 가능
- 미네랄 성분을 98%까지 제거

이온교환은 일종의 크로마토그래피 공법이다. 예를 들어 탈염유청 제조 시 유청이 충전된 관을 통과하게 되는데, 이때 관 안에 들어있는 비드에 유청 안의 이온(전하를 띠는 미네랄)이 흡착되고 단백질, 유당 등의 나머지 유청 성분은 아무런 방해를 받지 않고 관을 통과한다. 결과적으로 이온교환 공정을 거친 유청의 미네랄 함량은 그렇지 않은 유청에 비해 낮아지게 된다. 이온교환법은 단백질 변성을 일으키지 않으며 미네랄 성분을 98%까지 제거할 수 있다.

크로마토그래피

- 단백질 변성을 일으키지 않음
- 고순도 유청제품 생산이 가능
- 고부가가치, 고순도 제품 생산에 적합

크로마토그래피는 전하를 가진 수지를 이용해 유청에 함유된 단백질을 다른 성분들로부터 분리해 내는 가공법이다. 유당 등의 다른 유청성분이 관을 그대로 통과하는 반면 단백질은 반대 전하를 띤 수지에 흡착된다. 수지가 들어있는 관이나 탱크에 유청을 통과시킨 뒤에는 완충액을 흘려 넣어 수지에 달라붙어 있는 단백질을 분리시킨다. 한외여과법과 분무건조법을 차례로 적용하면 단백질의 순도를 더욱 높일 수 있다.

또한 크로마토그래피는 특정 단백질을 다른 유청 단백질로부터 분리시키는 데 사용되기도 한다. 스위트 유청의 일반적인 pH수치에서 락토페린과 락토페록시다제가 양이온을 띠는 반면 알파-락트알부민, 베타-락토글로불린, 소 혈청알부민과 같은 대부분의 유청 단백질은 양이온을 띤다. 유청이 음이온 수지가 들어있는 탱크를 지나가는 동안 양이온을 띠는 락토페린과 락토페록시다제는 수지와 결합하고 나머지 단백질 및 유청 성분은 관을 그대로 통과하게 된다. 이후 알칼리 용액을 관에 흘려 넣어 수지에 달라붙어 있는 단백질을 분리시킨다. 이렇게 해서 얻은 단백질은 물로 씻어내고 분무건조시킨다.

결정화

- 속도가 느린 배치(batch) 공법
- 다른 가공법과 결합해서 사용
- 단백질 변성을 일으키지 않음
- 비흡습성 유청 생산, 유당 추출 및 제거에 이용
- 고순도 유당을 걸러내기 위해 정제/경사 기법과 함께 사용

결정화는 유당이나 비흡습성 유청/퍼미에이트 분말을 생산하는 데 사용되는 가공법이다. 증발법을 사용해 유청이나 퍼미에이트를 50% 이상의 총고형분으로 농축시키는 방법인데 이 과정에서 유당이 과포화 상태가 되기 때문에 유청/퍼미에이트가 냉각되는 즉시 유당 결정체가 형성된다. 유청/퍼미에이트가 충분히 냉각되고 나면 유당 결정체를 제거하여 추가 가공처리를 통해 고순도 유당을 제조할 수도 있고, 유당 결정체가 들어있는 유청/퍼미에이트 용액을 건조시켜서 비흡습성 유청/퍼미에이트 분말을 만들 수도 있다.

3.4 기타 유가공법

기타 여러 가공법을 통해 유청의 가치를 더욱 높일 수 있다. 고부가가치 유가공법에는 유당 가수분해, 단백질 가수분해 및 맞춤형 변성법 등이 있다.

유당 가수분해

유청에 베타-갈락토시다제 효소를 넣어서 이당류인 유당을 단당류 성분인 포도당과 갈락토스로 가수분해하는 방법이다. 시간과 온도를 조절해 유당의 가수분해 정도를 결정할 수 있다.

단백질 가수분해

프로테아제는 단백질을 가수분해하는 효소이다. 프로테아제 종류, 시간, 온도를 조절해 단백질 가수분해의 유형과 정도를 결정할 수 있다.

맞춤형 변성

유청 단백에 열을 가해 기능적 특성을 변화시키는 방법이다. 가하는 열의 온도와 시간을 조절해 유청단백의 변성 정도를 결정할 수 있다. 이러한 맞춤조절 변성법은 주로 예열처리 과정에서 사용된다. 변성되지 않은 유청단백의 양은 유청단백태질소 지수를 통해 확인할 수 있다.

Q & A

Q: 정밀여과법으로 제조한 WPI와 이온교환/크로마토그래피로 제조한 WPI의 차이점이 무엇입니까?

A: 이온교환/크로마토그래피와 정밀여과법으로 제조한 WPI 모두 총 성분 면에서는 크게 차이가 없습니다. 가장 큰 차이는 정밀여과법으로 제조한 WPI의 글리코매크로펩타이드(GMP) 함량입니다. GMP가 함유되지 않은 제품을 원하는 소비자는 반드시 정밀여과법으로 만든 WPI를 선택해야 합니다. GMP 함량 외에는 두 가지 가공법으로 만든 WPI의 기능적 특성이 서로 비슷합니다.

Q: 유청단백태질소 지수(WPNI)란 무엇입니까?

A: 유청단백태질소 지수(WPNI)는 변성되지 않은 유청단백의 양을 간접적으로 측정한 값을 말합니다. WPNI는 가공 과정에서 단백질이 받은 열처리 정도를 나타냅니다. 유청단백의 용해성은 보통 WPNI값과 상관관계가 있기 때문에 WPNI는 최종 소비자가 제품 선택 시 고려해야 하는 매우 중요한 요소입니다.

Q: 초분이 무엇이고 중요한 성분입니까?

A: 초분은 황갈색에서부터 갈색을 띠는 작은 입자로 육안으로도 쉽게 구별이 됩니다. 건조 과정에서 건조기 표면에 직접 닿아서 달라붙는 유청이 생기는데 이 입자들은 더 높은 열에 노출됩니다. 결국 이 입자들도 충분히 건조되어 건조기 표면으로부터 떨어져서 유청 분말 안으로 들어가게 됩니다. 더 높은 열에 노출되었기 때문에 이 입자들은 일반적인 다른 분말 입자보다 어두운 색을 띠고 용해성도 떨어집니다. 초분이 중요한 성분인지 여부는 건조유청 분말의 최종 용도에 따라 판단할 수 있습니다. 초분이 다소 어두운 색을 하고 용해성이 떨어지기 때문에 일부 용도에는 적합하지 않을 수 있습니다.

Q: 탈염유청의 가격이 스위트 유청에 비해 높은 이유가 무엇입니까?

A: 유청을 탈염하는 방식에는 이온교환과 전기투석 2가지가 있습니다. 이온교환법에는 많은 양의 물이 필요한데 이 물은 반드시 폐수처리를 한 뒤에 방류해야 합니다. 한편 전기투석은 전력 소모가 많기 때문에 미국 내 대부분의 지역에서 비용이 매우 높은 가공법입니다. 탈염유청의 제조업체에서는 수익성을 유지하려면 가공단계에서 발생하는 비용을 제품 가격에 포함시킬 수 밖에 없기 때문에 탈염유청의 가격을 높게 책정하는 것입니다.

3.5 고급 유청원료 기술

유청단백의 제조 방법에는 혁신성과 실용성이 절묘하게 어우러져 있다. 이온교환, 친화막, 바이오셀렉티브 흡수, 역미셀 추출 등의 가공법을 통해 크로마토그래피를 독특하게 변형시켜 특정 유청단백을 분리 · 정제하는 방법에 대해 연구가 한창 진행 중이다. 일례로 미국 위스콘신 대학교(University of Wisconsin, Madison)의 연구원들이 막 크로마토그래피를 이용해 단백질을 분리하는 실험을 진행하고 있다. 최신 크로마토그래피 기술은 25년 전에 생물약제산업에서 시작된 공법에서부터 발전한 것으로 유청분야에 적용할 경우 락토페린, 베타-락토글로불린과 같은 중요한 단백질을 정제할 수 있는 새로운 방법을 제시해 줄 수 있다.

미국 유타 주립 대학교(Utah State University, Logan)에서는 유청에서 락토페린과 트랜스페린을 기술적으로 분리할 수 있다는 연구결과가 발표됐다. 미국 캘리포니아 대학교(University of California, Davis)에서는 역미셀 용액을 사용해 특정 단백질을 분리시킬 수 있는 유망한 유청단백 분리기술이 개발되어 현재 검토 단계에 있다. 역미셀을 이용한 공법은 특정 단백질을 동시에 농축하고 정제하는 효과적인 방식을 통해 혼합용액으로부터 특정 단백질을 끊임없이 추출할 수 있는 길을 열어주는 획기적인 기술이다.

유청단백 활용 수준을 높이기 위해서는 단백질의 기능성을 발전시켜서 새로운 용도로 이용 가능하게 만들어야 한다. 현재 다양한 물리적? 화학적 기술변형을 통해 유청단백의 활용 범위를 확대시키기 위한 연구가 진행되고 있다.

일례로, 기존의 식물성 단백질 원료에 버금갈 정도로 뛰어난 질감의 유청단백을 만들 수 있는 유청단백 압출성형에 대한 연구가 이루어지고 있다. 이외에도, 일반적으로 하이드로콜로이드를 사용해야 얻을 수 있는 걸쭉함, 겔 형성력 및 냉동?해동 안정성을 제공하는 유청단백 중합체도 개발되었다.

역미셀 정제법에서 주목해야 할 또 다른 부분은 바로 마이크로에멀전 기법이다. 의약품, 식품, 화장품에 적용할 수 있는 생체적합성을 지닌 새로운 유형의 마이크로에멀전을 생성하는 데 알파-락트알부민이 중요한 역할을 할 수 있다는 새로운 연구결과가 발표되었다.

캘리포니아 대학 연구진은 유청단백을 미세캡슐화 물질로 활용하는 기술을 개발하고 이에 대한 특허권을 획득하는 데 성공했다. 유청단백을 새로운 용도로 활용하는 이 기술은 식품 원료, 의약품 및 기타 활성물질을 구성하는 액적 또는 고형물질 주변에 얇은 막을 형성시킨다. 유청단백 고유의 기능적 특성과 영양적 가치를 고려해 보면 이 기술은 기능성 식품과 의약품뿐만 아니라 무수히 많은 분야에서 활용할 수 있다.

본 원고는 2000년 5월에 Dairy Industry Technology Review에 실린 “Innovations in Dairy”를 수정한 내용으로 데어리 매니지먼트사(Dairy Management Inc.)의 허가 하에 재인쇄되었습니다.

3.6 단백질 중합 및 변형

아난드 라오 박사 (Dr. Anand Rao)
Davisco Foods International, Inc.
(Eden Prarie, MN)

서론

유청단백은 가공식품의 영양과 기능을 모두 향상시키는 역할을 한다. 유청단백의 기능적 특성을 향상시키거나 변형시키는 방법에는 화학적, 물리적, 효소적 작용 등 다양한 방법이 있다. 단백질의 화학적 변형의 예로는 아세틸화, 숙시닐화, 에스테르화, 아미드화, 인산화, 티올화 등이 있다. 또한 휘핑, 압출성형과 같은 물리적 압력이나 열처리 등의 물리적 기술을 이용해서 단백질의 기능성을 변형시킬 수도 있다. 단백질의 효소적 변형은 교차결합을 통해 보다 거대한 중합체를 형성하기 위한 목적이거나 가수분해를 통해 작은 펩타이드나 폴리펩타이드를 형성하기 위해 사용된다.

본고에서는 효소를 이용한 단백질 중합체와 가수분해물의 생성 및 그로 인한 기능성의 변화만을 중점적으로 다룰 계획이다.

중합

효소는 유청단백의 분자 내 교차결합과 분자 간 교차결합 형성에 사용되며 그 결과 복합 중합체가 생성된다. 트랜스글루타미나제(TGase)는 교차결합을 이용한 유청단백 변형에 미치는 영향을 미치는 효소로 알려져 이에 대한 연구가 폭넓게 진행되고 있다. TGase는 폴리펩타이드 사슬의 글루타민 잔기과 리신 간의 공유결합을 촉진시켜 중합반응을 유도한다. 이렇게 해서 생성된 중합체는 본래 유청단백과는 전혀 다른 기능적 · 유동학적 특성을 보인다.

유청단백의 중합에 따른 가장 큰 변화는 겔 강도가 크게 10배까지 증가한다는 점이다. 유청단백의 중합은 이외에도 다음과 같은 변화를 일으킨다.

- 중합체 용액의 점도를 높여 음료의 식감을 향상시킨다.
- 용액의 점도를 높여 껌이나 안정제의 기능을 제공한다.
- 질감을 살린 육류나 기타 식품에 열을 가하지 않고도 겔을 형성할 수 있다.
- 칼슘염 등의 겔화제를 넣지 않고도 겔을 형성 할 수 있다.
- 중합체 간 결합력을 강화시켜 유청단백을 함유한 식용필름의 질을 향상시킨다. 필름의 방습성이 향상된다.

유청단백과 기타 식품단백(예: 밀 글루텐 단백) 간의 단백질 교차결합은 TGase를 사용해 유도할 수 있다. 단백질 간 교차결합으로 인한 중합은 제빵제품에서 밀가루 반죽의 점탄성을 높이는 효과를 가져온다.

가수분해

이론상으로 가수분해에 의한 단백질 변형은 중합과 정반대의 작용이다. 프로테아제는 단백질 분자의 펩타이드 결합을 끊어서 더 작은 펩타이드와 폴리펩타이드로 분해하는 데 가장 자주 이용되는 효소의 총칭이다. 가수분해의 정도, 즉 유청단백을 어느 정도로 가수분해할 것이냐에 따라 식품 원료로서 가수분해물이 지니는 기능적 특성이 달라진다.

가수분해 유청단백이 가져오는 변화는 다음과 같다.

- 용액의 점도가 낮아지기 때문에 식품(음료) 제조 시 제품이 걸쭉해지는 현상 없이 단백질 함량을 높일 수 있다.
- 용해성이 높아지기 때문에 산성음료에 사용해도 가수분해되지 않은 단백질과는 달리 침전이나 혼탁 현상이 발생하지 않는다.
- 유화성이 높아진다. 가수분해 단백질이 모두 유화성을 지니는 것은 아니다. 유화성은 가수분해 정도와 가수분해물에 들어있는 펩타이드의 종류에 따라 달라진다. 마요네즈같은 오일 성분의 식품에 사용하기에 알맞다.
- 거품 형성력이 강화된다. 가수분해된 단백질은 가수분해되지 않은 단백질에 비해 5~10배나 많은 거품을 만들 수 있다. 아이스크림, 거품음료, 거품을 낸 토핑 등 거품 성분의 식품에 사용하기에 알맞다.
- 겔 형성력이 저하되기 때문에 열처리된 음료의 단백질 공급원 역할을 할 수 있다.
- 구조적 특성이 개선된다. 가수분해되지 않은 단백질은 수분 결합력이 있어서 바, 쿠키 등의 고단백 식품에서 다른 단백질과 강력한 결합구조를 형성한다. 이러한 성질은 제품의 질감을 딱딱하게 만들고 유통기한도 단축시키는 결과를 낳는다. 반면 가수분해 유청단백의 펩타이드는 이러한 단백질 결합구조를 분해해서 씹는 맛을 부드럽게 만들어 준다.

기능적 특성 외에도 가수분해 유청단백은 생물학적 작용을 하는 펩타이드를 생성하는 효과가 있다. 유청 펩타이드의 생물학적 기능은 다음과 같다.

- 항균 작용
- 항고혈압 작용
- 항암 작용
- 아편 작용(심박수와 호흡수를 낮춤)
- 신진대사 증진

가수분해되었다고 해서 모든 유청단백이 식품 제조상에서 똑같은 반응을 보이는 것은 아니라는 사실을 유념해야 한다. 따라서 지금 제품에 들어가는 가수분해 유청단백보다 더 경제적인 가수분해 유청단백이 있다고 해서 함부로 바꿔서 제품을 만들 수 있는 것이 아니다. 각 원료마다 기능적 · 생물학적 특성이 다르기 때문에 제조 식품과 가공 조건에 따라 각 원료의 특성을 철저히 파악하는 것이 중요하다.

4 유청제품의 정의, 성분 및 기능

개요

다음 자료들은 유청제품별 성분, 물리적 · 화학적 특성 및 타 유청제품에의 활용에 대한 기본적인 기준을 제시한다.

유청은 천연 유제품이다. 액상 및 기타 형태의 유청도 제품마다 차이가 나듯, 성분 함량을 표준화하지 않은 유청제품에도 저마다 차이가 있다. 또한 원료나 가공법에 따라서도 유청제품의 기능적 · 영양적 특성이 달라진다. 단백질 함량이 증가하고 특정 성질을 강화하기 위해 변형된 가공법을 적용함에 따라 제품의 제조 공정과 브랜드의 중요성이 갈수록 커지고 있다.

고단백 WPC 및 WPI 같은 고급 유제품을 구매할 경우에는 정확한 제품 규격을 제조업체에 직접 확인해서 원하는 성분과 특성의 제품을 선택할 수 있도록 해야 한다. 하지만 스위트 유청분말, 에시드 유청분말, 저유당 유청, 탈염유청, WPC34의 경우에는 제품 성분 및 특성 상에 다소 변동이 있더라도 대부분의 최종 소비자는 신경 쓰지 않아도 된다. 각 제품별로 제조과정에서 가장 자주 사용되는 가공법을 그림 4.1, 4.3, 4.4, 4.5, 4.11, 4.12에 요약해 두었다.

미국산 유제품의 기술 규격은 해당 제조업체에 문의하면 확인할 수 있다.

4.1 스위트 유청분말

제품 정의

스위트 유청분말은 치즈(체다, 모짜렐라, 스위스 치즈 등) 생산과정에서 나온 생유청을 건조시켜서 만드는데, 이때 유청은 저온살균된 것으로 방부제가 전혀 들어가지 않아야 한다. 스위트 유청분말에는 수분을 제외한 생유청의 모든 성분이 동일한 비율로 함유되어 있다.

보관 방법

제품의 보관 및 운송 시 27℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 서늘하고 건조한 환경을 유지해야 한다. 6~12개월 이내에 사용해야 한다.

표준 조성*

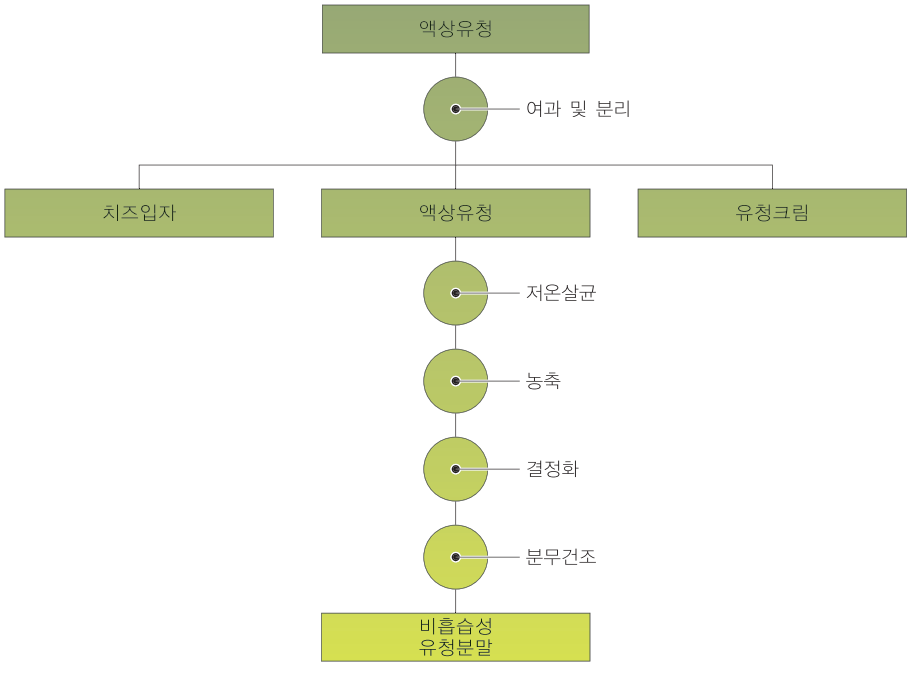
단백질	11.0%~14.5%
유당	63.0%~75.0%
지방	1.0%~1.5%
회분	8.2%~8.8%
수분	3.5%~5.0%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	≤ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
대장균 수	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/100g
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
적정산도	0.10%~0.15%
색상	황백색~크림색
향미	정상적인 유청맛

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

그림 4.1
유청분말 제조공정



4.2 에시드 유청분말

제품 정의

에시드 유청분말은 치즈(코티지, 크림, 리코타 치즈 등) 생산과정에서 나온 생유청을 건조시켜서 만드는데, 이때 유청은 저온살균된 것으로 방부제가 전혀 들어가지 않아야 한다. 에시드 유청분말에는 수분을 제외한 본래 에시드 유청의 모든 성분이 동일한 비율로 함유되어 있다.

보관 방법

제품의 보관 및 운송 시 27℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 서늘하고 건조한 환경을 유지해야 한다. 6~12개월 이내에 사용해야 한다.

표준 조성*

단백질	11.0%~13.5%
유당	61.0%~70.0%
지방	0.5%~1.5%
회분	9.8%~12.3%
수분	3.5%~5.0%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	≤ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
대장균 수	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/100g
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
적정산도	0.35%~0.44%
색상	황백색~크림색
향미	정상적인 유청맛, 약한 신맛

4.3 저유당 유청

제품 정의

저유당 유청은 유당에서 유청을 선별적으로 제거하거나 가수분해해서 만든다. 분말제품의 경우 유당 함량이 60%를 넘지 않는데, 유당 함량을 낮추기 위해서는 침전, 여과 등의 물리적 분리 기법을 사용하거나 효소를 이용해 유당을 포도당이나 갈락토스로 가수분해하는 방법이 있다. 저유당 유청의 산도는 안전하고 적절한 원료를 추가해서 조절한다.

보관 방법

제품의 보관 및 운송 시 27℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 서늘하고 건조한 환경을 유지해야 한다. 6~9개월 이내에 사용해야 한다.

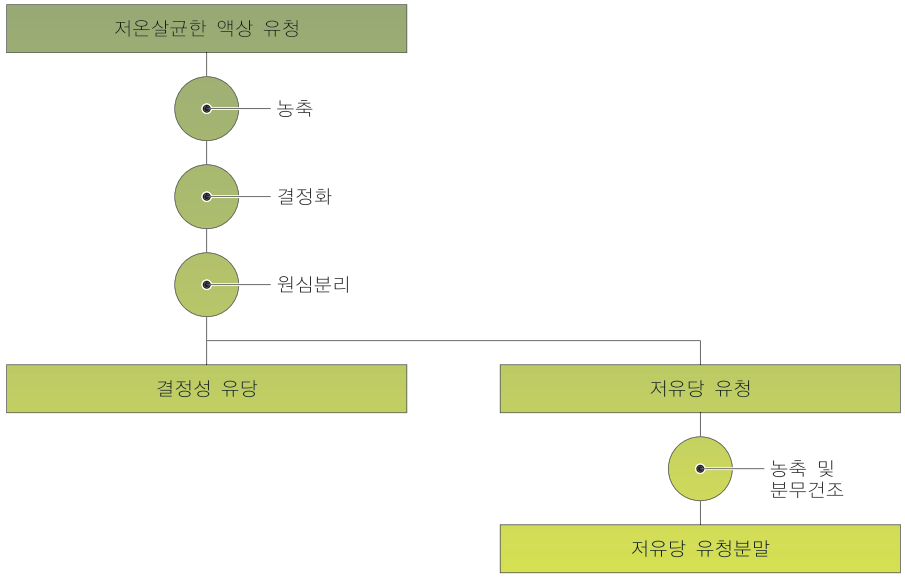
표준 조성*

단백질	18.0%~24.0%
유당	52.0%~58.0%
지방	1.0%~4.0%
회분	11.0%~22.0%
수분	3.0%~4.0%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	≤ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
대장균 수	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/100g
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
색상	크림색~진한 크림색
향미	정상적인 유청맛

그림 4.3
저유당 유청 제조공정



* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

4.4 탈염유청

제품 정의

탈염유청(일명 저염유청)은 저온살균한 유청에서 미네랄을 일부 제거해서 만든다. 일반적인 탈염 정도는 25%, 50%, 90% 수준이다. 분말제품의 경우 회분 함량이 7%를 넘지 않는다. 탈염유청 제조에는 이온교환, 정용여과 또는 전기투석과 같은 분리기법이 사용된다. 탈염유청의 산도는 안전하고 적절한 원료를 추가해서 조절한다.

보관 방법

제품의 보관 및 운송 시 27℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 서늘하고 건조한 환경을 유지해야 한다. 9~12개월 이내에 사용해야 한다.

표준 조성*

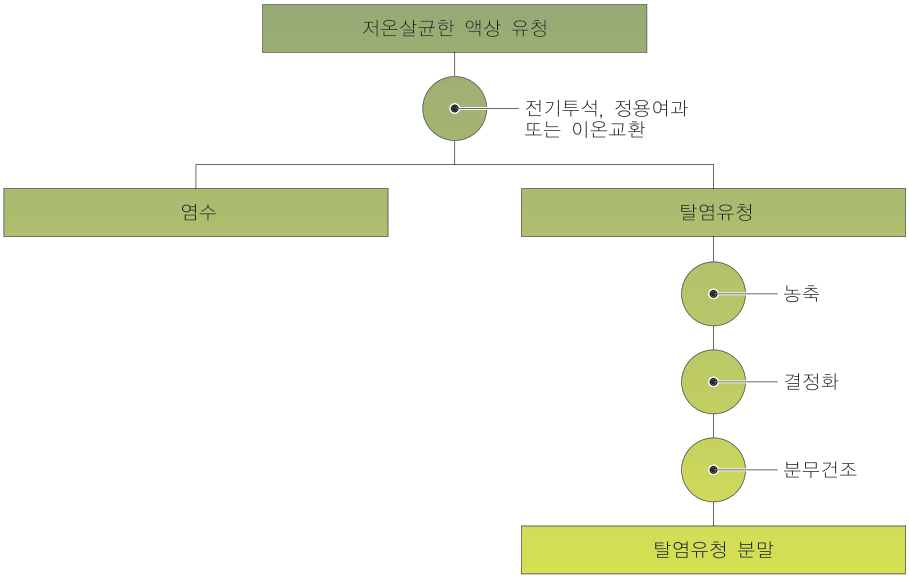
단백질	11.0%~15.0%
유당	70.0%~80.0%
지방	0.5%~1.8%
회분	1.0%~7.0%
수분	3.0%~4.0%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
미생물 표준 함량	
표준평판균수	≤ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
대장균 수	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/100g
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성	
포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
pH	6.2~7.0
색상	크림색~진한 크림색
향미	짠맛이 덜한 유청맛

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

그림 4.4
탈염유청 제조공정



4.5 WPC34

제품 정의

34%농축유청단백(WPC34)은 저온살균한 유청에서 비단백질 성분을 충분히 제거하여 분말 완제품의 단백질 함량을 34% 이상으로 높인 제품이다. WPC34는 막 분리 공정을 이용해 제조하며, 산도는 안전하고 적절한 원료를 추가해서 조절한다.

보관 방법

제품의 보관 및 운송 시 27℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 서늘하고 건조한 환경을 유지해야 한다. 9~12개월 이내에 사용해야 한다.

표준 조성*

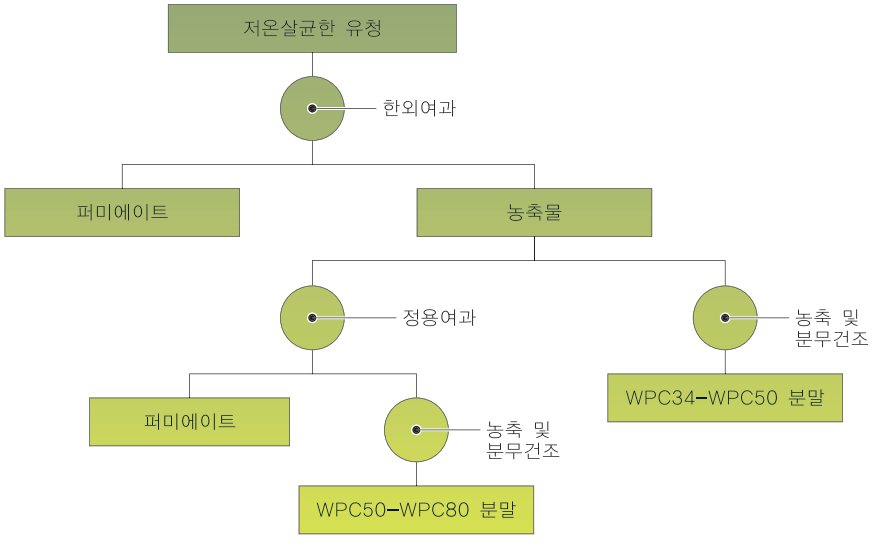
단백질	34.0%~36.0%
유당	48.0%~52.0%
지방	3.0%~4.5%
회분	6.5%~8.0%
수분	3.0%~4.5%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	≤ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
대장균 수	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/100g
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
pH	6.0~6.7
색상	백색~연한 크림색
향미	순한 맛, 깔끔한 맛

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

그림 4.5
WPC 제조공정



WPC의 열안정성
A. 후구닌 박사

(Dr. A. Hugunin, consultant, Pleasanton, CA)

식품 내 농축유청단백의 열안정성은 pH, 열처리 시간 및 강도, 칼슘 함량, 기타 성분 등 여러 가지 요인의 영향을 받는다.

열안정성에 영향을 주는 요인으로는 다음이 있다.

- 온도>75℃
- 산도 pH 3.5–6.0
- 단백질 농도>5%
- 칼슘과 마그네슘
- 유당, 설탕, 지방 농도

UHT처리 음료의 경우 처리 정도와 성분배합을 적절히 조절하지 못하면 단백질 변성 및 응집현상이 일어날 수 있다. 또한 유청단백의 열안정성을 높이기 위해서는 제조공정을 조정해야 하는 경우도 있다.

내열성을 지닌 농축유청단백의 열안정성을 평가하는 방법은 다음과 같다.

- 8% 농도의 WPC 용액 100ml를 준비한다.
- 70℃로 가열한 뒤 실온에서 식힌다.
- 125℃에서 10분간 고압멸균한 뒤 다시 상온에서 식힌다.
- 고형분을 걸러낸 뒤 여과액에서 고형분의 양을 측정한다.
- 고형분의 95% 이상(여과액 내 고형분 양을 원래 고형분 양으로 나눈 비율)이 여과장치를 통과했으면 열안정성을 지닌 것으로 보면 된다.

평가방법 제공: Glanbia Nutritionals USA

4.6 WPC50

제품 정의

50%농축유청단백(WPC50)은 저온살균한 유청에서 비단백질 성분을 충분히 제거하여 분말 완제품의 단백질 함량을 50% 이상으로 높인 제품이다. WPC50은 막 분리 공정을 이용해 제조하며, 산도는 안전하고 적절한 원료를 추가해서 조절한다.

보관 방법

제품의 보관 및 운송 시 27℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 서늘하고 건조한 환경을 유지해야 한다. 9~12개월 이내에 사용해야 한다.

표준 조성*

단백질	50.0%~52.0%
유당	33.0%~37.0%
지방	5.0%~6.0%
회분	4.5%~5.5%
수분	3.5%~4.5%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	≤ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
대장균 수	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/100g
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
pH	6.0~6.7
색상	백색~연한 크림색
향미	순한 맛, 깔끔한 맛

4.7 WPC60

제품 정의

60%농축유청단백(WPC60)은 저온살균한 유청에서 비단백질 성분을 충분히 제거하여 분말 완제품의 단백질 함량을 60% 이상으로 높인 제품이다. WPC60은 막 분리 공정을 이용해 제조하며, 산도는 안전하고 적절한 원료를 추가해서 조절한다.

보관 방법

제품의 보관 및 운송 시 27℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 서늘하고 건조한 환경을 유지해야 한다. 9~12개월 이내에 사용해야 한다.

표준 조성*

단백질	60.0%~62.0%
유당	25.0%~30.0%
지방	1.0%~7.0%
회분	4.0%~6.0%
수분	3.0%~5.0%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	≤ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
대장균 수	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/100g
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
pH	6.0~6.7
색상	백색~연한 크림색
향미	순한 맛, 깔끔한 맛

4.8 WPC75

제품 정의

75%농축유청단백(WPC75)은 저온살균한 유청에서 비단백질 성분을 충분히 제거하여 분말 완제품의 단백질 함량을 75% 이상으로 높인 제품이다. WPC75는 막 분리 공정을 이용해 제조하며, 산도는 안전하고 적절한 원료를 추가해서 조절한다.

보관 방법

제품의 보관 및 운송 시 27℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 서늘하고 건조한 환경을 유지해야 한다. 9~12개월 이내에 사용해야 한다.

표준 조성*

단백질	75.0%~78.0%
유당	10.0%~15.0%
지방	4.0%~9.0%
회분	4.0%~6.0%
수분	3.0%~5.0%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	≤ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
대장균 수	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/100g
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
pH	6.0~6.7
색상	백색~연한 크림색
향미	순한 맛, 깔끔한 맛

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

4.9 WPC80

제품 정의

80%농축유청단백(WPC80)은 저온살균한 유청에서 비단백질 성분을 충분히 제거하여 분말 완제품의 단백질 함량을 80% 이상으로 높인 제품이다. WPC80은 막 분리 공정을 이용해 제조한다.

보관 방법

제품의 보관 및 운송 시 27℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 서늘하고 건조한 환경을 유지해야 한다. 9~12개월 이내에 사용해야 한다.

표준 조성*

단백질	80.0%~82.0%
유당	4.0%~8.0%
지방	4.0%~8.0%
회분	3.0%~4.0%
수분	3.5%~4.5%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	≤ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
대장균 수	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/100g
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
pH	6.0~6.7
색상	백색~연한 크림색
향미	순한 맛, 깔끔한 맛

4.10 WPI

제품 정의

분리유청단백(WPI)은 유청에서 비단백질 성분을 충분히 제거하여 분말 완제품의 단백질 함량을 90% 이상으로 높인 제품이다. WPI는 막 분리 공정이나 이온교환법을 이용해 제조한다.

보관 방법

제품의 보관 및 운송 시 27℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 서늘하고 건조한 환경을 유지해야 한다. 9~12개월 이내에 사용해야 한다.

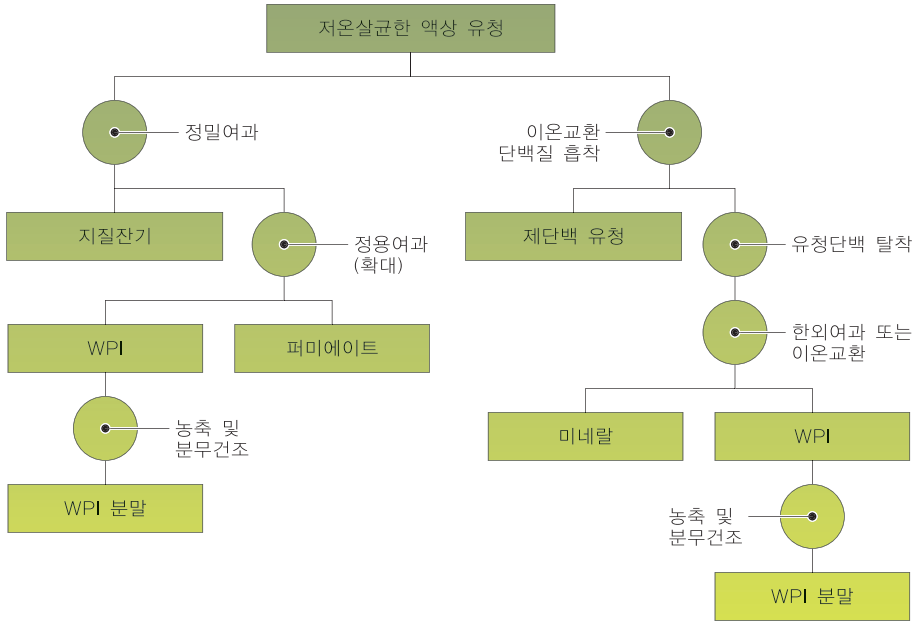
표준 조성*

단백질	90.0%~92.0%
유당	0.5%~1.0%
지방	0.5%~1.0%
회분	2.0%~3.0%
수분	4.5%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	≤10~ 30,000/g
대장균군 수	≤ 10/g
대장균 수	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/100g
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
색상	크림색
향미	순한 맛, 깔끔한 맛

그림 4.10
WPI 제조공정



* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

4.11 락토페린

제품 정의

락토페린은 78kDa의 당단백으로, N-글리코시드 결합에 의해 2개의 글리칸과 연결된 1개의 폴리펩타이드 사슬로 구성되어 있다. 우유의 락토페린 농도는 평균 10mg/l이지만 유청단백 제품에서는 그 농도가 훨씬 높게 나타난다. 일례로, 스위트 유청의 경우 락토페린 농도는 30~100mg/l 수준이다. 락토페린은 현재 양이온교환 직교류 막을 사용해 상품으로 생산되고 있으며, 크로마토그래피나 다른 공법을 사용해서도 분리할 수 있다. 락토페린은 아미노산을 공급하는 역할을 할 뿐 아니라 널리 입증된 다양한 생물학적 기능을 하는 조절인자로도 작용한다.

표준 조성*

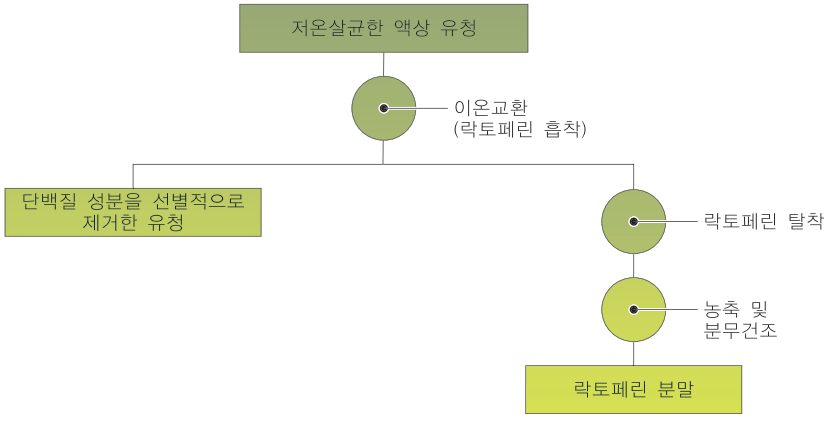
단백질 함량	〉90%
락토페린 순도	〉90%
수분	〈5%
회분	〈1.5%
철분 포화도	
저	〈10mg/단백질100g
중	35mg/단백질100g
고	〉100mg/단백질100g

물리적 · 화학적 특성*

형태	분말
pH	6~7
용해성	〉99%
철분 결합력	〉85%
표준평판균수	〈1000cfu/g
대장균군 수	〈10cfu/g
살모넬라균 수	0cfu/g

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

그림 4.11
락토페린 제조공정



락토페린의 기능과 이점

항균성

락토페린의 살균 및 정균 작용은 강력한 철분 결합력에서 기인한다. 락토페린은 세균의 성장에 필요한 철분을 차단해서 세균 증식을 억제하는 기능을 한다. 하지만 여러 연구 결과 락토페린의 항균 기능이 단순히 세균의 영양소 공급을 차단하는 데 그치는 것이 아니라 훨씬 복잡한 작용이라는 사실이 밝혀졌다. 즉, 창자 내 락토페린 수용체에 달라붙는 락토페린의 성질 때문에 다른 세균억제 효과가 발생한다는 원리이다. 또한 우유에서 추출한 락토페린이 인간의 모유에서 추출한 락토페린에 비해 농도 0.3㎛~3.0㎛에서 여러 그람음성균 및 그람양성균에 대한 항균성이 훨씬 높다는 점도 드러났다. 또 다른 동물실험에서는 혈류감염으로 인해 심각한 손상을 야기시키는 패혈성 쇼크를 락토페린이 예방하는 것으로 보이는 결과가 나왔다. 패혈성 쇼크는 특히 노인, 수술 환자, AIDS나 기타 면역질환을 앓는 사람들에게 훨씬 치명적인 결과를 일으킬 수 있다. 락토페린은 여러 종류의 인간 바이러스에 대해서도 항바이러스 효과를 지니는 것으로 보고되고 있다.

활성산소 억제

락토페린이 지닌 또 다른 생물학적 기능은 활성산소를 억제하는 기능이다. 철분을 과잉섭취하면 인체에 해로운 활성산소의 생성이 촉진되는데 락토페린은 이러한 과잉철분을 흡수한다. 과산화물이나 수산기 같은 활성산소의 과잉 생산은 주름 등의 노화현상으로 대표되는 피부 손상의 주요 원인 중 한 가지이다.

철분 운반

락토페린의 여러 다양한 기능이 많은 관심과 연구의 대상이지만, 영양 면에서 락토페린의 가장 큰 이점은 철분과 결합하는 성질과 관련된 것으로 여겨진다. 철과 결합한 상태의 락토페린이 식품 내에서 매우 효과적으로 철분을 운반하는 형태라는 연구결과가 다수 발표되었다. 락토페린은 부족한 철분을 보충하기 위해 조제분유에도 사용된다. 또한 철과 결합한 락토페린은 생체 내 이용효율이 매우 높은 철분을 보충해 주는 기능을 하기 때문에 식이 보충제, 스포츠 음료, 스포츠 바, 여성건강식품 등에도 활용될 수 있다. 락토페린은 화학 성분의 철분 보충제와 달리 변비를 유발하지 않는다는 장점도 있다. 일본에서는 철과 결합한 락토페린을 이용해 지방이나 기름 성분 식품의 영양을 강화하는 방법에 대한 특허가 나오기도 했다.

우유 및 유제품의 암 예방 기능에 대한 연구: 락토페린을 중심으로

우유 및 유제품은 서구식 식생활에서 매우 중요한 부분을 차지한다. 우유 및 유제품 섭취가 암 발생에 미치는 영향을 진단하기 위해 많은 역학조사가 시행되었으며, 그 결과 지방 섭취가 일반적으로는 종양 발생을 촉진할 수 있지만 공액리놀레산과 같은 유지방 섭취는 오히려 종양 발생을 억제하는 효과가 있다는 결과가 발표되었다. 우유에 함유된 칼슘이 직장암을 예방한다는 점도 여러 차례 입증되었다. 최근 인간 및 동물을 대상으로 한 연구조사에서 유청단백도 암 예방에 도움이 된다는 결과가 보고되었다. 동물실험 결과 우유에 들어있는 락토페린이 직장암 발생 단계에서 암의 진행을 억제한다는 사실이 밝혀졌으며, 락토페린이 직장암을 비롯한 여러 암의 화학적 예방 효과가 있는 천연 우유 성분으로 활용이 가능하다는 주장도 제기되었다.

Tsuda, U. 외. 우유 및 유제품의 암 예방 기능에 대한 연구: 락토페린을 중심으로, Mutat. Res. 2000. (4)462:227-33.

세포성장 촉진 및 면역 증진

락토페린은 장의 세포성장에 도움을 주는 것으로 알려져 있으며, 락토페린 섭취는 소화기능을 정상수준으로 빠르게 복구시키는 효과가 있다.

최근 발표된 연구결과를 통해서 알 수 있듯이, 락토페린은 다양한 면역세포의 활성을 돕기 때문에 노인이나 면역기능이 저하된 사람들에게 면역 증진 효과를 가져다 줄 수 있다.

항산화 작용

락토페린에는 과산화기의 형성을 촉진하는 활성철이나 다른 2가 금속이온과 결합해서 이를 운반하는 성질이 있다. 바로 이러한 성질 덕분에 락토페린이 금속이온에 의한 산화작용을 억제하는 기능을 하고 결과적으로 항산화 작용을 하는 것이다. 일본에는 락토페린과 결합한 형태의 철분강화 기름과 지방을 넣어 기능성 식품을 개발해 특허를 받은 사례도 있다. 철-락토페린의 결합은 철분을 공급하는 기능뿐 아니라 식품에 함유된 기름 및 지방 성분의 항산화 작용도 한다.

비피더스균의 성장 촉진

락토페린에는 비피더스균의 성장을 촉진하는 기능이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 일부 비피더스균에 대해 락토페린이 매우 중요한 성장촉진인자라는 점이 최근 연구결과에서 밝혀졌다. 지금까지 언급한 락토페린의 다양한 기능 덕분에 락토페린은 인체에 매우 이로운 건강증진 성분으로 인식되어 생균이 함유된 유제품 및 기타 기능성 식품에 사용되고 있다. 유아들에게 락토페린이 함유된 보충제(락토페린 농도: 100mg/100ml)를 섭취시킨 결과 3달 뒤에 비피더스균의 수가 늘어났다는 연구결과도 발표된 바 있다.

락토페린의 활용 사례

조제분유 및 기타 기능성 식품을 강화할 수 있는 성분과 천연 항생제에 대한 요구가 늘어나면서 락토페린의 분리와 효과적인 활용 방안에 대한 관심이 높아지고 있다. 락토페린은 이미 상품으로 개발되어 시중에 출시돼 있으며 철분 포화도가 단백질 10g당 10mg 미만인 제품에서부터 100mg당 100g이 넘는 제품에 이르기까지 매우 다양하다(조성표 참고). 철분 함량이 높은 락토페린 제품은 철분 보충제로 판매되는 반면, 철분 함량이 낮은 제품은 항균 및 정균 기능이 주된 기능이다.

현재까지 락토페린이 가장 많이 사용되는 곳은 바로 조제분유이다. 분유에 락토페린 성분을 추가하면 분유의 영양을 강화할 수 있어서 모유에 보다 가까운 분유를 만들 수 있는데, 사실 모유는 일반 분유에 비해 락토페린 함량이 20배나 많다. 철분과 결합한 락토페린은 철분 흡수를 돕는 데도 사용된다.

최근에는 식품 외에서도 락토페린을 활용하는 사례가 생기고 있다. 일례로 락토페린의 항균 작용을 활용한 치약이나 구강세정제가 개발되었다. 항균 구강세정제의 경우 락토페린, 락토페록시다제, 리소자임 성분을 함유하고 있다.

4.12 락토페록시다제

제품 정의

락토페록시다제는 분자량이 77.5kDA인 당단백이다. 1~30mg/L의 농도로 스위트 유청에 들어있는 효소이자 천연 항균제이다. 락토페록시다제는 우유에 들어있는 수십 종의 효소들 중 하나로 항균효과를 지닌다. 유청 성분의 락토페록시다제는 내열성이 비교적 강하다.

보관 안정성 및 방법

락토페록시다제는 2~8℃에 보관해야 하며, 6개월 이상 보관해도 변질되지 않는다.

표준 조성*

단백질	92%
수분	5%
회분	3%

물리적 · 화학적 특성*

형태	녹색/갈색 분말
pH	6~7
용해성	
(농도 2% 미만의 수용액에서)	〉99.9%
표준평판균수	〈1000cfu/g
대장균군 수	〈1/g
황색포도상구균	음성반응/g
살모넬라균	음성반응/5g
효모 및 곰팡이균	〈10/g

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

락토페록시다제의 기능과 이점

항균 · 방부효과

락토페록시다제는 효소반응을 통해 다양한 미생물을 비활성화하거나 사멸시킨다. 효소반응은 과산화수소와 티오시안산염이 작용해서 생기는 결과로, 이 두 가지 화합물은 락토페록시다제와 함께 락토페록시다제 시스템을 구성한다. 락토페록시다제는 대장균과 일부 살모넬라 종을 포함한 특정 그람음성균을 억제하며 그람양성균에 대해 정균작용을 한다. 락토페록시다제 시스템의 항균효과는 산도, 기온, 세포 밀도 같은 환경적 요인에 따라 달라진다. 과산화수소 및 티오시안산염과 만나면 락토페록시다제 효소는 그람음성균에 대해 항균효과를 지닌다.

락토페록시다제 시스템은 우유 성분의 항균작용에 있어 핵심적인 역할을 한다. 자연적으로 발생하는 락토페록시다제 효소는 우유에 방부제로 사용할 수 있다. 최근에는 락토페록시다제를 요거트에 첨가하여 제품 보관 중에 산이 더 생성되지 못하게 하는 방법도 이용되고 있다.

락토페록시다제의 활용 사례

영양식품

장 내 세균총 보호, 대용유 기능, 항생제 대신 신생아 감염 예방을 위해 사용되는 전해액 첨가제 역할을 한다.

퍼스널케어 용품

구강세정 및 스킨케어 제품으로 충치와 치주 질환을 예방하고 피부 감염을 막는다.

임상시험 결과에 따르면 락토페록시다제가 첨가된 치약으로 이를 닦으면 충치 발생을 줄일 수 있다. 락토페록시다제는 구강세정제, 샴푸, 여드름 치료제 등의 퍼스널케어 용품과 화장품에도 사용된다.

유제품

방부제 기능을 한다.

4.13 글리코매크로펩타이드(GMP)

제품 정의

글리코매크로펩타이드(GMP)는 이온교환법과 막기술을 이용해 생치즈 유청에서 분리해 낸다. 분말은 색이 연하고 입자가 균일하며 유동성이 좋다. GMP제품은 순하고 깔끔한 맛이 난다.

카제인 매크로펩타이드(CMP)의 포도당 성분은 레닌이 카제인 미셀로부터 k-카제인을 분해해서 형성된다. 레닌은 스위트 유청을 만드는 치즈에만 사용되기 때문에 GMP는 에시드 유청에는 들어있지 않다. 레닌은 신생아의 위에서 분비되는 단백질 분해 효소로서 이를 통해 GMP가 카제인보다는 주로 유청단백과 함께 장을 통과한다는 점을 알 수 있다. GMP는 이자 호르몬인 콜레시스토키닌(CCK) 분비를 촉진시켜 식욕을 억제하며, 멜라닌 색소 생성에 영향을 주고, 프리바이오틱 기능을 하며, 면역조절 작용을 한다. GMP의 생리활성 작용은 포도당화의 영향을 받는다.

보관 방법

25℃ 이하, 상대습도 65% 이하의 냄새나지 않는 장소에서 보관해야 한다.

표준 조성*

순도	97% ± 1%
유당	〈1.0%
지방	0.6% ± 0.2%
회분	6.3% ± 0.2%
수분	6.0% ± 0.2%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	〈2,500/g
대장균군 수	〈10/g
대장균 수	음성반응
살모넬라균	음성반응
리스테리아균	음성반응
응고효소 양성	
포도상구균	음성반응
기타 특성	
색상	연한 색
향미	순한 맛, 깔끔한 맛

4.14 유제품 고형분(퍼미에이트)

제품 정의

유제품 고형분은 유당 59% 이상, 단백질 10% 이하, 회분 27% 이하를 함유한 제품군을 지칭하는 용어이다. 이러한 규격에 해당하는 제품에는 퍼미에이트와 제단백 유청이 있으며, 이 외에도 브랜드로 판매되는 다른 제품들도 포함된다.

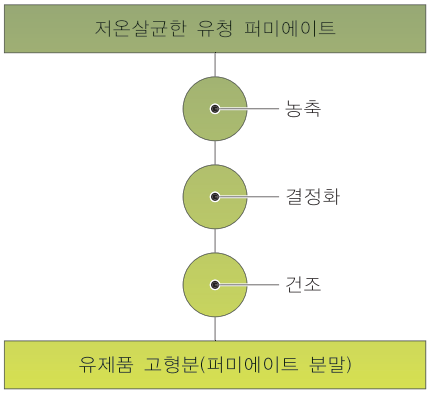
미국 제조업계에서는 '유제품 고형분', '제단백 유청', '변형 유청', '저단백 유청'이라는 명칭을 제품성분 라벨에 사용한다.

퍼미에이트(Permeate)

본 안내서에서는 유청 퍼미에이트가 유청에서 단백질과 일부 미네랄 및 유당을 제거해서 얻은 유제품 고형분의 원천을 의미한다. 퍼미에이트는 한외여과법과 정용여과법을 이용해 분리된다. 퍼미에이트 제품에는 단백질, 회분, 유당이 함유되어 있음을 알리는 라벨을 부착해야 한다. 퍼미에이트의 산도는 안전하고 적절한 원료를 추가해서 조절한다. 퍼미에이트는 식용 및 사료용 유제품 고형분의 경제적인 공급원이다.

대표적인 퍼미에이트 제품은 식용 퍼미에이트와 사료용 퍼미에이트다.

그림 4.14
퍼미에이트 제조공정



사료용 퍼미에이트의 표준 조성*

단백질	3.5~4%
유당	82.0%
지방	0.2%
회분	8.5%
수분	4~5%
칼슘	800mg/100g
인	600mg/100g
나트륨	1000mg/100g
마그네슘	180mg/100g

식용 퍼미에이트의 표준 조성*

단백질	3.0~8.0%
유당	65.0~85.0%
지방	1.5% (최대)
회분	8.0~20.0%
수분	3.0~5.0%
칼슘	870mg/100g
인	720mg/100g
나트륨	570mg/100g
마그네슘	130mg/100g

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	〈30,000/g
대장균군 수	〈10/g
리스테리아균	음성반응
살모넬라균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5~15.0mg
pH	5.7~6.5
색상	백색~크림색
향미	짠맛, 약한 단맛
외형	유동성이 좋은 분말 형태

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

사료용 퍼미에이트

고탄수화물 퍼미에이트를 포함한 유청제품은 다양한 종의 동물 사료로 이용된다. 특히 돼지용 사료에서 가장 많이 이용되며, 젖소 및 육우, 개, 고양이, 가금류 및 기타 동물 사료에도 사용되어 영양분을 공급한다.

식용 퍼미에이트

- 여러 식품에 들어가는 기타 유제품 고형분을 직접 대체하는 기능을 한다.
- 물에 쉽게 녹고 고르게 섞인다.
- 제빵제품 및 제빵혼합믹스에서 유당 및 단백질을 제공해 다음과 같은 기능을 한다.
- 제빵제품 및 제빵혼합믹스에서 껍질이 갈색을 띠게 만든다.
- 완제품의 외형, 색감, 향미, 질감을 향상시킨다
- 빵제품에 들어가는 자당, 콘시럽 같은 감미료를 줄인다.
- 쇼트닝의 유화를 도와서 최소한의 지방만으로 파이 껍질을 부드럽게 만들어 주는 역할을 한다.

기타 제품 및 이점

효모균 배양용 퍼미에이트

유청 퍼미에이트는 일부 효모균 배양에 이용된다. 이 과정에서 형성되는 단백질 함량 65%의 퍼미에이트-효모 제품은 돼지 및 기타 동물 사료제조에 사용된다.

기타 발효균 배양용 퍼미에이트

퍼미에이트는 다음 성분을 생성하는 데 사용된다.

- 젖산, 아세트산, 칼슘 마그네슘 아세테이트, 구연산, 프로피온산염
- 에탄올
- 메탄
- 단세포 단백질
- 글리세롤
- 지질 및 오일

일반적인 활용 사례

사료, 제빵류, 제과류, 발효식품, 기타 식품 및 비식품에 사용되어 다음과 같은 기능을 한다.

- 송아지용 대용유 및 돼지 사료에 유당 및 기타 유제품 고형분을 효율적인 비용으로 공급한다.
- 제빵 및 제과제품에 유당과 기타 유제품 고형분을 공급한다.
- 효모로 부풀린 제품의 원료로 이용된다.
- 박테리오신 생성에서 발효균 배양의 원료로 사용된다.
- 가수분해 퍼미에이트의 공급원 역할을 한다.

4.15 미네랄농축 유청(저유당 유청)

제품 정의

미네랄농축 유청은 유청에서 유당을 일부 제거한 것으로, 이를 분무건조시키면 고기능성 원료를 만들 수 있다. 미네랄농축 유청에는 저유당 유청과 유청 분획물이 있다.

저유당 유청은 미국 연방 규정집(21 CFR 184.1979 (a)(2) 1991)에 유청에서 유당을 제거해서 만든 물질로 정의되어 있다. 분말 완제품의 유당 함량은 60% 이하여야 한다. 유당은 결정화, 여과, 투석 등의 물리적인 분리기술을 이용해 제거한다. 유청과 마찬가지로 저유당 유청 역시 액체, 농축물 또는 분말 형태로 사용 가능하다. 저유당 유청의 산도는 안전하고 적절한 pH-조절 원료를 추가해서 조절한다.

미네랄농축 유청은 식품의 질감, 향미, 용해성 및 영양성분을 향상하는 기능도 한다. 미네랄농축 유청을 함유한 식품은 다른 비슷한 제품에 비해 영양밀도가 높다.

미네랄농축 유청의 기능과 이점은 다음과 같다.

- 용해성, 열안정성, 경제성이 우수하다.
- 유당 함량이 낮아서 유당 결정화로 인한 질감 문제를 최소화할 수 있다.
- 단백질과 미네랄 함량이 높아서 식품에 필요한 향미와 부드러운 질감을 낸다. 단백질은 콜로이드계의 현탁성과 분산성을 제품에 부여하고 제조공정에서 칼슘성분을 고르게 분포시켜 완제품의 구조, 질감, 완전성을 높인다.
- 소스와 그레이비에 우유맛을 내고, 첨가된 지방성분의 유화를 도우며, 용해성과 열안정성을 높인다.
- 칼슘, 마그네슘, 인의 함량이 풍부해 분쇄육 제품과 소스의 영양가와 향미를 향상시킨다.

일반적인 활용 사례

유제품, 육류, 제과, 제빵, 스낵, 시즈닝, 수프, 소스, 그레이비, 건조 믹스, 성장기용 분유, 냉동 디저트, 영양 음료 등에 이용되어 다음과 같은 기능을 한다.

- 미네랄 함량이 높은 유제품 고형분을 효율적인 비용으로 공급한다.
- 유당 함량은 낮추고 미네랄 함량은 높여야 하는 경우에 다른 칼슘 공급원이나 분유 대신 사용된다.
- 분말 음료, 영양 음료, 유제품, 분말 수프 및 디저트, 제빵제품에 영양분을 공급하는 원료로 사용된다.

저유당 유청

표준 조성*

단백질	18.0~24.0%
유당	50.0~60.0%
지방	2.5% (최대)
회분	14.0~22.0%
수분	3.0~5.0%
칼슘	940mg/100g
마그네슘	220mg/100g
인	1,150mg/100g
칼륨	4,400mg/100g
나트륨	1,840mg/100g

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	10,000/g
대장균군 수	10/g
대장균	음성반응
리스테리아균	음성반응
살모넬라균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	15.0mg/25g (최대)
외형	유동성이 좋은 분말 형태
색상	연한 크림색
향미	깔끔하고 약간 짠 유청맛

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

4.16 우유 미네랄, 칼슘

유청제품의 칼슘공급 기능

칼슘 섭취는 다양한 식품을 통해서 가능하지만 유제품은 가장 뛰어난 칼슘 공급원으로 손꼽힌다. 유제품은 생체 내 이용효율이 높은 칼슘의 주요 공급원이다. 우유 칼슘 성분은 특수한 분리기법을 이용해 우유에서 추출한다. 유청제품은 양질의 경제적인 우유 칼슘 공급원이다.

[사진 제공: Glanbia Nutritionals USA]

우유 칼슘의 기능과 이점

- 우유 칼슘은 100% 천연성분('청정 식품' 라벨 부착)이며 인, 마그네슘을 비롯한 다양한 미네랄 성분을 함유한다.
- 우유 칼슘은 다른 칼슘 함유 식품에 비해 납, 알루미늄 등의 미네랄 성분 함량이 매우 낮은 편이다.
- 유제품 섭취 시 우리 몸으로 흡수되는 칼슘양은 실제로 몸에서 얼마나 많은 양의 칼슘을 필요로 하는지에 따라 달라진다. 몸에서 칼슘을 많이 필요로 할 때는 섭취하는 유제품에 들어 있는 우유 칼슘 전량이 흡수된다. 우유 칼슘을 함유한 식품은 탄산칼슘을 함유한 식품에 비해 위장관에서 흡수속도가 빨라 생체 내 이용효율이 비교적 높다.
- 유제품 섭취 시 베타-갈락토시다제가 부족한 사람이 정상적인 사람에 비해 칼슘 흡수량이 높다.
- 유당은 자당이나 녹말에 비해 유아의 우유 칼슘 흡수량 및 생체 내 이용효율을 높이는 효과가 크다.
- 임신 초기 20주 동안 우유 칼슘제품을 통한 칼슘 섭취량을 늘리면(일일 섭취량 1,575ml) 임신성 고혈압이 발생할 위험이 낮아진다.
- 우유 칼슘을 일일 칼슘 섭취 권장량만큼 섭취하는 습관은 칼륨 및 마그네슘의 섭취를 증가시켜 고혈압 발생 위험을 낮춘다.
- 유제품은 칼슘 보충제에 비해 칼슘의 과다섭취 위험이 낮다.

시중 판매 제품

유청제품은 경제적으로 우유 칼슘을 섭취할 수 있는 이상적인 식품이다. 시중에서 판매되고 있는 제품은 다음과 같다.

- 유청분말
  - 스위트형
    칼슘 함량 700~800mg/100g
  - 에시드형
    칼슘 함량 2,054mg/100g
- 저유당 유청
  칼슘 함량 800~900mg/100g
- 농축유청단백
  칼슘 함량 500~700mg/100g
- 분리유청단백
  칼슘 함량 100~300mg/100g
- 제단백 유청
  칼슘 함량 600~700mg/100g
- 유청 퍼미에이트
  칼슘 함량 800~900mg/100g
- 우유 칼슘 미네랄
  칼슘 함량 약 23~28mg/100g

우유 칼슘 미네랄과 농축물

제품 설명

우유 칼슘 미네랄은 대부분 인산칼슘 형태로 존재하는 천연 우유 칼슘이다. 제품 종류는 다양하지만, 분리기술을 이용해 유청에서 분획한 뒤 건조 · 분쇄해서 만든 미세한 분말형태가 대부분이다.

제조 공정

우유 미네랄은 여러 단계의 다양한 공정을 거쳐 제조된다. 아래 제시한 그림은 한 가지 예에 불과하므로 보다 자세한 정보는 공급업체에 문의해야 한다.

표준 조성*

칼슘	23~28.0%
인	13.0~14.00%
칼슘:인 비율	1.7:1~2:1
총 미네랄	76.0~77.5%
수분	4.0%~7.0%
단백질	1.0~8.0%
유당	1.0~6.0%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	〈10,000/g
대장균군 수	〈10/g
응고효소 양성	
포도상구균	음성반응
리스테리아균	음성반응/50g
살모넬라균	음성반응/50g
기타 특성	
외형	유동성이 좋은 분말 형태
색	백색~연한 크림색
pH (10%)	6.5~7.5 (변동 가능)
입자 크기	거친 입자: 95%〈10㎛
	미세한 입자: 95%〈100㎛

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

일반적인 활용 사례

- 정제, 캡슐, 영양 바, 씹어 먹는 형태 등의 영양 보충제
- 제빵류, 가공육, 유제품, 제과류 등의 칼슘 강화 식품
- 주스, 유제품 음료 등의 칼슘 강화 음료

그림 4.16
우유 미네랄 제조공정

[정보 제공: Glanbia Nutritionals USA]

5 유당제품의 정의, 성분 및 기능

5. 유당제품의 정의, 성분 및 기능

개요

유당은 우유 고형분 가운데 가장 큰 중량을 차지한다. 단당류인 알파-D-포도당과 베타-D-갈락토스로 구성된 이당류이며, 특정 조건에서 단백질 내 아미노 그룹과 자유롭게 반응하는 환원당이다. 유당은 매우 유용한 열량 공급원으로 칼슘 흡수 과정에서 중요한 역할을 한다. 다양한 최종 소비자들의 요구를 수용하기 위해 여러 가지 종류와 등급의 유당제품이 생산·판매되고 있다. 미국 낙농업체들 역시 유당제품 및 블렌드를 고객 맞춤형으로 주문 제조하거나 특수 제조하고 있다. 보다 자세한 정보는 공급업체에 문의하면 확인할 수 있다.

5.1 공업용 유당제품

제품 정의

공업용 유당제품은 사료 제조, 발효균 배양 및 기타 공업분야에 이용되는 유당제품을 일컫는다. 사료용 유당은 증발법, 결정화 및 건조법을 이용해서 만든 제단백 유청으로부터 생산된다. 분말 완제품의 유당 함유율은 98%(w/w) 이상이다.

표준 조성*

유당 (최소)**	98.0%***
단백질	0.5~1.0%
지방	0.1%
회분	0.1%~0.5%
총 수분**	4.5~5.5%

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의
** 결합수 포함(유당수화물 등 모든 형태 포함)
*** 유당수화물 등 모든 형태 포함

물리적·화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	〈50,000/g
대장균군 수	100/g (최대)
대장균 수	음성반응
리스테리아균	음성반응
살모넬라균	음성반응/750g
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
외형	결정성
유동성이 좋은 분말 형태	
색	연한 노란색
향미	약한 단맛
용액	약간 탁하고 노란기를 띰, 약한 유청향

5.2 식용 유당제품

제품 정의

식용 유당제품은 유청이나 유청 퍼미에이트(농축유청단백 제조 시 생산되는 부산물)을 농축시켜서 유당을 과포화 상태로 만든 뒤 유당 결정체를 제거 · 건조시켜서 제조한다. 분쇄, 분획 감별, 결정화 등의 특수 제조공정을 거쳐서 입자크기 분포가 다양한 유청 종류가 생산된다. 현재 미국 낙농업계에서는 모든 용도로 이용 가능한 유청제품을 매우 미세한 입자크기에서부터 매우 거친 입자에 이르기까지 다양한 종류로 판매 · 제공하고 있다.

미국 연방 규정집(21 CFR 168.122)에 따르면, 유당은 대체로 유청에서 얻어지는 탄수화물을 의미한다. 무수성이거나 1개의 물분자로 이루어진 결정체 형태이거나, 또는 두 가지를 모두 혼합한 형태일 수 있다.

분말제품 기준으로 유당 함유율은 98% 이상이며 황산회분 함유율은 0.3% 이하이다. 농도 10% 용액 기준으로 산도는 pH 4.5~7.5이다.

표준 조성*

유당 (최소)**	99.0%***
단백질	0.1%
지방	0%
회분	0.1%~0.3%
총 수분**	4.5~5.5%

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의
** 결합수 포함
*** 유당수화물 및 무수유당 포함

물리적 · 화학적 특성*

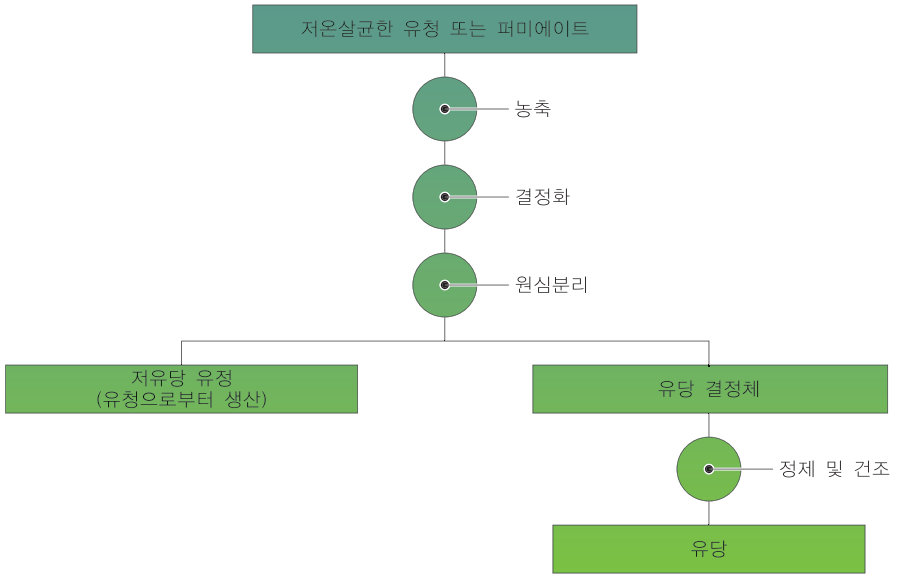
미생물 표준 함량	
표준평판균수	5~15,000/g
대장균군 수	〈10/g
대장균 수	음성반응
리스테리아균	음성반응
살모넬라균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
기타 특성	
초분 함량	7.5mg/25g (최대)
부피 밀도	0.7~0.9g/ml (메쉬 규격에 따라 다름)
외형	결정성 유동성이 좋은 분말 형태
색	백색~엷은 노란색
향미	약한 단맛
용액	투명, 무색~약간 노르스름함, 무향

물리적 · 화학적 특성*

성분	발효균 제조용	원료용	식용	미국 약전용
유당	98.0	98.4	99.0	99.8
비수성 수분	0.35	0.30	0.50	0.10
단백질	1.00	0.80	0.10	0.01
회분	0.45	0.40	0.20	0.03
지방	0.20	0.10	0.10	0.00
젖산으로서의 산도	+	+	〈2	〈1

\+ 표준 조성이 이루어지지 않는 항목
출처: Morrissey, P.A. (1985)

그림 4.3
저유당 유청 제조공정



5. 유당제품의 정의, 성분 및 기능

식용 제품에서 유당의 기능과 이점

천연성분

'청정 식품' 라벨 부착

당도

유당의 당도는 자당에 비해 25% 정도밖에 되지 않는다. 이에 따른 유당의 이점은 다음과 같다.

- 뒷맛이 없고 깔끔한 단맛을 낸다.
- 당도가 과하지 않으면서도 고형분 함량과 점도를 높이고 질감을 향상시킨다.
- 지나치게 달면 안 되는 조제분유에서 열량을 공급하는 기능을 한다.

유당이 기타 식품성분과 만나면 단맛을 향상하거나 억제하는 시너지 효과가 발생한다. 이로 인한 유당의 이점은 다음과 같다.

- 사카린의 쌉싸래한 뒷맛을 없애준다.
- 껌에 들어있는 자일리톨의 단맛을 오래 지속시킨다.

용해성

유당은 자당, 과당, 덱스트로스에 비해 용해성이 떨어진다. 유당(25℃)의 용해성은 자당에 비해 30% 정도에 지나지 않는다. 비교적 낮은 용해성이 일부 용도에는 불리하게 작용하지만 인스턴트 제품이나 전자레인지용 식품을 비롯한 다른 많은 용도에는 매우 유리하게 작용하기도 한다. 낮은 용해성으로 인해 유당의 결정화와 응고현상이 발생하여 일부 제품에서 분산성이 향상되는 경우가 대표적인 예이다.

결정화

유당은 다른 당 성분의 결정화 성질을 변화시키는 특성이 있어서 식품 배합 시 결정화를 조절하는 데 주로 사용된다. 유당을 첨가하면 유당과 자당의 결정체가 점점 작아지고 자당 결정체의 응집성이 약화되어 모래알 같은 거친 질감을 예방하고 입자가 부드럽고 고른 제품을 만들 수 있다.

갈변화

유당은 식품 제조 시 갈색을 내는 용도로도 사용된다. 유당을 가열하면 캐러멜화 및 메일라드 반응이 일어나서 갈색이 나타난다. 유당은 일종의 환원당으로 단백질, 펩타이드, 아미노산과의 반응을 통해 맛이 좋고 황금빛 갈색을 띠는 화합물을 생성하여 식품의 적절한 갈변 현상을 촉진시키는 작용을 한다.

- 캐러멜화는 고온에서 일어난다. 유당은 150℃~160℃에서 노란색을 띠고 175℃에서는 갈색을 띤다. 유당의 이러한 특성은 캐러멜 타입의 제과류 제조에 매우 유용하다.
- 메일라드 반응은 비교적 낮은 온도에서 일어난다. 유당은 제빵류, 육류 · 소시지 제품, 제과류 및 전자레인지용 식품에서 적절한 갈변 현상을 일으키는 데 매우 중요한 작용을 한다. 예를 들어 유당은 기능성 빵의 껍질이 유통기한 동안 변색이나 탈색을 일으키지 않고 황금빛 갈색을 유지할 수 있게 하는 역할을 한다.

발효성 및 유동학적 특성

유당은 특유의 기능성 덕분에 자당이나 대체 설탕에 비해 특별한 위치를 차지하고 있다. 유당은 빵효모(사카로미세스 세레비시에)에 의해 발효되지 않아서 메일라드 반응이나 다른 반응을 일으킬 수 있다. 이러한 특성에 따른 이점으로는 다음이 있다.

- 빵을 굽는 과정에서 표면의 갈변화를 일으켜서 색감과 향미를 증진하고 모양을 더욱 보기 좋게 만든다.
- 반죽 및 페이스트리의 수율과 부피를 늘린다.
- 빵을 구울 때 발효색을 어둡게 하고 발효 효과를 높이는 작용을 한다.
- 품질이 떨어지는 밀가루로도 질 좋은 제품을 만들 수 있게 해준다.

유당은 쇼트닝의 크리밍성을 향상시키며 자당이나 덱스트로스에 비해 많은 양을 첨가해도 단맛이 과하게 나지 않는다. 이에 따른 이점은 다음과 같다.

- 케이크나 페이스트리의 지방 함량을 낮출 수 있다.
- 케이크의 단맛을 낮출 수 있다.

유당은 빵효모로는 발효되지 않기 때문에 다음과 같은 이점을 지닌다.

- 맥주의 점도를 높이고 식감과 향미를 증진한다.

흡습성

결정성 유당은 다른 당에 비해 높은 습도에서 매우 낮은 흡습성을 보인다. 비흡습성을 띠고 유동성이 좋은 알파-유당 일수화물은 분말식품 분산제로 매우 적합한 성분이다.

당도 조절과 향미, 색감의 흡수 및 유지

유당은 착미 · 착향 성분과 결합하고 이를 보존하는 능력이 다른 당에 비해 매우 뛰어나다. 이로 인해 제품에 들어가는 맛이 줄어 들어서 비용이 절감되는 효과가 발생한다. 유당은 착색 성분을 흡수하고 강화하는 능력 또한 매우 뛰어나다. 이 모든 특성 덕분에 유당은 다음과 같은 이점을 지닌다.

- 볶은 커피 향이 충분히 분산되고 천천히 퍼질 수 있게 한다.
- 음식의 잡냄새를 없애주며, 향신료, 시즈닝, 혼합 분말 등에서 맛과 향을 내는 역할을 한다.
- 소스와 케첩에서 붉은 색을 유지하는 기능을 한다.

일반적인 활용 사례

유당은 제빵, 제과, 스낵, 냉동 디저트, 당뇨 환자용 식품, 다이어트 식품, 유아용 분유, 이유식, 잼, 설탕절임, 감미료, 인스턴트 분말, 육류 제품, 혼합 향신료, 수프, 소스, 맥주, 기능성 식품 및 기타 식품에서 다음과 같은 기능을 한다.

- 우유를 주원료로 한 모유 대용유에서 탄수화물과 단백질 간의 균형을 맞추어 제품 성분이 최대한 모유에 가까워 지게 만든다.
- 균주가 발효하는 데 필요한 탄수화물을 공급하여 스타터 균주가 젖산을 생성해 살라미 등의 말린 소시지 제품을 장기간 보존할 수 있도록 한다.
- 육류 및 소시지 제품에서 염분, 인산염 및 기타 쓴맛이 나는 성분을 유화시켜서 냄새와 뒷맛을 없애준다.
- 육류 및 소시지 제품에서 염분, 인산염 및 기타 쓴맛이 나는 성분을 유화시켜서 냄새와 뒷맛을 없애준다.
- 제과 · 제빵류, 향신료, 식탁용 감미료 등에 필요한 착미 · 착향 · 착색 성분과 인공 감미료 성분을 제공한다.
- 분무건조시킨 인스턴트 분유를 비롯한 분말식품의 유동성을 향상시키는 첨가제 역할을 한다.
- 휘발성 착향 성분, 유지방 및 기타 지방의 피막 형성제 기능을 한다.
- 샐러드 드레싱, 마요네즈, 수프, 소스, 제빵제품 등의 발효공정에서 제품의 향미와 색감을 증진시킨다.
- 다른 당 성분의 결정화 성질을 변화시켜서 초콜릿, 퐁당, 캐러멜, 퍼지, 가당연유 등의 제과제품 제조공정과 캔디 코팅과정 등에서의 제품 강도, 질감, 씹는 맛, 유통기한을 향상시킨다.

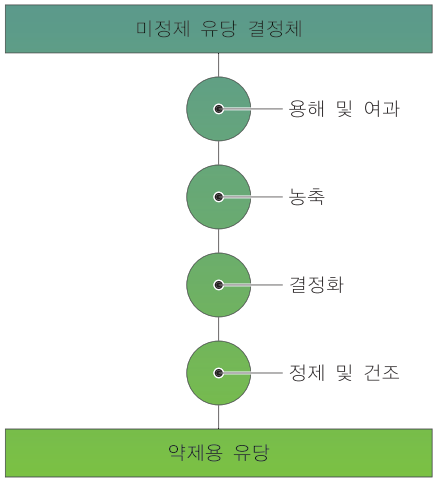
5.3 약제용 유당

제품 정의

약제용 유당은 유청이나 유청 퍼미에이트(농축 유청단백 제조 시 생산되는 부산물)을 농축시켜서 유당을 과포화 상태로 만든 뒤 유당 결정체를 제거 · 건조 · 제분하는 방법으로 제조한다.

약제용 유당 제조에는 형태, 입자크기 분포 등의 엄격한 규격이 적용된다. 구체적으로 말하면, 약제용 유당은 결정성을 지니는 일수화물이고 입자 크기는 40~325mesh여야 하며 결정성 유당과 무정형 유당의 분무건조 혼합물로서 모든 용도로 이용 가능해야 한다. 미국산 약제용 유당제품은 미국, 유럽 및 일본의 약전 규격에 부합한다.

그림 5.3.1
약제용 유당 제조공정



표준 조성*

유당(최소)	99.8%
단백질	0.01%
지방	0%
회분	0.03%
총 수분	4.5~5.5%

물리적 · 화학적 특성*

미생물 표준 함량	
표준평판균수	〈100/g
대장균 수	음성반응
살모넬라균	음성반응
응고효소 양성 포도상구균	음성반응
잔류 페니실린	음성반응
잔류 농약	음성반응
기타 특성	
산도 및 알칼리도	0.1N 수산화나트륨 0.1ml
투명도 및 색: 400nm(10%, 1cm)	0.01
중금속	〈5.0ppm
건조 손실	0.3%
단백질 및 흡광 불순물:	
210–220nm	0.06
210–300nm	0.02
강열잔류물	0.1%
고유 회전도	+54.4° ~ +55.9°
부피 밀도	0.70~0.90g/ml (메쉬 규격에 따라 다름)
외형	순백색, 결정성, 유동성 있는 분말 형태
용약	투명, 무색, 무취
향미	약한 단맛

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

약제용 유당의 정의
작성:
해리 G. 브리테인 (Harry G. Brittain)
물리약학센터 (Center for Pharmaceutical Physics, Milford, NJ)

원고 제공:
Foremost Farms USA (Baraboo, WI)

유당의 분자식은 $C_{12}H_{22}O_{11}$이며 분자량은 342.30DA이다. 여러 실험결과를 통해 유당의 분자구조가 4-O-(베타-D-갈락토피라노실)-D-글루코피라노스라는 점이 밝혀졌다(그림 5.3.2).

유당은 우유에서 카제인 침전물과 지방을 제거한 뒤 남아있는 유청을 증발시켜서 결정 형태로 생성된다. 유당은 자당보다 단맛이 덜하며, 자당이나 포도당에 비해 물에 잘 용해되지 않는다.

유당의 종류

유당은 함수유당(유당수화물) 또는 무수유당의 형태로 생성된다. 일수화물 형태의 유당인 유당수화물은 수용액을 실온에서 결정화시켜서 생성하는 반면, 무수유당은 분무건조, 즉 93℃가 넘는 환경에서 결정화시켜서 생성한다. 유당수화물의 경우 일반적인 환경에서는 건조 시 물 분자에 변화가 생기지 않는다. 함수유당과 무수유당은 결정체 모양이 서로 다르다(그림 5.3.3, 그림 5.3.4).

유당을 분무건조시키는 경우도 있는데, 이는 주로 유당수화물로 구성된(건조 조건에 따라 다름) 유동성이 좋고 널리 이용되는 형태의 제품을 생성하기 위해서이다. 이렇게 건조시킨 유당 또한 특유의 입자 모양을 가진다(그림 5.3.5).

그림 5.3.2
유당의 실험식

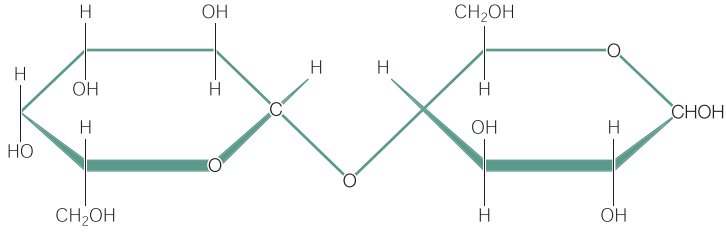


그림 5.3.3
유당수화물

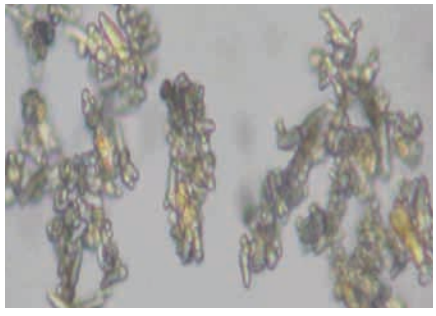


그림 5.3.4
무수유당

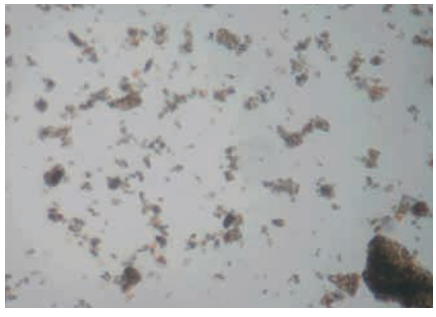
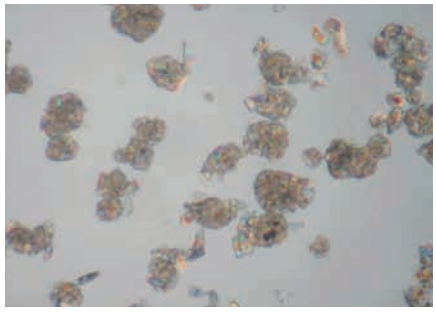


그림 5.3.5
분무건조 유당



유당을 이용한 의약품

유당은 대부분의 약물에 아예 반응하지 않거나 거의 반응하지 않으며 대체로 어느 정도의 안정성을 보인다. 의약품 제조(미국 약전용)에 적합한 유당을 생산 · 판매하기 위해서는, 유당에 단백질이 함유되어 있지 않다는 점을 먼저 입증해야 한다. 유당은 입자크기 분포를 매우 다양하게 생산할 수 있는 원료로, 이 중 입자가 가장 거친 제품은 분무건조 변형유당만큼이나 유동성이 뛰어나다.

일반적인 유당수화물은 습식 제립법으로 생산되는 알약의 희석제로 가장 많이 사용된다. 분무건조시킨 유당수화물과 무수유당은 주로 건식 제립한 뒤 직접 압축해서 만드는 약품에 이용된다. 분무건조시킨 변형유당 또한 캡슐 제제에서 충전제로 널리 이용된다.

다양한 종류의 유당이 우수한 물리적 특성 덕분에 제약산업에서 널리 이용되고 있다. 유당의 가장 중요한 물리적 특성으로 다음을 들 수 있다.

- 유당은 천연원료로부터 생성되며 적당한 단맛을 지닌다.
- 유당은 화학적으로 순수한 형태로의 생성이 쉬운 성분이어서 다른 부형제에 비해 비용효과가 뛰어나다.
- 유당은 대부분의 약물에 대해 화학적 · 물리적으로 반응하지 않는다.
- 유당은 천연상태로 구할 수 있을 뿐 아니라 변형된 형태로도 다양하게 생성할 수 있으며, 천연유당과 변형유당 모두 이로운 물리적 특성을 지닌다(예: 유동성, 입자크기, 조밀성, 안정성).

정제와 캡슐에서 충전제와 희석제로 사용되는 것 외에도 유당은 흡입을 통해 건조 약물을 체내로 전달시키는 매우 중요한 역할을 담당한다. 흡입용 유당으로 코팅된 약물은 건조분말 흡입을 통해 폐의 깊숙한 곳까지 전달된다. 여기서 가장 중요한 부분은 최적의 입자크기를 사용하는 것으로, 지나치게 크거나 작은 입자를 사용하는 것은 해롭다고 알려져 있다.

약물을 체내로 전달하는 유당의 입자 형태 또한 약물 전달의 효율성에 영향을 미친다. 그 결과 흡입용 유당은 최첨단 부형제로 발전하게 되었으며 앞으로 훨씬 다양한 용도로 활용될 것으로 예견된다.

약제용 유당의 평가과정

평가방법	유당수화물	무수유당
용액의 투명도와 색상	끓는 물 10ml에 1g을 넣고 녹였을 때 용액이 투명하고 거의 무색을 띠어야 한다.	끓는 물 10ml에 1g을 넣고 녹였을 때 용액이 투명하고 거의 무색을 띠어야 한다.
고유 회전도	80ml 물에 10g을 넣고 50℃로 가열해서 녹인다. 용액을 식힌 뒤 6N NH4OH를 0.2ml 넣는다. 30분간 그대로 두었다가 100ml가 될 때까지 물을 부어서 희석시킨다. 20℃에서 고유 회전도가 +54.4° ~ +55.9° 로 나타나야 한다.	80ml 물에 10g을 넣고 50℃로 가열해서 녹인다.용액을 식힌 뒤 6N NH4OH를 0.2ml 넣는다. 30분간 그대로 두었다가 100ml가 될 때까지 물을 부어서 희석시킨다. 20℃에서 고유 회전도가 +54.4° ~ +55.9° 로 나타나야 한다.
산도 및 알칼리도	이산화탄소를 제거한 물 25ml에 6g을 넣고 가열해서 녹인다. 용액을 식힌 뒤에 페놀프탈레인 시액을 0.3ml 추가한다. 용액이 무색을 띠어야 하며, 0.1 N NaOH를 0.4m이상 적정하기 전에 붉은 색이 나타나야 한다.	이산화탄소를 제거한 물 25ml에 6g을 넣고 가열해서 녹인다. 용액을 식힌 뒤에 페놀프탈레인 시액을 0.3ml 추가한다. 용액이 무색을 띠어야 하며, 0.1 N NaOH를 0.4m이상 적정하기 전에 붉은 색이 나타나야 한다.
건조 손실	시료를 80℃에서 2시간 동안 건조시킨다. 일반 유당수화물은 중량 손실률이 0.5% 이하여야 하며, 변형된 형태의 경우 중량 손실률이 1.0% 이하여야 한다.	시료를 80℃에서 2시간 동안 건조시킨다. 중량 손실률이 0.5% 이하로 나타나야 한다.
강열잔류물	시료를 600 ±25℃ 온도로 가열했을 때 잔류물이 0.1% 이상 남지 않아야 한다.	시료를 600 ±25℃ 온도로 가열했을 때 잔류물이 0.1% 이상 남지 않아야 한다.
수분 함량	메탄올과 포름아미드를 2:1 비율로 녹인 시료를 칼피셔 적정법으로 진단하면 수분함량이 4.5%~5.5%로 나타나야 한다.	메탄올과 포름아미드를 2:1 비율로 녹인 시료를 칼피셔 적정법으로 진단하면 수분함량이 1% 이하로 나타나야 한다.
중금속	따뜻한 물 20ml에 시료 4g을 넣고 녹인 뒤, 0.1 N 염산을 1ml 넣고 물 25ml를 추가해서 희석시킨다. 금속이 황화물에 의해 침전된 뒤 시료를 기준치와 비교한다. 중금속 함량이 5㎍/g를 넘지 않아야 한다.	따뜻한 물 20ml에 시료 4g을 넣고 녹인 뒤, 0.1 N 염산을 1ml 넣고 물 25ml를 추가해서 희석시킨다. 금속이 황화물에 의해 침전된 뒤 시료를 기준치와 비교한다. 중금속 함량이 5㎍/g를 넘지 않아야 한다.
미생물 오염한도	총 호기성 세균 수가 100/g을 넘지 않고, 효모 및 곰팡이균 총수는 50/g을 넘지 않으며, 대장균 검출 실험에서 기준을 초과하지 않아야 한다.	총 호기성 세균 수가 100/g을 넘지 않고, 효모 및 곰팡이균 총수는 50/g을 넘지 않으며, 대장균 검출 실험에서 기준을 초과하지 않아야 한다.
알파 아노머 및 베타 아노머 함량	미해당	실릴화 시약을 사용해 시료를 채취한 뒤 가스 크로마토그래피를 이용해 아노머의 상대적인 함량을 측정한다.
단백질 및 흡광 불순물	210~300nm 범위에서 농도 1% (w/v) 용액이 흡수하는 빛의 양을 측정한다. 흡수된 빛의 양을 빛의 투과거리(cm)로 나눈 값이 210~220nm에서는 0.25이하여야 하며 270~300nm에서는 0.07이하여야 한다.	210~300nm 범위에서 농도 1% (w/v) 용액이 흡수하는 빛의 양을 측정한다. 흡수된 빛의 양을 빛의 투과거리(cm)로 나눈 값이 210~220nm에서는 0.25이하여야 하며 270~300nm에서는 0.07이하여야 한다.
라벨표시	라벨에 입자크기 분포를 표시한 경우에는 d10, d50, d90 값과 각각의 범위도 표시해야 한다. 변형 유당수화물의 경우에도 라벨에 변형 방법을 기재해야 한다.	라벨에 입자크기 분포를 표시한 경우에는 d10, d50, d90 값과 각각의 범위도 표시해야 한다.

6 유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성

6. 유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성

편집:
칼라 소렌슨 (Carla Sorensen)
유청단백 연구소 (Whey Protein Institute, Eden Prairie, MN)

조셉 오도넬 (Joseph O'Donnell)
캘리포니아 유제품 연구재단 (California Dairy Research Foundation, Davis, CA)

농축유청단백은 수년 전부터 상업적으로 제조되어 그 기능적 특성을 인정받고 있다. 동시에 유청단백질의 우수한 영양적 특성들이 널리 알려졌으며 아미노산이 풍부하게 함유되어 있고 소화가 잘 된다는 장점 덕분에 그 시장성이 확대되었다.

개요

유청단백은 유아용 조제분유, 경장 및 임상용 특수 단백질 보충제, 스포츠 영양제품을 포함한 다양한 제품에서 널리 쓰이는 원료이다. 최근에는 체중 관리 및 정서 조절을 목적으로 개발되는 제품에 첨가되는 등 그 활용범위가 넓어지고 있다.

한외여과, 정밀여과, 정용여과 등 막 기술과 이온교환을 포함한 가공처리기술이 발달하면서 개별적인 단백질 분획물을 비교적 순수한 형태로 분리시키는 것이 가능하게 되었다. 이러한 상업적 분리공정 덕분에 영양 보충제는 물론 화장품 및 의약품의 원료로서 유청단백질의 용도가 확대되었다. 최근 유청단백질을 활용한 기능성 원료가 속속 등장하고 있는데 그 예는 다음과 같다. 1) 유청단백을 원료로 한 생리활성 기능식품, 2) 유청단백의 주요 성분인 알파-락트알부민과 베타-락토글로불린을 활용한 영양강화 식품, 3) 락토페린 및 글리코매크로펩타이드(GMP) 등 기타 유청단백 성분을 이용한 식품 및 주요 바이오테크놀로지 시약이 그것이다.

