

단백질 시장에 새로운 장을 열다:

미국의 유제품 업계는 왜 치열한 경쟁을 뚫고 단백질 시장에 진출하려 하는가



소비자들은 먹거리의 출처와 제조 방식에 대해 점점 더 많은 질문을 쏟아내고 있다. 자신이 섭취하는 음식이 어디에서 어떻게 만들어졌는지 확인하면 안심할 수 있기 때문이다. 2017년 현재 식음료를 이용해 전인적(全人的) 측면에서 건강을 관리하고자 하는 이들은 전체 미국 소비자의 40%에 달한다. 미국 소비자의 78%는 단백질이 건강한 식단 구성에 필요하다고 믿으며 이들 중 절반은 섭취하고 있는 단백질의 양을 현재보다 더 늘리고 싶다고 답했다. 한편 2050년이 되면 세계 인구는 98억 명으로 증가할 것으로 예상된다. 이는 식량 공급 보안과 지속가능한 단백질 식재료 확보 문제를 야기할 것이다. 단백질 함유 식품에 대한 소비자의 요구가 많아지면서 다국적 식품기업들은 단백질원의 다각화를 위한 노력에 박차를 가하고 있다. 다양한 식품원을 이용해 기존에 없는 단백질원의 추가 확인, 분리, 성분분석을 실시하여 2012~2017년에는 300건 이상의 기능성 단백질 특허와 다양한 단백질 함유 식품이 쏟아져 나왔다.

많은 동물성, 식물성, 단세포 단백질이 식음료 부문에서 사용될 수 있도록 판매되고 있다. 그 종류가 너무나 많기 때문에 식품 제조업자들은 식음료 용액을 배합하기에 앞서 관련 자료를 충분히 확인해야 한다. 적절한 단백질 재료 선택은 소비자가 원하는 일관적인 외형, 맛, 기능성, 영양적 특성을 제공하는 데 필수적이다. 단백질을 함유했다고 해서 모두 같은 식품은 아니다. 본 보고서는 제형 담당자가 유청 단백질 및 우유 단백질 재료를 이용해서 지속가능한 생산, 영양, 기능성, 맛, 다양한 쓰임, 소비자 만족도, 원재료의 공급 안정성을 모두 충족시키는 단백질 함유 식음료를 생산하는 방법에 대해 다루고 있다.



유제품에 대해 우리가 몰랐던 진실

젖소는 글로벌 식품 체계에서 특별한 역할을 하고 이를 통해 사람에게 필수 영양분을 제공한다. 그와 동시에 사람이 먹지 않는 사료를 섭취하며 비료를 이용해 토양을 비옥하게 만든다. 아래는 본 보고서 각 부분의 핵심 사항을 요약한 것이다:

지속 가능한 생산 - 우수한 육우의 위생 및 관리 조치로 인해 미국은 유제품의 생산성 측면에서 전 세계적으로 선도적인 위치를 점하고 있다. 이로 인해 이산화탄소 배출량은 줄이면서 지속가능한 환경이 실현된다.

가공 - 유제품 단백질은 본래 수용성이기 때문에 식물성/견과류에서 추출된 단백질보다 가공 단계가 적다.

단백질 - 우유에서 자연 생성되는 것이기 때문에 단백질의 품질이 다른 단백질원에 비해 우수하며 전반적인 생명 주기에 걸쳐 건강상의 이익함을 제공한다:

- 취약 계층의 성장 부진율을 낮춘다.
- 영유아 및 모성 보건 측면에서 필수 영양분을 제공한다.

- 체중 관리에 도움이 된다.
- 운동 후 회복을 돕는다.
- 건강한 노년에 필요한 근육 유지를 돕는다.

기능성/감각 기관에 미치는 영향 - 유제품 단백질은 다양한 목적으로 사용할 수 있고 동시에 소비자들이 원하는 단순한 성분으로 이루어져 있으며, 강하지 않은 맛이 그 특징이다.

다양한 쓰임 - 원료로써 유제품은 다양하게 쓰일 수 있다.

안정적 공급 - 미국 내에서 4계절 내내 생산되며 철저한 품질관리를 통해 양질의 유제품 식재료를 안정적으로 공급할 수 있다.

지속가능한 생산: 미국 낙농가의 약속

수년 간 미국의 낙농가는 효율성은 개선하면서 환경에 미치는 영향을 줄이기 위해 관련 기술을 개발하고 선진 관리 기법을 이용해 왔다. 미환경청(EPA)에 따르면 2030년이 되면 미국 내 총 가축 생산(육우와 유제품)이 온실가스 배출량(GHG)의 14%를 차지할 것이라고 한다. 이는 에너지생산(31%), 대중교통(27%), 농경지(13.5%)로 인한 이산화탄소 배출량과 비교할 때 높지 않은 수치이다.

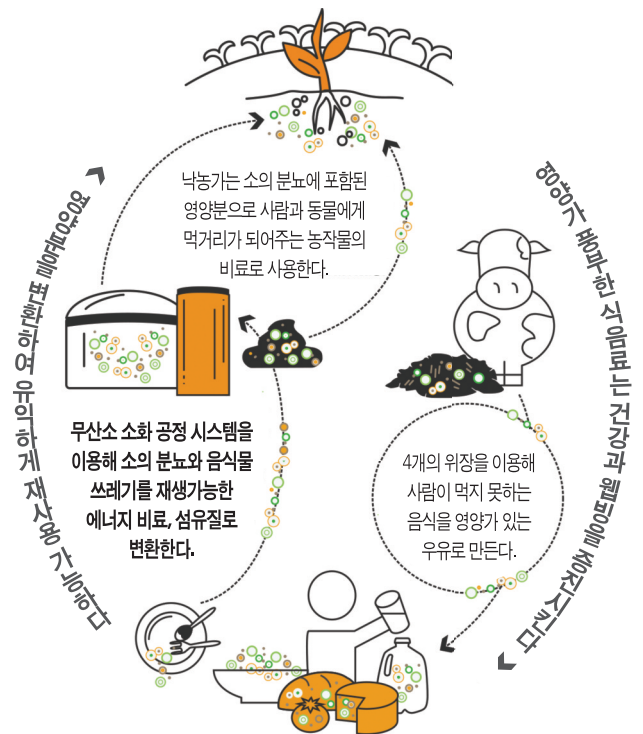
2008년 미국 내 낙농인들은 전미 유제품 혁신센터(Innovation Center for U.S. Dairy)를 설립하여 유제품에 대한 산지부터 최종 소비자에 이르는 과정에서의 환경, 사회 경제적 지속가능성을 끊임없이 평가, 관리하고 개선하였다. 그 결과 전 과정 영향 평가(LCA)를 완료하여 유제품 생산, 가공, 배송이 환경에 미치는 영향을 이해할 수 있게 되었다. 오늘날 미국 내 전체 온실가스 배출량의 2%만이 유제품으로 인한 것이며, 물과 토지 이용량 중 유제품이 차지하는 비중은 각각 5%와 9%에 지나지 않는다. 또, 1950~2017년에 농업과 관리 기법 분야가 발전하면서 농가들은 전보다 1,600만 마리 적은 젖소에서 60% 더 많은 우유를 생산하게 되었다. 이로 인해 이산화탄소 배출량도 전보다 66% 감축했다. 이 분야에서 계속해서 연구, 신기술 개발 및 관리 기법이 소개되고 있기 때문에 향후 이산화탄소 배출량은 더욱 줄어들 것이다.

미국의 낙농가들은 기후환경 및 자원을 고려하여 젖소를 사육하고 사료를 먹인다. 97%가 넘는 미국의 낙농가는 여러 세대에 걸쳐 가업의 형태로 농장을 운영한다. 이들은 건강하고 균형 잡힌 식단, 축사, 환풍기, 분무장치, 모래/물을 이용한 바닥재의 이용 등 쾌적한 사육 환경 조성을 위해 4계절 노력한다. 쾌적한 환경에서 사육된 젖소일수록 우유 생산도 효율적이다.

젖소를 이용하면 영양분을 재활용할 수 있다. 소의 사료 가운데 80% 가량은 목화씨 껍질, 감귤 과립, 아몬드 껍질 등 사람이 소화시킬 수 없는 재료로 이루어져 있다. 젖소는 옥수수 줄기, 아몬드와 목화씨 껍질을 먹는 반면 사람은 옥수수와 아몬드를 먹고 면직으로 잔 티셔츠를 입는다. 이 과정에서 낭비도 줄기 때문에 젖소와 사람 모두가 원하는 상황이 만들어 진다. 뿐만 아니라 젖소는 위장이 4개라는 장점으로 인해 상당량의 착유가 가능하며, 사람은 풍부한 영양분이 함유된 우유를 마실 수 있다. 소의 사료 가운데 대략 20%는 사람이 먹을 수 있는(소화 가능한) 원료로 이루어 지지만, 이 중에 2%만이 사람이 실제로 먹을 수 있는 재료들이다. (식품업계에서 수요 또는 소비 가능한 재료 기준).