유청이 건강증진 및 질병예방에 효과가 있는 영양소를 풍부하게 함유하고 있다는 연구 결과가 계속해서 발표되고 있다. 영양분의 생체 내 이용효율, 세포의 성장 및 성숙 조절, 프로바이오틱스 및 프리바이오틱스, 독소제거, 병원체 독성 분야와 관련된 새로운 정보에 따르면, 유청제품을 이용하면 건강기능 식품이나 전염병 및 만성 질병을 줄일 수 있는 의약품을 개발 가능성이 상당히 높은 것으로 드러나고 있다. 비록 많은 제조업체들이 유청의 영양적 · 기능적 이점을 이용한 제품 생산에 뛰어들고 있지만, 아직 유청 및 유청성분의 건강증진 기능에 대한 개발이 활성화 되지 않고 있다. 건강기능식품에 대한 수요가 증가하는 상황에서 유청제품은 이 수요를 채워 줄 가장 적합한 제품이라 할 수 있다.

유청제품은 단백질, 비타민 및 다양한 미네랄뿐 아니라 유당과 지질 같은 기타 성분도 함유하고 있다. 성분함량은 제품별로 다르며 표 6은 대표적인 유청단백 제품의 조성에 대한 세부내용을 담고 있다. 유청의 구성성분은 원유의 종류와 제조공정에 따라 다르다. 자세한 정보는 미국 내 공급업자에게 문의하면 확인할 수 있다.

표6
유청제품의 영양 조성

영양성분	단위	가식부 100g당 함량					
		스위트 건조유청[1]	34%농축 유청단백 (WPC34)[2]	80%농축 유청단백 (WPC80)[2]	가수분해 WPC80	분리 유청단백 (WPI)[2]	가수분해 분리유청 단백
일반성분							
수분	g	3.19	3.93	4.11	4.00	4.50	4.50
열량	kcal	353.00	369.00	412.00	400.00	371.00	360.00
열량	kj	1476.00	1542.00	1722.00	1672.00	1550.00	1504.00
단백질	g	12.93	34.36	80.00	80.00	90.75	90.00
총 지질(지방)	g	1.07	3.93	6.60	6.25	0.50	0.50
탄수화물 차이 값*	g	74.46	50.80	5.31	6.00	0.87	0.50
회분	g	8.35	6.99	3.98	3.75	3.38	4.50
미네랄							
칼슘, Ca	mg	796.00	569.00	423.00	400.00	600mg	200.00
철, Fe	mg	0.88	0.89	1.20		5.00	5.00
마그네슘, Mg	mg	176.00	104.00	50.00	50.00	15.00	10.00
인, P	mg	932.00	547.00	0.00	325.00	25.00	30.00
칼륨, K	mg	2080.00	1680.00	517.00			800.00
나트륨, Na	mg	1079.00	630.00	255.00	225.00	450.00	1000.00
아연, Zn	mg	1.97	0.21				
구리, Cu	mg	0.07					
망간, Mn	mg	0.009	0.06				
셀레늄, Se	mcg	27.20					
비타민							
비타민 C, 총 아스코르브산	mg	1.50	2.00				
티아민	mg	0.519	0.36				
리보플라빈	mg	2.208	1.80				
니아신/niacin	mg	1.258	0.37				
판토텐산	mg	5.62					
비타민 B_6	mg	0.58					
총 엽산	mcg	12.00					
엽산(합성)	mcg	0.00					
엽산(식품)	mcg	12.00					
엽산(식이엽산당량(DFE))	mcg_DFE	12.00					
비타민 B_{12}	mcg	2.37					
비타민 A (IU)	IU	44.00	100.00				
비타민 A (RE)	mcg_RE	10.00					
비타민 E	mg_ATE	0.029					
지질							
총 포화지방산	g	0.684					
총 단일 불포화지방산	g	0.297					
총 복합 불포화지방산	g	0.034					
콜레스테롤	mg	6.00	97.00				

주: 공란은 관련 데이터 없음을 의미
1출처: USDA Nutrient Database for Standard Reference, SR14. http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/nut_search.pl
액상유청 및 에시드 유청분말을 포함한 기타 데이터는 위 사이트 참조
2 데이터는 제품규격표를 기준으로 하며 영양분석은 미국 유청 제조업계에서 제공
*자세한 정보는 공급업자에게 문의

6. 유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성

표6
유청제품의 영양 조성

영양성분	단위	가식부 100g당 함량				
		스위트 건조유청[1]	34%농축 유청단백 (WPC34)[2]	80%농축 유청단백 (WPC80)[2]	분리 유청단백 (WPI)[2]	가수분해 분리유청 단백
아미노산						
트립토판	g	0.205	0.630	1.200	1.500	1.300
트레오닌	g	0.817	2.380	5.360	6.250	6.100
이소류신	g	0.719	1.920	4.800	5.900	4.500
류신	g	1.186	3.520	8.080	13.000	9.400
리신	g	1.030	2.920	7.840	9.150	9.800
메티오닌	g	0.241	0.600	1.600	2.050	2.000
시스틴	g	0.253	0.750	2.720	3.100	1.700
페닐알라닌	g	0.407	1.050	2.480	2.300	
티로신	g	0.363	0.630	2.240	3.150	3.200
발린	g	0.697	1.760	4.456	5.350	4.100
아르기닌	g	0.375	0.700	2.000	2.650	1.700
히스티딘	g	0.237	0.710	1.200	1.350	2.400
알라닌	g	0.598	1.580	4.080	6.000	3.300
아스파라긴산	g	1.269	3.630	8.000	9.000	8.900
글루탐산	g	2.248	4.840	13.280	13.000	11.400
글리신	g	0.280	0.660	1.360	2.350	1.300
프롤린	g	0.786	1.900	5.120	4.800	8.600
세린	g	0.622	1.800	4.080	5.000	4.100
기타						
유당*	g	74.46	50.80	5.31	0.87	0.50

주: 공란은 관련 데이터 없음을 의미

1출처: USDA Nutrient Database for Standard Reference, SR14. http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/nut_search.pl
액상유청 및 에시드 유청분말을 포함한 기타 데이터는 위 사이트 참조

2 데이터는 제품규격표를 기준으로 하며 영양분석은 미국 유청 제조업계에서 제공

*자세한 정보는 공급업자에게 문의

6.1 유청제품의 영양적 특성

로즈마리 L. 월젬 박사
(Dr. Rosemary L. Walzem)
텍사스 A&M 대학교 켈버그 축산식품학 연구센터 (Kelberg Animal & Food Science Center,
Texas A&M University, College Station, TX)

원고 제공:
미국 유제품 수출 협의회 (U.S. Dairy Export Council, Arlington, VA)

단백질

유청단백질은 오랫동안 고영양 식품보조제로 사용되어 왔다. 그럼에도 여전히 유청단백질 관련 연구는 아미노산 공급원이라는 단순 기능에서 벗어나지 못하고 있다. 소화관에서 보이는 유청단백질의 물리적 특징은 카제인과는 다르다. 미셀라 카제인은 위에서 덩어리를 형성하는데, 이로 인해 위에서 배출이 지연되고 소장 진입 전에 가수분해 속도가 증가된다. 반면에 유청단백질은 '소화가 빠른' 단백질로서 섭취 즉시 공장(소장의 일부)에 도달한다. 그러나 유청단백질의 장 내 가수분해 속도는 카제인보다 더디기 때문에 긴 장을 통과하며 오랫동안 소화 및 흡수가 진행된다. 바로 이러한 특징 때문에 유청단백이 아미노산과 펩타이드를 모두 전달할 수 있는 능력을 지닌다는 주장이 제기되고 있다.

유청단백질은 다른 식이성 단백질에 비해 필수 아미노산의 함량도 높지만 생물가 또한 높다. 단백질의 품질이란 필수 아미노산과 불필수 아미노산이 균형을 이룬 상태에서 질소를 공급하는 단백질의 능력을 말한다. 단백질의 품질을 측정할 때, 유아의 경우 성장과 질소 축적 정도를, 성인의 경우 질소 균형의 정도를 측정한다. 단백질원의 단백질 효율비(PER)는 주어진 기간 동안 어린 동물들의 체중 증가량을 섭취한 단백질량으로 나눈 값이다. 단백질 필요량은 연령에 따라 다르며, 즉각 쓰일 수 있는 아미노산을 공급하는 능력도 단백질마다 다르다. 따라서 단백질을 섭취하는 대상이 누구이냐에 따라(예: 유아, 운동선수, 노인) 그리고 생리적으로 어떤 상태이냐에 따라(예: 스트레스 전, 후) 필요한 단백질의 양과 종류가 달라지게 된다. 유청에는 황 함유 아미노산, 특히 시스테인의 함량이 높아 면역활성에 도움이 된다. 유청 속에 함유된 다량의 시스테인은 인체에 필요한 조직 단백질량을 줄여주는 기능을 하는 것으로 보이는데, 이는 외부 물질이 면역계를 자극할 경우 생성되는 급성반응단백 자체가 시스테인에 과다 농축되어 있기 때문이다.

우유 단백질은 크게 카제인과 유청단백질, 두 종류로 나눌 수 있다. 우유 단백질의 약 80%는 카제인이며, 카제인은 응고되어 치즈 커드로 분리된다(표 6.1.1 참고).

한편 유청단백질은 카제인과 달리 효소나 산에 의해 응고되지 않고 용해성을 띠는 단백질이다. 유청단백질에는 베타-락토글로불린, 알파-락트알부민, 소 혈청 알부민(BSA), 면역 글로불린, 프로테아제-펩톤 분획물 등이 있다. 프로테아제-펩톤 분획물의 일부는 베타-카제인의 단백질 분해물로 규명되었다.

열에 민감한 유청단백질(베타-락토글로불린, 알파-락트알부민, BSA, 면역 글로불린)은 종류마다 분자량과 등전점 등의 특성에 있어 차이를 보인다(표 6.1.2 참고).

표 6.1.1
주요 우유 단백질 성분 농도

단백질	농도(g/L)	총 단백질 대비 함량 근사치(%)
카제인	**24-28**	**80**
알파-카제인	15~19	42
베타-카제인	9~11	25
K-카제인	3~4	9
감마-카제인	1~2	4
유청단백질	**5-7**	**20**
베타-락토글로불린	2~4	9
알파-락트알부민	1~1.5	4
프로테아제-펩톤	0.6~1.8	4
혈액 단백질	1.4~1.6	2
혈청 알부민	0.1~0.4	1
면역 글로불린	0.6~1.0	2
합계		**100**

출처: Fennema, 1965.

표 6.1.2
치즈 유청 내 열 민감성 단백질의 특성

단백질	유청단백질 대비 함량 근사치(%)	분자량	등전점
베타-락토글로불린	48	18,400~36,800	5.2
알파-락트알부민	19	14,200	5.1
프로테아제-펩톤*	20	4,000~80,000	5.1~6.0
혈액 단백질	13	69,000	4.8
혈청 알부민	5	69,000	4.8
면역 글로불린	8	160,000	5.5~6.8
합계	**100**		

* 베타-카제인을 포함한 다양한 우유 단백질의 분해물
출처: de Wit, 1981; Harper, 1984.

6. 유 , 유 유 랄 제품의 양적 특성

다음과 같은 다양한 성분 및 처리공정상의 변수는 유청단백질의 기능적 특성에 영향을 끼친다.

- pH: pH값은 로그함수적으로 증가한다. pH 4.0 용액의 산도는 pH 5.0 용액보다 10배가 높으며 pH 6.0 용액보다는 100배 더 높다. 용액 속 수소이온 농도가 증가하면 단백질의 음전하가 중성화된다. 단백질의 등전점에 해당하는 pH에서 단백질의 전하는 중성이 되고, 단백질은 전기장 내에서 이동하지 못하게 된다. 이 pH에서 단백질의 물리적 성질(용해성, 전도성, 안정성, 수화도)은 최소화된다.
- 칼슘이온 농도
- 염 농도
- 예열 처리
- 잔류 지질 함량
- 단백질 농도

유청단백질의 소화

앞서 언급했듯이, 카제인과 달리 유청단백질은 위장에서 신속하게 소화되어 소장으로 이동한다. 이 소화속도의 차이는 매우 중요하며 전신 단백질 합성에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 베타-락토글로불린, 알파-락트알부민, 락토페린, 면역 글로불린 등 유청단백질은 소장강(intestinal lumen)에서 온전한 형태로 감지되었다. 최근 정밀하고 자세한 SELDI 친화성 질량분석법을 통해 사람의 위 속에 있는 락토페린에서 락토페리신이 생성된다는 것과 실험 쥐의 장 속에 락토페린이 파괴되지 않고 남아있는다는 사실이 입증되었다. 일부 식이성 단백질과 폴리펩타이드의 경우, 상당한 양이 장의 점막까지 도달한 뒤 파괴되지 않고 흡수되는 것으로 보인다. 베타-락토글로불린, 알파-락트알부민, 프로락틴 및 락토페린의 경우, 온전한 형태로 세포에 전달되지만 카제인은 그렇지 못한 것으로 나타났다. 항원 및 생리활성 기능을 지닌 거대 분자들을 흡수하면 구강내성과 그 조절에 기여하는 생리 · 면역 반응에 상당한 영향이 미치는 것으로 여겨진다. 이러한 유청단백질의 소화흡수 특성 때문에 소화관 안에서 유청단백질이 파괴되지 않은 채 남아있을 수 있고 펩타이드가 활성작용을 할 수 있는 것으로 보인다.

유청단백질의 주된 역할은 식이성 질소 및 아미노산 공급이지만, 일부 유청단백질 성분이나 펩타이드의 경우 여러 가지 생리적 기능을 한다는 점이 직간접적으로 드러나고 있다. 이러한 성분들은 감염에 대한 수동적 방어기능을 담당하고, 소화 및 대사 과정을 조절하며, 다양한 세포, 조직 및 기관의 성장 인자로 작용한다.

개 유청단백질의 성

알 - 알 민

알파-락트알부민은 탈지우유 총 단백질의 2~5%를 차지한다. 칼슘과 결합하며 아연, 망간, 카드뮴, 구리, 알루미늄 등 금속 이온에 대한 높은 친화성을 가지고 있다. 알파-락트알부민은 복합 유당 합성 효소의 'B' 단백질이며, 이 효소는 유당의 생합성 과정에서 마지막 단계를 촉진시킨다. 이 때문에 알파-락트알부민은 유즙분비 조절에 있어 매우 중요한 요소이다. 정제된 알파-락트알부민은 구조나 성분이 사람의 모유에 들어있는 주요 단백질과 흡사하기 때문에 유아용 조제분유의 원료로 사용된다. 또한, 분지사슬 아미노산(BCAA)의 대표적인 공급원이기 때문에 스포츠 식품 단백질로도 활용된다. BCAA는 근육 단백질 합성에 사용되며, 여러 연구 결과에서 근수행력 향상과 BCAA 농축식품 섭취 사이에 연관이 있다고 밝혀졌다.

린

최근 일부 식이성 단백질 및 펩타이드가 특정한 생물학적 작용을 한다는 점이 명확히 밝혀졌다. 락토페린과 같은 단백질 분획물이 농도가 낮을 때 생리활성 효과를 갖는다고 규명된 것이다. 락토페린은 흥미로운 기능적 특성을 다수 보유한 단백질로서 , 유아용 조제분유, 스포츠 및 기능성 식품, 동물 사료, 구강세정제와 치약 같은 퍼스널케어 제품 등에서 이미 두루 사용되고 있다.

락토페린은 탈지우유 단백질의 0.2~0.8% 정도로 극소량을 차지하지만, 유청의 상당 부분을 차지하며 양이온과 결합하는 특이한 성질 덕분에 비교적 쉽게 농축된다.

락토페린은 항균성과 항산화성을 지니며, 유선에 존재하는 비특이성 질병 내성인자로 유선의 세균감염 억제를 조절하는 것으로 보인다. 락토페린은 철분을 분리하고 가용화하여 철분 대사량을 조절한다. 개별 성분으로 분리된 지 30여 년이 지났지만 락토페린의 생물학적 기능들은 완전히 규명되지 않은 상태이다. 소의 유즙에서 얻은 락토페린은 다른 포유류의 유즙에서 얻은 락토페린 및 트랜스페린과 구조가 매우 유사하다.

락토페린은 오랫동안 면역기능에 기여하는 중요한 성분으로 여겨져 왔다. 락토페린의 항균 작용에 대한 설명은 많지만 그 작용기전은 아직 완전히 해명되지 않은 상태이다. 락토페린의 항균 효과는 철분 결합 작용과 연관 지을 수 있다. 그 이유는 철분 결합을 통해 세균성장에 필요한 철분 공급을 차단하기 때문이다. 최근의 연구에 따르면 락토페린은 세균 막에서 작용하여 직접적으로 세균발육을 억제하는 것으로 드러났다.

락토페린은 또한 면역기능 조절, 세포 성장촉진, 항산화 작용 등 다양한 기능을 한다.

효소

효소는 우유 단백질 중 함량이 적은 단백질이다. 대부분 유선에서 합성되지 않고 혈관이나 유선세포의 분열을 통해 흘러 든다. 효소는 주로 소화 과정에서 파괴되며 영양 면에서 중요한 성분은 아니다. 락토페록시다제는 과산화수소를 분해하는 산화환원효소이다. 우유와 유청제품에 들어 있는 이 효소는 항균 작용을 한다. 락토페록시다제 시스템은 락토페린 정제과정에서 얻어지며 화장품 속에 첨가되거나 식품 보존제로 활용되고 있다. 락토페록시다제 시스템은 우유의 항균작용에서 중요한 부분을 차지하며 열에 안정적이고 저온살균에 의해 불활성화 되지 않는다. 냉장저장 시 요거트의 산도 변화와 pH 변화를 억제하는 수단으로 락토페록시다제를 활용하는 방안에 대한 연구가 이루어지고 있다. 이 외에도 락토페록시다제는 천연 보존제로 권장되고 있으며, 저온살균 우유의 저장성에도 영향을 미친다. 다른 보존제와 결합하여 치과제품의 충치 억제 원료로도 사용된다.

유청단백질에 함유된 아미노산

황 함유 아미노산

유청단백질은 카제인보다 비율상으로 황 함유 아미노산(시스테인, 메티오닌)의 함량이 높다. 이 때문에 PER이 3.2로 카제인의 2.5보다 더 높다. 일반적으로 PER이 2.5 이상이면 양질의 단백질로 분류된다. 다량으로 함유된 황 함유 아미노산 덕분에 유청단백질은 황 함유 트리펩타이드 글루타티온의 조절을 통해 면역기능 및 항산화능을 향상시킨다. 또한, 유청단백질은 리신, 트레오닌, 메티오닌, 이소류신과 같은 필수 아미노산을 비교적 풍부하게 함유하고 있어 식물성 단백질에 부족한 필수 아미노산을 효과적으로 보충한다. 따라서 유청단백질은 콩, 땅콩, 옥수수 및 밀 글루텐을 포함한 PER 2.5 이하의 단백질을 보강하는 가장 적합한 성분이라고 할 수 있다.

분지사슬 아미노산(BCAA)

모든 단백질원 가운데 L-이소류신, L-류신, L-발린과 같은 BCAA의 농도가 가장 높은 단백질은 바로 유청단백질이다. 실제로 스위트 유청에 함유된 거의 모든 아미노산이 식량농업기구(FAO) 및 세계보건기구(WHO)가 2~5세 어린이 및 성인을 대상으로 지정한 영양 섭취 권장량을 초과한다. 성인의 경우, 유청단백질은 보통 FAO/WHO의 최소 기준치보다 두 배가 넘는 양의 BCAA를 공급한다.

BCAA는 단백질 합성을 촉진하기 위해 근육세포에 존재해야 한다. 그러나 BCAA는 간이 아니라 근육에 의해 에너지 생성을 위한 대사작용을 한다는 점에서 독특하다고 할 수 있다. 이러한 작용을 통해 BCAA는 탄수화물의 생체내 이용효율을 높이는 동시에 운동 중 근육 단백질 파괴를 막는 역할을 하는 것으로 여겨진다.

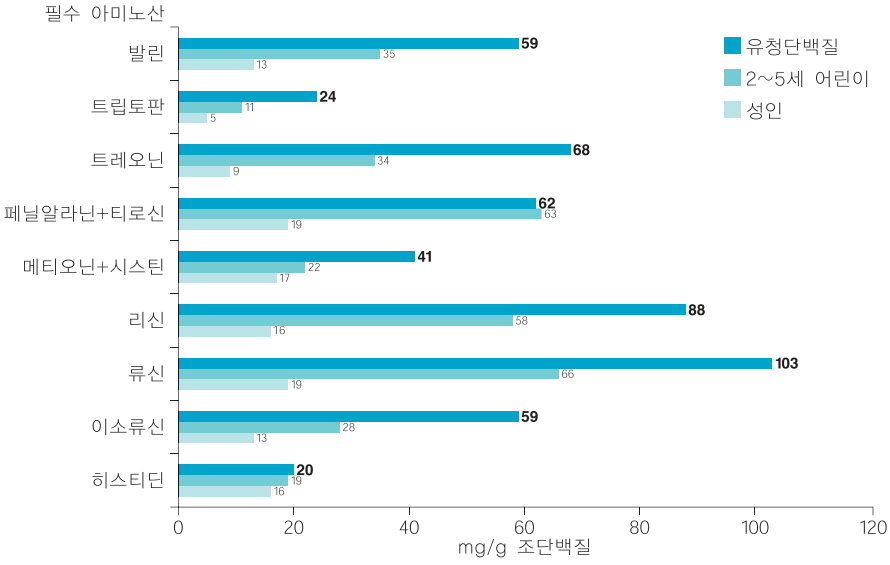
BCAA는 최적의 순수 근육량을 키우려는 운동선수를 비롯한 각 개인들에게 안전한 영양 공급원이 된다. 레슬링 선수를 대상으로 한 연구에서 중등도의 칼로리 제한과 BCAA를 보충한 결과 내장지방조직이 현격하게 줄고 높은 수준의 근수행력이 유지되었다.

또 다른 연구조사에서는 두 종류의 장시간 지속되는 격렬한 운동 즉, 30km 크로스컨트리 및 전 구간 마라톤에 참가한 실험 대상자들에게 세 가지 BCAA가 혼합된 제제를 처방했다. 그 결과 운동 중 BCAA를 섭취하면 격렬한 운동에 의해 야기되는 순 단백질 분해를 억제하거나 낮출 수 있다는 점이 밝혀졌다. BCAA 보충제는 평균 3,255m의 고도에서 21일간 트레킹에 참가한 16명의 실험 참가자들이 만성적인 저산소증으로 인해 체질량 및 근육량을 손실하는 것을 막아준 것으로 나타났다. 이들 연구에 참가한 피실험자들은 순수한 BCAA 혼합물을 섭취했지만, 연구원들은 유청단백질이 효과적인 아미노산 공급원이라고 밝히고 있다. 가공하지 않은 유청단백질은 1g 당 류신 103mg, 이소류신 59mg, 발린 59mg을 함유하고 있다. 따라서 적절하게 조제된 저유당 유청단백질이 함유된 제품은 스포츠 영양식품 및 음료를 위한 최상의 영양원이라고 할 수 있다.

유청단백질은 쉽게 소화되고 모든 필수 아미노산을 적절한 비율로 가진 훌륭한 영양원으로 평가된다. 단백질 소화력에 의한 아미노산 점수법(PDCAAS)에 따르면 유청단백질은 소화가 잘 되고 각 필수 아미노산의 함량이 권장량을 충족하거나 초과하기 때문에 1.00이라는 높은 점수를 받는다. 단백질의 품질을 측정하는 또 다른 방법인 단백질 효율비(PER)를 사용해도 유청단백질은 높은 순위를 자랑한다. PER값이 높을수록 단백질의 품질이 좋다는 의미이다. 표준 단백질인 카제인의 PER 값은 2.5이며 PER 값이 2.5 이상인 단백질은 양질의 단백질로 평가된다. 유청단백질의 PER 값은 3.0 이상으로 영양적인 면에서 이상적인 단백질이라 할 수 있다.

그림 6.1.3에서 보는 바와 같이 스위트 유청에 존재하는 거의 모든 아미노산은 2~5세 어린이와 성인을 위한 FAO/WHO의 영양 섭취 권장량을 초과한다.
성인의 경우, 유청단백질은 FAO/WHO의 최소 기준치보다 두 배가 넘는 양의 아미노산을 공급한다.

그림 6.1.3
유청단백질의 필수 아미노산 조성 및 선정 집단별 영양 요구량(FAO/WHO)



출처: Glass, L and T. I. Hedrick. FAO/WHO. 1976

유청단백질은 콩, 땅콩, 옥수수 및 밀 글루텐 등 PER 2.5 이하의 수많은 일반 단백질에 비해 그 품질이 우수하다(그림 6.1.4 참조). PER 2.5 이하인 이들 단백질은 특정 필수 아미노산의 함량이 적다. 유청단백질의 균형 잡힌 아미노산 조성 때문에 유청제품은 단백질 강화에 매우 효과적인 원료가 된다. 식물성 단백질을 유청단백질로 보강하자 PER이 2.5는 물론이고 두 단백질의 평균 PER보다도 훨씬 더 높아졌다는 연구결과도 보고된 바 있다. 두 단백질의 혼합에서 유청단백질이 총 단백질의 50%를 넘지 않았다는 점을 감안하면 이는 실로 놀라운 결과이다.

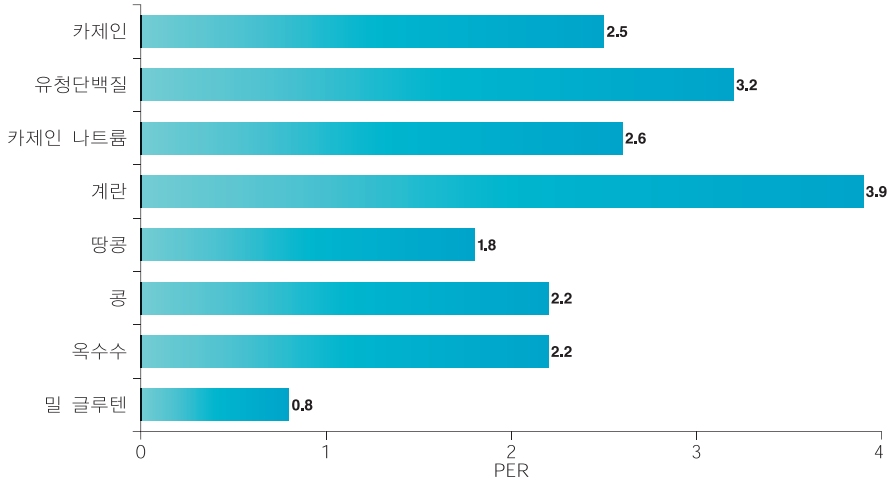
비타민

우유의 수용성 비타민은 혈청에 남아 유청과 함께 추출된다. 비타민C의 농도는 가공 과정에서 감소되기 때문에 유청은 비타민C 공급원으로서는 그다지 중요성을 갖지 못한다. 스위트 유청분말에 존재하는 다른 수용성 비타민의 농도는 표 6.1.5에 제시되어 있다.

비타민은 분자량이 크기 때문에 한외여과법으로 농축한다. 유청제품은 식품에 함유된 티아민, 리보플라빈, 판토텐산, 비타민 B_6 및 비타민 B_{12}의 효능을 강화한다. 비타민 함량에 관한 구체적인 정보는 제조업체에 문의하면 얻을 수 있다.

비타민A는 우유에서 가장 풍부한 지용성 비타민이다. 비타민 A, D, E, K는 유지방과 함께 분리되며, 커드에 함유된 유지방은 유청 크림과 함께 분리된다.

그림 6.1.4
동물성 및 식물성 단백질의 단백질 효율비(PER)



출처: Anon. 1972.

표 6.1.5
스위트 유청분말의 수용성 비타민 함유량

	WHO 일일 권장 섭취량*		
비타민	유아 (1~3세)	성인 남성	스위트 유청분말 100g당 함유량**
티아민(B_1)	0.5mg	1.2mg	0.5mg
리보플라빈(B_2)	0.8mg	1.8mg	2.2mg
니코틴산(PP)	9.0mg	19.8mg	1.3mg
판토텐산	NA	NA	5.6mg
비타민 B_6	NA	NA	2.4㎍
엽산	100.0㎍	200㎍	12.0㎍
비타민 B_{12}	0.9㎍	2.0㎍	2.4㎍

출처:
* WHO. 1974
** Potosi and Orr. 1976

미네랄

표 6.1.6은 유청분말이 특정 필수 미네랄의 훌륭한 공급원이라는 사실을 보여준다. 특정 유청 제품의 미네랄 함유량에 대해서는 본고 6.7을 참고하면 된다.

우유의 pH가 산성 치즈 제조 중에 감소되면서 많은 염분이 해리된다. 이 결과 에시드 유청에 들어있는 가용성 칼슘, 마그네슘, 아연 및 인의 농도가 올라가게 된다. 칼슘 및 기타 미네랄의 농도는 유청 가공 중에 달라질 수 있다. 전기투석 및 한외여과 과정을 거치면서 미네랄의 농도가 감소되고 고유의 기능적 특성을 지닐 수 있도록 농도가 조절된다. 특정 제품의 미네랄 함량에 대한 정보는 제품 공급업체에 문의하면 제공받을 수 있다.

유당

유당은 베타-갈락토시다제라는 효소에 의해 포도당과 갈락토스 분자로 가수분해되는 이당류이다. 유당은 음식물이 소화되는 동안 몸 속에서 천천히 가수분해되기 때문에 에너지 공급을 장시간 지속시킨다. 유당은 장에서 산 생성 유산균의 생육을 촉진한다.

최근의 영양학 연구는 유산균이 장의 질병을 이겨내는 데 도움을 주고 병약한 유아를 위한 식이치료에 활용될 수 있다고 주장한다.

많은 연구결과에 따르면 유당이 칼슘의 흡수 및 축적을 증가시키는 것으로 밝혀졌다. 또한 유당은 마그네슘과 아연의 흡수율을 높인다고 한다. 동물 실험 결과 유당은 수명을 연장하고 체지방의 축적을 감소시키는 것으로 나타났다.

표 6.1.6
에시드 유청분말 및 스위트 유청분말의 필수 미네랄 함유량

미네랄	성인 남성 WHO 일일 권장 섭취량*	에시드 유청분말 100g당 함유량**	스위트 유청분말 100g당 함유량**
칼슘	500mg	2,054mg	796mg
아연	22mg	6.31mg	1.97mg
마그네슘	300mg	199mg	176mg
인		1,348mg	932mg

출처:
* WTO. 1974.
** Potosi and Orr. 1976.

유청제품의 유당 함유량은 제품 별로 다르다. 스위트 유청에는 유당이 약 74~75%가 함유되어 있지만 분리유청단백(WPI)에서는 1% 미만이 들어있다. 자세한 정보는 표 6.1이나 제조업체의 제품규격표를 통해 얻을 수 있다. 유당의 영양 및 생리적 특성에 관한 구체적인 정보는 본고 6.8에 제시되어 있다.

본고에 제시된 정보는 다음의 문헌에서 발췌했다. R. L. Walzem, C. J. Dillard, and J. B. German "Whey Components: Millenia of Evolution Creates Functionalities from Mammalian Nutrition: What We Know and What We May Be Overlooking," Critical Reviews in Food Science, Vol. 42: 353-375

6.2 유청성분의 생물학적 특성

제임스 하퍼 박사 (Dr. W. James Harper)
오하이오 주립 대학교 식품공학과 (Department of Food Science and Technology, Ohio State University, Columbus, OH)

원고 제공:
미국 유제품 연구소 (American Dairy Products Institute, Elmhurst, IL)

거의 모든 유청단백이 각기 하나 이상의 생물학적 작용을 하는 것으로 보고되고 있다. 그러나 이러한 주장을 뒷받침 하는 증거들의 타당성은 천차만별이다. 확고하게 입증되는 주장들이 있는가 하면 그 증거가 되는 정보가 미흡한 주장들도 있다. 사실, 생물학적 작용에 대한 새로운 정보가 거의 매일같이 생성되는 것을 보면 그 작용을 완전히 이해한다는 것은 대단히 어려운 일로 보인다. 표 6.2.1은 생물학적 작용 및 해당 작용을 하는 것으로 보고된 유청단백질의 종류를 보여준다. 근거가 확실한 순서대로 유청단백질의 생물학적 작용을 정리하고자 노력했다.

그러나 그 구분이 다소 모호한 측면이 있다. 대부분의 인체 내 생물학적 작용은 임상시험을 통해 입증된 것이 아니다. 새로운 정보의 지속적인 출연으로 우리가 가진 지식 기반이 끊임없이 변화하고 급속도로 확장되고 있다. 좀 더 확고한 정보기반은 몇 년 뒤에나 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

표 6.2.1
유청단백질의 생물학적 작용

생물학적 작용	해당 작용을 하는 것으로 보고된 유청단백질의 종류*	비고
항균 작용/상처 치료	a) 락토페린, 락토페록시다제, 리소자임 b) 락토페리신 (락토페린을 펩신으로 분해하여 얻은 펩타이드)	a) 체외 및 체내 실험을 통해 모두 입증 각 단백질들은 상업적으로 활용되고 있으며 결합할 경우 시너지 효과 있음 b) 락토페린보다 항균 작용이 우수
수동 면역/질병 예방	a) 초유 유래 농축유청단백 b) 농축 면역 글로불린, 면역 글로불린	a) 송아지 및 돼지를 대상으로 한 실험에서 효과 입증 b) 초면역과정에서 일부 병원체에 대한 특정 항체(Ig)의 활성력 증가
비피더스균 생육 촉진/ 장 내 미생물균총 조절	카제인 글리코매크로펩타이드	a) 상업적으로 이용되고 있음 여러 차례의 유아 대상 실험 및 한 차례의 성인 대상 실험에서 확인됨 b) 올리고당 부분이 가장 활성화되는 것으로 여겨짐
항바이러스 작용	a) 락토페린 b) 락토페리신 c) 농축유청단백	a) 세 차례의 체외 연구에서 입증 그 중 한 실험에서 항바이러스 특성이 철분 결합과 무관한 것으로 드러남 b) 한 차례의 연구를 통해 입증 c) 제한된 연구 결과를 통해 입증
항암 작용	a) 농축유청단백 b) 알파-락트알부민 c) 락토페리신	a) 세포배양 및 쥐의 생체 내 연구라는 강력한 증거를 통해 입증 b) 주로 세포배양 연구를 통해 입증 c) 연구소 한 군데에서 발표한 제한적인 연구결과가 유일한 근거임
장내 미생물균총 조절	농축유청단백	주로 체외 연구를 통해 입증
면역조절 작용	a) 농축유청단백 b) 락토페린 c) 카제인 글리코매크로펩타이드 d) 알파-락트알부민	a) 체외 연구 및 여러 차례의 쥐 체내 연구결과를 근거로 입증- 체액 항원반응을 향상시킴 b) 세포배양 연구 및 실험 동물 체내 연구에 의해 입증 c) 다섯 차례의 연구가 이 작용을 입증. 각기 다른 특정 작용을 보고함- 구체적인 기능은 각기 다르게 보고됨 d) 한 차례의 연구에 의해 입증

* 농축유청단백의 생물학적 작용에 관한 연구 결과는 보고되어 있지만, 관련 인자를 확인할 수 없는 경우가 많다.
특정 성분이 관련된 것일 수도 있지만 소화효소의 작용에 의해 형성된 부산물이 일으키는 효과일 가능성이 더 크다.
소화효소의 작용으로 형성된 부산물에는 펩타이드, 글리코펩타이드, 올리고당 성분 등이 포함된다.

유청단백질은 식품 속에서 다음의 세 가지 생물학적 기능 중 하나 이상을 담당한다.

- 필수 아미노산 공급
- 세균감염을 방어하는 단백질 공급
- 성장 촉진 및 조절

유청과 그 성분들의 생물학적 특성은 인간의 영양과 건강에 있어 현재는 물론 미래에도 중요한 의미를 지닐 것이다. 주요 성분들 중에는 베타-락토글로불린, 알파-락트알부민, BSA, 면역 글로불린, 락토페린, 락토페록시다제, 프로테아제-펩톤, 유지방구 막 단백질, GMP, 당인산 펩타이드(GPP)뿐 아니라 가수분해 유청단백질, 유청지질(공액리놀레산(CLA), 스핑고리피드, 낙산) 등의 펩타이드 가 있다.

유청단백질 성분의 건강 및 영양상의 이점은 다음과 같이 몇 가지 범주로 나눌 수 있다.

(1) 영양적으로 우수한 아미노산 공급원
(2) 장 내 항균 작용
(3) 비피더스균과 같은 유익한 장 내 미생물균총의 생육 촉진
(4) 면역 증강
(5) 암을 포함한 특정 질병 억제
(6) 항독소 작용
(7) 여러 성분들의 결합을 통해 모유에 필적하는 유아용 식품원료로 사용 가능

경우에 따라 농축유청단백과 분리유청단백에는 생리적 기능을 갖추기 위해 충분한 농도의 성분이 함유된다. 그 밖의 다른 경우에는 그 성분들이 농축되거나 분리될 필요가 있다. 그러나 본고에서는 개별 유청단백질의 영양 및 건강상의 기능에 주로 초점을 맞출 것이다.

표 6.2.1
유청단백질의 생물학적 작용

생물학적 작용	해당 작용을 하는 것으로 보고된 유청단백질의 종류*	비고
항독소 작용	a) 락토페린 b) 카제인 글리코매크로펩타이드 c) GMP 유래 펩타이드 d) 당화 베타-락토글로불린 및 당화 알파-락트알부민	a) 다수의 연구 결과가 입증 b) 한 차례의 연구에 의해 입증 c) 여러 차례의 연구에 의해 입증 d) 한 차례의 체외 연구에 의해 입증되었으나 확인되지 않음
일부 동물세포의 성장 촉진	락토페린	한 차례의 체내 연구 및 락토페린의 해당 작용을 활용한 두 건의 특허
혈소판 응집 (항트롬빈 작용)	a) 락토페린 b) GMP 유래 펩타이드	a) 제한된 증거를 통해 입증 b) 세 차례의 연구에서 입증
항염증 작용	락토페린	1996년 한 건의 보고서가 입증
항고혈압 작용	가수분해 분리유청단백 GMP 유래 펩타이드 (108~110)	두 건의 보고서에서 입증
세포 내 글루타티온 함량 조절	농축유청단백	제한된 연구 결과를 통해 입증 항산화 및 DNA 복구 기능이 있는 것으로 여겨짐 추가 확인 필요
식욕 억제(위액 분비 감소)	카제인 글리코매크로펩타이드	주로 개 실험을 통해 입증. 한 곳의 연구소에서 실행
페닐케톤뇨증(PKU) 억제	카제인 글리코매크로펩타이드	방향족 아미노산은 없으나 PKU 억제에 이용된 사례는 없음
아편 효과(맥박수 및 호흡 감소)	GMP 유래 펩타이드, 베타-락토글로불린 알파-락트알부민	주로 동물실험을 기반으로 한 제한적 증거를 바탕으로 효과 입증

* 농축유청단백의 생물학적 작용에 관한 연구 결과는 보고되어 있지만, 관련 인자를 확인할 수 없는 경우가 많다.
특정 성분이 관련된 것일 수도 있지만 소화효소의 작용에 의해 형성된 부산물이 일으키는 효과일 가능성이 더 크다.
소화효소의 작용으로 형성된 부산물에는 펩타이드, 글리코펩타이드, 올리고당 성분 등이 포함된다.

6. 유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성

일반적인 영양적 특성

앞서 언급했듯이, 유청단백질은 모든 식품 단백질 중에서 영양적으로 가장 뛰어난 가치를 지닌 것으로 평가된다. 유청단백질 분획물의 개별적 이용이 가능해지면서 아미노산 조성에 대한 지식도 점차 중요해지고 있다.

함브로스(Hambreaus, 1982)는 표 6.2.2에 제시된 FAO 잠정 아미노산 점수 패턴과 대비해 주요 단백질들의 필수 아미노산 조성을 비교했다.

유청단백질 개별 성분의 아미노산 조성은 표 6.2.3에 제시되어 있다.

표 6.2.2
단백질의 필수 아미노산 함유량(mg/g 단백질)

아미노산	모유	총 유청단백질	카제인	FAO 잠정 아미노산 점수 패턴
이소류신	45	76	54	40
류신	89	118	95	70
리신	66	113	81	55
메티오닌+시스테인	33	52	32	35
페닐알라닌+티로신	71	70	111	60
트레오닌	44	84	47	40
트립토판	미해당	24	16	10
발린	49	72	75	50
합계	–	**609**	**511**	**360**

표 6.2.3
유청단백질 개별 성분의 아미노산 조성(mg/g 단백질)[1]

아미노산	베타-락토글로불린	알파-락트알부민	BSA	면역글로불린	GMP	락토페린
필수						
이소류신	63	62	24	30	110	26
류신	136	104	104	96	170	106
리신	105	108	101	68	58	78
메티오닌+						
시스테인	56	67	67	41	20	70
페닐알라닌+						
티로신	68	87	125	106	0	77
트레오닌	44	50	58	105	174	52
트립토판	20	52	3	27		17
발린	54	42	61	96	89	66
기타						
알라닌	54	15	79	48	59	98
아르기닌	25	11	40	41	0	58
아스파라긴[2]	100	169	92	41	77	99
글루타민	174	117	136	123	190	98
글리신	9	24	26	52	9	74
히스티딘	15	29	29	32	0	14
프롤린	49	16	48	100	116	44
세린	33	43	48	115	78	50

[1] Kinsella와 Whitehead의 데이터를 기초로 산출(1989)
[2] 아미노 형태와 산성 형태 포함

유청단백질의 생물학적 특성

우유 단백질의 일반적인 생물학적 특성에 관한 연구에 따르면(Fox와 Flynn, 1992), 다음에 제시된 특성은 한 가지 이상의 유청성분에 의해 영향을 받는다.

- 단백질 결합력
- 비피더스균 생육 촉진
- 성장 촉진
- 생리활성 펩타이드 생성

단백질 결합력

수많은 단백질들은 부속물과 결합할 수 있는데, 이는 단백질의 생물학적 기능에 큰 영향을 미칠 수 있다. 많은 사례에서 볼 수 있듯이 정확한 생물학적 기능은 있다 하더라도 정의하기 어렵거나 알려지지 않고 있다.

표 6.2.4는 주요 유청단백질의 결합 성질과 그에 따른 생물학적 효과를 요약 · 제시하고 있다.

몇몇 단백질들은 비타민 B_{12}, 엽산, 리보플라빈 등의 비타민과 결합한다. 단백질의 비타민 결합력은 적절한 비타민의 흡수에 도움을 줄 뿐 아니라 이와 관련하여 특정 기능을 가질 수 있다는 점이 연구 결과를 통해 입증되었다(Fox와 Flynn, 1992). 이러한 전이의 메커니즘은 현재 명확하게 규명되지 않고 있다.

비피더스균 생육 촉진

비피더스균의 생육을 촉진하는 인자들은 유아의 건강에 중요하다고 알려져 있으며 폭스와 플린(Fox and Flynn, 1992)은 이 주제를 연구한 바 있다.

비피더스균은 모유 수유아의 배설물 내 미생물 균총의 95% 이상을 차지한다. 이렇게 압도적인 수치를 보이는 까닭은 모유에 들어있는 촉진인자와 관계가 있다. 비피더스균은 또한 분유를 섭취한 아기의 배설물 내 주요 미생물균총으로 알려져 있지만, 수적으로 지배적인 균의 종류는 다르다. 모유 수유아의 배설물에 존재하는 미생물은 B.비피덤이 다수를 차지하고 B.롱검은 소수 존재한다. 반면 분유를 섭취한 유아의 경우에는 B.롱검이 다수를 차지하고 B.비피덤, B.인판티스, B.아돌레센티스, B.브레브는 적은 수를 차지한다.

비피더스균을 촉진하는 인자는 다음과 같다.

- 판테틴 (B.비피덤을 포함한 일부 미생물종에 필요함)
- N-아세틸 글루코사민 함유 단당류 (비피더스균 촉진인자 1)
- 일부 당단백질과 펩타이드 (비피더스균 촉진인자 2)
- 다양한 종류의 물질에서 유래한 올리고당류
- 락툴로즈

여러 연구 결과에 따르면 N-아세틸 글루코사민 함유 단당류는 B. 비피덤의 세포벽 합성에 필수적인 요소이다(Gyorgy, 1953; Gyorgy와 rose, 1955; Gyorgy 외, 1954, a, b, c). 이 인자는 모유에 다량으로 존재하지만 우유 (암소의 젖)에는 존재하지 않는다. 모유에 들어있는 대부분의 비피더스 생육 인자는 투석이 불가능한 당단백질이나 고분자 올리고당 혼합물로 알려져 있다.

비피더스균 생육 촉진인자에는 다수의 화합물도 포함된다. 그 중 가장 대표적인 화합물이 올리고당류이다(Hartemink 외. 1994). 연구에 따르면 비피더스균은 이눌린과 올리고 과당 등 프락토올리고당류를 탄소 공급원으로 이용한다(Gibson와 Wang, 1994, a, b). 비피더스균에 따라 촉진 인자로 작용하는 올리고당의 종류가 다른 것으로 보인다.

치즈 유청과 농축 치즈 유청단백질의 일부 성분들은 비피더스균의 생육을 촉진시키는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 치즈 유청 내 주요 촉진인자는 카제인 글리코매크로펩타이드로 알려져 있으며, 촉진 작용은 카제인 글리코매크로펩타이드의 올리고당 부분이 담당하는 것으로 여겨진다. 한 연구에서는 겔 투과 크로마토그래피(GPC)를 이용하여 레닛 유청의 유산 가수분해물에 존재하는 10 개의 서로 다른 분획물에서 비피더스균 촉진 인자를 찾아냈다(Pahwa et al. 1989). 또 다른 연구에서는 투석되지 않으며 카제인 매크로펩타이드의 변형 형태로 여겨지는 촉진인자를 발견했다(Gyorgy 외, 1974).

다른 유청단백질에 존재하는 올리고당이 비피더스균 촉진인자를 가지고 있는지의 여부는 아직 확인되지 않고 있다. 많은 식물 원료에서 얻어진 올리고당은 비피더스균의 생육을 촉진시키는 것으로 알려져 있다. 이러한 식물 원료로는 콩, 예루살렘 아티초크, 양파가 있다. 특정 비피더스균이 건강에 유익하다는 연구 결과가 점차 늘어나고 있다(Araki 외, 1999; Fukashima 외, 1998; Gracheva 외, 1999). 건강한 일본 어린이들이 비피더스균을 섭취하자 총 항체 및 항폴리오 바이러스 항체의 배설물 내 함량이 증가했다는 연구 결과가 발표된 바 있다(Fukushima 외, 1998).

주: 모든 참고자료는 본 안내서의 마지막 부분에 있는 참고문헌 목록에서 확인 가능하다.

표 6.2.4
주요 유청단백질의 결합 성질

단백질	결합 물질	생물학적 효과	참조
베타-락토글로불린	비타민(레티놀) 비타민D와 콜레스테롤	입증 안 됨 입증 안 됨	Fox와 Flynn (1992) Wang 외. (1997)
알파-락트알부민	미네랄(칼슘 및 아연)	단백질 변형 및 유당합성 기능에 매우 중요 칼슘 이동 촉진	Kinsella와 Whitehead (1989) Pantako 외. (1994)
BSA	미네랄 지질	알려진 바 없음 구조 변형, 생물학적 기능 알려진 바 없음	Peters (1985)
락토페린	메탈 성분(철분)	철분 이동 촉진 철분 흡수 및 항균작용	Lonnerdal와 Lyer (1995)

6.3 유청단백질과 유청 분획물의 건강 증진 특성

로즈마리 L. 월젬 박사
(Dr. Rosemary L. Walzem)
텍사스 A&M 대학교 켈버그 축산식품학 연구센터 (Kleberg Animal and Food Science Center, Texas A&M University, College Station, TX)

C. J. 딜라드 (C. J. Dillard)
J. 브루스 저먼 (J. Bruce German)
캘리포니아 대학 식품공학과 (Department of Food Science and Technology, University of California, Davis, CA)

유청단백질의 생리활성

유청의 주요 단백질인 베타-락토글로불린, 알파-락트알부민, 락토페린, 락토페록시다제는 모두 상업적인 용도로 사용되고 있다. 본고에서는 전반적인 유청단백질은 물론 주요 유청단백질의 특성 및 생물학적 기능을 설명하는 연구결과를 제시하고자 한다. 표 6.3.1은 위장관의 건강에 영향을 미치는 유청단백질의 작용기전을 요약·제시하고 있다. 이러한 특성을 가진 유청단백질과 기타 유청 성분의 사례를 다수 제시함으로써 관련 기본지식을 제공하고자 하는 것이다. 그러나 이 외에도 매달 수많은 연구 결과가 발표되면서 관련 지식이 증가하고, 이와 같은 특성을 보여주는 특정 분자와 그 작용기전이 계속해서 규명되고 있다. 유청단백질이 위와 장의 면역기능과 상호작용을 한다는 사실을 넘어 이제는 장, 면역체계, 세포생물학 차원에서 분자 활동으로부터 추론해 볼 수 있는 이점들을 규명하는 연구가 계속되고 있다. 이 가운데 암세포의 성장을 억제하는 보조치료제, 고콜레스테롤혈증 및 노화 방지 물질로서 유청단백질의 이로운 효과들이 보고되고 있다.

성장

우유의 성장 촉진 기능은 오래 전에 입증되었지만, 분자 수준에서 그와 같은 기능이 이루어지는 방식을 이해할 수 있을 만큼 충분한 지식이 축적되어 있지는 않다. 예를 들어, 주요 기관과 조직이 적절히 균형을 이루며 건강하게 성장한 것을 통해 우유 중심 식단이 유익하다는 점은 증명할 수 있지만, 정확히 어떤 단백질과 영양소들이 이러한 효과를 가져왔는지는 전혀 알 수 없다. 대부분의 경우, 특히 위장관, 뼈, 피부 및 근육의 성장은 비유(非乳) 단백질보다 우유 단백질을 섭취했을 때 더 월등한 것으로 나타난다.

성장 촉진 효과는 1)칼슘 같은 필수 영양소의 흡수 증가, 2) 특정 조직에 맞는 아미노산 공급, 3) 수용체 활성화를 통한 직접적인 세포성장 촉진, 4) 조직 와해를 촉진하고 간접적으로 성장을 방해하는 염증반응 매개체인 사이토카인을 억제할 때 일어나는 것으로 알려져 있다. 성장 촉진 식품으로서 우유의 중요성을 고려해볼 때, 성장 촉진에 관여하는 다수의 작용기전이 있는 것으로 생각되지만 여전히 대부분은 입증되지 않은 상태이다. 유청 성분들은 락토페린, EGF, IGF-1 등 몇 가지 잘 알려진 성장 촉진인자를 함유하고 있다. 그런데 여기서 아주 흥미로운 의문을 제기해 볼 수 있다. 도대체 성인에게 있어 성장 촉진이 가지는 의미는 무엇인가? 이 질문에 대한 답은 아이러니하게도 골다공증과 같은 노화로 인한 퇴행성 질병에서 찾을 수 있다. 뼈는 고정되어 있는 구조가 아니라 계속해서 변화하는 조직이며, 그 속에서 파괴와 성장이 끊임없이 지속되고 있다는 것이 골다공증 관련 연구들을 통해 분명히 밝혀졌다. 노화가 진행되면 뼈 조직의 와해가 성장보다 더 많이 일어나기 시작한다. 또한 근육 및 신경 조직과 같은 다른 조직에 대한 연구가 활발히 진행되면서 지속적인 조직 대체라는 주제가 전면으로 부각되었다. 따라서 성장 촉진은 노화가 진행되는 가운데 건강을 유지하기 위한 중요한 요소라고 할 수 있다. 실제로 치료목적의 성장 호르몬이 노인의 면역체계를 강화하는 효과를 가져온다는 임상결과가 발표되기도 하였다.

발육

포유류의 새끼는 다른 동물과는 달리 발육이 덜 된 상태로 태어난다. 특히 인간은 기관과 조직 형성이 미완성인 상태에서 태어난다. 우유에는 발육을 촉진하는 특정 영양소를 공급하는 기능이 있다. 유청단백질 역시 체외 실험과 체내 연구 모두에서 발육 촉진 기능을 가진 것으로 드러났다. 따라서 발육 촉진을 위한 식품에는 당연히 이러한 기능을 담당하는 영양소를 농축해서 적용하는 것이 바람직하다. 외상 및 손상 후 조직의 회복은 가장 대표적인 발육 촉진 사례라고 할 수 있다. 결과는 분명하지 않지만, 운동스트레스처럼 심각한 손상이나 외상을 주지 않는 스트레스에 노출된 조직이 회복하는 데 유청단백질이 큰 효과를 발휘하는 것으로 추측된다. 유청이 함유하고 있는 다양한 촉진인자들이 작용기전을 통해 그러한 효과를 발휘하는 것이다.

성숙

인간을 포함한 포유류의 다양한 생체조직 및 세포는 생애초기는 물론 살아가는 내내 성숙 과정을 겪는다. 유아기 면역체계의 자기-비자기 인식과 생애주기 동안 다양한 항원에 보이는 내성이 성숙의 대표적인 예이다. 이미 잘 알려진 유청성분과 면역체계 사이의 상호작용은 유청이 가진 가장 유익한 특성 중 하나이다. 특히 면역노화로 인해 병원균 방어가 제대로 이루어지지 않는 노인의 경우, 성숙 촉진인자를 식품에 포함시켜 섭취하는 것이 유익하다. 또한 요거트 제품이 보이는 면역체계 개선효과는 유익한 유산균과 함께 섭취되는 유청성분 간의 긍정적인 상호작용에 기인하는 것으로 보인다.

보호

락토페린과 같은 유청단백질의 항균 효과에 대한 연구 결과가 속속 등장하면서 과학계는 물론 일반 대중들도 우유 성분의 항균 효과를 인식하게 되었다. 본고가 다룰 주제는 아니지만, 우유의 가장 뛰어난 이점은 여러 가지 보호 작용을 하는 미생물균총의 생육을 다양하고 효과적인 수단을 통해 촉진하는 것이라고 할 수 있다. 유익한 미생물총을 촉진하는 프리바이오틱스로서 유청성분이 가진 효과는 지금까지 제대로 인정을 받지 못했지만, 점점 그 효과에 대한 인식이 제고되고 있다. 보호 작용에 있어 유청성분의 이점은 전 연령의 성인에게 곧바로 효과를 보이는 영양소를 포함하고 있다는 것이다.

제거

독성물질 및 세균의 신속하고 확실한 제거는 보호 작용을 하는 영양소, 특히 우유 속에 들어있는 영양소들이 가진 주요 이점으로 그 동안 주목 받지 못했던 작용이다. 우유의 당단백질과 당지질의 가장 대표적인 작용기전은 장 세포막에 존재하는 독소결합 분자들과 마찬가지로 위에서 독성 물질과 결합하는 것이다. 위 속 내용물에 존재하는 독소와 결합함으로써 이들 영양소는 작용기전의 단순성을 생생하게 보여준다. 위 속 내용물들은 유체의 점성과 연동운동의 작용에 의해 장으로 밀려 나간다. 소화관의 운동력 감소가 노화로 인한 위장 기능 약화의 주요 원인으로 밝혀지면서 유청성분이 평활근 세포의 기능을 촉진하고 조절한다는 사실이 학계의 주목을 받고 있다(표 6.3.1).

대체로 유청에 함유되어 있는 우유 성분이 유아의 건강에 유익한 작용을 한다는 것은 오래 전부터 알려져 있었지만, 그와 같은 작용기전이 성인의 건강에도 유익하다는 사실은 최근에서야 밝혀졌다. 현재로서는 단일 성분의 작용기전 밖에 밝히지 못하지만, 서로 다른 성분 간의 긍정적인 상호작용을 발견하는 등 앞으로 보다 활발한 연구가 이루어질 것이다. 첫 번째 연구대상은 병원균의 세포벽을 공격하는 리소자임과 세포막을 공격하는 락토페린이라는 두 항균 물질의 긍정적인 상호작용일 것이다. 이는 우유 속에서 형성되어 유아의 건강을 보호하는 수많은 상보적 분자 체계 중 가장 대표적인 경우이다. 또한 성인에게 유익한 작용을 하는 것으로 밝혀진 유청성분들이 유아의 건강에 미치는 효과를 규명하기 위한 연구에 대해서도 많은 관심이 쏠리고 있다.

표 6.3.1
유청성분의 생리활성 작용

목표	작용기전	유청성분의 예	결과
성장	장 세포의 세포주기 촉진	IGF-1	조직복구 촉진
성숙	장 세포 내 수용체 결합 및 활성화	TGFb	장의 무결성
보호	병원균 세포막 파괴	락토페리신	병원균 억제
예방	유용균 촉진	락토페린	프리바이오틱 효과
제거	내독소 결합	면역 글로불린	독소 배출

유청 내 비단백 성분의 생리활성 기능

유청의 비단백 성분에 대한 관심 역시 급증하고 있다. 비단백 성분으로는 유당과 같은 주요 성분과 스핑고리피드 및 갱글리오사이드를 포함한 유지방구 막 분획물 등 부수적인 생리활성 성분들이 있다. 유청 내 지질의 농도는 매우 낮지만 상업용 유청제품에 존재하는 지질의 양은 분획기법에 따라 다르다.

지금까지 규명된 유청단백질의 수많은 기능과 작용은 유청단백질 자체가 가지고 있는 흥미로운 생물학적 작용을 보여줄 뿐만 아니라 진화과정을 거치면서 형성된 조화로운 생물학적 작용체계를 증명하는 확실한 근거가 되고 있다. 이러한 작용들은 필수 영양소를 운반할 뿐만 아니라 신체를 보호하고, 영양을 공급하며, 성장하는 포유류가 최적화된 생리적 상태를 유지할 수 있도록 도와준다. 지금까지 밝혀진 이러한 작용기전은 매우 복잡하고 이질적이며 유익한 주요 작용기전들은 아직 명확하게 규명되지 않고 있다. 우유 속 유청은 모유와 마찬가지로 수많은 유익한 작용을 한다. 병원균 방어, 장 성장 조절, 면역체계 성숙, 유산균 촉진은 물론 전반적으로 영양가가 뛰어난 단백질을 균형 있게 제공한다. 영양연구 및 그 응용은 필수 영양소 연구에서 벗어나 식품 내 비필수 영양소와 그 구조 및 생리활성 요소를 이해하기 위한 방향으로 나아가고 있다. 이러한 맥락에서 우유와 유청은 연구 대상으로서뿐만 아니라 부가가치 식품에 직접 응용을 할 수 있다는 측면에서 훌륭한 식품 원료로 떠오르고 있다.

본고에 제시된 정보는 다음의 문헌에서 발췌했다. R. L. Walzem, C. J. Dillard, and J. B. German "Whey Components: Millenia of Evolution Creates Functionalities from Mammalian Nutrition: What We Know and What We May Be Overlooking," Critical Reviews in Food Science, Vol. 42: 353–375

6.4 유청단백질과 스포츠 영양

곤카 빠쟁 박사 (Dr. Gonca Pasin)
캘리포니아 대학 빠쟁그룹 (Pasin group, University of California, Davis, CA)

샤론 밀러 박사 (Dr. Sharon Miller)
미국 낙농 협회 (National Dairy Council, Rosemont, IL)

미국산 유청 제품은 최근 스포츠 영양의 원료로 매우 각광 받고 있다. 지난 10년 간 사이클, 달리기, 에어로빅, 수영, 보디빌딩, 웨이트 트레이닝, 크로스컨트리 스키와 같은 규칙적인 운동에 입각한 건강한 생활방식에 대한 관심이 지속적으로 높아져 왔다. 근육질의 균형 잡힌 몸매에 대한 관심이 높아지면서 단백질 스포츠 음료, 기능성 영양 음료, 스포츠 바를 비롯해 운동 효과를 최적화 하는 데 도움이 되는 기타 제품들에 대한 소비자의 수요가 지속적으로 증가해 왔다. 또한 유청단백질이 운동 효과 및 회복 속도의 제고라는 생리학적으로 중요한 이점을 제공하고 있음을 보여주는 연구 결과가 점차 늘어나고 있다.

유청단백질은 소화하기 쉽고 대사 효율이 높아 생물가가 높다. 또한 천연 식품 단백질 공급원 가운데 BCAA 함량이 가장 높다. 운동 중에는 전신 단백질 합성이 떨어지고, 단백질은 유리 아미노산으로 분해된다. 골격근은 혈액으로부터 BCAA를 취한 뒤 포도당으로 분해해 에너지원을 만든다. 따라서 BCAA는 장시간 운동 중에 에너지원을 공급할 수 있는 유일한 아미노산이다. 유청단백질은 특히 스포츠 음료 및 바 제조에 적합하다. 유청단백질은 BCAA의 함량이 높으며(단백질 100g 당 20~26g), 지방, 콜레스테롤, 유당이 거의 없는 양질의 순수 단백질을 공급할 뿐만 아니라 생체 내 이용효율이 높은 칼슘을 함유하고 있다.

유청, 에너지 그리고 스포츠

신체가 필요로 하는 에너지는 탄수화물, 지방, 단백질에 의해 충족된다. 중·단기 운동 중에는 글리코겐이라는 탄수화물이 주요 에너지원 역할을 한다. 그러나 운동 시간이 점차 길어지면 에너지원은 글리코겐에서 지질로 바뀌게 된다. 단백질 또한 장시간의 운동 중에 에너지원으로 작용할 수 있다. 아미노산, 특히 BCAA의 산화작용을 통해 운동 중 필요한 총 에너지의 10~15%를 공급할 수 있다.

운동 수행능력을 위한 영양 및 단백질

단백질은 운동선수를 위한 고기능성 영양소 가운데 핵심적인 역할을 담당하는 주요 영양소이며, 스포츠 활동과 연관된 단백질 대사에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 근육 단백질은 아미노산의 1/3을 BCAA의 형태로 함유하고 있다. BCAA는 기능적으로 중요한 성분으로 매일 250~300g씩 재생된다. 단백질이 스포츠 영양에서 중요한 이유는 지구력, 근력 및 체력 훈련, 근섬유 복구라는 세 가지 영역에서 보이는 효과 때문이다. 지구력은 장시간 근육운동을 지속할 수 있는 능력이다. 근육 지구력은 근육 속에 저장된 글리코겐 양과 혈중 포도당의 양에 좌우된다. 단백질은 부가적인 에너지원으로 작용하여 근육 속 글리코겐 소모를 줄여주고 혈중 포도당 수준을 일정하게 유지하도록 돕는다. 운동선수는 근육 속에 저장되는 글리코겐의 양을 늘리는 식이요법을 통해 지구력을 향상시킬 수 있다. 단백질 보충식품은 장시간의 운동에 필요한 글리코겐의 저장량을 증가시키는 것으로 알려져 있다.

운동선수들이 추가로 단백질 및 아미노산을 섭취해야 하는 이유

- 운동 중 산화 작용으로 손실되는 아미노산을 보충하기 위해
- 에너지 생성을 위해 많은 양의 단백질을 대사하는 미토콘드리아의 단백질 필요량을 보충하기 위해
- 운동으로 인한 근육 손실을 대체 할 성분을 제공하기 위해
- 근육 단백질 합성을 향상시키기 위한 보충 성분을 제공하기 위해

에너지원으로서의 단백질과 스포츠의 관계

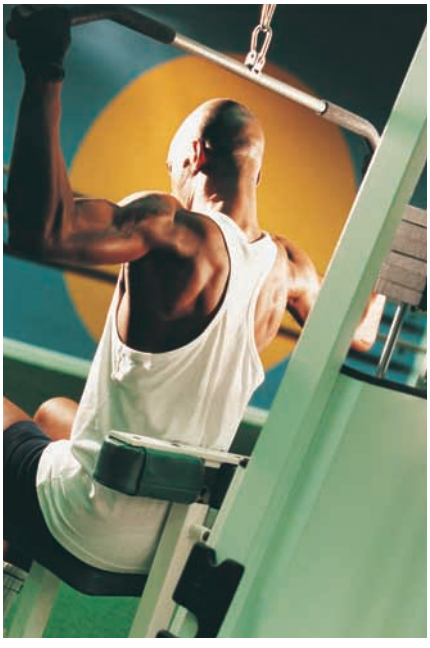
아미노산은 인체 신진대사에 필요한, 에너지를 공급해 주는 세포 구성요소이다. 운동 중 소모되는 에너지의 15%는 단백질에서 얻어지며, 그 중 류신이라는 아미노산이 가장 큰 비중을 차지한다. 아미노산이 에너지로 이용되기 위해서는 먼저 질소 유리를 위해 탈아미노화 혹은 아미노 전이 반응이 일어나야 한다. 운동은 아미노 전이 효소의 수치를 두 배로 증가시킬 수 있으며, 이는 류신과 기타 아미노산을 활용해 에너지를 내는 신체 능력을 배가시킨다. 류신 소모량 측정법을 채택한 여러 연구결과에 따르면 유산소 운동 중 단백질 사용이 20%까지 상승하는 것으로 나타났다. 운동 중 필요한 단백질의 양이 증가한다는 것은 운동 후 배설물 속에 3-메틸 히스티딘 및 요소 질소의 소모량이 증가하고 단백질 합성이 저하된다는 다른 연구들을 통해서도 입증되었다.

이외에도 많은 연구들이 운동 중에 류신, 발린, 이소류신 등 BCAA의 소모량이 증가한다는 결과를 보여주고 있다. 이들 BCAA는 활성 골근육에 의해 분해되어 질소를 방출시키고, 질소는 근육 속의 피루베이트와 결합하여 알라닌 아미노산을 형성하게 된다. 한편 간에서는 알라닌으로부터 질소를 유리시켜 에너지원으로 쓰일 포도당을 형성한다. 하지만 리신과 같은 다른 아미노산의 소모량은 운동의 영향을 받지 않는다. 운동 중 감지될 만큼 근육량의 손실이 발생하지 않아도 질소 소모량은 운동 중과 후에 증가하거나 변하지 않는 것으로 나타났다.

단백질 섭취량과 스포츠

튼튼하고 건강한 신체 유지를 위해 미국에서 발표된 영양소 일일 권장량(RDA)은 체중 1kg 당 0.8g의 단백질 섭취를 권장하고 있다. 예를 들어 체중이 70kg일 경우, 매일 56g의 단백질을 섭취해야 한다는 것이다. 하지만 개개인에게 필요한 단백질 총량은 생활방식, 신체조건, 전반적인 건강 상태, 연령, 성별, 탄수화물 대사상태, 이전의 단백질 섭취 수준, 운동 수준 및 운동의 유형, 기간, 강도에 따라 달라진다.

일반적으로 앉아서 일하는 생활방식을 가진 사람이라면 RDA가 제시하는 수준의 단백질 섭취로 충분하지만 운동량이 많은 경우 필요한 단백질의 양은 증가한다. 미국 다이어트 협회(ADA) 및 기타 영양학자 협회에 따르면 운동선수에게 필요한 단백질의 양은 체중 1kg당 1.5g으로, 이는 단백질을 최대로 축적하기 위해 요구되는 양이다(체중이 70kg인 운동선수일 경우 하루 97~105g의 단백질 필요). 이러한 단백질의 섭취는 근육량이 많이 필요한 사람들이나 운동 선수들이 체내 질소 평형을 유지하거나 근육량 증가와 함께 양의 질소 평형을 이루기 위해 필요하다.



보디빌딩, 역도, 레슬링 및 호신술 부문의 운동선수에게 필요한 영양소의 종류와 양은 그 외 분야의 운동 선수와 다르다. 질소 균형에 관한 연구결과에 따르면 지구력, 근력 및 체력 운동을 주로 하는 운동 선수들이 양의 질소 평형을 유지하기 위해서는 하루 체중 1kg 당 2.0g에 달하는 단백질이 필요하다고 한다. 보디빌딩 선수들은 상당량의 유청단백질을 섭취하는 것으로 알려져 있다. 이들 중 일부는 체중 1 kg당 2.0g 이상의 단백질을 소비하기도 하는데, 이는 지방기 없는 단단한 근육질을 형성하기 위해서는 더 많은 단백질의 섭취와 지속적이고 강도 높은 운동이 필요하다는 사실을 이해하고 있기 때문이다.

근육 발달에 필요한 아미노산을 공급하는 데에 많은 양의 단백질이 추가로 필요한 것은 아니다. 하지만 어떠한 단백질도 체내에서 100% 활용되지는 않는다. 양질의 우수한 단백질의 경우 체내 활용률의 소실비율이 약 30%에 달하지만, 질이 낮은 단백질인 경우에는 소실비율이 거의 60%에 달하기도 한다. 이론적으로 100g의 단백질을 축적하기 위해 운동선수는 양질의 단백질의 경우 130g을, 질이 낮은 단백질의 경우 160g을 섭취해야 한다. 섭취하는 단백질의 총량이 지나치게 높아지면(특히 질이 낮은 단백질일 경우) 신장과 같은 신체기관이 처리해야 하는 물질이 과도하게 늘어나 대사 장애를 일으킨다. 바로 이러한 문제 때문에 유청단백질처럼 생물가가 높은 양질의 단백질을 섭취하는 것이 바람직하다.

표 6.4.1
활동 유형별 단백질 요구량

활동	몸무게 1kg 당 일일 단백질 섭취 요구량 (g/kg/day)
앉아서 하는 활동(일)	0.8
규칙적인 유산소 운동 (에어로빅, 조깅 등)	1.2~1.4
체력 및 스피드 운동 (단거리 육상, 트랙 사이클, 보디빌딩 등)	1.3~1.6
체력 및 근력 운동 (유도, 복싱, 역도 등)	1.5~2.0
지구력 운동 (마라톤, 로드 사이클, 트라이애슬론 등)	1.5~2.0

미국산 유청단백질은 우수한 가치를 지니고 있다. 모든 단백질이 다 좋다고 볼 수 있지만 그 가운데서도 더 좋은 단백질이 있다. 이상적인 스포츠 단백질은 다음의 기준을 충족해야 한다.

- 필수 아미노산 대 불필수 아미노산의 비율이 적정한가?
- BCAA가 풍부한가?
- 저지방, 저 콜레스테롤인가?

단백질의 영양적 품질은 여러 방식으로 측정할 수 있다. 단백질 효율비(PER), 단백질 소화 흡수력(PD), 생물가(BV), 최종단백질이용률(NPU), 단백질 소화력에 의한 아미노산 점수법(PDCAAS)을 통해 아미노산 공급원으로서 식품 단백질의 효능을 나타낸다. 모든 기준에서 볼 때 유청단백질은 양질의 단백질을 제공하는 훌륭한 공급원이다.

표 6.4.2
주요 단백질의 영양적 가치

단백질원	BV	PER	NPU유당
WPC	104	3.2	92
대두단백질	74	2.1	61
전란	100	3.8	94
우유	91	3.1	82
카제인	77	2.5	76
소고기	80	2.9	73

6. 유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성

PDCAAS는 인체에 필요한 아미노산의 요건을 기반으로 단백질의 품질을 평가하는 방식인데 그 기준이 되는 것은 질소 비율 근사치, 필수아미노산 조성, 소화 흡수력이다. 이 방식에 따라 인체가 필요로 하는 필수 아미노산의 요건을 모두 충족시키는 이상적인 단백질을 PDCAAS 점수로 환산하면 1.00이며, 유청단백질의 점수는 1.14로 1.00을 받은 대두 단백질보다 높다. 미국 낙농업계는 스포츠 영양업계가 채택한 유청단백 전매 가공기술 분야를 선도하고 있다.

표 6.4.3
주요 단백질의 PDCAAS

단백질원	PDCAAS
분리유청단백*	1.14
카제인	1.00
분리우유단백	1.00
분리대두단백	1.00
난백분말	1.00
소고기 분쇄육	1.00
통조림 렌즈콩	0.52
땅콩깻묵	0.52
밀 글루텐	0.52

* 정확한 성분 함량은 공급업체에 문의

스포츠 영양에 있어 유청단백질의 이점

- 소화흡수가 쉬운 양질의 단백질로서 에너지를 보충하고 내생적 단백질의 소모를 줄인다.
- 류신, 이소류신, 발린으로 이루어진 BCAA 함량 수준이 높다. 피로 지연 효과가 있다.
- 시스테인, 메티오닌 등 황 함유 아미노산의 우수한 공급원으로서 체내 항산화 수준을 유지시켜 주고 세포 분리 중에 DNA를 안정화 시키는 것으로 알려져 있다.
- 아르기닌 및 리신의 함량이 높아 성장 호르몬 분비를 자극하고 근육량 증가 및 체지방 감량을 촉진한다.
- 글루타민을 함유하고 있어 근육의 글리코겐 보충을 도와주고 지나친 운동으로 인한 면역능력 저하를 예방한다.
- 생체 이용효율이 높은 칼슘의 우수한 공급원으로 운동 중의 피로 골절을 예방하고, 저(低)에스트로겐 여성 운동선수들의 골밀도 손실을 막아준다.

유청단백질의 BCAA 함량은 최고 26%에 달하는 수준으로 매우 높다. 이들 아미노산은 격렬한 혹은 장시간의 운동을 하는 사람들에게 에너지를 공급하기 위해 만들어진 스포츠 음료에 부가적 이점을 제공한다. BCAA(류신, 이소류신, 발린)는 기타 아미노산처럼 처음에 간을 통해 대사작용을 거치는 것이 아니라 장시간에 걸쳐 운동을 지속하는 동안 골근육을 통해 직접 흡수된다. 이들 아미노산에 대한 인체 요구량은 운동 중 증가하기 때문에 근육량 보존을 원하는 운동선수라면 BCAA의 섭취를 늘려 원하는 효과를 얻을 수 있다.

유청단백질 100g에는 10.3g의 류신, 5.9g의 이소류신, 5.9g의 발린이 포함되어 있다. 단백질의 종류 및 처리과정에 따라 아미노산의 조성이 달라진다. 즉 같은 유청단백이라 할지라도 처리 공정이 다르면 BCAA의 함유량이 달라진다. 미국의 유제품업계는 특히 스포츠 음료 및 스포츠 바의 용도에 맞추어 BCAA의 함량 수준을 높인 유청단백을 생산하고 있다.

표 6.4.4
주요 단백질의 표준 BCAA 함유량

단백질원	단백질 100g 당 BCAA 함유량(g)
WPI	26
난백분말	22
분리우유단백	20
분리대두단백	17

6. 유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성

BCAA의 피로 회복 효과

BCAA는 운동 중 근육 단백질이 분해되는 것을 억제함으로써 운동 선수들이 장시간에 걸쳐 강도 높은 훈련을 받을 수 있게 해준다. BCAA가 격렬한 운동을 마친 선수들의 원기회복을 도와준다는 증거가 입증되는 등 이들에 대한 연구가 스포츠 의학 분야에서도 활발히 이루어지고 있다. 최근의 이론에 따르면 장시간에 걸친 운동 중 BCAA는 골근육에 의해 산화되어 탄소 부분은 연료로 쓰이고, 질소 부분은 알라닌 아미노산을 만드는 데 사용된다. 이렇게 형성된 알라닌은 간으로 이동하여 포도당으로 전환되어 에너지로 사용된다. 만일 근육량을 유지하기 원하는 운동선수라면 운동 전후에 BCAA가 풍부한 유청 강화제품을 섭취하면 된다. 부상이나 외상과 마찬가지로 운동도 '대사 스트레스'로 간주되며, 이러한 상황에서 근육조직은 간에 포도당 전구체를 공급하기 위해 대사작용으로 분해된다. 따라서 BCAA는 원기회복 보조물로서 운동 선수들의 식이요법에 매우 유용하게 활용될 수 있다.

BCAA의 피로 지연 효과

1시간 이상 지속되는 격렬한 운동경기 속에서 경험하는 피로감을 두고 마라톤 선수들은 "벽을 친다"라고 말하고 사이클 선수들은 "부딪힌다"라고 표현한다. BCAA의 섭취는 중추 피로감을 지연시켜 장시간에 걸친 유산소 운동 중에 느끼는 피로감을 지연시킬 수 있다는 주장이 제기되고 있다. 여러 현장 연구에 따르면 달리기 선수, 축구 선수, 크로스컨트리 스키 선수들에게 BCAA 보충제를 섭취시킨 결과 운동 수행능력이 제고된 것으로 나타났다.

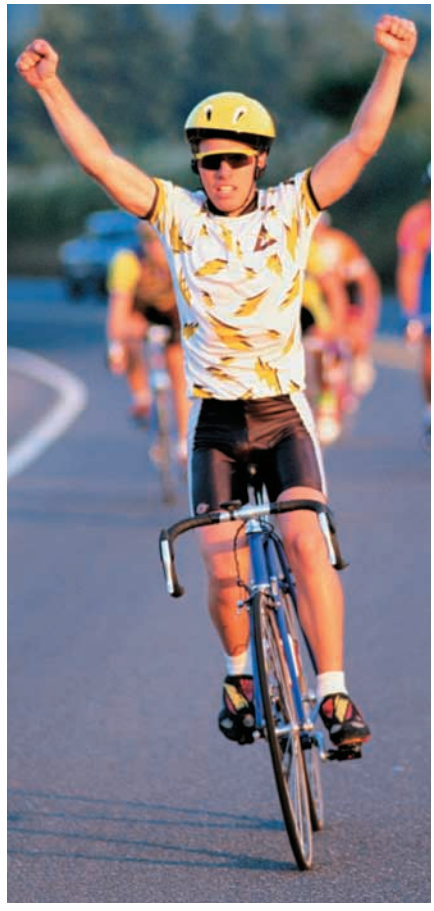
미국산 유청단백의 근육 성장 촉진 및 피로 억제 효과

유청단백질에는 아르기닌과 리신이 풍부하다. 아르기닌과 리신은 성장호르몬을 자극할 수 있는 잠재력을 지닌 것으로 평가되며, 보디빌딩 선수들에게 필요한 성분으로 보인다. 단백질은 단백동화 호르몬 또는 근육 성장 자극제라 볼 수 있는 성장 호르몬 분비를 촉진할 수 있다. 단백동화 스테로이드 복용이 각종 운동 경기에서 금지되어 있기 때문에 근력과 체력이 필요한 운동 선수들은 근육을 키우기 위해 합법적인 천연 성분으로 이루어진 제품을 찾는다. 유청단백질은 보디빌딩 선수들에게 단백동화 남성 호르몬 스테로이드의 천연 대안물로 적합하다.

유청에는 선택적 필수아미노산인 글루타민이 함유되어 있다. 글루타민은 운동선수의 과훈련이나 피로감을 억제하는 기능 때문에 관련 연구가 지속적으로 이루어져 왔다. 글루타민이 선택적 필수 아미노산인 까닭은 어떤 상황에서는 음식물을 통해 섭취되어야만 하기 때문이다. 글루타민은 세포 분리 시 연료로서 사용되며 골근육 내 총 아미노산의 60%를 차지하기 때문에 운동선수들은 이 영양소가 부족하면 근육성장이 지연되고 근육 분해가 증가한다는 생각으로 글루타민이 결핍되지 않도록 유의하고 있다. 글루타민은 피로하거나 지쳤을 때 근육에서 생성되는 암모니아를 결합하는 데 중요한 역할을 하고 있다. 유청단백질을 보충할 때 성분배합에서 글루타민을 늘릴 필요가 커질 가능성이 있는데 BCAA에서 나온 질소가 암모니아로 전환될 수 있기 때문이다. 스트레스 상태에서는 신체의 글루타민 요구량이 큰 폭으로 증가한다. 글루타민을 첨가함으로써 유청제품의 종류를 확대시킬 수 있다. 글루타민은 스포츠 음료, 스포츠 바, 인스턴트 혼합음료 등에도 사용될 수 있다. 업체들은 제품에 글루타민을 추가함으로써 성분배합을 개선할 수 있다.

글리코매크로펩타이드와 스포츠

글리코매크로펩타이드(GMP)는 치즈 제조공정 중 키모신이 K-카제인과 반응함으로써 생성되는 물질이다. 이 단백질은 엄밀하게 말하자면 유청의 한외여과 과정에서 추출하여 농축시킨 K-카제인 유래 펩타이드다. 유청단백질에는 약 15~20%에 달하는 GMP가 함유되어 있다. GMP는 생리활성 단백질로서 소화계에 유익한 영향을 미친다. 스포츠 영양에 있어 소화 조절 인자는 매우 중요한 요소이다. GMP는 체내 콜레시스토키닌의 분비 및 합성을 촉진하는 것으로 나타났다. 콜레시스토킨은 식욕억제제로서 소화기능 조절에도 중요한 역할을 담당한다. 이외에 GMP와 관련된 기능으로는 장내 비피더스균의 성장인자, 항바이러스 작용, 소화조절기능, 칼슘흡수력 제고, 항균작용 및 면역 체계의 개선 등이 있다.



6. 유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성

6.5 유청단백질과 심혈관 건강

작성:
샤론 K. 저드 (Sharon K. Gerdes)
SK 저드 컨설팅 (SK Gerdes Consulting, Richlandtown, PA)

W. 제임스 하퍼 박사(Dr. W. James Harper)
오하이오 주립 대학교 식품공학과 (Department of Food Science and Technology, Ohio State University, Columbus, OH)

편집:
그레그 밀러 박사 (Dr. Greg Miller)
미국 낙농 협회 (National Dairy Council, Rosemont, IL)

미국에서 생산되는 유청이 심혈관 건강에 긍정적인 효과를 줄 수 있는 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있다는 연구 결과가 속속 발표되고 있다. 생리활성 유청 펩타이드는 안지오텐신 전환 효소(ACE) 억제 및 아편 작용을 통해 고혈압을 막을 수 있고, 혈소판 응집을 억제하며 콜레스테롤 수치를 낮출 수 있다고 한다. 뿐만 아니라 칼슘, 마그네슘, 아연, 비타민 B군 및 특정 지질 분획물 등 유청 내 성분들도 전반적으로 심혈관 질병을 예방하는 효과를 가져올 수 있다.

식품을 연구하는 과학자들은 일반적으로 유청단백질을 선호한다. 높은 생물가, 뛰어난 기능적 특성, 깔끔한 향미 때문이다. 미국산 유청원료는 전세계 음료, 바를 비롯한 기타 식품에서 사용되고 있다. 새로 개발된 유청원료에는 생리활성 펩타이드가 다량 함유된 가수분해 유청단백질과 칼슘, 인 및 기타 미네랄이 풍부한 복합 우유 미네랄이 있다. 이들 두 원료는 심혈관 건강을 위한 기능성 식품의 성분으로 특히 주목 받고 있다. 유청원료는 또한 공액리놀레산(CLA)이 다량 함유된 제품이나 발효 또는 초 면역 유음료의 성분으로써 심혈관 건강 증진을 목표로 하는 차세대 유제품에 사용될 수도 있을 것이다. 수년 동안 저지방 유제품은 심혈관 질병의 위험을 줄이기 위한 식단의 일부로 섭취해야 한다고 권장되어 왔다. 최근 연구결과에 따르면 특정 유청성분들은 관상동맥의 건강에도 유익한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

유청 유래 펩타이드와 혈압

전세계적으로 심혈관 질병을 발생시키는 가장 대표적인 두 위험 요인은 고혈압과 이상지질혈증이다. 유청 유래 펩타이드는 두 위험 요인을 모두 줄일 수 있는 기능을 가진 것으로 밝혀졌다. 최근 연구에 따르면 생리활성 유청 펩타이드의 기능은 다음과 같다.

- ACE 억제 작용
- 아편 작용
- 항트롬빈 작용
- 콜레스테롤 저하

유청 펩타이드는 또한 전반적인 심혈관 건강을 증진시키는 항산화 작용 등 여러 작용을 하는 것으로 나타났다.

유청단백질은 효소를 이용한 단백질 분해를 통해 다양한 생리활성 펩타이드로 분해될 수 있다. 이 분해 과정은 위장관에서 소화가 일어나는 동안 우유의 발효에 의해 또는 실험실이나 유청 처리시설에서의 반응 조절을 통해 발생한다. 가수분해 방법에 관계 없이 항고혈압 작용을 하기 위해서는 펩타이드가 활성 형태로 장에서 흡수되어야 한다.

적은 양의 유청을 사용해도 비교적 많은 양의 생리활성 펩타이드를 생산하는 것이 가능할 수 있다. 이들 유청 펩타이드는 말초혈액에 온전한 형태로 들어가 전신 효과를 발휘할 수 있다. 아래 표는 유청 1g을 섭취할 경우 생산되는 생리활성 펩타이드의 잠재적 수율을 나타내고 있다.

알파-락토포린 수율	35.2mg
베타-락토포린 수율	30.2mg
세로포린 수율	0.5mg

락토바실러스 GG균과 락토코커스 락티스 등 다양한 유산균은 우유 단백질을 생리활성 펩타이드로 분해하는 것으로 알려져 있다. 산유(酸乳)에서 얻은 항고혈압성 펩타이드 관련 연구에 따르면 이들 펩타이드는 소화기관에서 흡수가 가능하다. 유아를 대상으로 한 연구에서도 디펩타이드와 트리펩타이드가 장에서 쉽게 흡수될 수 있음이 밝혀졌다. 보다 최근의 연구결과에서는 상당히 긴 펩타이드가 성인의 장내 방벽을 지나 목표 기관에 도달할 수 있는 것으로 나타났다.

식품원료 개발 시 처리공정은 이들 펩타이드의 활성화에 매우 중요하다. 과도한 열처리는 유청 펩타이드의 생체 내 이용효율을 떨어뜨릴 수 있기 때문에 업체들은 제조에 영향을 주는 요인들을 면밀하게 주시해야 한다. 단백질 분해를 위한 효소를 잘 선택하면 생물학적 작용을 최대화할 수 있고 쓴맛의 발생을 최소화할 수 있다. 미국 유청 제조업체들은 전세계 유청 펩타이드 제조 및 실험 분야에서 선도적인 기술력을 보유하고 있다.

안지오텐신 전환 효소 억제 작용

유청 펩타이드는 체외 및 동물 실험을 통해 안지오텐신 전환 효소(ACE) 억제 작용이 있는 것으로 나타났다. ACE 억제제의 전반적인 효과는 혈관 확장을 통해 높은 혈압을 조절하여 혈액량에 영향을 주는 것이다.

안지오텐신-I은 불활성 호르몬인 반면 안지오텐신-II는 직접적으로 혈관 평활근을 수축시켜 혈압을 증가시킨다. 이 외에도 안지오텐신-II는 심혈관계에 수많은 영향을 미친다. 예를 들어 신장의 배설량을 줄이고 수분 저류를 증대시킨다. ACE는 이 불활성 안지오텐신-I을 안지오텐신-II로 전환시킨다. ACE 억제제는 경쟁적 저해작용을 통해 이 같은 반응을 차단하고 안지오텐신-II의 효과를 억제한다. ACE는 또한 혈압 조절에 관여하는 강력한 혈관확장물질인 브래디키닌의 불활성화에 기여한다.

다양한 우유에서 유래된 펩타이드들은 ACE 억제 기능을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 카제인에서 유래된 ACE 억제 펩타이드는 카소키닌이라고 하며, 유청에서 유래된 ACE 억제 펩타이드는 락토키닌이라고 불린다.

ACE는 혈장, 신장, 폐, 뇌 등 수많은 조직에 분포한다. 체내에서 항고혈압 효과를 발휘하기 위해 ACE 억제 펩타이드는 장에서 흡수되어 목표 기관에 도달해야 한다.

산유를 대상으로 한 기존 연구들은 일부 카제인 분획물만이 ACE억제 및 항고혈압 작용을 하는 것으로 보았지만, 최근 연구에서는 수많은 유청 분획물 역시 ACE 억제 작용을 가진 것으로 나타나고 있다.

최근 연구에서는 다양한 효소를 이용해 알파-락트알부민과 베타-락토글로불린으로부터 ACE 억제 작용을 하는 분획물들을 분리했다. ACE는 C-말단 위치에서 소수성의 (방향족 혹은 분지 곁사슬) 아미노 잔기를 함유하는 기질(基質)을 선호하는 것으로 드러났다. 트립신만으로 이루어진 단일 효소 혹은 트립신, 펩신 및 키모트립신의 혼합 효소로 가수분해한 유청 분획물들이 보이는 ACE 억제 작용은 표 6.5.1에 제시되어 있다. ACE 억제 효과는 본래의 ACE 활성 능력을 50% (IC 50) 억제하는데 필요한 물질의 농도로 측정된다. IC50값이 낮을수록 효능은 높다.

항트롬빈 작용 유청원료

혈전증은 혈액이 응고하여 혈관 내 존재하는 것으로 심혈관 질환의 위험성을 높이는 또 다른 요인이다. 섬유소원은 혈장 단백질로서 간에서 생성되며 혈액 응고 형성 중 섬유소로 전환된다. 혈소판이 응집하기 위해서는 섬유소원이 혈소판에 고착되어야 한다. 우유 펩타이드는 이 혈소판 고착 현상을 억제하는 것으로 알려져 있다.

일부 유청 펩타이드는 항트롬빈 작용 여부와 관련해서 연구되어 왔다. 글리코매크로펩타이드(GMP) 유래 펩타이드가 혈소판 결합에 관여할 수도 있다는 연구 결과가 발표되기도 했다. 또 다른 연구에서는 락토페린 유래 펩타이드가 혈소판 결합에 작용할 수 있다는 결과가 제한적이나마 발표되었다. 유청 파생 펩타이드의 역할에 대한 지식이 보다 많이 축적되면 혈전증 치료에 새로운 전기가 마련될 것으로 보인다.

글리코매크로펩타이드

글리코매크로펩타이드(GMP)는 치즈 제조과정 중에 형성된다. 레닛이나 키모신은 K-카제인의 105, 106 잔기 사이의 펩타이드 결합을 가수분해하여 GMP를 생성한다. GMP는 유청 분획물에 녹아 분리된다

GMP의 C-말단 부분은 K-카제인에서 얻어진 106~169 잔기를 함유하고 있다. GMP는 정밀여과 혹은 한외여과로 분리한 유청단백질의 10~15%를 차지한다. 분자량이 큰 GMP는 흡수될 수 없기 때문에 혈액 성분에 영향을 주기 위해서는 보다 작은 펩타이드로 분해되어야 한다.

카소플라테린은 GMP 분자의 106~116 분절로 구성되어 있다. 이 화합물은 ADP가 유리된 혈소판에-섬유소원이 결합하여 응집하는 현상을 억제하는 것으로 나타났다. 그 밖의 다른 분절들도 항트롬빈 작용을 하는 것으로 나타났다. 분절108~110, 106~112 및 113~116등이 여기에 포함된다. 항고혈압 작용을 하는 것으로 나타난GMP 유래 펩타이드는 108~110 분절이다.

유청단백질과 콜레스테롤 수치

유청단백질은 또한 동물 실험을 통해 혈액 내 콜레스테롤 수치를 낮추는 것으로 밝혀졌다. LDL-콜레스테롤과 중성지방의 수치가 증가하면 죽상경화증의 위험이 증가한다. 그러나 HDL-콜레스테롤과 죽상경화증은 반비례 관계에 있다. 수많은 임상시험에 따르면 총 혈장 콜레스테롤 수치가 1% 낮아질 때마다 향후 몇 년간 관상동맥질환에 걸릴 확률이 2% 낮아지는 것으로 나타났다.

흰쥐를 이용한 실험에서 요거트에 농축유청이나 유당 가수분해 농축유청을 사용하면 콜레스테롤 수치를 낮추는 효과가 있는 것으로 나타났다. 이 실험에서 전유와 일반 요거트는 저콜레스테롤혈증 효과가 없지만 유당 가수분해 농축유청을 함유한 일반 요거트와 비피더스 요거트는 혈청 콜레스테롤을 낮추는 것으로 드러났다. 일반적으로 요거트는 HDL-콜레스테롤 수치를 변화시키지는 못하지만 중성지방을 증가시키는 경향이 있었다. 일반 타입이든 비피더스 타입이든 유청단백질이 강화된 요거트를 섭취한 쥐의 LDL-콜레스테롤 수치는 확연하게 줄었다.

또 다른 실험에서는 유청단백질을 적은 양으로 섭취할 경우(식품 1kg당 10g) 간 콜레스테롤 수치가 낮아지고, 다량으로 섭취할 경우(식품 1kg당 150g) 혈장 및 간 콜레스테롤 수치가 현저히 낮아지는 것으로 나타났다. 카제인과 비교했을 때 유청단백질이 혈장 콜레스테롤 농도를 약 35% 더 낮춘다는 연구 결과도 있었다. 식단에 추가된 유청단백질이 VLDL 분획물(초저밀도 지단백 분획물)을 감소시켜 혈장 콜레스테롤을 낮췄기 때문이다.

전반적으로 유청 펩타이드는 광범위한 생리활성 기능을 보이기 때문에 기능성 식품의 성분으로서 매우 유망하다고 할 수 있다. 표 6.5.1은 특정 생리활성 펩타이드와 그 기능을 보여준다.

표 6.5.1
유청단백질 유래 생리활성 펩타이드

단백질 전구체	분절	펩타이드 시퀀스	명칭	기능
알파-락트알부민	50~53	YGLF	알파-락토포린 ACE 억제	아편 작용
베타-락토글로불린	102~105	YLLF	베타-락토포린 회장 자극효과	비아편성
베타-락토글로불린	146~149	HIRL	베타-락토텐신	회장 수축
GMP	106~116 108~110 106~112 113~116	MAIPPKKNQDK	카소플라테린	항트롬빈 작용
GMP	108~110	IPP		항고혈압 작용
BSA	399~404	YGFQDA	세로포린	아편 작용
BSA	208~216	ALKAWSVAR	알부텐신	회장 수축 ACE 억제

Shah (2000), Korhonen 외. (1998)
참고문헌은 USDEC에 문의하면 열람할 수 있다.

6.6 분리유청단백 및 분리대두단백이 인체에 미치는 영향

로리 A. 넬슨 (Laurie A. Nelson)
Davisco Foods International Inc. (Eden Prarie, MN)

C. M. 콜커 (C. M. Colker)
D. S. 칼만 (D. S. Kalman)
M. 스웨인-오닐 (M. Swain-O'Neill)
Peak Wellness, Inc. (Greenwich, CT)

분리유청단백 및 분리대두단백이 건강한 성인에게 미치는 영향을 평가한 이중맹검 비교 예비 연구

개요

본고는 "분리유청단백 및 분리대두단백이 건강한 성인에게 미치는 영향을 평가한 비교 예비 연구"의 결과를 담고 있다. 본 연구는 Davisco Foods International, Inc.(Eden Prarie, MN)의 후원으로 Peak Wellness, Inc.(Greenwich, CT)에서 진행되었다.

수많은 연구를 통해 분리유청단백(WPI)과 분리대두단백(ISP)이 건강을 증진시킨다는 증거가 속속 드러나고 있는 지금, 이들 단백질원의 특성을 비교하여 건강한 생활방식을 추구하고 실천하는 사람들에게 관련 정보를 제공하는 것은 매우 시의 적절하다고 할 수 있다. 연구에 따르면 WPI와 ISP는 모두 건강에 긍정적인 효과를 가져오는 것으로 드러났다. 예를 들어, 대두단백은 콜레스테롤을 낮추고(Gardner, Newell 외, 2001), 특정 암의 발생률을 낮추며(Hakkak, Korourian 외, 2000; Ronis, Rowland 외, 2001), 골다공증 예방에 중요한 뼈의 미네랄 밀도를 유지해줄 뿐만 아니라 폐경기 증후군 증상을 완화시킨다. WPI는 면역체계에 미치는 영향(Bounous, Batist 외, 1989; Bounous, Gervais 외, 1989; Bounous, Batist 외, 1991; Bounous, Gold, 1991; Bounous, Barauchel 외, 1992; Bounous와 Molson, 1999)과 단백질 합성 및 운동 선수의 원기 회복 효과(Schena, Guerrini 외, 1992; Esmarck, Anderson 외, 2001), 생리활성 펩타이드 함유(Meisel, Frister 외, 1989; Guimont, Marchall 외, 1997; Mullally, Meisel 외, 1997)라는 특성 때문에 다수의 임상시험에서 연구 주제로 등장해 왔다.

그러나 시중에서 건강식품 원료로 부각되고 있는 것과 달리, 이들 단백질원이 혈액 및 기타 변수에 미치는 영향을 조사하여 전반적인 건강상태를 측정한 비교 데이터는 매우 제한적이다.

연구 목적

본 연구는 WPI와 ISP가 규칙적으로 운동을 수행하는 건강한 성인에게 미치는 영향을 신체구성, 운동수행능력, 면역변수, 혈청 아미노산, 성호르몬, 갑상선 기능 및 혈중 지질 조성의 측면에서 규명하고자 하였다.

연구 방법

본 연구는 이중맹검을 활용한 전향적 무작위 예비 연구로서 12주에 걸쳐 진행되었다. 연구 참가자는 최소 6개월 이상 웨이트 트레이닝을 수행한 18세 이상의 성인으로 하였다. 총 30명의 성인을 선별했으며, 두 그룹 중 한 그룹에 무작위 배치했다. 15명은 Davisco Foods International, Inc.가 제조한 WPI 제품 BIPRO® 를 섭취했고, 다른 15명은 Protein Technologies, Inc.가 제조한 ISP 제품 SUPRO® 를 섭취했다.

실험 참가자들이 섭취한 WPI와 ISP의 조성 및 단백질 품질은 표 6.6.1에 제시되어 있다. WPI는 건조 중량 기준으로 97.5%의 단백질을 함유하고 있으며, ISP는 이보다 낮은 92.5%의 단백질을 함유하고 있다. 다른 성분들의 경우에는 미량의 차이를 보이고 있다. 단백질 품질의 경우 두 단백질 모두 단백질 소화율을 고려한 아미노산 점수인 PDCAAS 기준으로 최고 점수인 1.0을 받았는데, 이는 두 단백질 모두 최소의 양으로 인체가 필요로 하는 필수 아미노산을 공급해줄 수 있음을 의미한다.

표 6.6.1
조성 및 단백질 품질

조성	WPI[1]	ISP[2]
단백질(% db)	97.5	92.5
지방(%)	〈1.0	3.0
회분(%)	〈3.0	4.1
수분(%)	5.0	5.0
탄수화물(%)	〈1.0	〈1.0
단백질 품질		
PDCAAS	1.0	1.0

[1] Davisco Foods International, Inc.
[2] Protein Technologies, Inc.

본 연구를 위해 초콜릿 맛의 믹스 분말형 단백질 보충제가 개발되었다. 이 음료는 일회분당 30g의 단백질을 함유하도록 제조되었으며 WPI와 ISP 특유의 맛의 차이를 가리기 위해 향이 첨가되었다. 연구원들과 연구 참가자들은 두 단백질 보충제를 구분할 수 없었다. 참가자들은 하루 두 차례 총 60g의 단백질을 섭취하도록 지시를 받았다.

연구 참가자들은 일주일에 세 번 저항성 운동을 수행했다. 저항성 운동은 전신 프로그램으로 구성되었으며 운동생리학부의 감독하에 이루어졌다. 참가자들은 또한 하루 동안 섭취한 식품을 기록하고 2주마다 공인 영양사와 만나 정해진 대로 식품 및 보충제를 섭취하는지 확인하도록 하였다.

연구가 진행되는 동안 수집된 데이터 중 간단히 제시할 수 있는 내용은 신체조성 측정치와 혈액 분석이다. 신체조성 측정은 체중과 체지방률 수치를 의미하며, 체지방률은 생체전기 임피던스 분석기(bioelectric impedance analysis)와 측경기(Lange calipers)로 측정했다. 실험 시작 시점과 실험 6주 및 12주에 특정 혈액성분을 측정했다. 혈액성분 측정에서는 아미노산인 글루타민산, 시스틴, 메티오닌, 리신, 및 항산화 물질인 글루타티오닌을 측정했다. 또한 갑상선(T3, T4, TSH), 콜레스테롤(총 콜레스테롤, HDL 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤 및 중성지방), 성 호르몬(테스토스테론 및 에스트라디올) 등의 수치 측정을 위해 혈액을 채취했다.

데이터 분석

총 12주 동안 데이터를 수집하여 분석하였다. 데이터 분석은 WPI 보충제 섭취 그룹과 ISP 보충제 섭취 그룹의 차이점을 기준으로 실행되었다. 또한 성별효과 여부를 판단하기 위해 각 그룹에 속한 남성과 여성이 보이는 차이와 관련된 데이터 분석도 이루어졌다. 통계적 유의수준은 $P<0.05$로 하였다. 연구 참가자 30명 중 3명이 도중 탈락했기 때문에 27명의 데이터를 분석했다. WPI를 섭취한 인원은 14명이었고 ISP를 섭취한 인원은 13명이었으며, 성별로는 남성 11명, 여성 16명이었다.

분석 결과

아래 제시된 그래프들은 데이터 분석에서 얻은 중요한 결과를 나타내고 있다(그림 6.6.2~6.6.12 참조).

연구 참가자 전원의 글루타티온 수치 변화

그림 6.6.2는 연구 참가자 전원의 데이터를 분석하여 얻은 글루타티온(GSH) 수치 변화를 보여준다.

WPI를 섭취한 그룹은 실험 6주 및 12주 차에서 GSH 수치가 현격히 증가 증가했다. ISP를 섭취한 그룹의 경우 연구가 진행된 12주 동안 큰 GSH 수치 변화를 보이지 않았다.

그림 6.6.3은 그림 6.6.2와 같은 데이터를 보여주지만 시간 추세에 따라 분석하여 그래프로 나타낸 것이다. 이 분석에 따르면 GSH 수치는 평균 6주 간격으로 변화를 보인다. 그룹 별 시간 추세 분석은 매우 상이한 결과를 나타낸다. WPI 섭취 그룹의 경우 GSH 수치는 평균적으로 6주 마다 3.46 unit 증가한 반면, ISP를 섭취한 그룹은 6주 마다 0.79 unit 줄어들었다. 이 결과에 따르면, WPI는 적혈구 세포 속에 들어있는 주요 항산화 물질인 글루타티온의 생성에 일조하여 세포의 수명을 늘리고 면역을 증강시켜 전반적인 건강 상태를 개선시키는 효과를 가져오는 반면, ISP는 그와 같은 효과를 보이지 않는다고 할 수 있다.

그림 6.6.2
연구 참가자 전원의 글루타티온 수치 변화

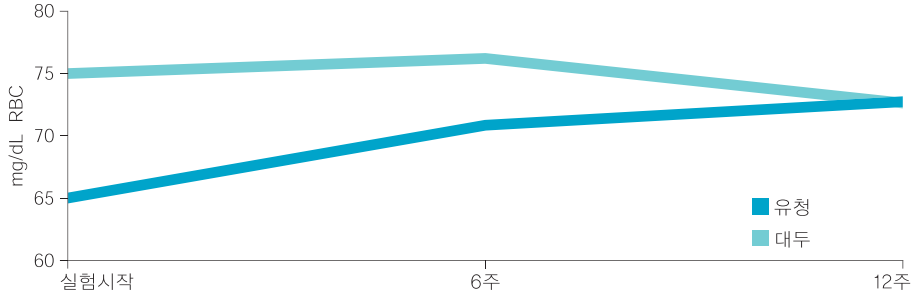
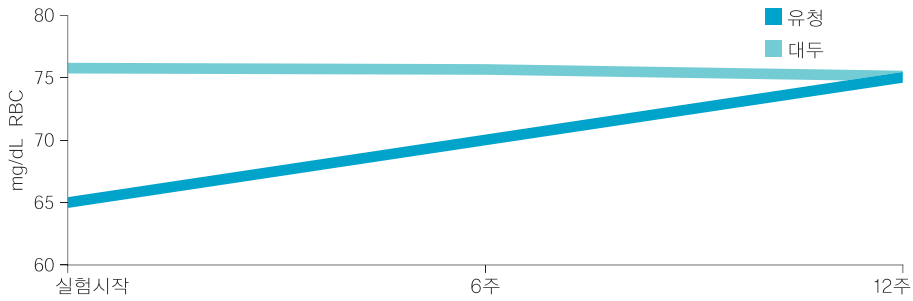


그림 6.6.3
연구 참가자 전원의 글루타티온 수치 변화 (시간 추세 데이터)



연구 참가자 전원의 메티오닌 수치 변화

그림 6.6.4는 실험 참가자 전원의 데이터를 분석해서 얻은 메티오닌 수치 변화를 그래프로 나타낸 것이다. WPI를 섭취한 그룹은 실험 6주 동안 메티오닌 수치가 실험 시작 전보다 12.29 unit 증가했다. 12주 차에서도 WPI 그룹은 메티오닌 수치에 있어 유의미한 변화를 보였는데, 시작 시점보다 7.5 unit가 높았다. ISP 섭취 그룹은 6주 및 12주 후에도 혈청 메티오닌 수치가 유의미한 변화를 보이지 않았다.

이는 유청과 대두 모두 높은 PDCAAS 점수에서 알 수 있듯이 양질의 단백질을 함유하고 있지만, WPI 만이 혈청 메티오닌 수치에 유의미한 영향을 줄 수 있다는 것을 의미한다. 아마도 대두단백보다 유청단백에 메티오닌이 더 많이 포함되어 있기 때문일 것이다.

그림 6.6.4
연구 참가자 전원의 메티오닌 수치 변화(시간 추세 데이터)

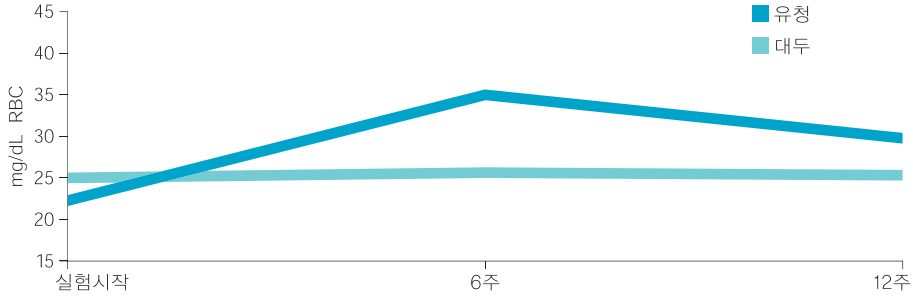


그림 6.6.5
연구 참가자 전원의 총 콜레스테롤 수치 변화(시간 추세 데이터)

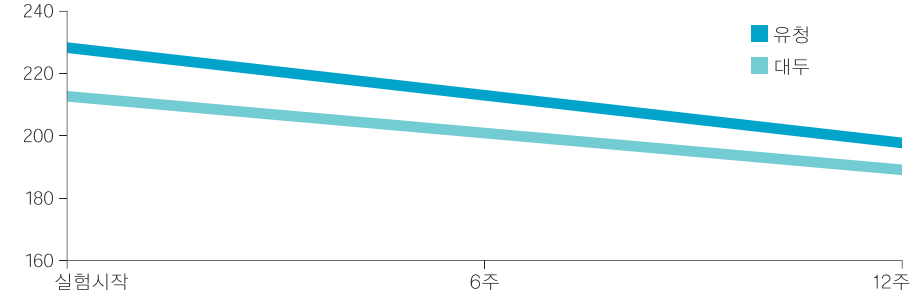
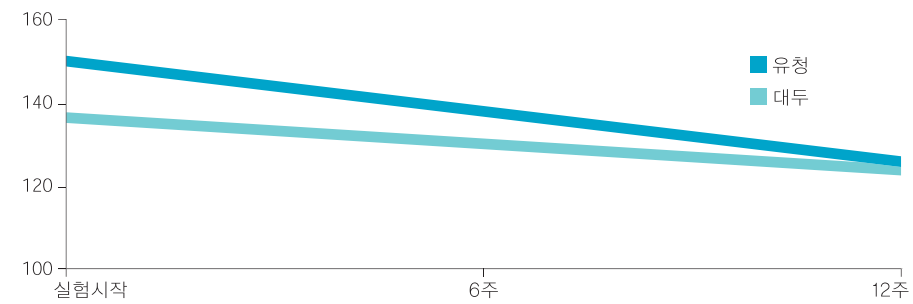


그림 6.6.6
연구 참가자 전원의 LDL 콜레스테롤 수치 변화(시간 추세 데이터)



혈중 지질 조성

연구 참가자 전원의 총 콜레스테롤 수치 변화

그림 6.6.5는 총 콜레스테롤 수치 변화를 시간 추세 그래프로 나타낸 것이다. 실험 시작 12주 후 WPI 섭취 그룹과 ISP 섭취 그룹 모두 유의미한 총 콜레스테롤 수치 변화를 보였다. 총 콜레스테롤은 ISP 섭취 그룹에서 6%, WPI 섭취 그룹에서 15% 감소한 것으로 나타났다. 그러나 두 그룹 사이에 유의미한 차이가 있지는 않았다. 최근 대두단백이 콜레스테롤을 낮춰주는 효과를 가졌다는 보도가 쏟아지고 미국에서 대두단백이 심혈관 건강에 도움이 된다는 주장이 속속 입증되고 있는 것을 감안할 때, 이번 결과에 힘입어 유청 역시 항 콜레스테롤 성분으로서 앞으로 그 활용도가 더욱 높아질 것으로 보인다.

연구 참가자 전원의 LDL 콜레스테롤 수치 변화 (시간 추세 데이터)

그림 6.6.6은 LDL 콜레스테롤 수치 변화를 시간 추세 그래프로 나타낸 것이다. 두 그룹 모두 현격한 LDL 콜레스테롤 수치 감소를 보였다. ISP 섭취 그룹은 10%, WPI 섭취 그룹은 20%의 감소를 보였다. 그러나 두 그룹 사이에 유의미한 차이가 있지는 않았다.

연구 참가자 전원의 HDL 콜레스테롤 수치 변화

그림 6.6.7은 HDL 콜레스테롤 수치 변화를 시간 추세 그래프로 나타낸 것이다. 두 그룹 모두 HDL 콜레스테롤의 수치가 유의미한 변화를 보이지 않았다.

연구 참가자 전원의 중성지방 수치 변화 (시간 추세 데이터)

그림 6.6.8은 중성지방 수치 변화를 시간 추세 그래프로 나타낸 것이다. ISP 섭취 그룹에서만 중성지방이 유의미한 감소를 보였다.

남성 참가자들의 갑상선 호르몬 수치 변화

그림 6.6.9의 그래프는 남성 연구참가자들의 T4 갑상선 호르몬 수치 변화를 보여준다. 표본 크기가 작았기 때문에 그룹 내 남성과 여성 사이에 유의미한 차이가 존재하지는 않았지만, 실험 시작 12주 후 ISP를 섭취한 남성 참가자들은 WPI를 섭취한 부류보다 T4 수치가 실험 시작 시점보다 크게 감소했다. ISP 그룹 남성참가자들의 경우 T4 수치가 시작점에서 평균 1 unit (7.7ug/dL에서 6.6ug/dL로 하락) 떨어진 반면, WPI를 섭취한 남성 참가자들의 경우 시작점에서 0.1 unit 감소했다(7.6ug/dL에서 7.5ug/dL로 하락). 이는 매일 60g의 ISP를 섭취한 남성의 경우 갑상선 기능이 저하될 수도 있다는 것을 의미한다. ISP가 갑상선 기능에 영향을 미친다는 연구 결과는 동물 실험 및 임상 시험 데이터의 결과와도 일치한다.

남성 참가자들의 시스틴 수치 변화

그림 6.6.10은 남성 연구참가자들의 시스틴 수치 변화를 보여준다. 실험 6주 후 WPI를 섭취한 남성 참가자들은 ISP를 섭취한 남성 참가자들과 달리 시스틴의 수치가 상승했다. WPI 섭취 그룹은 시작 시점보다 5.2 unit 상승했고, ISP 섭취 그룹은 시작 시점에서 9 unit 감소했다. 이 결과는 매우 중요하다. 시스틴은 황 함유 아미노산으로 신체 내에서 벌어지는 많은 과정에 관여하며 세포 내 글루타티온의 전구체이기 때문이다.

그림 6.6.7
연구 참가자 전원의 HDL 콜레스테롤 수치 변화(시간 추세 데이터)

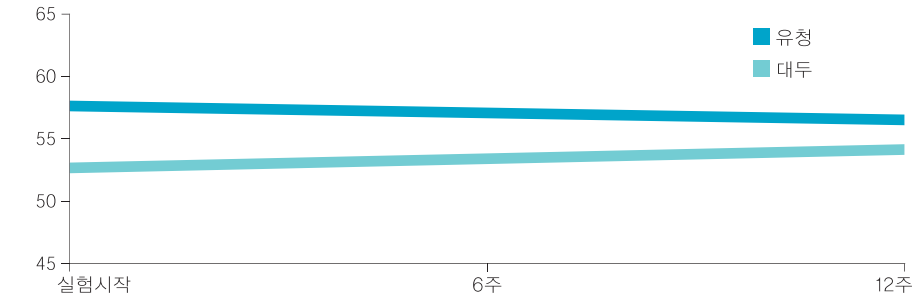


그림 6.6.8
연구 참가자 전원의 중성지방 수치 변화(시간 추세 데이터)

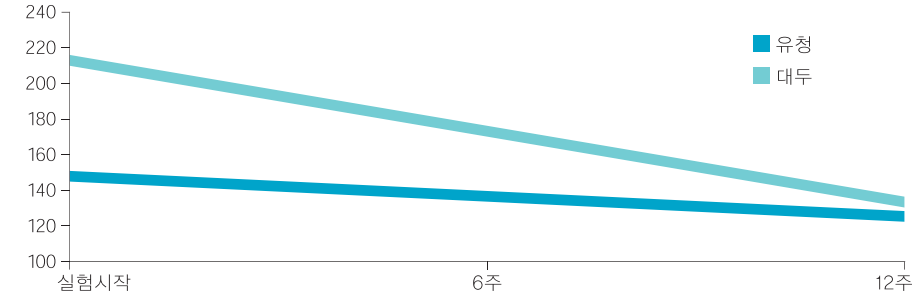


그림 6.6.9
남성 참가자들의 갑상선 호르몬 수치 변화

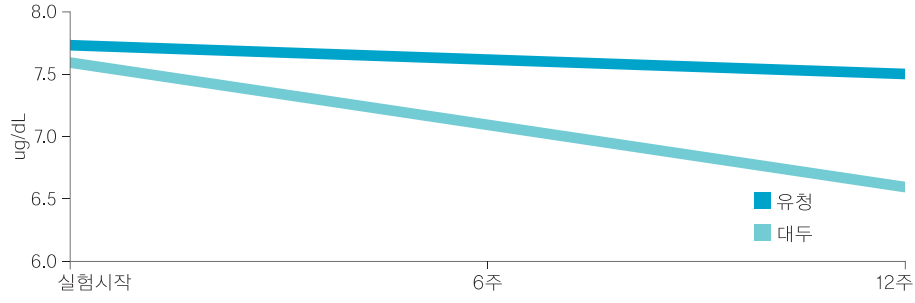
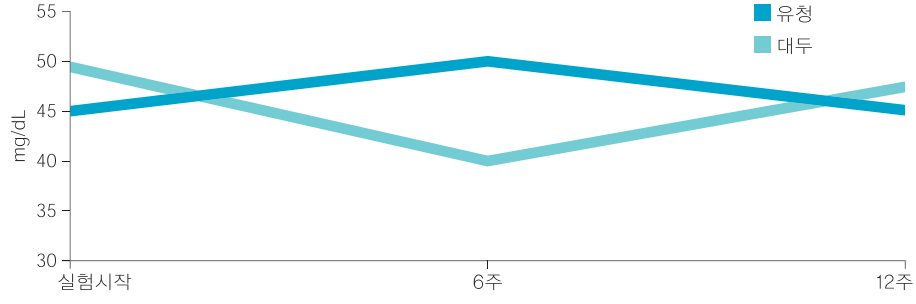


그림 6.6.10
남성 참가자들의 시스틴 수치 변화



6. 유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성

여성 참가자들의 에스트라디올 수치 변화

그림 6.6.11은 여성 참가자들의 에스트라디올 수치 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 실험 시작 12주 후 WPI 섭취 그룹은 ISP 섭취 그룹에 비해 에스트라디올 수치가 크게 감소했다. WPI를 섭취한 여성 참가자들의 에스트라디올 수치는 실험 시작 전보다 21.4 unit 감소한 반면 ISP 섭취 그룹의 여성 참가자들의 수치는 0.2 unit 감소했다. 이는 WPI가 항에스트로겐 효과를 가질 수도 있다는 것을 의미한다. 최근 동물 실험을 통해 유청단백이 유방암 종양 크기를 줄일 수 있음을 보여준 배저 박사(Dr. Badger)의 연구 결과(Hakkak, Korourian 외, 2000)와 함께 위의 결과에 대해서는 추가 연구가 더 이루어질 필요가 있다.

여성 참가자들의 글루타티온 수치 변화

그림 6.6.12는 여성 참가자들의 글루타티온(GSH) 수치 변화를 시간 추세 분석법을 통해 그래프로 나타낸 것이다. WPI 섭취 그룹과 ISP 섭취 그룹의 시간 추세 분석 결과는 매우 상이한 모습을 보인다. WPI 그룹은 GSH 수치가 6주 마다 평균 2.99 unit 상승한 반면, ISP 그룹은 6주 마다 평균 2.89 unit 하락했다. 이 결과로 미루어 보아 WPI는 GSH를 강화하는 전구체를 자연적으로 함유하고 있다는 것을 알 수 있다.

요약

두 그룹의 총 콜레스테롤 및 LDL 콜레스테롤 수치를 통해 알 수 있듯이 본 연구는 12주의 연구 기간 동안 하루 60g의 WPI 혹은 ISP 섭취가 지질 조성에 긍정적인 영향을 주었다는 것을 입증하고 있다.

또한 ISP가 남성 참가자의 T4 호르몬 수치를 현저히 낮춘 결과를 통해 대두가 갑상선 기능 저하 및 알려지지 않은 부작용을 가져올 수 있다는 기존 연구 결과를 확인할 수 있었다. 반면 WPI는 그러한 부작용을 보이지 않았다.

WPI를 섭취한 여성 참가자들은 에스트라디올 수치가 낮아졌는데, 이는 유청에는 항에스트로겐 기능이 있는 반면 ISP에는 그러한 기능이 없음을 시사하는 결과이다.

WPI 섭취로 인한 세포 내 GSH 수치의 현저한 상승은 유청단백질의 면역증강 효과를 입증하는 증거이다.

이번 예비 연구 결과는 운동을 꾸준히 하는 성인의 건강상태가 양호한지를 나타내는 생체지표에 WPI가 ISP보다 긍정적인 영향을 미쳤다는 것을 입증하고 있다. 추가 연구를 통해 이와 같은 연구 결과를 보다 심층적으로 분석할 것을 제안하는 바이다.

그림 6.6.11
여성 참가자들의 에스트라디올 수치 변화

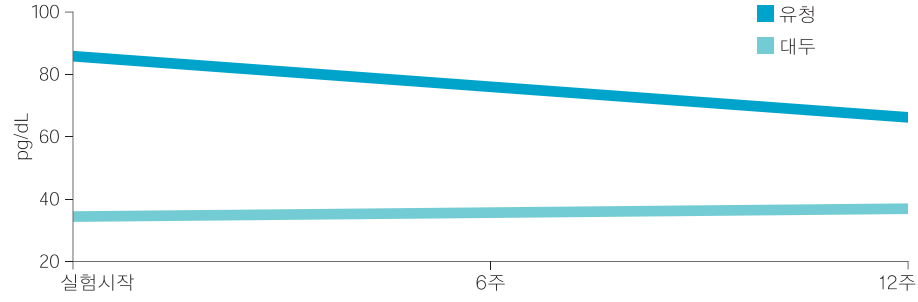
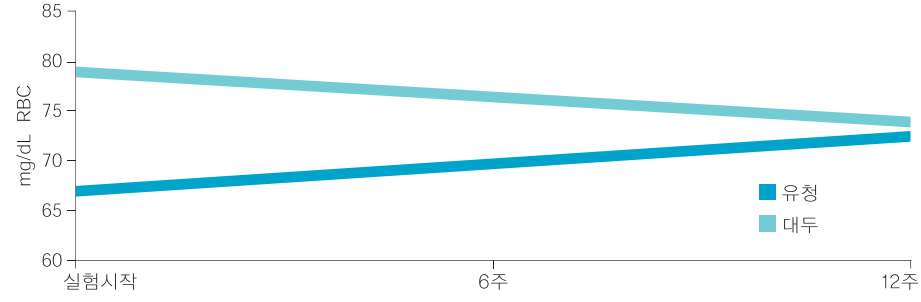


그림 6.6.12
여성 참가자들의 글루타티온 수치 변화(시간 추세 데이터)



참고문헌

Bounous, G., S. Barauchel, et al. (1992). "Whey Proteins as a Food Supplement in HIV Seropositive Individuals." *Clinical and Investigative Medicine* 16(3): 204-209.

Bounous, G., G. Batist, et al. (1989). "The Immunoenhancing Property of Dietary Whey Protein in Mice: Role of Glutathione." *Cinical and Investigative Medicine*12(3):154-161.

Bounous, G., G. Batist, et al. (1991). "Whey Proteins in Cancer Prevention." *Cancer Letters* 57:91-94.

Bounous, G., F. Gervais, et al. (1989). "The Influence of Dietary Whey Protein on Tissue Glutathione and Diseases of the Aging." *Clinical and Investigative Medicine*12(6): 343-349.

Bounous, G. and P. Gold (1991). "The Biological Activity of Undenatured Dietary Whey Proteins: Role of Glutathione." *Clinical and Investigative Medicine* 14(4): 296-309.

Bounous, G. and J. Molson (1999). "Competition for Glutathione Precursors Between the Immune System and the Skeletal Muscle: Pathogenesis of Chronic Fatigue Syndrome." *Medical Hypotheses* 53(4): 347-349.

Esmarck, B., J. L. Anderson, et al. (2001). "Timing of Postexercise Protein Intake is Important for Muscle Hypertrophy with Resistance Training in Elderly Humans." *Journal of Physiology* 535: 301-311.

Gardner, C. D., K. A. Newell, et al. (2001). "The Effect of Soy Protein With or Without Isoflavones Relative to Milk Protein on Plasma Lipids in Hypercholesterolemic Postmenopausal Women." *American Journal of Clinical Nutrition* 73: 728-735.

Guimont, C., E. Marchall, et al. (1997). "Biologically Active Factors in Bovine Milk and Dairy Byproducts: Influence on Cell Culture." *Critial Reviews in Food Science and Nutrition* 37(4): 393-409.

Hakkak, R., S. Korourian, et al. (2000). "Diets Containing Whey Proteins or Soy Protein Isolate Protect Against 7,12-Dimethylbenz(a)anthracene-Induced Mammary Tumors in Female Rats." *Cancer Epidiemiology, Biomarkers & Prevention* 9:113-117.

Meisel, H., H. Frister, et al. (1989). "Biologically Active Peptides in Milk Proteins." *Zeitschrift fur Ernahrungswissenschaft* 28(4):267-278.

Mullally, M. M., H. Meisel, et al. (1997). "Angiotensin-I-Converting Enzyme Inhibitory Activities of Gastric and Pancreatic Proteinase Digests of Whey Proteins." *Int. Dairy Journal* 7:299-303.

Ronis, M. J., J. C. Rowland, et al. (2001). "Inducibility of Hepatic CYP1A Enzymes by 3-Methylcholanthrene and Isosafrole Differs in Male Rats Fed Diets Containing Casein, Soy Protein Isolate or Whey from Conception to Adulthood." *Journal of Nutrition*131:1180-1188.

6.7 유청제품, 우유 미네랄 그리고 우유 칼슘에 대한 새로운 발견 및 이점

편집:
디리엔조 박사 (Dr. Doug DiRienzo)
미국 낙농 협회 (National Dairy Council, Rosemont, IL)

칼슘원으로서의 유청제품

칼슘은 여러 식품을 통해 섭취할 수 있으나 가장 효과적인 공급원은 유제품이라 할 수 있다. 유제품은 높은 생체 이용효율을 자랑하는 주요 칼슘 공급원이다. 우유 칼슘 성분은 특수한 분리 기술을 통해 우유로부터 얻어진다. 유청을 원료로 하는 제품들은 비용 효율이 높은 우수한 칼슘 공급원이다(500~2,000mg/100g, 자세한 정보는 표 참조). 또한 천연 우유 칼슘과 기타 칼슘이 풍부한 유청원료의 이점은 맛과 향이 순하다는 것이다. 우유로부터 얻어진 이 모든 천연 원료들은 소비자들로부터 환영을 받고 있으며, '청정 라벨'이 붙은 천연의 제품을 만들어 내는데 기여하고 있다.

칼슘 권장량 증가

미국 국립과학원(National Academy of Science, 이하NAS) 산하 의학연구소(Institute of Medicine, IOM)의 식품 영양 이사회에서 칼슘 및 관련 영양소에 대한 새로운 권장량을 발표했다. 이 새로운 권장량은 현재 영양섭취기준(Dietary Reference Intakes, DRI)이라는 명칭으로 사용되고 있으며 NAS가 1989년 정한 영양권장량(Recommended Dietary Allowances, RDA)을 갱신·확장한 것이다. 칼슘 섭취량과 칼슘 권장량 간의 차이는 예상보다 훨씬 큰 상태이다. 대체로 칼슘 섭취량은 새로운 권장량에 미치지 못하고 있다. 또한 칼슘이 건강 증진을 돕는다는 새로운 연구결과도 속속 발표되고 있다. 각국의 보건 당국뿐만 아니라 세계보건기구(WHO)도 칼슘 섭취 권장량을 정하고 있기 때문에 본고에서 언급된 권장량의 수치와 차이가 있을 수도 있다. 따라서 해당 국가의 칼슘 권장량, 권고사항 및 제품 설명서를 참고하길 바란다.

칼슘 권장량

유아 4~8세	800mg
10세 이하 아동 및 청소년 9~18세	1,300mg
성인 19~50세	1,000mg
성인 51세 이상	1,200mg

출처: NAS

유제품으로부터 얻은 칼슘의 생체 이용효율

칼슘의 생체 이용효율에 영향을 미치는 요인은 여러 가지가 있다. 외생적 및 내생적 요인들 모두 칼슘의 생체 이용효율에 영향을 미친다. 칼슘 섭취량, 비타민 D 상태, 유기인산 화합물, 수산염, 지질, 포스포펩타이드를 비롯한 기타 단백질, 유당, 인, 카페인 등은 외생적 요인으로 장에서의 칼슘 흡수에 영향을 준다.

유제품과 그 원료는 칼슘이 풍부할 뿐만 아니라 이들 제품으로부터 얻은 칼슘은 흡수율이 좋다. 일반적으로 건강한 사람들은 유제품과 유제품 원료에 함유된 칼슘을 약 20~35%까지 흡수한다. 여러 연구에 따르면 칼슘이 강화된 비유제품(예: 칼슘 강화 두유)에서 얻은 칼슘의 흡수 효율도는 유제품에 비해 25% 낮은 것으로 나타났다. 이러한 이유로 제조업체들은 생체 이용효율이 높은 칼슘이 강화된 제품을 공급하기 위해 칼슘이 풍부한 유제품 원료(분유, 유청 미네랄을 포함한 다양한 유청원료)를 선호하고 있다. 게다가 우유 칼슘은 100% 천연성분('청정 식품' 라벨 부착을 통한 천연원료 이미지 제고)이며 인과 마그네슘 같은 다양한 미네랄을 함유하고 있다.

표 6.7.1은 주요 유제품 원료의 칼슘 함유량을 보여주고 있다.

표 6.7.1
주요 유제품 원료의 표준 칼슘 함유량

유제품 원료	표준 칼슘 함유량(mg/100g)
탈염유청	〈100mg/100g
농축유청단백	500~700mg/100g
분리유청단백	600mg/100g
제단백 유청	600~700mg/100g
스위트 유청	700~800mg/100g
저유당 유청	800~900mg/100g
유청 퍼미에이트	800~900mg/100g
미네랄농축 유청	〉5,000mg/100g
전지분유	950~1,000mg/100g
탈지분유	1,300mg/100g
에시드 유청	2,000mg/100g
우유 미네랄	23,000~28,000mg/100g

주: 표준치만 제시. 자세한 정보는 미국 유제품 원료 공급업체에 문의.

6. 유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성

인체 내 칼슘의 주요 기능

뼈 성장에 있어 칼슘의 역할

뼈는 우리 몸의 장기를 보호하며 몸을 지탱해주는 역할을 할 뿐만 아니라 우리 몸 속에 가장 풍부하게 들어 있는 미네랄인 칼슘의 저장고 역할을 한다. 실제로 뼈와 치아에서 우리 몸 속 전체 칼슘의 99%를 찾아볼 수 있으며 나머지 1%는 세포, 혈액 및 기타 체액에서 발견된다. 뼈는 단단하고 고정되어 있는 것처럼 보이지만, 끊임없이 재형성되고 파괴된다. 재생이라고 불리는 과정에서는 기존의 뼈가 재흡수(파괴)되고 파괴된 뼈를 대체하기 위한 새로운 뼈가 형성된다. 항상 10~15%에 이르는 뼈 표면은 계속해서 재생 과정을 거치고 있다. 그리고 상호 연관된 수많은 호르몬과 영양적, 물리적, 유전적 요인들이 이러한 재생 과정에 영향을 미친다.

노화된 뼈를 재흡수하고 새로운 뼈를 형성하는 과정은 끊임없이 반복된다. 이러한 뼈의 소멸과 형성 과정은 연령에 따라 다르게 나타난다. 일반적으로 태어나서 20세에 이르기까지는 뼈가 활발히 성장한다. 40대 초반 이후부터는 재흡수되는 뼈가 새로 형성되는 뼈보다 더 많아지면서 뼈의 손실이 발생한다. 나이에 의한 뼈의 손실은 유전과 환경, 두 가지 요인의 영향을 모두 받는다.

우리 몸 속의 칼슘 상태는 칼슘 섭취량 그 자체보다는 전체적인 영양소에 의해 더 많이 좌우된다. 어떤 영양소는 우리 몸이 칼슘을 흡수하도록 도와주지만 어떤 영양소는 칼슘 축적이나 소변을 통한 칼슘 배출을 촉진한다. 소변을 통한 칼슘 손실은 칼슘 손실의 가장 대표적인 요인이라고 할 수 있다.

칼슘 상태는 칼슘 섭취량뿐만 아니라 칼슘 대사에 영향을 미치는 식품 및 외부 요인에 의해 좌우된다. 칼슘 흡수와 보유를 돕는 영양소에는 비타민D, 유당(동물 실험과 유아를 대상으로 한 실험에서 장내 칼슘 흡수를 촉진하는 것으로 드러남), 섬유질, 인, 단백질, 염분 및 기타 영양소들이 있다.

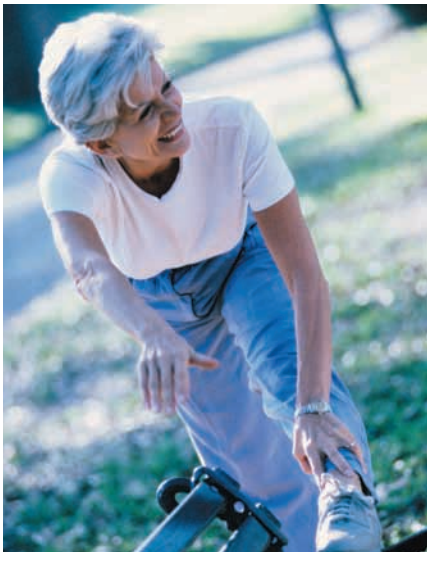
칼슘의 만성질환 예방 효과

적절한 칼슘의 섭취가 골다공증, 고혈압, 직장암은 물론 잠재적으로 심혈관 질환 및 신장 결석과 같은 만성 질병에 효과가 있다는 것이 과학적으로 증명되고 있다. 이러한 질병들은 높은 이병률과 사망률 그리고 국가 의료비 증가의 원인으로 지목되고 있다.

골다공증

골다공증은 뼈가 연약해져서 가벼운 낙상이나 심지어는 일상적인 활동 중에도 부러지는 골격 관련 질병이다. 골밀도 감소와 뼈 조직에 발생하는 미세구조적 손상이 뼈를 약하게 만드는 원인이다.

골다공증은 세계 여러 국가에서 유행성 질병의 수준에 올라있으며 높은 이병률과 사망률 및 막대한 경제적 비용을 야기하고 있다. 일생을 통해 권장량 이하의 칼슘을 섭취하는 식습관은 골다공증에 걸릴 위험을 높일 수 있다. 또한 부적절한 비타민D 상태 역시 골밀도를 감소시킨다. 평소에 칼슘과 비타민D를 적절하게 섭취하면 골다공증으로 인한 골절을 50% 이상 줄일 수 있는 것으로 추정된다. 염분, 단백질, 섬유질과 같은 다른 영양소들도 칼슘 상태에 영향을 미치며 골다공증 유발을 좌우할 수 있다. 그러나 칼슘 섭취가 적절하게 이루어지면 다른 영양소가 골다공증 유발에 미치는 영향이 상대적으로 줄어든다.



골다공증 전문가들은 어린 시절부터 청소년기를 거쳐 폐경기를 지나 노년기에 이를 때까지 충분한 양의 칼슘을 섭취하면 골다공증에 걸릴 위험이 낮아진다고 주장한다. 뼈 건강을 증진시키고 골다공증의 위험을 낮추는 데 있어서는 절대 너무 이르거나 늦은 시기가 따로 존재하지 않는다는 것이다. 우유와 유제품의 섭취는 뼈의 유지력을 증강시켜 뼈의 골절을 막아줌으로써 골다공증을 예방하는 것으로 나타났다.

6개국 50세 이상 여성 5,500명을 대상으로 한 연구에서 우유를 통해 적절한 양의 칼슘을 섭취하자 엉덩이 골절이 35% 가량 줄어든 것으로 나타났다.

폐경기와 골밀도 감소

폐경기에는 에스트로겐 수치가 급격히 떨어지면서 골밀도가 급속히 감소하게 된다. 에스트로겐 대체 요법은 폐경 후 6~8년 간 골밀도 감소를 늦추는 데 가장 효과적인 방법이다. 골밀도 감소를 늦추는데 있어 에스트로겐보다 효과는 덜하지만 적절한 칼슘을 섭취하는 것도 이 시기에 매우 중요하다. 폐경 후 3~6년이 지난 여성을 대상으로 한 실험에서 3년 동안 칼슘 섭취를 하루 1,700mg으로 늘리자 골밀도 감소 지연 효과가 나타났다. 물론 칼슘 섭취와 에스트로겐 요법을 병행하는 것이 칼슘 섭취만 했을 때보다 효과가 더 좋았다. 칼슘을 다량 섭취하면 에스트로겐 투여량을 줄이고도 폐경기 여성의 골밀도 감소를 예방할 수 있다. 최근 이루어진 메타분석에 따르면 에스트로겐 투여와 함께 칼슘 섭취를 늘리자 척추, 엉덩이, 팔의 골밀도가 에스트로겐 요법만 시행했을 때보다 3배 정도 증가한 것으로 나타났다.

폐경기 여성은 하루 1,000~1,500mg의 칼슘 섭취를 통해 골밀도 감소를 최소화할 수 있다. 특히 주목할 만한 연구 결과는 하루 700mg의 칼슘을 섭취한 여성보다 하루 1,700mg의 칼슘을 섭취한 여성들에게서 골절 비율이 현격히 낮게 나타났다는 점이다.

6. 유청, 유당 및 우유 미네랄 제품의 영양적 특성

칼슘과 생리 전 증후군

최근 연구결과에 따르면 칼슘 보충제가 생리 전 증후군(PMS) 예방에 도움이 되는 것으로 나타났다. 수잔 티스-제이콥스(Susan Thys-Jacobs) 박사에 따르면 "PMS를 겪는 여성을 대상으로 한 임상시험 결과 칼슘 보충제가 정서적 · 신체적 증상 대부분을 완화시키는데 효과를 보였다." 또한 PMS를 보이는 여성 466명을 대상으로 이중맹검을 사용한 위약 대조 실험을 시행한 결과, "칼슘은 생리 전에 보이는 정서, 행동 및 신체 증상을 완화하는 효과를 가진 것으로 드러났다(Pearlstein)." 이 연구에 따르면 3주기 치료를 통해 PMS 증상 점수가 기준치(티스-제이콥스, AJOG)보다 48% 감소한 것으로 나타났다. 칼슘이 PMS 증상을 완화한다는 연구 결과는 계속해서 발표되고 있다. PMS 증상을 완화하는 칼슘의 작용기전과 PMS 증상과 골다공증 발병 확률의 관계를 규명하는 것이 앞으로의 연구목표가 될 것이다.

고혈압

고혈압의 예방, 발견, 평가 및 치료에 관한 미국 합동위원회는 혈압을 낮추기 위해 마그네슘과 칼륨을 포함하여 적당한 양의 칼슘 섭취를 권장하고 있다. 칼슘 섭취 혹은 칼슘이 풍부한 식품의 섭취와 혈압과의 관계를 연구한 25건의 역학 조사를 검토한 결과 칼슘 섭취량과 혈압의 관계가 대부분 반비례하는 것으로 나타났다. 혈압에 있어 이러한 칼슘의 긍정적인 효과는 건강한 식습관의 일환으로 칼슘이 풍부한 식품을 충분히 섭취해야 하는 또 다른 이유라고 볼 수 있다. 다른 칼슘원과 비교하여 (농축원료로서) 우유 미네랄의 장점은 생체 이용효율이 높은 칼슘을 다른 미네랄과 균형 있게 제공하여 건강상의 이점을 최대화 한다는 점이다.

적정량의 칼슘을 함유한 식단은 의약품의 도움 없이 생활습관을 고쳐 고혈압을 예방하고 치료하는 방법으로 권장되고 있다. 많은 연구 결과, 칼슘은 특정 집단에서 고혈압 발병률을 낮추는데 효과를 보이는 것으로 나타났다.

보통 칼슘 섭취가 늘어나면 어린이보다는 성인에게서 혈압이 낮아지는 효과가 크게 나타나지만 칼슘의 혈압강하 효과는 일부 어린이, 특히 칼슘 섭취가 처음부터 낮은 어린이에게서도 나타났다. 10대를 대상으로 한 연구에 따르면 정상 범위에서 높은 혈압을 가진 집단과 정상 범위에서 낮은 혈압을 가진 집단은 칼슘 섭취량에 있어 차이를 보였다. 고혈압 증상이 있는 어린이의 절반 가량은 성인이 되어서도 고혈압이 발병할 수 있기 때문에 어린이들도 충분한 칼슘 섭취가 필요하다.

고혈압, 임신 그리고 칼슘

임신한 여성의 10~20%는 임신성 고혈압에 걸린다. 여러 연구에 따르면 임신한 여성이 칼슘 섭취량을 하루 1,500~2,000mg까지 늘리면 임신성 고혈압은 70%, 자간전증은 62% 가량 발병률을 낮출 수 있다. 또한 적정량의 칼슘만 섭취해도 자간전증에 걸릴 확률이 줄어드는 것으로 나타났다.

수많은 임상시험을 근거로 연구원들은 칼슘을 보충제가 아닌 우유나 유제품 같은 식품을 통해 섭취할 경우 혈압에 대한 칼슘의 긍정적인 영향이 더욱 배가될 것이라는 데 동의하고 있다. 칼슘만 섭취하는 것보다 우유를 마시는 것이 고혈압 예방에 더욱 효과적이라는 연구 결과는 그와 같은 주장을 뒷받침하는 근거가 된다. 우유와 유제품에는 칼슘 이외에도 칼륨, 마그네슘이 함유되어 있으며 이들 성분 역시 혈압을 낮추는 효과가 있는 것으로 나타났다.

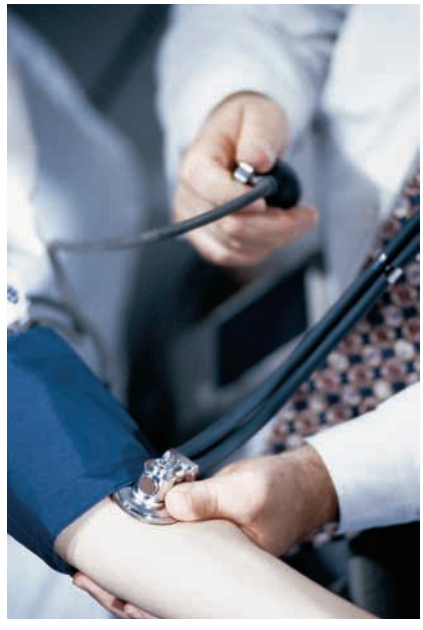
심혈관 질환

관상동맥 심장질환(CHD)은 미국에서 가장 일반적이면서도 심각한 심혈관 질환이다. 흡연, 고혈압, 높은 혈중 콜레스테롤 수치 등은 CHD의 주요 발병 원인이다. 칼슘은 이 가운데 고혈압과 혈중 지질 농도에 영향을 주어 CHD를 예방하는 효과가 있다. 경미하거나 심하지 않은 고콜레스테롤혈증 환자의 경우, 칼슘 섭취를 늘리면 혈중 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 수치가 모두 낮아진다. 그러나 우유의 뇌졸중 예방 효과는 칼슘 성분 때문만은 아니다. 총 칼슘 섭취량이 늘거나 비유제품으로부터 칼슘을 섭취해도 우유만큼의 예방 효과를 보이지 않았다.

직장암

칼슘 섭취와 관련한 사람과 동물 실험 결과는 칼슘 섭취가 직장암 발병 위험과 직장 점막 내의 세포 증식과 반비례 관계에 있다는 주장을 뒷받침해 준다. 직장암은 미국 내에서 사망률이 세 번째로 높은 암이며 다른 국가에서도 주요한 사망 원인이다. 유전적 원인과 환경적 요인 모두 직장암의 원인으로 지적되고 있다. 어떤 영양소는 직장암 발병의 원인이 되지만, 직장암 예방에 도움이 되는 것으로 여겨지는 영양소도 있다. 우유 지방 속에 들어있는 공액리놀레산(CLA), 스핑고리피드, 낙산 등 일부 성분들은 동물 실험을 비롯한 여러 실험에서 직장암 예방 효과가 있는 것으로 밝혀졌다. 칼슘을 권장량 이상 섭취할 경우 직장암 위험을 낮출 수 있다는 연구 결과가 상당수 존재한다.

지금까지의 연구 결과에 따르면 성인의 하루 칼슘 권장량인1,000~1,200mg보다 많은 1,500~2,000mg을 섭취해야만 직장암을 예방할 수 있으며, 특히 직장암에 걸릴 위험이 높은 사람들은 많은 양의 칼슘 섭취가 필요하다. 그러나 칼슘 섭취를 통한 직장암 예방 효과를 확실하게 입증하고 그 작용기전을 확실히 규명하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다. 직장암 예방을 위해 권장량 이상으로 칼슘 섭취를 늘리라는 주장은 아직 시기상조로 여겨진다.



6.7.1 균형 잡힌 식이성 미네랄 섭취

에릭 바스티앙 박사 (Dr. Eric Bastian)
Glanbia Nutritionals USA (Monroe, WI)

최근 식이칼슘의 중요성에 대한 인식이 높아지고 있다. 이는 칼슘이 단순히 뼈의 성장과 건강뿐만 아니라 세포 기능 조절, 신경 유도, 근수축 기전 및 혈액 응고와 관련해서도 중요한 기능을 하는 것이 알려졌기 때문이다. 또한, 칼슘은 골다공증, 본태성 고혈압, 임신성 고혈압, 고콜레스테롤혈증, 직장암과 유방암 등 특정 암 및 담석을 예방하는 역할을 한다.

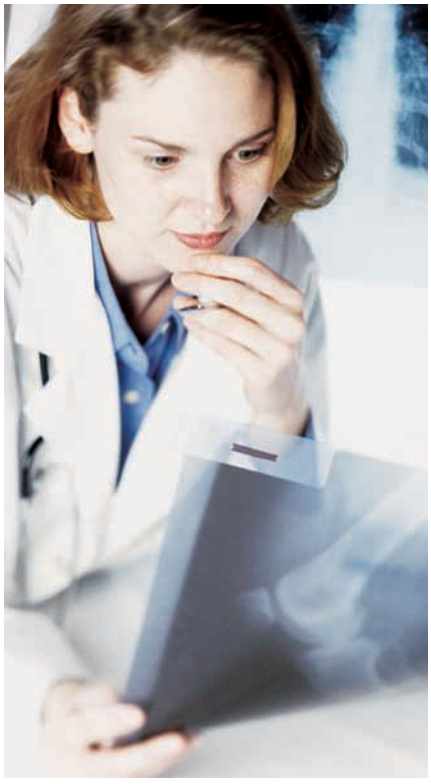
선진국이든 후진국이든 상당수의 사람들이 매우 적은 양의 칼슘을 섭취하고 있다. 칼슘 보충 및 강화가 점점 중요해지고 있으며 전 세계적으로 칼슘은 많은 식품 속에 첨가되고 있다. 칼슘 보충제는 보통 구연산칼슘, 젖산칼슘, 탄산칼슘, 인산칼슘과 같은 칼슘 염분으로 이루어져 있다. 칼슘 보충제 및 강화제 광고가 난무하지만 기본 원칙 중 하나인 영양상의 균형이라는 원칙은 그동안 간과되어 왔다. 분명한 것은 뼈 속의 미네랄 성분을 적절히 유지하기 위해 모든 뼈 관련 미네랄이 뼈 구석구석에 잘 운반되고 충분히 흡수되어야 한다는 것이다.

인은 뼈의 성장과 유지를 위한 필수 영양분이며, 적정 권장량은 칼슘과 인을 2:1의 비율로 유지하는 것이다. 대부분의 칼슘 보충제는 칼슘만 함유할 뿐, 마그네슘, 칼륨, 아연 등 뼈 형성 및 건강에 필수적인 미네랄 영양소는 결핍되어 있다. 골다공증 연구에서 칼슘:마그네슘:칼륨의 비율이 주목을 받지 못했듯이 필수 무기염류의 비율도 큰 관심을 받지 못하고 있다. 아연, 구리, 망간이 함유된 칼슘 보충제와 그렇지 않은 보충제의 효과를 알아보는 연구에서 칼슘만 함유한 보충제는 폐경기 여성의 골밀도 손실을 부분적으로만 막아주었을 뿐이며 골밀도를 완전히 유지하기 위해서는 미량 미네랄이 필요하다는 결과가 나왔다. 이는 이상적인 뼈 성장과 건강을 위해 많은 미네랄이 필요하지만, 극단적인 칼슘 집중 섭취는 골다공증에 걸릴 위험이 높은 사람들의 균형 잡힌 미네랄 보충을 방해할 수 있다는 뜻으로 해석될 수 있다.

아시아에서 '프리미엄' 뼈 형성 보충제로 주목받고 있는 미네랄 보충제는 '우유 칼슘'이다(보다 정확히 표현하자면 우유 미네랄이다). 최근 여러 연구 결과에 따르면 우유 미네랄에는 최적의 뼈 건강을 위한 미네랄 성분들이 균형 있게 함유되어 있다. 우유 미네랄은 우유의 미네랄 밸런스를 유지하는 원료이면서, 뼈 건강에 필요한 미네랄 밸런스를 이루지 못한 제품에 미네랄을 보충하는 역할을 한다.

표 6.7.1
우유 미네랄의 표준 조성

성분	비율
회분	**70.00%**
칼슘	25.00%
인	14.00%
Ca/P	1.79
Ca/PO4	0.58
마그네슘	1.50%
나트륨	0.65%
칼륨	0.83%
아연(mg/100g)	27.40
구리(mg/100g)	0.37
철(mg/100g)	1.88
유기미네랄(구연산)	**9.00%**
총 미네랄 함유량	**79.00%**



6.8 유당의 영양적 · 생리학적 특성

로이스 맥빈 (LOIS McBEAN)
뉴트리션 앤드 헬스 커뮤니케이션 (Nutrition & Health Communications, Ann Arbor, MI)

유당은 효소인 베타-갈락토시다제에 의해 포도당과 갈락토스 분자로 가수분해되는 이당류로서, 소화 과정에서 천천히 가수분해 되기 때문에 더 오랫동안 에너지를 공급해준다. 유당은 혈당지수(GI)가 낮아 혈당을 천천히 높여 당뇨병 환자에게 이로울 수 있다. 혈당지수가 낮은 식품 위주의 식단은 중요한 건강상의 이점들을 제공한다. 유당은 실험용 동물 및 유아에 대해 칼슘, 마그네슘, 아연과 같은 미네랄의 흡수를 증가시키며, 자당과 같은 다른 당류에 비해 충치 유발 정도가 덜하다. 또한 유당은 비피더스균과 유산균처럼 이로운 장내 세균의 생육을 촉진하고 병원균을 억제하여 장내 바람직한 미생물균총의 상태에 기여한다.

유당, 혈당지수, 탄수화물 대사

유당은 혈당지수가 상대적으로 낮아 당뇨병 환자들에게 이로울 수 있다. 탄수화물 또는 식품의 혈당지수란 포도당이나 흰 빵 같은 표준식품과 비교하여 혈중 포도당 수치의 상승 정도를 표현한 것이다. 혈당지수가 낮은 식품은 혈중 포도당 농도를 천천히 그리고 적게 상승시키는 데 반해 혈당지수가 높은 식품은 혈중 포도당을 급격히, 크게 상승시킨다. 혈중 포도당이 증가하면 혈중 포도당 농도를 조절하는 인슐린이 분비되나 당뇨병 환자는 인슐린 부족으로 혈중 포도당 농도가 계속해서 증가하여 인슐린 및 식이요법을 받지 않을 경우 건강이 위협 받을 수 있다. 유당은 혈당지수가 65로, 포도당(138)이나 꿀(104), 자당(87)보다 낮다. 혈당지수가 낮은 식품 위주의 식단은 당뇨병 발병 위험을 낮추고 당뇨병 환자들의 혈당조절에 기여할 뿐 아니라, 인슐린 민감성을 향상시키고 혈중 지질 농도를 낮춰 심장병 발병 위험을 낮추는데 도움이 된다.

유당과 미네랄 흡수

식품 속에 함유된 유당은 마그네슘, 아연, 망간 같은 미네랄과 더불어 장 내 칼슘 흡수 및 보유를 촉진한다. 유당의 이러한 장점은 동물 및 영유아를 대상으로 한 실험을 통해 입증되었다. 하지만 유당 자체만으로 성인의 칼슘 및 기타 미네랄 흡수에 영향을 미치는지는 분명하지 않다. 유당의 장 내 칼슘 흡수 촉진 기능은 비타민D의 영향을 받지 않으며, 칼슘의 수동적 흡수에 작용하므로 칼슘의 섭취량과도 무관하다. 이와 관련한 작용기전은 밝혀지지 않았으나 칼슘 흡수를 위한 미네랄 용해성 증가 때문이라는 주장이 제기된 바 있다. 장내 미생물균총에 의한 유당의 대사는 장내 유산 농도를 증가시켜 소장강의 pH를 낮추고 칼슘의 용해성을 높인다. 칼슘 및 기타 미네랄의 흡수에 미치는 유당의 영향은 장 말단에 유당이 존재하는지 그 여부에 달려 있다. 유당을 가수분해하는 장 효소인 락타아제의 농도가 상대적으로 높은 백인종의 경우 유당의 대부분이 장 말단까지 도달하지 못하는 반면, 락타아제 농도가 낮은 다른 인종의 경우 더 많은 유당이 장 말단까지 가서 미네랄의 흡수를 돕는다.

유당과 충치

다수의 연구 결과에서 유당이 다른 당류에 비해 우식원성(충치유발 효과)이 낮다는 것이 확인되었다. 구강 내 치석 미생물의 유당 대사가 느리게 진행되어 치석의 pH 변화에 큰 영향을 미치지 않는다. 반면 자당은 빠르게 대사되어 충치가 생기기 쉬운 수준까지 pH값을 떨어뜨린다. 또한 치태 형성을 촉진하는 자당과 달리 유당은 치태를 증가시키지 않는다. 따라서 비우식원성 또는 충치유발 최소화 물질로 간주되고 있다.

유당의 프리바이오틱 효과 및 유산균 증식 효과

유당은 유익한 장 내 미생물균총의 생육은 촉진하면서 병원균과 내독소의 성장은 억제한다. 유당은 소화기관을 천천히 통과하므로, 일부 소화되지 않은 유당은 결장까지 가서 비피더스균이나 락토바실러스균과 같은 유익한 유산균의 성장을 위한 기질(基質)로 이용된다. 유산균이 생장하면 병원성 미생물의 생육을 억제하는 산성 환경이 된다. 유당은 락툴로즈, 라시톨, 락토-수크로스 및 락토-올리고당 같은 프리바이오틱스의 전구물질로, 결장 속 비피더스처럼 건강에 이로운 균(프로바이오틱스)의 생육을 선별적으로 촉진한다. 특정 계통의 비피더스균은 병원균 생육을 억제하고 면역계를 자극하며, 항생제 요법 후 장 내 미생물총을 회복시키고 항생제 유발 막아준다고 보고된 바 있다. 장 내 미생물총 개선이 건강에 미치는 긍정적 효과는 확인된 상태다. 유아와 아동, 성인이 유당을 섭취하면 장 감염에 대한 저항력이 높아지고 건강한 장 내 미생물균총을 유지할 수 있다.

유당불내증

유당은 포유류의 젖 속에 들어있는 이당류로서 우유 및 대부분의 유제품 속에 포함되어 있다. 소화 과정 중에 장 내 효소인 락타아제는 유당을 잘게 부수어 단당과 포도당, 갈락토스로 만들어 혈류로 흡수시킨다. 대부분의 사람들은 태어나면서부터 충분한 양의 락타아제를 생성하여 아동기에 음식물 속에 함유된 적당한 양의 유당을 소화시킬 수 있다. 하지만 어떤 사람들은 나이가 들면서 장 내 락타아제의 농도가 낮아져 유당 소화장애를 겪을 수 있다. 이들 중 대부분은 식사에 곁들인 한 컵 정도의 우유 속에 들어있는 유당은 소화시킬 수 있으며, 우유와 기타 유제품처럼 유당을 함유한 식품의 섭취량을 점차 늘리면서 유당에 대한 내성을 향상시킬 수 있다.

6.9 영양공급 및 환자식이를 위한 유청단백의 활용(HIV 환자 포함)

R. W. J. 캠벨 (R. W. J. Campbell)
국제 선진 경영 기구 (Advanced Business Concepts International, Arden Hills, MN)

유청단백질은 광범위한 우수식품원료기준에 가장 잘 부합하는 성분이다. 천연의 고소한 맛과 다량의 기능성 영양소가 함유되어 있고, 우유에서 얻어낸 성분으로서 다양한 형태로 쉽게 이용 가능하며 비용효율이 높다. 또한 건강증진효과라는 이미지로 인해 지속적으로 관련 연구가 이루어지고 있으며 수많은 가공식품에 사용되고 있다.

주지하다시피 유청단백질은 새로운 세대가 태어날 때마다 생명줄 역할을 해온 포유류 젖(모유)의 주요 성분으로 진화해왔다. 영양적인 측면에서 볼 때 이는 포유류 젖의 기적이라고 할 수 있다. 또한 소에서 인간으로 종(種)을 넘어서 전달되는 영양적 가치는 놀라움 그 자체다. 이 두 가지 이유만으로도 유청단백질은 충분히 주목받을만한 가치가 있지만, 강력한 이점을 가진 기능성 원료로서 지속적으로 연구되고 영양식품 제조에서도 적극 활용되어야 할 것이다.

인간이 섭취하는 식품원료로서 유청단백의 활용 범위는 급속도로 확대되고 있지만, 광범위한 영양적 효과와 작용기전에 대한 지식은 여전히 정립되지 않은 상태이다. 유청단백은 영양증진 프로그램에서 사용될 수 있는데 일례로 국제 선진 경영 기구(Advanced Business Concepts International, ABCI)는 영양실조에 걸린 과테말라 마야족 어린이들을 위해 제조된 옥수수 가루 비스킷에 유청(WPC80)을 첨가시켰다. 이 같은 작업은 과테말라 메인스테이 푸드(Mainstay Foods of Guatemala)와의 협력을 통해 이루어졌다. 하루에 WPC80이 첨가된 50g짜리 비스킷 3개를 섭취할 경우, 어린이들은 9가지 필수 아미노산을 포함하여 단백질 요구량 일일 기준치(DV)의 85%를 충족할 수 있었다. 또한 비스킷의 향미, 질감, 색감이 모두 향상되었고 굽는 동안 단백질 함유량도 그대로 유지되었다.

유청단백의 우수한 기능을 발휘하게 만드는 인자들을 이해하려는 노력도 필요하지만 동시에 식품의 원료로서 이 다기능 물질을 적극적으로 활용하는 것도 중요하다. 유청단백이 가진 영양상의 이점을 얻기 위해서는 유청단백을 식품에 첨가하여 필요로 하는 사람에게 제대로 전달해야 한다.

이는 다음과 같은 목적을 바탕으로 이루어질 수 있다.

- 건강 증진 목표: 건강에 대한 관심이 높은 일반인 및 운동선수들의 영양적 요구를 만족시키는 유청단백질
- 예방차원의 영양중재: 영양실조에 걸린 사람들의 식단을 보강하는 유청단백질
- 치료목적의 영양공급: 영양을 통한 면역기능을 강화하는 유청단백질(예: HIV/AIDS 환자)

이와 더불어 유청단백질의 영양적 기능들은 이미 발표되거나 진행 중인 연구들을 통해 입증되고 있으며 식품 가공업체들은 이 연구 결과를 바탕으로 제품을 제조하고 있다.

유청과 HIV, 헤르페스 감염

성교육을 필두로 HIV-1 감염을 방지하기 위한 다각도의 노력이 펼쳐지고 있지만 HIV-1과 헤르페스를 포함한 성병은 계속해서 확산되고 있다. 이는 항바이러스제의 국소 적용 등 예방조치들이 필요하다는 것을 의미한다. 뉴욕혈액센터 LFK 연구소는 유청의 주요 단백질 성분인 베타-락토글로불린을 화학적으로 변형하여 강력한 HIV-1 억제제를 생성했다. 이 억제제는 또한 단순 헤르페스 바이러스 1과 2를 억제하는 작용도 있는 것으로 나타났다. HIV-1과 헤르페스 바이러스 감염을 억제하는 이 락토글로불린 파생물의 정체는 헤르페스 항바이러스 물질로 선호되는 산 무수물 변형 단백질인 것으로 보인다. 쉽게 이용할 수 있는 유청성분인 락토글로불린을 통해 위와 같은 화합물을 생산한다면 HIV 전염 빈도가 낮아질 가능성이 있다고 뉴욕혈액센터 연구진은 밝혔다.

Neurath, A. R. et al. 3-Hydroxyphtaloyl beta-lactoglobulin. III. Antiviral activity against herpes viruses. Antvir. Chem. Chemother. 1988. 9(2): 177-84

HIV 양성 환자들을 위한 식단에서 유청단백질의 역할에 주목한 연구들도 있다. HIV에 감염되면 산화 부담이 증가하고 주요 전신성 항산화 물질인 트리펩티드 글루타티온이 결핍되는 현상이 나타난다. 글루타티온의 수치를 높이기 위해 제시된 여러 가지 전략 중에는 유청단백질을 구강으로 보충하는 방법이 있다. 충분한 칼로리를 섭취해 온 환자들이 총 단백질 섭취량의 상당 부분을 '생리활성' WPC로 대체하자 체중이 증가하고 단핵세포의 글루타티온 함량이 정상치로 회복되었다는 연구 결과가 나오기도 했다. 그러나 유청단백질 보충이 어떤 작용기전을 통해 병을 호전시킬 수 있는지 규명하기 위해서는 장기간의 임상시험이 필요하다.

Micke, P. et al. Oral supplementation with whey proteins increases plasma glutathione levels of HIV-infected patients. Eur. J. clin. Invest. 2001. 32(2): 171-178.
Bounous, G. et al. Whey proteins as food supplement in HIV-seropositive individuals. Clin. Invest. Med. 1993. 16(3): 204.

7 유청제품의 기능적 특성

7.1 유청제품의 기능적 특성

편집:
킴벌리 J. 버링톤 (Kimberlee J. Burrington)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

유청단백질, 활용 및 기능에 대한 연구는 지속되고 있지만 유청원료는 이미 식품 제조업자들에게 수많은 기능적 이점을 제공하고 있다. 유청원료의 기능적 특성은 유청단백질의 기능에 의해 좌우된다. 유청단백질은 광범위한 pH 농도에서 용해성을 보이고, 수분결합을 통한 점도를 생성하며, 겔을 형성하고, 유화력이 강하다. 또한, 지방을 결합하고, 휘핑, 거품 형성 및 공기포집 성질이 있으며, 색감, 향미, 질감을 향상시키고 그와 함께 수많은 영양적 이점을 제공한다.

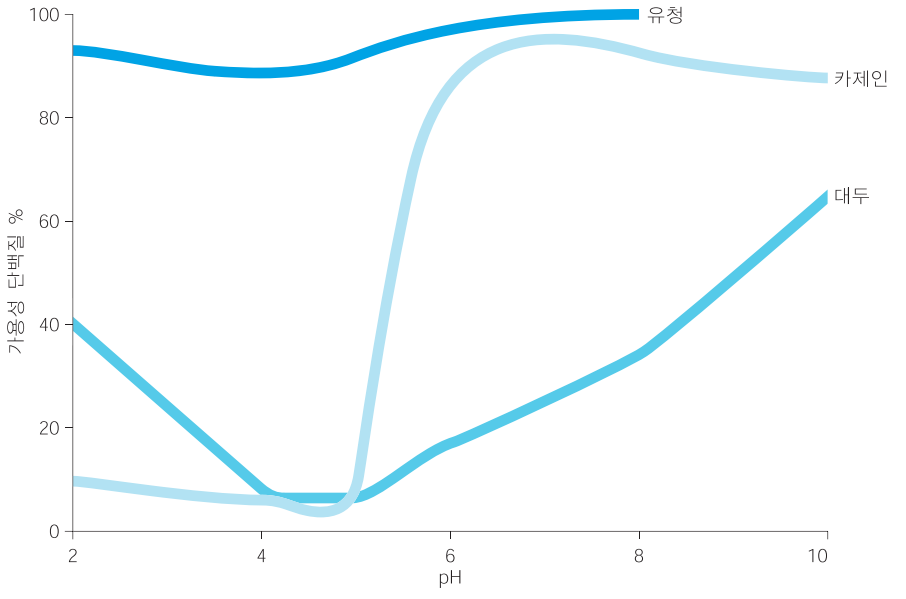
용해성

유청단백질은 특히 카제인 나트륨 및 대두단백질에 비해 용해성이 아주 높다(그림 7.1 참조). 단백질의 용해성은 수분 결합력과 물리적 상태에 좌우된다. 농축유청단백은 수분 결합력이 비교적 낮음에도 불구하고 용해도가 높다.

대부분의 가공식품의 경우, 용해도가 높고 분산이 잘 되는 원료를 사용하면 처리 공정이 단순화되고 제품의 점조성이 향상된다. RTD음료에 용해도가 좋은 단백질 원료가 사용될 경우, 단백질의 응집 혹은 침전을 방지할 수 있다. 가용성 단백질은 또한 가공 수프나 소스에서 중요한 원료로 사용되는데 불용성 단백질로 인한 응고, 침전 및 분리를 막기 위해서다. 분쇄육, 샐러드 드레싱, 유제품 및 제빵제품에서 단백질은 기타 여러 가지 기능적 특성을 제공하는데 이 특성들은 단백질의 용해성에 따라 다르게 나타난다.

일반적으로 단백질의 용해성은 열에 의해 변화되며, 대부분의 가공식품은 빵을 굽든, 캐러멜을 만들든, 보존 목적으로 수프를 증류시키든 처리 방법에 관계 없이 열처리를 거친다. 70℃ 이상의 온도로 가열하면 pH 3~5 사이에서 용해성이 변성되거나 일부 소실될 수 있다. 왜냐하면 일부 유청단백질은 등전점(pH 4.5~5.5)에서 응축되고 침전되기 때문이다. 칼슘과 같은 이온 역시 열과 함께 용해성 소실을 촉진한다. 가열로 인해 변성되지 않은 유청단백질은 광범위한 pH에서 뛰어난 용해성을 보인다. 수화된 농축유청단백을 5분간 90℃로 가열하면 유청단백질의 80%가 용해성을 유지한다. pH 6.5 이상 희석 용액에서 유청단백질은 80℃의 온도로 10분 이상을 가열해도 용해성을 유지한다. 가열 처리 식품 내 유청단백질의 열안정성은 제과제품이나 RTD음료에서처럼 설탕 첨가를 통해 향상시킬 수 있다. 과일맛 음료나 샐러드 드레싱처럼 pH 3.5 미만의 강산성 환경에서 유청단백질의 산 용해성은 매우 중요하다.

그림 7.1
pH 변화에 따른 단백질의 용해성



수분 결합력과 점성

수분 결합력과 점성은 서로 관련된 기능적 특성이다. 전분이나 껌류처럼 다량의 수분과 결합하는 제품은 점성을 갖게 된다. 유청단백질이 가열되면 구형 구조를 유지시켜주는 결합이 파괴된다. 단백질 분자가 풀리면 추가적으로 수분을 결합할 수 있는 자리가 생기는데 이는 용액의 점도를 증가시킨다.

점도가 낮은 영양음료 제품은 제품의 외관, 맛 그리고 식감을 손상시키지 않고 단백질 사용량을 증가시킬 수 있다. 유청은 탁도나 불투명도를 더해주어 크림이나 우유와 같은 느낌의 음료를 제조하는데 도움을 준다.

푸딩이나 요거트 같은 제품에서 수분 결합력은 좀더 점성이 있는 질감을 내는데 도움을 주며, 수분분리 현상을 방지해준다. WPC 강화 요거트는 탈지분유 강화 요거트보다 수분분리 현상의 발생빈도가 현격히 적다.

분쇄된 정육과 제빵제품에서 수분 결합력은 정육 에멀전 및 빵의 생지 질감 향상에 기여한다. 이들 제품에서는 수분 결합이 조리 및 굽기 중 손실을 감소시키고 수율을 향상시키며 최종 제품에 촉촉함을 더한다. 유제품 내 수분 함량이 증가하면 향의 발산이 촉진되어 관능적 특성이 향상된다.

수분결합 성질은 제품에 윤기를 더해주고 식감을 부드럽게 하는 등 지방과 같은 속성을 부여할 수 있기 때문에 저지방 제품을 제조하는데 도움이 된다. 또한 일부 유청제품은 저지방 유제품에 탁도를 더해줄 수 있다.

겔 형성

특정 조건하에서 유청단백질은 비가역적 겔을 형성한다. 겔의 성격은 단백질 농도, 용액의 pH, 칼슘 이온 및 나트륨 이온 농도의 영향을 받는다.

예를 들어, 55~70℃의 온도에서 3~5% 단백질 농도를 가진 용액으로부터 형성된 겔은 반투명하고 유연하다. 단백질 농도가 더 높은(10%) 용액이 그보다 더 높은 온도(90~100℃)로 가열되면 더욱더 불투명한 겔이 형성된다. 산성 환경에서 겔은 보통 불투명하고 무르며 연성화되는 경향이 있다. 중성이나 pH가 높은 용액에서 겔은 더욱 반투명해지고 탄력적이 된다.

유청단백질의 독특한 겔화 특성 덕분에 제빵제품이나 고기의 촉촉함을 유지되고 음료 및 유제품의 탁도가 높아지며, 저지방 제품, 베이커리 제품, 가공치즈, 요거트, 푸딩, 커스터드, 분쇄 정육 및 해산물의 질감과 식감이 향상된다.

유화력

유청단백질은 친수성(물과 친화력이 있는)군과 소수성(물과 친화력이 적은)군으로 나눌 수 있다.

유청단백질은 오일/물의 계면에 흡착하여 오일 입자에 계면 막을 형성한다. 이 계면에서 단백질 분자가 일부분 해리되어 오일 입자를 안정시키고 유착과 오일성분의 분리를 방지한다. 마요네즈 타입 드레싱에서 유청단백질은 난황분말보다 콜레스테롤 함량은 더 낮으면서도 같은 정도의 유화력을 보인다.

유청단백질이 첨가된 에멀전의 안정성은 껌류 첨가나 가열을 통한 단백질 겔 형성으로 더욱 향상시킬 수 있다. 단백질을 가열하면 지방의 이동성을 줄이고 유착을 최소화하는 반면, 겔을 형성하면 지방 에멀전을 완전히 포집할 수 있다. 유청단백질의 유화성은 마가린, 소스, 분쇄된 정육 및 해산물, 아이스크림 믹스, 빵의 생지, 케이크 반죽, 샐러드 드레싱 등 대부분의 가공식품에 유용하게 이용될 수 있다.

휘핑, 거품형성 및 공기포집

거품의 형성은 에멀전의 형성과 비슷하다. 다만 이 경우, 유청단백질은 두 기실(氣室) 사이의 계면을 안정시키는 기능을 한다.

공기포집의 속도와 거품의 안정성은 총 고형분, 단백질 및 탄수화물 농도, pH, 칼슘 및 기타 이온들의 농도, 휘핑 방법 등 여러 요인에 의해 좌우된다.

유청단백질은 베이커리 제품에 사용되는 계란을 부분 혹은 전체 대체할 수 있는데, 이는 비용 측면에서 이점일 뿐만 아니라 제품에 대한 소비자의 선호도를 높이는데 도움이 된다. 또한 유청단백질의 휘핑 및 거품형성 기능은 토핑류, 마시멜로, 누가, 아이싱, 아이스크림 및 냉동 요거트 제조에 결정적 역할을 한다.

향미

천연의 유청단백질은 순한 향미를 지닌다. 용도에 따라 유청은 기존의 향미를 더 살려주는 역할을 하거나 그 자신의 향미를 강화할 수 있다.

예를 들어 유청단백질이 가열되면 휘발성 황화합물이 형성된다. 유리 아미노산 또한 가열 및 다른 화합물과의 화학 반응을 통해 향미를 지닌 화합물로 전환된다. 유청단백질은 베이커리 제품에 다양한 향과 맛을 부여해준다.

음료 및 제과제품에서 유청이 가진 부드럽고 달콤한 기운이 느껴지는 맛은 과일 및 초콜릿과 같은 다른 향미를 부각시킨다. 수프와 소스에 사용하면 향신료와 허브의 향미가 강조된다.

유청미네랄 역시 유제품, 육제품 및 짭짤한 맛의 식품에 사용되어 향미를 보강해준다. 미네랄 향미가 부적합한 제품에 적용될 경우에는 미국산 탈염유청이나 미네랄 함량이 적은 WPC를 사용할 수 있다.

7. 유청제품의 기능적 특성

분산성

일반적으로 유청원료는 분산성이 뛰어나며 음료 믹스 분말과 같은 제품에서 특히 중요한 역할을 한다. 과도한 교반 없이 물에 쉽게 용해되는 유청원료가 필요한 제품이라면 농축유청단백(WPC)과 분리유청단백(WPI)의 사용을 고려해 볼 수 있다. 인스턴트화 과정 혹은 응고 과정에서는 특수 분무건조공법이 사용되며, 이 공법을 통해 습윤성, 침강성 및 분산성이 향상된 믹스 분말이 생산된다.

식용 필름의 형성

식용 필름이란 코팅처럼 식품 위에 형성된 혹은 식품성분 위나 사이에 놓인 얇은 층의 식용 물질이라고 할 수 있다. 식용 필름은 습기, 산소, 오일 및 향에 대한 노출을 차단하는 작용을 함으로써 식품의 품질이 변하는 것을 방지한다. 식용 필름은 또한 식품원료의 포장 용도로 사용되어 식품의 안전성을 높이며 포장 요건을 완화시켜준다. 유청단백질 원료는 수분을 기반으로 한 식용 필름을 형성할 수 있으며, 이 필름은 투명하고 자극적이지 않으며 비교적 낮은 습도에서 산소, 향, 오일에 대한 훌륭한 방어막 역할을 하는 유연한 성질을 가진다. 보통 농도 5~10%의 WPI가 이러한 용도로 사용되고 있다.

항산화 작용

유청 및 WPC의 식품 내 항산화 작용을 알아보기 위해 실험을 한 결과, 유청은 돼지고기 및 연어와 같은 조리 전 고기의 지방 산화를 방지하는 기능을 하는 것으로 나타났다. 아직은 이러한 용도를 위한 유청제품이 제조되고 있지는 않지만, 고기와 같은 고지방 식품에서 사용될 경우 매우 유용할 것으로 보인다.

접착성

유청제품의 접착 특성은 식품의 균일한 질감을 향상시키는데 도움을 준다. WPC는 빵가루나 반죽을 고기, 생선, 채소에 접착시키거나 고기 조각을 붙이는데 사용될 수 있다. 제빵 글레이즈에 WPC를 첨가하면 글레이즈의 접착력이 향상된다. 참깨 씨나 양귀비 씨와 같은 토핑류의 경우 WPC 용액을 사용하면 제빵제품의 표면에 접착이 용이해질 것이다.

갈변화

유당과 단백질이 결합되어 있는 구조 때문에 유청제품을 가열하면 갈변 반응이 일어난다. 유당과 마찬가지로 유청 또한 메일라드 반응과 캐러멜화 반응에 관여한다. 대부분의 유청원료는 상당량의 유당을 함유하는데 특히 제빵제품과 캐러멜 제과제품의 갈변 반응에서 중요한 역할을 담당한다. 유청단백질과 유당으로 인한 갈변 반응은 전자레인지에서 제품을 조리할 때도 발생할 수 있지만 일반적으로 전자레인지에서는 낮은 표면온도 때문에 오븐에서 나타나는 갈변 반응을 만들어내지 못한다.

8 유당제품의 기능적 특성

8.1 유당제품의 기능적 특성

편집:
킴벌리 J. 버링톤 (Kimberlee J. Burrington)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

향미, 색감의 흡수 및 유지

유당은 다른 설탕류보다 몇 배 더 효과적으로 휘발성 방향성분을 끌어당기고 붙잡는다. 유당은 식품에서 매우 중요한 역할을 하는 휘발성 향미성분 즉, 알데히드, 케톤, 에스터와 같은 정도의 친화력을 보인다.

향미 흡수 외에도 유당은 많은 향미성분들을 부각시켜 식별 가능하게 만든다. 뿐만 아니라 유당은 합성 및 천연 색소를 흡수하는 성질도 매우 강하다. 일례로 토마토 소스에서 유당은 산미를 줄이면서 토마토 향미를 강화하고 붉은색을 선명하게 유지하는 역할을 한다.

유당은 향미 희석제로도 사용되어 향미성분을 충분히 분산시켜 식품 내에서 천천히 유리되도록 만든다. 무수 유당은 로스팅한 커피향처럼 휘발성 향미성분을 유지하는데 탁월한 능력을 보인다. 또한 유당은 식품의 가공처리 및 저장과정에서 발생하는 향미성분의 소실을 지연시키는 것으로도 알려져 있다.

갈변화

유당은 환원당으로 아민류와 반응하여 전형적인 메일라드 화합물을 형성한다. 다른 설탕류보다 높은 온도에서 시작되기는 하지만 캐러멜화 반응도 일으킨다. 유당의 캐러멜화 반응은 150~160℃에서 시작하고, 175℃에서 갈색으로 변한다.

캐러멜 타입의 제빵 · 제과 제품에서는 유당과 아민-유당의 상호작용을 통해 발색 및 발향이 이루어진다. 빵과 롤의 빵 표면 색감은 유당이 많이 함유된 유청제품(스위트 유청 및 제단백 유청)에 의해 강화되며, 이 경우 덱스트로스를 사용할 때보다 더 선명한 금갈색이 나타난다. 쿠기와 크래커류에는 시간이 갈수록 금갈색이 옅어지는 것을 막기 위해 보통 캐러멜 색소나 다른 천연 및 인공 색소를 첨가한다. 유당을 첨가하면 유통기한 동안 원하는 금갈색을 유지할 수 있다.

흡습성

알파 일수화물 형태의 유당은 매우 안정적이다. 흡습성이 없으며 고온 · 고습 상태에서도 유동성을 유지한다. 이런 이유로 유당은 고강도 감미료, 착향료 및 시즈닝 등 다른 원료의 운반체로 사용된다.

고유당 유청제품의 건조과정을 조절하면 알파-일수화물 형태의 유당 비율을 최대화할 수 있다. 이들 유청제품은 비흡습성을 보이며 건조 수프 및 소스 믹스 등 건조 믹스 제품에서 팽창제와 유동제 역할을 톡톡히 한다. 유당의 이러한 비흡습성은 저장기간 동안 퐁당 등 제과제품의 흡습성을 조절하는데 도움을 줄 수 있다. 또한 유당 결정은 물에서 분산을 촉진시킨다.

과포화 상태의 유당용액은 '무정형 유당'이라고 불리는 비결정 형태로 존재한다. 이러한 형태의 유당은 흡습성이 매우 높다. 이와 같은 수분 친화력은 제빵 및 제과제품의 촉촉함과 부드러움을 유지하는데 큰 장점으로 작용한다. 유당은 자당처럼 팽창 및 삼투압 효과를 낸다. 이는 과일잼과 같은 저장식품을 제조하는데 매우 중요한 역할을 한다.

당도

10%의 자당 용액은 20~30%의 유당 용액과 당도가 동일하다. 다시 말해 식품에서 같은 농도로 사용될 경우, 유당은 자당의 1/5에서 1/3에 해당되는 당도를 보인다는 것이다. 이는 과도한 단맛 때문에 유당의 사용을 제한할 필요가 없다는 이점이 있다. 초콜릿이나 펙틴 젤리와 같은 제과류는 유당을 사용하여 단맛을 조절하기도 한다.

용해성과 결정성

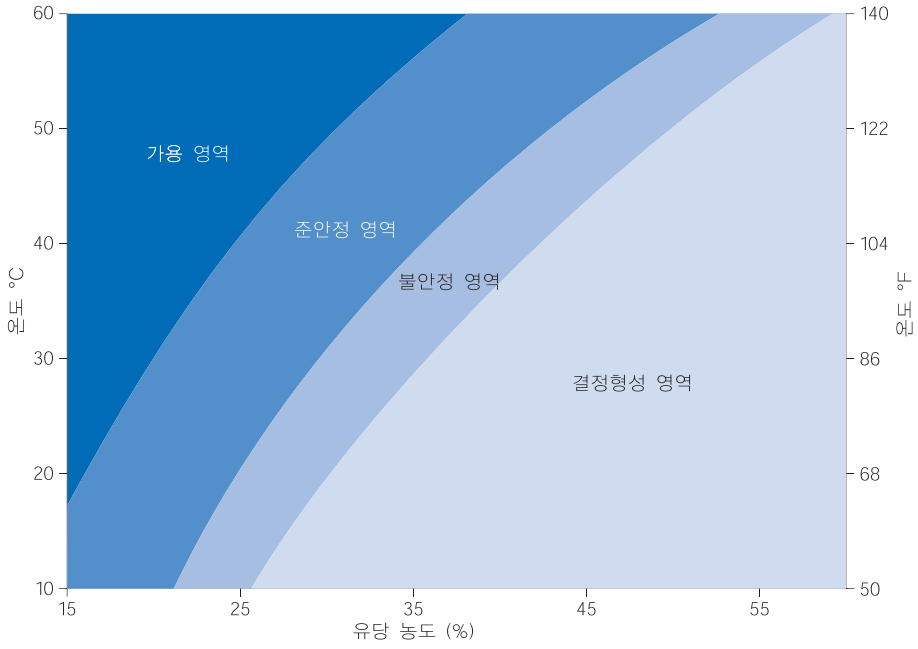
유당은 가용성이지만 설탕, 과당 및 포도당과 같은 일반적인 당류에 비해서는 용해도가 낮다.

유당이나 유당이 다량 함유된 유제품 원료를 식품에 첨가할 때 유당의 용해성은 제한적요소로 작용한다. 결정형성과 모래알을 씹는 듯한 질감을 피하면서 유청 농도를 최대화하기 위해 냉동 디저트류에는 WPC를 첨가하는 것이 좋다. 가공치즈식품에는 유청의 총량을 최대로 하기 위해 저유당 유청이 사용된다. 제과제품에서는 콘 시럽과 지방 첨가를 통해 결정형성을 조절할 수 있다. 가당 연유와 같은 제품의 경우, 포화 용액에 유당 결정씨드를 첨가하여 결정을 조절할 수 있다. 이 때 형성된 결정은 그 크기가 입안에서 느껴지지 않을 정도로 매우 작다.

유당결정의 크기가 조절된다면 결정형성은 일부 제과제품에서 원하는 질감을 형성하는데 큰 도움을 줄 수 있다. 제과류 패닝 과정에서 유당은 설탕의 결정형성을 지연시켜 코팅이 보다 낮은 온도에서 형성될 수 있도록 한다.

그림 8.1은 온도에 따라 달라지는 유당의 용해도를 그래프로 나타내고 있다.

그림 8.1
온도 변화에 따른 유당의 용해도



8. 유당제품의 기능적 특성

발효 기질

유당은 유산균에 의해 젖산으로 전환된다. 이 발효과정은 향미와 질감 형성에 매우 중요하다. 일부 균주는 유당을 프로피온산으로 전환시키기도 한다. 생성된 프로피온산은 농도에 따라 곰팡이 생육을 조절할 수 있다. 유당은 빵효모에 의해서는 발효되지 않는다. 유청 · 유당 발효제품은 빵을 포함한 기타 베이커리 제품에 천연 보존제로 사용된다. 효모로 발효된 베이커리 제품에서는 빵 표면 발색과 쇼트닝 유화, 수분 유지를 위해 유당을 사용하기도 한다.

유당의 발효로 얻어진 부산물로는 에탄올, 부탄올, 구연산, 단세포 단백질, 젖산암모늄, 세포외 미생물 다당류, 혐기성 발효로 인한 연료 가스가 있다.

부형제

유당은 입자 크기를 비롯하여 유동성, 결합성, 안정성, 습윤성, 혼합성, 혼용성 등 정제 형성에 적합한 특성을 지니고 있다. 정제 캔디의 제조에서는 색과 향의 흡수 및 유지, 빠른 용해성 등 유당의 또 다른 특성들이 장점으로 작용한다. 고속 정제 제조기에서 사용될 만큼 뛰어난 유동성을 가진 유당 제품도 있다. 제약용 유당은 식용 유당보다 더 미세하게 정제되기 때문에 고속 정제 제조기에서 사용이 가능하다.