젖소는 미세 영양분이 풍부한 분뇨를 생산하여 토양을 비옥하게 만듦으로써 지속가능성에 기여한다. 이런 식으로 매일 64리터(17갤론)의 분뇨를 배출한다. 일리노이주의 평균 토양 구성과 젖소를 기준으로 했을 때, 분뇨 64리터는 옥수수 20kg(46파운드)를 재배, 수확할 수 있는 양이다.

그림 1: 유제품의 지속가능성



출처: 미국 유제품의 지속가능성, USdairy.com: 2014

가공: 우유에서 추출한 단백질의 장점

우유는 신선 식품이기 때문에 우유를 유제품 및 여타 재료로 가공하는 작업은 착유 후 짧은 시간 내에 가까운 곳에서 진행된다. 유제품 단백질은 다른 많은 대체 단백질원과 달리 수용성 액체에서 분리되기 때문에 용해 상태 유지를 위해 제분 혹은 화학물질 추가작업이 따로 필요하지 않다. 가공 및 운송 단계가 상대적으로 많이 필요하지 않기 때문에 미국의 낙농 업계는 식음료 제조에 사용되는 안전하고, 양질의, 가공성 높고 영양가 있는 유제품 재료를 공급할 수 있다.

우유 단백질은 80%의 카제인과 20%의 유청 단백질로 구성되어 있다. 얇은 막을 통해 물을 흘려보내면 막의 크기에 따라서 단백질, 지방, 탄수화물 성분이 걸러진다.

여과 과정을 거친 후 단백질 성분은 독특한 기능적 특성을 가진 미셀라 카제인 농축물(MCC), 분리유청단백(MPI), 농축유청단백(MPC) 또는 천연유청단백 등과 같이 카제인과 유청 단백질이 다양한 비율로 섞인 고단백 재료로 농축 및 건조될 수 있다. 치즈 생성 과정에서 얻은 유청 단백질은 여과 및 농축되어 분리유청단백(WPI) 또는 농축유청단백(WPC)이 생산된다.

그림 2: 우유 추출 단백질

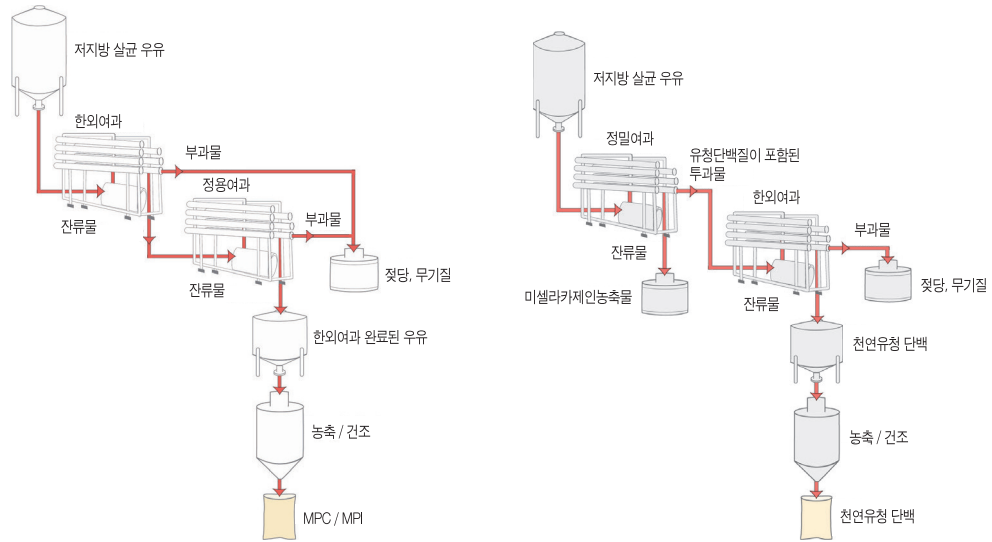
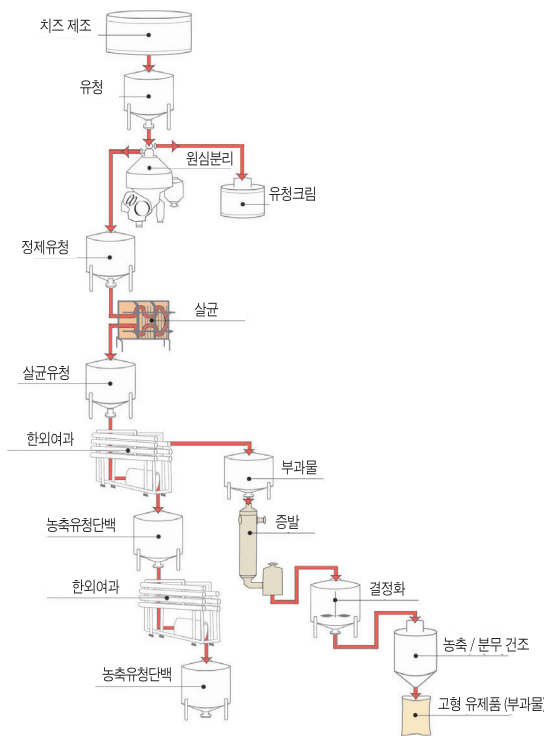


그림 3: 치즈 추출 단백질



출처: Smith K. 2017. 건조 유제품 재료, 제2판. 위스콘신 유제품연구소

이러한 형태의 여과 공정은 물과 얇은 막을 사용하기 때문에 우유에서 추출된 물은 상당 부분 여과 및 재활용 과정을 거쳐 청소용으로 사용되거나 추가 정제 과정을 거쳐 음용수로 사용된다.

영양: 단백질의 품질

우유는 오랫동안 사람에게 영양분을 공급해왔다. 1600년대 부터 유럽에서 미국으로 이주한 미국의 초기 이민자들은 우유와 고기의 공급원으로 가축을 들여왔다. 2016년 현재 젖소에서 생산된 우유와 유제품은 단백질의 3대 공급원이자 5대 열량 공급원이며, 전 세계적으로 60억 명 이상의 사람들에게 영양분을 제공하고 있다.

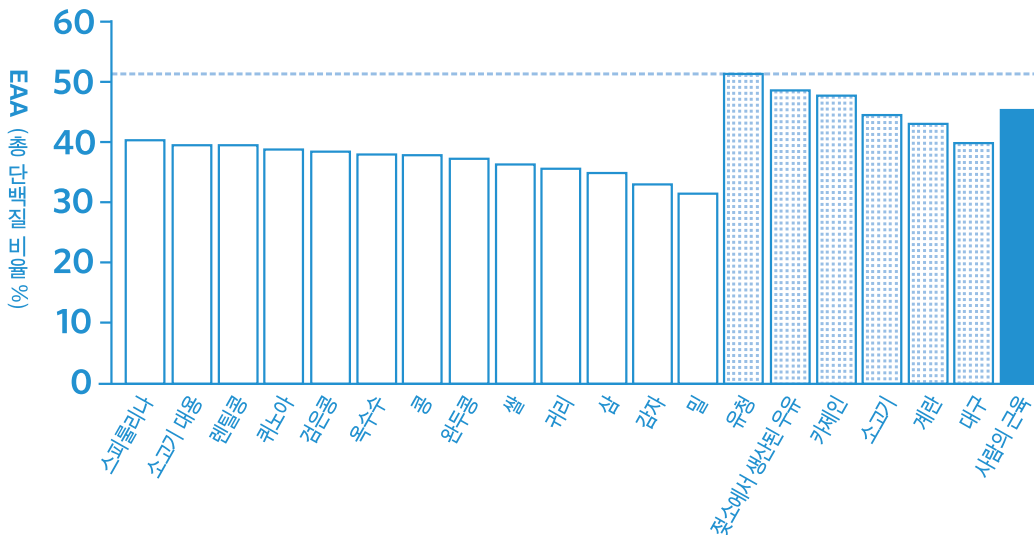
단백질의 품질은 고단백 함유 재료 선정 시 가장 중요한 고려사항이다. 단백질은 신체의 구조와 기능, 조직과 장기의 조절에 핵심적인 역할을 한다. 우리 몸은 섭취한 음식에 필수 아미노산이 함유되어 있을 때에만 단백질을 생성한다. 동물성과 식물성 식품 모두에 단백질이 어느 정도 함유되어 있지만, 식품 별 필수 아미노산 함량, 몸안에서의 소화율과 생체이용률이 모두 다르기 때문에 생성되는 단백질의 품질이 모두 같지는 않다. 근육 단백질 합성을 최대화하는데 필요한 단백질의 양은 개인별, 섭취한 단백질의 형태(품질) 별로 다르다. 고단백이란 몸이 필요로 하는 모든 필수(필수불가결한) 아미노산을 함유하고 있으면서 동시에 생체이용률을 유지하고 신속하게 소화 흡수되어야 한다. 그런데 바로 유제품에서 추출한 단백질이 이러한 요건을 모두 충족한다.