유당 입자의 크기

미국산 식용 유당은 용도에 맞춰 입자 크기를 선택할 수 있다. 입자 크기는 메쉬(mesh)라는 단위를 통해 나타내며, 현재 시판되는 유당제품의 입자 크기는 30mesh, 80mesh, 100mesh, 200mesh의 네 부류로 나뉜다. 자세한 정보는 공급업체에 문의하면 확인할 수 있다.

일반적으로 미세한 입자는 아이싱, 혼합 코팅제, 건조 믹스 음료, 가당연유의 결정씨드를 제조할 때 사용된다. 건조 혼합 제품의 경우 믹스된 다른 원료와 크기를 맞추기 위해 특정 크기의 입자가 필요할 수 있다. 중간 크기 이상의 입자는 베이커리 제품, 유아용 조제분유, 커피 크리머, 통조림 및 냉동 식품, 냉동 디저트류에 사용된다.

표 9.1 유청제품

기능	특성	기능적 이점	마케팅상의 이점	용도
유화력	유청단백질은 친수성 및 소수성 그룹으로 구분된다.	■안정된 유화액을 형성하며, 지방 구가 하나의 커다란 덩어리로 뭉치지 않도록 한다. ■난황 분말보다 콜레스테롤 함량이 낮으면서도 같은 기능을 유지한다. ■용도가 다양해 광범위한 식품체계에서 사용된다.	■제품의 외관을 개선시켜 소비자의 호감을 높일 수 있다. ■콜레스테롤 함량이 낮아 건강지향적인 소비자들에게 높은 관심을 받을 수 있다. ■계란 대신 유청을 사용하면 세균으로 인한 위험을 줄일 수 있다.	■육제품 및 수산제품 ■아이스크림 믹스 ■케이크반죽 및 빵 생지를 포함한 제빵제품 ■음료 ■마요네즈 타입의 드레싱
	유청성분은 유지방 및 쇼트닝의 분산을 돕는다.	■지방 감소 촉진을 돕는다	■저지방 제품은 건강지향 소비 트렌드에 부합한다.	■유제품 ■제빵제품
겔화	유청성분은 특정 조건에서 비가역적 겔을 형성한다.	■겔은 다량의 수분 및 비단백 화합물과 결합한다. ■식감을 향상시키고, 윤활성을 높이며 지방처럼 부드러운 크리미한 질감을 제공한다.	■전지제품의 맛을 가진 저지방 제품을 만듦으로써 건강지향 소비 트렌드에 부합할 수 있다.	■육제품 및 수산제품 ■가공치즈 식품 및요거트 등을 포함한 유제품 ■플란(flan) 등의 디저트
		■단백질과 글루텐의 상호작용을 통해 강도를 높인다.	■질감 개선을 통해 맛을 향상시킬 수 있다.	■파스타 제품
수분 결합력 및 점도 생성	특정 조건하에서 유청 내 단백질 분자는 해리된다.	■제품에 지방과 같은 속성을 부여하여 지방함량을 낮출 수 있다. ■수분을 보유하여 제품원가를 낮춘다. ■점도를 높여 가공처리를 용이하게 한다. ■촉촉한 느낌을 더해 제품의 질감을 개선시킨다.	■원가를 절감하여 소비자가격을 낮추거나 마케팅 비용을 늘릴 수 있다. ■제품이 더 촉촉해져 신선한 느낌을 더할 수 있다. ■전지제품의 식감을 가진 저지방 제품은 건강지향적 소비자들에게 어필할 수 있다.	■제빵제품 ■유제품 ■분쇄 육제품 및 수산제품 ■샐러드 드레싱 ■소스 및 수프류
		■ 건조 믹스의 점도를 증가시킨다.	■제품 질감을 개선하여 소비자 기호에 부합할 수 있다.	■건조 소스 및 기타 믹스류 ■커피 크리머
		■ 음료의 점도를 증가시킨다.	■음료에 고농도의 단백질을 사용하면 많은 양을 마시지 않고도 영양분을 섭취할 수 있다.	■영양음료

표 9.1(계속) **유청제품**

기능	특성	기능적 이점	마케팅상의 이점	용도
휘핑, 거품형성 및 공기포집	유청단백질의 표면활성력	■거품의 안정성 유지에 기여한다. ■휘핑 볼륨 개선에 도움을 준다. ■난백을 대신하여 사용할 수 있다.	■거품의 형성력이 있어 완제품의 외관과 맛, 질감을 향상시킨다. ■계란 대신 유청을 사용하면 세균으로 인한 위험을 줄일 수 있다.	■머랭 및 특정 케이크류를 포함한 제빵제품 ■아이싱 등 제과제품 ■아이스크림과 기타 냉동 디저트류
영양 강화	건강식에 필요한 모든 아미노산을 포함한 양질의 단백질을 소화하기 쉬운 형태로 함유하고 있다. 유청제품은 칼슘함량이 높고, 티아민, 리보플라빈, 판토텐산 및 기타 영양소가 풍부하다.	■단독으로 혹은 대두와 밀, 기타 단백질과 함께 사용하여 제품의 영양성분을 강화할 수 있다. ■유당은 칼슘 흡수를 높이고 장에서 산을 생성하는 락토바실러스균의 생육을 촉진한다. ■비타민 강화에 사용할 수 있다. ■미네랄 강화에 사용할 수 있다.	■건강증진 기능을 가진 제품으로서 이미지 제고는 물론, 제품에 청정식품 라벨을 부착할 수 있다. ■양질의 천연 가용성 비타민의 공급원이 된다. ■식이요법에 여러 이점을 제공한다.	■조제분유 등 영양식품 ■제빵제품 ■유제품 ■음료 ■육제품 및 수산제품 ■소스류 ■수프류 ■샐러드 드레싱
향미 증진	유청단백질의 향미성분은 가열 중 아미노산의 열분해로 생성된다.	■구운 빵이나 크래커 같은 향미를 낼 수 있다.	■담백한 맛과 이취가 섞이지 않은 향은 소비자의 호감을 높일 수 있다.	■제빵제품
		■견과류 향미를 낼 수 있다.	■담백한 맛과 이취가 섞이지 않은 향은 소비자의 호감을 높일 수 있다.	■제과제품
		■버터 향미를 낼 수 있다.	■담백한 맛과 이취가 섞이지 않은 향은 소비자의 호감을 높일 수 있다.	■스낵류
	스위트 건조유청 제품은 부드러운 향미가 특징이다.	■순하면서 약간의 달콤한 향미 덕분에 다른 향미를 더욱 부각시킬 수 있다	■담백한 맛과 이취가 섞이지 않은 향은 소비자의 호감을 높일 수 있다.	■제과제품 ■음료 ■건조 믹스 및 소스류
	유청 미네랄은 육제품 및 유제품의 향미를 증진시킨다.	■고기와 치즈 및 기타 우유제품이 가진 천연의 향미를 증진시킨다.	■담백한 맛과 이취가 섞이지 않은 향은 소비자의 호감을 높일 수 있다.	■가공 육제품 ■유제품
중립성	탈염유청 및 일부 WPC 제품의 경우 미네랄 함량이 낮다.	■미네랄 향미가 어울리지 않는 제품에서 유청이 가진 영양 및 기능상의 이점을 제공할 수 있다.	■담백한 맛과 이취가 섞이지 않은 향은 소비자의 호감을 높일 수 있다.	■냉동 디저트류 ■제과류

표 9.2 유당제품

기능	특성	기능적 이점	마케팅상의 이점	용도
질감 형성제	유당의 결정형성은 조절할 수 있다.	■원하는 질감 형성에 도움을 준다.	■소비자들의 기호에 맞는 외관을 가진 제과제품을 제조할 수 있다.	■제과제품
운반체	일수화물 형태의 유당은 흡습성이 없다.	■고온 및 높은 상대습도에서도 유동성이 좋다.	■외관을 유지하고 분산성을 높임으로써 유당원료의 유용성 및 그것이 사용된 식품의 풍미가 개선된다. ■천연의 이미지와 '청정식품' 라벨 부착을 통해 소비자의 호감을 높일 수 있다.	■고강도 감미료 ■착향료, 시즈닝 및 요거트 ■건조 믹스류
팽창제	일수화물 형태의 유당은 흡습성이 없다.	■낮은 감미도로 부피와 중량을 늘릴 수 있다.	■풍미에 영향을 주지 않으면서 믹싱, 가공처리 및 취급 상의 효율을 높여 소비자가격을 낮추거나 마케팅 비용을 늘릴 수 있다.	■커피 크리머
유동제	일수화물 형태의 유당은 흡습성이 없다.	■제품이 딱딱해지는 것을 방지하고, 유동성과 분산성을 향상시킨다	■건조 믹스류의 품질을 보장한다.	■건조 믹스류
유통기한 연장	무정형 유당은 흡습성이 매우 높다.	■제품의 촉촉함과 유연함을 유지해준다.	■노화를 감소시켜 비용효율을 높일 수 있다.	■제빵제품
수분 결합력	무정형 유당은 흡습성이 매우 높다.	■수분 손실을 지연시키고 수분분리 현상을 최소화한다.	■제품의 외관 유지에 기여한다.	■유제품 ■제빵제품
당도 감소	똑 같은 농도로 식품에 사용될 때, 유당의 당도는 자당의 20~30% 정도이다.	■단맛이 과도하지 않은 탄수화물을 제공하며, 짭짤한 맛의 식품에서도 잘 어울린다.	■당도가 지나치지 않은 제품으로 소비자의 기호를 맞출 수 있다.	■아이싱 ■짭짤한 맛의 속재료
향미 유지	유당은 다른 당류보다 효과적으로 휘발성 향미 성분을 포착하고 유지한다.	■많은 향미를 부각시켜주고 흡수하기도 한다.	■건강지향적 소비자들을 겨냥한 식품 속 향미의 품질을 유지시킬 수 있다.	■제빵제품 ■순 천연제품

표 9.2(계속) **유당제품**

기능	특성	기능적 이점	마케팅상의 이점	용도
색감 유지	유당은 다른 당류보다 효과적으로 휘발성 향미 성분을 포착하고 유지한다.	■천연 및 합성 색소를 흡착하는 경향이 강해 원료 비용을 절감할 수 있다.	■원료비 절감은 소비자가격을 낮추거나 마케팅 비용을 늘릴 수 있다.	■스낵류 ■전자레인지 조리용 제품
갈변화 반응 촉진제	환원당인 유당은 메일라드 반응의 기질로 작용한다.	■조리 및 굽기 중 발색을 촉진시킨다.	■외관을 개선시켜 소비자의 호감을 높인다.	■제빵제품
향미 생성	환원당인 유당은 메일라드 반응의 기질로 작용한다.	■제빵제품의 향미 생성에 기여한다.	■향미 개선으로 소비자의 호감을 높인다.	■제빵제품 ■제과제품
발효 기질	유당은 유산균에 의해 젖산으로 전환된다.	■발효 및 향미 생성을 위해 사용할 수 있다.	■향미와 질감의 개선으로 소비자의 호감을 높인다.	■요거트, 유산균 음료
곰팡이 증식 억제	일부 발효된 유청은 유당을 프로피온산으로 전환할 수 있다.	■화학적 곰팡이 억제제가 아닌 천연성분을 통해 유통기한을 연장할 수 있다.	■청정식품 라벨을 부착할 수 있다.	■제빵제품
효모 제품에서 이용 가능	유당은 빵효모에 의해 발효되지 않는다.	■빵 겉면 발색, 쇼트닝 유화 및 수분 유지를 위해 이용할 수 있다.	■외관 개선으로 소비자의 호감도를 높일 수 있다.	■효모발효 제빵제품
부형제	유당은 정제로 압착될 수 있다.	■습식 제립과 같은 예비 단계를 거치지 않고 바로 압착이 가능하기 때문에 초고속 정제설비를 사용할 수 있다.	■가공처리의 효율을 높이는 비용효율적 원료이므로 소비자가격을 낮추거나 마케팅 비용을 늘릴 수 있다.	■약품 및 영양 보충용 정제 ■제과제품

9. 유청 · 유당제품 퀵 가이드

표 9.3은 각 제품군에 필요한 기능적 특성들을 제시하고 있다. 아울러 식품 제조업체들을 위해 이러한 기능적 특성을 살릴 수 있는 유청원료도 함께 제시하고 있다.

표 9.3
유청원료와 주요 기능적 특성

제품군	필요한 기능	스위트 유청분말	에시드 유청분말	제든백 유청	탈염유청	WPC34	WPC50	WPC75	WPC80	WPI	유당
베이커리 제품	유화력					●	●	●	●	●	
	열경화성						●	●	●	●	
	발색 및 발향	●		●		●					●
	휘핑	●					●	●	●	●	
	수분 결합력			●		●	●	●	●	●	
	유제품 향미	●		●		●	●				●
	산미		●								
	겔화				●			●	●	●	
	용해성					●	●	●	●	●	
	영양분					●	●	●	●	●	
빵 및 제빵	접착력					●	●	●	●	●	
	발색 및 발향	●		●		●					●
	지방막						●	●	●	●	
음료	용해성/콜로이드 안정성			●	●	●	●	●	●	●	
	산안정성				●	●	●	●	●	●	
	열안정성				●	●	●	●	●	●	
	수분 결합력/점도				●	●	●	●	●	●	
	유화력					●	●	●	●	●	
	유제품 향미			●	●	●	●				
	영양분					●	●	●	●	●	
가공치즈	유화력			●		●	●	●	●	●	
	수분 결합력					●	●	●	●	●	
	유제품 향미	●		●		●					
	영양분					●	●	●	●	●	
	겔화							●	●	●	
제과제품	공기포집력				●		●	●	●	●	
	용해성			●		●	●	●	●	●	●
	유화력					●	●	●	●	●	
	겔화				●			●	●	●	
	결정성	●		●	●						●
	발색 및 발향	●		●	●						●
	유제품 향미	●		●	●	●					
	팬 코팅										●
	정제화										●
	영양분					●	●	●	●	●	
건조 믹스	분산력	●		●		●	●	●	●	●	●
	비 흡습성	●		●		●	●	●	●	●	●
	팽창제	●		●	●	●					●

표 9.3(계속)
유청원료와 주요 기능적 특성

제품군	필요한 기능	스위트 유청분말	에시드 유청분말	제단백 유청	탈염유청	WPC34	WPC50	WPC75	WPC80	WPI	유당
냉동 디저트	유화력					●	●	●	●	●	
	공기포집력					●	●	●	●	●	
	용해성	●		●	●	●	●	●	●	●	
	유제품 향미	●		●	●	●					
	수분 결합력					●	●	●	●	●	
	지방 대체재							●	●	●	
	영양분					●	●	●	●	●	
유제품 대체품	용해성	●			●	●	●	●	●	●	
	유제품 향미	●		●	●	●					
	유화력					●	●	●	●	●	
	공기포집력					●	●	●	●	●	
	영양분					●	●	●	●	●	
조제분유	영양분				●	●	●	●	●	●	●
	유화력					●	●	●	●	●	
	용해성				●	●	●	●	●	●	●
	유제품 향미				●	●	●	●	●	●	●
분쇄육,	유화력					●	●	●	●	●	
소시지 및 연육	수분 결합력						●	●	●	●	
	지방 결합력						●	●	●	●	
	용해성					●	●	●	●	●	
	초기 저점도					●	●	●	●	●	
	겔화							●	●	●	
	영양분						●	●	●	●	
샐러드 드레싱	산안정성				●	●	●	●	●	●	
	유화력					●	●	●	●	●	
	영양분					●	●	●	●	●	
	유제품 향미			●	●	●	●				
소스, 수프 및	용해성				●	●	●	●	●	●	
그레이비	유화력					●	●	●	●	●	
	유제품 향미			●	●	●					
	수분 결합력/점도					●	●	●	●	●	
	영양분					●	●	●	●	●	
요거트	용해성				●	●	●	●	●	●	
	유제품 향미				●	●					
	수분 결합력					●	●	●	●	●	
	영양분					●	●	●	●	●	

10 유청 · 유당제품을 응용한 제빵제품 제조

10. 유청 · 유당제품을 응용한 제빵제품 제조

제조법 감수:
캐시 넬슨 (Kathy Nelson)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

10.1 개요 및 최신 동향

브라이언 스트라우츠 (Brian Strouts)
American Institute of Baking (Manhattan, KS)

제빵업계는 소비자의 요구 및 경제적 이익에 따라 움직인다. 소비자들은 보기 좋고 맛이 있는 동시에 편의성과 신선함 등 다양한 장점도 지니고 있는 빵을 원한다. 이러한 요구사항들을 충족시켜야 하는 제빵업체가 제빵제품에 유청과 유당을 사용하면 비용절감은 물론 기능적인 이점까지 얻을 수 있다.

스위트 유청은 가격이 저렴해 유청제품 중에서 제빵제품에 가장 널리 이용되고 있다. 빵 배합 재료로 함유된 농축유청단백(WPC)과 분리유청단백(WPI)은 빵의 특성을 향상시키는 기능을 지니고 있다.

유청단백은 분말형태로 이용할 수 있다. 34~90%의 단백질을 함유하고 있는 유청분말은 용매와 온도에 따라 용해도가 다르며 수분 결합력을 지닌다. 또한 상온에서 85°C 사이는 온도로 인한 기능상의 변화가 나타나고 이온 강도와 pH에 따라 선별적 안정성을 보인다.

유청단백을 이용하여 빵과 케이크를 제조하면 유청제품에 따라 일반적으로 다음과 같은 결과가 나타난다. 열처리 된 단백질은 촉촉함과 질감을 향상시킨다. 변성 단백질은 원래 상태일 때와는 다른 방식으로 물이나 기타 성분들과 상호작용한다. 또한 지질 함량이 낮은 유청단백 분말은 제빵제품의 질감을 향상시키는 것으로 밝혀졌다.

WPC34(단백질 함량 34%)는 대부분의 제빵제품에서 탈지분유 대신 쓰이는데 우유맛을 낼 수 있고 단백질 함량 수준이 비슷하기 때문이다. 단백질 함량이 더 높은 WPC는 글레이즈를 만들 때 우유나 계란 대신 쓰여 비스킷과 빵, 페이스트리의 색감과 광택을 향상시킨다. 전란이나 난백은 80%농축유청단백(WPC80) 또는 분리유청단백(WPI)으로 대체할 수 있다. 계란을 유청제품으로 대체하기 가장 용이한 제빵제품은 공기포집을 적게 하는 쿠키, 스콘, 과일 케이크 등이다.

엔젤푸드(Angel Food) 같이 거품을 올려 만드는 케이크에 유청제품을 활용하기 어렵지만 팬케이크에는 WPI를 사용할 수 있다. WPI를 화이트 케이크에서 난백 대신 쓰거나 옐로우 케이크에서 전란 대신 쓰면 부피와 외형 및 영양적 가치가 향상되며, 재료배합에 쓰이는 비용도 절감된다. 쿠키 제조 시 WPI를 전란 대신 쓰면 쿠키의 색과 두께, 씹는 질감이 향상된다. 그렇다고 재료 재배합 시 계란을 유청단백으로 완전히 대체할 필요는 없다. 부분적인 대체만으로도 완제품의 영양가를 높이면서 비용을 절감할 수 있기 때문이다.

변성되기 전의 WPC는 산성 및 염기성 환경 모두에서 용해성이 높고 수분 결합력이 낮은 안정적인 물질이다. WPC의 변성은 60~65°C 정도에서 시작하여 85°C까지 지속된다. 이러한 온도의 범위가 존재하는 것은 WPC의 전반적인 기능에 관여하는 다양한 종류의 단백질들이 WPC를 구성하고 있기 때문이다. WPC는 변성 시 일반적으로 침전물을 생성하지만, 일부 WPC는 희석액에서는 가용성 단백질을, 단백질 농도가 높을 때는 겔을 생성한다. 고열 처리된 탈지분유는 제빵제품에서 선호되는 유제품 원료인데, 이를 대체할 수 있는 가장 적합한 원료는 용해성과 수분 결합력이 높은 열변성 유청단백이다. 일부 WPC는 실온에서의 수분 결합력이 뛰어날 뿐 아니라 변성 온도 범위도 넓다. 이점이 매우 흥미로운 것은 첨가된 설탕이 안정 효과를 일으키거나 단백질이 용해되지 않고 계면에 막처럼 퍼져 있을 경우 변성이 억제되거나 더욱 활성화 될 수 있기 때문이다.

10. 유청 · 유당제품을 응용한 제빵제품 제조

유청단백의 특성을 활용하여 반죽을 재배합할 수 있다. 예를 들어 WPC를 첨가하면 화학 발효제의 양을 줄일 수 있는데, 이는 빵을 구울 때 가스가 팽창한 상태에서 재빨리 굳어버리는 열경화 현상을 WPC가 지연시키기 때문이다. 이때 고온에서 반죽이 잘 부풀어 오르지 않는 현상은 배합의 수분 함량을 조절하거나 껌류를 첨가하여 조절할 수 있다.

완성된 제빵제품의 품질을 보증하려면 굽는 동안 팽창된 조직이 고정되어야 한다. 일반적인 유청단백질로 계란 단백질을 직접적으로 대체하면 굽는 과정의 후반부에서 부풀어 올랐던 반죽이 다시 가라앉는다. 이러한 부피 감소는 여러 가지 변수에 의해 유발되는데, 반죽 농도의 감소나 불충분한 팽창활동, 조직의 과팽창, 또는 기실 표면 막의 붕괴 때문일 수 있다. 팽창된 상태를 유지하려면 유청단백이 기실을 안정시키기 위한 막을 형성하고, 기실을 팽창시킨 다음, 원료 간 상호작용을 통해 조직을 형성해야 한다. 제품의 조직 문제가 재배합으로 해결되면 완성된 케이크의 질감은 더 부드럽고 섬세해 진다. 이는 보통 실패작으로 볼 수도 있지만, 경우에 따라서는 장점이 될 수 있다. 예를 들어, 거친 질감과 부피 감소가 문제시 되는 저지방 또는 무지방 케이크 배합에서 유청단백을 이용하면 제품의 품질을 효과적으로 향상시킬 수 있다.

빵과 같이 숙성된 생지에는 반죽 숙성 시간을 단축하고 굽는 단계에서의 탄력을 높이기 위해 탈지분유와 같은 유제품이 첨가된다. 그러나 천연 유청단백을 반죽에 첨가하면 대조적인 결과가 나타난다. 즉, 반죽 숙성 시간이 길어지고 부피가 감소한다. 글루텐 구조 형성을 방해하는 천연 유청단백은 냉동 생지의 단백질 구조를 일정 부분 보호할 수 있다. 신선 생지에는 열변성된 가용성 단백질을 함유한 WPC를 첨가하는 것이 적합하다.

유제품 원료는 빵 생지의 믹싱 시간과 수분 흡수력에 영향을 미친다. 카제인 나트륨은 유청원료와는 반대로 수분 흡수력을 증가시키고 믹싱 시간을 단축시킨다. 유청원료는 갈변 반응 촉진과 유제품 향 증진에 기여하고 칼슘을 공급하며 밀단백에 부족한 필수 아미노산 리신을 더함으로써 단백질을 보충하여 영양 성분을 강화한다. 유청원료 속 칼슘이 빵의 경도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 보인다. 또한 칼슘 함량이 낮은 유청단백은 칼슘 함량이 높은 유청단백보다 빵의 부드러운 촉감 유지에 있어 다른 변수와 관계 없이 도움을 줄 수 있다.

유청 및 유청제품은 베이커리 제품에 응용되어 제품의 영양과 색감, 부피, 질감을 향상시키고, 계란이나 무지방 분유 대체재로 쓰인다. 흔히 아이싱과 필링, 글레이즈, 발효빵과 쿠키, 케이크에 사용된다.

베이커리 제품에 유청을 활용하는 다섯 가지 주요 목적은 다음과 같다.

1. 케이크 제조 시 계란 대체
2. 빵의 부드러운 촉감 유지에 기여
3. 모든 종류의 베이커리 제품에서 갈변 반응 강화
4. 저지방 케이크의 품질 향상
5. 베이커리 제품의 단백질과 칼슘을 보충하여 영양소 강화

10.2 제빵제품 제조 시 유청제품의 활용

킴벌리 J. 버링톤 (Kimberlee J. Burrington)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

빵에 첨가된 유청원료의 기능은 다음과 같다.

- 빵 겉면의 갈변화 강화
- 토스팅(toasting) 향상
- 속질 조직 개선 (계량제를 첨가하지 않아도 미세하고 고른 속질 형성)
- 노화를 지연시켜 유통기한 연장
- 향미 증진

유청단백은 제빵재료로서 중요한 기능을 담당한다. 유청단백은 빵 겉면의 갈변화, 속질 조직 및 향미를 강화하고 토스팅 상태를 향상시키며 노화를 지연시킨다. 유청원료는 단백질, 미네랄 및 유당의 조성을 달리하여 맞춤 제조가 가능하다. 이는 조성과 변성 정도가 유청원료의 기능성에 영향을 준다는 점에서 중요하다.

빵 제조 시 사용할 유청원료를 선택할 때에는 다음의 사항들을 고려하도록 한다.

- 빵 부피를 최적화 하려면 유청원료 내 유당 함량은 낮고 단백질 함량은 높아야 하며, 단백질은 변성 정도가 커야 한다.
- 최적의 사용량은 다양하나 2~3%로 시작하는 것이 가장 효과적이다.
- 유청원료는 수분 흡수력이 밀가루보다 낮지만 단백질 변성 정도가 커지면서 수분 흡수가 증가한다. 따라서 사용되는 유청원료에 따라 필요한 물의 양을 조절할 필요가 있다.
- 생지의 점조성(저항성)을 극대화 하려면 믹싱 시간이 길어질 수 있다(믹소그램 시간 최대).
- 유청원료 내 유당 함량이 높을 경우, 효모의 성장과 탄산가스의 생성 · 유지를 위해 처리공정이나 기타 원료들을 조절해야 할 필요가 있다.
- 유청원료 이용 시 빵 겉면의 발색이 더 빨리 이루어질 수 있으므로 굽기 시간 및 온도를 조절해야 할 필요가 있다.

기능상의 이점

유청단백과 관련된 기능적 특성들은 다음과 같다. (1) 용해성 (2) 수분 결합 및 흡수 (3) 점성 (4) 겔화 (5) 응집성, 접착성, 탄성 (6) 유화 (7) 거품형성이 그것이다. 이들 대부분은 제빵 제품의 제조에서 중요한 요소로 작용한다. 유청단백(보충제)을 첨가하여 제빵재료를 재배합하는 것은 기능상의 이유 때문이다. WPC를 비스킷, 쿠키, 케이크, 스펀지 케이크, 아이싱, 글레이즈에 사용하면 질감과 외관을 개선시킬 수 있다. 또한 빵과 케이크의 생지 부피를 늘리고 다양한 제품에 촉촉함을 더할 수 있다. WPI나 WPC34, WPC80을 사용하면 전지 및 저지방 쿠키의 색감과 두께, 씹는 질감을 개선할 수 있는 것으로 나타났다. 단백질 75% 이상의 WPI와 WPC를 케이크 배합에 첨가하면 부피와 외관을 개선시킬 수 있다.

제빵업계가 유청제품을 이용하는 이유는 기능상의 이점 때문이다. 소비자 측면에서는 메일라드 반응으로 생성되는 빵 표면의 선명한 색감, 유제품 향미 증진, 부드러운 질감의 속질과 유통기한의 연장 등이 기능상의 이점이라고 할 수 있다. 제빵업체 측면에서는 계란, 분유, 쇼트닝 같은 다른 원료들을 일부 또는 전부 대체하여 원료비를 절감할 수 있다는 것이 이점이라고 할 수 있다. 그러나 제빵제품에 유청단백을 첨가하여 얻어지는 영양상의 이점은 잘 알려져 있지 않다. 유청단백에는 밀단백에 부족한 아미노산인 리신이 풍부하게 들어있다. 밀단백 대비 유청단백의 비율을 높이면 아미노산 조성이 높아진다. 유청단백은 빵과 소프트롤, 번의 제조에 주로 사용되며, 이때 유청 및 유당의 사용량은 일반적으로 밀가루 중량의 2~4%다.

기능성

WPC는 다양한 기능적 특성을 지니며, 그 중 대부분이 유청단백질과 관련된 것이다. WPC의 기본적인 기능성에는 휘핑성 및 거품형성력, 유화성, 용해성, 겔화, 수분 결합 및 점도 생성이 있다. 일반적으로 단백질 함량이 높을수록 기능성이 더 뛰어나다. WPC의 기능성에 영향을 미치는 그 밖의 요인으로는 유청의 원료, 제조과정 중 열처리 정도, 지질 및 미네랄 함량이 있다. 유청단백의 구조와 기능성은 긴밀하게 연관되어 있는데, 기능성은 구형으로 접힌 단백질 구조의 변화에 좌우된다. 식품에 사용된 유청단백의 기능적 특성은 농도, 유청단백의 상태, pH, 이온 환경, (사전)열처리, 지질의 유무와 같은 여러 요인의 영향을 받는다. 천연 상태의 유청단백은 용해성이 높고 유화 및 휘핑 기능이 매우 뛰어나다. 유청단백을 가열하면 단백질 변성으로 인해 용해성이 떨어질 수 있으며, 특히 pH 4.0~6.5 상태에서 그러하다. 용해성은 열처리로 인해 감소하지만, 유화 기능은 열변성 조절을 통해 향상될 수 있다. 유청단백질이 해리되면 소수성 아미노산 잔기가 노출되어 단백질이 물/기름 계면에 배향되는 성질이 강해진다. 유화 과정에서 염분의 유무는 유청단백의 구조와 용해성에 영향을 준다. 변성되지 않은 상태에서 유청단백은 단단한 겔을 형성하는데, 이는 수분과 지방을 보유하여 구조 지탱에 도움을 준다. 칼슘 이온에 의해 조절되는 이황화 결합 및 이온 결합이 겔 구조를 결정하는 것으로 보인다.

더 많은 수분을 보유할 수 있게 해주는 유청단백의 수분 결합력 덕분에 제조 비용은 절감된다. 점도의 생성은 겔화 및 기타 단백질 간의 상호작용과 밀접하게 연관되어 있다. 거품형성 기능이 최상으로 이루어지려면 유청단백이 공기/물 계면에서 다른 계면활성제에 의해 변성되지 않아야 하며 거품 형성 시 점도의 증가로 안정되어야 한다. 또, 유청단백은 배합재료 속의 유당 및 기타 환원당과의 반응을 통해 갈변반응을 촉진하여 열처리 된 제품의 색감을 개선한다. WPC는 맛이 순하고 이취가 없어 제빵제품의 원료로 사용하기 적합하다.

영양

WPC는 미네랄과 단백질이 함유되어 있어 식품에 첨가될 경우 그 식품의 영양을 강화한다[16장 참고]. 또한 WPC는 인체에 필요한 모든 필수 아미노산이 충분히 함유된 완전 단백질이며 고품질의 단백질 공급원으로 널리 인정받고 있다. WPC에는 풍부한 칼슘과 기타 미네랄이 함유되어 있어 제품의 영양을 강화하는데도 유용하게 이용될 수 있다.

10. 유청 · 유당제품을 응용한 제빵제품 제조

각 제빵제품에 활용되는 WPC의 기능성

빵

유제품 원료는 빵 제품에 널리 이용되고 있다. 유청단백을 첨가하면 대부분의 경우 더 부드럽고 연한 속질이 형성된다. WPC를 첨가한 빵 역시 이러한 장점을 얻을 수 있지만 빵에 첨가된 WPC 작용을 최적화하려면 WPC를 약간 변형시켜야 한다. WPC34와 WPC50, WPC80을 이용한 실험 결과, 칼슘 함량이 가장 낮은 WPC34로 만든 빵이 가장 부드러웠다. 칼슘의 양은 빵의 경도에 영향을 미친다. 이러한 현상이 일어나는 이유는 칼슘 함량이 낮은 WPC가 호화 전분이 증가하는 고온의 굽기 과정에서 응집하여 유청단백 사슬이 전분 사슬 사이에 파고들어 노화를 감소시키기 때문이다. 생지 속 유당의 양을 늘릴 경우에도 빵의 부드러운 질감이 오랫동안 유지된다. 이때의 부드러운 질감은 빵 배합 시 지방의 유화가 잘 이루어졌기 때문이다. 또한 제빵제품 속의 유당 결정은 보수력이 뛰어나다. 최적 믹싱 시간은 WPC의 종류와 관계없이 증가했다. WPC를 각각 2%, 4%, 6% 첨가한 실험에서, WPC34를 4% 첨가했을 때 빵의 부피가 가장 컸다. WPC34에 대한 열처리를 조절하여 유청단백을 부분적으로 변성시켰을 때, 빵의 촉촉함과 질감이 향상되는 것으로 나타났다.

WPC를 이용할 경우, 발효시간을 줄이는 것은 빵의 품질에 부정적인 영향을 미친다. 일반적으로 발효시간이 짧을수록 유청단백에 대한 민감성이 증가한다. WPC(최대 2% 단백질 추가)는 스펀지법으로 제조되는 빵에 이용되고 있다. 빵의 품질 개선은 고단백 WPC 사용, 고열처리한 무지방 분유와 같은 정도의 단백질 변성, 스테아릴젖산나트륨 첨가를 통해 이루어졌다. 일반적으로 WPC의 단백질 함량이 높을수록 빵의 부피는 줄어든다. WPC는 빵을 더 부드럽게 만들고 제빵에 있어서 계란의 다양한 기능을 대신하기 위해 종종 이용되고 있다.

케이크

케이크의 경우, 탄력 있는 촉감을 얻으려면 더 많은 단백질이 필요하다. 완성된 케이크의 구조는 전분의 호화 및 단백질의 변성에 좌우된다. 케이크에 설탕을 첨가하면 글루텐의 겔화 온도가 높아져 겔화 온도가 낮은 단백질의 첨가 없이는 완성된 케이크의 구조를 얻을 수 없다. 이러한 구조를 얻기 위해 보통 전란이나 난백을 첨가한다. WPC는 계란을 대신하여 케이크에 사용될 수 있는데, 케이크 반죽 속의 설탕과 지방 함량은 계란 대체재로서 WPC의 효과와 역의 관계를 갖는다. 케이크에 들어가는 난백은 고단백 WPC (WPC80)로 일부 또는 전체 대체할 수 있다. 설탕 함량이 높고 지방 함량이 낮을수록 WPC로 계란을 완전 대체하면 품질 좋은 케이크를 제조하기가 힘들어진다. 일반적으로 고단백 WPC는 겔화 작용 때문에 케이크에 사용된다.

WPC34, WPC50, WPC80 제품들은 전란의 기능 중 일부를 대체하기 위해 케이크에 사용된다. WPC80은 난백 대용으로 적합하다. WPC는 케이크 반죽의 밀도와 점성을 높여 공기를 포집하고 발효 단계에서 생성된 탄산가스를 보유할 수 있도록 해주며 케이크의 촉촉함 유지에도 기여한다. 제빵제품에서 대체될 수 있는 또 다른 재료는 지방이다. WPC80을 (2% 비율로) 저지방 파운드케이크 배합에 첨가하면 WPC80을 첨가하지 않은 전지 및 저지방 케이크 배합보다 더 부피감 있고 부드러운 제품을 얻을 수 있으며 촉촉함과 향미 등 전체적으로 만족스러운 결과를 얻을 수 있다.

쿠키

소프트 쿠키에서도 전란을 WPC로 대체할 수 있다. 쿠키처럼 기포가 많이 함유되지 않은 제품의 경우 탈지분유나 계란의 대체는 쉽게 이루어진다. 쿠키에 첨가되는 유청은 비용 효율적인 유제품 고형분이다. WPC34와 WPC80 모두 쿠키의 색과 두께, 씹는 질감을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 저지방 쿠키에서는 WPC80, 변형 전분, 유화제, 물로 이루어진 혼합물로 전란과 쇼트닝을 대체할 수 있다. 혼합물로 대체하더라도 반죽이 늘어나는 정도나 완성된 쿠키의 질감과 향미 등 전반적인 특성은 대체하지 않았을 때와 유사하게 나타난다. 스콘과 크레페 배합 속의 난백 역시 WPC80으로 대체 가능하다. 이 경우, 단백질 함량은 동일해야 한다. WPC로 대체된 제품은 기존 제품과 비교해 전반적인 만족도는 유사하지만 질감이 더 부드러운 경향이 있다.

파이 껍질

유청이나 유당을 파이 생지에 첨가할 수 있다. 밀가루 중량 대비 2~3%의 유청이나 6~8%의 유당은 쇼트닝의 유화를 돕는다. 유청이나 유당을 첨가하면 부드럽고 얇게 잘 벗겨지는 질감을 유지하면서 쇼트닝 양을 줄일 수 있다. 제빵업계에 따르면 파이 껍질의 색감과 향미도 향상된다고 한다.

베이커리 믹스

일반적으로 베이커리 믹스의 종류는 물만 첨가하면 되는 완제품 믹스, 생지 베이스 그리고 농축 생지 세 가지가 있다. 반제품 믹스인 생지 베이스의 경우, 최종 소비자가 물, 오일이나 쇼트닝, 계란을 첨가해야 한다. 농축 생지는 연속적으로 많은 양의 재료를 처리해야 하는 자동화 생산을 위해 특별히 고안되었다. 지방을 감소시키고 용해성을 높이며, 수분을 결합하고 유지하기 위해 사용되는 농축 생지는 제빵 건조 믹스 속 다른 재료들과 잘 혼합된다. WPC의 또 다른 특성인 부드러운 향미는 제빵제품에 잘 어울린다. WPC의 순한 우유 향은 굽는 과정에서 형성되는 갈변화에 동반되는 향미를 보강한다. 유청제품 속의 유당은 갈변화 효과를 강화하여 보다 먹음직스럽게 제품 표면의 색감을 개선시킨다.

크래커

쿠키와는 달리 크래커에는 설탕이 거의 또는 전혀 들어있지 않다. 크래커는 많은 경우 연질 소맥과 경질소맥이 혼합된 고단백 밀가루로 제조된다. 빵 제조에 필요한 WPC의 기능들이 크래커 제조에서도 요구된다. WPC는 효모 발효 크래커에서 밀가루 대체물로 이용되어 왔다. WPC34를 사용할 경우 WPC75보다 효과가 더 좋다(WPC75의 밀가루 대체 비율은 5% 미만이다). 발효 시간이 길수록 더 만족스러운 크래커를 얻을 수 있다.

베이커리 글레이즈

WPC와 카제인염을 이용한 베이커리 글레이즈는 전란과 물로 만든 기존의 글레이즈보다 장점이 많다. 유청을 이용한 글레이즈는 미생물학적으로 안정적이고 살모넬라 감염 위험도 없다. 적절한 위생관리는 언제나 필요하지만, WPC를 첨가한 베이커리 글레이즈는 저장 탱크 속 미생물 증식에 덜 취약하다. 또한 발효된 빵이나 롤의 표면에 발라 견과류나 으깬 곡물 같은 토핑이 잘 고정되게 한다.

영양식품

영양에 신경 쓰는 소비자들을 위한 제빵제품 역시 WPC의 첨가를 통해 기능상의 이점을 누릴 수 있다. 에너지 바나 스포츠 바 같은 제품들은 대부분 단백질과 미네랄로 영양을 강화한다. 이 경우, 단백질 함량은 물론 칼슘 함량이 높아 비타민 강화 제품에 별도의 칼슘을 추가할 필요가 없는 WPC80 제품들이 가장 이상적이라고 할 수 있다. WPC는 단백질 강화 제품에 매우 효과적으로 사용될 수 있다. 주요 식품에서는 단백질 및 미네랄 강화 기능이 더 주목을 받게 될 것이다. 단백질 함량이 34~80%에 달하고 100g당 500~600mg의 칼슘이 들어있는 WPC는 영양 강화에 가장 효과적인 유청 제품이다. 시리얼 바나 에너지 바 제품은 물론 프리미엄 빵에서도 WPC를 적절히 사용해 볼 수 있을 것이다.

제빵제품에 WPC를 정량 첨가하면 전반적으로 제품의 영양이 향상되는 이점을 누릴 수 있다. 그러나 영양적인 면에서 최상의 결과는 지방을 대체할 때 얻을 수 있다. 지방을 단백질로 대체하면 많은 소비자들이 선호하는 영양성분표를 구성할 수 있다.

가공처리 시 고려사항

늘 동일하고 일관된 제품의 기능성을 전달하기 위해서는 WPC의 종류에 관계없이 가공 조건을 일정하게 유지시킬 필요가 있다. 또한 공정 전문가는 각 제빵제품의 제조를 위해 가공처리 공정을 숙지하고 WPC와의 혼합을 용이하게 하기 위해 공정에 어떤 변화가 필요한지 파악해야 한다. 배합원료에 변화가 있을 때마다 발효 시간이나 믹싱 시간, 원료 첨가 순서, 배합비 등 모든 부분의 최적화가 필요하다.

품질의 일관성은 고객에게 매우 중요하다. 미국 내 WPC 제조업체는 대부분 일관되게 양질의 제품을 제조할 수 있는 역량을 보유하고 있다. 따라서 이들 업체는 품질 및 기능상의 목표를 고객들에게 알리기 위해 고객과 소통하는 것이 무엇보다 중요하다.

Q & A

Q: 빵이나 스위트롤에 첨가한 유청이 발효시간에 영향을 줍니까?

A: 발효시간은 동일하지만, 이들 제품에 들어간 유청의 양에 따라 길어질 수도 있습니다. 일반적으로 단백질 첨가량이 증가할수록 발효 중 생지의 감도가 증가합니다.

Q: 유청을 첨가하면 생지의 점착성이 증가하는 것 같습니다. 이 문제를 해결하려면 어떻게 해야 합니까?

A: 유청 첨가 시 생지의 점착성이 증가할 수 있습니다. 보통 첨가되는 유청의 양이 늘어날수록 생지의 점착성이 커집니다. 이 경우 유청 첨가량을 줄이거나 첨가 순서를 바꾸는 방법이 있습니다.

Q: 더 좋은 효과를 얻으려면 '변성' 유청을 이용해야 합니까?

A: 일반적으로 제빵제품의 경우 약간의 변성은 바람직하다고 할 수 있습니다. 유청에 열을 가해 변성이 되면 유청 속 단백질의 일부가 풀려 수분 결합력이 강해지고 유화가 더 잘 일어납니다. 대부분의 건조유청은 일정의 가공 과정을 거치기 때문에 어느 정도 변성이 일어나게 됩니다.

Q: 스위트 유청을 첨가하면 케이크의 부피가 감소합니까?

A: 그렇지 않습니다. 연구 결과에 따르면 쇼트닝 20~40%와 설탕 100%가 들어있는 옐로우 케이크 배합에 유청 고형분을 밀가루 기준 15% 첨가하면 케이크 부피가 증가한다고 합니다.

Q: 냉동 생지에 스위트 유청이나 WPC34를 사용할 수 있습니까? 어느 정도 넣어야 합니까?

A: 사용할 수 있습니다. 일반적으로 냉동 생지에는 스위트 유청과 WPC34를 1~6% 첨가합니다.

Q: WPC80으로 난백을 대체할 수 있는 제품에는 어떤 것이 있으며, 대체 비율은 어느 정도까지 가능합니까?

A: 케이크의 부피를 감소시키지 않으면서 난백을 전량 WPC로 대체하는 것은 매우 어렵습니다. 50% 미만으로 대체해야 케이크 품질을 크게 떨어뜨리지 않을 수 있습니다.

Q: 유청분말을 쓰면 갈변화가 과도하게 일어납니까?

A: 꼭 그렇지는 않습니다. 유청분말 첨가량에 비례하여 제빵제품의 갈변화 정도가 증가합니다.

Q: 유청분말이나 WPC34를 첨가하면 효모로 부풀린 제품에 어떤 영향을 줍니까?

A: 둘 다 효모로 부풀린 제품의 품질에 큰 영향을 미치지 않습니다. 단, 단백질 함량이 높은 제품은 발효시간이 길어지고 완성 제품의 부피가 줄어들며 속질 구조에 영향을 줍니다. 유청분말과 WPC34 모두 속질의 조직과 질감, 빵 겉면의 색감을 개선하는 효과를 가지고 있습니다.

Q: WPC80은 매우 비쌉니다. WPC80을 사용할 경우 어떤 이점이 있고, 어떤 제품에 사용할 수 있습니까?

A: WPC80은 강력한 겔 구조를 요하는 제품에 이용할 수 있습니다. WPC80은 난백, 전란, 또는 제품 구조의 개선을 위해 사용되는 원료들을 대신해서 사용할 수 있습니다. 케이크와 소프트 쿠키에 사용해도 좋습니다. 또한 WPC80을 에너지 바 제품에 이용하면 다른 단백질원과 달리 이취 없이 단백질을 공급할 수 있습니다.

Q: WPC를 유화제 대신 쓸 수 있습니까?

A: WPC는 유화기능을 가지고 있습니다. WPC를 첨가하면 유화제 사용량이 줄어 제빵제품의 유통기한을 연장시킬 수 있습니다. 또한 WPC는 유통기한 동안 빵 속질 질감을 향상시키는 것으로 알려져 있습니다.

Q: 파운드케이크에 WPC를 사용했더니(난백 50%를 WPC80으로 대체) 제품의 부피가 기존 배합의 경우보다 감소했습니다. 부피를 증가시킬 수 있는 방법은 무엇입니까?

A: 난백 대체 시 반드시 단백질 양이 동일하게 유지되어야 합니다. 많은 경우, 한 원료를 다른 원료로 대체하면서 유사한 제품을 얻는 것은 쉬운 일이 아닙니다. 발효 시간을 좀더 늘리거나 원료 첨가 순서를 바꾸고, 믹싱 시간을 늘리면 부피 증가에 도움이 될 수 있습니다.

Q: WPC34를 쿠키 생지에 이용하면 생지가 너무 걸쭉해지고 쿠키가 지나치게 퍼지는 경우가 많습니다. 이러한 현상을 막으려면 어떻게 해야 합니까?

A: 크리밍 단계에서 WPC34를 첨가하면 쇼트닝이 유당과 단백질을 둘러쌉니다. 물의 양을 줄이는 것 역시 생지가 지나치게 걸쭉해지고 퍼지는 것을 막는 데 도움이 됩니다. 일반적으로 WPC34를 쿠키에 첨가하면 쿠키가 덜 퍼집니다.

Q: WPC80을 쿠키나 케이크 생지에 넣었을 때 생지가 질척거리지 않도록 하려면 어떻게 해야 합니까?

A: 생지가 질척거리는 것은 그 속에 넣은 지방이나 유화제의 양, 첨가하는 WPC80의 양과 관련이 있습니다. WPC80을 크리밍 단계에서 첨가하거나 물의 양을 줄이고, 유화제/쇼트닝의 배합비를 조절해 보십시오.

Q: 스위트 유청을 칼슘 공급원으로 이용하려 합니다. 유청의 칼슘은 어떤 형태를 지니며, 체내에서 흡수가 잘 됩니까?

A: 칼슘은 유청 속에서 인산칼슘의 형태로 존재합니다. 동물 실험에서 인산칼슘은 탄산칼슘이나 젖산칼슘, 구연산칼슘보다 생체 내 이용효율이 더 큰 것으로 나타났습니다.

표 10.2
밀가루 대비 권장 사용량(%)

	권장 사용량(%)						
	스위트 유청	WPC34 ~ WPC50	WPC80	탈염유청, 변형유청	유당	유청 퍼미에이트, 저단백 유청	기대되는 이점들 (단백질 함량에 따라 정도가 다름)
화이트 브레드	2~6	2~6	2~6	2~6	2~4	1~5	유통기한 연장, 속질조직 및 부드러운 촉감 강화, 빵 겉면 갈변화
페이스트리, 스위트롤	2~8	2~8	2~8	2~6	4~6	1~5	유통기한 연장, 속질의 부드러운 촉감 향상, 제품 표면의 갈변 반응 촉진
쿠키, 비스킷	2~5	2~4	2~4	2~5	3~4	1~5	제품 표면의 갈변 반응 촉진, 질감 강화, 계란 일부 대체
크래커	1~5	1~4	1~3	2~6	1~5	1~5	크래킹 방지 및 표면 색감 개선
피자 생지	1~5	1~4	1~3	2~6	1~5	1~5	구조 생성, 냉동?해동 안정성 유지, 크러스트 갈변화 촉진
케이크	2~4	4~8	4~8*	1~6	10~15	1~6	부드러운 속질 형성, 계란 일부 대체, 표면 갈변화 촉진
아이싱,필링	1~3	1~2	1~2	1~3	1~3	1~3	설탕 일부 대체, 수분 결합력 증대로 전반적 안정성 향상, 당도 저하
저지방, 저설탕 제빵제품	2~10+	3~9**	3~5**	2~10+	2~10+	2~10+	지방 그리고/또는 설탕 일부 대체, 수분 결합력 및 유화력 일부 증가, 당도 저하

* 최대 50%까지 난백 대체
** 최대 50%까지 지방 대체
+ 최대 25%까지 설탕 대체

10.2 제빵제품 제조 시 유청제품의 활용

샤론 K. 저드 (Sharonk Gerdes)
SK 저드 컨설팅 (SK Gerdes Consulting, Richlandtown, PA)

유청 퍼미에이트는 제빵제품에 사용되는 비용효율이 높은 유제품 고형분 원료이다.

유청 퍼미에이트의 기능은 다음과 같다.
- 빵 겉면 갈변화 촉진
- 향미 증진
- 수분 유지
- 칼슘 공급원
- 소금 대체재

유제품 고형분 또는 제단백 유청으로도 알려져 있는 유청 퍼미에이트는 비용효율이 높아 제빵제품에 널리 사용되는 원료이다. 일반적인 식품용 퍼미에이트에는 65~85%의 유당과, 8~20%의 회분, 3~8%의 단백질이 들어있고 지방은 최대 1.5% 들어있다. 퍼미에이트 사용량은 빵과 롤, 쿠키의 경우 2~5%, 비스킷과 머핀의 경우 5~10%이다.

유당은 유청이나 퍼미에이트에서 얻는 이당류이다. 식용 또는 식품용 유당에는 최소 99%의 유당과 0.1~0.3%의 회분, 0.1~0.6%의 단백질이 들어있다. 회분 함량이 낮을수록 사용량을 늘려 다양한 종류의 제빵제품에 활용할 수 있다.

유당을 제빵에 이용하면 특정한 기능상의 이점을 얻을 수 있다. 유당은 회분과 단백질이 부정적 효과를 가져오거나 당도 조절이 필요한 제빵제품에서 효과를 발휘한다.

유당의 기능은 다음과 같다.
- 당도 저하
- 갈변화 촉진
- 수분 유지
- 향미 증진

제빵업체를 위한 주요 이점

빵 표면 발색

자당과 달리 환원당인 유청 퍼미에이트의 유당은 메일라드 갈변 반응 및 캐러멜화를 통해 갈색의 표면 형성에 도움을 줄 수 있다. 메일라드 반응에서는 환원당과 아미노산 또는 단백질 간 반응을 통해 갈변화가 이루어진다. 온도나 pH를 높이거나 수분 활성도를 낮추는 것 모두 메일라드 반응 속도를 상승시킨다. 캐러멜화는 일련의 탈수, 응축, 중합 반응을 통해 일어난다. 유당은 150~160°C에서 노란색으로 변하고 175°C에서 갈색으로 변한다.

유당과 퍼미에이트는 매우 효과적인 갈변화 작용제로, 때때로 굽기 시간과 온도를 조절해야 할 필요가 있다. 경우에 따라 다를 수 있으나, 일부 배합은 온도를 25°C 낮추고 그에 맞게 굽는 시간을 늘리면 과도한 갈변화없이 금갈색의 제품을 얻을 수 있다. 퍼미에이트는 빵 표면의 색에 경미한 변화를 유발할 수 있으므로 균일한 색이 필요한 경우에는 탈지분유 같은 고품질의 유제품 원료나 유당을 선택한다.

유당 단백질 혼합물의 갈변 반응을 조절하면 낮은 표면 온도 때문에 일반 가공처리에서처럼 갈색을 내지 못했던 전자레인지용 식품도 갈변 반응을 보일 수 있다.

당도와 향미

유당의 당도는 다른 감미료에 비해 상대적으로 낮다. 유당의 단맛은 대략 자당의 15~30% 수준이다. 낮은 당도 덕분에 유당이나 퍼미에이트는 지나친 단맛 없이 높은 경도를 요하는 제품에 적용될 수 있다. 유당의 메일라드 반응 및 캐러멜화는 토스팅으로 인한 갈색과 그을린 설탕색을 내는데 도움을 준다.

유당은 착향료 및 착미료와 친화성을 보인다. 유당 특유의 휘발성 향미 결합 및 강화 특성은 특히 섬세한 향을 지닌 제빵제품에서 유용하다. 유당은 휘발성 향미 재료와 결합하므로, 가공 및 저장 기간 중 향미 손실이 덜하다. 퍼미에이트는 향신료, 코코넛, 바닐라, 초콜릿 같은 제빵 향미료를 강화하고 보완할 수 있다.

발효

빵과 롤처럼 효모로 부풀리는 제품의 경우, 유당은 발효되지 않으므로 자당보다 첨가량을 늘려도 효모의 활동에 영향을 미치지 않는다. 일반적으로 설탕은 발효를 진행시키고 소금은 발효를 지연시킨다. 분말 기준으로, 화이트 브레드의 표준 배합에는 설탕 2%, 소금 2%, 탈지분유가 최대 5% 들어있다. 이 경우 유청 퍼미에이트를 이용하면 위의 세 가지 재료의 양을 그만큼 줄일 수 있다. 퍼미에이트에 들어있는 미네랄은 효모 활동을 막는 작용을 하므로 배합비율을 제한한다.

유당은 자당에 비해 용해성에 매우 낮아 효모 활동에 필요한 유리수(free water)의 농도에 영향을 미치지 않는다. 유당을 첨가하면 발효시간이 단축되는데, 특히 전체 설탕량이 많을 경우 그러하다. 유당은 생지에 탄력을 부여하고 빵의 부피를 증가시킨다. 또한 반죽 특성을 향상시키고 안정성과 가스 유지력을 강화한다. 유당은 건조 원료에 첨가해야 하며 수용액상에 용해되어서는 안 된다. 유당의 이점은 발효 중에는 결정성을 보이지만, 굽기 과정 중 수용액상에 용해되는 것과 관련된 것으로 보인다.

수분 유지

빵의 노화나 경도는 재결정화를 수반하는 복잡한 과정인 전분노화에 가장 큰 영향을 받는다. 유당은 식힌 후에 재결정화 하지 않아 시간에 따른 노화를 지연시키는데 도움을 준다. 또한 유당은 습윤제 역할을 하여 제빵제품의 유통기한을 연장시킨다. 유당과 퍼미에이트는 글루텐 형성도 방해하여 속질 조직을 더 부드럽게 한다. 유당은 제빵제품 속 쇼트닝을 대신하기 때문에 특정 조리법에서 지방을 감소시킬 수 있다.

소금 대체

제빵제품에서 소금의 일부나 전부를 유청 퍼미에이트로 대체할 수 있다. 퍼미에이트의 염도 때문에 단맛 나는 제품의 용도로는 제한될 수 있다. 파운드 케이크에서 5% 비율로 퍼미에이트를 이용하면 유제품 및 설탕 성분 일부와 소금 전량을 대체할 수 있다. 5% 이상 사용하면 짠맛이 지나치게 강해진다. 일반적으로, 소금을 줄이면 더 많은 양의 퍼미에이트를 사용할 수 있다. 퍼미에이트는 치즈, 피자 크러스트, 치즈 베이글, 야채빵, 비스킷 같은 짭짤한 맛 나는 제품에 효과적으로 이용할 수 있다.

유당 시럽

액체 유청 퍼미에이트를 고정화 효소(immobilized enzyme)로 처리하면 유당시럽이 만들어진다. 유당시럽은 일부 유럽 국가에서 제빵제품에 적용되어 왔다. 연구 결과에 따르면 50%~75%의 가수분해 및 어느 정도 탈염이 된 제품에서 긍정적인 효과가 나타났다. 그러나 현재는 널리 이용되고 있지 않다.

표 10.3.1
일반적인 활용 사례, 권장 사용량 및 이점

제빵제품	밀가루 중량 대비 사용량 (%) 유당	퍼미에이트	이점
빵, 롤	3–4	2–4	• 금갈색 생성(저장 시 둔탁해지지 않음) • 부드러운 촉감 향상 • 자당을 최대 50%까지 대체하여 쇼트닝 필요량을 최대 50%까지 줄임
케이크, 머핀	10–15 자당 대체	5–6 자당 대체	• 과도한 단맛 없이 부드러운 촉감 극대화 • 금갈색의 빵 겉면 풍미 증진 • 케이크 부피 생성 및 증가 • 눈에 띄는 색 형성
쿠키	3–5	3–5	• 반죽의 내구성 증가 • 회전 쿠키 제조판(rotary dies)으로부터 분리 용이 • 이상적인 지방 분포 보장 • 향미 증진 및 강화 • 감미도 조절 • 최적의 부드러움 및 이상적인 색 생성 • 풍부한 맛의 쿠키 생성
크래커		최대 5까지	• 색감 및 향미 증진
피자 크러스트	3–4	2–4	• 황금색 크러스트 색 생성 • 향미 강화
페이스트리, 스위트롤	4–5	2–4	• 금갈색 생성 • 향미 강화 • 부드럽고 연한 질감 • 쇼트닝과 자당 필요량 감소
파이 껍질 및 파이 쉘	8	4	• 더 바삭하고 얇고 연한 파이껍질 생성 • 상부 및 하부 색을 균일하고 보기 좋게 함 • 반죽 내구성 증가 • 다양한 종류의 밀가루 사용 가능 • 쇼트닝 비율 감소(일반적으로 쇼트닝을 5% 정도 줄일 수 있음) • 최소한의 믹싱을 통한 지방의 균일 분포 • 설익음 방지

10.4 유당의 기능성

킴벌리 J. 버링톤 (Kimberlee J. Burrington)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

제빵에서 유당은 자당 대신 쓰여 여러 가지 기능적 이점을 제공한다. 다른 당류와 달리 유당은 단맛 감소, 갈색화 증진, 유화 작용 및 수분 강화, 비흡습성, 향미 증진의 결과를 낳는다. 유당으로 자당을(최대 50%까지) 대체하면 속질의 질감 및 신선도 향상, 부피 증가, 지방 함량 감소, 가스 유지력 향상 및 향미 증진 효과를 얻을 수 있다. 또한 유당은 특히 총 설탕 함량이 높을 경우 2차 발효시간을 단축한다. 유당을 함유한 생지는 발효 첫 단계에서 더 빨리 부풀어 오르고, 안정성과 가스 유지력도 향상된다. 유당은 단백질과 쉽게 반응하여(메일라드 반응) 구운 제품의 향미를 크게 증진하고 먹음직스러운 금갈색을 생성한다. 굽는 동안의 열로 인한 캐러멜화 역시 향미와 색을 향상시킨다. 유당은 구운 제품의 갈색화를 강화하여 굽기 시간을 단축하고 낮은 온도에서도 고르고 안정적인 금갈색을 낸다. 이는 전자레인지로 마지막 처리를 하는 제품에서 특히 이점이 된다. 유당에는 휘발성 향미를 결합하는 독특한 강화 효과가 있어서 섬세한 향미를 보유한 제품에 특히 유용하다. 유당은 향미성분에 대해 강한 결합력이 있다. 향미를 흡수하고 강화할 수 있기 때문에 향미료 사용을 줄일 수 있다.

또한 유당은 제빵제품에서 쇼트닝 양을 줄여 특정 조리법에서 지방을 감소시킨다. 유당은 제빵 효모로 발효되지 않기 때문에 굽는 동안이나 저장 기간 동안 그 기능적 특성들을 유지한다.

Q & A

Q: 제빵 배합에서 유당과 유청 퍼미에이트를 교체하여 사용 가능합니까?
A: 경우에 따라 유당의 비율을 늘려 사용할 수 있습니다. 퍼미에이트에는 염분이 있어 배합비 제한이 필요할 수 있기 때문입니다. 퍼미에이트 사용 시 일반적으로 소금 함량을 조절하는 것이 좋습니다.

Q: 제빵 효모는 유당을 발효시킵니까?
A: 제빵 효모는 유당을 발효시키지 않습니다. 효모는 원료 속의 포도당, 갈락토스를 발효시킵니다.

Q: 유당은 환원당입니까?
A: 그렇습니다. 유당은 환원당이므로 메일라드 갈변 반응을 촉진합니다.

10.5 제조법

와이어 컷 버터쿠키

원재료	사용량(%)
강력분	27.65
버터	27.70
박력분	18.50
슈거 파우더	18.50
물	5.79
스위트 유청	1.16
소금	0.30
베이킹소다	0.40
합계	**100.0**

* 자세한 제품 사양은 미국 공급업체에 문의

제조공정:

1. 패들이 장착된 5쿼트 짜리 키친 에이드 믹서의 볼 속에 버터와 설탕을 넣는다.
2. 최저 속도로 30초간 버터와 설탕을 혼합한다. 중속으로 속도를 올리고 2분 동안 크리밍 한다.
3. 물을 넣고 중간 속도에서 2분 동안 믹싱한다.
4. 천천히 가루재료(박력분, 강력분, 소금, 베이킹소다, 유청)를 첨가한다. 볼의 옆면을 긁어낸 후 저속으로 1분 동안 혼합한다.
5. 반죽 양이 적을 경우 생지를 2장의 유산지와 쿠키 판 사이에 4mm 두께로 만든 다음 커터로 지름 60mm의 원형으로 자른다. 반죽 양이 많을 경우 와이어로 커팅한다. 유산지를 깐 팬 위에 가로와 세로 각각 4개, 6개씩 배치한다.
6. 190°C에서 연한 금갈색이 될 때까지 10분간 굽는다.

케이크 타입 도넛

원재료	사용량(%)
밀가루	39.32
물	31.40
설탕	15.85
식물성 오일	3.88
탈지 대두분	3.88
탈지분유	2.00
베이킹파우더	1.73
소금	0.62
건조난황	0.52
바닐라	0.36
WPC80	0.35
레시틴	0.09
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 가루재료(밀가루, 대두분, 탈지분유, 베이킹파우더, 건조난황, WPC80)의 총 무게를 잰다.
2. 오일, 설탕, 소금이 완전히 섞일 때까지 크리밍 한다.
3. 체로 친 가루재료를 오일 혼합물에 넣고 잘 섞일 때까지 저속에서 혼합한다.
4. 반죽에 천천히 물을 첨가하고 중간 속도에서 2분간 혼합한다.
5. 완전하고 고른 갈변화가 일어날 때까지 176°C의 온도를 유지하며 튀긴다.

구운 체리 에너지 바

원재료	사용량(%)
현미 시럽	22.10
현미 크리스피 시리얼	14.10
올드패션드 압착 귀리	10.60
퀵 압착 귀리	10.60
물	10.60
건조 체리	8.80
체리향 건조 크랜베리	7.10
플럼 페이스트	6.50
WPI	4.80
무염버터	3.40
글리세린	0.80
블랙체리향	0.50
탄산수소나트륨	0.10
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 물을 제외한 상위 9가지 원료를 대형 믹서 볼에 넣고 섞는다. 저속에서 2분간 혼합한다.
2. 버터와 블랙체리 착향료, 글리세린을 넣고 저속에서 1분간 혼합한다.
3. 물과 탄산수소나트륨을 넣고 1분~1분 30초 간 혼합한다.
4. 혼합물을 11mm 두께로 펴서 3.75cm x 3.75cm 조각들로 자른다. 유산지를 얹은 팬에 바가 서로 닿지 않도록 놓는다.
5. 상업용 릴 오븐에서 204°C의 온도로 7분간 굽는다.

저지방 제빵 커스터드 (Flan Style)

원재료	사용량(%)
탈지우유	69.44
물	18.99
설탕	5.83
하이 겔링 WPC80	3.80
전분	1.02
바닐라향	0.64
소금	0.28
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. WPC80과 소량의 물을 섞어 페이스트를 만든다. 나머지 물을 천천히 첨가한 뒤 30~40분 동안 둔다.
2. 탈지우유를 끓인 다음 60°C로 식힌다.
3. 우유와 다른 재료들을 페이스트에 넣는다.
4. 혼합물을 커스터드 컵에 넣고 뚜껑을 닫는다.
5. 컵들을 뜨거운 물이 담긴 트레이에 넣고 175°C에서 45분간 굽는다.
6. 4°C에서 보관한다.

굽지 않는 치즈 케이크

원재료	사용량(%)
통밀 크래커 파이껍질	–
크림치즈	51.69
크림	19.14
설탕	15.51
물	6.67
하이 겔링 WPC80	5.16
바닐라향	0.87
젤라틴	0.50
레몬 제스트	0.30
소금	0.16
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 크림치즈, 설탕, WPC80을 혼합한다.
2. 바닐라 향, 레몬 제스트, 소금, 크림을 넣어 잘 섞는다.
3. 작은 볼에 젤라틴을 넣고 분량의 물 중 반만 붓는다. 젤라틴이 부드러워지면 나머지 물을 붓고(끓는 물 이용) 젤라틴이 녹을 때까지 팔팔 끓인 다음 치즈 혼합물에 섞는다.
4. 통밀 크래커 파이껍질에 부어 굳을 때까지 3시간 정도 냉장 보관한다.

10. 유청 · 유당제품을 응용한 제빵제품 제조

피자 생지

원재료	사용량(%)
강력분	59.53
물	33.44
오일	2.38
드라이이스트	1.49
설탕	1.19
소금	1.07
스위트 유청	0.90
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 온수에 약간의 설탕과 드라이이스트를 넣고 5분간 그대로 둔다.
2. 나머지 재료를 모두 도우 훅이 장착된 키친에이드 믹서의 볼에 넣는다.
3. 재료를 저속으로 잘 섞는다. 중속으로 올려 8~10분 동안 반죽한다.
4. 기름을 바른 볼에 넣고 랩으로 씌운다. 1시간에서 1시간 반 동안 27~32°C에서 2차 발효한다.
5. 생지에 펀치를 주고 5분간 휴지시킨다. 피자팬에 모양을 잡고 소스와 토핑을 얹는다.
6. 생지를 10분 휴지 후 크러스트가 금갈색이 되고 토핑이 부풀 때까지 288°C에서 굽는다.

플레인 머핀

원재료	사용량(%)
박력분	38.88
물	31.95
녹인 버터	11.23
설탕	11.23
WPC80	4.00
베이킹파우더	2.24
소금	0.47
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 가루재료들을 모두 혼합하고 가운데 부분을 움푹 판다.
2. 움푹 들어간 곳에 녹인 버터와 물을 붓는다.
3. 가루재료와 습성 재료를 섞일 때까지 혼합한다.
4. 유산지를 깐 머핀 틀에 반죽을 70g씩 담는다.
5. 188°C에서 10분간 굽는다.

파운드 케이크

원재료	사용량(%)
무염버터	26.67
전란	21.25
박력분	20.21
설탕	20.00
전유	5.46
유청 퍼미에이트	5.00
바닐라향	0.87
베이킹파우더	0.54
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 실온의 버터를 믹싱볼에서 1분간 중속으로 포마드화 한다.
2. 설탕을 조금씩 넣고 중속으로 4분간 크리밍 한다.
3. 풀어놓은 달걀을 천천히 네 번에 나누어 넣는다. 한 번 넣을 때마다 볼 옆면을 긁어내고 최소 30초간 중속으로 휘젓는다.
4. 가루재료(박력분, 유청 퍼미에이트, 베이킹파우더)를 혼합한 다음, 우유와 바닐라, 그리고 가루재료 혼합물을 번갈아 첨가한다. 순서의 처음과 끝에서는 가루재료를 넣는다.
5. 준비된 틀(기름을 칠하고 유산지를 깐 22.5cm x 12.5cm 빵 틀)에 775g씩 나눠 담는다.
6. 180°C의 오븐에서 55~65분간 굽거나 148°C의 상업용 릴 오븐에서 45분간 굽는다.

저지방 브라우니

원재료	사용량(%)
슈가파우더	46.48
밀가루	26.54
식물성 오일	8.20
더치 코코아 파우더	6.76
건조 플럼파우더	5.75
다목적 쇼트닝	4.09
난백 분말	1.45
소금	0.29
바닐라향	0.25
탄산수소나트륨	0.19
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 오븐을 176°C로 예열한다.
2. 중간 크기의 볼에 가루재료들을 넣고 쇼트닝, 오일, 바닐라향을 첨가하여 1분간, 또는 고르게 섞일 때까지 젓는다.
3. 2/3컵의 물을 넣고 수동으로 50회, 또는 혼합물이 잘 섞일 때까지 블렌딩 한다.
4. 바닥에만 기름을 칠한 22.5cm x 32.5cm의 베이킹 팬에 고르게 편다.
5. 176°C에서 22분간, 코팅 처리된 짙은 메탈 팬을 이용할 시에는 20분간 굽는다. 컨벡션 오븐이라면 149°C에서 18분간 굽는다.

화이트 레이어 케이크

원재료	사용량(%)
물	34.34
설탕	27.45
박력분	22.36
쇼트닝	10.10
WPC80	2.00
베이킹파우더	1.40
유화제	1.00
소금	0.60
바닐라향	0.50
잔탄검	0.25
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 가루재료를 모두 믹서 볼에 넣고 저속에서 1분간 섞는다.
2. 쇼트닝을 넣고 저속에서 1분, 중속에서 1분 동안 혼합한다.
3. 바닐라향이 섞인 물을 절반만 넣고 저속으로 1분, 고속으로 1분 혼합한다.
4. 남은 물의 절반을 넣고 저속으로 1분, 고속으로 1분간 혼합한다.
5. 남은 물을 넣고 저속으로 30초, 고속으로 1분간 혼합한다.
6. 팜유를 분사하고 유산지를 댄 지름 20cm 팬에 반죽을 넣고 190°C의 재래식 오븐에서 25분, 또는 163°C 의 컨벡션 오븐에서 23분간 굽는다.
7. 10분간 팬에서 식힌 다음 꺼내 식힘 망에서 완전히 식힌다.

베이킹파우더 비스킷

원재료	사용량(%)
밀가루	45.60
물	27.64
쇼트닝	15.00
WPC80	4.00
저온살균 탈지분유	3.94
베이킹파우더	2.95
소금	0.87
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 밀가루, 베이킹파우더, 소금, WPC80을 함께 체로 친다.
2. 페이스트리 블렌더나 포크로 쇼트닝을 잘라 가루재료에 넣는다.
3. 탈지분유와 냉수를 혼합해 한꺼번에 가루재료에 넣어 수분이 균일하게 퍼질 때까지 포크로 혼합한다.
4. 표면에 밀가루를 살짝 뿌리고 여섯 차례 정도, 또는 생지가 한 덩어리가 될 때까지 가볍게 반죽한다.
5. 생지를 약 1.25cm 두께로 펴서 지름 6cm의 원형으로 자른다.
6. 기름을 칠하지 않은 팬에 올려 232°C의 오븐에서 금갈색이 될 때까지 10여분간 굽는다.

10. 유청 · 유당제품을 응용한 제빵제품 제조

식빵

원재료	사용량(%)
강력분	55.94
물	33.56
WPC34	4.00
쇼트닝	2.10
그래뉴당	2.00
소금	1.40
이스트	1.00
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 설탕을 약간 넣어 38°C로 데운 물에 이스트를 넣고 5분간 둔다.
2. 설탕, 소금, WPC34, 쇼트닝, 강력분을 도우 훅이 장착된 키친 에이드 믹서 볼에 넣고 섞는다.
3. 이스트와 물 혼합물을 다른 재료에 넣고 섞일 때까지 저속으로 혼합한 다음 중속에서 10분간 반죽한다.
4. 기름을 바른 볼에 넣고 랩으로 살짝 덮어 둔 다음, 27~32°C에서 두 배로 부풀 때까지 1시간 가량 1차 발효시킨다.
5. 치대서 덩어리로 만든 다음 기름을 바른 22.5cm x 22.5cm의 팬에 담는다.
6. 27 ~ 32°C에서 두 배로 부풀 때까지 30분 가량 2차 발효시킨다.
7. 180°C로 예열된 컨벡션 오븐에서 갈색이 나면서 아래 부분을 두드렸을 때 빈 소리가 날 때까지 약 32분간 굽는다.

초콜릿칩 쿠키

원재료	사용량(%)
박력분	29.00
버터:마가린(50:50)	20.60
세미 스위트 초콜릿칩	16.57
그래뉴당	13.58
황설탕	9.96
물	6.79
WPC80	2.28
소금	0.52
중탄산소다	0.41
바닐라향	0.29
합계	**100.0**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 버터와 마가린 혼합물을 실온에 둔다.
2. 큰 볼에 밀가루와 중탄산소다를 섞어 둔다.
3. 버터와 마가린, 그래뉴당, 황설탕, 소금을 중속으로 4분간 반죽해 크리밍 한다.
4. WPC80과 물, 바닐라향을 중속에서 2분간 혼합한다.
5. 밀가루 혼합물을 넣고 중속에서 2분간 혼합한다.
6. 초콜릿칩을 넣고 섞일 때까지 저속으로 혼합한다.
7. 176°C의 오븐에서 금갈색이 될 때까지 10분 정도 굽는다.

11 유청 · 유당제품을 응용한 음료 제조

11. 유청 · 유당제품을 응용한 음료 제조

제조법 감수:
캐시 넬슨 (Kathy Nelson)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

11.1 개요

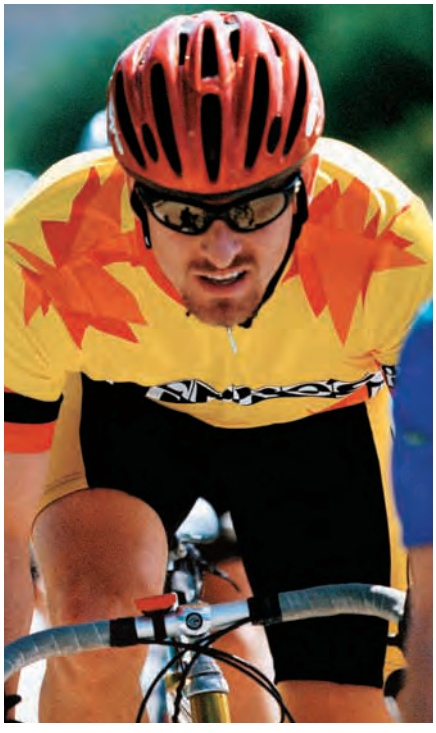
킴벌리 J. 버링톤 (Kimberlee J. Burrington)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

여러분의 관심사가 식사 대용이든, 몸 만들기든, 지구력 증강이든, 체중 감량이든, 영양 보충이든 간에 구체적인 영양 목표를 충족시켜줄 음료는 바로 단백질 음료이다. 유청단백에서부터 우유 미네랄 등 성분으로 강화된 모든 단백질 음료는 '원기 보충' '날씬한 몸매 유지' '면역력 증강' '지구력 증진' 등 다양한 이점을 수반한다. 한 병에 함유된 단백질1회 제공량이 15g이건 50g이건 간에 저마다 모두 단백질 음료라고 주장할 수는 있다. 따라서 올바른 단백질 원료를 선별하고 단백질 원료의 영양적 · 기능적 특성을 꼼꼼히 살펴보는 것이 소비자들이 다시 찾는 단백질 음료를 만드는 핵심이다.

"유청단백은 일반적으로 고단백 스포츠 음료에 응용되는 성분"이라고 Century Foods International(Sparta,WI) 식품응용부의 줄리 와그너(Julie Wagner) 사장은 말한다. 고단백 음료에 자주 사용되는 유청단백 재료로는 80% 농축유청단백(WPC80)과 90%이상의 단백질을 함유한 분리유청단백(WPI), 가수분해 WPC80과 WPI, 락토페린, 글리코매크로펩타이드가 있다.

여러 가지 면에서 유청단백은 고단백 음료에 적합한 원료이다. 기능적으로 볼 때, 유청단백 재료는 pH가 낮건 높건 간에 용해성이 높다. "유청단백은 등전점이 떨어지는 pH 4~5의 범위를 제외하고는 비교적 산에 안정적이고 용해성이 뛰어나다."고 Davisco Foods International, Inc.(Eden Prairie, MN) 식품응용부의 로리 넬슨(Laurie Nelson) 부장은 말한다. 단백질 분말 혼합 음료나 RTD음료를 만들려고 할 때 음료에 유청단백을 넣어 주면 입안 가득 부드러운 느낌과 바닐라맛, 초코맛, 딸기맛 등 인기 있는 맛과도 잘 어우러진 감미로운 제품이 탄생될 것이다.

본래 유청단백은 음료의 투명도를 높일 수 있는 특성이 있다. 일반적으로 유청단백 재료가 물에 잘 퍼지긴 하지만 처리과정에서 약간 변형을 가하면 분산성을 최적화할 수 있다. "응고과정이 고단백 분말 믹스의 분산력을 좋게 하는 핵심이다."고 와그너는 말한다. 유화 안정성과 거품 안정성이 좋다는 것도 유청단백을 음료에 이용할 때 이점으로 꼽힌다. "대부분의 고단백 스포츠 음료는 보통 타먹는 분말 형태로 제조된다. 편리하고 안정적이며 맛있는 RTD음료를 만들기 위해서는 레토르트 처리과정이나 초고온살균과정(UHT)을 거쳐야 하는데 단백질 함량이 높은 상태에서 쉽지 않기 때문이다."고 와그너는 말한다.



유청단백은 70°C 이상의 고온 환경에서 쉽게 겔을 형성하고 전반적으로 단백질 간의 상호작용을 활성화시킨다. "유청단백은 열에 민감하다. 이는 단백질만의 고유 특성이기 때문에 쉽게 바꿀 수 없다."고 Glanbia Nutritionals, Inc.(Monroe, WI) 연구개발팀의 에릭 바스티앙(Eric Bastian)은 말한다. "단백질의 열안정성을 높이려면 유청단백 주변 환경을 조절해야 한다." 여기서의 주변 환경이란 물의 양, 칼슘, pH, 드링크제에 함유된 다른 재료의 양 등을 의미한다.

셀룰로스형 및 카라기난형 하이드로콜로이드는 유청단백과 잘 반응하며 중성에 가까운 pH 농도의 RTD음료를 만들 때 안정성을 제공한다. 펙틴은 낮은 pH 농도의 RTD음료에서 유청단백의 안정성에 도움을 준다. 균질화 역시 산성 음료에서 유청단백이 장기적으로 용해상태에 있을 수 있도록 도움을 준다. 낮은 pH 단백질 음료를 위해 산화제를 선택할 때에는 주의해야 한다. 맛이 더 좋은 유기산을 선택하는 것이 좋다. "낮은 pH 유청단백 음료에서 최고의 맛을 내려면 85%의 인산을 용해시키면 된다."고 넬슨이 말한다. RTD음료에 가능한 많은 단백질을 담는 것이 중요하다면 기능적 제한을 최적화하기 위해 1회 제공량을 잘 조절한다. "RTD음료에 유청단백을 6~8% 첨가하는 것은 별 문제가 되지 않는다. 이 정도의 양이면 600ml 음료 사이즈에 40g의 단백질이 함유될 것이다."고 넬슨은 말한다. 기능성 외에도 유청단백에 대한 관심이 영양 측면에 집중되고 있다.

유청단백에는 천연 단백질 원료에서 얻을 수 있는 분지사슬 아미노산(BCAA), 류신, 이소류신, 발린이 고도로 농축되어 있다. 분리유청단백은 일반적으로 단백질 100g당 BCAA를 26g을 공급한다. 또한 유청에는 단백질 100g당 류신 10g, 이소류신 6.5g, 발린 5.5g을 함유하고 있다. 유청단백 재료의 아미노산 구성비는 단백질을 분리하는 데 사용된 처리 과정에 따라 다양하다. 이온교환이나 정밀여과 방식으로 제조된 분리유청단백은 BCAA에서 자연적으로 많이 생성되는 단백질인 베타-락토글로불린을 다량 함유하고 있다.

또한, 유청단백은 황을 함유한 아미노산, 시스테인, 메티오닌의 공급원으로서 신체의 항산화 수치를 유지하는 역할을 맡고 있다. 유청에 풍부하게 들어 있는 아르기닌과 리신은 성장호르몬 배출을 자극하여 근육량을 증가시키고 체지방을 떨어뜨린다고 한다. 유청단백에 많은 글루타민은 과도한 운동에서 비롯된 면역 기능 저하를 막아줄 수도 있다.

생리활성 기능을 하는 또 다른 단백질로는 글리코매크로펩타이드(GMP)와 락토페린이 있다. 락토페린은 유청단백의 0.1% 정도를 차지한다. 이온교환 과정에 의해 유청에서 분리되는 락토페린은 단백질 음료에 첨가되어 부가적인 이점을 제공할 수 있다. 트랜스페린 계열의 락토페린은 철분 결합 단백질로 분류되어 있다. 트랜스페린은 에너지를 생성하고 적혈구, 헤모글로빈 수치를 조절하기 위해 철분과 결합한다. 유청단백은 GMP를 함유하고 있다. 치즈제조공정에서 키모신이 K-카제인과 반응하기 때문이다. 유청단백은 15%~20%의 GMP를 함유하고 있다. 이는 소화 기능을 조절하는 체내의 콜레시스토키닌의 배출 및 합성을 촉진한다. "GMP는 식욕을 억제하기 때문에 단백질 음료에 첨가할 수 있다."고 넬슨이 말한다.

유청단백의 효소 가수분해는 소화력과 질소 흡수 및 축적 능력을 배가하고, 단백질 알레르기 반응 감소 등을 돕는다. 많은 고단백 음료는 가수분해 유청단백을 이용하여 이러한 효과를 전달한다. 영양적 측면의 이점이 가수분해 정도에 따라 증가하겠지만 펩타이드의 쓴 맛 또한 증가한다는 것을 명심해야 한다.

유청단백은 기능과 영양을 제공하기 때문에 식사대용 음료에 점차 많이 사용되고 있으며 핫초코, 커피, 차와 같은 각종 유음료뿐 아니라 스포츠 음료에도 많이 사용된다.

본고는 Food Product Design지(www.foodproductdesign.com) 2001년 10월호에 "High- Powdered Protein Drinks"라는 제목으로 수록된 글입니다. 본고에 대한 저작권은 ©2001 Weeks Publishing에 있으므로 재인쇄 시에는 사전 승인을 받아야 합니다.

11.2 유음료 제조 시 유청단백의 활용

베로니끄 라그랑쥐 (Veronique Lagrange)
미국 유제품 수출 협의회 (USDEC, Arlington, VA)
곤카 빠쟁 박사 (Dr. Gonca Pasin)
캘리포니아 대학교 빠쟁그룹 (Pasin Group, University of California–Davis, CA)

유음료는 생체 내 이용효율이 높은 칼슘 함량이 풍부할 뿐 아니라 고단백 성분이 들어 있는, 먹기 좋고 맛도 좋으며 영양이 풍부하고 소화하기 쉬운 건강식품으로 여겨지고 있다. 건강에 이로운 유음료를 찾는 사람들이 날로 늘어감에 따라 유제품 개발업자가 우유의 성분구성과 기능성을 이해하고 비용 효율적인 접근으로 소비자 기호에 맞는 제품을 개발하는 것이 중요하다.

다양한 기능성을 갖춘 유청단백은 유음료에 광범위하게 사용된다. 유청단백은 질감을 개선시켜주며 프로바이오틱스와 여타 식품의약품을 체내에 쉽게 전달하는 일종의 매개로도 활용된다. 스위트 유청에서부터 농축유청단백, 고급유청분획물에 이르는 미국산 유청원료는 유음료 및 발효유 제품에 점차 널리 사용되고 있다. 미국의 주요 농축유청단백 공급업자들은 각종 제품에 농축유청단백을 사용하면 유당은 줄이고 우유 칼슘은 높이는 가장 이상적인 결과를 얻을 수 있다고 주장한다.

유청단백은 고부가가치 단백질이며 유음료 생산에 다음과 같은 이점을 제공한다.

- '청정 식품' 라벨과 천연 향미
- 비용 절감
- 완충력
- 식감 향상
- 기타 성분의 안정제 대용
- 단백질 및 칼슘 강화
- 프로바이오틱스, 락토페린을 비롯한 기타 생리활성 성분 및 식품의약 성분을 체내에 전달하는 매개

유청단백: 유음료에 '청정 식품' 라벨과 향미를 더해주는 성분

소비자들은 맑고 신선한 우유에서 추출한 성분인 유청단백을 천연 건강성분으로 인식하고 있다. 유제품 음료에 농축유청단백(WPC)을 사용하면 각종 인공첨가물을 대신할 수 있고 영양성분표도 간소화할 수 있어 제품에 대한 소비자의 선호도를 높일 수 있다. 전미 요거트 협회(US National Yogurt Association)는 "오늘날 상당수의 요거트 음료업체가 안정제와 녹말 가루와 같은 하이드로콜로이드의 사용을 피하고 영양가도 높고 제품 홍보 및 포지셔닝에 중요한 '청정 식품' 라벨의 이미지에 부합하도록 유제품성분을 대체 원료로 사용하고자 한다."고 밝혔다.

오늘날 시중에 유통되는 유음료의 종류는 다양하다. 가장 빠르게 성장하는 부문 중 하나는 요거트 음료 부문이다. 요거트의 맛은 휘발성 성분, 설탕, 다당류, 유기산, 아미노산, 펩타이드 등 다양한 성분에서 비롯된다. 다논 USA(Dannon USA)의 과학 수석연구원은 이렇게 말한다. "카제인과 비교해볼 때 유청단백은 고유의 맛이 강하지 않아 젖산, 설탕, 향미료의 맛과 잘 어우러져 소비자의 입맛을 사로잡는다." 맛에 영향을 주는 요인은 우유와 원료의 질, 배양균 종, 발효, 보관 상태이다. 플레인 요거트 음료에서 맛을 내는 구성성분은 아세트알데하이드, 다이아세틸, 아세톤, 휘발성 지방산이다. 요거트의 맛을 좌우한다고 알려져 있는 유산과 아세트알데하이드 같은 화합물은 WPC를 첨가함으로써 조절될 수 있다. 연구 자료에 따르면 전통적인 스타터 배양액으로 만든 요거트에서 WPC를 보강해주자 다이아세트알데하이드의 농도가 증가했고, 유청분말을 강화하자 아세트알데하이드가 증가했다.

WPC로 강화된 요거트 음료의 관능검사 점수는 일반 유청분말로 강화된 요거트의 점수보다 훨씬 높았으며 별도의 유청을 추가하지 않아도 풍미가 지속되었다. 이와 같은 결과는 WPC가 천연 유제품 첨가제로서 제품의 맛을 향상시켜 주는 데 응용될 수 있다는 점을 시사한다. 특히 점도나 적정산도에 영향을 주지 않고 약 2% 수준(전체 단백질의 50%)에서 탈지유고형분을 WPC80으로 대체할 수 있다.

저지방 · 무지방 요거트 음료에 향미료, 특히 과일향을 첨가할 경우에는 향미가 오래 지속되지 않는 문제가 생길 수 있다. "금세 향이 나다가 어느 샌가 사라져 버린다."고 미국의 한 대형 요거트 제조업자는 말한다. 이런 이유로 저지방 · 무지방 요거트 음료업체 사이에서 지속성이 강한 향을 가미하기 위해 점차 제품에 WPC를 사용하는 빈도가 증가하고 있다. 전미 요거트 협회에 따르면 "미국 요거트업체들이 뛰어난 질감과 풍미를 더하고, 향이 쉽게 증발되는 것을 막기 위해 저지방 · 무지방 요거트 음료에 WPC를 사용하고 있다."고 한다.

유청단백: 비용 효율적인 유음료를 만들기 위한 방법

유음료 생산비 중 유고형분 비용은 매우 중요한 요소이다. 제품의 전체 유고형분 함량을 늘리기 위해 WPC가 유고형분(0.75~2%)을 대체하고 보충하는 사례가 늘고 있다. 예를 들어 단백질이 34% 농축된 WPC34는 탈지분유와 비슷한 수준의 단백질이 함유되어 있어 요거트를 제조할 때 비용 효율적인 유고형분의 공급원으로 사용된다. 이처럼 유청단백 성분이 다양한 유음료에 활용되는 비중이 늘고 있다.

유청단백: 음료에 완충력 제공

WPC의 완충력은 매우 중요하다. 완충력은 프로바이오틱 배양균이 위산에도 살아남아 장에서 기능을 할 수 있게 돕는다. 우유의 완충력은 단백질, 인, 탄산수소, 젖산, 구연산 등에서 비롯된다. 단백질의 이온화가 가능한 요소들은 pH 4.6~8.3범위에서 상당한 완충력을 발휘한다. 젖산은 pH 3.86에서 최대의 완충력을 보이는 일양성자산이다. 마시는 요거트의 산도와 완충력은 요거트 믹스에 함유된 전체 고형분과 배양액에서 배출한 젖산의 양에 따라 차이를 보인다. 요거트 믹스의 배합방식에 따라 완충력도 달라지며 단백질과 무기염이 많을수록 요거트의 완충력은 향상된다.

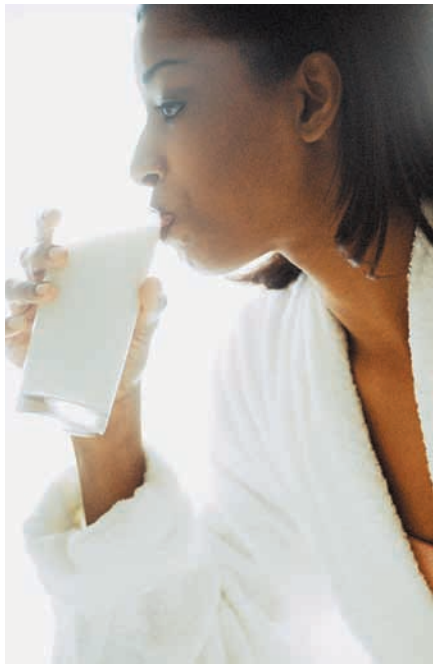
유청단백은 유음료의 완충력과 산도에 영향을 준다. WPC의 주 단백질은 알파-락트알부민과 베타-락토글로불린으로 카제인보다는 완충력이 약하다. 탈지분유 일부를 WPC80(20~51%)으로 대체한 유음료는 낮은 pH범위(pH 2.0~4.2)에서는 높은 완충력을 보이고 높은 pH범위(pH 4.1~8.2)에서는 낮은 완충력을 보인다. 이는 WPC를 제품 배합에 추가하면 위산에서 생 프로바이오틱균이 살아남을 수 있도록 보호력을 강화하고 소장에서 베타-갈락토시다제 효소활동을 활성화할 수 있다는 것을 시사한다. 베타-갈락토시다제 활동이 증가하면 유당이 함유된 유제품에 유당불내증을 보이는 사람들도 유제품을 쉽게 소화할 수 있을 것이다.

유청단백과 영양성분, 프로바이오틱스

WPC는 유음료의 단백질 성분을 강화하기 위한 좋은 재료이다. 예를 들어 마시는 유산균 제품은 영양가가 높아 어린이들에게 이상적인 식품이다. 오늘날 칼슘 보충제로서 유음료를 찾는 사람들이 늘고 있다. 유청단백은 생체 내 이용효율이 높은 칼슘을 다량 보유한 뛰어난 원료이다. 일부 유청제품에는 칼슘 함량이 100g당 800mg을 넘기도 한다. 이런 이유 때문에 유청단백은 아동, 임산부, 노년층 음료에 자주 사용된다. 제품 제조업자들은 이제 음료 및 다른 영양식품의 영양가를 높이기 위해 유청제품에서 추출한 천연 우유 칼슘을 사용할 수 있다. 우유 칼슘은 몇 가지 이점이 있다. 우선 천연원료이고 생체 내 이용효율이 높으며 맛이 순하기 때문에 다른 유제품 맛과 잘 어우러진다.

유청은 프로바이오틱 음료에 점점 많이 사용되고 있다. 일부 연구에 따르면 유청단백은 제품의 프로바이오틱 배양균을 보호하고 유통기한을 연장시킬 수 있다고 한다. 유당이나 유당의 부산물 또한 프리바이오틱 효과를 지니고 있다.

본 주제에 관한 추가 정보나 최근 연구 프로젝트는 USDEC에서 열람할 수 있다.



참고문헌

AMPC.1999, "Applications Review." AMPC, Ames, Iowa, USA.

Augustin, M.A. and Jameson, G.W.1997. "Developments in dairy ingredients." Food Australia 49:449–451.

Augustin, M.A., Cheng, L.J., and Clark, P.T.1999. "Effects of preheat treatment of milk powder on the properties of reconstituted set skim yogurts." International Dairy Journal 9:415–416.

Baig, M.I. and Prasad, V.1996. "Effect of incorporation of cottage cheese whey solids and Bifidobacterium bifidum in freshly made yogurt." Journal of Dairy Research 63:467–473.

Breslaw, E.S. and Kleyn D.H.1973. "In vitro digestibility of protein in yogurt at various stages of processing." Journal of Food Science 38:1016–1021.

Bryant, C.M., and McClements, D.J.1998 "Molecular basis of protein functionality with special consideration of cold-set gels derived from heat-denatured whey."Food Science and Technology 9:143–151.

Bury, D., Jelen, P., and Kimura, K.1998. "Whey protein concentrate as a nutrient supplement for lactic acid bacteria." International Dairy Journal 8:149–151.

Champagne, C.P., St-Gelais, D., and Audet, P.1966. "Starters produced on whey protein concentrates." Milchwissenscaft 51:561–564.

Charteris, W.P., Kelly, P.M., Morelli, L., and Collins, J.K. 1998. "Ingredient selection criteria for probiotic microorganisms in functional dairy foods." International Journal of Dairy Technology 51:123–135.

Dairy Advisory Bureau.1996. "Food and health for children, dairy products for under two's." Dairy Advisory Bureau, New Zealand.

Dave, R.I, and Shah, N.P.1997. "Viability of yogurt and probiotic bacteria in yogurts made from commercial starter cultures." International Dairy Journal 7:31–41.

Dave, R.I, and Shah, N.P.1998. "Ingredient supplementation effects on viability of probiotic bacteria in yogurt." Journal of Dairy Science 81:2804–2816.

Dave, R.I, and Shah, N.P.1998. "The influence of ingredient supplementation on the textural characteristics of yogurt." The Australian Journal of Dairy Technology 53:180–184.

Guinee, T.P., Mullins, C.G, Reville, W.J., and Cotter, M.P. 1995. "Physical properties of stirred-curd unsweetened yogurts stabilized with different dairy ingredients." Milchwissenschaft 48:556–560.

Guzman-Gonzales, M., Morais, F., Ramos, M., and Amigo L. 1999. "Influence of skimmed milk concentrate replacement by dairy products in a low fat set-type yogurt model system. 1: Use of whey protein concentrates, milk protein concentrates, and skimmed milk powder." Journal of Science and Food Agriculture 79:1117–1122.

Lucey, J.A., Teo, C.T., Munro, P.A., and Singh, H. 1997. "Rheological properties at small (dynamic) and large (yield) deformations of acid gels made from heated milk." Journal of Dairy Research 64:591–600.

Lucey, J.A. and Singh, H. 1998. "Formation and physical properties of acid milk gels: a review." Food Research International 30:529–542.

Lucey, J.A., Munro, P.A., and Singh, H. 1998. "Whey separation in acid skim milk gels made with glucono-d-lactone:effects of heat treatment and gelation temperature." Journal of Texture Studies 29:413–426.

Lucey, J.A., Munro, P.A., and Singh, H. 1999. "Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels." International Dairy Journal 9:275–279.

Joseph, P.R., Dave, R.I, and Shah, N.P.1998. "Antagonism between yogurt bacteria and probiotic bacteria isolated from commercial starter cultures, commercial yogurts and a probiotc capsule."
Food Australia 50:20–23.

Kailasapathy, D. Supriadi, D.1996. "Effect of whey protein concentrate on the survival of Lactobacillus acidophilus in lactose hydrolyzed yogurt during refrigerated storage." Milchwissenschaft 51:565–569.

Kailasapathy, D. Supriadi, D, and Hourigan, J.A.1996. "Effect of partially replacing skim milk powder with whey protein concentrate on buffering capacity of yogurt." The Australian Journal of Dairy Technology 51:89–93. Mann, E.1998. "Yogurt-Part 2." Dairy Industries International 63:13–14.

Ozer, B.H, Bell, A.E, Grandison, A.S, and Robinson, R.K. 1998. "Rheological properties of concentrated yogurt." Journal of Textural Studies 29:67–79.

Perdigon, G., Alvarez, S., Rachid, M., Aguero, G., and Gobbato, N.1994. "Symposium: Probiotic bacteria for humans. Clinical systems for evaluation of effectiveness." 78:1597–1606.

Shah, N., Lankaputhra, W.E.V., Britz, M., and Kyle, W.S.A.1995. "Survival of Lactobacillus acidophilus and Bifidobacterium in commercial yogurt during refrigerated storage." International Dairy Journal 5:515–521.

White, C.H.1995. "Manufacture of high quality yogurt." Cultured Dairy Products Journal 30:18–24.

Zbikowski, Z., Zbikowski, A. and Baranowska, M.1998. "The effect of degree of whey protein denaturation and conditions of milk preparation on functional properties of yogurt." Nahrung 42:250–251.

11.3 음료 제조법

식사대용 음료 믹스

원재료	사용량(%)
탈지분유, 인스턴트	22.45
WPC80, 인스턴트	22.20
과당	15.00
크리머	11.65
자당	10.25
카놀라유	6.20
인스턴트 커피	4.20
코코아	2.80
구아검/잔탄검	1.70
천연 착향료	1.40
우유 미네랄	1.30
비타민/미네랄 프리믹스	0.85
합계	**100.00**

제조법 제공: 데어리 매니지먼트 사(Dairy Management Inc.)

제조공정:

1. 설탕과 코코아가 잘 섞일 때까지 혼합한다.
2. 구아검이나 잔탄검을 혼합물에 넣고 잘 섞는다.
3. 카놀라유를 제외한 남은 원재료들을 모두 넣고 잘 섞는다.
4. 카놀라유를 넣고 5분간 섞는다.

초콜릿 음료

원재료	사용량(%)
물	85.42
그래뉴당	5.00
지방, 분무건조	5.00
스위트 건조유청	3.00
코코아	1.00
카제인 칼슘	0.50
카라기난	0.08
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 분말 원료들을 한데 섞어 물에 넣고 재빠르게 교반한다(블렌더를 사용해도 좋다).
2. 혼합액을 재빨리 데워 82°C로 만든 상태에서 20초간 그대로 둔다.
3. 2단계로 혼합액을 균질하게 만든다. 처음에는 176kgf/cm^{2}로 그 다음에는 35kgf/cm^{2}로 균질화한다.
4. 5°C가 될 때까지 식힌 후 병에 담는다.

11. 유청 · 유당제품을 응용한 음료 제조

커피 크리머, 분무건조

원재료	사용량(%)
물	82.70
코코넛유	10.00
설탕	5.00
WPC80	2.25
잔탄검	0.05
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 물에 WPC80을 미리 섞어 혼합액을 만든다. 5°C 온도에서 하루 동안 둔다.
2. 잔탄검에 설탕을 넣어가며 완전히 섞는다.
3. 증기자켓용기에 모든 원재료를 한데 넣고 균질화될 때까지 섞는다.
4. 걸쭉한 혼합액을 62~66°C온도에 맞추고 30분간 계속 교반하여 저온살균 한다.
5. 걸쭉한 혼합액을 분무건조한다.

차이티 믹스

원재료	사용량(%)
설탕	42.50
전지분유	16.40
꿀 분말	13.50
탈지분유	11.25
크리머	9.60
농축유청미네랄 / 우유 칼슘	2.70
홍차	1.90
천연 · 인공 향미료	1.20
혼합 향신료*	0.60
락토페린	0.35
합계	**100.00**

* 권장 향신료: 카다몬, 클로브, 아니이스, 계피, 생강
제조법 제공: 데어리 매니지먼트 사(Dairy Management Inc.)와 캘리포니아 유제품 연구재단(California Dairy Research Foundation)

제조공정:

1. 설탕, 꿀 분말, 향신료, 홍차를 혼합한다. 잘 혼합될 때까지 저어준다.
2. 유제품 원료를 넣고 골고루 섞일 때까지 저어준다.
3. 남은 원료를 넣고 잘 섞는다.
4. 포장한다. 순 무게=31 g.

아이스 차이티를 맛있게 즐기는 방법:

1. 찬 물 170ml에 차이티 믹스 31g을 넣고 잘 섞는다.
2. 얼음을 넣고 맛있게 마신다.

12 유청 · 유당제품을 응용한 제과제품 제조

12. 유청 · 유당제품을 응용한 제과제품 제조

제조법 감수:
캐시 넬슨 (Kathy Nelson)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

유제품은 초콜릿, 코팅제, 캐러멜, 기포함유 제과류, 토피를 비롯한 많은 제품이 원하는 맛과 색, 질감을 낼 수 있게 돕기 때문에 오랫동안 제과업계가 선호하는 재료로 사용되어 왔다. 특히 유청단백은 영양가가 높은 다기능성 원료이다. 제과업계는 유청단백의 다양한 기능적 특성을 활용함으로써 비용 부담은 덜면서 신제품도 개발하고 기존 제품은 최적화할 수 있다.

오늘날 미국의 낙농업계는 전 세계 제과업계가 유청을 기본으로 하는 다양한 기능성 유제품 원료를 십분 활용할 수 있도록 적극 지원하고 있다. 제과업계에서 주로 상용하는 핵심 유청원료로는 스위트 유청, 변형 유청제품, 농축유청단백과 분리유청단백을 들 수 있다. 아울러 유당과 유당 부산물도 유청에서 파생된 중요한 기능성 원료로 제과업계에서 효율적으로 활용할 수 있다.

12.1 개요 및 최신 동향

로버트 부탱 박사 (Robert Boutin)
넥텔 연구소
(Knechtel Laboratories, Skokie, IL)

제과업계에서 유제품을 사용하는 이유는 향미, 색감, 질감 개선 때문이다. 유청은 제과업계에서 가장 흔하게 사용하는 재료이다. 비용절감 차원에서도 적합한 재료일 뿐 아니라, 다양한 형태의 유청이 영양, 향미, 색감, 질감, 안정성과 같은 기능적 특성을 제공하기 때문이다. 예전에는 유당의 사용량이 제한적이었지만 유당의 가용성이 확대되어 자당을 대신하는 중요한 재료로써 사용이 늘어날 것으로 예상된다. 유당은 설탕 대신 사용할 수 있는 비용 효율적이면서 뛰어난 원료이다. 미국에서는 이미 유청과 유당을 제과제조에 빈번하게 사용하고 있다. 예를 들어, 캐러멜 제조에는 스위트 유청, WPC, 유당이, 제과류 코팅제로는 유청과 유당이 사용되며, 하드캔디나 초콜릿을 제조할 때도 유당은 빠지지 않는 단골 원료이다.

일단 유청과 유당을 사용하기로 결정했으면, 기능성을 반드시 고려해야 한다. 기본적인 원료 배합은 마케팅 콘셉트에 맞춰야 한다. 천연성분이든 인공첨가물이든 영양강조표시를 하기 위해서는 우선 원료 배합에 앞서 어떤 영양성분을 함유할지 고려해야 한다. 유청은 영양가가 뛰어나기 때문에 영양을 우선시하는 제과제품을 제조하는 데 있어 최고의 원료가 될 수 있다. 유당은 독특한 물리적 특성을 지니고 있으며 당도가 낮아 각종 제과제품을 만들기에 적합하다.

제과업계가 얻을 수 있는 기능적 이점

향미

유청은 뛰어난 기능적 특성을 가지고 있어 제과제품을 만들 때 사용하기 좋은 소재이다. 제과제품의 향미나 색감은 캐러멜화나 메일라드 반응이 일어나는 동안에 형성된다. 유청은 이런 화학 반응이 일어나는 도중 단백질을 가미하고 당분을 줄여주는 기능을 한다. 메일라드 반응은 산도에 의해 영향을 받으며 pH 6 이상일 때 가장 빠른 속도로 나타나기 때문에 원하는 제품을 만드는 데 있어 pH 조절이 중요할 수 있다. 유청단백 자체는 향이 없고 맛은 부드러운 편이지만 이취를 흡수하는 경향이 있다. 향미를 좋게 하기 위해서는 양질의 유청을 지속적으로 공급받는 것이 중요하다.

색감

때로는 색이 변하는 과정을 관찰하면 맛을 짐작해 볼 수 있다. 따라서 색은 맛을 측정하는 지표로 사용될 수도 있다. 캐러멜은 농축유청액과 가당탈지연유를 섞어 사용할 때 최상의 향미와 색감을 발한다. 이 두 재료를 섞어 만든 캐러멜은 구조적 변화를 일으키지 않으면서 향미를 향상시킨다. 다른 단백질 원료 대신 유청을 얼마나 넣느냐에 따라 색이 달라진다. 질량을 기준으로 하여 탈지분유 대신 동량의 유청을 사용하면 캐러멜화 및 메일라드 갈변 반응을 위해 필요한 단백질 양이 부족하기 때문에 캐러멜의 색이 더 옅어지게 된다. 총량 기준이 아닌 단백질 양을 기준으로 하여 다른 단백질 대신 유청을 사용하면 캐러멜 색은 원래의 색, 또는 더 진한 색을 띠게 된다.

질감

유청단백은 과자류의 주요 특성인 질감에 영향을 미친다. 누가나 태피에서 단백질 원료는 매우 중요하다. 비록 단백질 함량 자체는 낮지만 누가나 태피를 만들 때 사용한 단백질의 종류, 사용량, 공정 조건은 제과제품의 질감과 밀접한 관계가 있다. 구비된 제조 설비에 따라 어떤 단백질을 선택하는 것이 적합할지도 정해진다. 단백질을 잘못 선택하게 되면 제조 비용이 치솟을 수 있고, 제품의 질감도 의도한 방향과 달리 가볍고, 폭신폭신한 부드러운 질감에서 끈적끈적하고 단단한 질감으로 바뀔 수 있다.

거품은 크게 액상과 기체상의 2상 분계로 구성되어 있다. 대부분 거품을 형성하는 데 있어 단백질은 분산된 기포를 형성하고 안착시키는 주요 계면활성제로 사용된다. 유청은 좋은 거품을 생성하도록 돕는다. 마시멜로를 만들 때 유청단백인 알파-락트알부민은 공기를 포집하는 매체로 사용된다. 하지만 유청단백을 유일한 단백질의 원천으로 사용하면 최상의 품질을 보장하기 어려울 수 있다. 따라서 껌이나 젤라틴, 대두나 우유에 함유된 기타 단백질 원료와 WPC를 혼합해서 사용하는 것이 일반적이다. 이 모든 재료를 잘 혼합할 때 풍성한 거품이 있는 안정적인 양질의 제품을 만들 수 있다.

소금도 단백질의 거품 형성에 영향을 미칠 수 있다. 칼슘과 마그네슘과 같은 2가 양이온은 상호작용하면서 거품 형성력과 안정성을 크게 향상시킬 수 있다. 미네랄 사용이 제품 질에 문제가 된다면 탈염유청 사용을 고려해볼 수 있다. 양질의 유청을 지속적으로 공급받는 것이 제과업체 운영에 있어 중요하다.

지질 역시 단백질의 거품 형성력에 크게 영향을 미친다. 지질 함량이 0.5% 이상이면 거품의 질이 크게 저하된다. 지질은 단백질보다 계면활성력이 높기 때문에 공기와 물이 닿는 계면에서 거품을 즉시 흡수하여 단백질이 거품을 흡수하는 것을 억제한다. 지질은 거품의 공기방울 내부 압력을 지탱하는 응집력이 부족해서 휘젓는 도중 공기방울을 쉽게 꺼져버리게 한다. 따라서 좋은 완제품을 만들기 위해서는 유청의 지질 성분을 관리하는 것이 중요하다.

지방 감량

지방은 제품의 부드러움, 향미, 질감, 습도, 맛에 영향을 주는 독특한 속성을 부여한다. 비록 적절한 첨가물을 사용하여 지방을 감량하는 것이 어느 정도 가능하긴 하지만, 많은 경우 제과류에 함유된 지방을 단순 대체하기란 쉽지 않다. 가당연유 대신 가당유청을 사용함으로써 지방 함량을 4% 이하로 줄인 캐러멜을 만들 수 있다. WPC 또한 지방 대체재로 사용될 수 있다. 제조 과정, 향미, 색감, 질감을 모두 그대로 유지하면서 전지분유 사용량의 50%까지 WPC로 대체할 수 있다.

새로운 제과제품 제조 시 유청의 활용

일본에서 유래된 '연유캔디'는 이제 세계 각국에서 즐기는 기호식품이 되었다. 연유캔디는 기본적으로 제조과정에서 설탕 일부를 빼고 대신 우유나 유청을 넣어 만든 일종의 태피라고 할 수 있다. 우유나 유청을 가미함으로써 진한 우유맛과 더불어 부드럽고 쫀득거리는 질감을 낼 수 있게 된다. 유청의 우유맛은 천연 또는 인공 우유향을 첨가하여 더욱 강화할 수 있다. 커피향, 딸기향, 또는 오렌지향도 크림향과 잘 어울리는 조합이다. 최근 소비자 동향은 신선한 우유맛으로 기울고 있다. 신선한 우유맛을 내기 위해서는 특별한 장비를 이용해 과잉 조리할 때 나오는 부차적인 향을 최대한 줄일 필요가 있다.

'우유맛 하드캔디'는 '연유캔디'와 비슷하고, 역시 아시아에서 많이 소비되는 제품이다. 가장 인기 있는 맛은 역시 신선한 우유맛이다. 주의해야 할 점은 너무 오래 조리해서는 안되고 계속 저어서 메일라드 반응을 막아야 한다는 것이다. 하드캔디를 만들기 위해서는 캔디 속을 부풀려 공기로 채울 수 있도록 하는 연속식 하드캔디 진공 조리기(a continuous vacuum swept surface cooker)가 필요하다.

밀크 초코볼은 미국에서 가장 대중적인 제품이다. 초코볼의 센터는 단순히 시럽을 끓여 만든 하드캔디를 부풀린 것이다. 작은 완두콩 크기의 모양을 만든 후 재가열하여 내부를 진공상태가 되도록 부풀린다. 내부의 공기는 압력이 낮은 환경에 노출되면 부피가 팽창한다. 팽창하는 동안 제품은 냉각되고 그 결과 팽창한 하드캔디가 만들어진다. 공모양의 하드캔디에는 초콜릿을 입힌다. 유청은 초코볼의 맛을 좋게 하고, 제조공정에도 도움을 줄 뿐만 아니라 비용도 절약할 수 있게 한다.

제과류의 코팅제

유청은 비용 효율적인 유고형분 대체재로 제과제품을 코팅할 때 사용될 수 있다. 완제품의 질은 그대로 유지하면서 제조에 필요한 유고형분을 전부 유청으로 대체할 수도 있다.

12. 유청 · 유당제품을 응용한 제과제품 제조

유당의 활용

뛰어난 기능성을 지닌 유당은 제과제품의 필수 원료로 사용된다. 유당은 환원당이며 자당은 비환원당이다. 그러므로 유당은 갈변 반응처럼 환원당과 연관된 기능성을 수반한다. 오늘날 제과업계에서는 하드캔디나 초콜릿을 만들 때 당분을 줄이고 비용을 절감하기 위해 유당을 주로 사용한다. 제과 제조에 사용하기 좋은 유당으로는 알파-유당 일수화물과 무정형유당이 있다. 이들을 혼합하고 분무 건조하여 보다 특별한 제과제품을 만들 수 있다.

제과제품 제조 시 유당 사용의 이점

향미

용액 중에 녹아 있는 유당은 당도가 설탕의 1/6 수준이다. 그렇기 때문에 저당 제품을 만들기에 적합한 반면, 다른 당류에 비해 용해도가 낮고 독특한 결정이 생성된다는 특징도 있다. 유당은 향미 강화제이며 다른 설탕류와 비교했을 때 향을 흡수하는 흡취력이 2배 이상 높다.

색감

유당을 첨가하면 메일라드 반응이 활성화 된다. 유당은 환원당으로 갈변화 현상을 촉진한다. 캐러멜의 색감을 조절하는 데 정제된 유당을 사용할 수 있으며 대게 보다 짙은 색의 캐러멜이 나온다. 캐러멜을 만드는 데 필요한 유당의 적절한 사용양은 대략 5~6% 수준이다. 이 보다 더 많이 사용하면 제조나 보관 시 문제가 생길 수 있고 알갱이가 생기는 등 질에 결함이 생길 수 있다. 유당은 천연 · 합성 착색료를 끌어당기고 흡수하는 성향이 강하다.

질감

하드캔디를 만들 때 주로 1~5% 수준의 유당을 사용한다. 하지만 일부 제품에는 30% 이상이 사용되기도 한다. 예를 들어, 고급 얼음사탕에서 사용하는 당은 100% 유당이다. 밀크 초콜릿에 유당을 사용하면 더 단단하고 덜 단 초콜릿을 만들 수 있다.

유당 사용량은 제조법마다, 또 제조업체마다 차이를 보인다. 일반적인 사용량은 많게는 10%, 적게는 3% 수준이다. 마시멜로를 만들 때는 설탕의 10%를 유당으로 대체할 수 있다. 유당은 누가나 연유캔디에도 사용될 수 있다. 껌에 유당을 사용하면 용해도나 당도가 낮은 유당의 특성 때문에 한참 씹고 나서야 단 맛이 느껴진다. 특별한 배합법을 사용하고 결정씨드 생성 가능성을 줄이려는 철저한 세정 노력을 취하지 않는다면 제조상의 문제는 물론 결정 형성 및 불안정성 등 품질 문제도 발생할 수 있다.

혼합 코팅제

혼합 코팅제에 사용되는 설탕의 10~15%만 유당으로 바꿔도 제조 비용을 절감할 수 있다. 유당의 저감미성 때문에 당도도 줄어든다. 천연 감미료로 파스텔 코팅제나 화이트 초콜릿을 만들 때는 당도를 줄이기 위해 유당 사용량을 더 늘릴 수 있다. 사탕 모양을 효율적으로 만드는 데 있어 입자 크기가 중요한 경우에는 응집과정이 필요할 수도 있지만, 정제 모양의 캔디를 만들 때도 덱스트로스나 자당 대신 유당을 쓰면 좋다. 자당 대신 유당을 쓰면 추잉껌 만드는 비용도 절감할 수 있다. 자당 대신 유당으로 배합식을 모두 바꾼다면 제품의 당도를 높이기 위해 고강도 감미료가 필요할 수도 있다.

12.2 제과제품 제조 시 유청 · 유당의 활용

조지 바우자스 박사 (Jorge Bouzas)
허쉬 푸드 (Hershey Foods, Hershey, PA)

초콜릿 제조 시 유청원료의 활용

1876년 밀크 초콜릿이 출시된 이래 각종 유제품은 초콜릿 제조 원료로 사용되어 왔다. 주 원료인 유고형분은 초콜릿의 향미와 색감, 질감을 내는 데 필수적인 원료이다. 또한, 영양과 입체감, 윤기를 가미하며 보관도 용이하게 한다. 다음은 밀크 초콜릿과 화이트 초콜릿을 만들 때 사용되는 기능성 유청을 나열한 것이다.

- 스위트 유청, 탈염 스위트 유청, 저유당 유청
- 농축유청단백(WPC)
- 위 원료들의 혼합물

이러한 원료에 함유된 단백질 성분은 아미노산과 설탕 사이에 일어나는 메일라드 반응에 있어서 핵심 성분이기 때문에 중요하다. 메일라드 반응은 밀크 초콜릿을 만드는 동안에도 나타나지만 캐러멜과 토피 제조에 있어 특히 중요하다.

표 12.2.1
다양한 유청 및 유청단백 제품의 기능성

제품 기능	스위트 유청	WPC*	WPI**
영양가	중	고	고
용해성	양호	양호	양호
점도	저	저	저
수분 결합력	중	고	최고
응고작용	〉65°C	〉65°C	〉65°C
pH 안정성	중	고	고
유화력	중	고	고
거품 형성력	저	고	최고
겔화	저	고	최고
지방 대체능력	중	양호	양호

* 농축유청단백: 단백질 34~80%
** 분리유청단백: 단백질 80% 이상

밀크 초콜릿의 무지유고형분은 대부분의 유럽 국가에서 사용량이 14% 이하로 국한되어 있긴 하지만 10%에서 25%까지 다양하게 사용할 수 있다. 유럽, 캐나다, 코덱스(Codex) 기준에 따르면 밀크 초콜릿을 만들 때 우유 외에도 총 초콜릿 질량의 5%를 넘지 않는 범위 내에서 기능성 유제품 원료를 사용할 수 있다. 이 같은 제조 관행은 다음과 같은 목적 때문이다.

- 콘칭(counching) 도중 특별하거나 특징적인 맛을 개발하기 위해
- 고품질을 유지하면서도 제조 비용은 절감하기 위해
- 유청제품을 비롯한 유제품이 함유된 각종 재료가 지니는 뛰어난 기능적 · 영양적 특성을 활용하기 위해
- 완제품에 부드러운 질감과 우유빛깔을 가미하기 위해

콘칭 시간을 줄이고 반죽이 뭉치는 것을 막기 위한 콘칭 기법이 최근 꾸준히 개발되면서 새로운 콘칭 기계를 사용하여 콘칭 시간을 단축시키는 사례가 늘고 있다. 한편, 밀크 초콜릿을 만들 때 기능성 유청원료를 첨가하면 메일라드 반응 효과를 향상시켜 뛰어난 맛과 입안의 감촉을 느끼게 할 수 있다.

밀크 초콜릿의 활용도는 다양하다. 일반 초코바처럼 그 자체로도 상품이 되며 캔디 바나 비스킷, 케이크 등에 뿌리거나 입힌 토핑이나 코팅제로 탈바꿈하기도 한다. 단 하나의 제품이 그처럼 다양하게 응용될 수 있다는 것은 제과업체와 소비자가 원하는 기능적 · 미각적 특성을 부여할 수 있는 다양한 밀크 초콜릿 제조법이 개발될 수 있다는 것을 의미한다. 원하는 제품에 맞는 최적의 유청원료를 선택하기 위해서는 다음과 같은 사항들을 고려해야 한다.

- 제품의 용도: 초코 바를 만들 것인가, 초코 코팅을 입힐 것인가?
- 재료가 초콜릿의 기능성과 유동성에 원하는 효과를 주는가?
- 재료가 캐러멜이나 토피 맛처럼 특정한 맛을 살릴 수 있는가?
- 비용부담은 없는가?

일반적으로 (전체 초콜릿 질량의) 5% 수준에서 유고형분을 유청원료로 대체하면 완제품의 우수한 품질을 유지하면서도 비용을 8~ 14%까지 절감할 수 있다.

12. 유청 · 유당제품을 응용한 제과제품 제조

혼합 코팅제 제조 시 유청원료의 활용

초코맛 혼합 코팅제는 초콜릿 대체 효과를 준다. 다른 식물성 지방은 코코아 버터 대체재로 이용된다. 순수 초콜릿과 비교했을 때 초코 코팅만 입힌 제품은 가격 부담이 덜하고 취급하기도 수월할 수 있다. 감각적인 면에서 입 안에 닿는 느낌 자체는 순수 초콜릿과 다르겠지만, 코팅제는 질감 자체가 새롭고 신선하며 다양한 제품에 폭넓게 응용될 수 있다.

혼합 코팅제에 이용되는 재료로는 설탕, 초콜릿 원액(코코아 매스) 또는 코코아 분말, 식물성 지방, 유제품 원료, 레시틴 등이 있다.

유청단백 재료는 아이스크림, 캔디 바 등에 입힐 밀크 초콜릿맛 코팅제를 제조할 때 탈지분유 대신 유고형분 원료로 사용된다. 또한, 탈지분유를 완전히 혹은 부분적으로 대신하여 탈염 유청(50%, 90%), WPC, 혹은 둘을 혼합한 원료를 사용하기도 한다.

저열량 · 저지방 코팅제를 만들 때 맛을 좋게 하기 위해 유청원료를 사용할 수 있다. 저열량 · 저지방 코팅제는 결정화 속도가 빠른 반면 거의 수축되지 않는 특징을 가지고 있다. 그렇기 때문에 저열량 · 저지방 코팅제로 초콜릿 옷을 입힐 때는 분말 타입의 재료를 사용하는 것이 가장 적합하다.

설탕 제과 제조 시 유청원료의 활용

제과업체들은 다양한 재료와 제조 공정을 조합하는 과정에서 일어나는 물리화학적 상호작용을 잘 활용하여 다양한 제과제품을 만들 수 있다.

제과제품의 질감은 하드캔디처럼 단단한 것부터 누가나 마시멜로 같은 부드러운 것, 초콜릿처럼 툭툭 끊어지는 것에서 캐러멜처럼 끈적끈적한 것에 이르기까지 실로 다양하다. 이 같은 제품의 특성에 영향을 미치는 주 원료로는 당류(자당, 전화당, 포도당 시럽 등)와 지방, 단백질이 있다. 유제품성분은 단백질을 공급하고 캐러멜, 기포함유 제과, 영양 바, 둘세데레체(우유를 캐러멜 상태로 만든 아르헨티나 전통 디저트로 세계 각국에서 인기 있는 제품)를 제조하는 과정에서 중요한 역할을 한다.

캐러멜

캐러멜과 토피는 유고형분을 섞은 고농도의 설탕액으로 둘러싸여 있거나 설탕액 안에 골고루 퍼져 있는 지방 소구체를 혼합한 것이다. 캐러멜과 토피의 중요한 특성은 향미와 색감, 질감이며 이는 제조 과정에서 사용된 재료의 속성과 요리 과정을 바로 보여준다. 캐러멜과 토피 모두 같은 재료를 사용하고 있지만, 둘 사이에 차이점이 있다면 토피가 캐러멜에 비해 최종 수분 함량이 적다는 것이다. 토피는 대게 3~6%의 수분을 함유하고 있어 색이 진한 반면 캐러멜은 6~12%의 수분이 함유되어 있어 색이 더 연하다.

캐러멜은 제과제품에서 가장 다양하고 광범위하게 사용되고 있는 소재이다. 다양한 형태의 캐러멜이 완제품이나, 쿠키, 누가, 마시멜로 등에 입히는 코팅제로 사용되어 소비자들의 구미를 당기고 있다. 캐러멜은 물, 포도당 시럽, 정제당이나 황설탕, 유화제, 유지방, 식물성 지방, 유고형분을 혼합하여 만든다. 혼합액을 약 116°C로 조리하여 단단한 고형분을 만든다.

이 과정은 캐러멜화와 메일라드 반응을 통해 제품의 맛과 색을 결정하는 데 일조한다. 캐러멜 프리믹스 조리 과정은 미생물학적 안정성을 위해 습기를 제거하고 맛과 색, 질감을 개발하는 데 반드시 필요한 과정이다. 조리 과정이 시작되기 전에 모든 설탕 결정은 보관 시 응고되는 것을 막기 위해 반드시 용해시켜야 한다. 대략, 물 500g에 설탕 1000g을 넣고 용해시키면 된다. 고열로 조리하기 전에 우선 프리믹스를 72°C로 서서히 가열하여 설탕을 녹이는 것이 좋다. 그러고 나서 다른 재료들을 첨가하고 조리를 시작한다. 탈지유 고형분이나 탈염 스위트 유청, WPC 같은 유제품 분말을 재료로 이용할 때는 프리믹스에 첨가하기 전에 따뜻한 물(50~60°C)을 부어 액상으로 만든 다음 균질기로 균질화시켜주는 것이 좋다. 설탕 일부와 유제품 분말을 미리 혼합하면 나중에 혼합하는 과정에서 덩어리지는 것을 막을 수도 있다. 균질기가 없다면 다음과 같은 방법으로 유제품 원료를 균질화시킬 수도 있다. 조리 용기에 72°C로 가열된 정량의 온수를 붓는다. 서서히 혼합 유제품 분말을 넣어주면서 용액이 크림 상태가 될 때까지 약 15~20분간 휘젓는다. 도중에 유제품 혼합물이 응유현상을 보이면 안정제를 첨가해 준다. 대게 전체 단백질량의 0.01~0.15% 정도의 인산이나트륨을 안정제로 사용한다.

개방형 교반기를 이용할 경우 일반적인 조리 시간은 20~30분이다. 알갱이가 생길 수도 있으니 조리가 완전히 끝나면 교반을 멈춰야 한다. 갈변화를 막고 후속 공정을 계속 진행할 수 있는 상태가 되도록 캐러멜을 냉각한다. 양이 많지 않을 때는 조리된 캐러멜을 평평한 테이블에 부어 식히면 된다. 차가운 무빙 벨트나 터널, 휠 등을 이용하여 냉각하는 방법도 있다.

캐러멜을 방습제지로 포장하고 유통기한 동안 상하지 않도록 적정 습도 50% 이하의 환경에서 보관한다.

기 함유 제과 제조 시 유청원료의 활용

기포함유 제과는 수용액상, 구체적으로 말하자면 다양한 당류와 휘핑제로 만든 고농축 시럽 안에, 기체가 분산된 상태라고 설명할 수 있다. 시럽 내의 기체 때문에 완제품의 밀도는 떨어질 것이다. 대부분의 경우 기체란 공기를 의미한다. 지방이 다량 함유되었을 때는 질소를 사용할 수 있다.

기포함유 제과는 시럽을 힘껏 교반하여 만들 수 있다. 휘핑제나 휘핑 안정제를 첨가하면 기포의 안정성을 확보할 수 있다. 기포를 만드는 가장 간단한 방법으로는 개방형 용기에 시럽을 넣고 다양한 속도로 교반하는 것이다. 세게 치대다 보면 큰 공기방울들이 여기저기 생기게 되고 교반을 계속하면 큰 공기방울들이 터지면서 작은 기포들이 생기게 된다. 최종 혼합물의 점성은 제품에 생성된 공기방울의 양에 따라 증가할 것이다.

기포함유 제과를 만들 때 주로 사용되는 단백질로는 젤라틴, 대두 단백질, 변형 유단백이 있다. 변형 유단백으로 부분 변성 WPC80(단백질 함량 80%)과 부분 변성 WPI(단백질 함량 90% 이상)를 다른 기포제와 혼합해서 사용하면 제과업체 입장에서는 비용을 절감할 수 있다. 이와 더불어 부분 가수분해 WPI는 흥미로운 기능성을 제공한다는 것이 입증되었다.

완제품의 조직은 다음 세 가지 현상으로 인해 와해될 수도 있다.

- 유착: 공기 방울을 에워싸는 막이 터지고 더 큰 공기방울을 만듦
- 여과: 연속 시럽상이 다양한 층의 공기방울을 거쳐 아래로 흐름
- 불균형: 공기가 작은 공기방울에서 큰 공기방울로 이동

이 같은 문제점은 시럽의 점성을 높이고 적절한 기포제를 선택하며 제조공정 조건을 시정함으로써 해결될 수 있다.

누가

누가는 기본적으로 높은 온도로 끓여 기포를 함유한 시럽으로 시럽 내의 지방은 휘핑제를 첨가함으로써 안정시킬 수 있다. 누가 제조법은 오래 씹을 수 있는 제품에서부터 알갱이가 없고 부드럽게 입 안에서 녹는 제품, 미세한 알갱이가 있는 제품 등 다양한 질감에 따라 제조 방법도 조정할 수 있다

다음은 누가의 질감에 영향을 주는 요인들이다.

- 설탕: 포도당 시럽: 전화당 시럽의 비율
- 완제품의 최종 수분 함유량
- 액체상 대 고체상의 비율
- 휘핑제의 종류
- 기포의 크기, 0.6~1.0g/ml로 다양
- 지방, 견과류, 체리 등 첨가물의 종류 및 양

누가는 배치 공법과 연속 공법으로 생산할 수 있다. 하지만 배치 공법이 제조의 유연성, 질감 균질성, 흡수력, 재구성력, 절단 후 모습 등 모든 측면에서 훨씬 탁월한 방법으로 간주된다. 배치 공법은 진공상태에서 물, 설탕, 콘시럽을 끓여 120°C 온도에서 8% 정도의 습기를 머금도록 하는 과정이 포함된다. 진공 조리기는 끓이는 시간을 줄이기 위해 사용될 뿐 아니라 저온에서 조리된 시럽을 만들 때도 사용된다. 저온에서 조리하는 이유는 고온으로 갈수록 교반 시간이 더 길어지기 때문이다.

진공 조리기로 시럽을 조리한 후에는 2단계 속도조절이 가능한 강력 교반기로 옮긴다. 재료를 섞고 혼합하는 데는 저속으로, 기포를 형성을 위해서는 고속으로 가동한다. 휘핑제(젤라틴, 유단백, WPC, WPI)를 조리된 시럽에 섞고 나서 고속으로 가동해 기포가 형성되면 밀도가 0.6g/ml로 떨어지게 된다. 기포를 함유한 시럽에 결정 생성을 유발하는 소량의 아이싱을 넣고 저속으로 혼합한다. 교반기에서 누가를 꺼내 메탈 쟁반에 붓고 하루 동안 둔다. 자르기 전 제품에 입자가 고운 결정을 생성할 수 있다. 최종 수분함량이 8~10.5%가 되면 의도한 모양대로 자른다.

기포형성 과정은 설탕 고형분을 가열하고 진공용기에서 진공상태로 둔 다음 냉각시키고 건조시킨 후 용기에서 빼 상당히 작은 공기방울을 함유한 벌집 같은 모양의 캔디를 만드는 일련의 과정이다. 밀크 초코볼은 기포함유 제품의 대표적인 예이다. 밀크 초코볼에 사용되는 재료는 주로 콘시럽, 설탕, 단백질, 착향료, 착색료 등이다. 재료는 공기방울 형성과 직결되기 때문에 재료의 질이 매우 중요하다.

유청분말, 구체적으로 50% 탈염 유청 분말이 밀크 초코볼을 만들 때 단백질 팽창제로 사용될 수 있다. 유청분말은 덩어리가 없어야 하고 수분 함량이 균일해야 한다. 탈염 유청에는 최소 10%의 단백질이 함유되어 있어야 진공 처리과정 후에 제품의 질감이 와해되는 것을 막을 수 있다. 기포함유 제과를 만들기 위해서는 재료들을 일괄적으로 가공하는 것이 훨씬 간단하다. 콘시럽과 설탕을 조리하여 견고하게 만든 다음(약 90%의 고체 상태), 유청분말이 미리 첨가된 시그마형 블레이드를 부착한 믹서나 블렌더로 옮긴다. 균질한 반죽을 위해 골고루 혼합한다. 반죽을 평평한 틀에 부어 수평을 이루도록 만든 후 다시 둥근 공모양을 만드는 성형기로 옮긴다.

팽창할 준비가 되기 전까지 저장한다. 팽창 전에 센터를 균질하게 82°C로 데워 최적의 상태로 부풀게 한다. 이 때 예열된 센터는 진공 튜브를 거치며 공기가 충전된다. 약 1% 습기가 제거되고 제품을 충분히 냉각해 센터가 꺼지지 않도록 한다.

습기가 많이 남아있으면 센터가 습기를 지나치게 머금게 되어 축축하고 끈적거려 셀 구조가 완전히 무너져버리고 만다. 패닝과정(panning process) 동안 밀크볼을 초콜릿이나 혼합 코팅제로 완전히 덮어 습기를 빨아들이지 못하게 해야 한다.

둘세데레체 제조 시 유청원료의 활용

일반적으로 둘세데레체를 만들려면 전지유에 자당을 넣고 무게 기준으로 70%(wt/wt)의 총 고형 제품을 얻을 때까지 끓이면 된다. 대게 결정 생성을 막기 위해 자당 일부를 포도당 시럽으로 대체할 수 있다. 준비 기간 동안의 전반적인 조건(온도-시간, 산도, 반응 종)에 의해 비효소적 갈변 반응이 현저하게 나타나고 독특하고 기분 좋은 향미를 지닌 갈색 제품이 탄생한다. 탄산수소나트륨을 추가하면 pH를 높여 갈변 반응을 가속화하고 단백질의 응고를 막을 수 있다. 둘세데레체는 용질 농도가 높아 대게 수분활성도가 0.85 이하이며, 이는 제품 보존에 도움이 된다.

둘세데레체는 크게 두 가지 종류가 있다. 하나는 가정용 '카제로(casero)'로 윤기가 흐르고 적갈색을 띠며 약간 결이 나있는 제품이다. 다른 하나는 제과점이나 페이스트리 매장용 '파스텔레로(pastelero)'로 색이 더 연하고 잼과 같은 질감이라 케이크나 페이스트리, 기타 제과제품에 발라도 흘러내리지 않는다.

유청이 들어간 재료를 이용하면 비용을 절감하면서 유고형분을 대체할 수 있으며 소비자 입맛에 맞는 둘세데레체 제품을 만들 수 있다. 둘세데레체를 만들기에 가장 적합한 유청원료로는 단백질을 34~40% 함유한 농축유청단백이다. 제조공정과 배합에 따라 우유와 유청 간 단백질 조성의 차이를 고려하여 제조 조건을 조정할 필요가 있다. 처음에는 유고형분 25%를 유청으로 대체할 것을 추천한다. 일반적으로는 유고형분의 50%까지 WPC34로 대체하더라도 제조공정이나 성분배합을 바꿀 필요는 없다. 유청비중을 더 늘리면 완제품의 균질성, 유변성, 향미, 색감에 영향을 미쳐 새로운 배합이나 제조공정이 필요할 수도 있다.

이미 액상 우유와 탈지유 고형분을 혼합하여 사용하고 있다면 제조공정을 바꾸지 않고 탈지유 고형분만 WPC34로 100% 대체할 수 있다. 탈지유 고형분이나 탈염 스위트 유청, WPC같은 유제품 분말을 재료로 이용할 때는 예비배합물에 첨가하기 전에 따뜻한 물(50~60°C)을 부어 액상으로 만든 다음 균질기로 균질화 시켜주는 것이 좋다. 설탕 일부와 유제품 분말을 미리 혼합하면 나중에 혼합하는 과정에서 덩어리지는 것을 막을 수도 있다. 균질기가 없다면 다음과 같은 방법으로 유제품 원료를 균질화시킬 수도 있다. 조리 용기에 72°C로 가열된 정량의 온수를 붓는다. 서서히 혼합 유제품 분말을 넣어주면서 용액이 크림 상태가 될 때까지 약 15~20분간 휘젓는다.

유청원료는 제과업체에 매우 중요한 양질의 원료이다. 다양한 산도에서 용해성이 높고, 수분결합력, 겔화 속성, 유화력, 거품 형성력, 거품의 질, 점성 및 질감이 뛰어나다. 다음 장의 표 12.2.2에는 각각의 제과제품에 필요한 유청원료의 권장 사용량이 요약되어 있다.

표 12.2.2
제과제품 제조 시 유청단백의 권장 사용량

제품	권장 사용량(%)						이점
	스위트 유청	탈염 유청	WPC34	WPC80	WPI	유당	
밀크 초콜릿[1]	–	0~5	0~5	–	–	3~7	비용 절감 향미 증진 색감 개선
혼합 코팅제[1]	–	0~20	0~20	–	–	3~7	비용 절감 향미 증진 색감 개선 기능성
캐러멜[1]							비용 절감
사각	0~4	0~4	0~7	–	–	–	향미 증진
가나슈	0~2	0~2	0~5	–	–	–	색감 개선
액상	0~2	0~2	0~5	–	–	–	질감 개선
누가[1]	–	–	0~1	–	0~3	–	비용 절감 품질 향상 질감 향상 유통기한 연장
둘세데레체[2]	–	0~50	0~50	–	–	–	비용 절감 향미 증진 색감 개선 특유의 향미 개선 기능성
영양 바[1]	–	–	–	0~20	0~35	–	영양적 가치 기능성

[1] 최종 제품 중 비중(%)
[2] 총 무지유 고형분 중 비중(%)

Q & A

Q: 밀크 초콜릿이나 혼합 코팅제에 탈염 유청을 첨가하면 유통기한에 영향을 미칩니까?

A: 그렇지 않습니다. 양질의 탈염 유청을 밀크 초콜릿에 첨가하면 유통기한에 변화가 없을 것입니다. 하지만 유청 함량이 배합의 25%를 초과할 경우 초콜릿이나 혼합 코팅제의 향미와 색감이 영향을 받을 수 있습니다.

Q: 캐러멜과 토피의 질감이 거칠고 모래알을 씹는 듯한 느낌이 드는데 스위트 유청을 넣었기 때문입니까? 이를 방지하려면 어떻게 해야 합니까?

A: 그럴 수 있습니다. 유청에 있는 결정 유당이 제조 과정에서 완전히 용해되지 않으면 캐러멜에 모래알 씹는 듯한 느낌이 날 수도 있습니다. 용해되지 않는 유당 결정은 결정 씨드(seed agents) 기능을 할 수 있고, 따라서 보관 중 제품에 결정이 생성될 수 있습니다. 이 같은 문제를 해결하기 위해서는 유청원료를 우선 72~82°C의 온수에 넣고 용해시켜야 합니다.

Q: 일부 제품에서 계란 흰자 대신 WPC80을 사용할 수 있다고 하는데 어떤 제품에 가장 어울립니까?

A: 기포함유 제과에서 계란 흰자 대신 부분 변성 WPC80을 젤라틴과 함께 쓸 수 있습니다.

Q: 캐러멜을 자르고 나니 입체감 없이 푹 꺼져 버렸습니다. 이유가 무엇입니까?

A: 아마 배합물에 유고형분이 충분히 들어가지 않았기 때문인 것 같습니다. 단백질 함량을 늘려보십시오. 시럽상 재료들을 재배합해 보는 것도 도움이 될 것입니다.

Q: 캐러멜이 너무 걸쭉하고 탄성이 부족합니다. 혹시 WPC나 스위트 유청을 사용했기 때문입니까?

A: 캐러멜이 걸쭉한 것은 유청과는 무관하고 배합에 섞은 콘시럽 때문일 가능성이 다분합니다. 콘시럽을 바꾸거나 다당류 성분이 덜 함유된 콘시럽 혼합물을 사용하면 점성을 줄일 수 있을 것입니다. 탄성의 경우 탄수화물이나 시럽상과 관련이 있을 수 있고 아니면 농도가 낮거나 카제인이 없기 때문일 수 있습니다. 여기서도 역시 시럽상에서 재료들을 재배합하거나 카제인을 유제품 고형분의 형태로 첨가하면 해결될 수 있습니다.

Q: 누가를 만들 때 탈염 유청 사용을 권장하시겠습니까?

A: 그다지 추천하고 싶지 않습니다. 누가를 만들 때는 휘핑이 잘되고 거품 형성력이 좋은 WPC80이나 WPI같은 재료를 사용해야 합니다. 정 사용하고 싶으면 배합식에 우유 느낌을 더하기 위해 우유 대신 탈염 유청을 소량(배합량의 1%) 사용할 수는 있습니다.

Q: 기포 주입 공정에서 공기를 충전한 센터가 부풀지 않습니다. 배합식에 문제가 있을 수 있습니까? 왜 그렇습니까?

A: 배합식에 문제가 있었을 것입니다. 이러한 현상을 방지하기 위해 배합에 사용하는 탈염 유청은 적어도 10%의 단백질을 함유하고 있어야 합니다.

Q: 캐러멜을 만들 때 WPC/무지유 고형분을 사용하는 과정에서 응유현상이 나타났습니다. 어떻게 해결해야 합니까?

A: 우선 캐러멜의 pH 농도부터 확인하십시오. 단백질 응고로 인해 알갱이가 씹히는 듯한 느낌을 미연에 방지하기 위해 때로 안정제를 첨가할 필요가 있습니다. 대게는 소량의 인산이나트륨을 사용하면 문제가 해결됩니다.

12.3 제과제품 제조법

100% WPC로 제조한 캐러멜

원재료	사용량(%)
콘시럽 42/43	30.32
그래뉴당	25.28
WPC34	4.67
물	18.71
버터 지방	11.77
레시틴	0.51
소금	0.40
물	8.29
바닐린	0.05
합계	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. 바닐린을 제외한 모든 재료를 혼합하여 계속 휘저은 다음 117°C가 될 때까지 끓인다.
2. 바닐린을 첨가한다.
3. 오일을 바른 테이블이나 용기에 붓는다.

칼슘을 10% 첨가한 캐러멜

원재료	사용량(%)
그래뉴당(자당)	34.70
콘시럽, 42D.E.	33.40
부분경화 코코넛유	12.00
물	5.90
무지방 분유	4.20
WPC34	4.20
버터	3.00
우유 칼슘	2.30
바닐라 농축액	0.10
레시틴	0.10
소금	0.10
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. WPC34(40% 현탁액), 우유 칼슘(20% 현탁액), 무지방 분유(30% 현탁액)를 미리 물에 용해시키고 4°C에서 하루 동안 둔다.
2. 설탕, 콘시럽, 물을 함께 섞어 약한 불에 두고 용해한다.
3. 바닐라를 제외한 남은 모든 재료를 넣고 완전히 혼합될 때까지 약한 불에서 계속 저어준다.
4. 온도를 높여 115°C가 될 때까지 계속 저어주며 끓인다.
5. 불을 끄고 바닐라를 넣어 골고루 섞일 때까지 저어준다.
6. 유산지를 깐 직사각형(22.5cm x 32.5cm) 팬에 붓는다. 약간 식힌 다음 유산지를 잡아당겨 팬에서 캐러멜을 떼어 낸다. 날카로운 칼을 사용해 자르려는 모양대로 선을 그어 놓는다. 완전히 식으면 정사각형 모양으로 자른다.

12. 유청 · 유당제품을 응용한 제과제품 제조

유고형분 50%를 WPC로 대체한 캐러멜

원재료	사용량(%)
그래뉴당	25.08
콘시럽 42/43	30.08
전지분유	3.01
물	18.56
버터	11.08
레시틴	0.51
소금	0.40
물	8.22
WPC34	3.01
바닐린	0.05
합계	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. 바닐린을 제외한 모든 재료를 혼합하여 계속 휘저은 다음 끓인다. 117°C가 될 때까지 조리한다.
2. 바닐린을 첨가한다.
3. 오일을 살짝 바른 테이블이나 용기에 붓는다.

마시멜로

원재료	사용량(%)
용액 A	
젤라틴, 250bloom	2.00
냉수	9.40
용액 B	
WPC80	0.67
물	4.76
용액 C	
자당	37.00
콘시럽 42D.E.	16.00
물	13.50
혼합물 D	
전화당	16.00
WPC 34	0.67
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 용액 A 제조: 작은 용기에 젤라틴을 놓고 냉수를 붓는다. 20분간 수화시킨다.
2. 용액 B 제조: WPC80을 물에 붙고 잘 섞이도록 교반한다. 수화되도록 몇 시간 혹은 하룻밤 재어둔다.
3. 용액 C 제조: 자당, 콘시럽과 물을 팬에 붓고 자당이 완전히 용해될 때까지 계속 저어주며 104°C까지 온도를 높인다.
4. 용액 C를 키친에이드 믹싱볼에 붓고 냉각시킨다.
5. 전화당과 WPC34를 한데 섞어 혼합물 D를 준비한다. 혼합물 D를 용액 C에 넣고 섞는다.
6. 용액 C가 60°C에 도달하면 용액 A(젤라틴 용액)를 용액 C에 우선 첨가하고, 그 다음에 용액 B(유청 용액)를 첨가한다.
7. 고속으로 적정 농도(0.4~0.5g/cm3)가 될 때까지 저어준다.
8. 원하는 착색료와 착향료를 첨가한다.
9. 22.5cm x 32.5cm의 직사각형 틀을 준비하고 옥수수 전분을 두껍게 뿌린다. 마시멜로 혼합물을 몰드에 넣고 표면에 옥수수 전분을 더 많이 뿌린다.
10. 하룻밤 동안 건조시키고 원하는 모양으로 자른다.

WPC34를 첨가한 누가

원재료	사용량(%)
그래뉴당	33.01
콘시럽 42.D.E.	45.37
물	8.25
젤라틴, 250bloom	0.77
물	2.06
WPC 34	4.00
100° 야채(팜 커넬)	2.05
글리세릴 모노스테레이트	0.26
퐁당 4:1	4.13
페퍼민트 오일	0.10
합계	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. 젤라틴을 물에 담근 다음 옆에 둔다.
2. 설탕, 콘시럽, 물(8.25%)을 넣고 117°C까지 물을 넣는다. 조리한 시럽을 믹서에 넣는다. 젤라틴 혼합액을 붓고 5분간 고속으로 저어준다.
3. WPC34, 파라마운트 C, 글리세릴 모노스테레이트를 섞어 반죽을 만든다.
4. 반죽, 퐁당, 향미료를 믹서에 넣고 잘 섞어준다.
5. 오일을 살짝 바른 판에 붓는다. 냉각시키고 조각으로 자른다. 포장한다.

연유캔디

원재료	사용량(%)
콘시럽 42D.E.	40.19
그래뉴당	28.04
물	9.35
가당유청	9.35
젤라틴, 225bloom	0.93
물	0.93
스위트 유청	6.54
버터	4.67
합계	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. 젤라틴을 0.93%의 물에 흡수시킨 다음 잠시 둔다.
2. 스위트 유청과 버터를 믹서에 넣어 반죽을 만든다.
3. 남은 물에 콘시럽, 설탕을 넣고 126°C에서 조리한다. 가당유청을 섞는다. 계속해서 저어주면서 118°C가 될 때까지 계속 젓는다.
4. 조리한 혼합물을 믹서에 붓고 버터와 우유를 첨가한다. 완전히 혼합될 때까지 섞는다. 젤라틴을 넣고 잘 섞어준다.
5. 평평한 판에 붓고 식힌다.

밀크 초코볼

원재료	사용량(%)
콘시럽 42D.E.	33.69
경화 지방	2.30
레시틴	0.10
소금	0.10
스위트 유청	23.20
그래뉴당	22.74
콘시럽 고형분	7.58
맥아유 분말	9.19
맥아유 향	0.18
코코아 분말	0.92
합계	**100.00**

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정:

1. 시그마 블레이드 믹서를 예열한다. 믹서에 콘시럽과 경화지방을 첨가하고 계속 섞어주면서 60~71°C로 데운다.
2. 미리 섞은 분말을 천천히 믹서에 넣는다. 1회분 분량이 균질하게 섞이면 믹서에서 꺼내 9mm 초코볼 성형기에 통과시켜 공모양을 만든다.
3. 만들어진 공에서 띠를 제거한다. 공을 데우면 내부 공기가 팽창한다.
4. 패닝공정(panning procedures)에 따라 밀크초콜릿이나 초콜릿 혼합물에 공을 담근다.

12. 유청 · 유당제품을 응용한 제과제품 제조

WPC34를 첨가한 초콜릿 제품

원재료	사용량(%)
초콜릿 원액	13.00
WPC 34	12.30
코코아 버터	20.85
무수 유지방	3.70
레시틴	0.30
6X 설탕	49.75
바닐린	0.10
합계	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. 패들이 부착된 호바트 믹서에 가루재료를 섞는다.
2. 지방을 녹이고 레시틴을 추가한다.
3. 가루재료에 녹인 지방 혼합물을 충분히 넣어 정제기(refiner)를 가동해 반죽을 만든다.
4. 3롤 정제기(3 roll refiner)를 375~450psi에 맞춰두고 반죽을 두 번 통과시킨다.
5. 반죽을 다시 믹서 용기로 보내고 저열 가공한 후 콘칭한다.
6. 남은 지방 혼합물을 1회 분량 혼합물에 천천히 넣고 균일하게 될 때까지 섞는다.
7. 초콜릿을 적어도 24시간 동안 초콜릿 용해기에 넣어 향미가 생기도록 둔다.
9. 초콜릿을 템퍼링한다.

유청 하드캔디

원재료	사용량(%)
그래뉴당	40.29
물	21.57
고맥아당 콘시럽	21.05
가당연유 대용유	4.80
버터	11.98
레시틴	0.07
휘핑 크림향 착향료	0.24
합계	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. 물에 설탕을 용해시키고 끓인다.
2. 팬 주변에 붙어 있는 미량의 설탕 결정을 모두 씻어낸다. 콘시럽과 가당연유 대용유를 넣는다. 145°C가 되도록 끓인다.
3. 버터, 레시틴, 착향료를 넣는다.
4. 오일을 살짝 바른 테이블에 부은 다음, 형태를 만들기 쉬우면서도 부드럽고 유연한 상태가 될 때까지 식힌다. 캔디 성형기에 넣는다.

비용 절감형 초콜릿

원재료	사용량(%)
초콜릿 원액	30.00
버터오일	1.00
코코아버터	15.10
10X 설탕	46.45
유당	7.00
레시틴	0.35
바닐린	0.10
합계	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. 코코아버터와 버터오일을 한데 녹이고 1/3의 레시틴에 넣고 혼합한다.
2. 패들이 부착된 호바트 믹서에 가루재료를 넣고 섞는다.
3. 초콜릿 원액을 녹여 가루재료와 섞는다. 정제된 반죽을 만들기 위해 충분한 양의 코코아 버터를 넣고 섞어준다.
4. 원하는 입자크기가 될 때까지(20~30microns) 3롤 정제기(3 roll refiner)를 이용해 정제한다. 정제된 분말을 다시 저열로 예열된 호바트 믹서에 넣는다.
5. 콘칭을 통해 반죽을 만들고 남은 코코아 버터와 레시틴을 천천히 첨가한다.
6. 반죽을 긁어 모은다. 초콜릿 용해기로 옮겨 49°C 온도로 24시간 동안 회전시킨다.
7. 초콜릿을 템퍼링하고 틀에 부어 초코 바를 만든다. 식힌 다음 포장한다.

유당을 첨가한 얼음 사탕

원재료	회오리 모양 캔디 및 보석 캔디 사용량(%)	롤리팝 사용량(%)
유당	15	21
그래뉴당, 백설탕	45	39
포도당 시럽 42D.E.	40	40
착향료와 착색료	–	–
합계	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. 겨울에는 138°C, 여름에는 143~153°C로 혼합물을 끓인다.
   이 과정은 약 30분 정도 소요된다.

유당을 첨가한 딸기맛 풍선껌

원재료	사용량(%)
껌 베이스	25.5
콘시럽 43/42	9.0
설탕 분말(6X)	36.8
유당	10.0~20.0
글리세린(99.6%)	2.0
구연산, 분말	0.7
착향료, N&A	0.93
착색료, 적색 #40 lake	미량
합계	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. Z형 블레이드를 장착한 믹서에 껌 베이스와 글리세린의 1/3을 넣고 약 7분간 데워 54~60°C가 되게 한다. 3분간 혼합한다.
2. 망(20mesh)에 분말을 통과시켜 거른다.
3. 콘시럽의 1/3을 서서히 첨가하고 가루재료의 1/3을 교대로 넣는다. 5분 후에 믹서를 멈추고 믹서 주변과 칼날에 붙은 껌을 털어낸다.
4. 콘시럽 1/3을 추가로 넣고 가루재료를 넣어 약 3분간 섞는다.
5. 믹서를 멈추고 믹서 주변과 칼날에 붙은 껌을 털어낸다.
6. 남은 콘시럽과 분말을 넣고 다시 1/3의 글리세린을 넣어주고 2분간 섞는다.
7. 믹서를 멈추고 믹서 주변과 칼날에 붙은 껌을 털어낸다. 10분간 섞는다.
8. 남은 글리세린을 넣는다. 약 3.5분 동안 섞고 착향료와 착색료를 첨가한다. 1.5분간 혼합한다. 제품의 온도는 43~49°C가 되어야 한다.
9. 밀대와 0.6cm 간격조정 알루미늄 막대를 이용해 추잉껌 모양을 만들고 롤링 나이프를 사용해 선을 긋는다.

흡습성을 줄인 하드캔디 – 용해도 저하 및 강도 증가

원재료	사용량(%)
자당	40.12
유당	2.36
콘시럽, 43D.E.	34.99
착향료, 레몬유	0.33
구연산, 무수	0.94
착색료, FD&C 황색 #5, 10%용액	0.02
물	21.24
합계	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. 자당, 콘시럽, 물, 착색료를 섞는다.
2. 138°C까지 빠르게 조리한다.
3. 진공조리기의 압력을 650mmHg(26inchHg)로 맞추고 3.5분간 둔다. 테이블에 붓고 착향료와 산을 추가하고 부드럽게 섞는다.
4. 성형한다.

이점:

- 흡습성 감소
- 강도 증가 및 용해도 저하

유당 정제

원재료	사용량(%)
유당, 굵은 입자(20~80 mesh를 통과할 수 있는 분자 크기)	97.39
구연산, 무수	1.50
착색료, FD&C 황색 #5	0.06
칼슘 · 마그네슘 스테아레이트	1.00
레몬향, 분말건조	0.05
합계	**100.00**

제조법 제공: 넥텔 연구소(Knechtel Laboratories)

제조공정:

1. 칼슘 스테아레이트를 제외한 모든 재료를 호바트 믹서로 10분간 또는 균일하게 될 때까지 섞어준다.
2. 칼슘 스테아레이트를 넣고 2분간 더 섞어준다.
3. 정제 프레스기를 가동해 센터를 만든다.

WPC34를 첨가한 밀크 초콜릿

원재료	사용량(%) 대조군	WPC34
자당	47.53	47.53
코코넛 버터	20.00	20.00
탈지분유	15.12	10.12
WPC34	–	5.00
버터 오일	4.00	4.00
초콜릿 원액(매스)	12.90	12.90
레시틴	0.40	0.40
바닐린	0.05	0.05
합계	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

탈염 유청을 첨가한 밀크 초콜릿

원재료	사용량(%) 대조군	탈염 유청– 50%	탈염 유청– 90%
자당	45.25	45.25	44.75
코코넛 버터	20.30	20.30	20.30
전지분유(28%지방)	21.00	16.00	16.00
탈염 유청	–	3.60	5.00
버터 오일	–	1.40	1.40
초콜릿 원액(매스)	12.90	12.90	12.00
레시틴	0.50	0.50	0.50
바닐린	0.05	0.05	0.05
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

바닐라 케이크 아이싱

원재료	사용량(%)
설탕, 제과업체용	58.08
유화 쇼트닝	21.83
물	10.92
WPC34	7.86
소금	0.66
바닐라	0.65
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 블렌더를 사용하여 WPC34, 소금, 바닐라를 섞어 현탁액에 넣는다.
2. 가볍고 푹신푹신하게 될 때까지 믹싱볼에 쇼트닝을 치댄다.
3. WPC34 혼합액과 설탕을 서서히 번갈아 가면서 넣고 부드럽고 크리미한 농도가 될 때까지 저어준다.
4. 3~4분 동안 계속 교반한다.

저지방 바닐라 아이싱

원재료	사용량(%)
설탕, 분말	68.60
물	14.30
쇼트닝	9.50
NFDM	4.00
WPC80	1.70
전분	1.30
버터향	0.30
바닐라	0.30
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 패들이 부착된 믹서에 가루재료를 넣고 저속으로 혼합한다.
2. 쇼트닝을 첨가하고 균질하게 될 때까지 섞는다.
3. 따뜻한 물(60°C)과 바닐라를 첨가한다. 중간 속도로 속도를 높여 혼합물이 부드럽고 크림처럼 걸쭉하게 될 때까지 교반한다.

밀크 초콜릿 혼합 코팅제

	제조법 1 사용량(%)		
원재료	템퍼링O		템퍼링X
설탕	48.00	44.12	44.50
식물성 지방(CBE)	27.00	28.00	–
식물성 지방(CBR)	–	–	35.00
초콜릿 원액(매스)	–	11.20	–
탈염 유청	7.00	7.00	7.00
WPC34	7.00	7.00	7.00
코코아 분말(12% 지방)	7.50	–	6.00
버터오일	2.00	2.00	–
레시틴	0.50	0.50	0.30
바닐린	기호에 맞게	기호에 맞게	기호에 맞게
소금	0.06	0.06	0.06
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

화이트 초콜릿 혼합 코팅제

	제조법 1 사용량(%)	
원재료	템퍼링O	템퍼링X
설탕	50.00	49.50
식물성 지방(CBE)	38.00	–
식물성 지방(CBR)	–	40.00
레시틴	0.30	0.35
바닐린	0.10	0.15
탈염 유청	5.00	5.00
WPC34	5.00	5.00
버터오일	1.60	–
합계	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

초콜릿 혼합 코팅제

원재료	사용량(%)
설탕, 분말	43.83
경화 버터오일	40.02
더치 코코아	7.62
WPI	7.62
소르비탄 트리스테아레이트	0.57
대두레시틴	0.19
바닐라 농축액	0.09
밀가루, 소금	0.06
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 버터오일, 소르비탄 트리스테아레이트, 대두레시틴을 중탕기에 넣고 저온(70˚C)으로 중탕한다.
2. 남은 모든 가루재료를 용기에 담고 체로 친 다음 가볍게 섞어준다.
3. 가루재료를 버터오일에 넣고 거품기를 사용해서 완전히 부드러워질 때까지 섞어준다.
4. 코팅제를 따뜻하게 하고 제과를 완전히 코팅제에 담근다. 일단 코팅제를 입힌 다음에는 과다하게 코팅이 묻지 않도록 아래쪽을 부드럽게 닦아준다.
5. 유산지를 댄 팬 위에 놓고 코팅이 경화될 때까지 20~30분 기다린다.

가나슈 캐러멜(표준 최종 수분함량 10%)

	사용량(%)		
원재료	**대조군**	**변형1**	**변형 2**
콘시럽, 42/62D.E.	50.00	50.00	50.00
그래뉴당	15.00	25.00	25.00
가당전지연유	22.30	–	–
스위트 유청	–	–	2.00
WPC34	–	6.20	4.30
식물성 지방	2.00	2.00	2.00
버터 오일	–	1.40	1.40
모노 · 다이글리세라이드	0.10	0.10	0.10
바닐린	0.20	0.20	0.20
소금	0.40	0.10	–
물	10.00	15.00	15.00
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

사각 캐러멜(표준 최종 수분함량 10%)

	사용량(%)		
원재료	**대조군**	**변형1**	**변형 2**
그래뉴당	31.20	37.17	30.00
콘시럽, 42D.E.	26.65	26.65	30.30
가당전지연유	28.40	14.20	–
탈염 유청	–	3.74	–
WPC34	–	–	6.70
탈지유 고형분	–	–	6.70
부분 경화 식물성 지방	12.27	12.20	8.0
버터 오일	–	1.00	1.00
물	–	3.85	16.20
레시틴	0.79	0.79	0.70
바닐린	0.20	0.20	0.20
소금	0.49	0.20	0.20
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

둘세데레체

원재료	사용량(%)
전지유	37.08
자당	26.68
콘시럽, 42D.E.	19.27
WPC34	11.12
헤비 크림	5.56
바닐라	0.07
탄산수소나트륨*	0.22
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)
* 탄산수소나트륨의 양에 따라 완제품의 색감이 조절된다.

제조공정:

1. WPC34를 미리 수화시켜 30% 용액을 만들어 5°C 온도에 하룻밤 재어둔다(주의: 물을 지나치게 사용할 경우 끓이는 과정에서 소실될 수 있다).
2. 증기자켓용기에 우유와 크림을 넣고 탄산수소나트륨을 섞는다. 단백질의 침전을 막기 위해 이 혼합액의 산도가 pH 6.2~6.4가 되도록 맞춘다. 혼합물을 60°C까지 데운다.
3. 수화된 WPC34 용액, 설탕, 콘시럽을 우유 혼합액에 붓는다.
4. 70~ 71% 고형분(약 108°C 상태)이 되도록 계속 저어주며 조리한다.
5. 바닐라를 섞는다.
6. 뜨거운 혼합액을 용기에 넣고 뚜껑을 덮은 뒤 냉각한다.

캔디 바용 캐러멜 시럽(표준 최종 수분함량 15%)

	사용량(%)		
원재료	**대조군**	**변형1**	**변형 2**
콘시럽	45.00	45.00	45.00
고과당 콘시럽55	5.00	5.00	5.00
그래뉴당	15.00	19.40	21.60
가당전지연유	22.30	11.00	6.00
스위트 유청	–	–	1.40
WPC34	–	3.20	3.20
식물성 지방	2.00	2.00	2.00
버터 오일	–	1.00	1.20
모노 · 다이글리세라이드	0.10	0.10	0.10
바닐린	0.20	0.20	0.20
소금	0.40	0.10	0.10
물	10.00	13.00	14.20
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

둘세데레체 '카제로'

원재료	제조법1	제조법2
액상 전지유, L	500	1500
WPC34, kg	150	–
탈염 유청, kg	–	65
설탕, kg	360	360
크림, 60% 지방, kg	75	–
포도당 시럽, 84° Brix, kg	260	260
탄산수소나트륨, g	100	100
바닐라 농축액, L	0.3~0.6	0.3~0.6
제품 수율: 1000kg @ 총 고형분 69-70%		

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

아이스크림용 둘세데레체

원재료	제조법1
액상 전지유, L	1000
WPC34, kg	100
설탕, kg	400
크림, 60% 지방, kg	50
포도당 시럽, 84° Brix, kg	125
탄산수소나트륨, g	1000
바닐라 농축액, L	0.3~0.6
제품 수율: 1000kg @ 70~71° Brix	

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

제과제빵용 둘세데레체

원재료	제조법1	제조법2	제조법3
액상 전지유, L	700	700	–
WPC34, kg	75	75	110
스위트 유청, kg	75	75	110
물	–	–	750
설탕, kg	400	300	400
크림, 60% 지방, kg	67	67	100
포도당 시럽, 82° Brix, kg	70	–	70
HFC 시럽, 42%, kg	–	180	–
탄산수소나트륨, g	100	100	100
바닐라 농축액, L	0.25~0.35	0.25~0.35	0.25~0.35
한천, kg	1.25	1.5	1.5
제품 수율: 925kg @ 총 고형분 72~74%			

제조법 제공: 허쉬(Hershey Foods Corporation)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

가당연유 대용유

원재료	사용량(%)
설탕	42.00
물	28.00
스위트 유청	18.25
식물성 지방, 수소를 일부 제거한 것	7.50
카제인 칼슘	2.50
카제인 나트륨	1.25
레시틴	0.25
탄산수소나트륨	0.25
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정(비균질 블렌드용):

1. 식물성 지방과 레시틴을 65~75°C로 녹인다.
2. 스위트 유청 분말, 카제인 칼슘과 카제인 나트륨, 탄산수소나트륨 블렌드를 65 ~75°C의 지방 혼합물에 넣고 입자가 곱고 균일한 가루가 되도록 문지르면서 교반한다.
3. 자당을 천천히 지방/유청 · 카제인 혼합물에 넣고 균일하게 될 때까지 섞는다.
4. 교반하는 중에 1/3 가량의 물을 넣어 두껍고 균일한 반죽이 되도록 한다. 자당이 완전히 용해될 때까지 계속 저어준다.
5. 천천히 남은 물을 넣고 혼합물이 부드럽고 크리미한 상태가 될 때까지 계속 저어준다.
6. 믹서 용기에 넣고 사용하기 전까지 15° ~ 18°C가량의 선선한 곳에 보관한다. 또는 남은 캔디 재료와 함께 제과 조리기로 즉시 옮겨둔다.

제조공정(균질 블렌드용):

1. 식물성 지방을 녹인 다음 물과 레시틴을 함께 용기에 넣고 65 ~75°C온도로 가열한다.
2. 자당, 유청, 카제인 칼슘, 카제인 나트륨, 탄산수소나트륨 등 가루재료를 혼합하고, 천천히 지방/물 혼합물을 가루재료에 넣는다. 모든 재료들이 완전히 균일하게 퍼질 때까지 교반한다.
3. 배치의 온도를 70°C까지 올린다.
4. 70°C에서 2단계로 균질화한다. 1단계에서는 141kgf/cm2의 압력으로 2단계에서는 35kgf/cm2압력으로 균질화한다.
5. 15° ~18°C로 식히고 사용하기 전까지 선선한 곳에 보관한다.

베이커리 크림 충전물

원재료	사용량(%)
물	64.27
설탕	8.76
헤비 크림(36% 지방)	8.11
WPC34	5.33
옥수수 전분	5.26
녹인 버터	4.38
난황 고형분	2.37
바닐라	1.05
소금	0.47
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 용기에 가루재료(설탕, WPC34, 옥수수 전분, 설탕, 난황 고형분)를 한데 넣고 혼합한다.
2. 가루재료에 준비한 물을 소량 넣고 거품기를 사용해 반죽이 부드러워 질 때까지 저어준다.
3. 남은 물을 끓이고 반죽을 물에 천천히 넣으면서 계속 저어준다.
4. 걸쭉한 겔과 같은 농도가 될 때까지 중간불에서 계속해서 섞어준다.
5. 불을 끈 상태에서 크림, 녹인 버터, 바닐라를 첨가하면서 계속 저어준다.
6. 7°C까지 식힌 다음 사용하기 전까지 냉장 보관한다.

13 유청 · 유당제품을 응용한 유제품 제조

13. 유청 · 유당제품을 응용한 유제품 제조

제조법 감수:
캐시 넬슨 (Kathy Nelson)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

13.1개요

필립 S. 통 박사 (Dr. Phillip S. Tong)
캘리포니아 주립 공과대학 유제품 기술센터 (Dairy Products Technology Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA)

낙농업계는 발효유, 유음료, 치즈, 냉동 디저트, 농축유제품, 유제품 분말 등 다양한 제품을 생산한다. 의식수준이 높은 현대의 소비자들은 품질이 뛰어나고 영양가 높은 유제품을 언제든 이용할 수 있을 것이라고 당연히 기대하고 있다. 따라서 유제품에 사용되는 원료는 소비자의 기대치에 부합해야 하며, 각종 유제품 생산업체가 요구하는 다양한 기능성을 제공할 수 있어야 한다.

미국에서는 최근 식용으로 판매되는 건조유청제품의 약 50~70%가 낙농업계에서 사용되고 있다. 또한 유제품에 농축유청단백을 사용하는 사례가 크게 증가하고 있다.

유청 응용 기술의 발전으로 유청제품의 품질과 지속성이 향상되었고, 다른 기능성 재료에 비해 비용 효율적인 대체물로 부상했다. 유청원료가 예전부터 유청보다 가격이 높은 유고형분에 대한 비용 효율적인 대체물로 널리 사용되어 왔기 때문에 유청 응용 기술 발전은 특히 중요하다.

그러나 최근에는 비단 비용 효율적인 측면뿐 아니라 유청원료의 다양한 기능성 때문에 유제품 제조에 유청을 사용하는 사례가 늘고 있다. 유청을 사용한 많은 유제품 재료들이 유제품 가공업체가 원하는 재료의 기능성(점성, 겔화, 수분 결합력, 용해성, 관능적 특성, 유화력, 거품 형성력, 산 안정성, 팽창력 등) 및 미생물학적 품질, 영양, 가용성 등을 제공하고 있다. 유청원료가 지닌 고유의 향미가 유제품의 맛을 보완해주기 때문에 유청원료는 법이 허용하는 한도 내에서 대부분의 유제품에 비교적 쉽게 사용된다. 유청원료 공급업체들이 최종 소비자의 구체적인 요구에 부합하는 유청제품을 공급할 가능성이 높기 때문에 유가공업체들은 더더욱 유청원료에 매료되고 있다.

유청원료에 함유된 특정 성분을 섭취하면 건강에 좋다는 정보가 여기저기서 흘러나오고 있다. 따라서 유제품에 유청원료를 사용하면 그것을 적용한 유제품을 섭취할 경우 얻게 되는 건강상의 추가 이점을 홍보할 기회도 얻게 되는 것이다.

마지막으로 유제품 및 관련 제품에 대한 전 세계적인 규제 완화 분위기도 고부가가치 유청원료 사용에 대한 새로운 기회로 다가오고 있다. 이러한 환경의 변화는 유제품 가공업체가 고수익 제품군에서 시장 점유율을 높일 수 있는 새로운 제품 개발의 계기를 마련해준다.

본고는 유제품 가공업자가 원하는 고부가가치 제품(가공치즈, 냉동 디저트, 발효유/요거트, 유제품 원료의 표준화)을 생산하는 데 유청원료가 일조할 수 있는 4가지 주요 유제품군에 대한 정보를 제공하고 있다. 다음 정보가 유제품에 유청원료를 활용하는 데 있어 합리적이고 실용적으로 접근할 수 있도록 유용한 가이드 역할을 할 것이다.

13.2 냉장포장 및 저온살균 치즈 제조 시 유청의 활용

스티븐 영 박사 (Dr. Steven Young)
스티븐 영 월드와이드 (Steven Young Worldwide, Houston, TX)

가공치즈에 유청원료를 사용하면 다음과 같은 이점이 있다.

- 시팅, 슬라이싱, 슈레딩, 스프레딩을 좋게 한다.
- 치즈가 부드럽게 녹을 수 있게 한다.
- 최상의 향미와 탄력성을 부여한다.
- 양질의 단백질과 칼슘을 공급한다.
- 비용 효율적이며 원료비를 절감할 수 있다.

유청과 유청제품은 냉장포장법으로 처리한 '클럽' 치즈식품 및 스프레드와 저온살균법으로 처리한 치즈식품 및 스프레드에 수년 간 사용되어 왔다. 스위트 유청, 단백질 함량이 34~80%인 농축유청단백(WPC), 저유당 유청, 탈염 유청, 단백질 함량이 90% 이상인 분리유청단백(WPI)이 치즈 제조에 가장 널리 사용되는 유청제품이다.

향미 증진이나 각종 기능성 부여와 같은 질적인 우수성만으로도 사실상 모든 식품 제조에 유청을 적정량 활용해야 하는 이유가 되기에 충분하다. 비용 효율성이라는 이점은 가공치즈에 유청제품을 사용할 수 밖에 없는 핵심 동인이 되고 있다.

가공치즈 제품 – 분류 및 종류

가공치즈 제품은 기본적으로 냉장포장법으로 처리된 제품과 저온살균법으로 처리된 제품 두 종류가 있다. '가공'이란 용어는 주로 저온살균된(즉 열처리된) 치즈제품과 관련이 있지만 냉장포장된 치즈, 즉 '클럽' 치즈도 포함할 수 있다(치즈에 대한 규정과 정의는 국가마다 다르므로 자세한 정보는 해당 국가의 식품관련 규정을 참고한다).

완제품의 상업적인 용도에 따라 가공치즈 및 치즈식품을 나누는 분류법이 몇 가지 있다. 분류법 간의 근본적인 차이점은 다음 사항에 기초한다.

- 치즈 성분의 차이
- 치즈의 종류 및 양
- 국가별 허용 재료
- 완제품의 유지 및 수분 함유 목표치와 허용치
- 원하는 향미와 색감(즉, 치즈 종류)
- 해당국가의 승인 하에 적용 가능한 영양성분 표시
- 완제품의 용도(개별 슬라이스, 슈레딩용 블록 및 덩어리, 스프레드, 소스, 충전물, 상용 식재료로 쓰일 반죽 등)

가공치즈에 함유된 유청과 유청제품과 관련된 규정은 국가마다 다르다는 점을 명심해야 한다. 일반적으로 가공치즈에 사용할 수 있는 유청제품은 스위트 유청, 저유당 유청, 탈염 유청, 에시드 유청, 농축유청단백, 분리유청단백 등이 있다(영양성분표시 및 영양강조표시에 기초한 분류법 역시 국가마다 다르므로 현지 식품관련 규정을 확인한다).

유청원료 선택 방법

유청제품을 선택할 때 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 기능적 특성
- 향미
- 원료비
- 유당 성분
- 산도

유청제품과 기능성

만들고자 하는 제품의 종류와 용도에 따라 정도의 차이는 있지만 유청은 제품에 기능성을 부여한다(표 13.2.1은 가공치즈식품과 스프레드에 사용된 유청이 어떤 기능을 하는지 보여주고 있다).

녹는 성질과 탄성

스위트 유청과 같이 단백질 함량이 낮은 유청제품은 블록 치즈로 사용하기에는 구조가 약하고 녹는 동안 잘 퍼지는 경향이 있어, 이러한 특성을 필요로 하는 다른 용도로 사용하기에 적합하다. 농축유청단백(WPC)은 제대로 선택하여 사용하기만 한다면 슈레딩하기에 알맞은, 단단하면서도 질감이 부드러운 치즈 블록을 얻을 수 있다. 그러나 유청단백의 강한 수분 결합력 때문에 그와 같은 치즈 블록은 잘 녹지 않고 녹더라도 잘 퍼지지 않을 수 있다. 아울러 높은 온도가 유지되는 동안 점성이 증가하는 WPC는 슬라이스 제품이나 개별 포장용 치즈에 사용하기에는 부적합할 수도 있다. WPC는 저온가공 처리되면 단백질 변성이 거의 일어나지 않아 완제품의 점성이나 기타 기능성에 영향을 그다지 미치지 않기 때문에 유용하게 사용할 수 있다.

향미

유청제품은 다음과 같은 방법으로 완제품의 향미에 영향을 준다.

- 유청원료 고유의 맛
- 당도
- 유청단백이 인공 향미료 및 치즈 고유 성분에 미치는 영향

미국산 유청제품은 순하고 단 우유맛이 나기 때문에 가공치즈 제품에 사용되는 다른 향미료와도 맛이 잘 어우러진다.

13. 유청 · 유당제품을 응용한 유제품 제조

원료비
냉장포장법이나 열처리법으로 치즈나 스프레드를 만들 때 가장 비용이 많이 드는 원료로는 천연치즈, 탈지유고형분, 유지방이 있다. 유청제품은 원료비를 낮추면서도 좋은 향미와 기능성을 부여하며, 다양한 용도의 제품 제조(영양성분표시 및 영양강조표시)도 가능하게 한다. 제품의 용도에 맞는 적절한 유청원료를 선택하면 유청제품이 지닌 이러한 이점을 최대한 살릴 수 있다.

유당 성분
유당 결정화(모래알 같은 거친 질감)는 부적절하게 냉장포장이나 열처리하여 제조한 치즈나 스프레드에서 발생할 수 있다. 이처럼 유당은 모래알과 같은 결정을 형성할 수 있지만 제품의 수용액상에서 유당 농도를 16% 이하(7.5% 이하가 기본)로 제한하면 유당의 결정화를 제어할 수 있다.

유당은 제조과정이나 완제품의 유통과정 동안 메일라드 비효소적 갈변 반응에 관여하기도 한다. 메일라드 반응은 제품의 색감(진한 색으로 변함)과 향미(캐러멜 향, 구운 향, 탄내)에 영향을 줄 수 있다. 따라서 유당 농도를 조절하는 것이 매우 중요하다. 저유당 유청, 농축유청단백, 분리유청단백 같은 유당 함량이 적은 유청제품을 이용하면 유당의 결정화와 메일라드 비효소적 갈변 반응을 최소화할 수 있다.

산도
산미료는 냉장포장법이나 열처리법으로 제조한 치즈식품이나 스프레드 제품에 모두 사용할 수 있다. 가공치즈 제조과정에서 산을 과다하게 또는 부적절하게 첨가하면 카제인이 침전되어 모래알을 씹는 듯한 거친 식감이 형성될 수 있다. 그렇기 때문에 가공치즈나 스프레드를 만들 때는 산도가 pH 4.5~5.0 이상이 되도록 조절해야 한다. 제품의 산도는 첨가한 산미료나 유청과 같은 유제품 성분에서 비롯하며 반드시 적절한 조절이 필요하다.

유청원료가 가공치즈 제조에 미치는 영향

기타 재료의 첨가(향미료 포함)
곱게 빻은 가루 치즈와 더불어 다른 원료들도 동시에 선택적으로 첨가할 수 있다. 유청원료를 첨가할 때는 덩어리가 생기지 않도록 각별히 주의해야 한다. 따라서 재료를 혼합하고 조리할 때 수화될 수 있도록 유청원료를 물에 담가두어야 할 수도 있다. 유청원료를 미리 적당량의 물과 섞어 슬러리를 만들어 두면 문제는 해결된다. 이와 같은 수화과정은 고단백 · 고점도 유청원료를 사용할 때 특히 필요한 과정이다. 향미료나 산미료, 착색료를 마지막 단계에 첨가해야만 제품과 잘 혼합되고 조리 과정에서 맛이 소실되는 것을 방지할 수 있다.

용해성
생유청 제품(예: 단백질)은 다양한 pH 범위에서 잘 용해되고 산미료를 첨가해도 안정적이다. 이러한 특성 덕분에 씹히는 것이 전혀 없는 크리미하고 부드러운 질감에 가루맛이 거의 또는 전혀 나지 않는 치즈 제품을 만들 수 있다.

유화력
유청단백은 수용성 식품에서 지방과 오일을 효율적으로 유화시키는 기능을 한다. 유청단백은 안정적인 유화액을 형성하는 성질이 강해서 특정 식품에서 화학 유화제 대신 사용되기도 한다. 또한, 유청제품의 결합 지방은 인지질(예: 레시틴)에서 다소 높게 나타나며 유청원료의 유화력을 높여 준다. 안정적인 유화액은 치즈 덩어리를 갈고 조리하며 포장하고 냉장시키는 과정에서 매우 필요한 성분이다.

수분 결합력
유청단백은 물리화학적인 방법으로 상당량의 수분과 결합하여 혼합물의 점성을 증가시키는 경향이 있다. 이러한 증점성은 최종 혼합물의 점도를 조절하는데 사용될 수 있다. 유청단백의 수분 결합력 때문에 치즈 완제품의 녹는 성질, 신축성, 퍼짐성, 부드러운 질감 등에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 가공치즈에는 대부분 저온처리한 유청원료를 사용하는 것이 일반적이다.

팽창제
유청원료는 저렴한 고형분 대체재(치즈, 무지유고형분, 유지방)나 지방 대체재로 이용 가능하다.

점성
유청단백은 제품에 탄성(씹고 베어 물 때의 식감 개선)을 더해주며 질감(부드럽고 크리미한 질감 증대, 알갱이가 씹히는 거친 질감 감소)을 좋게 해준다. 하지만 유청단백은 우유 카제인과는 달리 녹지도, 늘어나지도, 퍼지지도, 완제품의 견고함을 유지하지도 못한다. 하지만 용도에 맞는 유청을 적절량 사용하면 이 문제를 해결할 수 있다. 점성은 또한 제품의 압출력, 시팅, 슬라이싱, 슈레딩, 포장 충전에도 영향을 미친다.

시각적 효과
유청제품은 치즈 혼합물에 따라 믹스나 완제품의 색을 불투명하고 하얗게 만들며 우유의 느낌을 주는 효과가 있다.

비용 효율성
가공치즈에 유청제품을 사용할 때 기대할 수 있는 가장 큰 이점은 원료비 절감이다. 용도에 맞는 유청제품을 사용하면 비용을 상당히 절감할 수 있다. 많은 유청원료가 비용 절감의 기회를 제공한다.

영양
유청은 양질의 단백질, 미네랄, 비타민을 비롯한 영양분의 공급원이다. 유청만큼 비용이 저렴하면서도 필수 영양성분을 골고루 갖춘 제품은 찾아보기 어렵다. 또한, 칼슘과 다양한 생리활성 성분도 함유하고 있다. 냉장포장법이나 열처리법으로 저 탄수화물이나 저지방 제품을 제조할 때 WPC80, WPI와 같은 고단백 · 저유당 유청제품을 사용할 수 있다.

표 13.2.1
가공치즈 식품과 스프레드에서 유청원료가 지니는 이점

기능성	일반적인 효과	가공치즈 제품에서만 나타나는 효과
용해성	다량 사용 시 부드러운 질감 형성	• 다량 사용 시 크리미한 질감 형성 • 거친 질감이나 '가루' 맛 감소
다양한 산도에서 용해성	광범위한 pH 범위에서 높은 용해성을 보임	• 산을 첨가해도 안정적인 용해성을 보임
수분 결합	수분 결합 및 포집	• 탄성, 질감 부여
점성	증점 효과	• 탄성, 질감 부여
겔화	열처리 시 겔 형성	• 유지방 대체
유화성	안정적인 지방/오일 유화액 형성	• 카제인 단백질 대체 • 오일 분리 방지
거품 형성력	안정적인 피막 형성	• 거품 구조 형성
거품 안정성	휘핑제품에 안정적인 거품 구조 형성	• 안정적인 거품 구조 형성
탁도	저지방 식품에 탁도 부여	• 색감 및 외형 개선
향미	순한 우유맛 또는 무미	• 다른 유제품 맛과 잘 어울림 • 권장량 사용 시 제품 향미에 별다른 영향을 미치지 않음
영양가	양질의 단백질과 칼슘 공급	• 영양 강화 목적에 적합
빙점 강하	염분 및 유당이 믹스의 빙점을 강하시킴	• 냉동식품의 빙점 관리 가능

유청원료 표준 사용량

각 유청원료에 대한 표준 사용량이 아래에 명시되어 있다. 표준 사용량은 각 유청원료의 기능성과 향미, 각 제조법에서 특별히 고려해야 할 사항에 따라 달라질 수 있다.

- 스위트 유청 4~8%
- 저유당 유청 5~8%
- 농축유청단백(WPC34, WPC80) 1~5%
- 분리유청단백(WPI) 0.5~1%

권장 사항 · 제품 및 가공 변형

유청원료 사용을 고려한다면 다음과 같은 사항을 유념해야 한다.

- 선택한 유청원료의 믹스 및 이를 활용한 완제품(슬라이스, 슈레드, 스프레드)의 점성과 유동성 간에 균형을 이룬다.
- '모래알과 같은 질감'을 야기하는 유당 결정화와 가공 및 보관 중에 발생하는 비효소적 갈변 반응을 최소화할 수 있도록 제품에 들어가는 유당의 총 사용량을 조절한다.
- 사용할 가공법의 가공 조건(시간, 온도 등)을 숙지한다.
- 규정상의 제한치와 허용치를 파악한다. 지방, 수분, 총 치즈 함량이 유청원료 사용량에 미치는 간접적 여파를 고려한다.
- 완제품의 용도, 유통 및 판매 방식을 확인한다. 완제품의 용도가 슬라이스, 슈레드, 스프레드, 향미료, 분말 중 무엇인지 파악한다.
- 유청원료 가격만 따지면 스위트 유청(저유당 유청, 탈염 유청 포함)이 가장 저렴하지만, 믹스 원료가격과 완제품의 수율을 감안해 보면 WPC나 WPI가 가장 효과적인 선택이 될 수 있다.
- 모든 치즈 제품과 가공 과정을 감안하면 유청제품이 사실상 모든 가공치즈와 치즈믹스용 원료로 가장 실용적이고 유용하다.

Q & A

Q: 유청원료를 믹스에 혼합할 적정 시점은 언제입니까?

A: 유청원료는 기타 유제품 원료를 믹스에 섞을 때 함께 넣어 주면 됩니다. 고단백 유청이나 사전에 변성된 유청제품처럼 점성이 높을 것으로 예상되는 유청제품들은 덩어리지는 것을 막기 위해 제조 공정에서 미리 물과 유청을 섞어 걸쭉한 슬러리로 만들어 두는 것이 좋습니다. 그런 다음 유청 슬러리를 최종 조리 온도에 도달하기 전에 조리 용기에 넣어 주면 됩니다.