표1: 필수 및 비필수 아미노산

필수	조건별 필수	비필수
히스티딘	아르기닌	알라닌
이소류신	시스테인	아스파르트산
류신	글루타민	아스파라긴
리신		글루타민산
메티오닌		세린
페닐알라닌		
트레오닌		
트립토판		
발린		

출처: 국립의학연구소. 2006. 영양섭취기준(DRI): 섭취 필요 영양소에 대한 주요 가이드

표 2: 총 단백질 비율로 환산한 필수아미노산(EAA)



출처: van Vilet, S., Burd, N.A. 와 van Loon, L.JC. 2015. 식물성 vs 동물성 단백질 섭취에 따른 골격근의 동화 반응. J Nutr.

단백질 공급원은 해당 단백질에 포함된 필수 아미노산의 함유량에 따라 다양하다. 동물성 단백질은 식물성 단백질 대비 총 단백질의 비율을 기준으로 필수 아미노산의 함량이 더 높다. 특히 유제품 단백질은 필수 아미노산 함량이 가장 높다. 섭취한 단백질이 고품질의 완전한 단백질인 경우 고단백 식이 섭취 시 건강상의 유익성이 더욱 크다는 사실이 과학적으로 밝혀졌다. 현재 미국에서 단백질 품질의 평가에는 단백질 소화율 교정 아미노산 점수(PCAAAS)가 사용된다.

단백질은 아미노산 함량, 소화율, 생체이용률에 따라 품질이 달라진다. 동물성 단백질은 모든 필수 아미노산을 함유하고 있기 때문에 품질이 뛰어나며, 완전한 단백질이다. 콩단백을 제외하고 식물성 단백질은 품질이 상대적으로 낮은 편이며 사람이 필요로 하는 필수 아미노산의 함량이 적기 때문에 완전한 단백질의 형태라고 할 수 없다. 우유(유청, 카제인) 추출 단백질의 점수는 1.0점으로 최고 품질의 단백질원이다.

비록 PDCAAS가 국제연합식량농업기구와 같은 국제기구에서 인정하는 표준 방식이기는 하지만, 이 방식이 완전무결하다는 뜻은 아니다. 그 이유는 다음과 같다. 첫째로 PDCAAS는 조단백의 총진장소화율(배설물의 소화율)을 이용해 계산하지만 아미노산의 소화율은 소장(회장) 말단에서만 정확하게 계산할 수 있다. 둘째로 조단백의 소화율은 필수 아미노산 전체의 소화율에 대해 대표성이 없다. 개별 필수 아미노산의 소화 효율이 모두 다르기 때문이다. 셋째로 PDCAAS 점수는 1.0 이상의 수치는 측정이 되지 않는다. 이에, 실제로 1 보다 높은 점수를 갖고 있다 하더라도 측정이 되지 않기 때문에 고품질의 단백질을 갖고 있다는 것을 증명하기가 어렵다. 마지막으로, 식품 가공이 필요한 경우 이로 인해 아미노산의 생체이용률이 낮아 질 수 있는데, PDCAAS에서는 이 부분을 반영하지 않는다. 따라서 이러한 사항들을 모두 반영할 경우 PDCAAS를 이용하면 전반적으로 고품질 단백질원의 가치는 지나치게 낮게 평가되는 반면 저품질 단백질원은 그 가치가 지나치게 높게 평가되는 경향이 있다.

PDCAAS의 한계로 인해 발생하는 문제를 해결하기 위해 FAO는 전문가 패널을 소집하였다. 전문가 패널은 PDCAAS를 소화 흡수되는 아미노산 점수(DIAAS)라는 새로운 단백질 품질 결정 배경 방식으로 변경할 것을 권고했다. 이 방식은 필수 아미노산(장관 전체에 걸친 조단백 점수가 아님)의 회장소화율(소장)로부터 단백질의 품질을 계산하는 등 PDCAAS 방식이 가진 한계가 어느정도 해결될 것이다. 이렇게 되면 식품 가공으로 인한 단백질 품질의 변동성이 교정되며, 1.0 이상의 수치가 측정이 가능해졌다. 단백질 평점 체계 이외에 새로운 대체 단백질원의 품질을 확인하기 위한 추가 연구도 필요하다.

표3: 일반적인 단백질 식품의 PDCAAS

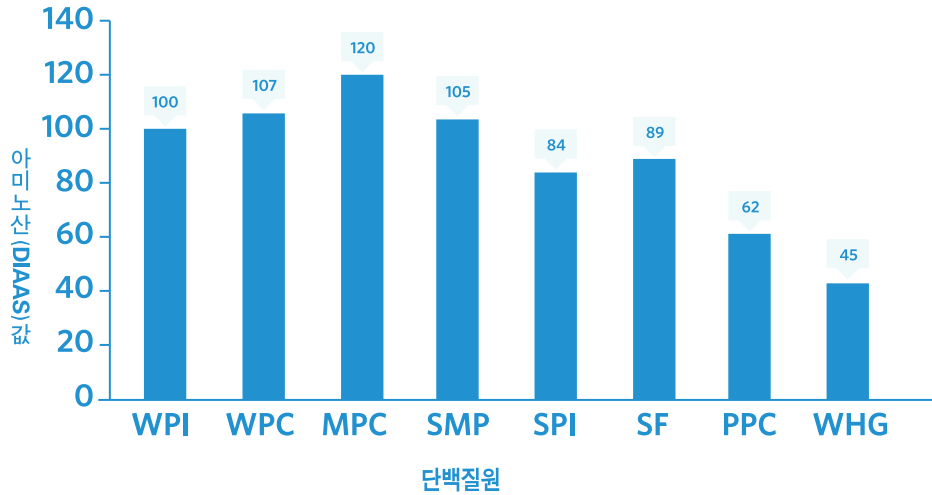
단백질원	PDCAAS
우유	1.00
유청	1.00
달걀	1.00
분리대두단백	1.00
카제인	1.00
쇠고기	0.92
대두	0.91
완두콩	0.67
귀리	0.57
통밀	0.45

출처: van Vilet, S., Burd, N.A. 와 van Loon, L.JC. 2015. 식물성 vs 동물성 단백질 섭취 후의 골격근 동화작용. J Nutr.

PDCAAS와 DIAAS 평점 결정 방식 간의 차이점	단백질 소화율에 기반한 아미노산 평점 방식 (PDCAAS)	소화 흡수되는 아미노산 양에 기반한 평점 방식 (DIAAS)
	배설물 소화율 기준	소장에서 아미노산만 유일하게 흡수되고 미생물군에 의한 후장 발효는 배설물 아미노산으로 인한 것이기 때문에 배설물 소화율 대비 높은 회장 아미노산 소화율을 기준으로 함
	개별 아미노산간 소화 효율 차이를 고려하지 않은 조단백의 소화율 기준	개별 아미노산 소화율 차이에 따른 개별 아미노산 소화율
	최대 1까지 수치측정 가능	수치측정 제한 없음
	고단백에 대한 비교값의 구분이 불가함 (실제 수치>1.0)	고단백(1점 이상)에 대해 상대값을 구분할 수 있게 해주어 혼합 식이 내 기타 단백질원과 함께 보조 아미노산 값을 기준으로 아미노산에 점수를 부여함
	특정 아미노산의 생체이용률에 영향을 미칠 수 있는 식품가공 과정이 고려되지 않음	식품 가공에 대한 평점 수정 포함
	사람 전체에 대한 PDCAAS의 값을 구하는 데 1-2세 영유아의 아미노산 필요 섭취량을 사용함	복수의 연령층에 대한 아미노산 평점 패턴(필요량)을 사용함

출처: Mathai, JK, et al., Br J Nutr 2017 과 Rutherford, SM, et al., J Nutr 2015.