Q: 저지방이나 무지방 가공치즈 제품을 만들 때도 동일한 제조공정을 사용할 수 있습니까?

A: 기본적으로 가능합니다만 제대로 된 제품을 만들기 위해서는 필요한 다른 원료들에 대해서도 충분히 고려해야 합니다. 결정셀룰로스, 카라기난, 탈지유 치즈를 혼합할 때는 주의가 필요합니다. 하이드로콜로이드는 다른 가루재료들과 미리 혼합해 둘 필요가 있으며 치즈나 다른 재료들을 섞기 전에 미리 수화를 시켜두는 것이 좋습니다. 조리 시간과 온도는 동일하게 적용하면 됩니다.

Q: 유청맛을 가끔 이상한 맛이라고 하던데 무슨 의미입니까?

A: '골판지맛' '산패취'나 '치즈맛'이라고도 불리는 '유청맛'은 제대로 보관하지 않은 일부 유청원료에서 비롯된 것입니다. 특히 부적합한 조건(30° 이상)에서 장기간(12 개월 이상) 보관한 유청에서 그런 맛이 납니다. 스위트 유청은 순한 우유맛처럼 좋은 맛이 나야 합니다. 제대로 선택 · 보관하고 사용할 때 유청원료는 좋은 우유맛이 나거나 아예 아무 맛도 나지 않아서 다양한 치즈맛과 잘 어울립니다.

Q: 탈지유고형분에 비해 가격이 높은 WPC80가 어떻게 비용 효율적일 수 있습니까?

A: WPC80이나 WPI의 비용 효율은 여러가지 요인의 영향을 받습니다. 우선 WPC80이나 WPI와 같은 고기능성 원료는 일반 스위트 유청의 사용량(3~4%)에 비해 훨씬 적은 양(0.5~1.0%)을 사용해도 된다는 점을 알아야 합니다. 또한, 배합만 제대로 한다면 다른 값비싼 재료들(하이드로콜로이드 안정제, 일부 유화제)을 WPC80이나 WPI가 완전히 또는 부분적으로 대체할 수 있기 때문에 이에 따라 총 제조비용을 절감할 수 있습니다.

Q: 유청제품은 반드시 저온살균처리 이전에 첨가해야 합니까?

A: 유청은 저온살균하기 전에 믹스에 첨가하는 것이 가장 좋습니다. 그렇게 하면 완성된 믹스의 미생물학적 품질을 적절히 조절할 수 있기 때문입니다. 특정 조건 하에서 냉장포장 치즈 및 스프레드를 생산하기 위한 냉장처리 공정 도중에도 완제품의 물 활동성이 낮은 시점에 유청원료를 첨가할 수 있습니다.

Q: 유청단백의 기능성과 관련해서 냉장포장과 열처리 포장 간의 차이점이 있습니까?

A: 냉장포장법은 유청단백의 기능성에 거의 아무런 변화도 주지 않습니다. 반면 열처리 포장은 고온으로 인해 유청단백의 기능성에 긍정적으로든 부정적으로든 영향을 미칠 수 있습니다. 제품을 가열하고 천천히 식히는 과정에서 색감과 향미에 결함이 발생할 수 있습니다.

13.3 요거트 및 발효 유제품 제조 시 유청의 활용

A. 후구닌 박사 (Dr. A. Hugunin, consultant, Pleasanton, CA)

요거트 제조 시 유청 제품을 선별해서 첨가하면 다음과 같은 많은 이점이 있다.

- 향미 증진
- 질감 개선
- 영양 강화
- 수분분리 현상 감소, 유통기한 연장
- 프리바이오틱 효과
- 기능적인 이점
- 비용 절감

미국 낙농업계는 요거트 제품에 대한 소비자의 선호도를 최대한 활용하고 유통기한을 연장하며 전반적인 품질도 개선하고 제조비도 절감하기 위한 다양한 유청제품을 공급하고 있다.

유청제품은 다양한 기능적 이점을 제공하고 식품 제조 시 기존 원료를 더 나은 원료로 대체할 수 있게 해준다. 또한 유청원료를 사용하면 '청정 식품' 라벨을 부착한 전지유 식품을 판매할 수 있어서 전 세계 많은 소비자들의 선택을 받을 수 있게 된다. 유청제품의 프리바이오틱 기능은 프리바이오틱 제품이나 기능성 발효유 제품 제조에서 매우 중요한 요소이다.

유청제품은 많은 요거트 제조법에 무지유고형분을 제공할 수 있다. 유청제품은 가장 중요한 원료비 절감 효과가 있을 뿐 아니라 고유의 기능성과 풍부한 우유 영양분(영양가가 높은 단백질, 칼슘)을 공급하는 기능을 한다. 향미료와 과일을 요거트에 첨가해 탄산 음료와 경쟁할 만한 제품을 만들 수도 있다. 현재 요거트는 다른 건강증진 화합물뿐만 아니라 프로바이오틱 박테리아를 전달하는 매체로도 널리 인식되고 있다. 건강증진 화합물로는 유청에 농축하거나 유청으로부터 분리해서 제품화한 우유 미네랄과 락토페린이 있다.

유청 강화가 요거트 향미에 미치는 영향

요거트의 맛은 발효하는 동안 생성된 기본 화합물과 제품에 첨가한 인공 향미료가 만들어낸 여러 가지 맛의 혼합이다. 유산균에 의한 요거트의 신맛 또한 제품의 향미를 더한다. 유당불내증이 있는 사람들을 위해 우유 속 유당을 가수분해할 경우 약간 단맛이 생성되는 데 이 맛을 싫어하는 소비자도 있다. 바로 이 단맛이 요거트에서는 맛의 균형을 잡아주고 요거트에 첨가하는 당분 양을 줄여줄 수 있다. 요거트의 신맛은 첨가된 다른 맛, 특히 과일맛을 잘 살려주는 효과가 있다.

유청단백 자체는 맛이 순하다. 탈지유의 카제인에 비해 유청단백은 첨가된 과일맛을 가리는 정도가 덜하다. 탈지유고형분 일부를 WPC 고형분으로 대체하면 과일맛 요거트는 더 풍부한 맛을 낼 수 있다. 유청단백을 요거트 안정제 용도로 사용하거나 전분이나 다른 증점제 대신 사용하면 제품 맛이 개선되는 효과도 누릴 수 있다.

유청에 농축된 수용성 염분은 요거트에 스위트 유청을 넣을 때 나는 이취현상과 관련이 있다. 유청에 농축된 염분은 탈염 유청을 생산하는 과정인 이온교환이나 전기투석을 통해 줄일 수 있다. 수용성 소금과 유당도 한외여과법으로 걸러낼 수 있으며 그 과정에서 WPC를 얻을 수 있다. 게다가 요거트 베이스에서 탈지유고형분 일부를 유청고형분으로 대체할 때 나타날 수 있는 발효 억제 현상은 일반 유청 대신 탈염 유청이나 WPC를 사용하면 막을 수 있다. 탈염 유청이나 WPC를 사용하면 최상의 요거트 맛을 낼 수 있다. 젖산, 아세트알데하이드, 다이아세틸(요거트의 맛을 좋게 하는 화합물)은 탈지유고형분만 이용한 요거트 베이스보다 탈지유고형분 일부를 WPC로 대체한 요거트 베이스에서 비슷하거나 더 많이 함유되어 있다.

요거트 믹스에서 탈지유고형분을 유청분말(스위트 유청)로 대체할 때 이를 제대로 처리하지 못하면 품질이 저하될 수 있다. 요거트 믹스의 탈지유 고형분을 스위트 유청으로 각각 25%와 50%씩 대체하는 비교실험 결과, 요거트의 pH가 일관되게 높게 나타났고 적정산도는 일관되게 낮게 나타났다. 탈지유고형분의 카제인에 비해 유청단백의 낮은 단백질 함량(탈지유 고형분은 스위트 유청분말에 비해 단백질 함량이 2.5배 높다)과 낮은 완충력은 적정산도의 차이를 증폭시킬 수 있다. 그러나 요거트 믹스에 유당효소를 첨가하여 유당 가수분해를 유도하면 보다 개선된 제품을 만들 수 있다. 유당이 가수분해하면 가용 단당류가 증가하고 발효가 촉진되어 pH 농도가 낮고 적정산도가 높은 요거트를 만들 수 있게 된다. 이러한 이유로 양질의 제품을 만들 때는 단백질 함량이 높은 WPC가 주로 사용된다.

비피더스균을 일반 요거트 배양액(스트렙토코쿠스속 테르모필루스균과 락토바실러스속 불가리아균)에 넣었을 때 스위트 유청 및 유청단백으로 강화한 요거트 샘플에서 살아있는 비피더스균의 수가 훨씬 많은 것으로 나타났다. 탈지유로 강화된 요거트에 비피더스균을 첨가하면 다이아세틸과 아세트알데하이드의 농도가 상당히 감소한 반면 유청단백으로 강화한 요거트에 비피더스균을 첨가하면 강화하지 않은 대조군에 비해 다이아세틸이 농도는 다소 높고 아세트알데하이드 농도는 비슷한 수준으로 나타났다. 유청단백으로 강화한 요거트에서 아세트알데하이드 농도가 다소 높은 이유는 유청과 저단백 WPC에서 비단백 질소 화합물이 더 많이 농축되어 있기 때문일 수 있다.

한외여과법으로 WPC80를 생산하는 과정에서처럼 WPC의 염분 함량이 급감하면 이로 인해 요거트의 완충력이 저하될 수 있다. 이때 인산염을 첨가하면 WPC80으로 강화한 요거트의 적정산도와 완충력을 복원할 수 있다. 또한 인산염 첨가는 칼슘이온에 영향을 미쳐 요거트의 점성을 증가시키기도 한다. 인산염 외에도 발효 요거트에 구연산을 첨가하면 적정산도를 원하는 수준으로 유지할 수 있을 뿐 아니라 신맛도 낼 수 있다.

유청 강화가 요거트의 질감에 미치는 영향

요거트의 외형과 질감은 다양한 요인(총 고형분, 단백질 함량, 단백질의 종류,첨가된 증점제나 안정제의 종류 및 농도)의 영향을 받는다. 가공처리 온도의 영향과 탈지유를 탈염 유청으로 대체했을 때의 영향에 대한 연구 결과, 1)가공처리 온도를 높이고(85~95°C, 5분간 지속) 2) 탈염 유청 농도를 줄였을 때 요거트의 점조성이 증가한다는 사실이 밝혀졌다. 그러나 12.5%의 유고형분(1.5~3.0%의 고형분을 탈염 유청으로 대체한 경우)을 포함한 믹스를 91°C로 5분간 열처리해서 요거트를 만들면 시중 제품 수준의 점조성을 내는 것이 가능하다는 보고도 있다.

우유를 WPC로 강화하고 열처리하면 입자가 미세한 단백질 침전물이 관찰된다. 반면 카제인, 탈지유 분말, 농축 유단백을 첨가하면 침전물이 생기지 않는다. 우유를 가열하면 베타-락토글로불린이 변성되며 K-카제인과 반응하여 불용성 화합물을 형성한다. WPC로 우유를 강화하면 베타-락토글로불린 농도가 K-카제인 농도를 크게 초과한다. 그 결과 베타-락토글로불린과 알파-락트알부민 화합물과 같은 다른 단백질 화합물이 생성된다. WPC로 강화한 요거트에서 요거트를 안정시키고 점조성을 달라지게 하는 요인은 카제인 화합물이라기 보다는 베타-락토글로불린과 알파-락트알부민 화합물이다. WPC로 강화한 우유를 이용해 요거트를 만들면 질감과 점조성이 좋아진다. 카제인이나 탈지유 단백질로 강화한 요거트는 겔 강도가 비교적 단단한 반면 WPC로 강화한 요거트는 더 부드럽고 먹음직스러워 보이는 편이다.

WPC의 다른 중요한 이점은 요거트의 유통기한 동안 수분분리 현상을 막아 준다는 것이다. 제대로 열처리 한 WPC강화 요거트는 점성이 강하고 수분 결합력이 좋다. 다음 표는 일반우유, 탈지분유를 2% 강화한 우유, WPC34를 2% 강화한 우유로 만든 요거트를 비교 · 분석한 결과이다.

표 13.3.1
WPC34와 탈지분유 강화가 제품의 점성과 수분분리 현상에 미치는 효과

	점조성(외견상 점도)(cps)	수분분리 현상(ml)*
대조군	57.5	22
탈지분유 2% 강화	94.5	17
WPC34 2% 강화	117.0	7

* 수분분리 현상이 감소해야 제품 선호도가 올라간다.
출처: Proliant, Inc.
저작자의 승인 하에 재구성한 자료임(자세한 정보는 USDEC에 문의)

표 13.3.2
WPC80 첨가가 요거트 점성에 미치는 효과

	대조군	겔 형성력을 강화한WPC80	WPC80
탈지유	95.25%	97.26%	97.26%
탈지분유	3.08%	–	–
WPC80	–	1.44%	1.44%
전분	1.30%	1.30%	1.30%
젤라틴	0.37%	–	–
탈지유 단백	4.19%	3.21%	3.21%
유청단백	–	1.15%	1.15%
호상 요거트의 점성	60,200cps	76,000cps	70,700cps
스터드타입 요거트의 점성	8,900cps	8,800cps	8,000cps

출처: Proliant, Inc.
저작자의 승인 하에 재구성한 자료임(자세한 정보는 USDEC에 문의)

보고에 따르면 요거트 베이스를 탈지분유 4% 강화한 우유에 비해 WPC를 4% 강화한 우유에서 수분분리 현상이 절반 이상 감소했다. 단백질 함량이 높은 WPC(단백질 함량 80% 이상: WPC80) 일수록 요거트의 질감 개선 효과도 크게 나타났다. 이 같은 고기능성 단백질 제품에는 겔 형성력을 높이도록 처리한 제품도 포함된다. 각기 다른 WPC80으로 강화한 요거트에서 약간의 질감 차이가 감지되기는 하지만, 대게는 무시해도 될 만한 수준이다. 위의 표는 스터드타입 요거트에서 두 종류의 WPC80으로 탈지유고형분을 일부 대체하고 젤라틴을 100% 대체한 연구 결과를 보여준다.

농축유청단백으로 강화한 우유를 베이스로 요거트를 만들면 과일 알갱이가 골고루 퍼질 수 있는 적당한 점성을 형성하고, 부드러운 크림 같은 질감을 내며, 유통 및 보관과정에서 생기는 수분분리를 비롯한 여타 분리현상을 막을 수 있다.

요거트와 산성 단백 음료 제조 시 유청제품의 활용

점성이 낮은 음료 제품에서는 점성, 숙성, 농후성, 수분분리 현상과 관련된 문제들이 불거질 수 있다. 요거트 베이스에서 유청단백 대 카제인 비율이 높아질 때 생기는 단백질 침전물은 점성이 떨어지면 침전할 수 있다. 고전단 하에서 침전물의 크기를 줄이고 고 메톡실 펙틴(high-methoxyl pectin)을 발효 요거트에 혼합하면 분리현상과 침전현상을 조절하는 데 도움이 된다.

용해성 차원에서는 변성되지 않은 유청단백이 저pH에서 카제인보다 우수한 반면 산과 열 반응에서는 유청단백이 침전물을 형성할 수 있다. 유청단백의 열안정성은 pH 3.5~5.5에서 가장 저조하다. 유청단백 음료를 pH 3.5수준으로 산성화하면 발효 후 저온살균이나 멸균과정에서 단백질이 침전하는 속성을 줄일 수 있다. 그러나 멸균처리나 포장 이전에 pH 3.65로 산성화한 과일 주스나 초고온살균과정(UHT)을 거친 장기 보관용 유청단백 음료에서 일부 농후화나 침전현상이 보고된 바 있다.

유청제품이 요거트 발효 및 프로바이오틱 배양균에 미치는 영향

대부분의 연구진은 탈지유 고형분을 한외여과하여 얻은 WPC고형분으로 강화하거나 부분 대체하더라도 pH, TA, 유산균 수에서 알 수 있듯이 요거트 발효에는 아무런 영향도 미치지 않는다는 이론이 가장 폭넓은 지지를 받고 있다. 배양균을 억제할 수 있는 무기염과 다른 화합물은 한외여과 과정에서 막을 투과하여 유청단백으로부터 분리된다. 일각에서는 한외여과법으로 처리한 WPC가 오히려 발효와 락토바실러스 아시도필러스의 성장을 촉진한다고 밝히고 있다.

요거트 믹스에 들어 있는 유당의 약20~30%가 포도당과 갈락토스로 분해되고 요거트가 발효되는 동안 포도당은 젖산으로 바뀌게 된다. 그리고 나머지 유당은 장 내 박테리아 효소에 의해 분해된다. 그러나 유당분해 효소인 베타-갈락토시다제와 프로바이오틱 배양균은 위산에 의해 파괴될 수 있다. 십이지장에서 위산이 얼마나 쉽게 중성화되느냐 또한 박테리아 효소 작용과 유당 활용에 영향을 미친다.

연구 결과 배양균의 종류와 요거트 베이스의 젖산, 총 고형분, 단백질, 염(인산염, 구연산, 젖산) 함량이 요거트의 완충력에 영향을 줄 수 있다는 사실이 밝혀졌다. 탈지분유로 강화한 요거트 믹스에 비해 WPC로 강화한 요거트 믹스는 저pH에서 높은 완충력을 보이고 고 pH에서는 낮은 완충력을 보인다. 따라서, WPC로 강화하면 위에서는 프로바이오틱 배양균과 젖산 효소의 파괴를 최소화 할 수 있고 장에서는 효소 작용을 증진할 수 있다.

유청 분획물 및 미네랄 활용의 식의학적 이점

요거트 배양균의 의학적 효능이 단백질과 관련이 있다는 증거가 점차 늘어나고 있다. 발효과정에서 생산된 생리활성 펩타이드는 세포 배양 체계에서 세포 증식을 감소시키는 데 효과적이다. 단백질이 분리되고 발효되었을 때 알파-락트알부민은 세포 분열을 억제했지만 베타-카제인은 그렇지 않았다. 이와 같은 알파-락트알부민의 기능을 통해 요거트 섭취와 직장암 발병률 저하와의 상관관계를 설명할 수 있다.

또 다른 연구에서는 쥐에게 각각 대두단백, 카제인, 유청단백을 먹인 뒤 이것이 쥐의 혈중 콜레스테롤 수치에 미치는 영향을 비교 분석했다. 보고된 결과에 따르면 카제인을 먹인 쥐에서는 먹기 전보다 콜레스테롤 수치가 3배 증가했고, 대두단백의 경우 2배 증가했으나, 유청단백을 먹인 쥐에서는 오히려 30%가 감소했다. 고지방 식단을 실시한 쥐에게 유청단백을 섭취시키자 콜레스테롤 배출 속도가 상당히 상승했다. 무지방 음식을 먹인 쥐에게 유청단백을 섭취시켰을 때 콜레스테롤 합성이 억제된다는 점도 관찰되었다.

유청으로부터 분리되어 활발히 상품화 되고 있는 유단백 성분인 락토페린은 가장 흥미로운 기능성 식품 원료 중 하나이다. 락토페린은 소장 세포의 성장 및 비피더스균의 증식을 활성화한다고 보고된다. 또한, 인체에 유용한 균은 증식시키고 유해한 균은 막아주는 항균제이이기도 하다. 활성철과 결합을 통해 락토페린은 철분을 필요로 하는 세균의 증식을 억제한다. 락토페린은 단백질 소화효소에 의해 락토페리신이라는 펩타이드로 전환되어 그람음성균과 효모에 항균작용을 하기도 한다. 철분과 결합하고 이를 운반하는 능력은 락토페린의 널리 알려진 또 다른 이점이다.

표 13.3.3
요거트 음료에서 탈지분유를 유청단백으로 40% 대체했을 때 효과

제조법	대조군	실험군 A	실험군 B	실험군 C
탈지분유, %	10.40	6.24	6.24	6.24
WPC80(겔 타입), %	–	1.88	–	–
WPC80, %	–	–	1.92	–
WPC34, %	–	–	–	4.16
유당, %	–	2.28	2.24	–
물, %	89.60	89.60	89.60	89.60
점성				
전단 직후(cps)	82	758	315	22
전단 24시간 이후(cps)	95	1,982	845	30
관능점수				
두께	3.4	7.0	0=가장 얇음 10=가장 두꺼움	
텁텁함	3.8	3.8	0=텁텁하지 않음10=매우 텁텁함	
향미	5.3	6.8	0=나쁨 10=좋음	

출처: Proliant, Inc.
저작자의 승인 하에 재구성한 자료임(자세한 정보는 USDEC에 문의)

미네랄 함량이 높으면 요거트 배양균의 활동이 억제된다. 그러나 유청에서 가공한 우유 미네랄 농축물은 향후 요거트 원료로도 이용될 수 있는 성분이다. 우유 미네랄 농축물은 대략 20~25%의 칼슘을 함유하고 있어 식품의 칼슘 성분을 보강하기 위해 사용될 수 있으며 요거트의 점성으로 무기염의 침전을 최소화 한다. 그러나 1가 염분(나트륨, 칼륨, 염화물), 단백질, 비단백 질소 화합물의 사용량은 제조 공정에 따라 달라질 수 있다. 제품의 향미에 영향을 미치지 않도록 미네랄 성분의 첨가량을 조절해야 하며, 미처 용해되지 못한 염분이 침전되지 않도록 요거트의 점성을 조절해야 한다.

칼로리 과다 섭취 우려와 관련해서 처음에는 실험 참가자들이 단백질 함량이 높은 WPC 강화 요거트를 선호했지만, 저단백 요거트를 먹었을 때에 비해 동일한 칼로리의 고단백 요거트를 먹었을 때 참가자들이 허기를 훨씬 덜 느꼈다는 (제품을 더 먹고 싶어하는 욕구가 급격히 사라짐) 연구결과가 보고되었다.

Q & A

Q: 유청을 어떻게 활용해야 소비자의 기대에 부합하는 요거트 제품을 만들 수 있습니까?

A: 우유에 함유되어 있는 많은 영양분과 생리활성 화합물은 치즈 제조과정에서 유청과 분리됩니다. 새로운 제조기술을 이용해 이러한 성분을 변형, 분획, 농축하면 영양가 높고 기능성이 우수한 유제품 원료를 만들 수 있습니다.

Q: 어떤 유청제품이 요거트 원료로 사용됩니까?

A: 요거트 제조에 적합한 유청제품으로는 농축유청단백(WPC)이 있으며, 새로 출시된 유청제품 가운데 향후 요거트 원료로 활용될 수 있는 제품으로는 락토페린과 농축 유단백을 들 수 있습니다.

Q: WPC는 어떤 용도로 사용됩니까?

A: WPC는 요거트용 우유의 단백질 함량을 높이는 데 사용되며 우유의 탈지유단백을 대체하는 기능도 합니다. 탈지유단백의 15~35%를 0.75~2%의 유청단백으로 대체하는 것이 일반적입니다. WPC처럼 같은 고단백 유청제품을 요거트 안정제 대신 첨가하는 경우도 있습니다.

Q: WPC로 요거트를 생산할 때 제조공정에서 어떤 변경이 필요합니까?

A: 유청단백의 기능적 이점은 단백질 간의 상호작용에서 비롯됩니다. 이와 같은 상호작용은 발효 전에 요거트를 예열하고 저온살균하는 동안 시작됩니다. 85~90°C에서 5~30분 동안 저온살균하는 것이 일반적인 요거트 제조방법입니다. 이 같은 저온살균 공정은 WPC를 첨가한 제품 제조에 적합합니다. 질감에 이상이 있을 경우 온도를 조절하고 요거트 믹스의 유리칼슘 이온을 최소화하면 도움이 됩니다

Q: 요거트에 WPC를 첨가해서 생기는 다른 이점이 있습니까?

A: 제품실험 결과 WPC 첨가로 인해 장 내 베타-갈락토시다제의 활동과 프로바이오틱 배양균의 완충력이 향상된다고 합니다. 유청단백에서 생성된 펩타이드는 직장 내 종양세포의 증식을 통제할 수 있게 해주고 유청단백은 혈중 콜레스테롤 수치를 낮추는 데 도움이 됩니다.

Q: 우유 미네랄 농축물이나 우유 미네랄을 어떻게 사용합니까?

A: 일부 유청제품은 생체 내 이용효율이 높은 천연 칼슘의 공급원으로 사용할 수 있습니다. 칼슘과 염분 함량이 많으면 단백질 간의 상호작용과 배양균의 활동이 지장을 받기 때문에 이와 같은 원료는 발효 후에 요거트에 섞을 것을 권장합니다.

Q: 요거트에 락토페린을 사용할 수 있습니까?

A: 락토페린은 초유에 비교적 많이 농축되어 있고 우유에도 소량 함유된 유단백입니다. 락토페린에는 철분 운반능력 향상, 비피더스균 증식과 장 세포 성장의 활성화, 병원균에 대한 항균작용 강화 등의 이점이 있습니다. 락토페린을 사용할 때는 요거트를 저온살균하고 발효한 후에 첨가해야 합니다.

13.4 아이스크림과 냉동 디저트 제조 시 유청의 활용

스티븐 영 (Steven Young)
스티븐 영 월드와이드 (Steven Young Worldwide, Houston, TX)

유청과 유청제품은 아이스크림을 비롯한 냉동 유제품 디저트에 수년 간 활발히 사용되어 왔다. 그 중 스위트 유청, 농축유청단백(단백질 함량 34~80%), 분리유청단백(단백질 함량 90% 이상)이 가장 보편적으로 사용되는 유청원료이다. 탈유당 및 탈염 유청 또한 원료로 사용된다. 아이스크림과 냉동 디저트의 원료로 유청을 사용하는 가장 큰 이유는 비용 효율성과 품질 향상 때문이다. 유청제품의 영양적 가치 또한 미국산 유청제품을 사용하는 제조업체들이 전 세계적으로 증가하고 있는 이유이다.

유청 사용에 대한 각국의 규정이나 제한 사항도 함께 고려해야 한다. 제조업체는 냉동 디저트 식품에 사용할 수 있는 특정 원료의 최대 허용치에 관한 현지 규정도 꼼꼼히 따져봐야 한다.

적합한 종류의 유청을 선택하여 적정량을 사용하면 우수한 품질(향미, 탄성, 질감, 냉동 · 해동 안정성)의 완제품을 생산하는 동시에 원료비를 절감하면서 영양가는 높일 수 있다.

다양한 기능성 유청원료

냉동 디저트에 가장 자주 사용되는 미국산 유청원료는 다음과 같다.

- 스위트 유청
- 저유당 유청
- 탈염 유청
- 에시드 유청(신맛이 나는 셔벗, 소르베만 해당)
- 농축유청단백(단백질 함량 34%: WPC34)
- 농축유청단백(단백질 함량 50%: WPC50)
- 농축유청단백(단백질 함량 80%: WPC80)
- 분리유청단백(단백질 함량 90%: WPI)
- 기타 맞춤형, 즉석 블렌드, 칼슘강화 유청제품

아이스크림 및 관련 제품에서 유청이 지니는 기능적 이점

유화력

유청단백은 수용성 식품에서 지방과 오일을 효율적으로 유화시키는 기능을 한다. 유청단백은 안정적인 유화액을 형성하는 성질이 강해서 냉동 유제품 디저트에서 화학 유화제 대신 사용되기도 한다. 또한, 유청제품의 결합 지방은 인지질(예: 레시틴)에서 다소 높게 나타나며 유청원료의 유화력을 높여 준다.

수분 결합력

유청단백은 물리화학적인 방법으로 상당량의 수분과 결합하여 혼합물의 점성을 증가시키는 경향이 있다. 또한 물–얼음–물로의 이동을 제한함으로써 완제품이 냉동 · 해동 안정성을 갖게 하는 데에도 일조한다.

팽창제

유청원료는 저렴한 비용의 고형분 대체재로 이용이 가능하고 일부 제품에서 제거된 기능을 대신 채워주기도 한다(예: 저지방 냉동 디저트에서 지방 대체재).

휘핑성/거품 형성력

유청단백은 휘핑성과 거품 형성력이 좋아서 냉동 중에 원하는 형태를 만들 수 있게 해주고 공기 포집력도 향상시킨다.

점성

유청단백은 냉동 디저트에 탄성을 더해주며, 씹고 베어 물 때의 식감도 좋게 한다고 알려져 있다. 유청단백을 첨가함으로써 질감을 개선할 수 있다. 냉동 제품이 입 안에서 더욱 부드럽고 크리미하고 차갑게 느껴지게 할 뿐 아니라 질감이 '거친' 문제도 최소화할 수 있다.

시각적 효과

유청제품은 치즈 혼합물에 따라 믹스나 완제품의 색을 불투명하고 하얗게 만들며 우유의 느낌을 주는 효과가 있다.

빙점 관리

유청, 유당, 소금은 물이 얼음으로 어는 냉동 공정을 관리하는 데 있어 고려해야 할 요소이다. 이 세 가지 성분은 냉동 조건, 혼합 효과뿐 아니라 탄성(씹고 베어 물 때의 식감)이나 질감(부드러움)과 같은 완제품의 품질에 영향을 미친다. 열 충격을 비롯한 유통상의 환경 변화로 인해 얼음 결정이 점점 커지는 것을 조절하는 데 있어 유청단백은 중요한 역할을 한다. 유청단백을 사용하면 최상의 냉동 · 해동 안정성을 얻을 수 있다.

향미

생유청 제품은 사실상 인지할 만한 향미 성분이 없이(WPC, WPI) 단 우유맛(스위트 유청)을 낸다. 일부 식품에서 스위트 유청을 다량 사용하면 완제품에서 과도한 유청맛이 날 수 있다. 그러나 일부 아이스크림과 대부분의 셔벗이나 소르베 등에서처럼 유기산(구연산, 사과산, 젖산)과 과일향을 사용하면 '유청' 본연의 맛이 많이 사라진다. 식품 제조단계에서 유청제품 첨가량을 적절히 조절하면 전반적인 제품 맛을 최적화할 수 있다.

향미료에 미치는 영향

유청단백과 같은 고분자량 단백질은 바닐라 농축물 등 향미료의 다양한 화학 성분을 흡수해 바닐라향이 덜 느껴지게 한다. 유청단백 함량이 높을 수록 향미료에 미치는 영향도 더 커진다. 유청의 이 같은 효과는 다른 단백질과 더불어 발생할 수 있는 만큼 식품 개발 시에는 단백질과 향미료 간의 상호관계를 감안하여 최상의 제조법을 고안할 필요가 있다.

비용 효율성

아이스크림과 기타 냉동 유제품 디저트에 유청제품을 사용하는 가장 큰 이유는 혼합원료의 비용을 절감할 수 있기 때문이다. 용도에 맞는 유청제품을 제대로 선택하면 비용을 상당히 절감할 수 있다. 배합식이 제대로 이루어졌을 때 유청원료는 비용절감 기회를 제공할 수 있다.

영양

유청을 구매하는 것은 최고의 영양분을 구매하는 것이다. 가격대비 가치를 따져볼 때 유청만큼 다양한 영양의 공급원은 찾아보기 어렵다. 유청에는 양질의 단백질과 칼슘뿐 아니라 유청 분획물과 같은 다양한 건강 증진 성분 등이 함유되어 있다. '지방감량' 혹은 '저지방' 제품에서처럼 유청이 혼합물의 영양성분에 간접적으로 영향을 준다는 점도 유청의 가치를 배가한다.

13.4.1 냉동 유제품 디저트에서 유청제품이 지니는 기능성과 이점

기능성	일반적인 효과	냉동 유제품 디저트에서만 나타나는 효과
용해성	• 다량 사용 시 부드러운 질감 형성 • 광범위한 pH 범위에서 용해	• 크리미한 질감 형성 • 거친 질감이나 가루맛 감소 • 배양액 제품(냉동 요거트)을 비롯한 산성 혼합물에도 안정적인 용해성을 보임
수분 결합	• 수분 결합 및 포집	• 탄성, 질감 제공 • 얼음결정 형성 및 증가 방지
점성	• 증점 효과	• 탄성, 질감 제공
겔화	• 열처리 시 겔 형성	• 저지방 · 무지방 냉동 디저트에서 유지방 대체
유화력	• 안정적인 유화액 형성	• 카제인 단백질 대체 • 오일 분리 방지
거품 형성력	• 안정적인 피막 형성 • 휘핑제품에 안정적인 거품 구조 형성	• 거품 구조 형성
탁도	• 색감 및 외형 개선	• 저지방 · 무지방 식품에 탁도 부여
향미	• 순하고 달콤한 우유맛이나 무미	• 다른 달콤한 유제품 맛과 잘 어울림
영양가	• 양질의 아미노산 성분 • 프리바이오틱 기능	• 기능성 제품에 단백질, 칼슘 제공 • 비피더스균 성장 활성화
빙점 강하	• CHO와 염분이 빙점을 낮춤 • 소프트 제품에 이용 가능	• 냉동식품의 빙점 관리 가능

유청단백을 활용한 제조법

제품을 제대로 냉동시키고 질감이 거칠어지는 것을 사전에 차단하기 위해 단백질(함량 및 기능성), 유당, 염분을 세심히 관리할 필요가 있다.

스위트 유청, 농축유청단백, 분리유청단백을 사용하여 전지 아이스크림, 지방 함량을 조절한('지방 절감' '저지방' '무지방') 아이스크림, 당분을 조절한(무가당) 아이스크림을 만드는 표 준 제조법이 [13.6유제품 제조법]에 자세히 제시되어 있다.

유청원료를 이용한 냉동 유제품 디저트 제조 · 특정 제조 단계에서 유청원료가 미치는 영향

원료 혼합, 믹스 준비

유청제품을 다른 건 · 습재료와 함께 개별 믹스에 첨가한다. 유청제품을 저온살균 이전에 믹스에 첨가해야만 미생물학적 품질과 완제품 믹스의 안전성을 보장할 수 있다. 유청과 유청원료는 항상 믹스 원료들을 혼합하는 단계에서 첨가해야 한다. 건조유청은 덩어리지거나 미리 겔이 되는 것을 막기 위해 전단력이 높을 때 전체 액상원료(물, 우유, 탈지유, 크림, 액상 설탕, 감미료)에 넣어야 한다. 이런 경우에는 분산력을 좋게 하기 위해 굳이 유청을 다른 가루재료들과 미리 섞어둘 필요는 없다. 전단력이 그다지 높지 않은 경우(대게 배치 크기가 작은 경우)에는 분산력을 좋게 하기 위해서 유청 및 유청제품을 설탕 등의 다른 가루재료와 미리 섞어 놓은 뒤 나중에 블렌드를 첨가하기도 한다. 또는 깔대기 펌프와 배치 탱크를 통해 재순환되는 '분말용 깔대기'를 이용해 첨가할 수 있다. 위의 두 가지 중 어떤 방법으로 믹스를 준비하든 간에 믹스에 과도한 거품(공기포집)이 생기지 않도록 주의해야 한다. 거품이 생기는 원인이 반드시 재료(크림, 탈지유, 우유, 계란 고형분 등)에 함유된 단백질에서 비롯된 것은 아니다. 그렇지만 믹스에 단백질 함량이 많고 지방 함량이 적을수록 거품이 형성될 가능성 또한 커지게 마련이다. 거품은 수율 저하, 비용 상승, 저온살균 및 균질화 공정의 효율성 저하, 부적절한 냉동상태 등 부정적인 결과를 가져온다. 믹스 준비 체계를 제대로 갖춘다면 제품에 생기는 거품을 쉽게 막을 수 있다.

저온살균(배치공정/연속공정)

저온살균은 완제품 믹스에서 유청제품이 발휘하는 기능성에 영향을 미칠 가능성이 있다. 이는 해당 믹스, 구성성분, 믹스에 사용된 유청원료, 정확한 저온살균 온도와 시간에 따라 달라진다. 일반적인 조건에서 냉동 디저트를 저온살균하면 유청제품의 기능성에는 아무런 영향이 미치지 않는다.

균질화

유청단백은 믹스의 지방과 물의 계면에서 안정적인 유화액을 형성하도록 도와주며 믹스의 액상(무지방)에 안정성을 더한다.

냉동(배치식/연속식: −6°~−5°C)

실제 냉동 제품을 '뽑는' 온도는 믹스의 구성성분과 기능성에 따라 다르다. 따라서 유청제품을 첨가하면 '뽑는' 온도와 제품을 뽑기에 적절한 점도(어떤 제품은 약하고 촉촉한 점도에서 뽑아야 하고, 다른 제품은 단단하고 건조한 점도에서 뽑아야 함)에 영향을 줄 수 있다. 점성이 약하면 각종 모양 틀에 넣을 아이스크림을 만들기엔 적합한 반면 압출성형 제품이나 팩에 넣는 아이스크림에는 부적합하다. 또한, 유청 및 유청원료는 디저트 완제품의 식감에 영향을 주는 많은 작은 얼음 결정을 동결시키는 데도 도움을 준다.

유통(−28°C 이하)

온도는 유통망의 실제 환경과 그 안에서 사용하는 하드웨어에 따라 크게 달라진다. 유청 및 유청제품은 냉동과 해동이 잦은 상태에서 얼음–물–얼음으로 반복해서 변하는 것을 조절함으로써 상당한 이점을 제공하고 안정성을 증대시킨다. 이는 냉동 디저트의 탄성(씹고 베어 물 때의 식감)과 질감(부드러움, 크리미함)을 유지하는 데 도움이 된다.

냉동 디저트 제품에서 유청을 사용할 때 고려해야 할 사항

용도에 맞는 믹스의 종류와 적절량을 선택하기 위해서는 다음 측면들을 고려해야 한다.

1. 믹스의 최종 용도

- 리테일팩(가정용, 2리터, 1리터, 0.5리터 등. 유통망의 특성상 매우 높은 냉동 · 해동 안정성이 요구된다. 유통망의 특성상 믹스 제조 시 WPC34나 단백질을 첨가하면 냉동 · 해동 안정성을 크게 강화할 수 있다.)
- 벌크팩(식당용, 10리터 이상 팩. 식당에서는 디핑과 샘플링을 반복하기 때문에 제품 외형을 망가뜨릴 수 있다. 마찬가지로, 벌크팩에도 단백질이 다량 함유된 유청제품(WPC나 WPI)을 첨가하면 냉동 디저트 완제품에 강도를 더할 수 있다.)
- 노벨티 제품(컵, 콘, '튜브' 등에 직접 채워서 파는 제품. 제품의 궁극적인 모양은 포장용기에 의해 결정되기 때문에 냉동 디저트는 최종 경화 과정을 거치기 전에 포장 용기에 충진할 수 있어야 하고 믹스 구성, 점도, 공정에 세심한 주의가 필요하다. 스위트 유청은 이러한 노벨티 제품에 주로 사용된다.)
- 압출성형(오리피스를 통해 압출되고 적절한 크기로 절단된다. 냉동 제품은 유동성을 지니면서도 압출성형하고 형태를 유지할 수 있을 만큼 단단해야 한다. WPC와WPI는 제조과정에서 거쳐야 하는 물리적 가공을 압출물이 견딜 수 있도록 뛰어난 기능성을 제공한다.
- 몰드형(일반적으로 유동성이 매우 강한 냉동 믹스를 틀에 저장한 뒤 냉동시켜서 틀 모양대로 제품을 만든다. 냉동 디저트 믹스는 공기포집과 동결과정을 거치는 데 무리가 없어야 하는 한편, 유동성, 급속 경화성(제품에 삽입한 막대가 고정될 수 있도록), 표면 해동성(제품이 틀/몰드에서 쉽게 분리되도록), 부차적인 처리 능력(액상, 건조 처리) 등을 지녀야 한다. 몰드형 제품에서도 스위트 유청(혹은 탈염 유청)이 주로 사용된다.

2. 가용 믹스원료의 종류와 양

- 유당 함량

  가장 중요한 요소는 믹스의 총 유당 함량이다. 유당 결정화를 최소화하기 위해 믹스 내 유당 함량을 7.5% 이하로 줄이는 것이 바람직하다. 이 같은 조치만 취하더라도 아이스크림에서 모래알 같은 거친 질감이 나는 것을 막을 수 있다. 믹스에 사용된 여러 가지 유제품 원료에 함유되어 있는 유당의 총 함량을 정확히 계산해서 조절해야 한다.

- 당도

  유청(특히 스위트 유청)은 믹스에 어느 정도 단맛을 가미한다. 믹스에 따라 다르긴 하지만 일부 믹스에서는 소비자들로부터 좋은 반응을 얻기 위해 유청을 사용해 당도를 줄이는 방법도 가능하다.

- 팽창제, 안정제, 유화제

  유청단백은 일부 고분자량 팽창제(전분, 하이드로콜로이드)와 반응해 주어진 믹스의 성능을 가감한다. 따라서, 비교적 다량의 '팽창제'가 들어간 기능성 믹스에 WPC(34~80)를 첨가할 때는 주의가 필요하다. 유청원료와 화학 유화제의 성분간에는 별다른 반응이 일어나지 않는 반면 유청성분과 껌 안정제(유리칼슘과 저 메톡실 펙틴)는 서로 매우 강하게 반응한다.

3. 가공 조건

일반적으로 저온살균 조건(83°C에서 30분 정도 살균 조건)은 유청단백의 기능성에 거의 영향을 미치지 않는다. 그러나 저온살균(고온에서 장기간 살균)처리의 강도를 과하게 높일 경우 사용된 유청원료가 어떤 조건에서 가공되느냐에 따라 유청단백의 기능성이 영향을 받을 수 있다.

유청제품, 특히 WPC(단백질 함량 60~80%)와 WPI(단백질 함량 90% 이상)는 숙성되는 동안 더 많이 수화되고, 이에 따라 믹스의 점도와 기능성에 상당히 영향을 미칠 수 있다.

현대식 연속 경화 시스템은 남은 유리 수분을 얼음으로 급속 동결시킴으로써 유청제품의 이용률을 극대화한다. 이 시스템은 스위트 유청을 허용된 최대량만큼 사용할 수 있게 하거나 특정 용도에 필요한 WPC나 WPI의 양을 줄여 준다.

유통과정에서 심한 온도 변화가 예상되면 적절한 유청단백 제품을 선택함으로써 냉동 · 해동 안정성을 높일 수 있다.

중요한 믹스원료인 유청제품은 원료비 절감 및 완제품의 수율 향상에 중요한 역할을 한다(표 13.4.2와13.4.3참조).

표 13.4.2
스위트 유청을 첨가한 일반 아이스크림(유지방 함량 10%): 비용 효율적인 예(샘플 계산*)

	대조군 제조법			스위트 유청을 2.5% 첨가한 제조법		
원재료	% 건조 기준	파운드** 당 가격	믹스(Cwt) 당 가격	% 건조 기준	파운드** 당 가격	믹스(Cwt) 당 가격
무지유 고형분	10.00	$1.10	$11.000	7.25	$1.10	$7.975
스위트 유청				2.50	$0.25	$0.625
유지방	10.00	$3.00	$30.000	10.00	$3.00	$30.000
설탕	12.00	$0.30	$3.600	12.00	$0.30	$3.600
콘시럽 36D.E.	5.00	$0.13	$0.625	5.00	$0.13	$0.625
유화제 및 안정제	0.30	$2.00	$0.600	0.30	$2.00	$0.600
총 고형분	37.30			37.05		
원료비			$45.825			$43.425
믹스 가격 $/kg			$1.107			$1.063
완제품 아이스크림 가격 $/L			$0.542			$0.514
원료비 절감분						**5.3%**

* 상기의 모든 계산은 참고용이며 구체적인 재료 가격은 지역과 상황에 따라 달라질 수 있음
** 1파운드=0.453kg
출처: 스티븐 영 월드와이드(Steven Young Worldwide)

표 13.4.3
WPC80을 첨가한 프리미엄 아이스크림: 비용 효율적인 예(샘플 계산*)

	대조군 제조법			스위트 유청을 2.5% 첨가한 제조법		
원재료	% 건조 기준	파운드** 당 가격	믹스(Cwt) 당 가격	% 건조 기준	파운드** 당 가격	믹스(Cwt) 당 가격
무지유 고형분	10.00	$1.10	$11.000	7.00	$1.10	$7.700
스위트 유청				1.50	$1.50	$2.250
유지방	14.00	$3.00	$42.000	12.00	$3.00	$36.000
설탕	12.00	$0.30	$3.600	12.00	$0.30	$3.600
콘시럽 36D.E.	5.0	$0.13	$0.625	5.00	$0.13	$0.625
유화제 및 안정제	0.30	$2.00	$0.600	0.30	$2.00	$0.600
총고형분	41.30			37.80		
원료비			$57.825			$43.425
믹스 가격 $/kg			$1.421			$1.248
완제품 아이스크림 가격 $/L			$0.684			$0.601
원료비 절감분						**12.2%**

* 상기의 모든 계산은 참고용이며 구체적인 재료 가격은 지역과 상황에 따라 달라질 수 있음
** 1파운드=0.453kg
출처: 스티븐 영 월드와이드(Steven Young Worldwide)

13. 유청 · 유당제품을 응용한 유제품 제조

냉동 디저트에서의 유청제품 사용 요약

유청제품 사용을 고려한다면 다음 사항을 유념해야 한다.

- 믹스의 냉동성과 선택한 유청제품 간에 균형을 이루어야 한다.
- 아이스크림 질감을 '모래알' 같이 거칠게 만드는 유당 결정화를 최소화하기 위해서는 유당의 총 함량이 전체 믹스의 7.5%를 넘지 않아야 한다.
- 유청원료 자체의 기능성(향미 포함)과 첨가된 향미료에 미치는 영향을 각 믹스별로 평가한다.
- 모든 재료에 대해 사용상 제약이 있는지 현지 규정을 확인한다.
- 완제품의 용도와 유통 방법, 판매 방법 등을 고려한다.
- 전단력이 높을 때 건조유청을 전체 액상 재료에 첨가하거나, 용해성이 높은 가루재료들과 미리 혼합하여 블렌드(배치 크기가 작은 경우) 형태로 첨가한다.
- 배치 시스템을 적절히 조절하여 거품 형성을 최소화한다. 적절한 제품 배합을 통해 공정상 다른 주의점을 관리할 수 있다.
- 경제성: 원료를 제대로 배합하면 상당한 비용 절감 효과를 누릴 수 있다.
- 원료비만 따지면 스위트 유청이 가장 경제적인 유청원료일 수 있다. 그러나 품질과 점조성, 영양성분을 모두 고려하면 WPC가 가장 비용 효율적인 원료이다. 다기능성 원료인 WPC는 다른 원료나 첨가물을 줄이거나 대체할 수 있다.
- 모든 치즈 제품과 가공 과정을 감안하면 유청제품이 사실상 모든 냉동 디저트 믹스 원료로 가장 실용적이고 유용하다.

Q: 냉동 디저트에서 스위트 유청, WPC, WPI의 '표준' 권장 사용량은 얼마입니까?

A: 실제 사용량은 냉동 디저트의 성분과 사용하려는 유청원료 각각의 기능성에 따라 다릅니다. 그러나 일반적인 권장 사용량은 다음과 같이 이해하면 될 것 같습니다.

스위트 유청	2.0~3.0%
WPC(단백질 함량 34%)	1.5~3.0%
WPC(단백질 함량 60~80%)	0.5~2.0%
WPI(단백질 함량 90%)	0.5~1.0%

Q: '유청맛'이 일반적으로 아이스크림이나 다른 냉동 디저트에 이상한 맛을 내는 것 같습니다. 유청을 사용하면 냉동 디저트에 '유청맛'이 나게 됩니까?

A: 흔히들 '골판지맛' '산패취'나 '치즈맛'이라고 하는 '유청맛'은 제대로 보관하지 않은 일부 유청원료, 특히 스위트 유청에서 비롯될 수 있습니다. 특히 저질 원료나 제대로 가공되지 않은 원료에서 그런 맛이 납니다. 미국산 유청원료는 매우 신선하고 좋은 향이 나기 때문에 냉동 디저트 믹스와 상당히 잘 어울립니다.

Q: 탈지유고형분에 비해 가격이 높은 WPC(단백질 함량 80~90%)가 어떻게 비용 효율적일 수 있습니까?

A: WPC(80~90%)이나 WPI의 비용 효율은 여러가지 요인의 영향을 받습니다. 우선WPC(80~90%)이나 WPI와 같은 고기능성 원료는 일반 스위트 유청의 사용량(3~4%)에 비해 훨씬 적은 양(0.5~1.0%)을 사용해도 된다는 점을 알아야 합니다. 또한, 배합만 제대로 한다면 다른 값비싼 재료들(하이드로콜로이드 안정제, 일부 유화제)을 WPC나 WPI가 완전히 또는 부분적으로 대체할 수 있습니다. 마지막으로 아이스크림은 부피뿐 아니라 무게당으로 판매되기 때문에 오버런이 높은 양질의 제품을 생산하면 수율을 증대할 수 있습니다. 프리미엄 유청 제품을 사용하면 오버런(overrun: 주어진 아이스크림 믹스로부터 용량 증가를 통해 더 많은 완제품을 생산해 내는 것)이 소폭(5~6%) 증가하며 그 결과 원료비와 공정비를 대폭(10~12%) 절감할 수 있습니다.

13.5 우유의 단백질 표준화와 유당 및 기타 유청제품

필립 S. 통 박사 (Dr. Phillip S. Tong)
캘리포니아 주립 공과대학 (California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA)

단백질 표준화의 정의

단백질 표준화는 유제품 성분의 균일성을 높이는 방법이다. 단백질 표준화는 유제품 내 단백질의 절대 함량뿐 아니라 단백질 대 유당, 단백질 대 무지고형분 및 단백질 대 지방의 성분비를 더욱 균일하게 만드는 작용을 한다. 효소를 함유한 모든 천연 제품이 그렇듯 우유 역시 시간이 지나면 성분함량이 바뀌게 된다. 우유 성분 가운데 함량이 가장 많이 바뀌는 두 가지 성분은 바로 지방과 단백질이다. 수년 간 유제품 제조업계에서는 원심분리법을 이용해 우유의 지방 함량을 표준화시켜 왔으며, 이는 우유 소비자 및 유가공업체에 상당히 이롭게 작용했다. 다양한 기술과 제품이 개발되면서 이제는 우유의 단백질 함량을 상당히 좁은 범위 내로 표준화(상향 또는 하향 조절)하는 것이 가능해졌다.

단백질 표준화가 유익한 이유

단백질 표준화의 가장 큰 이점은 우유 및 유제품 성분을 균일하게 만든다는 점이다. 성분조절이 보다 용이해지면 더욱 믿을 수 있는 품질(영양, 기능성, 관능적 특성, 가공성)의 제품을 제공할 수 있게 된다.

영양

유단백은 유제품의 핵심 영양소이다. 비단백질 성분이 강화된 유제품의 경우 영양성분 표시 규정이 상당히 느슨한 편이어서 정상적인 범위 내에서의 유단백 함량 변형은 대체로 허용되는 편이다. 하지만 단백질을 표준화하면 유제품 및 식품 가공업체들 입장에서는 유제품과 원료를 구매하는 소비자들에게 보다 균일한 함량의 유단백을 제공할 수 있게 된다.

원료의 기능

유단백은 식품을 구성하는 유제품 원료 가운데 점차 핵심적인 기능을 하는 성분으로 자리잡고 있다. 유단백은 유화, 겔화, 점도 조절, 수분 결합, 공기포집 등을 촉진시킨다. 예를 들어 요거트 제조 시 우유의 성분을 강화하기 위한 목적으로 저단백 탈지분유를 사용하면 겔 형성능력이 저하된다. 반면 단백질 함량이 지나치게 높은 유제품 원료를 사용하여 가당/무당연유를 제조하면 완제품의 점도가 과하게 높아지고 숙성을 통한 겔화가 보다 촉진되는 결과가 발생한다. 뿐만 아니라 유단백은 식품의 관능적 특성(질감, 향미, 외형)에도 영향을 미친다. 따라서 유단백 함량이 보다 일정한 유제품 원료를 제공하면 식품 배합 시 유제품 원료가 균일한 기능을 하도록 만들 수 있다.

단백질 함량은 제품마다 다르기 때문에 완제품에서 목표로 하는 최종 총 고형분 수치(목표 수분 함량)를 얻기 위해서는 유당의 절대 함량 또한 달라질 수 밖에 없다. 유당 함량이 달라지면 성분의 기능성에도 영향이 미친다. 유당은 빙점을 강하시키고 단맛을 느끼게 해준다. 따라서 단백질 표준화는 단백질뿐 아니라 유당 함량의 균일성 또한 향상시키며 최종 제품의 단백질 대 유당 비율을 최적의 값으로 일정하게 유지시켜 주는 이점이 있다.

경제성

우유 제품에서 단백질 함량이 지니는 경제적 가치가 점차 상승하고 있다. 따라서 단백질 표준화(하향)는 유제품 및 원료 제조단계에서 고가의 유단백 성분을 최대한 활용하는 데 매우 유용하다. 이 외에도 비교적 낮은 가격의 유제품 성분(예: 퍼미에이트, 유당)을 이용해 고부가가치 제품/원료의 표준화를 추진하는 것도 가능하다. 이렇게 우유 성분에 대한 활용이 보다 활성화되면 제품/원료의 품질을 최대한 높일 수 있을 뿐 아니라 원재료(우유)를 가장 효율적인 방법을 통해 고부가가치 유제품/원료로 전환시킬 수 있게 되어, 원료를 생산하는 업체와 이를 구매하는 최종 소비자들 모두 큰 혜택을 누리게 될 것이다.

13. 유청 · 유당제품을 응용한 유제품 제조

단백질 표준화를 위한 기술적 접근방법

단백질 표준화 과정에서 반드시 지켜야 하는 지침이 몇 가지 있다.

1. 단백질 표준화 기법이 유제품 및 유제품 원료에 함유된 유청단백 대 카제인의 본래 성분비를 급격히 변화시켜서는 안 된다.
2. 단백질 표준화는 유제품, 유제품 원료 및 최종 식품에 대한 해당 시장의 규제 방침에 부합해야 한다.

식품위생법에 의거한 제품 종류를 명시한 상태로 유제품을 판매하기 위해서는 성분의 표준화 및 표준화 방법이 미국 연방 규정 또는 해당 지역의 규정에 반드시 부합해야 한다. 미국에서는 다수의 제조업체들이 미국 농무부(USDA)의 A 등급을 유지하고 있으며 「USDA 유제품 제조공장 검사 지침」을 준수한다.

현재 미국 내에서 유통되는 유제품과 관련해서는 단백질 최소 함량이나 단백질 관련 조항을 명시한 제품규격이 거의 마련되어 있지 않다. 하지만 해외 거래용 유제품의 경우 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius, Codex)에서 제정한 규격을 따르고 있다. Codex 규격 206항은 '우유'의 단백질 함량을 조절해도 된다고 명시하고 있다. 또한 207항에서는 탈지분유용 무지고형분은 단백질 함량이 최소 34% 이상이어야 하며 농축물(우유나 탈지유에서 한외여과), 퍼미에이트(우유나 탈지유에서 한외여과) 및 유당을 단백질 표준화에 이용해도 된다고 명시하고 있다. 또한 표준화로 인해 우유에 함유된 카제인 대 유청단백의 일반 성분비가 달라져서는 안 된다는 내용도 명시되어 있다.

사례 1. 출발물질의 표준화가 이루어지지 않으면 최종 제품/원료의 실제 단백질 함량이 목표 단백질 함량보다 낮아서 상향 표준화를 해야 하는 결과가 발생할 수 있다. 이러한 경우 우유에서 한외여과한 농축액을 원유, 농축물 또는 완제품에 첨가하면 단백질 대 유당의 비율을 높여서 최종 제품에서 목표 단백질 함량에 도달할 수 있다.

사례 2. 출발물질의 표준화가 이루어지지 않으면 최종 제품/원료의 실제 단백질 함량이 목표 단백질 함량보다 높아서 하향 표준화를 해야 하는 결과가 발생할 수 있다. 이러한 경우 유당, 퍼미에이트 등 허용된 재료를 원유, 농축물 또는 완제품에 첨가하면 단백질 대 유당의 비율을 낮추어서 최종 제품에서 목표 단백질 함량에 도달할 수 있다. 농도가 더 묽은 원유의 경우에는 농축 및 건조 단계 이전에 단백질 표준화 작업을 거치면 균일한 제품을 만들 수 있다.

기타 고려사항

- 비단백 질소 성분(NPN, 12% 농도의 트라이클로로아세트산에서 녹는 질소 분획물)의 양은 표준화 방법에 따라 다르다. NPN에는 요소, 작은 펩타이드, 유리 아미노산 및 기타 저분자량 질소 성분이 함유되어 있어 식품의 영양적 · 기능적 특성에 영향을 미친다. 또한 단백질 검사와 적외선 우유 분석이 총 질소량 분석을 바탕으로 이루어지는 경우에는 NPN의 양이 매우 중요한 요소로 작용한다.
- 표준화된 우유의 유청 대 카제인 비율이 단백질 표준화 이후에도 유지되는지 확인하기 위해서는 시중에 공급되는 우유의 현재 유청 대 카제인 비율에 대한 기초 정보를 구축하는 것이 중요하다.
- 일부 미네랄 성분은 퍼미에이트에는 존재하지만 유당에는 들어있지 않을 수도 있다. 이러한 미네랄은 원료의 기능성과 안정성뿐 아니라 식품 배합 시 원료간의 상호작용에도 영향을 미친다.
- 단백질 표준화는 우유, 농축물 및 분말 완제품에서 우유 성분을 첨가하거나 제거하는 방법을 통해 이루어진다. 하지만 단백질 표준화는 액체 상태에서 진행해야 건조 과정에서 최적의 균일성을 실현하기가 더 용이하다. 무지방 분유의 경우 지방을 제거하기 전에 우유성분을 표준화하면 크림 성분에 변화가 일어날 수 있다. 유당이나 퍼미에이트 분말을 탈지유나 농축 탈지유에 첨가하기 전에 성분을 재구성하면 제품의 균일성이 높아진다.

요약

현대 기술의 발전으로 유제품 및 유제품 원료의 단백질 표준화가 가능해지면서 더욱 균일한 품질과 영양가를 갖춘 제품 생산이 가능해졌다. 유제품 제조기술을 최대한 활용한다면 단백질 대 유당 성분비가 다양하고 맞춤 기능도 개선된 보다 폭넓은 제품을 개발할 수 있을 것이다.

참고문헌

Codex Standard 206–Codex General Standard for the Use of Dairy Terms, FAO/WHO Food Standards, Codex Alimentarius, 1999.

Codex Standard 207?Codex Standards for milk powder and cream powders, FAO/WHO Food Standards, Codex Alimentarius, 1999.

Milk Protein Definition and Standardization, Special Issue # 9502, 1994. International Dairy Federation, Brussels, Belgium, pp 1–127.

Puhan, Z.1992. Standardization of milk protein content by membrane processes for product manufacture. In "New Applications of Membrane Processes." International Dairy Federation Special Issue 9201:23–32.

13.6 유제품 제조법

유청원료를 사용한 가공치즈 식품의 표준 제조법

	사용량(%)			
원재료	스위트 유청	저유당 유청	WPC34와 스위트 유청	WPI와 저유당 유청
전지 체다치즈	67.00	66.00	65.00	65.00
인산이나트륨	1.80	1.80	1.80	1.80
인산삼나트륨	0.54	0.54	0.54	0.54
소금	0.50	0.50	0.50	0.50
탈지분유	7.63	7.63	4.63	4.10
스위트 유청	4.50	–	5.50	–
저유당 유청	–	5.50	–	7.50
WPC34	–	–	4.00	–
WPI	–	–	–	1.50
크림, 지방40%	2.00	2.00	2.00	2.00
물	4.00	4.00	4.00	5.03
물(증류용)	8.00	8.00	8.00	8.00
젖산, 20%	4.00	4.00	4.00	4.00
착색료	0.03	0.03	0.03	0.03
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: 스티븐 영 월드와이드(Steven Young Worldwide)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

유청원료를 사용한 지방감량(50%) 가공치즈 식품 제조법

	사용량(%)			
원재료	스위트 유청	저유당 유청	WPC34와 스위트 유청	WPI와 저유당 유청
전지 체다치즈*	35.00	35.00	35.00	35.00
저지방 치즈*	27.00	27.00	26.00	26.00
인산이나트륨	1.80	1.80	1.80	1.80
인산삼나트륨	0.54	0.54	0.54	0.54
소금	1.00	1.00	1.00	1.00
탈지분유	8.63	7.63	6.13	5.13
스위트 유청	7.50	–	–	8.00
저유당 유청	–	8.50	6.00	–
WPC34	–	–	2.00	–
WPI	–	–	–	0.50
10D.E. 말토덱스트린	3.00	3.00	3.00	3.00
물	3.00	3.00	6.00	7.03
물(증류용)	8.00	8.00	8.00	7.50
젖산, 20%	4.00	4.00	4.00	4.00
착색료	〈0.50	〈0.50	〈0.50	〈0.50
효소변형치즈	〈0.50	〈0.50	〈0.50	〈0.50
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**

* 전지 체다치즈와 저지방 체다치즈, '탈지' 치즈를 혼합하여 사용할 수도 있음
제조법 제공: 스티븐 영 월드와이드(Steven Young Worldwide)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

미국산 저온살균 치즈 스프레드

원재료	사용량(%)
체다치즈	54.77
물	24.20
스위트 건조유청	7.20
스위트 크림	5.40
WPC35	5.00
인산이나트륨	2.30
소금	0.60
인산삼나트륨	0.45
아나토	0.08
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 치즈를 선별해서 세척한 다음 입구 지름이 약 6mm인 그라인더에 통과시킨다.
2. 공업용 믹서에 잘 갈린 치즈, 착색료, 크림을 넣어 균일하게 될 때까지 섞어준다.
3. 물 1/3을 믹서에 넣고 균일하게 될 때까지 섞어준다.
4. 스위트 건조유청과 WPC를 물 1/3과 섞어 슬러리를 준비한다.
5. 균일한 치즈 혼합물을 가열 용기로 옮긴다. 인산 유화액과 소금을 섞는다. 혼합물을 가열하는 동안 계속 저어준다.
6. 혼합물의 온도가 약 60°C가 되면 남은 물과 유청 슬러리를 천천히 넣어준다. 계속 저어준다.
7. 저온살균될 때까지 충분히 가열한다.
8. 녹은 치즈 스프레드를 제품용기에 붓는다. 용기를 덮고 밀봉한 후 식힌다.
9. 제품의 운송, 보관, 유통 시 온도를 5°C로 유지한다.

냉장포장 치즈식품

원재료	사용량(%)
미국산 치즈	85.00
물	7.40
저유당 유청	5.00
구연산	1.50
소금	0.50
잔탄검	0.30
소르빈산	0.30
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 냉장포장 가공기기로 치즈를 간다.
2. 초퍼(Chopper)를 사용해 다른 재료와 함께 분쇄하고 섞는다.
3. 포장하여 유통한다.

유청원료를 사용한 '무지방'(지방함량 1.7% 이하) 가공치즈 식품의 표준 제조법

	사용량(%)			
원재료	스위트 유청	저유당 유청	WPC34와 스위트 유청	WPI와 저유당 유청
무지방 치즈	60.96	60.92	58.98	56.44
인산이나트륨	2.00	1.80	1.80	1.80
인산삼나트륨	0.60	0.64	0.65	0.54
소금	1.00	1.00	1.00	1.00
탈지분유	9.00	7.00	3.50	5.60
스위트 유청	8.00	–	–	10.50
저유당 유청	–	7.00	3.50	–
WPC34	–	–	5.00	–
WPI	–	–	–	0.50
10D.E. 말토덱스트린	3.30	3.30	2.00	3.00
결정셀룰로스	2.00	2.00	2.00	2.00
물	4.04	7.24	9.50	11.40
물(증류용)	4.00	4.00	6.97	7.00
젖산, 20%	4.00	4.00	4.00	4.00
착색료	〈0.10	〈0.10	〈0.10	〈0.10
효소변형치즈	1.00	1.00	1.00	1.00
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: 스티븐 영 월드와이드(Steven Young Worldwide)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

스위트 유청을 사용한 아이스크림 제조법

원재료	가루재료 기준 사용량(%)		
	일반아이스크림	프리미엄 아이스크림	슈퍼 프리미엄 아이스크림
유지방	10.00	12.00	16.00
탈지분유	7.50	7.50	6.00
스위트 유청*	2.50	2.50	2.00
자당	12.00	12.00	12.00
콘시럽, 36D.E.	6.00	4.00	4.00
안정제 및 유화제	0.30	0.25	0.25
총 고형분	**38.30**	**38.25**	**40.25**

* 저유당 유청이나 탈염 유청을 사용할 수도 있음
제조법 제공: 스티븐 영 월드와이드(Steven Young Worldwide)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

WPC(단백질 함량34~80)*를 사용한 저지방 · 무지방 아이스크림 제조법

원재료	대조군	가루재료 기준 사용량(%)								
		지방감량(reduced fat)아이스크림			저지방(low fat) 아이스크림		무지방(fat free)아이스크림		
		WPC34	WPC60	WPC80	WPC34	WPC60	WPC80	WPC34	WPC60	WPC80
유지방	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00	0.35	0.40	0.40
탈지분유	11.00	8.90	9.35	9.50	8.00	9.00	9.25	8.25	8.40	8.80
WPC34		1.10			2.50			2.75		
WPC60			0.65			1.00			1.60	
WPC80				0.50			0.50			0.50
자당	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	13.00	13.00	13.00
콘시럽, 36D.E.	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50
말토덱스트린										
4D.E. 또는10D.E.	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50
안정제 및 유화제	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.70	0.70	0.70
총 고형분	**38.30**	**38.30**	**38.30**	**38.30**	**37.80**	**37.30**	**37.05**	**36.05**	**36.10**	**35.40**

* 믹스: 완제품의 약 0.59kg/L
제조법 제공: 스티븐 영 월드와이드(Steven Young Worldwide)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

분리유청단백(WPI)을 사용한 무설탕 아이스크림

	가루재료 기준 사용량(%)					
	일반 아이스크림		저지방 아이스크림		무지방 아이스크림	
원재료	대조군	무설탕	대조군	무설탕	대조군	무설탕
유지방	10.00	10.00	4.00	4.00	0.35	0.50
탈지분유	10.00	9.00	11.00	10.00	12.00	12.00
WPI		1.00		1.00		1.00
자당	12.00		12.00		12.00	
콘시럽, 36D.E.	6.00		6.00		10.00	
폴리덱스트로스		6.00		6.00		8.00
소르비톨		6.00		6.00		6.00
말토덱스트린 4D.E. 또는 10D.E.		6.00	3.00	8.00	4.00	8.00
아스파탐		0.10		0.08		0.08
안정제 및 유화제	0.30	0.30	0.70	0.70	0.25	1.00
총 고형분	**38.30**	**38.40**	**36.70**	**35.78**	**38.60**	**36.58**
완제품의 최종중량 kg/L	0.536	0.536	0.596	0.596	0.782	0.596

제조법 제공: 스티븐 영 월드와이드(Steven Young Worldwide)

제조공정이나 권장 사용량에 대해서는 해당 페이지를 참조

아이스크림, 하드팩

원재료	사용량(%)
물	45.81
헤비 크림(40%)	24.98
설탕	15.99
탈지분유	10.31
스위트 유청분말	2.58
안정제/유화제	0.25
바닐라 농축액(2X)	0.08
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 스위트 유청을 물과 함께 혼합하여 수화시킨다. 4˚C 온도에서 하룻밤 둔다.
2. 젤라틴 분말을 설탕과 완전히 섞는다.
3. 바닐라를 제외한 모든 재료와 수화된 유청, 설탕/젤라틴 혼합물을 배치 탱크에서 균일한 슬러리가 되도록 섞는다.
4. 혼합물을 62~66˚C에서 30분 내지는 80˚C에서 25초간 저온살균한다.
5. 66~85˚C의 온도에서 혼합물을 균질화한다. 1단계에서는 176kgf/cm²의 압력으로 2단계에서는 35kgf/cm² 의 압력으로 균질화한다.
6. 0~5˚C로 급속 냉각한다.
7. 믹스를 최소한 4시간 정도, 가능하면 하룻밤 숙성시킨다.
8. 얼리기 전에 그대로 두었던 혼합물의 향이 고루 섞이도록 한다.
9. 아이스크림 냉동고를 이용해 아이스크림을 2단계로 냉동한다. 1단계에서는 약 0˚C로 얼리고 약 100% 오버런하도록 냉동한다. 2단계에서는 아이스크림 온도를 −18˚C까지 급속 냉각시켜 아이스크림의 경도를 높인다.
10. 물류창고의 온도, 운송 중 온도를 −32~−26˚C로 유지한다.

냉동 소프트 요거트 디저트 믹스

원재료	사용량(%)
물	67.00
설탕	10.00
콘시럽 고형분, 36D.E.	8.00
탈지분유	6.00
WPC34	3.00
스위트 건조유청	3.00
유지방/식물성 지방	3.00
안정제*	–
향미료*	–
합계	**100.00**

* 사용된 유형에 따라 다양

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 물을 비롯한 원재료의 무게를 계산한다.
2. 액상 원료를 배치 탱크에 넣는다.
3. 2에 가루재료를 넣고 충분히 교반하여 분말을 골고루 용해시킨다.
4. 믹스를 저온살균하고 균질화한다.
5. 적절한 향미료를 넣고 4˚C로 식힌다.
6. 4˚C 이하로 보관하고 유통한다.
7. 상용 소프트 아이스크림 냉각기에 두고 얼린다.

라즈베리 셔벗

원재료	사용량(%)
라즈베리 퓨레(씨제거)	62.90
자당	17.00
콘시럽 고형분, 36D.E.	9.60
유당	5.00
탈염 유청(10% 염분)	3.50
버터 지방	1.50
안정제(젤라틴)	0.50
물	(필요량 만큼)
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 모든 재료를 배치 탱크에 넣고 골고루 용해될 수 있도록 충분히 교반하여 현탁액을 만든다.
2. 적어도 70˚C로 30분간 또는 80˚C로 25초간 믹스를 저온살균한다.
3. 49˚C에서 믹스를 2단계로 균질화 한다. 1단계에서는 176kgf/cm²의 압력으로 2단계에서는 35kgf/cm² 의 압력으로 균질화한다.
4. 0~5˚C로 급속 냉각한다.
5. 상용 아이스크림 냉각기에 셔벗을 얼린다.
6. 셔벗을 포장하고 −40˚C로 굳힌다.
7. −23.3˚C로 저장하고 유통한다.

13. 유청 · 유당제품을 응용한 유제품 제조

요거트 음료

원재료	사용량(%)
감미료/착향료	–
물	89.60
전지분유	6.24
유당	2.26
WPC80	1.88
요거트 배양액	0.02
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 전지분유와 WPC80을 각기 다른 용기에 담고 적당량의 물을 부어 수화한다. 혼합액이 충분히 수화되도록 5°C온도로 하룻밤 둔다.
2. 우유, 유당, WPC80, 남은 물을 가열용기에 넣고 섞는다. 82°C로 가열하고 15분간 같은 온도를 유지하게 한다.
3. 37°C로 식히고 요거트 배양액을 주입한다. pH 4.25~4.35에 도달할 때까지(약 6시간 소요) 요거트를 배양한다.
4. 7°C로 식히고 원하는 감미료나 착향료를 적당량 넣는다.
5. 사용하기 전까지 5°C로 저장한다.

혼합 요거트

원재료	사용량(%)
탈지유	97.43
찰옥수수 변형 조작(cook-up) 전분	1.30
WPC80	0.50
요거트 배양액	0.40
젤라틴	0.37
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 배치 용기에 요거트 배양액을 제외한 모든 원료를 섞는다.
2. 86°C로 가열한 후 30분간 그대로 둔다.
3. 혼합물을 약 40°C로 식히고 배양액을 주입한다.
4. pH 4.5가 될 때까지(약 3~4시간 소요) 혼합물을 40°C에서 배양한다.
5. 5°C로 식히고 냉장고에 하루 동안 둔다.

무지방 사워크림

원재료	사용량(%)
탈지유	64.25
전지유	30.00
WPI	3.44
찰옥수수 변형 조작(cook-up) 전분	0.76
마치종 변형 인스턴트 전분	0.75
인산나트륨	0.27
TiO_2	0.27
배양액	0.20
구연산나트륨	0.06
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 용기에 모든 가루재료를 넣고 혼합한다.
2. 탈지유와 전지유를 팬에 붓고 혼합한 가루재료를 넣은 다음 믹서를 이용해 골고루 섞어준다.
3. 저온살균을 위해 85°C로 가열하고 30분간 그대로 둔다.
4. 70°C의 온도에서 믹스를 2단계로 균질화 한다. 1단계에서는 176kgf/cm^2의 압력으로 2단계에서는 35kgf/cm^2 의 압력으로 균질화한다.
5. 21°C로 식힌 다음 배양액을 주입한다.
6. pH 4.5~4.6이 될 때까지(약 18시간 소요) 24°C에서 혼합물을 배양한다.
7. 4°C로 식히고 전분이 충분히 점성을 지닐 수 있도록 적어도 48시간 동안 저장한다.

14 유청 · 유당제품을 응용한 가공육 · 가공수산 제품 제조

14. 유청 · 유당제품을 응용한 가공육 · 가공수산 제품 제조

제조법 감수:
캐시 넬슨 박사(Dr. Kathy Nelson)
위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

유청단백은 재료의 접착과 증량, 질감 변형을 위해 육류, 닭고기를 포함한 가금류 제품에 널리 쓰이는 성분이다. 또한 소화율과 생체 내 이용효율이 높은 필수 아미노산을 함유하여 영양가가 매우 높다.

육류, 가금류, 해산물 제품에 사용되고 있는 미국산 유청단백은 겔 형성력이 뛰어난 WPC34, WPC50, WPC80, WPI, WPI 혼합물, 기타 특별 맞춤형 WPC와 WPI 등 그 종류가 다양하다. 그러나 WPC와 WPI 만으로는 특정 재료가 지닌 기능적 특성을 모두 충족시킬 수 없기 때문에 WPC 및 WPI의 특정 기능을 제품에서 필요로 하는 요건에 맞게 활용해야 한다. 유청단백은 단독으로 이용되거나 기타 육류 외의 재료를 일부 또는 전부 대체할 수 있다.

유청단백은 아래의 제품류에 잘 활용할 수 있다.

- 가공육 제품(분쇄육, 유화형 제품, 조분쇄형 제품, 고기를 덩어리째 가공한 제품, 미트로프, 분쇄육 패티, 소시지 제품, 염지햄, 사전포장 콜드컷 등)
- 가금육 제품(고기반죽, 닭고기 너겟과 패티, 닭고기 소시지 등)
- 해산물 제품(피쉬스틱 또는 피쉬볼, 어육소, 연육 해산물 등)

14.1 개요

G. 프라부 박사 (Dr. G. Prabhu)
Proliant, Inc. (Ames, IA)

소비자와 가공업체, 감독기관의 인식 변화로 육제품 가공에 WPC80 수요가 증가하고 있다. WPC는 육류, 결합제, 향미료, 유화제, 염지 재료, 육류대용품 등의 대체품으로 사용되며 영양과 향미, 주요 기능적 특성을 향상시킨다. WPC80은 대부분 조분쇄육, 분쇄육 제품 및 별도의 처리 없이 덩어리째 이용하는 육제품에 사용되며, 주로 조리수율 향상, 포장 시의 육즙 유리 감소 또는 제조비용 감소, 질감이나 향미 증진을 위해 사용된다.

분쇄형(유화형) 및 조분쇄형 육제품

제품에 따라, 미리 수화시킨 WPC80 1~2%를 분쇄형 육제품에 사용하여 영양이나 식감을 저해하지 않고 상당한 비용 절감 효과를 거둘 수 있다. WPC는 수분 보유력, 지방 결합력, 유화성, 유화 안정성이 뛰어나 볼로냐 소시지, 프랑크푸르트 소시지 등의 유화형 육제품에 사용된다. 또한 이 같은 기능성을 지닌 WPC는 로프, 패티, 소시지 등의 조분쇄형 제품에 사용하기 적합하다.

별도의 처리를 거치지 않은 육제품

생선, 햄, 가금류 또는 로스트비프와 같이 별도의 처리 없이 덩어리를 통째로 이용하는 제품에 WPC80을 첨가할 수 있다. 기존의 염지육 기술을 이용해 고기에 WPC80이 함유된 염수를 주입하거나 직접 도포하거나 염수에 고기를 적신다. 이러한 처리를 거친 제품은 조리 시 육질이 단단해지고 썰기 좋은 상태가 되며 진공 포장 시 유리되는 육즙이 감소한다. 또한 WPC를 특정 형태로 만들어지는 제품에 접착제로 사용하면 조리 후 육질이 단단해지고 육즙이 증가하며 향미가 좋아질 수 있다.

육류 통조림

육류 레토르트 제품에 WPC80을 사용하면 통조림 제조과정에서 육즙의 유리와 지방의 분리를 감소시켜 육질이 단단해진다. 대표적인 제품으로는 칠리, 미트볼, 미트로프 믹스, 저민 햄, 콘비프, 비엔나 소시지 등이 있다.

가금류 가공제품

가공제품은 가금류 시장에서 가장 빠른 성장세를 보이고 있다. WPC80를 고품질의 가금류 가공제품 생산에 활용하거나, 너겟과 패티, 닭고기 롤과 프레스드 로프의 부분육과 잡육 결합에 쓸 수 있다. WPC80과 소금, 향미료 슬러리를 주입한 가금류 가슴살은 조리수율이 증가하고, 동결/해동 시 유리되는 육즙이 감소하며 다즙성이 향상된다.

해산물 가공제품

WPC80은 다양한 일본식 전통 어육제품에 이용할 수 있다. 이들 제품 대부분은 생선 연육(다진 어육)을 사용한다. 연육의 일부, 보통 1~3% 정도를 WPC80으로 대체할 수 있으며, 이 경우 기존 제품과 질적인 차이가 없다. 또한 수화된 WPC80을 피쉬 블록, 어육 완자, 어육 패티에 결합제로 사용해 제품의 수분 흡수 · 유지력을 높일 수 있다.

14.2 가공육 제품 제조 시 유청 · 유당제품의 활용

지미 키튼 박사 (DR. Jimmy Keeton)
텍사스 A&M 대학교 동물과학과 (Department of Animal Science, Texas A&M University, College Station, TX)

유청단백과 육제품: 기능적 이점

많은 연구진들이 육제품에 WPC 등의 비육 단백질 접착제를 사용하면 질감과 영양 측면에서 이점이 있다고 보고하고 있다. 염지 재구성육 생산에 비육 유단백을 사용하면 완제품의 수율과 질이 향상되어 제조비용을 절감할 수 있다. 유제품 원료 중 유청단백과 탈지분유는 소시지, 터키롤, 미트로프, 분쇄육 패티 등의 분쇄형 제품의 향미, 질감, 모양, 조리수율, 입 안에서의 느낌, 영양가 등을 향상하기 위한 충전제나 접착제, 증량제로 이용된다.

결합력

WPC는 재구성 육제품 생산에 있어 고기의 접착 또는 증량과 질감 변형에 효과적이다. 재구성 육제품은 수분 흡수, 겔화, 유화 형성이 조리된 제품의 안정성과 질감에 영향을 주기 때문에 제조과정이 복잡하다. 고기가 잘 붙게 만드는 성질은 이들 제품 생산에 있어 중요한 질적 특성이다. 결합력은 고기입자의 접착력과 육류 단백질의 수분 결합력을 모두 의미한다. 실제 결합력은 소금의 종류와 농도, 추출온도와 생육의 pH 등에 따라 결정된다.

표 14.2.1
육류, 가금류, 해산물에 활용된 WPC의 기능, 이점, 최종 용도

기능	이점	최종 용도
접착성	• 제품의 균질감 향상	• 육류, 가금류, 해산물에 빵가루나 반죽 접착 • 육류, 가금류, 해산물 조각 접착
겔화	• 확장된 3차원 구조로 재구성되면서 비가역적 겔 형성 • 겔 매트릭스의 모세관 내 수분 포획으로 수분 결합력 증대	• 햄, 연육 등의 수율 향상 • 햄, 연육 등의 수분손실 방지 • 가공처리한 육류, 가금류, 해산물의 경도, 응집성, 탄성 등 질감의 특성 변형
점도와 수분 결합력	• 가열 시 점도 향상 및 수분결합 자리 증가 • 탄력성과 질감 제공 • 씹는 맛, 씹을 때의 질감, 경도 향상 • 윤기, 다즙성, 입 안에서의 감촉 향상 • 썰기 좋은 상태가 됨	• 저지방 및 무지방 육류, 가금류, 해산물의 지방 대체
갈변 반응	• 메일라드 반응 및 비효소적 갈변 반응 촉진 • 시각적 효과 증대 • 색감 향상	• 저지방 및 무지방 육류, 가금류, 해산물의 적색도 증가
향미	• 유당에 의한 향미 향상 • 소금과 인산염의 씁쓸한 뒷맛 해소 • 휘발성 향 담체 기능	• 소시지 등의 육제품의 향미 증진
영양	• 우수한 칼슘 강화 원료 • 소화율 및 생체 내 이용효율이 높은 우수한 아미노산 원료	• 저지방 및 무지방 가공육 제품이라는 웰빙 이미지 향상

육류조직 접착성의 주요 기작은 근원섬유단백질의 열유도겔화에 의한 것이다. 조리 시 근원섬유단백질의 열경화에 의해 육류 입자들이 접착된다. 접착성은 조리 시 단백질 변성으로 감소한다. 적당한 열 조건에서 WPC는 확장된 3차원 구조로 재구성되며 비가역적 겔을 형성한다. 겔이 형성되면 겔 매트릭스의 모세관 내에 수분을 가두어 수분 결합력이 증대된다. 강력한 겔 구조는 모세관 내의 수분을 가두고 수분 손실을 막는다. 이로써 가공육 제품의 수율이 향상된다.

WPC를 사용한 재구성육 제품 및 별도의 처리 없이 덩어리째 이용하는 육제품에서 얻어진 생육 압축성형물의 겔화 특성과 이 특성이 결합력에 미치는 영향에 대한 연구가 이루어졌다. 겔화 특성 변화를 관찰하는 데는 염지 돼지고기에서 얻은 압축성형물이 사용되었다. 그 이유는 상용화된 겔 형성력이 뛰어난 WPC와 일반 WPC를 포함한 비육 단백질을 첨가하기가 용이하기 때문이었다. 연구 결과, 가열/냉각 시 모든 WPC 사용 범위(1~3%)에서 WPC를 사용한 압축성형물이 대조군에 비해 저장탄성률이 증가했다. WPC와 비유단백을 비교 분석한 결과, WPC가 비유단백보다 겔 형성력이 더 뛰어났다. 최근의 또 다른 연구결과에 의하면 염용성 단백질을 WPI로 대체할 경우 수분 보유력와 가공육 제품의 조리수율이 높아졌다.

14. 유청 · 유당제품을 응용한 가공육 · 가공수산 제품 제조

블렌드에 첨가제로 이용

WPC 단독으로도 겔화제로 사용되지만, 다양한 단백질 함량과 겔 형성력을 지닌 각종 WPC를 전분이나 카라기난 등의 다당류 블렌드와 함께 재구성육 제조에 사용하면 더 강력한 겔화제가 된다.

염지 재구성육에 카라기난, WPC, 카라기난 블렌드를 첨가할 경우 결합성에 어떤 변화가 있는지에 대한 연구가 이루어졌다. 연구 결과, 완제품에서 잔존량 2% 수준으로 각종 WPC(WPC34~80)를 첨가했을 때 저장탄성률이 증가했다. 카라기난 블렌드와 함께 일반 WPC를 2% 첨가했을 때 조리수율은 5%, 수분결합력은 8% 증가했으며 다즙성에 대한 관능점수도 높아졌다. 재구성육 제조 시 위와 동일한 카라기난 블렌드와 함께 고 겔화성 WPC를 2% 첨가할 경우 최상의 결과를 얻을 수 있었다.

식용 필름으로 이용

버몬트 대학의 노스이스트 유제품 연구센터(Northeast Dairy Foods Research Center)의 최근 연구결과에 따르면 중합 WPC에서 얻은 필름을 제품에 사용할 경우 질감 등, 유동학적 특성의 변화 없이 가열과정에서의 수분손실을 막을 수 있었다. 또한 WPC 필름 조직이 항미생물제와 결합되면 리스테리아균을 포함한 병원성 및 부패성 미생물의 증식이 억제되는 것으로 나타났다.

무지방/저지방 제품 제조에 증량제로 이용

재구성육은 무지방 및 저지방 제조법으로 가공하기에 적합하다. 재구성육의 식미는 지방함량에 의해 결정되는데, 이는 지방이 이들 제품의 향미, 질감, 다즙성을 향상시키기 때문이다. 많은 연구를 통해 WPC가 무지방 및 저지방 가공육 제품 제조 시 지방을 대체할 수 있는 유용한 기능적 특성을 가지고 있다는 점이 입증되고 있다. WPC를 활용한 저지방 육제품은 수분함량과 지방포획을 증대해 조리수율과 수분 보유력이 향상되고 수축률이 감소했다.

저지방 식품에 대한 소비자의 관심이 증대되어 상품성이 높은 무지방 및 저지방/지방감량 육제품에 대한 수요가 증가하는 추세이다. 소비자의 기호를 충족시키면서 지방함량을 최소화한 육제품을 개발하는 것은 단순히 육류의 지방을 제거하는 것처럼 간단한 일이 아니다. 지방을 대체할 수 있는 실질적인 방법은 식미를 유지하면서 지방을 대신하거나 다른 성분과의 상호작용을 변형할 수 있는 지방대체성분을 첨가하는 것이다.

단백질은 수분 결합력과 겔 형성력이 우수하여 지방의 대체품으로 주로 쓰인다. 또한 유화제로 쓰이거나 제품의 외관, 향미, 질감 변형에 이용된다. 특히 WPC를 이용하면 부드러운 크림 타입의 질감을 제공하여 완제품에 윤기를 돌게 하고 입 안에서의 느낌을 향상할 수 있다. 또한 WPC성분은 단백질 함량을 높이고 포화지방산의 농도를 낮추기 때문에 제품의 웰빙 저칼로리 이미지를 부각시킬 수 있다.

육제품 제조 시 일반적인 활용 사례

저지방 쇠고기 패티

WPC80는 가열 시 겔로 변하는 성질과 유화성이 뛰어나기 때문에 사용량을 4%로 조절하면 저지방 쇠고기 패티의 기능성 재료로 활용할 수 있다. 저지방 쇠고기 분쇄육 패티(지방함량 10~11%)에 물(10%), 소금(0.5%), WPC80(1~4%)를 혼합하여 조리한 경우 WPC 첨가량이 늘어날수록 WPC를 첨가하지 않은 패티에 비해 조리수율이 증가하고 수축률이 낮아졌다. WPC(4%)와 물(10%)을 혼합해 조리하면 지방함량이 높은 대조군에 비해 조리수율은 극대화(대조군의 125%)되고 수축률은 최소화(대조군의 49%)되었다. 트리폴리인산을 0.3% 첨가한 경우 WPC의 질감향상 기능이 증대되었고, 유당을 1% 첨가한 경우 저지방 쇠고기 패티의 향미 특성과 전반적인 관능적 특성이 향상되었다. 관능분석 결과 저지방 쇠고기 패티의 다즙성과 전반적인 품질을 최적화하는 WPC의 사용량은 4%인 것으로 나타났다.

저지방 프랑크프루트 소시지/핫도그/일반 소시지

프랑크프루트 소시지와 핫도그에 WPC를 첨가하면 제품의 칼로리와 포화지방 함량은 낮아지고 단백질 함량은 높아져 웰빙 이미지를 부각시킬 수 있다. 지방감량/저지방 육제품에 대한 수요 증대로 제품 개발 노력이 활발하다. 소비자에게 저지방 육제품에 대해 맛있고 구매 가치가 있는 제품이라는 인식을 심어주는 것이 중요하다.

소시지의 지방함량을 낮추면 조리손실이 현저히 증가한다는 점은 잘 알려져 있다. 연구진들은 지방(5%와 12%), 타피오카전분, WPC35의 사용량이 프랑크푸르트 소시지의 수화/결합력, 색감, 질감과 관능적 특성 상의 특징에 미치는 영향을 조사했다. 그 결과 타피오카전분 3%와 WPC 3%를 첨가했을 때 지방함량 5%와 12%의 소시지에서 모두 조리손실이 현저히 감소했다. 그러나 지방함량이 5%인 경우 WPC 첨가 시, 타피오카전분 첨가 시에 비해 조리손실이 5% 더 감소했다. 따라서 타피오카전분을 첨가하는 것보다 WPC를 첨가하는 것이 저지방 소시지의 조리손실 감소에 더 효과적이라는 것을 알 수 있다.

소시지의 지방함량을 낮출 때 적절한 수분결합제가 없으면 유화안정성이 매우 낮아진다. WPC를 첨가하면 지방함량 5%와 12% 소시지의 유화안정성이 상당히 향상된다. 지방감량제품의 유화안정성을 높이기 위해서는 단백질의 함량을 높여야 하며, 유청단백의 사용량을 높일수록 효과는 배가된다고 알려져 있다. 일례로 저지방 볼로냐 소시지는 단백질 함량이 11%일 때보다 13%일 때 유화안정성이 더 높다. 이는 단백질 함량이 높을수록 지방을 포획해 안정적인 에멀전을 형성하는 추출 단백질의 이용률이 증가하기 때문이다. 유청단백은 효과적인 지방 안정제로 에멀전에서 지방이 분리되는 양에 영향을 미친다.

지방은 육제품의 색도에 영향을 준다고 알려져 있다. 지방 함량을 12%에서 5%로 낮추면 소시지의 명도는 감소하고 적색도는 증가한다. 반면, WPC를 첨가하면 소시지의 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가한다.

또한 단백질 함량을 일정하게 유지하면서 지방함량을 12%에서 5%로 줄이면 프랑크푸르트 소시지의 응집성과 점착성은 현저히 감소했지만 경도, 탄성, 접착성 및 씹힘성에는 큰 변화가 없었다.

저지방 프랑크푸르트소시지는 지방함량이 높은 소시지에 비해 향미 성분의 발산 속도가 더 빨랐다. 따라서 지방을 대체하려면 식품에 향미 성분을 유지하고, 향 발산속도가 지방함량을 줄이지 않는 일반 소시지에 함유되어 있는 향미 성분의 발산속도와 비슷해야 한다. WPC는 저지방 프랑크푸르트소시지의 향 발산 속도에 영향을 주지 않아 지방대체품으로 적합한 것으로 나타났다.

가금류 제품 제조 시 유청단백의 활용

소금의 함량이 각각 보통, 감량, 무염인 가금육 제품 제조 시 WPC와 WPI를 첨가하면 조리수율과 수분 결합력, 유화안정성을 향상시킬 수 있다. 닭고기에서 추출한 염용성 분리단백 4%와 0.6M 염화나트륨, 0.05M 인산나트륨 완충용액에 섞인 WPC 혼합물(단백질 함량 16%) 12%로 이루어진 겔을 분석한 결과 WPC는 복합겔을 형성할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 형성된 복합겔의 유청단백 응고물은 염용성 단백질 겔 매트릭스 내에서 흩어진 입자형태로 존재했다.