표 4: 소화 흡수되는 아미노산 평점 (DIAAS) 비율로 표현된 일반적인 단백질원의 품질



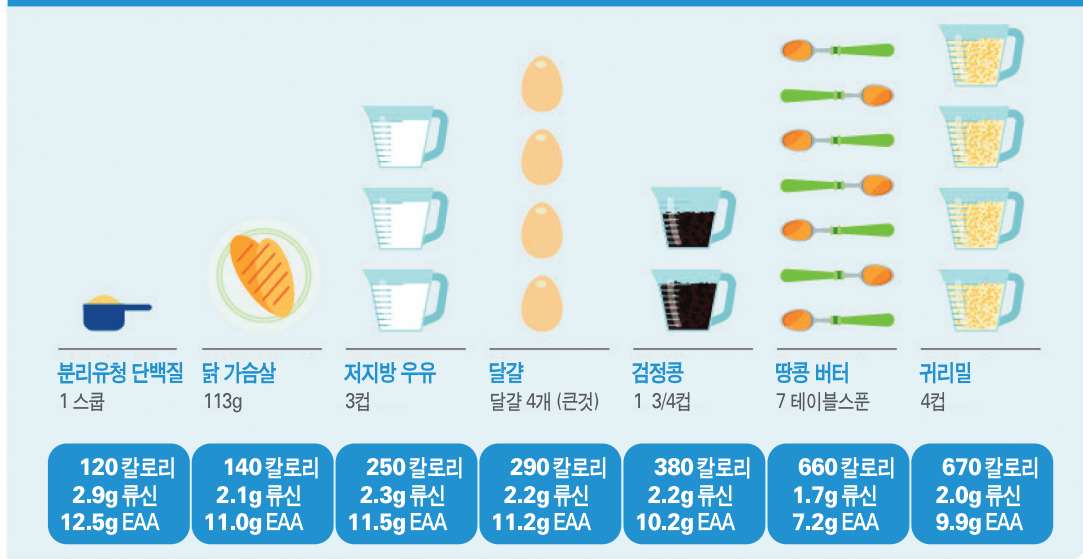
참조: WPI=분리유청단백질; WPC=농축유청단백; MPC= 농축유단백; SMP= 탈지분유; SPI=분리대두단백; SF= 대두가루; PPC= 농축원두단백; WHG: 전곡 통밀.

출처: Mathai JK, Liu Y, Stein HH. Brit J Nutr. 2017.

단백질의 흡수와 활용

음식 섭취 후 사람의 몸은 영양분의 추가 흡수와 이용을 위해 단백질을 필수 아미노산(EAA)으로 변환한다. EAA은 근단백질 합성(MPS)을 통한 신체 조직의 생성, 성장, 보수를 위해 핵심 역할을 하며 분지쇄아미노산(BCAA), 류신, 이소류신과 발린은 근육 대사에 특히 중요한 역할을 한다. 류신은 MPS 개시를 자극하는 핵심 아미노산으로 밝혀졌다. 동물성 단백질원은 일반적으로 식물성 단백질원 보다 더 많은 류신을 함유하고 있다. 대부분의 식물성단백질은 6~8%의 류신을 포함하고 있는 반면 동물성 단백질원은 8.5~9%의 류신을 포함하고 있다. 우유 단백질의 경우 류신 함유율이 >10%이다. 따라서 근력과 수행 능력 유지를 위해 MPS를 최적화(최대화) 하려는 경우, 고평축 필수아미노산, BCAA, 류신을 함유한 단백질원의 섭취가 더 나은 결과를 가져올 수 있다.

그림 4: 다양한 식품원을 통해 얻을 수 있는 단백질 25g:



출처: 분리유청단백질 영양 패널. 다음에서 확인 가능 <http://www.gnc.com/whey-protein/GNCProPerformance100Wheylsolate.html>.

USDA 국립 표준영양데이터베이스, 2016년 제28차 발표. 다음에서 확인 가능 <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>.

영양실조로 인한 이증부담

전 세계적으로 영양결핍과 영양과다가 사람의 생명 주기 전반에 걸쳐 어떤 영향을 미치는 지에 대한 우려가 점점 커지고 있다. 2017년 현재 8억 1천 5백만 명이 넘는 사람들이 굶주리고 있다고 한다. UNICEF에 따르면 5세 미만 1억5천6백만명의 어린이가 발육부진(나이에 비해 키가 작음) 상태이며 5천2백만명의 아동은 신장에 비해 체중이 적은 상태라고 한다. 뿐만 아니라 4억6천2백만명이 넘는 성인은 저체중이며, 19억명의 성인은 과체중 또는 비만인 것으로 나타났다. 우유 단백질은 고단백이기 때문에 취약계층에 우유 단백질 제품을 제공하면 영양적 측면에서 도움이 될 것이다. 우유 단백질을 이용한 제품의 장점은 이미 수많은 연구 결과를 통해서도 입증된 바 있다. 예를 들어, 생후 6개월 이상의 영유아를 대상으로 단백질의 품질, 성장과 발육부진 간의 관계를 검토한 연구가 진행된 바 있다. 연구 결과 유제품 단백질 식품을 영양실조에 걸린 아동들에게 제공하자 다른 단백질원 식품에 비해 성장 발육이 더 빨랐다.

골격근량은 근단백질 합성(MPS) 및 근단백질 분해(MPB)로 알 수 있다. 이 두 과정간의 순단백질 균형(net protein balance)은 근육량의 증가(단백질 균형+), 감소(단백질 균형-), 불변을 결정한다. MPS와 MPB간의 비율은 에너지 결핍, 저항운동, 노화와 같은 여러가지 요인의 영향을 받는다. 단백질이 함유된 식사를 하면, 단기간에 아미노산과잉증이 MPS를 자극하고 고인슐린혈증이 MPB를 저해하면서 단백질 균형이 맞추어진다. 단백질 급여에 대한 MPS 반응의 차이는 섭취한 단백질이 지닌 품질에 따라 좌우된다.

과학적으로 입증된 자료를 살펴보면 유제품 단백질, 그 중에서도 유청 단백질은 저항운동과 결합되었을 때 MPS 수치가 가장 큰 폭으로 오른 것으로 나타났다. 이는 즉, 식물성 단백질을 섭취했을 때에 비해 유제품 단백질을 섭취했을 때 체성분이 최적화된다는 말과 같다. 육류 이외의 단백질원에 비해 체성분이 최적화된다. 사람의 전체 수명주기 전반에 걸쳐 근육량을 최적화 해야만 인체가 노화되는 과정에서도 전체적인 몸의 건강 상태를 높게 끌어올릴 수 있다. 14건의 임상시험에 걸친 추가 분석 결과 유청단백질을 이용한 보조제를 저항운동이나 체중 감량 또는 체중 유지식사와 함께 실시했을 경우 체성분 개선에 도움이 된다는 것이 밝혀졌다.

표 5: 이론 상식 후 근단백질합성(MPS)을 최대치로 끌어 올릴 수 있는 식이 단백질의 양

단백질원	총단백질의 비율	~3g의 류신에 대한 식사별 섭취되는 단백질의 대표량	g 식사별 섭취되는 식품원의 대표량
옥수수	12.3	25	264
스피루리나	8.5	36	63
검정콩	8.4	36	167
쌀	8.2	37	500
대두	8.0	38	104
렌틸콩	7.9	39	150
완두콩	7.8	39	180
귀리	7.7	35	236
퀴노아	7.2	43	302
대마	6.9	45	121
밀	6.8	45	299
대체 소고기	6.2	49	447
감자	5.2	58	2891
동물성 단백질			
유청	13.6	23	27
우유	10.9	28	876
카이젠	10.2	30	35
소고기	8.8	35	164
달걀	8.5	36	5
대구	8.1	38	211

여러 실험동물에 급여했을 때 나타나는 운동 후 MPS 비율을 최대화하는 데 필요한 단백질의 양. 자료는 류신 함량에 따라 높음에서 낮음으로 평가되었다. 류신 함량이 많다는 것은 식후 MPS 비율의 최대화에 필요한 해당 식품원의 식이 단백질 양이 낮다는 것을 의미한다. 제3열(식사당 섭취되는 단백질의 양)은 유청단백질을 표준 기준으로 사용할 때 이론적으로 나타나는 수치를 의미한다. 23g의 유청단백질에 포함된 류신의 함량(~3g)을 맞추는 데 필요한 단백질의 양을 나타낸다. 유청과카이젠의 대표 분량은 분리된 단백질을 나타내며 기타 단백질원은 온전한 식품원의 대표분량으로 표현되었다. MPS, 근단백질 합성(MPS). 달걀의 수.

출처: van Vilet, S., Burd, N.A. 와 van Loon, L.JC. 2015. 식물성vs동물성단백질 섭취에 따른 근골격근 동화 작용. J Nutr.

60세 이상의 노령인구가 2017년 9.62억명에서 2050년 21억명으로 증가할 것이 예상되면서 고령화와 그에 따른 근육감소증으로 인한 근육량 소실은 노년층이 일상생활을 영위하는 데 많은 지장을 줄 것이다. 미국에서 실시된 국민건강영양조사 결과 노년층 인구는 적절한 양의 단백질을 섭취하고 있지 않은 것으로 나타났다. 또 단백질 섭취가 저녁 식사 위주로 이루어지면서 에너지원으로 사용되는 단백질의 결핍이 올 수 있다. 단백질이 섭취는 MPS를 자극할 수 있지만 노년층은 단백질의 MPS 자극에 대한 민감도가 낮다. 하지만 고단백 식품의 섭취를 늘리면 노년층의 근육량 보존에 도움이 되는 것으로 나타났다. 또 동물성 단백질 식품의 섭취와 함께 활동적인 생활이 노년층의 근육량 및 기능 수행 능력 보존과 관련이 있는 것으로 밝혀 지기도 했다.

일부 식물성 물질(예, 대두, 완두콩, 쌀)은 비영양적 요소 등의 불필요한 성분을 제거하는 추가적인 가공 과정을 거쳐야 한다. 이 과정은 유청단백질과 비교할 때 류신의 소화율과 생체이용률에 영향을 미칠 수 있다. 그로 인해 유제품 단백질보다 훨씬 많은 양의 식물성 단백질을 섭취해야만 동일한 임상적 결과를 얻을 수 있다.

기능성: 수행능력을 최적화하는 특성

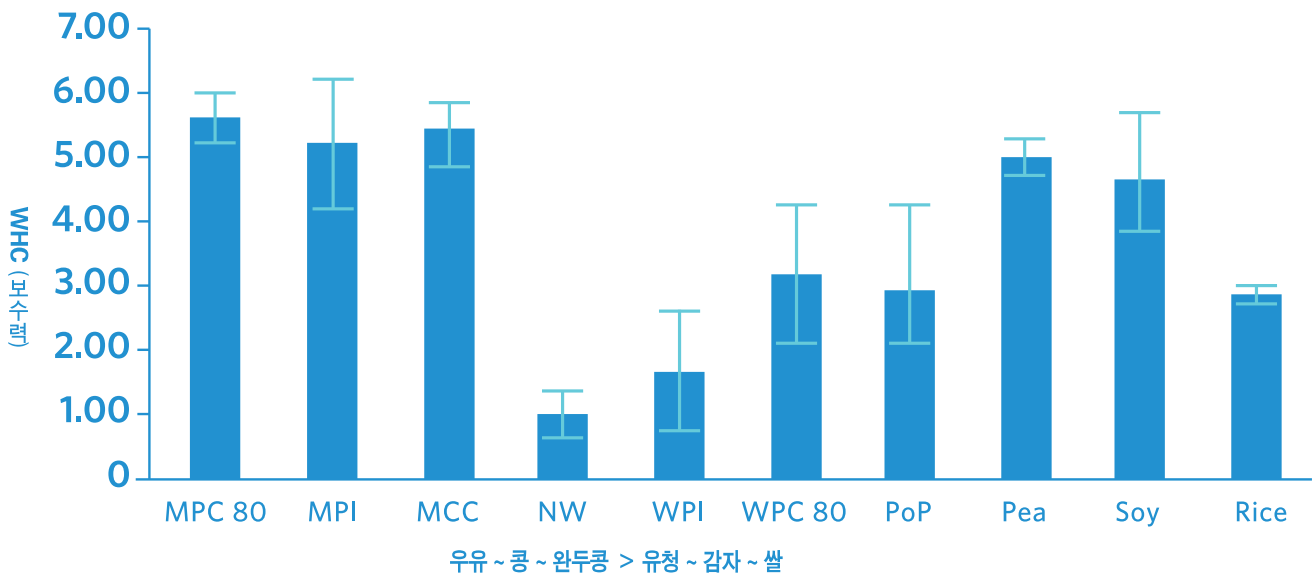
재료 선정은 제품 선호도를 좌우하는 감각적, 기능적 특성에 영향을 미친다. 2017년에 진행된 연구를 통해 시판되는 다양한 유제품 추출 및 식물성 단백질원에 대해 성분 분석, 기능적, 감각적 특성을 비교, 대조하였다. 시중에서 판매되는 총 30가지의 단백질원의 표본(MPI, MPC 80%, MCC, 천연유청단백, WPI, WPC 80%, 77-89%의 감자 단백질, 70~76% 완두단백질, 80~90% 대두 단백질, 83% 쌀 단백질)이 평가대상이었다.

물리적인 외형, pH(5~7), 점도, 유상화 안정성, 단백질의 겔화 및 발포 등은 우유, 유청, 식물성 단백질 등에서 각각 차이를 보였다. 하지만 가장 흥미있는 차이는 보수력과 고열 안정성이었다.

보수력

보수력(WHC)은 재료가 수분과 습기를 흡수할 수 있는 능력이다. 음료수, 베이커리, 성형된 육류, 소스, 수프, 그레이비, 냉동 디저트 등 제품 제조 담당자가 완제품 형태에서 제품이 수분과 분리되는 것을 원하지 않는 경우 가장 많이 고려해야 하는 부분이 바로 WHC이다.

표 6: 보수력



기법: Neumann et al., 1984

참조: 분리유단백 = MPI, 농축유단백 = MPC 80, 미셀라카제인농축물 = MCC, 천연유청단백 = NW, 분리유청단백질 = WPI, 농축유청단백 = WPC 80, 감자 단백질 = PoP, 완두콩단백질 = 완두콩, 대두단백질 = 대두, 쌀 단백질 = 쌀

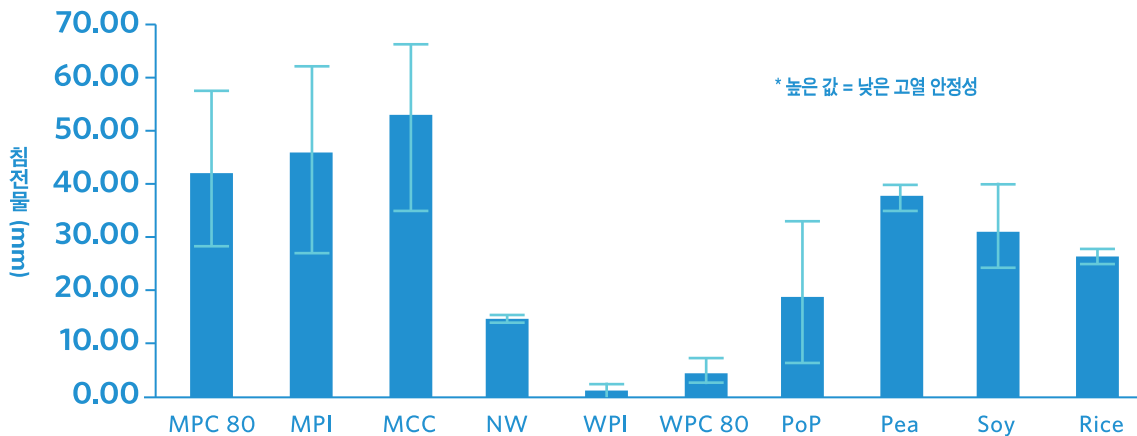
출처: Kapoor, R., Burrington, K.J., Jiang, H., Larson, S., Drake, M.A. 2017. 시판 중인 특정 식품 단백질 원료의 기능적, 감각적 특성의 성분분석. 2017 국제 유청 회의, 시카고.

우유, 대두, 완두콩 단백질은 유청, 감자, 쌀 단백질 보다 훨씬 높은 WHC(p<0.05)를 나타냈다. 그렇지만 제품 포장 전의 pH 및 가열 처리로 인해 완제품 상태에서의 단백질의 성능에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 특징은 즉석 음용음료 가공시에 특히 중요하다.

고열 안정성

고열 멸균에는 무균 살균, 레토르트 살균, 터널 저온 살균, 열충전 살균의 네 가지 기본 살균 방식이 있다. 무균과 레토르트 처리 방식은 고열을 이용한 살균 방식으로 일반적으로 중성 pH4.6~7.5에서 처리된다. 터널 방식과 열충전가공은 저온 가공이기 때문에 제품은 병원균의 성장을 억제하기 위해 산성도 2.8~4.5 상태를 유지해야 한다. 단백질이 여러 다른 조건에서 어떤 기능을 하는 지 이해하면 재료 사용 결정에 많은 도움이 된다.

표 7: pH3에서의 고열 안정성



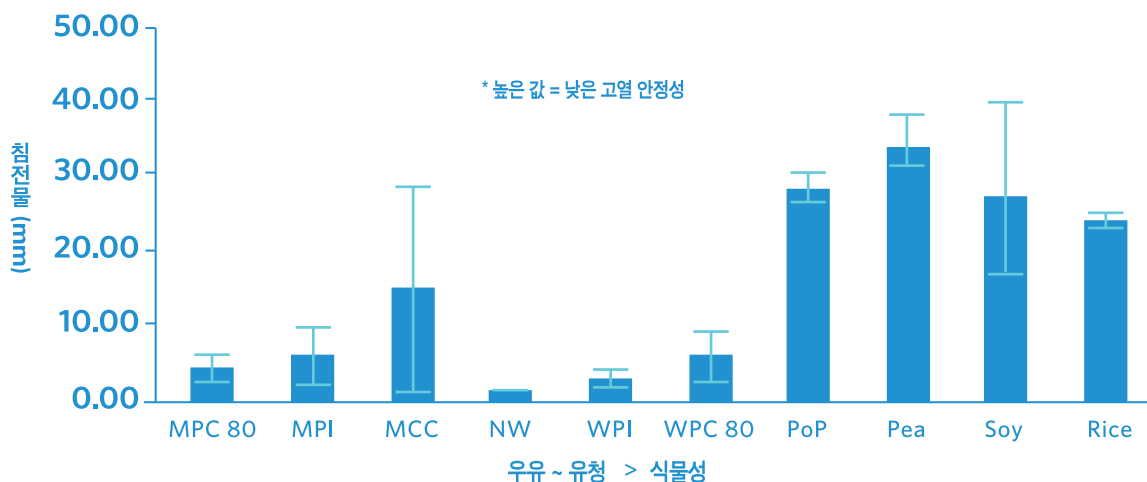
기법: Harper 와 Lee, 1988

참조: 농축유단백 = MPC 80, 분리유단백 = MPI, 미셀라카제인농축물 = MCC, 천연유청단백 = NW, 분리유청단백질 = WPI, 농축유청단백 = WPC 80, 감자 단백질 = PoP, 완두콩단백질 = 완두콩, 대두단백질 = 대두, 쌀 단백질 = 쌀