다른 연구 결과, 세척한 닭가슴살에 겔 형성력이 뛰어난 WPC80 또는 WPI를 첨가했더니 가열된 에멀전의 유화안정성이 증대되었다. 이는 유화 후 조리수율 손실 억제와 관련된 것으로 보인다. 따라서 세척한 닭가슴살에 WPC와 WPI를 첨가하면 효과적인 작용을 한다는 것을 알 수 있다. WPC 또는 WPI를 첨가하면 가열된 혼합물의 단백질 매트릭스가 강화되었다. 또한 WPC와 WPI는 카제인염과 다른 유단백에 비해 육류단백질 구조 내의 수분 및 지방 보유력을 향상시켰다.

닭가슴살 반죽에 소금을 첨가하면, 단백질 농도(6%)와 온도(1°C)가 낮을 때 미리 열처리한 WPI가 겔을 형성할 수 있다. 저온에서 형성된 겔은 고온에서 형성된 겔에 비해 투명도와 경도, 수분 보유력이 높다. 닭고기 단백질 2%를 예열한 WPI로 대체하면 일반 닭고기나 예열 처리하지 않은 WPI를 2% 첨가한 닭고기에 비해 조직감과 조리수율이 향상되었다는 연구 결과도 나왔다. 또한 소금의 농도가 1.5% 이하일 때 더 강한 겔이 형성되어 이온강도의 변화로 겔의 성질이 변할 수 있다는 사실도 밝혀졌다.

소금 사용량(0~2.5%)과 예열된 WPI의 대체율이 생육 상태 및 조리된 닭가슴살 반죽의 물리적 성질에 미치는 복합적인 영향에 대한 연구도 이루어졌다. 그 결과 WPI를 예열할 경우 1°C에서 하룻밤 두었을 때 냉경화 겔이 형성되었다. 이 경우 특히 염화나트륨의 농도가 1.5% 이하일 때 생육 및 조리상태의 닭가슴살 반죽의 유동학적 특성과 수분 보유력은 향상되고 조리손실은 감소했다. 따라서 WPI 예열 여부와 염화나트륨의 농도가 생가금육 반죽의 수분 보유력과 유동학적 특성에 큰 영향을 줄 수 있다는 것을 알 수 있다.

14. 유청 · 유당제품을 응용한 가공육 · 가공수산 제품 제조

해산물 제조 시 유청단백의 활용

해산물에 대한 WPC의 활용도는 기능성과 경제성에 따라 좌우된다. WPC는 주로 겔성과 수분 결합력 때문에 해산물에 이용된다. 연육 및 조개맛살 제품에 대한 수요 증대로 전분, 단백질 등 해산물이 아닌, 겔성과 수분 결합력이 있는 성분들을 첨가해 이들 제품의 질감을 향상시키기 위한 노력이 활발하다.

물성 변형제

WPC, WPI 등의 유청단백은 어육연제품, 피쉬볼, 생선 및 조개류 제품, 기타 유사제품의 질감 향상에 효과적이다. WPC는 이들 제품군에 대한 비용효율이 높은 성분이다.

태평양산 민대구는 미국 서부해안에서 저인망으로 잡히는 생선 중 크기가 가장 크며 연육으로 가공된다. 연육은 추가 가공처리를 거쳐 미국과 일본, 한국에서 인기 있는 게맛살 등의 다양한 겔 제품으로 생산된다.

전단변형률은 연육의 겔 강도를 측정하는 가장 중요한 기준으로, 미오신 분자의 구조에 따라 달라진다. 전단변형률은 근원섬유단백질의 단백질분해 또는 변성으로 쉽게 감소한다. WPC 4%를 첨가해 90°C에서 빠르게 제조한 민대구 연육은 전단변형률이 향상되었다. WPC 4%를 첨가하면 상품성이 있는 겔 강도의 연육이 나온다. 생육단계에서 '어육' 입자를 접착하는 것은 연육해산물 제조에서 가장 중요한 과정이다. (미국의 한 특허에서는 연육 제조 과정에서 유청단백을 이용해, 형태가 유지되는 차가운 상태의 겔을 형성하는 과정이 기술되어 있다.) 연구진들은 상용 비선형 프로그램 기술('최적화 프로그램')을 이용해 WPC34에서 WPC80을 첨가해 연육해산물 베이스를 제조할 수 있는 비용 최소화 제조법을 개발해 왔다. 생산비용이 가장 낮은 제조방법인 WPC34(4.08%)와 WPC80(2.98%)을 이용한 연육 겔 제조비용은 감자전분과 쇠고기혈장단백을 이용한 제조비용과 비슷한 수준이다. 이러한 결과는 WPC가 쇠고기혈장단백과 감자전분을 대체하거나 보완할 수 있는, 비용효율적 측면에서 우수한 물성 변형제로 활용될 수 있다는 것을 보여준다.

피쉬크래커는 동남아시아에서 인기가 높은 스낵이며 '중간 생산물(intermediate products)'로 분류된다. 피쉬크래커 제조 시 타피오카전분과 다진 어육, 소금과 함께 WPC를 최대 9% 첨가하면 전반적으로 우수한 영양제품이 생산된다. 피쉬볼의 가장 중요한 요소는 '탄성'과 색, 향미이다. 연구결과에 따르면, WPC를 2~5% 첨가하면 피쉬볼의 질감과 색, 향미가 향상된다.

단백질 억제제

유청단백이 3% 첨가되었을 경우 태평양산 민대구 연육의 자기분해 단백질분해효소 억제제로서 작용한다는 것이 여러 연구 결과를 통해 입증되었다. 이런 특성 때문에 WPC는 민대구의 연육 가공처리 시 단백질분해효소 억제제로 널리 사용된다. 이는 열에 안정한 화합물로, 근육단백질을 분해한다. 일반적으로 억제제로 사용되는 식품으로는 쇠고기혈장단백질, 계란흰자, 감자 분말이 있다. 이 중 일부는 제품의 질에 안 좋은 영향을 미치기 때문에 연육에는 사용되지 않는다. 예를 들어, 일부 쇠고기혈장단백질은 1% 이상 사용할 경우 특이한 냄새가 난다. 계란흰자는 일반적으로 가격이 비싸며 단백질가수분해 억제에 필요한 농도를 사용할 경우 특이한 계란향을 풍긴다. 또한 감자 분말을 사용하면 제품이 변색된다.

14.3 가공육류 및 해산물 제조법

WPC를 첨가한 닭가슴살 제조법

원재료	사용량(%) 대조군	WPC80
닭가슴살	85.65	84.65
물	12.00	12.00
전분	1.50	1.50
소금	0.50	0.50
인산염	0.35	0.35
WPC80	–	1.00
합계	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 소금, 인산염, 전분, WPC80을 물에 넣고 45분 동안 닭가슴살과 잘 섞는다.
2. 내부온도 74.5°C, 상대습도 40% (건구온도 94.5°C, 습구온도 69°C)로 맞춘다.
3. 하룻밤 식힌 후 진공 포장해 냉동시킨다.

이점:

1. 조리 전 중량과 조리 후 중량을 기준으로, 관능적 특성 상의 큰 변화 없이 수율이 높아진다.
2. 완제품에서 닭가슴살의 질감은 유지하면서 제조비용을 약 7% 낮출 수 있다.

WPC를 첨가한 닭가슴살 제조법

원재료	사용량(%) 대조군	WPC80
닭가슴살	77.00	73.00
물	18.10	20.60
소금	2.00	2.00
인산나트륨	0.40	0.40
향신료	1.00	1.00
변형전분	1.50	1.50
닭 육수	0.00	0.50
WPC80	–	1.00
합계	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 닭가슴살에서 지방을 제거한 후 손질한 닭가슴살을 매세라이트한다.
2. 1의 재료의 1/5을 굵게 다진다.
3. 텀블러에 고기와 다른 재료들을 넣고 14rpm에서 두 시간 이상 진공 텀블링한다.
4. 16~24시간 동안 냉장한다.
5. 한쪽을 막아 놓은 화이브로스 케이싱에 준비된 재료를 채워 넣은 후 내부온도 67°C, 높은 상대습도에서 익힌다.

이점:

- 닭고기 제품에 WPC를 첨가하면 향, 질감, 다즙성이 향상되며 제조비용이 낮아진다.

이점	대조군	WPC80
혼합비용($/cwt)	135.28	132.29
조리수율(%)	96.40	96.51
산출된 혼합비용($/cwt)	140.33	137.07
비용절감($/cwt)	기준	3.26

후레쉬 치킨 브렉퍼스트 소시지

원재료	사용량(%) 대조군	0.5% WPC80	1.0% WPC80
닭다리살	79.06	77.06	77.06
향신료 혼합	2.25	2.25	2.25
시너지 포크 스톡	0.00	1.50	1.50
시너지 치킨 스톡	0.00	0.50	0.50
물	16.35	15.85	15.35
소금	1.84	1.84	1.84
식용 변형전분	0.50	0.50	0.50
WPC80	0.00	0.50	1.00
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 닭다리살을 지름 0.635cm의 분쇄기에 넣고 간다.
2. 닭다리살과 물, 향신료를 섞되 3분을 넘기지 않는다.
3. 2의 재료를 지름 0.476cm의 분쇄기에 넣고 간다.
4. 지름 5.08cm의 콜라겐 케이싱에 채워 넣는다.
5. 4를 냉동시킨 후 손질한다.
6. 패티 하나의 중량이 56.7g가 되도록 썬다.
7. 포장 후 냉동한다.

이점:

- WPC를 첨가하면 조리수율이 상당히 높아지고 제조비용이 절감된다. WPC의 함량이 0.5%와 1.0%일 때 각각 3.6%와 2.3%의 비용을 절감할 수 있다.
- 시너지 스톡을 넣으면 잘 구워진 고기향이 섞여 향미가 좋아진다.

이점	대조군	0.5% WPC80	1.0% WPC80
혼합비용($/cwt)	0.450	0.491	0.501
조리수율(%)	78.300	84.400	86.020
산출된 혼합비용($/cwt)	0.575	0.554	0.562
비용절감($/cwt)	기준	0.021	0.013

훈연 소시지 제조법

원재료	사용량(%)
콜라겐 케이싱	–
고기 블렌드	76.25
물	17.25
소금	1.75
탈지분유	2.50
WPC80	1.25
향신료와 염지	1.00
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 지름 0.95cm의 분쇄기에 고기를 넣고 간다.
2. 교반기에 고기와 다른 재료들을 넣고 5분 동안 섞는다.
3. 지름 0.48cm의 분쇄기에 고기를 넣고 간다.
4. 콜라겐 케이싱에 3을 채워 넣는다.
5. 훈연과 열처리를 한다. 내부온도 62°C가 될 때까지 익힌다.

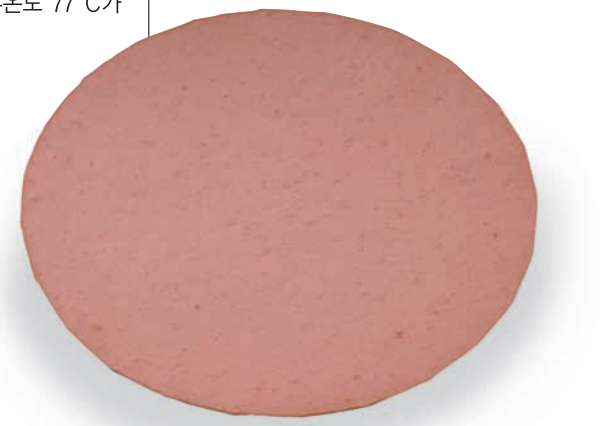
포크 앤 비프 볼로냐 소시지 제조법

원재료	사용량(%)
셀룰로스 케이싱	–
돼지고기(50% 지방감량)	38.08
얼음/물	29.00
쇠고기(90% 지방감량)	26.06
WPC80	3.00
소금	2.30
설탕	1.00
흰후추	0.30
육두구	0.13
생강	0.13
에리소르빈산나트륨	540ppm
아질산나트륨	154ppm
합계	**100.00+**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 고기와 소금, 염지 재료, WPC80과 얼음(1/2 분량)을 커터에 넣는다. 4°C에서 안정된 유화제가 되도록 다진다.
2. 남은 얼음과 향신료를 넣는다.
3. 13°C로 가열한다.
4. 셀룰로스 케이싱에 넣고, 내부온도 77°C가 될 때까지 익힌다.



97% 무지방 칠면조 브렉퍼스트 소시지 제조법

	사용량(%)	
원재료	대조군	WPC80
라인 런 칠면조 다리살	86.90	84.90
향신료 혼합	2.25	2.25
시너지 포크 스톡	0.00	1.50
시너지 치킨 스톡	0.00	0.50
물	10.35	9.85
변형전분	0.50	0.50
WPC80	0.00	0.50
합계	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 지름 0.635cm의 분쇄기에 고기를 넣고 간다.
2. 고기와 물, 다른 재료들을 넣고 섞는다. 1분을 넘지 않도록 한다.
3. 지름 5.08cm의 콜라겐 케이싱에 2의 재료를 넣는다.
4. 고기는 냉동 후 손질한다.
5. 패티 한 개의 중량이 28~30g이 되도록 자른다.
6. 포장 후 냉동실에 넣는다.

이점:

- WPC를 첨가하면 조리수율이 현저히 높아지고 지름 수축률이 감소한다.
- 시너지 스톡을 첨가하면 브렉퍼스트 소시지의 감칠맛과 고기맛이 향상된다.

WPC를 첨가한 분쇄육 패티 제조법

	사용량(%)		
원재료	대조군	1.0% WPC80	2.0% WPC80
분쇄육(0.3175cm 굵기)	99.50	87.00	86.00
물	0.00	11.50	11.50
WPC80	0.00	1.00	2.00
소금	0.50	0.50	0.50
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 쇠고기 분쇄육과 다른 건조 재료들을 600ml 비커에 넣고 섞는다.
2. 물을 넣고 30초간 섞는다.
3. 잘 섞은 분쇄육을 비커 바닥에 눌러 패티를 만든다.
4. 187°C의 오븐에서 20분간 익힌다.
5. 남은 수분의 양을 측정하고 관능분석을 한다.

WPC를 첨가한 60% 증량 재구성 햄 제조법

원재료	사용량(%) 대조군	WPC80
저지방 햄	100.00	100.00
물	56.00	53.12
소금	3.30	3.30
인산나트륨	0.63	0.63
에리소르빈산염	0.05	0.05
아질산나트륨	0.02	0.02
WPC80	0.00	2.88
합계	**160.00**	**160.00**

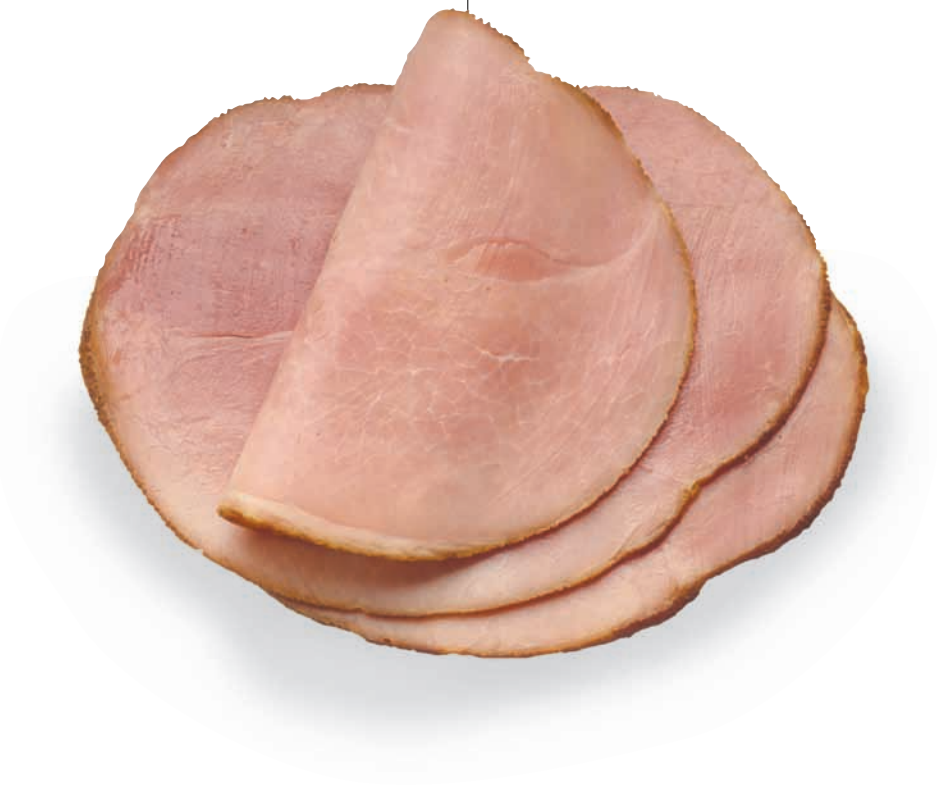
제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 신선한 생햄을 강하게 매세라이트한다.
2. 텀블러에 고기와 재료들을 넣는다.
3. 진공상태에서 10rpm으로 4시간 동안 잘 섞는다.
4. 12~16시간 동안 냉장실에 넣어 둔다.
5. 한쪽을 막아 놓은 화이브로스 케이싱에 진공 충전한다.
6. 훈연실에서 내부온도 70°C로 6~7시간 훈연한다.

이점:

- WPC80을 첨가하면 조리수율이 높아진다.
- 햄의 즙이 많아진다.
- 일반 햄의 특징인 짠맛이 줄어 향미가 개선된다.



WPC를 첨가한 핫도그 제조법

	사용량(%)	
원재료	대조군	WPC80
쇠고기	15.50	7.50
돼지고기	40.00	40.00
닭고기	21.00	21.00
물	19.13	25.13
소금	2.39	2.39
설탕	1.00	1.00
삼인산나트륨	0.42	0.42
향신료	0.50	0.50
에리소르빈산나트륨	0.04	0.04
아질산나트륨	0.02	0.02
WPC80	0.00	2.00
합계	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 살코기에 소금, 아질산나트륨, 물(1/2분량)을 넣고 6~8°C가 될 때까지 다진다.
2. 천천히 다지면서 나머지 건조 원료를 넣는다.
3. 지방과 고기, 남은 물을 넣고 13~15°C가 될 때까지 빠른 속도로 다진다.
4. 셀룰로스 케이싱에 에멀전을 채워 넣는다.
5. 훈연실이나 핫도그 조리기에 핫도그를 넣어 익힌다.
6. 5를 20분간 흐르는 물에 씻은 후, 4°C 미만에서 보관한다.

이점:

- 조리수율 상의 큰 변화가 없는 것으로 보아 WPC80을 첨가하면 수분을 3L 더 보유할 수 있다는 점을 알 수 있다.
- WPC를 첨가하면 제조비용이 3.37$/cwt 감소한다.
- 살코기 사용량의 40%를 WPC80 10%, 물 30%로 대체하면, 질감의 변화 없이 제조비용을 2$/cwt 절감할 수 있다.

저지방 핫도그

원재료	사용량(%)
돼지고기 잡육	36.88
얼음물	30.26
쇠고기 잡육	24.58
무지방 향신료 혼합	5.00
WPC80	2.83
헬러의 최신 염지액	0.20
파프리카	0.14
소금	0.00
훈연액	0.11
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 미리 갈아놓은 쇠고기 잡육(1/8인치 굵기)과 염지액, 얼음물(1/2분량)(얼음 75%:물 25%)을 초퍼에 넣는다.
2. 여기에 향신료 혼합, WPC80, 파프리카, 소금, 훈연액을 넣는다. 필요 시, 반죽을 쉽게 다질 수 있도록 얼음물을 더 넣는다. 6°C가 될 때까지 가열한다.
3. 돼지고기 잡육과 남은 얼음물을 넣고 7°C가 될 때까지 다진다.
4. 반죽을 유화제에 넣는다(유화제에 넣은 후 재료의 온도는 17°C가 적당하다). 반죽에 생기는 유화제는 제거한다.
5. 오븐의 훈연발생장치에 화이트히커리 훈연목 조각을 채우고 오븐을 예열한다.
6. 소시지 스터퍼로 콜라겐 케이싱을 채워 훈연실에 넣은 후 내부온도가 76°C가 될 때까지 익힌다.
7. 27°C가 될 때까지 흐르는 물로 10분간 씻는다. 14°C로 식힌 후, 케이싱을 벗기고 진공포장한다.

WPC를 첨가한 어육연 제품 제조법

원재료	사용량(%)
명태	66.70
얼음	29.80
소금	2.00
WPC80	1.50
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 모든 재료를 진공초퍼에 넣고 4분 동안 잘 섞는다.
2. 반죽을 소시지 스터퍼에 넣어 스테인레스스틸 튜브에 채운다.
3. 튜브의 양쪽 끝을 막는다.
4. 90°C에서 15분 동안 익힌다.
5. 얼음물에 넣어 15분 동안 식힌다.
6. 튜브에서 꺼내어 4°C에 보관한다.

15 유청 · 유당제품을 응용한 가공식품 및 스낵 제조

15. 유청 · 유당제품을 응용한 가공식품 및 스낵 제조

제조법 감수:
캐시 넬슨 (Kathy Nelson)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

최근 몇십 년 간 손쉽게 먹을 수 있는 인스턴트 음식과 가공식품이 큰 인기를 끌고 있다. 다양한 가공식품과 스낵에서 유청단백 제품은 향미 증진, 화이트닝, 유화, 호화, 휘핑 등 다양한 기능을 담당하며 유용하게 활용되고 있다.

크림수프, 화이트소스, 그레이비 소스는 수중유적형 에멀전으로서 액체나 건조 믹스 형태로 구입이 가능하다. 다양한 유단백질 제품은 유화제와 안정화제로 이용된다. 그레이비 믹스에서 유청 유제품 블렌드는 화이트닝제나 탁도제로 이용된다. 유청 고형분은 은은한 우유맛을 내며 소스 분말 형태의 향미료로도 잘 알려져 있다. 일부 활용법에서 미네랄농축 유청제품은 향료나 건조 믹스로 팽창제와 분산제, 향미료로 이용된다. 농축유청단백은 산용해성이 뛰어나 산성 가공식품과 스낵에 적절하게 쓰이기도 한다.

샐러드 드레싱은 pH 4에 가까운 약산성의 수중유적형 에멀전으로, 착색료, 향미료와 함께 계란 노른자를 유화제로, 식초를 산미제로 포함한다. 마요네즈와 달리 유동성 드레싱에는 전분이나 껌(gum)이 유화제와 질감 향상제로 들어간다. 샐러드 드레싱의 주 유화제는 계란 노른자로 에멀전의 뻑뻑함과 안정성에 영향을 미친다. 경제적 측면이나 세균의 번식을 고려할 때 천연 유청단백은 낮은 pH 환경에서 유화 작용을 하며 안정화시키는 특징이 있어, 계란 노른자를 천연 유청단백으로 대체하는 것에 대한 관심이 늘고 있다. 연구 결과에 따르면 유동성 샐러드 드레싱의 유청분리 측면에서 유화력과 안정성은 중요한 매개 변수이며 드레싱 조리법(예를 들어 재료의 손질 순서)도 주요 고려 사항이다. 미국 공급업체들은 우수한 품질의 샐러드 드레싱을 제조하기 위한 맞춤형 농축유청단백을 개발해 왔고 그 결과 제조법에서 계란의 일부 혹은 전부를 농축유청단백으로 대체할 수 있게 됐다.

유청에 함유된 양질의 단백질과 칼슘은 인스턴트 음식과 기능 강화성 스낵을 만들 때 중요한 고려요인이다. 유청제품은 또한 이상적인 천연 원료로 소비자에게 인식되므로 제조업자들은 '청정 식품' 라벨을 유청제품에 부착하게 되었다. 계란 대체재로 활용도 높은 농축유청단백(WPC)은 미생물학적 품질이나 제품 안정성, 유통기한을 고려할 때 이점이 많다.

15.1 스낵 제조 시 유청제품의 활용

B. 존슨 박사 (Dr. B. Johnson)
FS&T 컨설팅 (FS&T Consulting, Stillwater, OK)

스낵은 크래커에서부터 치즈컬, 감자칩, 쿠키에 이르기까지 그 종류가 다양하다. 맛과 질감에서도 그렇다. 달콤하고 짭짤한 맛이나, 부드러운 느낌에서부터 사각거리고 바삭거리는 질감에까지 다채롭다. 다양한 종류의 스낵에 유제품, 특히 유청제품을 사용할 수 있다. 유청제품은 향미와 외양을 증진시킬 수 있기 때문에 스낵에서 주로 시즈닝으로 활용된다. 게다가 크래커와 마사반죽에서의 활용도 점차 늘고 있으며, 땅콩과 스낵의 코팅제로도 이용되기 시작했다. 유청제품은 다양한 종류의 스낵에서 질감, 색감, 향미를 향상시키고 다양한 스낵에서 그 맛을 연출하며, 유통기한을 늘리는 데 일조한다. 다양한 제조공정에서 계란과 쇼트닝 대체식품으로 활용되면서 비용 효율적인 원료로 각광받고 있다.

미국산 유청제품을 선택하는 주요 원인으로 영양가가 높다는 점을 들 수 있다. 유청제품에는 스포츠 영양식품의 중요 영양소인 분지사슬 아미노산이 풍부하고 양질의 단백질이 함유되어 있는 것으로 평가 받는다. 유청제품을 통해 생체 내 이용효율이 높은 우유 칼슘과 미네랄, 비타민 등을 섭취할 수 있다. 농축유청단백(WPC)과 분리유청단백(WPI)은 현재 건강 스포츠 스낵 원료로 각광 받고 있다.

짭짤한 스낵은 '칩'에 향미료를 부분적으로 코팅해서 만든다. 맛과 통일성, 그리고 시각적인 매력은 소비자 선호를 최적화시키는 주요 요소이다. 미국 소비자들이 가장 선호하는 향미료로 치즈, '나초', '랜치' 사워크림, 양파, 바비큐를 들 수 있다. 스낵 제조에 이용되는 상위 다섯 가지 시즈닝 중 네 가지가 유제품으로 유청 고형분을 상당량 함유하고 있다. 이러한 유제품 시즈닝은 단독 혹은 다른 원료와 혼합 사용이 가능해 다양한 스낵 시즈닝을 만들어 낸다.

스낵에 활용된 유청제품 개요

- 맛과 부피를 조절한다.
- 스위트 유청은 무공해식품이고 자체 향미가 약해 치즈 분말, 짭짤한 맛, 올레오레진과 잘 섞이는 이상적인 제품이다.
- 유청제품는 부피를 늘리고 코팅력이 우수해 스낵 시즈닝에 균일하게 코팅되므로 시각적으로 우수한 효과를 낸다.
- 유청 시즈닝은 흡습성이 없기 때문에 눅눅해지는 것을 막고 품질 보존이 용이하다.
- 유청제품은 서로 화학반응을 하는 성분을 물리적으로 분리시키기 때문에 식품의 유통기한을 늘리고 제 기능성을 유지한다.

표 15.1.1
치즈 블렌드 시즈닝

원재료	고함량 치즈	블렌드	비용 절감형저지방 햄
치즈	〉90%	70%	〈50%
스위트 유청	4%	10~20%	20~35%
에시드 유청	3%	5%	5%
WPC34	3%	3%	5%
효소숙성치즈	–	1~2%	1~3%

치즈 블렌드 시즈닝에 유청제품 활용

스낵 제조에 사용되는 우유 분말은 분무건조로 처리한 것이다. 치즈, 사워크림, 크림치즈, 다양한 우유 분말 등도 모두 같은 방법으로 건조시킨다. 과정은 거의 유사하지만, 필요에 따라 유화염과 증량제를 지방함유 시즈닝에 첨가한다. 구연산염, 인산염과 같은 유화염을 첨가해서 치즈 단백질의 상태를 결정짓고 유지방을 유화시킨다. 그 결과 치즈 분말의 질감이 부드러워지고 오일 분리를 막게 된다. 숙성 치즈나 식물성 오일을 사용할 때에는, WPC34나 스위트 유청 같은 기능성 단백질을 추가로 첨가하면 유화와 건조 과정에 도움이 된다. 유화염, 물, 치즈를 잘 섞어 멸균 온도까지 가열하여 균질하게 만든 다음 분무건조식으로 처리하면 치즈 분말이 제조된다. 이렇게 만들어진 치즈 분말의 수분 함량은 4% 정도로 저장성과 안정성이 뛰어나다.

치즈 분말의 용도에 따라 치즈 고형분 함량을 높게(95%), 중간 정도(50% 이상), 또는 낮게(50% 미만) 조절한다. 치즈 분말은 적용할 제품과 최종 소비자의 필요에 따라 유청, 버터 밀크, 탈지유 고형분, 밀가루, 말토덱스트린, 덱스트로스 등의 유제품으로 만든다. 스위트 유청과 농축유청단백은 비용 효과적인 향미료이며 증진제로도 작용한다.

미국에서 짠맛 스낵의 주 원료는 치즈 분말이다. 치즈 분말과 블렌드는 우유 분말과 함께 감자칩, 압출성형 스낵, 팝콘의 핵심 향미료로 이용된다. 기능성, 맛의 강도, 저장 안정성 측면에서 자연산 치즈보다 치즈 분말을 스낵 충전물로 사용하는 편이 비용 효율적이다. 구운 스낵이나 개량형, 압출형 스낵에 일반적으로 열안정성 강화를 위해서는 배합된 치즈 분말이 들어가고, 원하는 첫 맛을 내고 그 맛을 지속시키기 위해서는 부분적으로 치즈 분말이 들어간다.

스낵 시즈닝 제조사는 유청제품을 원료로 다양한 우유맛 시즈닝을 생산한다. 가장 널리 보급된 것은 치즈 블렌드로 여기에는 체다치즈, 유청 고형분, 버터밀크 고형분, 블루치즈, 인산염, 색소, 식염이 원료로 쓰인다. 블렌드 유형은 소비자의 기호에 맞춰 유청 고형분, 식염, 글루탐산모노나트륨, 색소 등을 첨가하기도 한다.

스낵 시즈닝에 유청제품 활용

스낵 향미료는 대개 특정 부분에만 적용한다. 일부 제품에서만 치즈 같은 향미 재료를 요리 전 스낵 배합 단계에서 첨가한다. 부분적으로 적용되는 향미료는 재료 본연의 맛을 보완하며 첫 맛의 인상을 좋게 하기 위해 이용된다. 이 경우 다음 세 가지 중 한 가지 방법에 따라 향미료를 첨가한다.

(1) 튀긴 스낵에 살짝 뿌리거나 건조 코팅 한다.
(2) 식물성 오일로 고정시킨 향미 블렌드 스낵 표면에 분무 처리한다.
(3) 구운 제품에 오일을 분무 처리한 다음 시즈닝을 살짝 뿌린다.

돌출성형 스낵용 치즈 시즈닝은 일반적으로 오일 슬러리의 부유물 형태이다. 시즈닝을 제품 표면에 분무 처리하면서 고르고 단단하게 표면을 코팅한다. 이러한 시즈닝은 팝콘, 팽화형 · 돌출성형 스낵과 관련 제품에 이용된다. 표 15.1.2에서는 세 가지 제조법을 소개한다. A형과 B형은 전통적인 블렌드 방식이다. 특히 B형은 비용 절감형 제조방식으로 치즈 15%를 유청 고형분과 효소숙성 치즈맛으로 대체한다. 이 첨가물은 치즈 '컬'(압출성형 스낵)의 오일 부형물로 이용되며 중량이 30~35% 증가하는 효과가 있다. C형 블렌드는 비용 절감 방식으로 유청과 효소숙성치즈, 그리고 다양한 향미료를 사용한다. 이 방식 또한 식물성 오일을 현탁시키는 것(오일 1~2의 비율)으로 권장 사용량은 중량 기준 30~35%이다.

토틸라칩과 옥수수칩은 고유한 향미가 있기 때문에 적당한 맛을 내려면 보다 강한 향미료를 첨가해야 한다. 일반적으로 소비자 선호가 높은 '나초'와 '랜치' 향미가 이용된다. 소비자들의 눈길을 끌기 위해서는 색감이 뛰어나고 코팅이 제대로 되어 있어야 한다. 토틸라칩에 첨가되는 나초 시즈닝에는 세 가지가 있다. B형과 C형 제조방식은 에시드 유청분말과 효소변형 향미료를 사용해 원료비를 절감한다.

이러한 시즈닝은 토틸라칩이 뜨거운 상태에서 6~8% 수준으로 첨가하고 살짝 뿌리거나 텀블링 방식을 통해 균일하게 코팅이 되게 한다. 팝콘이나 옥수수 콜릿에는 오일 슬러리를 이용한다. 크래커 반죽은 밀가루 무게 기준 8~10% 사용하고 크래커 충전물은 충전물 무게의 30~35% 정도가 되게 한다. 구운 스낵 크래커는 오일을 섞어 분무 처리한 다음 식염과 시즈닝을 첨가해 코팅 접착력을 높인다.

유청제품은 돌출성형 스낵에 이용되는 다기능성 원료이다. 스낵 외피에는 WPC34를 다른 고형분의 대체재로 부분 사용한다. 충전물에 들어가는 유청은 우유맛을 내며 비용을 줄이는 역할을 한다. 속을 채운 프레첼은 치즈로 속을 채운 돌출성형 스낵의 예이다.

표15.1.2
옥수수칩과 토틸라칩, 팝콘, 크래커에 이용되는 '나초' 맛

	제조법(%)		
재료	A	B	C
로마노치즈 분말	34.00	29.00	26.00
파마산치즈 분말	10.00	10.00	10.00
체다치즈 분말	5.00	5.00	5.00
소금, 밀가루	18.90	18.90	18.90
말토덱스트린	18.10	18.10	18.10
토마토 향미료	5.00	5.00	5.00
에시드 유청	–	5.00	8.00
글루탐산모노나트륨	3.00	3.00	3.00
양파 분말	1.50	1.50	1.50
로마노(효소변형) 향미료	1.00	1.00	1.00
구연산	1.00	1.00	1.00
머스타드 분말	1.00	1.00	1.00
마늘분말	0.50	0.50	0.50
황색 착색료	0.70	0.70	0.70
고춧가루	0.30	0.30	0.30

스위트 스낵에서 유청제품이 지니는 이점

스위트 유청과 WPC는 스위트 스낵과 구운 스낵에 주로 이용된다. 영양 식품과 스포츠 식품, 캔디 바뿐만 아니라 시리얼 바(그래놀라, 뮤즐리, 쌀), 쿠키와 비스킷, 웨이퍼 등이 이에 해당된다.

유청제품은 대체로 순하고 부드러운 우유맛을 내기 때문에 널리 활용된다. 구운 스낵의 경우 유청제품의 기능적 장점을 살리기 위해 5% 정도(밀가루 기준) 첨가할 것을 권장한다. 유청을 첨가하면 겉면의 색과 광택이 향상되는 반면 반죽의 끈기나 점성은 줄어든다. 농축유청단백과 분리유청단백은 계란 흰자나 젤라틴을 일부 대체하고 겔제/유화제로도 작용한다. 유청 원료는 다기능성을 갖추고 있으며 비용 효율적이다.

누가와 밀크 초코볼 같은 제과제품에서 유청단백의 공기 포집력을 이용하면 재료 비용을 조절할 수 있다. 기포구조 내에서 단백질의 상호작용망은 기포함유 제과를 안정화 시키는 역할을 한다. 제과제품에 들어가는 시럽이나 제조과정에서 단백질망은 기포분자를 각각 둘러싸며 분리되는 것을 막는 기능을 한다. 농축유청단백은 카제인의 부분 대체재로 토피, 캐러멜, 퍼지, 기타 제과류를 만들 때 이용된다. 자세한 내용은 [12. 유청 · 유당 제품을 응용한 제과제품 제조]를 참조한다.

표15.1.3 유청제품의 사용과 스넥제품 적용시 이점

제품	일반 사용량(%)				장점
	스위트 유청	에시드 유청	WPC34	탈염 유청	
치즈 블렌드	5~30	0~10	0~5	–	• 비용 조절 • 기능성 • 향미 전달제
치즈 분말	0~20	0~2	0~3	–	• 비용 조절 • 기능성 • 순한 우유맛
시즈닝	0~50	0~8	0~5	–	• 비용 조절 • 기능성 • 순한 우유맛 • 효과적인 코팅제
짭짤한 크래커	0~4	0~2	0~4	–	• 색감 보강 • 질감 변형 • 비용조절
밀크 초콜릿*	–	–	0~5	0~5	• 향미 증진 • 순한 우유맛 • 비용 조절
혼합 코팅제*	–	–	0~20	0~20	• 향미 증진 • 색감 보강 • 비용 조절
그래놀라 바, 씹어 먹는 제품	0~3	–	0~3 WPI도 사용	0~3	• 응집성 • 계란, 젤라틴 대체 • 향미 보강
캐러멜*	0~4	–	0~7	0~4	• 질감 증진 • 색감 보강 • 향미 증진
비스킷, 쿠키**	〉5% fb	–	〉5% fb	〉5% fb	• 질감 증진 • 색감, 향미 보강 • 순한 우유맛

* 자세한 정보와 제조공정은 [12. 유청 · 유당 제품을 응용한 제과제품 제조]를 참고한다.
** 자세한 정보와 제조공정은 [10. 유청 · 유당 제품을 응용한 제빵제품 제조]를 참고한다.

15.1 스낵 제조 시 유청제품의 활용

원고 제공:
데어리 매니지먼트 사 (Dairy Management Inc.)

식품 제조법이 날로 발전하자 이에 발맞춰 유제품 원료 역시 부가적 기능과 응용 가능성을 다양화하며 그 품목을 확장시켜 나가고 있다. 최근 코넬 대학교(Cornell University)에서는 유청을 원료로 하여, 전분과 단백질의 최고 장점을 결합해 각 원료가 단독으로 쓰일 때보다 뛰어난 기능을 발휘하는 유청 폴리머를 개발해 선보이고 있다. 그 결과 영양가 높고 안정성과 기능성을 갖춘 겔화제를 찾던 스낵 제조업체에게 새로운 응용 가능성과 시장의 확대 가능성이 열렸다. 미국 유제품 수출 협의회의 모회사인 데어리 매니지먼트 사(Dairy Management Inc.)는 이 혁신적인 폴리머 연구에 재정지원을 하고 있다.

코넬대 식품과학과 스티븐 멀배니 부교수는, 옥수수 전분과 유청단백의 결합물을 전분의 겔화와 단백질 변성이 일어나는 온도 이상으로 가열 처리해 독특한 합성물인 폴리머를 만들어 냈다. 제조 조건과 공식에 변화를 주면 제조업체의 필요에 따라 겔의 특징을 조절 할 수 있다.

폴리머는 생성될 때에는 습윤겔 상태이지만 폴리머겔을 건조 분쇄해 분말형으로 만들면 스낵에 활용할 수 있다고 멀배니 교수는 말한다. 게다가 유청을 결합한 폴리머겔은 전분겔에 비해 영양공급에서나 기술적인 면에서 우수하다. 식품 제조업체는 기존의 제조시설과 규정에 따라 손쉽게 구할 수 있는 원료를 가지고 pH나 열 노출과 같은 제조과정의 조건을 적절하게 조절해 폴리머 합성물을 만들 수 있다. 분말 형태의 폴리머 합성물은 전호화 전분처럼 물과 섞이면 반죽 상태가 된다. 즉 구운 스낵이나 압출성형 스낵에 활용될 수 있는 것이다.

캘리포니아 대학교 유제품 연구센터(California Dairy Foods Research Center, University of California-Davis)에 있는 존 크로취타(John M. Krochta)는 다음과 같이 말한다. "겔과 식용필름은 식품산업에서 다양하게 이용된다. 예로, 유청단백 필름은 산소 침투를 막는 것이 관건인 견과류 및 기타 제품에 활용된다. 유청단백 보호 코팅제는 산화를 억제함으로써 견과류, 견과류가 함유된 제과제품, 구운 제품의 품질을 향상시키고 유통기한을 늘린다. 또한 유청단백을 원료로 한 폴리머 코팅은 견과류에서 배어 나오는 오일이 주위 식품원료에 침투되는 것을 막으면서도 식별되는 독특한 맛은 없는 원료이다." 미국산 유청단백을 획기적으로 활용하면 향미가 더욱 좋아지고 소비자의 구미를 당기는 천연원료 스낵을 제조할 수 있다.

Q & A

Q: 다양한 치즈맛 스낵에는 치즈 시즈닝을 한 종류만 쓰는 게 좋습니까?

A: 스낵의 기본 향미에 따라 필요한 향미료가 달라지므로 다양한 종류의 치즈 향미료를 사용하는 편이 좋습니다. 예로 옥수수칩이나 토틸라칩의 경우, 감자칩보다는 강한 향미료와 다른 원료를 이용해야 보완효과가 있습니다. 쌀을 주원료로 한 스낵에는 이와는 다른 향미료를 첨가해야 할 것입니다. 염분 처리 전의 칩에는 염분 처리를 전제로 했을 때와는 다른 코팅과 제조법이 적용되어야 합니다. 게다가 어린이와 성인이 선호하는 향미는 각기 다릅니다. 일반적으로 어린이는 연한 치즈맛과 유청의 달콤한 맛을 좋아합니다. 성인은 시즈닝 첨가량이 높은 것을 선호합니다. 유청제품은 치즈맛을 풍부하게 내고 제품의 시각적 효과를 높이는 데 이용됩니다.

Q: 유청을 사용하면 제품의 영양성분이 변형됩니까?

A: 농축유청단백에는 양질의 단백질과 칼슘을 비롯한 다양한 미네랄이 대량 함유되어 있습니다. 농축유청단백의 사용량에 따라 제조법 상의 단백질과 칼슘의 함량이 높아지며, 이 점은 소비자의 기호를 높이는 작용을 합니다. 구운 스낵용 제조법에서는 유청제품이 지방 대체재로 일부 사용되기도 합니다. 유청의 이런 특징을 이용하면 보다 저렴한 비용으로 건강 기능성 저지방 스낵을 제조할 수 있기 때문에 이상적인 원료라 할 수 있습니다.

Q: 시즈닝 분말이 스낵에 잘 달라붙지 않으면 어떻게 해야 합니까?

A: 튀기거나 분무 처리한 오일이 유동 상태로 표면에 남아 있을 때는 세심한 주의를 기울여 시즈닝 분말을 분사해야 합니다. 스낵 표면과 시즈닝 분말의 분리 현상은 제품이 식지 않은 상태에서 일어납니다. 토틸라칩의 경우 제품표면에 지방 함량이 적기 때문에 입자가 고운 시즈닝을 사용하기 바랍니다. 소형 입자의 시즈닝이 가볍고 접착력이 좋기 때문입니다. 저지방 제품의 경우, 껌이나 말토덱스트린 용해액을 분무 처리해야 시즈닝이 표면에 제대로 접착됩니다.

Q: 제과제품 제조 시 특별히 선호되는 스위트 유청이나 유청제품이 있습니까?

A: 있습니다. 경우에 따라 스위트 유청보다 농축유청단백을 권장합니다. 자체 향미가 옅기 때문에 과자를 만들 때 다른 향미에 영향을 주지 않기 때문입니다. 농축유청단백은 겔화, 결합력, 유화력이 뛰어나기 때문에 기능성이 높습니다. 분리유청단백은 계란 흰자나 젤라틴 대용으로 선호도가 높습니다. 여러 종류의 유청제품을 혼합하여 사용할 경우 제조공식과 비용 효율성을 최적화하기 위해 관능평가를 거쳐야 합니다.

Q: 시즈닝을 직접 혼합한 것과 시즈닝 믹스를 사는 것의 장단점은 무엇입니까?

A: 시즈닝을 직접 섞으면 비용적 이점이 있지만 향미를 일관되게 유지하기 위해서는 전문적인 기술이 필요합니다. 일부 스낵 제조업체에서는 혼합형 블렌드 분말을 구입해 스위트 유청과 농축유청단백과 같은 나머지 시즈닝을 맞춤형으로 섞게 하는 방식을 선호하기도 합니다. 제조비용과 작업규모를 총괄 평가해 어떤 식으로 제조할 것인지 결정합니다. 스낵 제조업체는 대체로 소비자 기호에 따라 최적화된 믹스를 개발하기 위해 미국 유청 및 시즈닝 공급업체와 긴밀히 협력합니다.

Q: 시즈닝으로 향미를 균일하게 내는 데 애를 먹고 있습니다. 이유가 무엇일까요?

A: 유동성 올레오레진은 유청분말 등의 분말원료와 미리 충분히 섞은 후에 건조 상태에서 나머지 원료 분말과 섞어서 분말이 고르게 퍼지도록 만들어야 합니다. 입자 크기에 차이가 있으면 구성 원료를 이동하고 취급할 때 층위가 발생하기도 합니다. 그러므로 모든 원료의 입자 크기를 유사하게 하는 것이 중요합니다. 입자 크기는 오일 슬러리에 들어가는 시즈닝에 큰 영향을 미치며 불균질 현탁액을 만들고 분무 노즐을 막기도 합니다. 대체적으로 이러한 문제는 슬러리를 충분히 교반하면 해결됩니다.

Q: 무지방 스낵에 이용되는 지방 대체재도 지방처럼 시즈닝 코팅제 작용을 합니까?

A: 네. 지방 대체재도 식물성 오일과 쇼트닝처럼 분무 오일이나 튀김 조리 시에 생성되는 표면 오일처럼 접착성이 뛰어납니다. 이러한 결과가 나오지 않을 경우 제조업체에 문의하시기 바랍니다.

15.3 저지방 식품 제조 시 유청제품의 활용

B. 존슨 박사 (Dr. B. Johnson)
FS&T 컨설팅 (FS&T Consulting, Stillwater, OK)

유청제품은 다양한 식품에 활용되면서 크림 형성력과 질감, 보수력, 수분 결합력, 탁도, 접착력을 증진시킨다. 다기능성 식품 원료이기 때문에 지방 대체재로 저지방 식품에 활용되는 경우도 점차 늘고 있다. 영양가가 높고 기능적 특성이 뛰어나므로 수프, 소스, 샐러드 드레싱, 육가공품 등 다양한 저지방 제품에서 긴요하게 활용된다.

지방 대체재로서의 유청단백

저지방 식품을 만들기 위해서 지방대체 물질을 식품 에멀전에 첨가하는 방법이 보편적으로 이용되고 있다. 현재로서는 배합과 제조 과정에 변화를 주면서 지방 대체재를 2개 이상 신중히 선택하여 결합하는 방법이 최선으로 보인다. 에멀전 형태의 저지방 제품 생산에도 지방 대체재가 활용되고 있다. 농축유청단백(WPC)은 단독으로 혹은 다른 대체 물질과 결합하여 지방 대체재로서 저지방 식품에 폭넓게 활용되고 있다.

지방 대체재로 주로 활용되는 농축유청단백 제품은 WPC34와 WPC80으로 저지방성 식품에 이용되고 있으며 많은 이점을 제공한다. WPC는 다기능성 원료로 지방과 유사한 특징을 보인다. 주요 기능은 겔화, 수분 결합, 유화 작용, 점성 형성과 접착력이다. WPC는 생산 · 제조 과정에 변화를 주어 특정 기능을 선택하여 강화할 수 있으며, 주로 샐러드 드레싱, 마요네즈, 크림수프, 소스, 육가공품 등 유화작용이 관여된 식품에서 지방 대체재로 이용된다. 게다가 계란 흰자, 하이드로콜로이드 껌, 대두 단백질, 변형전분 등을 저렴한 가격으로 대체하기 때문에 비용 효율적이다.

WPC는 낮은 pH에서도 기능성을 잃지 않으며 높은 산도 환경에서 뛰어난 유화력을 발휘한다. 따라서 저지방 샐러드 드레싱에서 지방 분산과 수분 결합이라는 WPC의 주요 이점이 제대로 드러난다. WPC는 수분 결합력이 강하기 때문에 원료로 사용될 때 물 사용량을 늘릴 수 있어 비용 절감의 효과를 내면서 점성과 탁도가 뛰어난 제품을 만들어 낸다. 일례로 유청단백이 지닌 효율적인 지방 분산 능력과 뛰어난 유화력은 저지방 수프와 소스에서 십분 발휘된다. 게다가 겔화력이 뛰어난 WPC를 저지방 수프와 소스에 사용하면 크림이 잘 형성되고 질감이 개선된다. 저지방 식품에서 탁도를 높이는 것 역시 WPC의 또 다른 주요 기능이며, 소시지나 가공육에서는 강한 보수력으로 고기 조각들을 접착시키는 작용을 한다. WPC를 활용하면 비용절감, 질감과 식감의 향상, 뛰어난 영양조성 등 다양한 이점을 얻을 수 있다.

식품에서 지방이 제거되면 그에 따라 점성, 식감, 전단력, 색감, 향미 등 물리적 · 관능적 특징이 변한다. 그래서 식품 제조업체에서는 지방의 질감적 특징을 재현하기 위해 대체재를 사용하기도 한다. 다기능성을 갖춘 유청단백은 유화제이자 안정제로 작용하기 때문에 비용 효과적인 지방 대체재로 쓰인다. 첨가된 유청단백은 오일/물의 접촉면으로 이동해 이곳에서 변성을 일으키고 점탄성 필름을 형성함으로써 단백질 상태가 안정된 에멀전을 만들어 낸다. 유청단백 에멀전에 열을 가해 겔이 형성되면 유착되거나 크림 및 오일이 분리되는 현상이 억제되고 그 결과 에멀전은 보다 안정된 상태가 된다.

농축 유청단백과 기능적 향상

WPC의 대표적인 기능으로 유화력, 높은 용해력, 겔화력, 휘핑/거품 형성력, 수분 결합력, 접착력 등을 손꼽을 수 있다. 유청단백은 기본적으로 구형의 접힌 구조이다. 이러한 구조적 특징으로 인해 용해성이 뛰어나고 휘핑과 유화 작용이 효율적으로 이루어진다. 식품 제조에 활용될 경우, 산도, 이온 환경, 농축 강도, 지질의 수준, 열 처리 방식에 따라 그 기능적 특징이 달라진다. 제조 과정에서 다양한 매개변수를 조절하면 WPC의 특정한 기능을 선택적으로 강화시킬 수 있다. 미국 공급업계에서는 특정 용도를 염두해 두고 기능을 강화한 다양한 WPC 제품을 생산하고 있다.

뛰어난 겔화 능력

WPC의 중요한 기능으로 열에 의한 겔 형성을 들 수 있다. 겔은 수분과 비단백질 성분을 함유할 수 있다. 겔이 형성되려면 칼슘이 필요한데 이는 유리칼슘의 농도가 겔의 경도와 수분 보유력을 결정짓는 주요 요소이기 때문이다. 유리칼슘을 최적의 농도로 낮추는 데는 킬레이트제가 효과적이다. 가열시간과 온도, pH, 염화나트륨이 WPC 겔의 질감에 영향을 미치고, 열로 인해 유청단백의 이차적 구조가 변화한다. WPC는 특히 저지방 육제품에 첨가하면 뛰어난 겔화력을 보인다. 예를 들어 WPC를 껌이나 전분과 결합시키면 지방 함량을 줄이지 않았을 경우(지방 함유 20%)와 동일한 질감적 특징을 갖춘 지방 함유 3%의 저지방 돼지 소시지를 만들 수 있다.

냉각겔

연구결과에 따르면 유청단백은 최소 70℃의 예열처리를 거쳐야 냉각겔 형성 능력을 갖는 것으로 나타났다. 냉각겔 형성력을 갖춘 WPC 제품은 시중에서 구입이 가능하며 샐러드 드레싱, 마요네즈 타입 식품에 주로 응용된다. 진공 텀블링 방식으로 육가공품에 이용할 때에는 단백질이 고기에서 빠져 나오기 전에 냉각겔 형성력이 있는 WPC를 첨가하고 겔화가 진행되도록 소금을 넣는다. 이 방법으로 육질과 조리수율이 향상된다는 사실을 실험 결과를 통해 확인할 수 있다.

열안정성

WPC에 열을 가하면 접혀 있던 구형의 단백질 구조가 펼쳐지면서 응집체가 형성된다. 단백질 알파-락트알부민과 베타-락토글로불린을 각각 가열할 경우, 알파-락트알부민은 응집체를 만들지 않지만 베타-락토글로불린은 중간 생성물 없이 대형 응집체를 생성한다는 사실이 연구 결과 밝혀졌다. 그러나 이 두 단백질을 함께 가열하면 이황화물 결합과 소수성 상호반응에 의해 커다란 조각뿐만 아니라 가용성 응집체가 만들어진다. 이 과정에서 작은 침전물이나 겔 격자 구조가 형성되기도 한다. 이 가용성 응집체와 결합하는 수분량이 늘어나면서 점성이 강해지고 덩어리가 커지거나 제품의 질감이 개선되는 효과도 있지만 겔화와 응집현상이 일어나기도 한다. 제조과정 중 열변성 과정을 조절하고 탈염과정을 거치면서 WPC의 열안정성이 증가한다. WPC의 pH 수치를 낮추면 단백질 분자가 펼쳐지는 작용이 억제되면서 열변성에 대한 안정성이 증가한다는 사실도 관찰되었다. 저지방 식품의 경우 지방 함량이 부족해서 생기는 결함을 메우기 위해서는 열변성 과정을 조절하는 것이 중요하다. 주의사항은 다음과 같다. WPC를 희석한 상태에서는 75℃ 이하로 유지해야 한다. 80℃에서 20분간의 가열로 고형분이 9%에서 44%로 증가하면 WPC의 변성은 80%에서 40%로 줄어든다. 마지막으로 킬레이트로 칼슘 함량 수준을 조절하는 것이 효과적이다.

수분 결합력

저지방, 무지방 샐러드 드레싱에 사용된 WPC의 중요한 기능은 수분 결합을 효율적으로 하는 것이다. 이렇게 하면 수분 보유로 질감이 향상되며 오일을 물로 대체할 수 있어 비용이 절감된다. 저지방의 다진 육제품과 수산물 식품에서도 수분 결합력은 중요한 역할을 하며 질감과 식감을 향상시킨다.

향상된 용해력과 변형 특성

WPC는 단백질 분해효소인 프로테아제를 이용해 선택적 변형을 가함으로써 그 특성을 변화시킬 수 있다. 가수분해 수위를 정밀하게 조정하여 원하는 기능을 향상시킬 수 있고 다양한 기능을 최적화 할 수 있다. 예를 들어 용해력을 가용 pH 범위 이상으로 높일 수 있고 점성을 줄이며 거품 형성이나 겔화, 유화 작용에 유의미한 변화를 가져 올 수 있다. 가수분해 단백질의 특성이 새롭게 바뀌는 것은 분자의 크기 및 소수성과 밀접한 연관성이 있다. 미국 공급업체는 이들 단백질의 특징과 이점, 응용에 대한 정보를 추가로 제공한다.

저지방 육제품 원료로서 유청제품의 이점

- 유청단백은 친수성과 소수성 부분을 모두 가지고 있어 우수한 유화제로서의 특징을 지니고 있다. 이러한 특성 덕분에 고기 조각과 지방, 다른 원료와 상호 작용을 할 수 있고, 수분과 지방을 모두 함유하고 있기 때문에 저지방 식품을 촉촉하게 만들고 식감을 향상시킬 수 있다.
- 열에 의해 형성된 겔은 삼차원 망을 형성하여 육즙 및 첨가된 수분과 결합한다. 지방 보유력은 건조해지는 것을 막고 윤활성을 좋게 해주기 때문에 저지방 식품에 있어 특히 중요하다. 또한 보수력이 높기 때문에 비용을 상당히 절감할 수 있다.
- 유청단백은 육류 원료와 지방 대체재 등과 조화를 잘 이루기 때문에 저지방 육제품을 제조할 때 유연하게 사용될 수 있다. 유청단백을 사용하면 다른 지방 대체재와 상승작용을 일으키면서 비용 효과적인 배합 용액이 된다.

주사 방식과 진공 텀블링 방식으로 단백질과 기타 성분을 고기에 넣는 육류 가공 과정에서, 단백질은 조리수율을 높이고 수분과 지방의 결합을 통해 완성된 요리의 부피가 줄어드는 것을 막아주며 고기 조각 간의 결합을 돕는다. 육류제품에 사용된 원료를 비교 연구한 결과, 자주 쓰이는 분리대두와 카세인염은 기능성 강화 WPC만큼 최적의 상태를 만들지 못하는 것으로 드러났다. WPC를 사용하면 원료비가 줄고 공정 과정의 효율성이 증가하며 소비자 기호에 맞고 최상의 품질을 지닌 제품을 만들 수 있다.

저지방 샐러드 드레싱에서 유청 원료가 지니는 이점

- 유청단백은 뛰어난 유화력으로 지방을 효율적으로 분산하기 때문에 저지방 제품에 적합하다. 샐러드 드레싱의 탁도를 높이면서 저지방 식품을 일반적인 고지방 식품처럼 보이게 만든다. 이러한 기능은 소비자의 구미를 당기며 선호도를 높여 준다.
- 유청단백을 사용하면 보수력이 강화되는데 이 점은 무지방 · 저지방 제품제조에서 중요한 요인이다. 이는 제조 시 늘어난 수분을 보유하고 지방을 대체하며 질감과 조리수율을 유지해야 한다는 점에서 중요하다.
- 유통기한이 긴 제품뿐만 아니라 샐러드 드레싱과 같은 산성 제품에서도 안정된 상태의 에멀전이 형성된다.
- 유청단백으로 계란 노른자를 일부 또는 전부 대체하더라도 제품 품질은 동일하게 유지되며 비용이 절감될 수 있다. 열 처리를 하면 산성 드레싱에서도 WPC의 기능성은 일반적으로 강화되지만 계란 노른자는 분해되는 경향이 있다.

저지방 수프와 소스에서 미국산 농축유청 단백이 지니는 이점

- 유청단백을 사용하면 제품에 윤기를 주는 등 지방과 유사한 효과를 내며 저지방 수프와 소스의 식감을 향상시킨다.
- 유청단백은 탁도를 높일 뿐 아니라 저지방 수프와 소스를 지방을 제거하지 않은 일반제품처럼 부드럽게 보이게 하는 등 소비자의 구미에 맞는 외관을 형성한다.
- 유청단백이 지닌 유화제로서의 특성은 오일 입자 주변에 계면막을 조성해 효율적으로 지방을 분산시킴으로써 크리밍, 응집, 오일 성분의 분리 현상을 막는다. 제품의 외관과 소비자 수용도 측면에서 유청단백은 유통기한을 늘리는 데 기여한다.
- 열을 가해 겔 상태가 되면 인스턴트 농축 냉동 수프와 소스에 점성과 질감이 더해진다. 이를 통해 원하는 크림 상태와 식감을 얻을 수 있다. WPC는 호화력과 점성을 향상시켜 최종 제품에서 에멀전이 안정 상태를 유지하도록 돕는다.
- WPC3는 깔끔한 우유맛을 더해주는 반면, 그보다 단백질 함량이 높은 WPC 제품들은 향이 순해 식품 내 다른 향과 잘 어우러진다.

Q & A

Q: WPC는 저지방 식품의 향미에 어떤 영향을 미칩니까?

A: WPC는 자체 향미가 거의 없지만 WPC34는 약한 단맛과 옅은 우유향이 가미되어 있습니다. 유청단백은 여러 향을 결합시키는데 이러한 특성은 향을 전달하는 지방이 줄어든 저지방 식품에서 두드러집니다. 용도에 따라 이 같은 상호작용을 상쇄하기 위해 향미료를 추가해야 할 필요도 있습니다. 그렇지만 WPC의 향미가 결함으로 작용하지는 않습니다.

Q: 저지방 제품에 WPC를 이용하면 비용이 증가합니까?

A: 일반적으로 저지방 식품은 제조 비용이 더 소요되기 때문에 높은 가격대에서 판매됩니다. 특정 기능이 없고 비교적 품질이 낮은 제품과 비교해 볼 때, 저지방 제품에는 기타 대체재, 향미료와 더불어 WPC 비용이 포함되어 비용이 상승합니다. 그렇지만 기능성이 높은 WPC 원료를 사용하면 효율성이 높아 변형 전분이나 하이드로콜로이드, 유화제 등 여타 고가 원료는 대체되거나 사용할 필요가 없어집니다. 게다가 수분과 지방의 보유력으로 조리수율이 높아지므로 품질이 향상되고 비용을 조정할 수 있습니다 다른 원료의 제조 과정에서 작용하는 변수에 따라 다르기는 하지만 WPC를 활용할 경우 10~20%의 비용 절감 효과를 거둘 수 있습니다.

Q: WPC를 저지방 제품에 활용하려면 제조 공정에 변화를 주어야 합니까?

A: 용도에 따라 요구사항이 다르므로 목적에 맞는 WPC를 선택해야 합니다. WPC가 유화제이자 질감제로 작용하는 열 가공 처리된 수프와 소스의 경우, 제품을 혼합할 때 입자가 큰 불용성 침전물이 형성되지 않도록 열 온도에 세심한 주의를 기울여야 합니다. 열안정성이 보다 뛰어난 WPC 제품을 선택하면 신경을 많이 쓰지 않아도 되지만 열 처리를 적절하게 조절할 것을 권장합니다.

샐러드 드레싱에 이용되는 WPC는 냉각겔을 형성하고 열안정성이 낮아야 하며, 육제품에 활용되는 WPC는 염분 민감도와 점성이 중요합니다. 미국 WPC 제조업체와 공급업체는 원료에 따른 구체적인 응용 지침을 마련할 것입니다.

Q: 용도에 따른 적합한 WPC 제품을 명시한 지침이 있습니까?

A: 비용 효율성을 최우선으로 한다면 원하는 기능성을 갖춘 제품 중 단백질 함량이 낮은 제품이 적합합니다. 응용 방식은 다르지만 보통 WPC의 단백질 함량이 증가하면 최적의 결과물을 얻기는 어렵습니다. 일부 응용에 있어 WPC의 가격대비 가치를 높이는 방법은 표준 WPC34나 WPC50 제품을 열처리함으로써 기능성을 높이는 것입니다. 또한 에멀전 타입의 저지방 제품의 경우, 프리 에멀전 상태의 혼합물을 60~80°C에서 5분간 가열하면 균일화가 이루어지면서 점성과 질감이 눈에 띄게 향상됩니다.

Q: WPC는 영양가가 높습니까?

A: WPC는 저지방 식품의 단백질 함량을 증가시킵니다. 게다가 양질의 단백질 성분이기 때문에 수프와 소스의 단백질 효율비(PER)가 향상됩니다. 다이어트 식품으로 그리고 운동선수, 노년층, 어린이들을 위한 식품으로 안성맞춤입니다. WPC에는 고칼슘 치즈 함량과 대등한 수준인 800mg/100g이상의 칼슘이 함유되어 있기 때문에 제품에 함유된 영양소의 양을 계산할 때는 이 점을 고려해야 합니다. WPC는 어린이, 임산부, 노년층에 적합한 고칼슘 식품입니다. '저탄수화물' 저지방 제품을 제조할 때 WPC80과 분리유청단백은 유당함량이 매우 낮기 때문에 가장 먼저 찾는 원료입니다.

15.4 유청제품, 식용필름 및 코팅제

편집:

존 M. 크로취타 박사 (Dr. John M. Krochta)
캘리포니아 대학교 식품공학과 (Department of Food Science and Technology, University of California, Davis)

알랜 포쥐딩 박사 (DR. Allen Foegeding)
노스 캐롤라이나 주립 대학교 식품과학과 (Department of Food Science, North Carolina State University, Raleigh, NC)

WPI나 WPC를 원료로 한 식용필름은 식품업계에 활용될 수 있는 가능성이 무궁무진하며, 그 가능성을 현실화시키는데 필요한 정보가 관련 연구를 통해 제공되고 있다. 식용필름을 응용한 사례는 다음과 같다. 견과류와 견과류 함유 제품에 입히는 산소장벽 코팅제, 초콜릿이나 초콜릿을 입힌 제과제품에 사용되는 광택제, 요거트를 활용한 식품에 적용되는 코팅제, 신선한 과일과 채소에 입히는 신선도 보존 기능성 코팅제, 치즈에 입히는 곰팡이 감소용 코팅제, 변질되기 쉬운 냉동건조 식품에 적용하는 코팅제가 있다.

또한 압출성형의 방식으로 건조분유, 건조수프 믹스, 음료믹스 분말을 담을 주머니나 봉지를 식이필름으로 만드는 연구도 한창 진행 중이다. 식품의 품질 향상과 더불어 식이필름과 코팅제를 이용하면 포장재 이용을 줄일 수 있고 결과적으로 보다 간단하고 저렴한 용기의 재활용성을 높이게 된다.

WPI와 WPC를 원료로 한 유청단백 겔은 성장하고 있는 응용연구 분야이다. 유청단백 겔은 계란 흰자, 대두단백질, 연육이나 육제품 또는 유제품에 들어가는 젤라틴 등 기타 겔화제의 비용 효과적인 대체재로 이용될 가능성이 높다. 게다가 유청단백 원료는 다른 원료와 차별화되는 이점을 지녀 가공업체는 '순수 유제품(all dairy)' 식품 원료 라벨을 부착할 수 있다. 열중합 반응으로 형성되는 유청폴리머는 소금만 있으면 실온 이상의 온도에서 겔을 형성할 수 있다는 사실이 연구 결과 밝혀졌다. 고온의 조건이 갖춰져야 겔을 형성할 수 있다는 문제점을 소금 첨가를 통해 해결한 것이다. 그 특유의 성질 때문에 유청폴리머는 하이드로콜로이드와 유사한 방식으로 아이스크림을 안정시키거나 식품의 점성을 변형시키는 데 사용될 수도 있다.

15.5 가공식품 및 스낵 제조법

지방감량 가공치즈 소스

원재료	사용량(%)
체다치즈(100일 숙성)	39.72
저지방 우유(1.0%)	24.81
탈지유	24.81
WPC50	7.88
소금	1.50
카라기난	0.70
체다치즈향 향미료	0.50
아나토	0.08
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 체다치즈를 블렌텍 믹서에 넣는다.
2. 모든 건조 원료를 넣고 잘 교반한다.
3. 우유와 크림을 넣는다.
4. 계속 교반하면서 85°C가 될 때까지 가열한다.
5. 온도를 유지하면서 5분간 저온살균한다.
6. 용기에 담아 식힌다.
7. 냉장한다.

무지방 사우전드 아일랜드 드레싱

원재료	사용량(%)
분획물 1a	
물	50.47
설탕	10.00
소금	1.00
분획물 1b	
WPC80	2.00
WPC70	3.00
변형전분	2.00
잔탄검	0.10
구아검	0.10
분획물 2	
식물성 오일	1.00
분획물 3	
스위트 피클	10.50
토마토 페이스트	10.50
12% 식초	5.00
머스터드	2.30
양파 분말	1.50
향미료	0.2~1.0
합계	**100.00**

제조법 제공: FS&T 컨설팅(FS&T Consulting)

제조공정:

1. 분획물 1a를 유화기에 넣는다.
2. 분획물 1b에 분획물 2의 오일 일부를 섞어 분획물 1a에 넣는다.
3. 최적의 점도를 보일 때까지 균질화한다.
4. 분획물 1에 분획물 2를 넣어 유화한다.
5. 4에 분획물 3을 넣는다.

이점:

- 저온처리한 고산도 드레싱에 가장 효과적이다.
- 난황을 대체할 수 있어 비용 효율적이며 세균 증식 위험을 낮출 수 있다.
- WPC는 우수한 유화제이며 부드럽고 풍부한 질감을 준다.
- WPC를 첨가하면 탁도가 높아지고 제품의 외관이 향상되어 소비자 구매욕구가 향상된다.
- WPC는 특별한 맛이 나지 않는다.

지방감량 프렌치 샐러드 드레싱

원재료	사용량(%)
토마토 퓨레	10.00
물	14.50
건조 시즈닝 믹스	
파프리카	0.05
오레가노	0.02
머스터드 분말	0.30
잔탄검	0.30
알긴산프로필렌글리콜	0.10
소금	1.30
설탕	19.93
식초	22.50
WPC 용액	
물	7.50
WPC80	3.50
식물성 오일	20.00
합계	**100.00**

제조법 제공: 칼프로 인그리디언트(Calpro Ingredients)/DFA

제조공정:

1. 중간 속도에서 토마토 퓨레와 물을 혼합한다.
2. 건조 시즈닝 믹스를 넣는다.
3. 식초를 넣는다.
4. 여기에 WPC80 용액을 넣는다.
5. 식물성 오일을 천천히 넣으며 점차 빠른 속도로 교반한다.
6. 지름 750mm의 탈기기로 공기를 제거한다.

셀러리 수프용 저지방 크림

원재료	사용량(%)
에멀전 분획물	
WPC75	0.70
버터밀크 분말	0.60
크림(지방 30%)	1.55
식물성 오일	1.50
물	12.00
소스	
잘게 썬 셀러리	18.00
물	22.00
소금	1.30
향미료	0.50
설탕	1.20
농후제 분획물	
변형전분	3.50
밀가루	1.40
옥수수 전분	1.80
물(슬러리용)	14.00
물(증기응축용과 최종 희석용)	**19.95**
합계	**100.00**

제조법 제공: FS&T 컨설팅(FS&T Consulting)

제조공정:

에멀전 준비:

1. 38°C의 물에 유제품 분말을 넣어 수화한다.
2. 수화된 유단백에 오일과 크림을 넣고 혼합한다.
3. 60°C로 가열한 후 211kgf/cm²에서 균질화한다.

수프 준비:

1. 셀러리를 물에 넣고 90~95°C에서 3~4분간 데친다.
2. 소금, 설탕, 향미료를 넣는다.
3. 60°C까지 증기로 가열한다.
4. 에멀전을 넣는다.
5. 농후제 슬러리를 넣고 전분이 부풀어 오르도록 증기로 가열한다(88~92°C).
6. 뜨거운 물을 부어 최종 중량을 맞추고 잘 혼합한다.
7. 뜨거운 상태에서 캔에 넣는다.

프리미엄 지방감량 버섯 크림 수프

원재료	사용량(%)
에멀전 분획물	
WPC75	0.60
탈지분유	1.40
식물성 오일	1.75
크림(지방 30%)	1.85
인산이나트륨(완충제)	0.50
물	14.00
소스	
잘게 썬 버섯	14.00
소금	1.80
우유맛	0.40
향미료	1.05
물	19.00
농후제 분획물	
밀가루	1.00
변형전분	3.30
옥수수 전분	1.60
물(슬러리용)	15.00
물(증기응축용과 최종 희석용)	**22.75**
합계	**100.00**

제조법 제공: FS&T 컨설팅(FS&T Consulting)

제조공정:

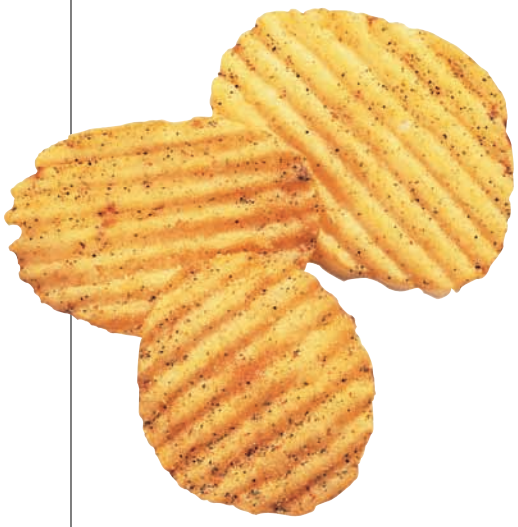
에멀전 준비:

1. 38°C의 물에 유제품 분말을 넣어 수화한다.
2. 수화된 유단백에 오일과 크림을 넣고 혼합한다.
3. 60°C로 가열한 후 211kgf/cm²에서 균질화한다.

수프 준비:

1. 버섯을 물에 넣고 90~95°C에서 3~4분간 데친다.
2. 소금과 향미료를 넣는다.
3. 40°C까지 증기로 가열한다.
4. 에멀전을 넣는다.
5. 농후제 슬러리를 넣고 전분이 부풀어 오르도록 가열한다(88~92°C).
6. 뜨거운 물을 부어 최종 중량을 맞추고 잘 섞는다.
7. 뜨거운 상태에서 캔에 넣는다.

15.6 스낵 제조법



감자 스낵을 위한 사워크림과 어니언 시즈닝

원재료	사용량(%)
사워크림 분말	25.00
스위트 건조유청	25.00
탈지분유	10.00
소금	12.00
덱스트로스	10.00
건조 양파	10.00
글루탐산모노나트륨	5.00
건조 파슬리	1.50
구연산	1.00
유도제	0.50
합계	**100.00**

제조법 제공: FS&T 컨설팅(FS&T Consulting)

위 예는 감자칩용 사워크림과 어니언 시즈닝 제조법이다. 튀김기에서 꺼낸 직후 감자칩이 뜨거울 때 감자칩에 직접 양념한다. 시즈닝이 잘 붙을 수 있도록 오일로 감자칩 표면을 코팅해야 한다. 코팅용 시즈닝 사용량은 완제품 중량의 6~8%가 적당하다. 제품의 향미와 소금의 권장 사용량(1.5~2.0%)을 고려해 소금의 양을 조절한다. 소금간이 되어 있는 칩을 제조할 때는 칩의 표면에 소금간이 적절히 묻고 소금의 권장사용량이 초과되지 않도록 소금의 사용량을 조절해야 한다.

사워크림 분말의 양을 늘리고 향미를 증진하기 위해 스위트 건조유청을 사용하는 이 방법은 비용을 절감할 수 있는 제조법이다. 합성가공 감자칩, 압출성형 감자스틱, 스낵 크래커 등에 이 제조법을 이용할 수 있다.

옥수수칩을 위한 랜치 시즈닝

원재료	사용량(%)
소금, 밀가루	20.00
유청 고형분	12.00
버터밀크 고형분	16.00
말토덱스트린	10.00
옥수수 전분	10.00
쇼트닝 분말	5.00
덱스트로스	6.00
토마토 분말	3.00
치즈 고형분	2.00
글루탐산모노나트륨	5.00
양파 분말	3.50
마늘 분말	1.20
향미료	1.00
젖산	1.00
구연산	0.80
파슬리	1.50
파프리카	0.50
고결방지제	0.50
인산이나트륨(완충제)	1.00
합계	**100.00**

제조법 제공: FS&T 컨설팅(FS&T Consulting)

이 제조법은 무염 토틸라칩의 랜치 시즈닝 블렌드를 위한 것이다. 이 제조법에서는 감자칩보다 상대적으로 색감이 어두운 토틸라에 시각적인 대비 효과를 주기 위해 시즈닝을 8% 정도 사용할 것을 권장한다. 유청 고형분은 버터밀크와 치즈 고형분을 보충하고 강화해 순한 우유맛이 나게 만든다. 이 제조법에서는 비용 효율적인 유청, 말토덱스트린, 옥수수 전분 세 가지를 이용해 제품의 양을 늘리고 활용도를 높였다. 토틸라칩에 군데군데 박힌 맛깔스러운 랜치 시즈닝은 소비자의 구미를 당기는 효과가 있다. 오일 함량이 낮은 토틸라칩에 잘 붙을 수 있도록 모든 재료의 입자는 매우 작아야 한다.

압출성형 스낵용 치즈 시즈닝

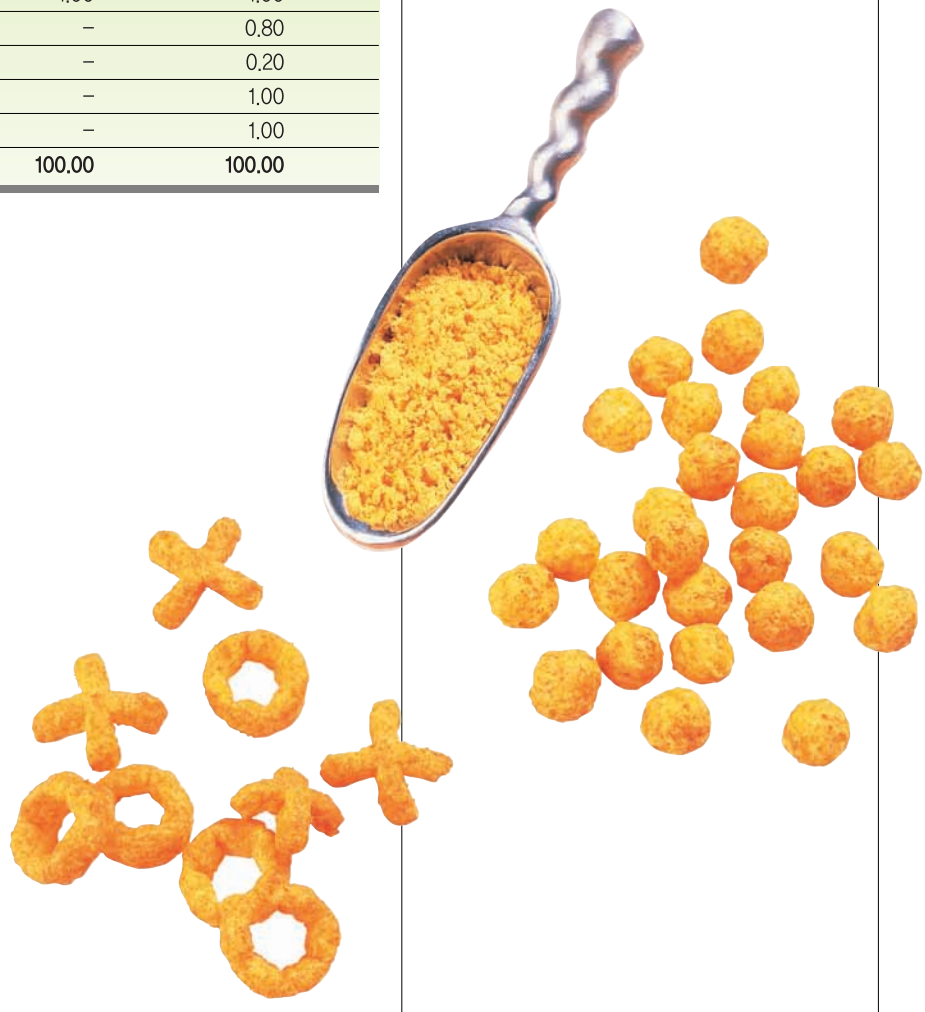
원재료	사용량(%) 제조법 A	제조법 B	제조법 C
체다치즈 분말	80.00	68.00	15.00
유청 고형분	8.50	19.50	25.00
버터밀크 고형분	–	–	15.00
말토덱스트린	–	–	12.50
덱스트로스	–	–	8.00
소금, 밀가루	6.20	6.20	8.00
MSG	4.00	4.00	4.00
토룰라 효모	–	–	3.00
자가분해 효모	–	–	3.00
젖산	0.30	0.30	1.00
효소숙성치즈맛	1.00	1.00	1.50
캡슐형 버터향 향미료	–	1.00	1.00
인산이나트륨(완충제)	–	–	0.80
이노신산이나트륨과 구아닐산이나트륨	–	–	0.20
황색소	–	–	1.00
유동제/고결방지제	–	–	1.00
합계	**100.00**	**100.00**	**100.00**

제조법 제공: FS&T 컨설팅(FS&T Consulting)

제조공정:

1. 건조 원료를 잘 섞은 후 재료와 식물성 오일을 1:2 비율로 혼합한다.
2. 치즈컬이나 압출성형 스낵 위에 1을 골고루 뿌린다.

이 제조법은 참고용 및 제품개발 초기 단계에 사용하도록 제공한 것이며 추후 제품 특성에 맞게 활용할 수 있다. 제품명과 특정 성분 사용에 대해서는 현지 규정을 참고 한다.



15.7 혼합형 압출성형 스낵 제조법

짭짤한 맛 스낵

원재료	사용량(%)
옥수수 가루	80.00
밀기울	10.00
탈지분유	6.00
WPC34	3.00
소금	1.00
충전물	
치즈 분말	24.00
식물성 오일	30.00
쇼트닝	14.00
옥수수 전분	10.00
탈지분유	10.00
유청분말	10.00
소금	2.00
합계	**100.00**

제조법 제공: FS&T 컨설팅(FS&T Consulting)

이 제조법은 참고용 및 제품개발 초기 단계에 사용하도록 제공한 것이며 추후 제품 특성에 맞게 활용할 수 있다. 제품명과 특정 성분 사용에 대해서는 현지 규정을 참고 한다.

스위트 스낵

원재료	사용량(%)
밀가루	70.00
설탕	20.00
탈지분유	6.00
WPC34	3.00
소금	1.00
충전물	
설탕 분말	50.00
식물성 오일	21.00
쇼트닝	11.00
옥수수 전분	11.00
코코아 분말	7.00
합계	**100.00**

제조법 제공: FS&T 컨설팅(FS&T Consulting)

이 제조법은 참고용 및 제품개발 초기 단계에 사용하도록 제공한 것이며 추후 제품 특성에 맞게 활용할 수 있다. 제품명과 특정 성분 사용에 대해서는 현지 규정을 참고 한다.

15.8 기타 가공식품 제조법

냉장 파스타

원재료	사용량(%)
듀럼 세몰리나	68.32
물	30.31
WPC80	1.37
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

1. WPC80과 듀럼 세몰리나를 믹싱볼에 넣고 섞는다.
2. 물을 넣고 저속으로 3분간 섞는다.
3. 실온에서 15분간 둔다.
4. 제면기에 넣어 면을 뽑는다.
5. 끓는 물에 면을 익힌다. 남은 재료는 냉장한다.

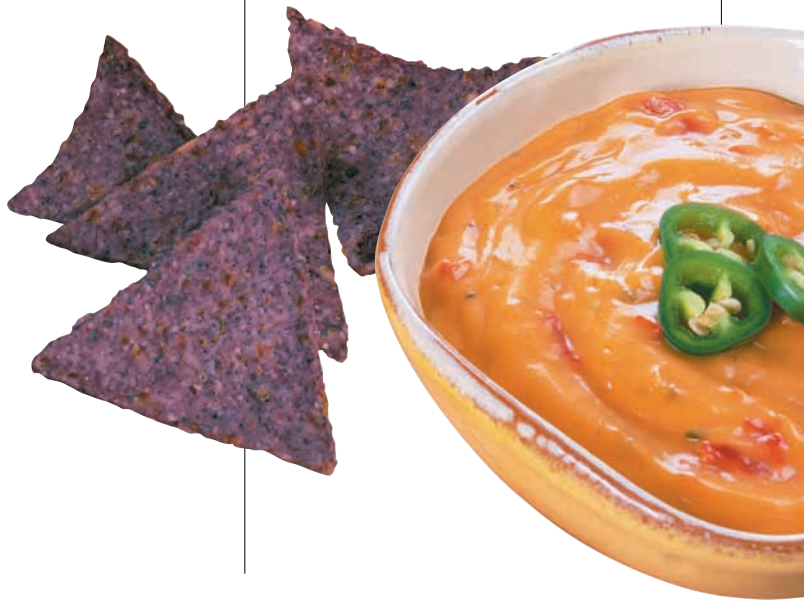
체다치즈 소스

원재료	사용량(%)
물	63.20
체다치즈	17.50
무수유지방	5.82
저유당 유청분말	4.45
찰옥수수 변형 전분	4.20
인산이나트륨(완충제)	1.80
향미료*	1.30
소금	1.00
글루탐산모노나트륨	0.40
젖산	0.30
아나토	0.03
합계	**100.00**

* 완제품의 향미는 향미료에 따라 결정된다.
제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 치즈 혼합물에 저유당 유청분말, 전분, 소금, 젖산, 향미료를 넣는다.
2. 무수유지방을 녹여 색소와 혼합한 후, 1에 넣어 치즈를 녹인다.
3. 섞으면서 70°C로 가열한다.
4. 치즈 소스가 저온살균 되도록 충분히 가열한다.
5. 80°C로 가열되면 용기에 넣는다.
6. 재빨리 식힌다. 운송, 저장, 유통 시 5°C를 유지한다.



건조믹스 치즈소스

원재료	사용량(%)
건조 치즈 분말*	40.00
스위트 건조유청	25.00
조작 전분**	22.40
WPC35	9.00
소금	3.60
합계	**100.00**

* 건조 치즈 분말은 완제품의 특성에 따라 선택한다.
** 소스 만드는 방법에 따라 조작 전분과 인스턴트 전분 중 택일한다.
제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

건조 소스 믹스:

1. 모든 건조 원료들을 혼합해 균질화한다.
2. 43g씩 나누어 담는다.

치즈소스 준비:

1. 소스팬에 43g씩 나눈 소스 믹스를 넣고 우유 2컵을 넣은 후 잘 풀리도록 젓는다.
2. 중간불 이하에서 익히다가 거품이 생기면서 걸쭉해지면 바로 담아 낸다.

크림타입의 이탈리안 드레싱-무지방 건조 믹스

원재료	사용량(%)
소금	14.49
분말 식초	13.50
과당	13.48
스위트 건조유청	13.26
설탕	12.15
인스턴트 전분(지방 대용)	12.15
전분	4.42
마늘 분말	3.85
구연산	3.31
머스터드 분말	1.55
바질	1.55
파슬리	1.24
잔탄검	1.10
양파 분말	0.93
후추	0.93
구아검	0.77
파프리카	0.50~1.00
티타늄디옥사이드	0.33
오레가노	0.50
딜	〈0.50
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

건조 믹스:

1. 모든 재료를 잘 섞는다.
2. 건조 믹스를 50g씩 나누어 포장한다.

샐러드 드레싱:

1. 50g씩 나누어 놓은 건조 믹스 샐러드 드레싱에 물 1/2컵을 넣고 거품기나 믹서로 섞거나 병에 넣어 흔들어 섞는다.
2. 탈지유 1/2컵을 넣어 잘 섞는다.
3. 사용하기 전에 한 시간 이상 냉장한다.

16 유청제품을 응용한 영양제품 제조

16. 유청제품을 응용한 영양제품 제조

제조법 감수:
캐시 넬슨 (Kathy Nelson)
위스콘신 유제품 연구센터 (Wisconsin Center for Dairy Research, Madison, WI)

16.1 조제분유 · 아동건강식품 제조 시 유청제품의 활용

비트 로이드 박사 (Dr. Beate Lloyd)
글로벌 리서치 솔루션 (Global Research Solutions, Johnstown, OH)

유청단백은 양질의 단백질과 활성 펩타이드를 제공하는 원료로써 건강식품에 폭넓게 사용되고 있다. 우유에 유청단백을 첨가해 조제분유를 만드는 제조업체도 점차 늘고 있는 추세이다. 모유에 필적할 만한 고농축 유청을 함유한 분유를 만들기도 하고 특정 목적, 즉 과도하게 보채거나, 영아산통, 우유 단백질 알레르기 등 여러 문제를 겪고 있는 유아를 위한 맞춤형 분유도 제조하고 있다. 영아산통과 심하게 보채는 증상을 완화하기 위해 유청단백을 분유에 이용해야 한다고 주장하는 연구결과가 많은 것은 아니지만, 유단백질 알레르기 증상에 가수분해 유청단백을 이용하면 효과적이라는 주장은 수많은 연구를 통해 검증되었다. 유단백질 알레르기 예방을 위해 가수분해 유청단백을 단독 원료로 이용하자는 주장이 제기되는 이유는 가수분해 유청단백이 생물가와 맛, 향에 있어 카제인 가수분해물보다 훨씬 우수하기 때문이다. 유청단백이 보강된 조제분유의 이점은 뒤에서 논의한다.

모유가 신생아에게 가장 이상적인 음식이라는 것은 보편적인 인식이다. 모유는 놀랄 정도로 아기에 적합한 성분으로 구성되어 있는데 이는 수많은 시간을 거쳐 진화해 오면서 엄마와 아기 사이에 영양분상의 합의가 이루어진 결과로 여겨진다. 수천 년 전 모체를 통해 접하게 되는 병원체를 공격하는 항체가 아기의 생존에 결정적인 역할을 했다는 사실에는 의심의 여지가 없다. 모유에는 기능성 효소, 성장인자, 위장보호 요소, 기능적 면역세포와 비단백 질소 성분이 대거 함유되어 있다. 수유기간 동안 구성 성분이 변화하는 모유는 아기를 위한 종합 영양식이다.

우유를 원료로 모유에 대등할 만한 분유를 만드는 것이 분유 제조업자들의 궁극적인 목표는 아니다. 오히려 모유와 분유의 주요한 차이점을 겨냥해 차선책의 식품을 아기에게 제공하는 것을 목표로 삼아야 한다. 다양한 이유로 인해 모유수유를 할 수 없는 유아에게 최적의 영양분을 공급하는 방법은 유단백질 성분의 분유를 먹이는 것이다. 비교적 제한된 숫자이기는 하지만 우유 이외의 단백질원으로 제조한 분유를 먹는 영아도 있다(O'Connor 외, 1997). 특정 병원균에 반응하는 모유 항체와 같은 이상적인 성분을 분유에 첨가하는 것은 고려해야 할 변수가 너무 많고 비용도 만만치 않아 실현가능성이 적은 것으로 파악된다. 우유 자체로는 아기에게 필요한 영양소를 공급하며 진화해 온 모유의 우수성을 따라 잡을 수 없다. 모유와 조제분유의 성분상 가장 큰 차이는 유청단백의 함량이 다르다는 점이다. 유단백질 추출 기술의 발전으로 우유 원료의 조제분유가 안고 있는 '결핍 요소'를 다수의 비용 효율적 방법으로 해결할 수 있게 되었다.

분유 제조업체들이 고심하는 주요 질문은 조제분유를 얼마나 모유에 가깝게 만들어야 하는가이다. 이에 대한 대답으로는 카제인과 유청의 비율을 모유와 비슷하게 하는 것에서부터 유아의 신체 내에서 특정 기능을 돕도록 유청단백을 변형해 이용하는 것을 망라한다. 후자의 예로 유단백질 알레르기를 극복하기 위해 가수분해 유청단백을 사용하는 것과 미숙아의 신진대사를 증진하기 위해 유청과 카제인의 비율을 높이는 방법을 들 수 있다.

유청단백 활용을 위한 구성 성분적 전략

대부분의 포유동물의 젖은 동일한 종류의 단백질, 카제인, 유청 등을 함유한다. 그러나 이는 젖의 산성도를 조절했을 때 각각의 단백질이 침전하느냐 용해되느냐를 기준으로 내린 기능적 정의이다. 낮은 pH 수준에서 유청단백은 가용성이지만 카제인 단백질은 불용성으로 침전한다. 기능적 분류에서 종에 따른 성분상의 이질성이 가장 두드러진 것이 유청단백이다. 모유는 유청단백의 함량이 높지만 우유의 경우에는 카제인 함량이 높다. 성숙유의 경우 유청과 카제인의 비율이 60:40인 반면 우유의 경우는 18:82이다.

그 결과 일부 조제분유업체는 유청단백을 첨가해 우유를 원료로 한 조제분유를 강화하는 방법을 선택해 왔다. 이를 위해 분유 전체 단백질에서 유청단백이 차지하는 비율을 42%로 끌어올렸다. 15g/L의 단백질을 공급하는 일반 분유의 경우 유단백질 9g당 유청단백 6g을 첨가했다. 이는 전세계적으로 활용되는 방식으로 간단한 홍보 전략으로 소비자의 인지도를 높인다는 장점이 있다.