출처: Kapoor, R., Burrington, K.J., Jiang, H., Larson, S., Drake, M.A. 2017. 시판 중인 특정 식품 단백질 원료의 기능적, 감각적 특성의 성분분석. 2017년 국제유청회의, 시카고

pH3인 경우(표 7 참조) 유청 단백질은 식물성 또는 우유 단백질보다 수행 능력이 훨씬 뛰어나 높은 산도의 가공 조건에 적합하다. 뿐만 아니라 WPI 용액은 pH3에서도 투명하게 유지되기 때문에 즉석 음용 음료 제품에 적용하기에 이상적인 재료이다.

표 8: pH7에서의 고열 안정성



기법: Harper 와 Lee, 1988.

참조: 분리유단백 = MPI, 농축유단백 = MPC 80, 미셀라카제인농축물 = MCC, 천연유청단백 = NW, 분리유청단백질 = WPI, 농축유청단백 = WPC 80, 감자 단백질 = PoP, 완두콩단백질 = 완두콩, 대두단백질 = 대두, 쌀 단백질 = 쌀

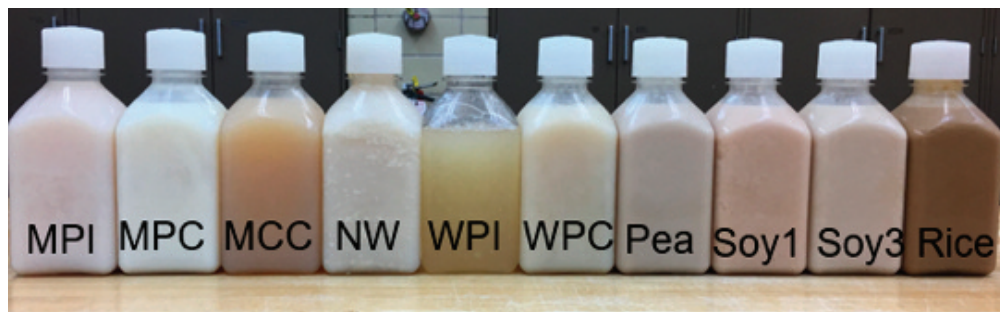
출처: Kapoor, R., Burrington, K.J., Jiang, H., Larson, S., Drake, M.A. 2017. 시판 중인 특정 식품 단백질 원료의 기능적, 감각적 특성의 성분분석. 2017년 국제유청회의, 시카고

pH7인 경우(표8참조) 우유 단백질과 유청단백질 성분은 식물성 단백질 재료보다 고열에서 안정된($p < 0.05$) 모습을 보였다. 따라서 우유 단백질, 유청단백질 또는 이 둘의 조합이 무균 제품으로 더 적합하다. 레토르트 처리는 포장지 내에서 진행되기 때문에 고온/긴 유지시간이 필요하며 이로 인해 고온 노출 지속 기간이 더 길다. 내열성은 레토르트 제품에 필수적이기 때문에 많은 양의 카제인이 함유된 우유 단백질이 고열 안정성에 더 적합하다.

음료 평가

음료수 가공 조건에서 단백질이 어떤 성능을 발휘하는지 이해하기 위해 단백질원들을 이용해 벤치톱 고열 안정성 평가를 실시했다. 평가에서 최고의 고열 안정성을 보인 단백질원을 이용해 각각 pH3과 pH 7.37이며 단백질 함량이 5%인 즉석 음용 음료를 제조했다. pH가 중성인 음료는 설탕, 천연 바닐라향, 인산칼륨, 젤란검을 이용해 시판되는 음료 제품의 향과 안정성을 재현했다. 그 다음 해당 제형을 가열처리(140°C/284°F에서 6초)하여 무균 조건을 재현했다. 산성도 높은 제형의 음료는 설탕, 천연 그린망고향, 인산 85%을 이용해 향미를 맞추고 pH3인 음료를 제조했다. 산성도 높은 음료의 제형은 열처리를 통해 열충전(82°C/180°F)조건을 재현하였다. 열처리한 음료들은 1개월 간 45°C (113°F)에서 보관한 후 물리적 외형과 유통기한의 안정성을 평가했다.

그림 5: 중성 pH(pH 7) 즉석 음용음료의 비교



참조: 분리유단백 = MPI, 농축유단백 = MPC, 미셀라카제인 농축물 = MCC, 천연유청단백 = NW, 분리유청단백 = WPI, 농축유청단백 = WPC, 완두콩-단백질, 대두 단백질 = 대두1, 대두3, 쌀 단백질 = 쌀

출처: Burrington, K.J. 2017. 시판 중인 특정 식품 단백질 원료의 기능적, 감각적 특성의 성분분석. 2017년 11월 14일 위스콘신 유제품연구소 연구포럼에서 발표.

가열처리에 앞서 1개의 감자 단백질 표본과 1개의 완두 단백질 표본은 바로 분리되어 버렸기 때문에 유통기한 평가에서 제외시켰다. 또 1개의 감자 단백질 표본을 가열처리 했으나 처리장치가 막혀버려 평가대상에서 제외되었다. 쌀 단백질은 다른 단백질원보다 점성이 높았다. 중성 pH에서는 단백질원에 따라 색상이 달랐으며, 가열처리 이전에 쓴맛이 있는 경우는 가열처리 이후 쓴맛이 강조되었다. 색상 및/또는 향미 은폐제 사용 여부는 선택된 단백질에 따라 제조 시 고려해야 하는 사항이다.

그림 6: 고산성(PH 3) 즉석 음용 음료의 비교



참조: 유청단백/천연유청단백 = NW, 분리유청단백 = WPI4, 농축유청단백 = WPC2, 감자단백 = PoP1, 대두 단백질 = 대두1, 완두콩단백 = 완두콩3, 쌀 단백질 = 쌀1

출처: Burrington, K.J. 2017. 소수 시판 식품 단백질 재료의 기능적, 감각적 특성의 성분분석. 2017년 11월 14일 위스콘신 유제품연구소 연구포럼에서 발표.

열 가공된 고산성 저 pH 음료수를 이용해 음료를 제조하는 경우, 쌀단백질은 즉시 분리되며 완두콩 단백질은 당일 밤 사이에 분리되었다. 그 외 단백질은 용액속에 남아 유지되었다. 천연유청단백, WPI, 감자 단백질은 다른 단백질원에 비해 더 투명한 모습을 보였다.

에너지바 평가

시판되는 단백질 재료 표본을 열량에 따라 탄수화물 40%, 단백질 30%, 지방 30%의 함량으로 맞추는 일반적인 에너지바에 적용하여 평가했다. 단백질 재료의 구성이 모두 다르기 때문에 각기 다른 단백질과 열량 구성에 맞춰 제조되었다. 액상과당(탄수화물 성분)은 52%로 제한되었고, 카놀라유(지방 성분)의 양은 단백질 재료간의 차이를 고려하여 양을 조정했다. 모든 재료는 무게를 잰 다음 키친에이드 프로페셔널 믹서(속도 3)를 이용해 30초간 골고루 섞어 주었다. 그 다음 혼합 재료의 무게를 다시 재고 1온스(28g) 플라스틱 컵4개(25g)에 나누어 담았다. 음료수 제형과 마찬가지로 단백질 재료의 표본 간에 색상 차가 존재했다.

그 다음, 컵들을 열처리한 후 저장 조건에 따라 금속재질 포장지에 넣어 보관했다. 각각의 단백질 재료에 대한 대조 표본은 캘리포니아 라모나 소재 텍스처 테크놀로지의 TA.XT 플러스 질감 분석기를 이용해 분석하였다. 추가 3개의 표본은 45C에서 30일간 보관한 다음 동일한 방식을 이용해 질감을 분석했다.

에너지바의 식감 분석

가속화한 유통기한 검사를 실시한 결과 단백질원들 가운데에서 유의미한 차이 ($p < 0.001$)가 발견되었다. 우유 단백질과 식물성 단백질은 상대적으로 부드러움이 유지된 유청 단백질에 비해 매우 단단해졌다. 대두 단백질과 감자 단백질 간에는 차이가 존재하기 때문에 단백질원 확보 시 주의가 필요하다.