모유의 경우 유청과 카제인 비율이 초유 90:10에서 성숙유 60:40, 수유를 끝낼 무렵에는 50:50으로 수유기간 동안 변화한다(Kunz, Lonnerdahl, 1992). 그렇다면 분유 제조업체는 어느 시기의 모유 성분비를 목표로 삼아야 할까? 업계에서는 성숙유에 포함된 유청과 카제인 비율을 조제분유에 적합한 성분 구성비로 본다. 그러나 유청단백의 함량은 모유와 우유에서 상대적으로 큰 차이가 있다. 또 다른 접근법은 분획물 처리기술을 이용해 우유에 함유된 알파-락트알부민과 락토페린의 농축 수준을 높이는 것이다. 그러나 이 방법은 조제분유 시장의 상황을 고려하면 현재로서는 현실성이 없다. 결국 성분비 맞춤 전략은 유청단백 함량이 종에 따라 현저한 이질성을 보이고 비용 측면에 제약이 있어 취하기 어려운 것으로 보인다.

유청단백 활용을 위한 혈장 아미노산 전략

특정 성분을 강화하지 않은 무변형 우유를 원료로 한 조제분유를 먹고 자란 세대가 아무 탈 없이 건강하게 잘 성장했다는 주장도 가능하다. 그러나 유아 성장에 필수 성분으로 알려진 타우린은 지난 수십 년 동안 조제분유에 포함되지 않았다(Gaull, 1989). 이러한 맥락에서 모유는 무변형 우유나 유청단백 첨가 조제분유와는 다른 혈장 필수 아미노산의 조성을 갖는다고 볼 수 있다(Paule 외, 1996). 유아는 혈장 아미노산의 조성 변화에 특히 민감한 것으로 알려져 있다(O'Tuama 외, 1991). 이러한 민감성을 감안하면 유아기에 필요한 아미노산 요구량은 전체적으로 다른 성장기에 비해 더 높다(Munro, 1972). 이는 유아기의 빠른 성장과 발육 상태가 원인으로 작용한 것이다. 아기가 이유식 단계로 넘어가기 전까지는 오로지 조제분유를 통해 단백질을 섭취한다는 점도 상기할 필요가 있다. 즉, 분유 수유아는 영양부족을 겪기 쉬우며 이로 인해 심각한 결과가 초래될 수도 있다.

우유를 이용한 분유가 널리 이용된다는 점을 감안할 때, 발전된 기술을 이용해 모유 수유한 아기의 혈장 필수 아미노산 조성과 유사하게 분유 성분을 개선하면 영양상 이점이 커질 것이다. 아미노산은 단백질 합성의 기질로 작용할 뿐만 아니라 호르몬, 담즙산, 신경전달물질의 합성에도 관여한다.

일례로 트립토판을 살펴보면 식이 아미노산이 신경전달물질과 행동에 어떤 영향을 미치는지 알 수 있다. 아기가 트립토판을 보충하게 되면 수면 잠복기가 줄어드는 것으로 나타났다(Yogman, Zeisel, 1983; Steinberg 외, 1992). 혈장 내 트립토판의 농도(Steinberg 외, 1992)가 높아지면서 뇌혈관장벽을 통과하는 트립토판이 유입되고(Pardridge, 1983; Smith, 1991) 뇌에서 유입된 트립토판이 세로토닌과 멜라토닌으로 급격히 전환되어 수면행위에 영향을 미친 것으로 분석된다. 이와 같은 증거를 바탕으로 모유 수유아의 혈장 아미노산 조성과 유사한 분유 제조를 목표전략으로 삼을 수 있을 것이다.

분유의 성분 규격이 모유 수유아의 혈장 필수 아미노산 조성과 얼마나 유사한지 단일값으로 요약해 보여주는 수학적 방정식이 있다(Paule 외, 1996; O'Connor 외, 1997). 이 방정식을 통해 얻은 데이터를 보면 유청과 카제인이 48:52 비율로 제조된 분유가 60:40비율을 가진 분유나 100% 유청단백 분유에 비해 모유와 가장 유사한 혈장 필수 아미노산을 조성하는 것으로 드러났다. 이처럼 유청이 적게 함유된 분유뿐만 아니라 유청과 카제인이 60:40 비율로 함유된 분유도 모유의 혈장 내 필수 아미노산 조성을 맞추지 못한 것이다. 이 방정식 덕분에 구성 단백질의 아미노산 조성만 알면 단백질 혼합물의 혈장 필수 아미노산 조성을 쉽게 예측할 수 있게 되었다.

미성숙 신생아

시중에 나와 있는 미성숙 신생아를 위한 조제분유는 대부분 유청과 카제인 비율이 60:40으로 유청 함량이 압도적이다. 카제인 함량이 높은 분유는 티로신과 페닐알라닌의 혈장 내 농도를 지나치게 증가시키는 것으로 알려져 있다(Rigo, Senterre, 1987; Axelsson 외, 1989). 게다가 유청 함량이 높은 분유를 먹인 아기는 모유 수유한 미성숙 신생아와 비슷한 신진대사 반응을 보였다(Raiha 외, 1976; Kashyap 외, 1988). 미성숙 신생아에게 필요한 고단백질을 공급하기 위한 조제분유에는 일반적으로 총 20~24g/L의 단백질이 함유되어 있다.

변형 유청단백 활용

알파-락트알부민은 모유에 다량 함유되어 있다. 균형 잡힌 아미노산 조성 때문에, 알파-락트알부민이 풍부한 우유 유청단백을 이용하는 방법은 지속적인 관심의 대상이 되어 왔다. 이와 같은 관심의 저변에는 알파-락트알부민이 풍부한 산성 농축유청단백은 모유와 매우 유사한 혈장 아미노산 조성을 촉진한다는 전제가 깔려 있다. 알파-락트알부민에는 시스틴과 트립토판이 고농도로 함유되어 있다(Heine, 1999). 저단백질 조제분유 내 알파-락트알부민의 농도를 높였더니 혈장 내 트립토판 농도 수준이 모유 수유하는 아기에게서 관찰되는 수준으로 올라갔다(Heine 외, 1996). 앞서 밝혔듯이 저단백질 조제분유를 먹인 것은 분자량이 큰 중성 아미노산 대비 형장 내 트립토판의 비율을 높이기 위해서였다. 최근에는 기술의 발전으로 단백질을 줄이지 않고서도 혈장 내 트립토판의 함량을 모유 수준으로 늘릴 수 있을 것으로 예상된다.

유단백질 알레르기는 발병은 드물지만 증상이 심각해서 생명에 위협이 될 때도 있다. 대표적인 증상으로는 구토, 설사, 위장장애, 심한 보챔, 습진, 체중 감소, 과민성 쇼크를 들 수 있다. 예전부터 완전 가수분해 카제인을 원료로 한 분유는 심한 유단백질 알레르기가 있는 아기들에게 이용되어 왔다. 1990년대에 들어서면서 완전 가수분해된 유청단백 분유가 우유 알레르기에 시달리는 유아와 영아에게 효과적인 치료제가 된다는 사실이 밝혀졌다(Ragno 외, 1993; Halken 외, 1993; Odelram 외, 1996). 유청으로 만든 분유는 카제인으로 만든 분유와 비교해 비용, 맛, 향이 우수하다. 최근에는 완전 가수분해 유청단백 분유가 우유 알레르기가 있는 아기들의 영아복통을 치료하는 데 효과적인 방법이라는 연구 결과도 나왔다(Lucassen 외, 2000).

우유 유청단백은 유아 영양에 있어 중요한 역할을 담당한다. 이 풍부하고 우수한 단백질 공급원에 감춰져 있는 영양적 · 건강적 이점이 연구를 통해 밝혀짐에 따라 유아에게 필요한 영양분으로서 유청단백의 활용의 범위는 더욱 넓어지고 있다.

참고문헌

Axelsson IE, Ivarsson SA, Raiha NC. Protein intake in early infancy: effects on plasma amino acid concentrations, insulin metabolism and growth. Pediatr Res 1989;26:614–617.

Gaull GE. Taurine in pediatric nutrition: review and update. Pediatrics 1989;83:745–746.

Halken S, Host A, Hansen LG, Osterballe O. Safety of a new, ultrafiltrated whey hydrolysate formula in children with cow milk allergy: a clinical investigation. Pediatr Allergy Immunol. 1993;4:53–39.

Heine W, Radke M, Wutzke KD, Peters E, Kundt G. Alpha-lactalbumin-enriched low-protein infant formulas: a comparison to breast milk feeding. Acta Paediatr 1996;85:1024–1028.

Heine WE. The significance of tryptophan in infant nutrition. Adv Exp Med Biol 1999;467:705–710.

Kashyap S, Schulze KF, Forsyth M, et al. Growth, nutrient retention, and metabolic responses in low birth weight infants fed varying intakes of protein and energy. J Pediatr 1988;113:713–721.

Kunz C, Lonnerdal B. Re-evaluation of the whey protein/casein ratio of human milk. Acta Paediatr 1992;81:107–112.

Lucassen PLBJ, Assendelft WJJ, Gubbels JW, van Eijk JT, Douwes AC. Infantile colic: Crying time reduction with a whey hydrolysate: A double-blind, randomized, placebo-controlled study. Pediatrics 2000;106:1349–1354.

Munro HN. Amino acid requirements and metabolism and their relevance to parenteral nutrition. In: Wilkinson, AW (ed) Parenteral Nutrition. Churchill Livingstone, London, pp 34–67, 1972.

O'Connor DL, Masor ML, Paule C, Benson J. Amino acid composition of cow's milk and human requirements. In: Welch RAS, Burns DJW, Davis SR, Popay AI, Prosser CG (eds) Milk Composition, Production and Biotechnology. University Press, Cambridge, pp. 203–213, 1997.

Odelram H, Vanto T, Jacobsen L, Kjellman NI. Whey hydrolysate compared with cow's milk-based formula for weaning at about 6 months of age in high allergy-risk infants: Effects on atopic disease and sensitization. Allergy 1996;51:192–195.

O'Tuama LA, Phillips PC, Smith QR, Uno Y, Dannals RF, Wilson AA, Ravert HT, Loats S, Loats HA, Wagner HN. L-methionine uptake by human cerebral cortex: maturation from infancy to old age. J Nuc Med 1991;32:16–22.

Pardridge WM. Brain metabolism: a perspective from the blood-brain barrier. Physiological Reviews 1983;63:1481–1535.

Paule C, Wahrenberger D, Jones W, Kuchan M, Masor M. A novel method to evaluate the amino acid response to infant formulas. FASEB J 1996;10:A554.

Ragno V, Giampietro PG, Bruno G, Businco L. Allergenicity of milk protein hydrolysate formulae in children with cow's milk allergy. Eur J Pediatr 1193;152:760–762.

Raiha NC, Heinonen K, Rassin DK, Gaull GE. Milk protein quantity and quality in low-birthweight infants, I: metabolic responses and effects on growth. Pediatrics 1976;57:659–684.

Rigo J, Senterre J. Significance of plasma amino acid pattern in preterm infants. Biol Neonate 1987;52(Suppl 1):41–49.

Smith QR. The blood-brain barrier and the regulation of amino acid uptake and availability to the brain. Adv Exp Med Biol 1991;291:55–71.

Steinberg LA, O'Connell NC, Hatch TF, Picciano MF, Birch LL. Tryptophan intake influences infants' sleep latency. J Nutr 1992;122:1781–1791.

Yogman MW, Zeisel SH. Diet and sleep patterns in newborn infants. NEJM 1983;309:1147–1149.

16.2 영양 및 스포츠 식품 제조 시 유청, 유당 및 파생물의 활용

이곽만 박사 (Dr. KWOK-MAN LEE)
Proliant, Inc.

농축유청단백, 가수분해 유청단백(WPH), 분리 유청단백 등 유청단백은 영양 · 스포츠 식품에 흔히 사용된다. 유청단백은 영양가에 민감한 소비자와 균형 잡힌 영양을 섭취하고 순수 근육량을 늘리려는 보디빌더에게 더할 나위 없이 우수한 단백질 원료이다. 유청단백의 단백질 효율비(PER)와 단백질 소화력에 의한 아미노산 점수(PDCAAS)는 각각 3.2와 1.0으로, 이를 통해 유청단백이 필수 아미노산의 훌륭한 공급원이라는 것을 알 수 있다. 유청단백은 영양 보충제, 단백질 음료 믹스, 스포츠용 식품, 단백질 바, 고단백 쿠키 등 다이어트 및 영양식품은 물론 심지어 정제 형태로도 손쉽게 제조할 수 있다.

유청단백을 음료에 응용할 때에는 용해성이 가장 중요한 조건이다. 변성되지 않은 상태의 단백질은 pH 3~8의 폭넓은 범위 내에서 높은 용해성을 보이므로 산성이나 중성 음료 제조에 적합한 기능적 장점이 있다.

유청단백은 주스와 같은 산성 음료와 산성 단백질 음료에 주로 사용된다. 유청단백은 친수성과 소수성을 모두 갖추고 있기 때문에 유화제 역할을 하며 오일과 수분의 계면에서 상호 작용한다.

단백질 음료 분말 믹스는 인스턴트 유청단백, WPH, 기타 단백질 성분을 혼합해서 제조한다. 이렇게 인스턴트 WPC와 WPH로 만든 건조 단백질 음료는 영양가가 높고 분산성이 우수하다. 프로테아제가 단백질을 작은 펩타이드로 쪼개는 성격을 이용해 만든 WPH는 소화가 잘 되는 단백질로 알려져 있다. 가수분해 된 단백질은 작은 펩타이드로 구성되어 있어 단백질의 소화와 흡수가 훨씬 수월하다. 단백질 믹스에서 WPC와 WPH가 담당하는 기능적 특성은 용해성, 분산성, 탁도, 현탁 안정성, 부드러운 식감과 은은한 향미에서 찾을 수 있다.

16.3 스포츠 · 영양 바 제조 시 유청의 활용

J. 바우자스 박사 (Dr. J. Bouzas)
허쉬 푸드 (Hershey Foods Corporation, Hershey, PA)

영양 바는 스포츠 영양 시장에서 폭발적인 성장세를 보이고 있다. 영양 바는 굽거나 압출시켜 만들고 브라우니와 쿠키에서부터 누가같이 쫄깃쫄깃한 질감의 제품에 이르기까지 종류가 다양하다.

유단백질은 이러한 제품 제조에서 중요한 위치를 차지한다. 기능성이 뛰어나고 영양가가 높기 때문에 유청 유래 원료는 영양 바 제조에서 중요한 역할을 담당한다. 단백질 함량이 높은 농축유청단백(80%)과 분리유청단백(90%)은 이러한 바 제품의 핵심 원료이다. 분리유청단백(WPI)은 균형 잡힌 아미노산 조성을 제공한다.

영양 바의 관능적 특징들, 즉 외관(부드러움, 광택), 질감(유연함, 딱딱함, 촉촉함, 입자가 굵음, 끈적함, 쫄깃함, 식감이 좋음, 텁텁함), 긍정적/부정적 향미 속성(단백질, 비타민, 우유맛, 강한 맛, 밀가루 맛, 상한 냄새) 등은 사용된 원료, 특히 단백질 원료에 크게 영향을 받는다. 일반적으로 WPC와 WPI는 담백하고 우유맛이 나기 때문에 날비린내가 나는 대두단백이나 약간 케케묵은 냄새가 나는 난백 단백질에 비해 향미가 보다 뛰어나다.

질감은 제조배합에 포함되는 단백질에 따라 눈에 띄게 달라진다. 유단백, 특히 WPI로 만든 바는 다른 단백질 원료로 만든 바 제품보다 잘 휘어지고 딱딱함이나 쫄깃쫄깃한 맛이 덜하다. 영양 바의 성분규격과 가공조건은 본고 제조법에서 소개한다.

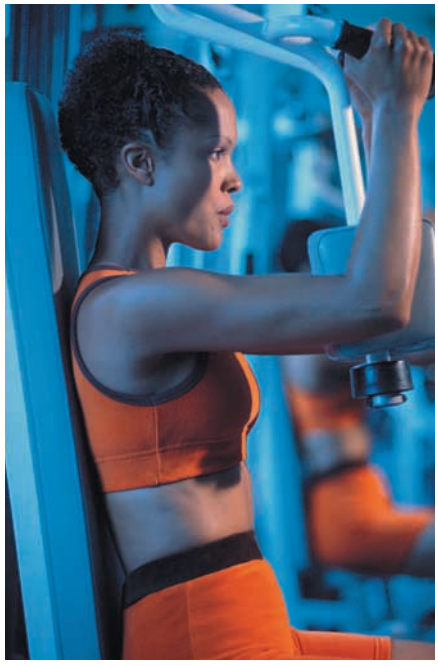
16.4 유청제품 및 칼슘의 체중감량 효과

마이클 B. 지멜 박사 (DR. MICHAEL B. ZEMEL)
테네시 대학교 영양학과 (Department of Nutrition, University of Tennessee, Knoxville, TN)

식이칼슘과 유제품은 고혈압, 심장혈관계 질병, 골다공증, 대장암 등 만성질환의 예방에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 이중 혈압에 대한 유제품의 효능은 미국의 고혈압 억제 식단(DASH)의 실험을 통해 입증되었으며 유제품의 섭취량이 늘면 혈압 조절에 상당한 영향을 미친다는 것도 확인되었다(1–3). 이러한 효과는 유제품에 함유된 칼슘에 주로 기인하지만, 음식물을 통한 섭취와 칼슘 보충제를 통한 섭취를 비교한 결과 유제품을 통해 칼슘을 섭취할 때 두 배 정도 더 효과가 있으며 보다 일관된 항고혈압 효능을 발휘하는 것으로 평가된다(1).

식이칼슘이 에너지 신진대사 조절에 핵심적 역할을 하며 결과적으로 체중과 지방을 줄인다는 사실을 보여주는 연구가 계속 나오고 있다. 따라서 유제품이 풍부한 식사는 항고혈압 작용을 통해서뿐만 아니라 비만의 위험을 감소시킴으로써 심장혈관계 질병의 위험을 줄여 주는 효과가 있다(4).

유제품이 풍부한 식사는 신진대사를 촉진하여 체지방 감소에 도움을 준다. 칼슘의 항고혈압 효과를 살펴보기 위해 미국인 비만 환자를 대상으로 실시한 임상실험에서, 요거트를 하루에 두 잔씩 섭취하게 해 일일 식이칼슘 섭취량을 400mg에서 1,000mg으로 늘리자 혈압이 내려가고 체지방이 무려 4.9kg이나 감소한 것이 관찰되었다(5). 당시에는 이 자료를 제대로 해석하기 힘들었지만, 최근 지방세포의 대사조절에 관여하는 세포 내 칼슘의 역할을 규명한 연구결과들이 발표되면서 이를 토대로 재평가할 수 있는 논리적·이론적 틀이 마련되었다. 앞으로 언급하겠지만, 이 연구는 유제품이 풍부한 식사를 하면 성인 비만의 관리뿐만 아니라 어린이/성인 비만 방지에도 도움이 된다는 사실을 보여 준다. 앞서 살펴본 칼슘의 항고혈압 효능과 마찬가지로 유제품을 통해 얻는 칼슘이 칼슘 보충제보다 비만관리에 효과적이며 유청에서 '항비만' 생리활성이 추가로 발견되고 있다는 점이 매우 흥미로운 결과라 할 수 있다.



기전

이 연구의 이론적 틀은 인체 지방세포에서 발현되는 비만 유전자인 아구티의 작용기전에 관한 연구를 통해 형성되었다. 아구티의 칼슘 유입 촉진 작용으로 지방세포 내 칼슘량이 증가하면 지방합성 작용과 지방분해 억제 작용이 동시에 일어나 지방세포에 지방축적이 활성화된다는 사실이 연구 결과 확인되었다(6–9). 반대로 인체 지방세포나 아무런 조치를 취하지 않은 쥐에 칼슘 유입을 억제하도록 약물을 투입하면 지방조직에 저장된 지질량, 총 지방량, 체중이 현저히 줄어든다(8–10). 이 연구 결과는 지방세포의 칼슘 함량이 에너지 저장 수준을 조절하기 때문에 칼슘 함량을 통해 지방과다를 조절하고 비만을 관리하는 것이 합리적인 목표라는 점을 보여 준다. 그러나 이러한 제안에는 역설이 숨어 있다. 세포 내 칼슘이 증가하면 비만을 조장하기는 하지만 식이칼슘이 증가하면 오히려 비만을 억제한다. 마찬가지로 본태성 고혈압과 칼슘 사이에도 역설이 존재한다. 세포 내 칼슘량이 증가하면 혈압이 증가하지만 식이칼슘은 혈압을 낮춘다. 이러한 역설적 상황을 해결하려면 적정량에 못 미치는 칼슘 섭취 시 신체의 '칼슘 경제'를 조절하는 내분비 체계를 제대로 이해해야 한다.

부갑상선 호르몬과 칼시트리올은 모두 칼슘 섭취량이 적으면 분비량이 증가하면서 다양한 세포 내 칼슘 유입을 촉진한다. 따라서 이 두 호르몬의 조절을 통해 지방세포 내 칼슘량을 증가시킬 수 있다. 부갑상선 호르몬과 칼시트리올은 지방세포 내 칼슘량을 지속적으로 빠르게 증가시키고(5,11), 이 중 칼시트리올은 지방세포 내 지방 생성을 촉진하는 한편 지방 분해는 저해한다(11). 따라서 식이칼슘 섭취량을 증가시켜 칼시트리올의 작용을 억제하는 것이 비만 방지와 조절을 위한 합리적인 목표라 할 수 있다. 저칼슘 식사는 칼시트리올의 분비를 유도할 수 있기 때문에 지방세포의 지방질 저장을 조장하지만, 고칼슘 식사는 칼시트리올의 분비를 억제함으로써 지방 생성을 막고 지방 분해를 증가시키며 순지방의 이동을 유도하기 때문에 지방조직에서 제지방조직으로 에너지 분배가 이루어지게 한다. 그 결과, 칼로리 섭취를 제한하지 않아도 마른 체형으로 유지되며, 칼로리를 제한할 경우에는 체중과 지방이 급격하게 줄어들게 된다(5, 11~13).

체중 및 지방과다 조절에 있어 칼슘과 유제품의 역할

칼슘이 비만 억제 작용을 한다는 개념은 인간과 같은 패턴으로 비만 유전자가 발현되도록 조작한 형질전환 쥐를 통해 확인된다. P2-아구티 형질전환 쥐는 사람과 유사하게 지방조직에서 아구티가 발현되고 정상 수준의 렙틴 발현(5, 12)과 중등도 성인형 비만을 보인다. 저칼슘/고지방/고자당 식이를 6주간 형질전환된 쥐에게 섭취시켰더니 지방세포의 지질 저장량과 체중, 체지방이 현저히 늘어났다. 그러나 고칼슘 식이의 경우 이러한 효과가 저해되고 체중과 체지방이 26~39% 감소했다(5). 감소의 폭은 식이칼슘의 공급원에 따라 달랐으며, 단백질, 탄수화물, 지방, 칼로리 섭취가 동일한 수준임에도 불구하고 유제품의 칼슘이 탄산칼슘 보충제보다 더 효과가 큰 것으로 나타났다.

이 연구 결과는 미국의 국민건강영양조사(NHANES III)를 통해 전체 인구 수준에서 그 타당성이 입증되었다. 국민건강영양조사는 미국인 전체를 대상으로 영양섭취 및 임상 관련 통계를 집계한 방대한 데이터베이스이다. 체지방률이 가장 높은 4사분위에 속할 확률은 칼슘 섭취가 가장 적은 1사분위의 경우 1.0이고, 그 다음으로 낮은 2사분위 0.75, 3사분위 0.4, 4사분위 0.16으로, 칼슘 섭취가 많을수록 체지방률이 낮은 것으로 나타났다(5). 이와 같은 관계는 유제품을 통해 칼슘을 섭취할 경우 더욱 강하게 드러났다. 칼슘과 유제품의 섭취를 하루 0~1컵(1사분위)에서 하루 3컵 이상(4사분위)으로 늘리고, 칼로리 섭취와 운동량을 조절하자 체지방이 가장 높은 4사분위에 속할 확률이 80% 이상 감소했다(5).

이러한 연구 자료는 식이성 비만 예방이나 완화에 큰 영향을 줄 수 있지만 이미 비만 상태인 경우 고칼슘 식사가 어떤 영향을 미치는지는 직접적으로 다루고 있지 않다. 따라서 이에 후속연구를 실시하여 식이를 통해 비만을 유도한 후 칼슘 섭취량을 늘려 신진대사의 효율이 떨어지고 칼로리 제한에 버금갈 정도의 지방 감소가 나타나는지 살펴보았다 (12). 6주 동안 저칼슘/고지방/고자당 식이을 형질전환 쥐에게 실시한 결과 지방세포 내 칼슘이온(Ca^{2+})이 100%까지 증가하고 총 지방량이 두 배 증가했다. 이는 지방세포 내 칼슘이온 조절 실패가 지방과다와 연관성이 있음을 시사한다. 그리고 다시 6주 동안 형질전환 쥐가 섭취하는 칼로리를 자유롭게 먹이를 섭취한 대조군의 70%로 제한했다. 저칼슘 식이와 칼로리 제한은 세포 내 칼슘이온을 줄이는 데에는 실패했고 체중과 지방의 감소량도 각각 11%와 8%에 불과했다. 반대로 고칼슘 식이와 연관해 칼로리를 제한한 결과, 칼슘의 공급원(탄산칼슘 보충제 대 유제품)에 따라 체지방이 19~29%, 지방량이 42~69% 감소했다.

우유 칼슘(무지방 분유)이 칼슘 보충제에 비해 두 배 정도 더 효과적이란 점은 주목할 만한 결과이다. 저칼슘 식이를 공급한 쥐는 칼로리 섭취를 제한했음에도 지방 분해력이 늘지도 않고 지방 생성을 억제할 수도 없었다. 반대로 고칼슘 식이를 한 경우 칼로리 섭취를 제한시킨 동안 지방 합성이 눈에 띄게 줄었고 지방 분해력도 2~3배 증가했다(12). 이 연구는 고칼슘 식이, 특히 유제품이 풍부한 식이를 하면 섭취한 칼로리가 저장되지 않고 소비된다는 사실을 보여준다. 유제품을 칼슘의 주공급원으로 삼게 되면 효과를 극대화할 수 있다. 한 예로 칼슘 성분이 강화된 시리얼 식품을 섭취하면 앞서 언급한 탄산칼슘 보충제의 효과와 유사하게 비만진행이 완화되고 체중과 지방이 빠르게 줄어든다는 사실이 칼로리를 제한한 쥐에게서 관찰되었다(13). 그러나 무지방 분유를 식이에 포함시켜 쥐에게 섭취시키자(총 단백질, 탄수화물, 지방, 칼로리 함량은 동일) 지방량이 두 배 넘게 감소했다(13).

체중조절에서 칼슘의 유용성은 임상실험을 통해 확인되고 있다. 운동중재 프로그램에 참여한 정상체중의 여성 54명을 대상으로 2년 동안 추적연구한 결과 전체 칼로리에서 식이칼슘이 차지하는 비율이 높을수록 체중과 체지방이 낮아지는 경향이 예측되었다(14). 또한, 하루 평균 1,876kcal 이하로 섭취하는 여성의 경우 섭취하는 칼로리의 양에 관계없이 총 칼슘 및 우유 칼슘 섭취량이 늘면 체지방이 감소하는 것으로 예측되었다(14).

식이칼슘이 체지방 축적에 미치는 이로운 효과는 성장 중인 어린이를 대상으로 한 연구에서도 확인할 수 있었는데 미취학 아동을 대상으로 5년간 수행한 종단연구에서 식이칼슘과 체지방 사이에 역의 관계가 관찰되었다(R2=0.51)(15). 이와 유사하게 푸에르토리코 어린이를 대상으로 비만 예측변수를 확인하기 위해 실시한 증례-대조군 연구에서 유제품 섭취와 체질량지수(BMI) 간에 유의미한 음의 상관관계가 성립한다는 사실이 밝혀졌다. 다변수 분석에서도 낮은 유제품 섭취량이 모집단에서 비만의 주요 예측변수로 확인되었다(16). 뿐만 아니라 폐경 전의 아프리카계 미국 여성을 대상으로 한 최근 연구에서도 식이칼슘과 체지방 사이에 유의미한 역의 관계가 성립한다는 것이 확인되었다(17). 끝으로 데이비스(Davies 외)는(18) 골격을 결과변수로 삼았던 기존의 칼슘 개입 연구들을 재평가하고 체중을 결과변수로 삼아 다시 분석했다.

다섯 건의 임상시험(관찰시험 네 건, 이중 맹검, 무작위 위약통제 시험 한 건)을 780명의 여성을 대상으로 실시한 결과, 칼슘 섭취량과 체중 사이에 유의미한 음의 상관관계가 전 연령대(20대, 40대, 70대)에서 확인되었고, 칼슘 섭취량의 하위 50%와 상위 50%의 젊은 여성을 대상으로 한 과체중 비차비는 2.25로 드러났다(18). 무작위 통제실험에서는 섭취 칼로리에 인위적 조작을 가하지 않은 상태에서 칼슘 치료를 한 결과, 4년에 걸쳐 매 해 0.5kg 가량의 체중 감량 효과를 보였다. 전반적인 재분석을 통해 도출된 상관관계는 다음과 같다. 저칼슘 식사를 하던 여성의 경우 일일 기준 칼슘 섭취량을 1,000mg 늘리면 8kg의 체중 감량이 동반된다(18).

체중 감량에서 유청의 역할

유청과 체중/신체조성 간의 유사한 연관성은 직접적으로 밝혀지지는 않았지만 다수의 유청제품은 무지방 우유에 상응하는 미네랄 함량과 조성을 보인다. 또한, 쥐에 카제인 대신 탈지 우유를 공급했더니 칼슘 섭취량에 따라 신체조성이 확연히 달라졌다. 이는 신체조성을 개선시키는 별도의 생리활성 기능이 유청 분획물에 포함되어 있다는 것을 의미한다. 유청은 생리활성 화합물을 풍부하게 함유하는 것으로 알려져 있으며(19), 독자적으로 혹은 칼슘과 상승작용을 일으키면서 지방 생성을 완화하고 지방 분해를 촉진하며 지방세포와 골격근 사이에서 영양분 분할이 제대로 이루어지도록 긍정적인 영향을 미친다. 일례로, 유청단백이 안지오텐신 전환효소(ACE)의 활성을 억제하는 능력이 탁월한 것으로 보고되었다(20, 21). ACE 억제 활동은 유제품의 항비만 효과보다는 항고혈압 효과와 밀접한 연관성이 있어 보이지만, 최근 연구 결과에 따르면 지방세포는 레닌-안지오텐신 시스템(Renin Angiotensin System, RAS)의 자분비/측분비 작용을 통해 지방 생성을 조절하는데, 이 때 안지오텐신II가 그 분비 작용에 일정부분 관여한다는 사실이 드러났다(22). 실제로 설치류를 이용한 실험에서 RAS의 억제 활동을 통해 비만이 다소 완화되었으며, 제한적이기는 하지만 고혈압 환자를 대상으로 ACE 억제제를 투여한 임상시험에서도 이 사실이 입증되었다(22). 이처럼, 유청의 ACE 억제 활동은 유제품의 항비만 효과에 일조한다. 그러나 이러한 항비만 효과는 유청에 함유된 다른 생리활성 화합물 때문일 수도 있고 앞서 말한 다양한 요인이 상호작용한 결과일 수도 있다.

원료로써 우유 칼슘과 유청의 역할

동물실험과 임상실험에서 얻은 상당량의 증거들은 식이칼슘이 체중 관리에 도움이 된다는 가설을 입증하기 위한 이론 체계와 방대한 임상 데이터 구축을 가능하게 한다. 특히 유제품을 통해 칼슘을 섭취하게 되면 칼슘 보충제보다 거의 두 배 정도의 효과를 볼 수 있다는 연구 결과는 비만 예방과 치료에 있어 유제품의 중요성을 시사한다. 또한 유제품의 생리활성 기능은 유청에서 유래한다는 사실도 증명되고 있다. 따라서 유제품, 무지방 분유, 유청 미네랄, 분리유청은 에너지 분배와 신체조성을 유리하게 변화시키기 위한 기능성 제품 제조에 가장 이상적인 원료라 할 수 있다.

참고문헌

1. McCarron DA, Reusser ME: Finding consensus in the dietary calcium–blood pressure debate. J Am Coll Nutr18:398s–405s,1999.
2. Appel LJ, Moore TJ, Obarzanek E, Vollmer WM, Svetkey LP, Sacks FM, Bray GA, Vogt TM, Cutler JA, Windhauser MM, Lin P–H, Karanja N, for the DASH Collaborative Research Group: A clinical trial of the effects of dietary patterns on blood pressure. N Engl J Med 336:1117–1124,1997.
3. Svetky LP, Simons–Morton D, Vollmer WM, Appel LJ, Conlin PR, Ryan DH, Ard J, Kennedy BM for the DASH Research Group: Effects of dietary patterns on blood pressure. Subgroup analysis of the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) randomized clinical trial. Arch Intern Med159: 285–293,1999.
4. Zemel MB: Calcium modulation of hypertension and obesity: Mechanisms and implications. J Am Coll Nutr (in press, 2001).
5. Zemel MB, Shi H, Greer B, DiRienzo D, Zemel PC: Regulation of adiposity by dietary calcium. FASEB J 4:1132–1138, 2000.
6. Kim JH, Kiefer LL, Woychik RP, Wilkison WO, Truesdale A, Ittoop O, Willard D, Nichols J, Zemel MB: Agouti regulation of intracellular calcium. Role of melanocortin receptor. Am.J. Physiology 272:E379–E384,1997.
7. Zemel MB, Kim JH, Woychik RP, Michaud EJ, Kadwell SH, Patel IR, Wilkison WO: Agouti regulation of intracellular calcium: role in the insulin resistance of viable yellow mice. Proc.Natl.Acad.Sci.USA 92:4733–4737,1995.
8. Jones BH, Kim JH, Zemel MB, Woychik RP, Michaud EJ, Wilkison WO, Moustaid N: Upregulation of adipocyte metabolism by agouti protein: possible paracrine actions in yellow mouse obesity. Am.J. Physiol 270: E192–E196,1996.
9. Xue BZ, Moustaid N, Wilkison WO, Zemel MB: The agouti gene product inhibits lipolysis in human adipocytes via a Ca^{2+}–dependent mechanism. FASEB J 12:1391–1396,1998.
10. Kim JH, Mynatt RL, Moore JW, Woychik RP, Moustaid N, Zemel MB: The effects of calcium channel blockade on agouti induced obesity. FASEB J10:1646–1652,1996.
11. Shi H, Norman A, Okamura W, Sen A, Zemel M: 1a,25–dihydroxyvitamin D3 modulates human adipocyte metabolism via nongenomic action. FASEB J (in press, 2001).
12. Shi H, DiRienzo D, Zemel MB: Effects of dietary calcium on adipocyte lipid metabolism and body weight regulation in energy–restricted aP2–agouti transgenic mice. FASEB J15:291–293, 2001.
13. Zemel MB, Sun X, Geng X: Effects of calciumfortified breakfast cereal on adiposity in a transgenic mouse model of obesity. FASEB J 15:A598 (abstract 480.7), 2001.
14. Lin Y–C, Lyle RM, McCabe LD, McCabe GP, Weaver CM, Teegarden D: Dairy calcium is related to changes in body composition during a two–year exercise intervention in young women. J Am Coll Nutr19:754–760, 2000.
15. Carruth BR, Skinner JD: The role of dietary calcium and other nutrients in moderating body fat in preschool children. Int J Obesity 25:559–566, 2001.
16. Tanasescu M, Ferris AM, Himmelgreen DA, Rodriguez N, Perez–Escamilla R: Biobehavioral factors are associated with obesity in Puerto Rican children. J Nutr130:1734–1742, 2000.
17. Lovejoy JC, Champagne CM, Smith SR, deJonge L, Xie H: Ethnic differences in dietary intakes, physical activity, and energy expenditure in middle–aged, premenopausal women: the Healthy Transitions Study. Am J Clin Nutr 74:90–95, 2001.
18. Davies KM, Heaney RP, Recker RR, Lappe JM, Barger–Lux MJ, Rafferty K, Hinders S: Calcium intake and body weight. J Clin Endocrinol Metab 85:4635–4638, 2000.
19. Shah H: Effects of milk–derived bioactives: a n overview. Br J Nutr 84:3–10, 2000.
20. Pihlanto–Leppala A, Koskinen P, Piilola K, Tupasela T, Korhonen H: Antiotensin I–converting enzyme inhibitory properties of whey protein digests: concentration and characterization of active peptides. J Dairy Res 96:53–64, 2000.
21. Mullally M, Meisel H, Fitzgerald R: Antiotensin–Iconverting enzyme inhibitory activities of gastric and pancreatic proteinase digests of whey proteins. Int Dairy J 2:299–303,1997.
22. Morris K, Wang Y, Kim S and Moustaid–Moussa N: Dietary and hormonal regulation of the mammalian fatty acid synthase gene. In Moustaid–Moussa N and Berdanier CD, eds. Nutrient–Gene Interactions in Health and Disease CRC Press 2001, Boca Raton.

16.5 기능성 강화 식품의 재료와 우유 미네랄

E. 바스티앙 박사 (Dr. E. Bastian)
Glanbia Nutritionals USA, Monroe, WI

미국 업체들은 다양한 기능 강화용 식품원료를 전세계 제조업체들에게 공급하고 있다. 연구 결과에 따르면, 소비자들은 유제품에 대한 긍정적인 이미지와 유제품이 건강에 미치는 효과 때문에 일반적인 칼슘강화 제품보다 유제품을 원료로 한 칼슘강화 제품을 선호한다. 또한 소비자들은 천연 유제품을 원료로 한 칼슘 강화 제품에 대해 더 많은 비용을 지불할 의사가 있는 것으로 나타났다. 세계 여러 나라의 소비자들은 유제품을 원료로 한 칼슘 강화 제품에 대해 높은 관심과 선호도를 보이고 있다. 이에 따라 전세계 제조업체들은 성공적인 신제품을 출시할 차별화된 마케팅 기회와 이점을 얻고 있다.

우유 미네랄의 활용

우유 미네랄은 우유에서 얻을 수 있는 천연 칼슘 공급원일 뿐 아니라 칼슘의 체내 흡수와 이용에 필수적인 인, 마그네슘 등의 미네랄과 유당, 단백질의 공급원이다. 일반적으로 우유 미네랄은 영양 보충제, 다이어트 음료, 스포츠 및 아이소토닉 음료, 영양 바, 기능성 식품 등에 활용된다.

기능성 강화를 위한 미네랄농축 유청 활용

식품을 제조할 때 미네랄농축 유청을 첨가하면 질감, 향미, 용해성, 영양이 향상되며 일반 제품에 비해 영양밀도를 높일 수 있다. 미네랄 농축 유청의 기능과 이점은 다음과 같다.

- 용해성, 열안정성, 비용 효율성이 뛰어나다.
- 유당함량을 낮출 수 있어 유당 결정화에 따른 질감상의 문제를 최소화할 수 있다.
- 단백질과 미네랄의 함량이 높아 제품의 향미가 좋아지고 질감이 부드러워진다.
- 우유맛이 나며 첨가된 지방의 유화를 도울 뿐 아니라 소스와 육즙소스의 안정성과 열안정성을 향상시킨다.
- 칼슘, 마그네슘, 인의 우수한 공급원으로, 분쇄육 제품과 소스의 영양가와 전체적인 향미를 향상시킨다.

표 16.5.1 칼슘 강조 표시, Codex 권고사항

강조표시:	최소 함량 기준치	최소 칼슘 함량 기준치
'성분'	NRV/100g(고형) 중 15% 또는 NRV/100ml(액상) 중 7.5% 또는 NRV/100kcal 중 5% 또는 NRV(1회분) 중 15%	Ca/100g 중 120mg 또는 Ca/100ml 중 60mg 또는 Ca/100kcal 중 40mg 또는 Ca(1회분) 중 120mg
'최대 함량'	'성분' 함량의 두 배	Ca/100g 중 240mg 또는 Ca/100ml 중 120mg 또는 Ca/100kcal 중 80mg 또는 Ca(1회분) 중 240mg

출처: 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius)/다농 월드 뉴스레터(Danone World Newsletter) 19호
주: NRV는 영양소기준치(Nutrient Reference Value)의 약자임.

일반적인 활용 사례

유제품, 육류, 제과, 제빵, 스낵, 시즈닝, 수프, 소스, 성장기용 분유, 냉동 디저트, 영양음료 등에 다음과 같이 활용된다.

- 미네랄 함량이 높은 유고형분의 비용 효율적인 공급원으로 쓰인다.
- 유당 함량은 낮추고 미네랄 함량은 높여야 할 경우 다른 칼슘 공급원의 대체원료로 활용된다.
- 분말 음료, 영양음료, 유제품, 분말 수프 및 디저트, 구운 빵류의 기능성 재료가 된다.

영양강조표시

영양강조표시란 제품이 특정 영양성분을 함유하고 있다는 것을 나타내는 것으로, 일반적으로 다음의 세 가지 항목을 표시할 수 있다.

(1) 칼슘 함량에 대한 표시 등 제품의 특정 영양성분의 함량에 대한 간단한 설명(표 16.5.1 Codex 권고사항 참고)
(2) 두 가지 이상 제품의 칼슘 함량 비교 표시
(3) 칼슘이 성장 · 발육기에 또는 체내에서 수행하는 생리학적 기능 표시
(3)에 대한 허용 기준은 국가별로 차이가 있으므로 더 자세한 정보는 현지 규정을 참고한다.

우유 미네랄의 표준 조성

성분	
총 미네랄 함량	79.00%
회분	70.00%
칼슘	25.00%
인	14.00%
칼슘/인산염(P)	1.79
칼슘/인산염(PO4)	0.58
마그네슘	1.50%
나트륨	0.65%
칼륨	0.83%
아연(mg/100g)	27.40
구리(mg/100g)	0.37
철(mg/100g)	1.88
유기 미네랄(구연산)	9.00%
단백질	5.00%
지방	1.00%
유당	8.00%
총 수분	7.00%
결합 수분	3.00%
유리 수분	4.00%
무수 광물 기준	88.00%
함수 광물 기준	89.00%

자료 제공: Glanbia Nutritionals USA.
구성성분은 공급업체마다 상이할 수 있음.

16.6 영양제품 제조법

인스턴트 WPC80을 첨가한 단백질 음료 분말

원재료	사용량(%)
WPC80	12.86
과당	3.00
코코아 분말	1.50
바닐라맛	0.50
소금	0.10
아세설팜 K	0.02
비타민/미네랄 프리믹스	0.02
물	82.00
합계	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 재료를 혼합한다.
2. 혼합한 분말 52g을 냉수 225ml에 넣고 잘 저어 준다.

이점:

유청단백은 용해성, 유화성 등의 다양한 기능적 특성이 있으며 영양적 이점도 제공한다. 천연 유청단백은 다양한 pH 범위의 음료에서도 잘 녹는다. 대부분의 단백질은 각각의 등전점에서 침전하지만 유청단백은 등전점에서도 침전하지 않는다. 인스턴트 음료 믹스 제조 시에도 쉽게 사용할 수 있는 인스턴트 유청단백 제품도 있다. 또한 유청단백은 과일맛 음료와 산성 단백질 음료 등의 산성 음료에도 널리 이용된다. 동적인 친수성 · 소수성 부분이 모두 있는 유청단백의 단백질 구조는 지방과 물이 잘 섞이도록 유화제 역할을 한다. 대부분의 단백질 음료 분말 믹스는 응집되거나 레시틴이 첨가된 인스턴트 유청단백을 이용해 제조한다. 인스턴트 WPC를 첨가한 단백질 음료 분말은 영양상의 이점뿐 아니라 분산성도 제공한다. WPC는 단백질 믹스에 용해성, 분산성, 불투명성, 현탁 안정성 등의 기능적 특성과 함께 입 안에서의 부드러운 감촉과 순한 맛을 제공한다.

인스턴트 WPC80과 유청단백 가수분해물을 첨가한 단백질 음료

원재료	사용량(%)
WPC80	10.38
유청단백 가수분해물	2.59
결정성 과당	3.00
코코아 분말	1.48
바닐라향	0.50
아세설팜 K	0.04
비타민/미네랄 프리믹스	0.02
물	81.99
합계	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 재료를 혼합한다.
2. 혼합한 분말 52g을 냉수 225ml에 넣고 잘 저어 준다.

이점:

WPC와 유청단백 가수분해물(WPH)은 용해성, 유화성 등의 다양한 기능적 특성이 있으며 영양적 이점도 제공한다. 천연 유청단백은 다양한 pH 범위의 음료에서도 잘 녹는다. 대부분의 단백질은 각각의 등전점에서 침전하지만 유청단백은 등전점에서도 침전하지 않는다. 인스턴트 음료 믹스의 제조 시에도 쉽게 사용할 수 있는 인스턴트 유청단백 제품도 있다.

16. 유청제품을 응용한 영양제품 제조

고단백 푸딩

원재료	사용량(%)
WPC80	10.00
설탕	10.20
덱스트로스	5.70
변형전분	3.00
바닐라향	0.25
아세설팜 K	0.13
비타민/미네랄 프리믹스	0.20
물	70.52
합계	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 건조 원료를 저속에서 교반한다.
2. 400ml의 용기에 탈지유 1컵을 넣는다.
3. 탈지유에 푸딩 믹스를 천천히 넣으면서 완전히 풀리도록 계속 교반한다.
4. 3을 컵에 담는다.
5. 4~8°C의 온도로 하룻밤 냉장한다.

이점:

WPC80를 첨가한 고단백 푸딩은 탈지유로 제조한 시판 인스턴트 푸딩보다 단백질 함량이 3.4배 정도 높다. WPC80은 인스턴트 제품으로, 부드러운 질감과 뛰어난 향미를 얻을 수 있는 우수한 건조 믹스이다.

단백질 바

원재료	사용량(%)
고과당 콘시럽	42.11
WPC80	7.89
유청단백 가수분해물	2.63
카제인 칼슘	10.53
분리대두단백	10.53
카놀라유	8.95
말토덱스트린	10.53
코코아 분말	4.20
바닐라	2.10
레시틴	0.53
합계	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 고과당 콘시럽, 카놀라유, 레시틴을 저속에서 2분간 혼합한다.
2. 1에 남은 재료를 넣고 5분간 더 혼합한다.
3. 밀폐용기에 넣어 하룻밤 둔다.
4. 알맞은 크기와 형태의 바 모양으로 만든다.
5. 포장한 후 밀봉한다.

이점:

단백질 바 제조 시 WPC의 일부를 WPH로 대체할 때, 유청단백 가수분해물을 물성 변형제로 사용할 수 있다. 유청단백 가수분해물을 사용하면 제품의 경도와 씹는 질감이 완화되고 질감이 부드러워지며 유통기한이 길어진다. 또한 다른 성분에 비해 맛이 약하기 때문에 바를 만들 때 향미의 특성에 미치는 영향도 작다. 소화 흡수가 빠른 WPH의 펩타이드는 WPC의 영양성분과 함께 활용하면 이상적인 단백질 공급원이 된다.

고단백 쿠키

원재료	사용량(%)
WPC80	16.00
분리대두단백	3.00
난백 분말	3.00
황설탕	14.00
백설탕	14.00
땅콩버터	12.00
쇼트닝	7.00
물	7.00
땅콩버터 조각	7.00
박력분	5.00
전란	5.00
고과당 콘시럽	5.00
바닐라 농축액	1.00
땅콩버터 향미료	0.50
소금	0.30
베이킹 파우더	0.20
합계	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.

제조공정:

1. 쇼트닝, 고과당 콘시럽, 계란, 설탕을 저속으로 교반해 크림을 만든다.
2. 1에 건조 분말과 물, 다른 재료들을 넣고 60초간 더 교반한다.
3. 여기에 땅콩버터 조각을 넣어 섞는다.
4. 쿠키 판에 반죽을 하나씩 떼어 놓은 후 175°C에서 10분간 굽는다.

16.7 유청 · 유당을 활용한 조제분유 아동건강식품 제조법

생후 6개월 동안 신생아에게 가장 이상적인 영양식으로서 모유의 가치는 매우 중요하다. 그러나 산모의 건강상태와 특수한 사회적 여건으로 모유 수유가 제대로 이루어지지 않거나 산모와 유아가 떨어져 있게 되는 등 모유 수유가 불가능한 상황도 발생할 수 있다. 이런 경우 모유 부족 문제를 해결하기 위해 조제분유 등의 모유대용식이 필요하다(Statement on Infant Feeding, Codex Standards for Foods for Infants and Children, Codex Alimentarius, 1989) 영유아의 영양을 위한 조제분유의 사용에 관해서는 의사나 영양사와 상담할 것을 권한다.

탈염 유청 조제분유

원재료	사용량(%)
탈염 유청(약 1%)	43.00
지방 블렌드	28.00
탈지분유	16.00
유당	11.30
비타민/미네랄 프리믹스*	1.20
레시틴	0.50
물	필요량
합계	**100.00**

* 각 제조업자의 사용량에 따라 조절/
영양표시교육법(Nutrition Labeling and Education Act) 요건.
제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 탈염 유청, 탈지분유, 유당에 충분한 양의 물을 넣어 유동성이 있는 농축액을 만든다.
2. 1을 약 60°C로 가열한 후 레시틴, 지방 블렌드 비타민/미네랄 프리믹스와 혼합한다.
3. 계속 가열해 저온살균한다. 처음에는 176kgf/cm^2 (2000lb/inch^2), 그 후에는 35kgf/cm^2(500lb/inch^{2}로 두 차례에 걸쳐 균질화한다.
4. 재수화가 용이하도록 분무건조하여 응고시킨다.
5. 재수화를 위해서는, 중량 기준으로 분유와 물을 1:9 비율로 섞어 가열해 저온살균한 후 적당한 온도로 식힌다.

WPC 조제분유

원재료	사용량(%)
유당	37.00
지방 블렌드	27.00
WPC34	18.50
탈지분유	16.00
비타민/미네랄 프리믹스*	1.00
레시틴	0.50
합계	**100.00**

* 각 제조업자의 사용량에 따라 조절
영양표시교육법(Nutrition Labeling and Education Act) 요건.
제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. WPC34, 탈지분유, 유당의 중량에 맞게 덜어낸 후, 적당량의 물을 넣어 유동성이 있는 농축액을 만든다.
2. 1을 약 140°C로 가열한 후 레시틴, 지방 혼합물, 비타민/미네랄 프리믹스와 혼합한다.
3. 계속 가열해 저온살균한다. 처음에는 141kgf/cm^2 (1600lb/inch^2), 그 후에는 35kgf/cm^2(500lb/inch^2)로 두 차례에 걸쳐 균질화한다.
4. 재수화(re-hydrate)가 용이하도록 분무건조하여 응고시킨다.
5. 재수화를 위해서는 중량 기준으로 건조분유와 물을 1:9 비율로 섞어 가열해 저온살균한 후 먹기 적당한 온도로 식힌다.

16.8 유청 · 유당을 활용한 스포츠 식품 제조법

고기능성 스포츠 음료

원재료	사용량(%)
과당	77.24
WPI	20.00
무수구연산	0.85
염화나트륨	0.50
구연산나트륨	0.50
제1인산칼륨	0.40
레몬/라임향	0.35
청색소	0.06
벤조산나트륨	0.05
황색소	0.04
소포제	0.01
합계	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.
시험기관: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 모든 건조 원료를 잘 혼합한다.
2. 물 82%에 건조 믹스 18%를 풀어 완전히 수화되도록 섞는다.
3. 인산용액 25%를 넣어 pH가 3.0~3.5가 되도록 조절한다.
4. 저온에서 용기에 담은 후 88°C로 저온살균한다.

스포츠 음료

원재료	사용량(%)
물	76.53
말토덱스트린, 18 D.E.	10.00
결정성 과당	9.15
WPC80	3.60
구연산, 인산, 또는 말산	0.56
착향료	0.09
구연산나트륨이수화물	0.06
착색료	0.01
합계	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.
시험기관: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 15~25°C의 큰 혼합탱크에 물을 넣는다.
2. 잘 교반하면서 WPC80을 넣는다. 공기가 들어가지 않도록 주의한다. WPC80이 잘 수화되도록 15~30분간 그대로 둔다.
3. 잘 교반하면서 과당, 말토덱스트린, 구연산나트륨을 혼합한다.
4. 착향료와 착색료를 넣고 10분간 수화시킨다.
5. 계속 교반하면서 50% 산성 용액을 이용해 pH를 3.5~3.7로 조절한다.
6. 제품의 안전성을 보장하기 위해 업체별로 적절한 가열 조건을 정해야 한다. 저산도 음료는 80~85°C에서 15~30초간 가열하는 것을 기본 원칙으로 한다.
7. 뜨거운 상태에서 용기에 담는다.
8. 음료를 재빨리 식힌다.

단백질강화 과일음료

원재료	사용량(%)
원재료	사용량(%)
물	80.00
과당	9.98
WPC80	6.26
콘시럽 고형분	2.25
구연산	0.78
유칼슘	0.59
라즈베리향	0.13
적색소 40호	0.01
합계	**100.00**

제조법 제공: Proliant, Inc.
시험기관: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 모든 건조 원료를 잘 혼합한다.
2. 건조 믹스 한 봉지(908g)를 물 3.8L에 넣고 젓거나 흔들어 완전히 수화시킨다.
3. pH는 4.0이 되도록 조절한다.
4. 저온 상태에서 용기에 담은 후 88°C에서 저온살균한다.

영양 바

	사용량(%)	
원재료	응용I	응용II
WPI(단백질 90%)	32.00	–
우유 미네랄	2.00	2.00
분리대두단백(단백질 90%)	–	16.00
WPC80	–	18.00
구연산	0.35	0.35
레시틴	0.40	0.40
소르비톨	9.25	9.25
식물성 오일	7.00	7.00
과당	16.50	14.50
무화과	3.00	3.00
옥수수(42 D.E.)	23.92	23.92
물	5.50	5.50
향미료	〈0.20	〈0.20

제조법 제공: 허쉬 푸드(Hershey Foods Corporation)

제조공정:

1. 모든 건조 원료를 잘 혼합한다.
2. 액상 지방에 레시틴을 섞는다.
3. 지방과 건조 원료들을 치댄다.
4. 계속 치대면서 향미료가 있으면 첨가한다.
5. 치대는 동안 반죽의 온도는 40~42°C를 유지한다.
6. 반죽을 떼어 바 모양으로 만든다.
7. 초콜릿이나 혼합코팅제로 코팅한다.

16.9 유청 · 유당을 활용한 체중감량 및 건강식품 제조법

초콜릿맛 식사대용 음료

원재료	사용량(%)
자당	39.00
WPC34	19.00
더치 프로세스 코코아(지방 16~18%)	11.50
콘시럽 고형물 24 D.E.	11.50
카제인 나트륨	11.00
카제인 칼슘	5.00
비타민/미네랄 프리믹스*	1.00
바닐린	0.90
레시틴	0.80
잔탄검	0.20
카르복시메틸셀룰로스	0.10
합계	**100.00**

* 1일권장섭취량의 25~30%를 제공하도록 조절.
제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 모든 재료를 혼합한 후 적당량씩 나누어 포장한다.
2. 건조 믹스 40g을 우유 225ml에 타서 마신다.

산성 영양음료 분말(오렌지맛)

원재료	사용량(%)
인스턴트 WPC80	61.6800
과당	23.4222
스위트 건조유청	8.9800
무수 구연산	5.0800
오렌지맛	0.6300
비타민/미네랄 프리믹스*	0.1200
아스파탐	0.0400
아세설팜 K	0.0400
FD&C 적색소 40호	0.0039
FD&C 황색소 5호	0.0039
합계	**100.0000**

* 1일권장섭취량의 30~35%를 제공하도록 조절.
시험기관: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 모든 건조 원료를 믹싱볼에 넣고 균질화 되도록 잘 혼합한다.
2. 건조 믹스 28g을 물 220g에 넣은 후 잘 젓거나 흔들어 완전히 풀어지게 한다.

식사대용 건조 산성 영양음료 믹스

원재료	사용량(%)
탈지분유	22.46
WPC	22.19
과당	15.00
자당	10.25
크리머	11.64
카놀라유	6.19
코코아	2.82
구아검/잔탄검 블렌드	1.68
천연향	1.40
인스턴트 커피	4.21
우유 미네랄	1.32
바닐라/미네랄 프리믹스	0.84
합계	**100.00**

제조법 제공: 캘리포니아 주립 공과대학(California Polytechnic State University)

제조공정:

1. 자당, 과당, 검 블렌드를 혼합한다.
2. 커피를 넣어 잘 혼합한다.
3. 카놀라유를 제외한 나머지 재료들을 넣고 5분간 혼합한다.
4. 카놀라유를 천천히 넣으면서 5분간 더 혼합한다.

과일 스무디

원재료	사용량(%)
딸기 퓨레(씨 제거)–7 Brix	48.50
물	20.00
액상 과당	12.00
바나나 퓨레(씨 제거)–22 Brix	8.00
WPC	7.00
콘시럽 42 D.E.	4.00
우유 칼슘	0.40
구연산	0.10
합계	**100.00**

주: 1회분은 용기 크기에 따라 다름(본 제조법은 7263g 용기 기준임).
제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 모든 재료를 표에 열거된 순서대로 넣어 섞는다.
2. 보냉 순환형 디스펜서에 담는다.

크림타입 식사대용 음료(라즈베리향)

원재료	사용량(%)
물	79.498
과당	6.150
WPC80	4.690
과일주스–65 Brix	4.090
자당	3.070
섬유소(쌀겨)	1.640
구연산 또는 인산	0.170
카라기난	0.610
건조 라즈베리향	0.060
비타민/미네랄 프리믹스	0.020
적색소 40호	0.002
합계	**100.00**

제조법 제공: 위스콘신 유제품 연구센터(Wisconsin Center for Dairy Research)

제조공정:

1. 혼합탱크에 물을 넣고 15~25°C로 가열한 후, WPC80을 넣고 잘 풀리도록 혼합한다. 수화되도록 15~30분간 둔다.
2. 30분 후 과일주스를 넣어 균질화되도록 잘 혼합한다.
3. 건조 원료를 모두 혼합해 2에 넣은 후 계속 교반한다. 10분간 수화시킨다.
4. 여기에 향미료와 색소를 넣고 잘 교반한다.
5. pH를 확인한 후, 필요하면 50% 구연산(또는 인산) 용액을 넣어 pH를 3.5로 조절한다.
6. 약 80~85°C에서 열처리한다. 제품의 안전성을 위해 업체별로 적절한 가열조건을 정해 놓는다.
7. 음료를 재빨리 식힌다.

16. 유청제품을 응용한 영양제품 제조

유청과 땅콩버터를 첨가한 심혈관 건강증진 바*

원재료	사용량(%)
꿀	18.29
고과당 콘시럽	16.17
초콜릿 코팅	14.89
WPI	11.12
가수분해 WPI	9.79
땅콩버터	8.33
땅콩 가루	7.33
다진 땅콩	7.24
말토덱스트린	3.52
비타민/미네랄 블렌드	1.68
바닐라 농축액	1.03
대두식이섬유	0.61
합계	**100.00**

* 탄수화물 40%/단백질 30%/지방 30%
제조법 제공: Davisco Foods International, Inc.

제조공정:

1. 패들이 장착된 믹서에 꿀, 고과당 콘시럽, 땅콩버터, 바닐라 농축액을 넣고 중간 속도에서 1분간 혼합한다.
2. 초콜릿 코팅을 제외한 나머지 재료들을 건조 상태에서 혼합하다가 1에 넣고 모든 재료들이 고루 섞이도록 저속에서 교반한다.
3. 원하는 형태로 압출성형하거나 모양을 만든 후 초콜릿을 입힌다.

고단백 초콜릿칩 쿠키

원재료	사용량(%)
WPC80	17.85
가루반죽 밀가루	17.85
황설탕	20.85
버터	12.65
탈지분유	1.25
초콜릿칩	17.35
계란	2.50
바닐라 농축액	0.30
소금	0.20
탄산수소나트륨	0.20
물	9.00
합계	**100.00**

제조법 제공: 캘리포니아 주립 공과대학(California Polytechnic State University)

제조공정:

1. 버터에 설탕을 넣어 크림을 만든다.
2. 여기에 바닐라 농축액과 계란을 넣는다.
3. 건조 원료들을 넣고 잘 섞이도록 교반한다.
4. 초콜릿칩을 넣는다.
5. 190°C에서 8~10분간 굽는다.

고단백 에너지 바

원재료	사용량(%)
단백질 블렌드(WPI, WPC80)	23.95
라이스 시럽	16.95
엔로빙 초콜릿	16.10
귀리	8.40
꿀	8.10
탈지분유	7.80
건포도 페이스트	7.80
콩 견과류	4.25
땅콩 가루	4.20
대두유	2.25
우유 미네랄	0.20
합계	**100.00**

제조법 제공: 캘리포니아 주립 공과대학(California Polytechnic State University)

제조공정:

1. 단백질 블렌드, 탈지분유, 우유 미네랄, 땅콩 가루를 저속에서 약 5분간 교반하여 잘 혼합한다.
2. 여기에 액체 재료(라이스 시럽, 꿀, 대두유, 건포도 페이스트)를 넣으면서 잘 섞이도록 계속 교반한다.
3. 귀리, 콩 견과류를 넣고 저속에서 교반하여 고루 섞어준다.
4. 압출성형하거나 눌러서 원하는 크기의 바 모양을 만든 후 엔로빙 초콜릿을 입힌다.
5. 완성된 바를 포장한다.

17. 참고문헌

Alexander, R. 1997. Sweeteners Nutritive. Eagan Press, St. Paul, MN.

Augustin, M.A. and Jameson, G.W.1997. "Developments in dairy ingredients." Food Australia 49:449–451.

Augustin, M.A., Cheng, L.J., and Clark, P.T.1999. "Effects of preheat treatment of milk powder on the properties of reconstituted set skim yogurts." International Dairy Journal 9:415–416.

Baig, M.I. and Prasad, V.1996. "Effect of incorporation of cottage cheese whey solids and Bifidobacterium bifidum in freshly made yogurt." Journal of Dairy Research 63:467–473.

Bakery, applications for whey
Please check references at: www.usdec.org/pdffiles/manuals/1bakery.pdf

Beverages, applications for whey
AMPC (now Proliant Inc.).1999, "Applications Review." AMPC, Ames, Iowa, USA.

Borculo Domo Ingredients. Lactose Rock Candy. Borculo Domo Ingredients, Hanzeplein 25, 8017 JD Zwolle, P.O. Box 449, 8000 AK Zwolle, The Netherlands.

Boutin, R.F. 1996. Confectionery. In: "Food Proteins: Properties and Characterization, Chapter 8." Nakai, S. and H.W. Modler, Editors. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Bowen, W.H., S.K. Pearson, B.C. VanWuyckhuyse, and L.A. Tabak.1991. "Influence of milk, lactose-reduced milk, and lactose on caries in desalivated rats." Caries Res. 25(4):283–286.

Bowen, W.H. and S.K. Pearson.1993. "Effect of milk on carcinogenesis." Caries Res. 27:461–466.

Bowen, W.H., S.K. Pearson, P.L. Rosalen, J.C. Miquel, and A.Y. Shih.1997. "Assessing the cariogenic potential of some infant formulas, milk and sugar solutions." J. Am. Dent. Assoc. 128:865–871.

Brack, G.1999. Applications of lactose in yeasted doughs. Proceedings of European Lactose Symposium. R A Hoffmann, The Hague.

Breslaw, E.S. and Kleyn D.H.1973. "In vitro digestibility of protein in yogurt at various stages of processing." Journal of Food Science 38:1016–1021.

Bryant, C.M., and McClements, D.J.1998 "Molecular basis of protein functionality with special consideration of cold-set gels derived from heat-denatured whey." Food Science and Technology 9:143–151.

Buchowski, M.S. and D.D. Miller. 1991. "Lactose, calcium source, and age affect calcium bioavailability in rats." J. Nutr. 121:1746–1754.

Bury, D., Jelen, P., and Kimura, K.1998. "Whey protein concentrate as a nutrient supplement for lactic acid bacteria." International Dairy Journal 8:149–151.

Cancer prevention
Please check references at: www.powerofwhey.com/references.html and: www.nationaldairycouncil.org/lvl04/nutrilib/digest/dairydigest_722e.htm

Calcium information
Please check references at www.nationaldairycouncil.org

Cardiovascular Health
References are available at: www.usdec.org/pdffiles/manuals/11CARDIOVASCULAR.pdf and www.powerofwhey.com/references.html

Champagne, C.P., St-Gelais, D., and Audet, P.1966. "Starters produced on whey protein concentrates." Milchwissenscaft 51:561–564.

Chandan, R.1997. Baked Products, Dairy-Based Ingredients. Eagan Press, St. Paul, MN.

Charteris, W.P., Kelly, P.M., Morelli, L., and Collins, J.K. 1998. "Ingredient selection criteria for probiotic microorganisms in functional dairy foods." International Journal of Dairy Technology 51:123–135.

Child, infant nutrition
Please check references at: www.usdec.org/pdffiles/manuals/ChildNutrition.pdf and www.powerofwhey.com/references.html

Cochet, B., A. Jung, M. Griessen, P. Bartholodi, P. Schaller, and A. Donath. 1983. "Effects of lactose on intestinal calcium absorption in normal and lactase-deficient subjects." Gastroenterol. 84:935–940.

Collins, M.S. and G.R. Gibson.1999. "Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut." Am. J. Clin. Nutr. 69:1052S–1057S.

Committee on Nutrition, American Academy of Pediatrics.1998. Pediatric Nutrition Handbook. 4th ed. Elk Grove Village, IL: American Academy of Pediatrics.

Crittenden, R.G.1999. "Prebiotics." In: Probiotics: A Critical Review. R.G. Crittenden (Ed). Wymondham, U.K.: Horizon Scientific Press, 141.

Dairy Advisory Bureau.1996. "Food and Health for Children, Dairy Products for Under Two''s." Dairy Advisory Bureau, New Zealand.

Dave, R.I, and Shah, N.P.1997. "Viability of yogurt and probiotic bacteria in yogurts made from commercial starter cultures." International Dairy Journal 7:31–41.

Dave, R.I, and Shah, N.P.1998. "Ingredient Supplementation Effects on Viability of Probiotic Bacteria in Yogurt." Journal of Dairy Science 81:2804–2816.

Dave, R.I, and Shah, N.P.1998. "The influence of ingredient supplementation on the textural characteristics of yogurt." The Australian Journal of Dairy Technology 53:180–184.

Debiec, H. and R. Lorene. 1988. "Influence of lactose on phosphate metabolism in rats." Br. J. Nutr. 59:87–92.

Export data, Export Council
Please check www.usdec.org/publications/AnnualReport

Foremost Farms USA. 1999. Permalac specification sheet.

Foremost Farms USA.1985. Product Data Sheets for Lactose and Whey Products. Foremost Farms, Route 3, Baraboo, WI 53913.

Gingrich, B. and P. Dimick. Subjective and objective Evaluation Milk Caramel. In Proceedings of the Thirty-Eighth Annual Production Conference of the P.M.C.A.1976.

Greger, J.L., C.M. Gutkomski, and R.R. Khazen.1989. "Interaction of lactose with calcium, magnesium, and zinc in rats." J. Nutr. 119:1691–1697.

Guinee, T.P., Mullins, C.G, Reville, W.J., and Cotter, M.P. 1995. "Physical properties of stirred-curd unsweetened yogurts stabilized with different dairy ingredients." Milchwissenschaft 48:556–560.

Guzman-Gonzales, M., Morais, F., Ramos, M., and Amigo L. 1999. "Influence of skimmed milk concentrate replacement by dairy products in a low fat set-type yogurt model system. 1: Use of whey protein concentrates, milk protein concentrates, and skimmed milk powder." Journal of Science and Food Agriculture 79:1117–1122.

Heijnen, A.M., E.J. Brink, A.G. Lemmens, and A.C. Beynen.1993. "Ileal pH and apparent absorption of magnesium in rats fed on diets containing either lactose or lactulose." Br. J. Nutr. 70:747–756.

Ice cream applications
Please check references at: www.usdec.org/pdffiles/manuals/4IceCream.pdf

Immunity
Please check references at: www.powerofwhey.com/references.html

Joseph, P.R., Dave, R.I, and Shah, N.P.1998. "Antagonism between yogurt bacteria and probiotic bacteria isolated from commercial starter cultures, commercial yogurts and a probiotc capsule." Food Australia 50:20–23.

Kailasapathy, D. Supriadi, D.1996. "Effect of whey protein concentrate on the survival of Lactobacillus acidophilus in lactose hydrolyzed yogurt during refrigerated storage." Milchwissenschaft 51:565–569.

Kailasapathy, D. Supriadi, D, and Hourigan, J.A.1996. "Effect of partially replacing skim milk powder with whey protein concentrate on buffering capacity of yogurt." The Australian Journal of Dairy Technology 51:89–93

17. 참고문헌

Low fat foods applications
Please check references at:
www.usdec.org/pdffiles/manuals/8Lowfat.pdf

Lucey, J.A., Teo, C.T., Munro, P.A., and Singh, H. 1997. "Rheological properties at small (dynamic) and large (yield) deformations of acid gels made from heated milk." Journal of Dairy Research 64:591–600.

Lucey, J.A. and Singh, H. 1998. "Formation and physical properties of acid milk gels: a review." Food Research International 30:529–542.

Lucey, J.A., Munro, P.A., and Singh, H. 1998. "Whey separation in acid skim milk gels made with glucono-d-lactone:effects of heat treatment and gelation temperature." Journal of Texture Studies 29:413–426.

Lucey, J.A., Munro, P.A., and Singh, H. 1999. "Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels." International Dairy Journal 9:275–279.

Mann, E.1998. "Yogurt–Part 2." Dairy Industries International 63:13–14.

Mann, J. 2001. "Carbohydrates." In: Present Knowledge in Nutrition. 8th edition. Bowman, B.A. and R.M. Russell (Eds). Washington, D.C.: ILSI Press, pp. 59–71.

Mazza, G. (Ed). Functional Foods. Lancaster: Technomic Publ. Co., Inc.1998.

Mesters, P.H., van Velthuijsen, J.A., and Brokx, S. 2001. Lactitol: A Reduced-Calorie Sweetener. In: Alternative Sweeteners, Chapter 17. Nabors, L.O., Editor. Marcel Dekker, Inc., New York.

Milk minerals, Dairy calcium
Please check references at:
www.usdec.org/pdffiles/manuals/12Calcium.pdf

Miller, G.D., J.K. Jarvis, and L.D. McBean. 2000. Handbook of Dairy Foods and Nutrition. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 311–354.

Miller, S.C., M.A. Miller, and T. Omura. 1988. "Dietary lactose improves endochondrial growth and bone development and mineralization in rats fed a vitamin D–deficient diet." J. Nutr.118:72–77.

Minifie, B.W., 1970. Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, CT.

Morris, K.L. and M.B. Zemel.1999. "Glycemic index, cardiovascular disease, and obesity." Nutr. Rev. 57(9):273–276.

Murphy, M. and Boutin, R.1997. Sugarless Options. Candy Industry, pages 61–70.

Ogunrinola, O. 1993. The Use of Hydrolysed Lactose Syrup from Whey Permeate as a Sugar Substitute in Bread Mix Formulation. Bulletin of the IDF 289:38–42.

Ozer, B.H, Bell, A.E, Grandison, A.S, and Robinson, R.K. 1998. "Rheological properties of concentrated yogurt." Journal of Textural Studies 29:67–79.

Perdigon, G., Alvarez, S., Rachid, M., Aguero, G., and Gobbato, N.1994. "Symposium: Probiotic bacteria for humans: Clinical systems for Evaluation of effectiveness." 78:1597–1606.

Pratt, C.D., de Vadetzsky, E., Langwill, K.E., McCloskey, K.E., Shuemann, H.W.1970. Twenty Years of Confectionery and Chocolate Progress. In Proceedings of the1947–1966 Annual Production Conferences of the Pennsylvania Manufacturing Confectioners' Association.

Pribila, B.A., S.R. Hertzler, B.R. Martin, C.M. Weaver, and D.A. Savaiano. 2000. "Improved lactose digestion and intolerance among African–American adolescent girls fed a dairy–rich diet." J. Am. Diet. Assoc.100:524–528.

Processed cheese applications
Please check references at:
www.usdec.org/pdffiles/manuals/3ProcCh.pdf

Processed meats applications
Please check references at:
www.usdec.org/pdffiles/manuals/6Meat.pdf

Schaafsma, G.1997. "Bioavailability of calcium." Bulletin of the IDF 322:20–24.

Schuette, S.A., N.J. Yasillo, and C.M. Thompson.1991. "The effect of carbohydrates in milk on the absorption of calcium by postmenopausal women." J. Am. Coll. Nutr. 10:132–139.

Shah, N., Lankaputhra, W.E.V., Britz, M., and Kyle, W.S.A.1995. "Survival of Lactobacillus acidophilus and Bifidobacterium in commercial yogurt during refrigerated storage." International Dairy Journal 5:515–521.

Smith, K., Burrington, K.J., von Elebe, J.H.,1999. Whey Applications in Confections. Oral presentations for US Dairy Export Council.

Snacks, applications
Please check references at:
www.usdec.org/pdffiles/manuals/10Snacks.pdf

Sports nutrition
Please check references at:
www.usdec.org/pdffiles/manuals/9SportsNut.pdf and www.powerofwhey.com/references.html

Toba, Y., Y. Takada, M. Tanaka, and S. Aoe.1999. "Comparison of the effects of milk components and calcium source on calcium bioavailability in growing male rats." Nutr. Res.19(3):449–459.

Von Elbe. J.H. 2001. Utilization of Whey Proteins in Confections. Presentation for US Dairy Export Council.

Weight management
Please see related references at:
www.nationaldairycouncil.org/lvl04/nutrilib/digest/dairydigest_734d.html

Whey proteins: bioactivity, health-enhancing properties
Please check references at:
www.usdec.org/pdffiles/manuals/7health.pdf, and related materials at:
www.nationaldairycouncil.org/lvl04/nutrilib/digest/dairydigest_722e.htm

Whey proteins: protein quality, nutritional benefits
Please check references at:
www.powerofwhey.com/references.html

Whey, research and applications
Please check related publications listed at:
www.extraordinarydairy.com

White, C.H.1995. "Manufacture of high quality yogurt." Cultured Dairy Products Journal 30:18–24.

Yogurt applications
Please check references at:
www.usdec.org/pdffiles/manuals/5yogurt.pdf

Zbikowski, Z., Zbikowski, A. and Baranowska, M.1998. "The effect of degree of whey protein denaturation and conditions of milk preparation on functional properties of yogurt." Nahrung 42:250–251.

Ziegler, E.E. and S.J. Fomon.1983. "Lactose enhances mineral absorption in infancy." J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. 2:288–294.

Zitterman, A., P. Bock, C. Drummer, K. Scheld, M. Heer, and P. Stehle. 2000. "Lactose does not enhance calcium bioavailability in lactose–tolerant healthy adults." Am. J. Clin. Nutr. 71:931–936.

Additional references available at:
www.usdec.org/pdffiles/manuals/2confect.pdf

17. 색인

ACE 억제 작용, 안지오텐신 전환 효소 억제 작용(ACE inhibitory activity), 68, 69

HIV(HIV), 80

가공기술(processing technologies), 20–26

가공식품 및 스낵 제조(processed foods and snacks applications), 184–193
  제조법(formulations), 194–200

가공육 · 가공수산 제품 제조(processed meat and fish applications), 170–174
  제조법(formulations), 175–182

가공치즈(cheese, processed), 94, 147–149, 163–164

가공치즈(processed cheese)
  냉장포장 치즈(cold pack cheese), 164
  무지방(fat-free), 164
  미국산 저온살균(pasteurized process American), 164
  지방감량(reduced-fat), 163
  표준 가공치즈(typical processed cheese), 163

가수분해 유청단백(whey protein hydrolysate (WPH)), 205

가수분해(Hydrolysis), 26
  유당(lactose), 23
  단백질(protein), 23

갈변화(browning), 84, 86, 93

거품형성 기능(foaming properties), 83

건조 믹스(mixes, dry), 94

건조(drying), 21

겔(gels), 겔 형성, 겔화(gelling), 83, 90

결정화(crystallization), 23, 87
  유당(lactose), 44

고단백 푸딩(pudding, high protein), 212

고혈압(hypertension), 59, 77

골다공증(osteoporosis), 76

골밀도 감소(bone loss), 76

공기포집(aeration), 83

공업용 유당(industrial grade lactose), 42

국제표준화기구(ISO (International Organization for Standardization)), 7

규격(specifications), 16

글리코매크로펩타이드(glycomacropeptide (GMP)), 36, 69

기능성, 기능(functionality), 12, 81–84, 90–95, 100

기준과 등급(standards and grades), 16–18

나노여과(nanofiltration), 22

냉동 디저트(frozen desserts)
  냉동 소프트 요거트(soft-serve frozen yogurt), 167

냉동 디저트(frozen desserts), 95, 156–158, 160

냉장 파스타(pasta, refrigerated), 199

농축유청단백(whey protein concentrate (WPC)), 31–33, 94–95, 102

단백질 결합력(binding, proteins), 61

단백질 소화력에 의한 아미노산 점수법(protein digestibility corrected amino acid scoring (PDCAAS)), 55, 65–66

단백질 효율비(protein digestibility ratio (PER)), 55–56

단백질(proteins), 53, 61, 64, 66, 70, 82

데어리 매니지먼트 사(Dairy Management, Inc.), 9

도넛(doughnuts), 110

드레싱(dressing)
  크림타입의 이탈리안 드레싱-무지방 건조 믹스(creamy Italian-nonfat dry mix), 200
  무지방 사우전드 아일랜드(fat-free thousand island), 194
  지방감량 프렌치(reduced-fat "French"), 195

드레싱(dressings), 95

등급과 기준(grades and standards), 14, 16–18

라즈베리 셔벗(sherbet, raspberry), 167

락토글로불린(lactoglobulin), 60–61, 69

락토페록시다제(lactoperoxidase), 36, 54

락트알부민(lactalbumin), 54, 60–61, 69

락포테린(lactoferrin), 34–35, 54

리소자임(lysozyme), 63

마시멜로(marshmallow), 134

마케팅상의 이점(marketing benefits), 90–93

막 기술(membrane technologies), 21–22

맞춤형 변성법(custom denaturation), 23

면역(immunity), 58

미국 국립과학원(National Academy of Sciences), 75

미국 농무부(U.S. Department of Agriculture (USDA)), 16–17

미국 식품의약국(Food and Drug Administration (FDA)), 14

미국 유제품 수출 협의회(U.S. Dairy Export Council), 8

미국 유제품 연구소(American Dairy Products Institute), 10, 18

미네랄농축 유청(mineral-concentrated whey), 38

발효 유제품(fermented dairy products), 151–153

발효성(fermentation), 44
  기질(substrate), 93

보관 방법(storage)
  유청제품(whey products), 28–40
  유당제품(lactose products), 42–48

부형제(excipient, tableting), 88, 93

분리유청단백(whey protein isolate (WPI)), 33, 70–74, 94–95

비만(obesity), 206–209

비스킷(biscuits), 113

비타민(vitamins), 51, 56

비피더스균(bifidobacteria), 35, 61, 79

빵류(bread)
  화이트 팬 브레드(white pan bread), 114

사료용(feed applications), 37

사워크림(sour cream), 168

에시드 유청(acid whey), 22
  유제품 제조(dairy applications), 156

색감(color)
  갈변화(browning), 84, 86
  제과(confectionary), 124, 126
  유지(retention), 93

생리 전 증후군(premenstrual syndrome), 76

생산, 제조(production), 6, 12, 19

성분, 조성(composition)
  유청제품(whey products), 28–40
  유당제품(lactose products), 42–48

세계보건기구(World Health Organization (WHO)), 55

소스(sauces)
  체다치즈(cheddar cheese), 199
  건조믹스 치즈(dry mix cheese), 200
  지방감량 가공치즈(reduced-fat processed cheese), 194

소스(sauces), 95, 190, 192, 194, 199–200

소시지(sausages)
97% 무지방 칠면조 브렉퍼스트(97% fat-free turkey breakfast), 179
후레쉬 치킨 브렉퍼스트(fresh chicken breakfast), 177
훈연(smoked), 178

수분 결합력(water-vinding), 83, 90, 148, 191

수출량(exports), 14

수프(soup)
셀러리 수프용 저지방 크림(low-fat cream of celery), 195
프리미엄 지방감량 버섯 크림(premium reduced-fat cream of mushroom), 195

스낵(snacks)
짭짤한 맛(savory), 198
스위트(sweet), 198

스위트 유청(sweet whey), 28

스포츠 식품(sports products)
고기능성 스포츠 음료(intensive sport beverage), 214
영양 바(nutrition bars), 215
단백질강화 과일음료(protein-fortified fruit beverage), 215
스포츠 음료(sport beverage), 214

스포츠 영양(sports nutrition), 64–67, 116, 205, 214–215

시즈닝(seasonings)
압출성형 스낵용 치즈(cheese for extruded snacks), 197
옥수수칩을 위한 랜치("ranch" for corn-based chips), 196
감자 스낵을 위한 사워크림과 어니언(sour cream and onion for potato-based snack), 196

식사대용(meal replacement)
초콜릿맛 음료(chocolate-flavored beverage), 216
크림타입 식사대용 음료(creamy meal replacement beverage), 217
식사대용 건조 산성 영양음료(dry acidic nutritional beverage meal replacement), 217
식사대용 음료 믹스(meal replacement beverage mix), 121

식용 유당(food grade lactose), 43–45

식용필름(edible films), 84, 193

심혈관(cardiovascular), 59, 68–69, 77

아동건강식품(child nutrition), 202–204, 213

아미노산 조성(amino-acid, profile), 55, 60
분지사슬 아미노산(branched chain amino acids (BCAAS)), 54–55, 64, 66, 67
황 함유 아미노산(sulfur containing), 55, 73
열분해(thermal degradation), 91

아이스크림(ice cream)
하드팩(hard pack), 167
무설탕(no-sugar added), 166
저지방 · 무지방(reduced-fat, fat-free), 165

아이싱(icing)
저지방 바닐라(reduced-fat vanilla), 139
바닐라(vanilla), 138

암(cancer)
항암 작용(anticancer activity), 58
직장암(colon), 77

약제용 유당(pharmaceutical grade lactose), 46–48

어육연(surimi), 182

어육제품(fish products)
어육연(surimi), 182

에너지 바(energy bars)
구운 체리(baked cherry), 111
고단백(high protein), 218

역삼투압(reverse osmosis), 22

연유 대용유(condensed milk replacer), 143

영양 바(nutrition bars), 215
땅콩버터를 첨가한 심혈관 건강증진 바(peanut butter cardiovascular health bar), 218
단백질 바(protein), 212

영양 조성(nutritional composition)
유당제품(lactose products), 42–48
유청제품(whey products), 29–40

영양적 특성(nutritional properties), 50–80

영양제품 제조(nutritional applications), 202–210
제조법(formulations), 211–218

영양제품(nutritional products)
단백질 음료 분말(dry protein drink), 211
고단백 쿠키(high protein cookie), 212
고단백 푸딩(high protein pudding), 212
단백질 바(protein bar), 212
단백질 음료(protein drink), 211

올리고당류(oligosaccharides), 61

요거트(yogurt)
혼합(blended), 168
음료(drink), 168

요거트(yogurt), 69, 95, 118–119, 151–154

용해성(solubility), 44, 82, 87, 148

우유 미네랄, 칼슘(dairy minerals, calcium), 40, 57

우유 칼슘 미네랄(milk calcium, minerals), 39–40, 75–79, 206–210

위해요소중점관리기준(HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point)), 7

유당 정제(lactose tablets), 137

유당(lactose), 42–48
기능(functionality), 86–88, 92–96
등급(grades), 42–48
영양(nutrition), 50–80

유당불내증(lactose intolerance), 79

유당의 당도(sweetness, lactose), 44, 45, 87, 92, 106, 126, 158

유동제(flow agent), 92

유아 영양(infant nutrition), 61–63, 202–204, 213

유제품 고형분(퍼미에이트)(dairy products solids (permeate)), 22–23, 37

유제품 생산(dairy production), 6

유제품 제조(dairy applications), 94–95, 145–162
제조법(formulations), 163–168

유청 분획물(whey fractions), 154

유청 생산(whey production), 12–14

유청(whey), 28–40
기능(functionality), 82–84, 91–92, 94–95
등급(grades), 28–40
영양(nutrition), 50–80

유청단백태질소 지수(whey protein nitrogen index (WPNI)), 24

17. 색인

유통기한 연장(shelf-life extension), 92

유화력(emulsification), 83, 90
유제품 제조(dairy applications), 148, 156

육류제품(meat products)
닭가슴살(chichen breast), 175
분쇄육 패티(ground meat patties), 179
핫도그(hot dogs), 181
저지방 핫도그(low-fat hot dog), 182
포크 앤 비프 볼로냐 소시지(pork and beef bologna), 178
재구성 닭고기(restructured chicken breast), 176
증량 재구성 햄(restructured extended ham), 180

음료 제조(beverage applications), 94, 115-120, 153, 154
제조법(formulations), 121-122, 168, 211, 214-217

음료(beverages)
초콜릿 음료(chocolate drink), 121
초콜릿맛 음료(chocolate-flavored beverage), 216
크림타입 식사대용 음료(creamy meal replacement beverage), 217
산성 영양음료 분말(dry acidic nutritional beverage), 216
식사대용 건조 산성 영양음료(dry acidic nutritional beverage meal replacement), 217
단백질 음료 분말(dry protein drink), 211
과일 스무디(fruit smoothie), 217
고기능성 스포츠 음료(intensive sports beverage), 214
식사대용 음료(meal replacement beverage mix), 121
스포츠 음료(sport beverage), 214
단백질 음료(protein drink), 211
단백질강화 과일음료(protein-fortified fruit beverage), 215

의학연구소(Institutie of Medicine), 75

이온교환(ion exchange), 22

인증(certification)
수출(export), 17
할랄/코셔(Halal/Kosher), 18

임신(pregnancy), 77

저염유청(reduced-minerals whey), 30

저유당 유청(reduced-lactose whey), 29, 38, 163, 164

저지방 브라우니(brownies, reduced-fat), 113

전기투석(electrodialysis), 22

전미 요거트 협회(National Yogurt Association), 118-119

점성, 점도(viscosity), 83, 90, 148, 171

접착성, 접착력(adhesion), 84, 171

정밀여과(microfiltration), 22

제과제품 제조(confectionery applications), 94, 123-132
제조법(formulations), 133-144

제빵제품 제조(bakery applications), 94, 97-109
제조법(formulations), 110-114

제조(applications)
제빵제품(bakery), 97-114
음료(beverage), 115-122
제과제품(confectionary), 123-144
유제품(dairy), 45-168
사료(feed), 80
건강식품(nutrition), 201-218
가공식품 및 스낵(processed foods and snack), 183-200
가공육 · 가공수산 제품(processed meat and fish), 169-182

조제분유(Infant Formula, mixes), 213

중합(polymerization), 25-26

증발(evaporation), 21

지방과다(adiposity), 207

질감 (texture, properties), 92

체중 관리, 감량(weight management, loss), 50, 206-209, 216-218

체중감량 및 건강식품(weight loss, health and fitness products)
초콜릿맛 식사대용 음료(chocolate-flavored meal replacement beverage), 216
크림타입 식사대용 음료(creamy meal replacement beverage), 217
산성 영양음료 분말(dry acidic nutritional beverage), 216
식사대용 건조 산성 영양음료 믹스(dry acidic nutritional beverage meal replacement beverage mix), 217
과일 스무디(fruit smoothie), 217
고단백 초콜릿칩 쿠키(high protein chocolate chip cookie), 218
고단백 에너지 바(high protein energy bar), 218
땅콩버터를 첨가한 심혈관 건강증진 바(peanut butter cardiovascular health bar), 218

충전물(filling)
베이커리 크림(bakery cream), 143
가나슈 캐러멜(caramel center for molded shells), 140

충치(dental caries), 79

카제인(casein), 53-60

칼슘(calcium), 39-40, 75-79, 206-210

캔디(candy)
캐러멜(caramels), 133-134, 140, 141
초콜릿 제품(chocolate product), 136
둘세데레체(dulce de leche), 141, 142
유당을 첨가한 얼음 사탕(lactose rock candy), 136
연유캔디(milk chews), 135
밀크 초콜릿(milk chocolate), 138
밀크 초코볼(malted milk balls), 135
누가(nougat), 134
비용 절감형 초콜릿(reduced-cost chocolate), 136
흡습성을 줄인 하드캔디(reduced hygroscopicity hard candy), 137
딸기맛 풍선껌(strawberry bubble gum), 137
유청 하드캔디(whey hard candy), 136

커스터드, 플란 스타일(custard, flan style), 111

커피 크리머(coffee whitener), 122

케이크(cakes)
굽지 않는 치즈 케이크(no-bake cheesecake), 111
파운드 케이크(pound cake), 112
화이트 레이어 케이크(white layer cake), 113

코셔, 할랄 인증(Kosher, Halal certification), 18

코팅제(coatings)
초콜릿(chocolate), 140
밀크 초콜릿(milk chocolate), 139
화이트 초콜릿(white chocolate), 139

콜레스테롤(cholesterol), 68–69, 72–73

쿠키(cookies)
초콜릿칩(chocolate chip), 114
고단백(high protein), 212
고단백 초콜릿칩(high protein chocolate chip), 218
와이어 컷 버터쿠키(wire-cut butter cookie), 110

크로마토그래피(chromatography), 23

탈염유청(demineralized whey), 30

퍼미에이트(제단백 유청 참조)(permetae (also see whey, deproteinized)), 22–23, 37

팽창제(bulking agent), 92

폐경기(menopause), 76

품질기준(quality standards), 15–18

프로바이오틱스(probiotics), 119

프로테아제(proteases), 23, 26

프리바이오틱스(prebiotics), 50, 79

플레인 머핀(muffins, plain), 112

피자 생지(pizza dough), 112

한외여과(ultrafiltration), 22

할랄, 코셔 인증(Halal, Kosher certification), 18

항산화 작용(antioxidant properties), 35, 84

향미(flavor), 83
흡수(absorption), 86
증진(enhancement), 91
유지(retention), 86

헤르페스(herpes), 80

혈당지수(glycemic index), 79

혈압(blood pressure), 77

회복(recovery)
근육(muscle), 67
피로(fatigue), 67

효소(enzymes), 54

휘핑 기능(whipping properties), 83, 91, 156

흡습성(hygroscopic properties), 86

USDEC INTERNATIONAL OFFICES

USDEC HEADQUARTERS-USA
info@usdec.org
www.usdec.org

USDEC-Caribbean
usdeccaribbean@usdec.org

USDEC-Central America
usdecmex@marcatel.com.mx

USDEC-China
usdec@prcom.com

USDEC-Europe
usdec.europe@mistral-pr.co.uk

USDEC-Hong Kong
usdec@prcom.com

USDEC-Japan
usdecjapan@marketmakers.co.jp

USDEC-Mexico
usdecmex@marcatel.com.mx

USDEC-Middle East
amfime@cyberia.net.lb

USDEC-Russia
bella_usapeec@yahoo.com

USDEC-South America
usdec@contactsintl.com

USDEC-South Korea
intnet@intnet.co.kr

USDEC-Southeast Asia
usdec@pacrimassociates.com

USDEC-Taiwan
usdec@prcom.com

U.S. Dairy Export Council®
Ingredients | Products | Global Markets

미국 유제품 수출 협의회 한국사무소
우)135-893
서울시 강남구 신사동 591-14 유한빌딩 2층
Tel: 02)516-6893 Fax: 02)516-6753

본 원고에 대한 저작권은 USDEC에 있습니다.
Copyright©2006, USDEC. All rights reserved.