감각적 차이의 평가

식음료 신제품의 성공은 소비자가 얼마나 찾는지에 그 여부가 달렸다. 평가 대상이 된 에너지바는 단백질과 물을 1:9 비율로 섞어 재수화 시킨 다음 응고시켰다. 이런 식으로 동일한 제품을 2개 만들어 감각 평가 전문 패널이 21°C(70°F)에서 풍미적인 특성을 기록, 평가하였다.

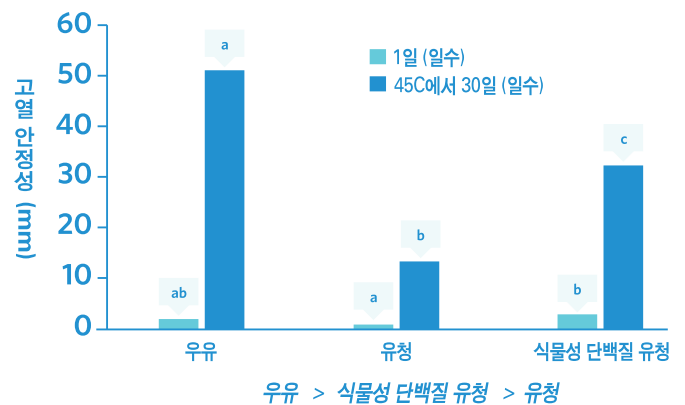
그림 7: 색상 변화



참조: 분리유단백=MPI1-3, 농축유단백=MPC1-3, 미셀리카제인농축물=MCC1-4, 분리유청단백=WPI1-4, 농축유청단백=WPC1-3, 천연유청단백=NW1, 대두단백=Soy1-4, 완두콩단백=완두콩1-4, 감자단백=PoP1-3, 쌀단백=쌀

출처: Burrington, K.J. 2017. 소수 시판 식품 단백질 재료의 기능적, 감각적 특성의 성상분석. 2017년 11월 14일 위스콘신 유제품연구소 연구포럼에서 발표.

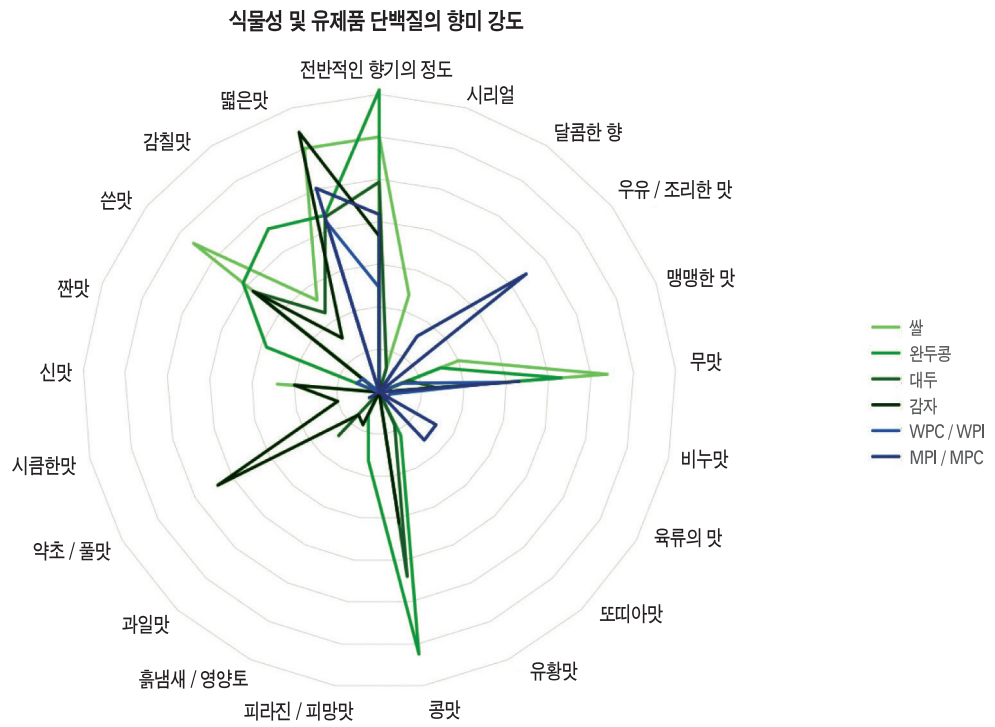
표 9: 에너지바의 경도



문자들 간의 평균이 유의미 했음 ($p < 0.001$)

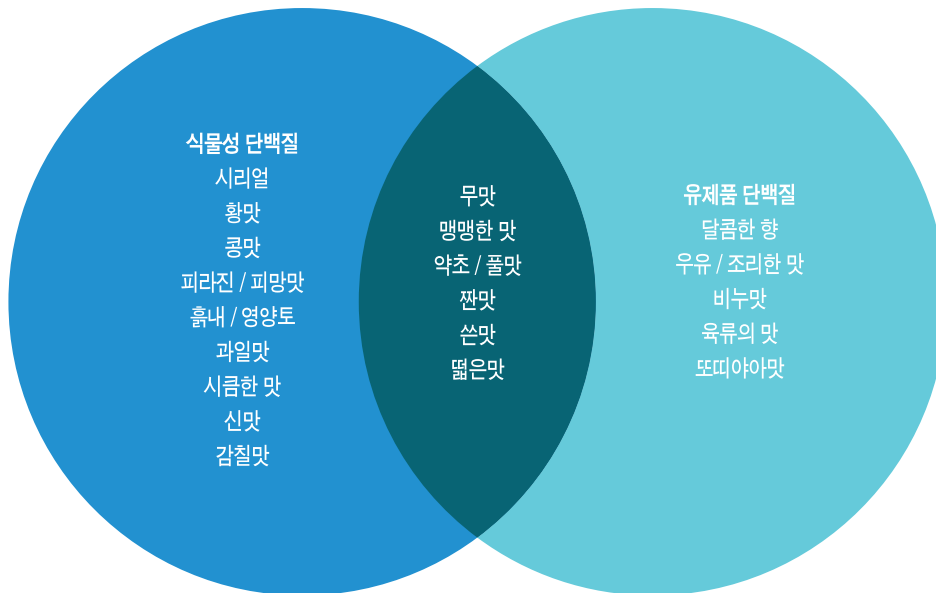
출처: Burrington, K.J. 2017. 특정한 시중 식품 단백질 재료의 기능적, 감각적 성상 분석. 2017년 11월 14일 위스콘신 유제품 연구소, 연구 포럼에서 발표.

그림 8: 식물성 및 우유 단백질의 향미 강도



출처: Kapoor, R., Burrington, K.J. Jiang, H., Larson, S., Drake, M.A. 2017. 소수 시판 식품 단백질 재료의 기능적, 감각적 특성의 성분분석.

그림 9: 식물성 및 우유 단백질의 향미 차이



출처: Kapoor, R., Burrington, K.J. Jiang, H., Larson, S., Drake, M.A. 2017. 소수 시판 식품 단백질 재료의 기능적, 감각적 특성의 성분분석.

유제품 단백질은 콩, 후내음, 유황 및 신맛이 나는 식물성 단백질과 비교했을 때 달콤하고 조리한/우유의 특성을 보였다. 감자 단백질은 기타 다른 단백질원들보다 훨씬 떫은맛이 강했다. 또 유제품 단백질은 식물성 단백질과 비교해 무맛, 맹맹한 맛, 약초/풀맛, 쓰고 떫은 맛의 강도가 유의미하게 낮게($P > 0.05$) 나타났다. 이러한 감각 지각의 차이를 고려할 때 우유 단백질은 훌륭한 미각적 경험을 제공한다고 할 수 있다.

4가지 시판 바닐라향 즉석 믹스 단백질 음료수를 이용한 추가적인 소비자 미각 평가(n = 105명의 소비자)결과 식물성 단백질 음료와 유제품 단백질을 이용한 즉석 믹스 단백질 음료보다 전체적으로 외형, 향미, 질감/식감 측면에서 선호도가 낮았다.

어떤 식품에 적용되었는지와 대상 향미 프로필에 따라 식물성 단백질은 향미, 안정제, 은폐제를 추가해서 소비자의 제품 만족도를 높일 수 있다. 하지만 이렇게 되면 비용이 증가하고/또는 재료들에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 제품 성능을 최대화하려면 개별 공급업체와 협력하는 것이 중요하다. 동일한 형태의 단백질이라 할지라도 단백질 재료 간의 차이가 존재하기 때문이다.

다양한 쓰임: 소비자가 관심을 가질 만한 다양한 식품 분야에 대한 적용 가능성

전 세계적으로 "단백질 추가," 또는 단백질 함량 "높음"으로 표기되어 출시되는 식음료 제품이 2013~2017년에 2배 이상 늘었다. 이는 다양한 단백질 식품이 선보이는 계기가 되었다. 사람의 음용을 목표로 한 식음료 제품 가운데 식물성 단백질은 시장에서 육류, 음료, 제과 제품과 유사한 위치를 차지하고 있다. 하지만, 우유 단백질은 음료, 냉동 디저트, 에너지바 등에 다양하게 적용되어 왔다. 물론 신제품을 출시할 때 단백질의 형태 보다는 제품의 맛이 가장 중요한 특성이다. 우유가 가진 고유한 단백질, 지방, 탄수화물, 무기물의 조성으로 인해 유제품을 이용한 재료들은 근본적으로 다양한 형태로 제공되며 각기 다른 영양분, 기능성, 향미를 제공한다. 유제품 단백질의 재료들은 다양한 조건에서 휘핑, 유화, 젤화, 수분 결합 또는 수용성의 유지 개선 등을 위해 농축, 분리, 가수분해 될 수 있다.



카페 모카

식품 및 음료수 건조 믹스

유제품 단백질 재료들은 단백질 함량을 높이고 식품 제형에 저렴한 무기물 영양소를 추가하기 때문에 건조 믹스 제형 제조시 사용될 수 있다. 걸쭉하고 점성이 있는 식감이 필요할 경우 유청 단백질 보다는 수분 결합력이 더 좋은 우유 단백질을 이용한다. 재수화 이후 점도도가 더 묽어지는 것을 원하거나 최종 믹스에 산성제를 추가한 경우 단백질의 수용성이 pH 4.6 아래로 유지되기 때문에 유청 단백질을 사용하는 편이 낫다.



우유와 꿀을 넣은
취침 전 음료

저산성 즉석 음료

즉석 음료는 저온살균, 열충전, 초고온 살균(UHT) 및/또는 레토르트 처리를 통해 안전성을 확보할 수 있다. 단백질은 음료가 pH6 이상이면 고온에 강한 카제인 함량이 높다. 따라서 일반적으로 MPC, MPI, MCC와 같은 우유 단백질은 UHT는 레토르트 처리된 저산성 음료수에 사용된다. 이런 형태의 음료수 제품에는 유청 단백질과 우유 단백질(최소 50%)이 함께 추가, 제형화되어 더욱 완성에 가까운 제품을 만들 수 있다. 고단백 즉석 음료에 우유 단백질 가루를 사용하는 경우, 가공에 앞서 적절한 혼합 및 수화과정을 위한 시간(50 C, 122 F에서 60분 가량)이 확보되어야만 단백질이 열처리를 앞두고 용액에 완전히 용해된다.



망고맛 녹차

고산성 음료

고산성 음료를 제조하는 경우(pH < 4.6), 낮은 pH 수준에서 수용성이 유지될 수 있는 WPC, WPI 또는 천연 유청 단백질을 사용하는 것이 가장 좋다. 이 경우에도 안정적인 유통기한 확보에 필요한 열충전 가공에 앞서 적절한 단백질의 수화과정(약 30분)이 중요하다. 만일 대상 음료가 pH3.5 이하인 경우, WPI를 이용하는 것이 가장 적절하다. 이를 통해 음료수에 포함되는 지방량이 최소화되며, 단백질 분자의 양전하수가 많아져 정전기적인 상호인력을 저해함으로써 음료수를 투명하게 유지할 수 있다.



소프트 단백질 프렛즐

제과 제빵

제과 제빵에 활용하는 경우 유제품 단백질은 수분 결합, 달걀/지방 대체, 영양학적 수준 개선, 유통기간 연장과 같은 다양한 기능성을 제공한다. WPC와 같은 고단백 재료들은 빵과 냉동생지 제품에서의 글루텐 구조 및 수분 결합력을 개선하고, 동시에 영양정보 표시라벨상의 단백질 함량을 높인다.



요거트 복숭아 에너지바

에너지바

단백질 에너지바에 적용되는 경우 WPC, WPI가 에너지바 믹스, 화합물 코팅, 제품 겉을 바삭하게 만드는 재료에 사용되어 왔다. 이는 에너지바/스낵 제형에 질감, 향미, 영양성분을 개선시켜준다. 유청 단백질의 가수분해로 인해 시간이 흐르면서 에너지바의 경도도 낮추는 것으로 나타났다.



냉동 마차바

냉동 디저트

우유와 크림은 전통적으로 아이스크림과 냉동 디저트에 사용되어 왔다. 고단백 간식에 대한 요구가 생기면서 아이스크림과 냉동 디저트에도 고단백 유제품 재료를 사용하는 데 대한 관심이 높아지고 있다. MPC와 WPC는 식감이나 저장 보관 측면의 안정성을 해치지 않으면서 단백질 함량을 4.9%에서 7.2%로 늘리는 데 사용되어 왔다. WPC도 아이스크림 제형에서 지방을 대체하는 목적으로 사용된다.



렌틸 단백질 수프

수프와 소스

우유, 치즈, 크림은 수년 간 수프와 소스의 향미를 더해 주는 목적으로 사용되어 왔다. 유제품 단백질은 수분 결합, 식감 개선을 위해 추가되는데 이를 통해 이상적인 식사대용 고단백 식품을 만들 수 있다. 우유 단백질과 유청 단백질은 둘 다 수프 또는 소스 제형에 사용되어 중립적인 향과 부드러운 식감을 제공하며 영양을 더해준다. 하지만 만일 수프나 소스가 보관기간의 안정성을 위해 레토르트 처리되거나 UHT 처리되는 경우에는 MPC, MPIC 또는 MCC와 같은 우유 단백질을 사용하는 것이 더 낫다. 카제인이 고열에서 안정성을 보이며 수분 결합을 통해 일관적인 점성과 외형을 얻을 수 있기 때문이다.

유제품 단백질은 기능성과 영양적인 측면 뿐만 아니라 그 쓰임도 다양하기 때문에 소비자들이 원하는 여러가지 맛있는 제품을 제조할 수 있게 해준다. ThinkUSAdairy.org에서 위와 같이 다양한 형태의 식품들을 비롯해 유제품 단백질의 제조 및 기능에 대한 상세한 기술 보고서를 확인할 수 있다.

공급 안정성: 향후 혁신 요구에 대한 고단백 식품의 확대 역량

단백질은 다양한 식품원을 통해 얻을 수 있다. 전통적인 단백질원에는 우유, 육류/콜라겐, 달걀, 대두, 밀 등이 있다. 시중에는 이외에도 완두콩, 렌틸콩, 대두, 콩과 식물, 쌀, 감자, 귀리와 같은 다양한 단백질원 식품이 존재한다. 유채, 곤충, 대마, 미세조류, 단세포 단백질과 같은 새로운 단백질원이 현재 수확, 성분분석, 시판되고 있다. 미국에서 판매되는 식음료에 사용되는 단백질원은 GRAS, 알레르기 테스트, 영양성분 분석, 기능적 성분분석, 소비자 판정 검사 등 엄격한 시험과 허가를 거쳐야 한다. 따라서 제조 담당자는 재료 선정에 앞서 재료의 상태를 확인해야 한다.

구매자와 제조업체가 재료를 선정,공급할 때 가장 중요하게 고려하는 사항은 재료의 일관적인 공급 가능성 여부이다. 유청 단백질과 우유 단백질의 원료는 우유이며 미국은 단일 국가로는 세계 최대의 우유 생산국이다.미국의 낙농 업계는 다양한 식품 제형제조에 필요한 안전하고 양질의,영양가 많은 유제품을 전 세계에 안정적으로 공급할 수 있도록 하는 인프라를 갖추고 있다.반면 식물성 단백질 생산 규모는 대두를 제외하고 제한적이다.식물성 단백질과 유제품 단백질의 생산 수치를 비교해 보면 공급물량 면에서 격차가 상당하다는 것을 알 수 있다. 2017년 현재 미국에서 생산된 유제품 단백질의 총량(분리유청단백질,유단백 농축액 등)은 3,360억톤에 달한다. 이는 대두,쌀,밀,감자와 같은 새로운 단백질원 작물의 총 수확량을 모두 합친 것(2016년 현재 3,300억 톤)과 맞먹는다. 치즈업계의 지속적인 성장, 넓은 땅, 끊임없는 연구개발, 수출 확대와 같은 긍정적인 여건으로 인해 미국의 유제품 단백질 생산량은 향후 계속해서 증대할 것으로 예상된다. 이를 통해 소비자들 니즈를 고려한 안정적인 공급과 다양한 유제품 단백질 재료에 대한 선택의 폭도 넓어질 것이다.

요약

단백질이라고 해서 모두 같은 것이 아니다. 영양 실조에 걸린 취약한 집단에 제공하거나, 스포츠 영양, 체중 관리, 건강한 노후 등을 위해 단백질의 제형을 바꿔 제품화하는 경우 양질의 완전한 단백질을 사용하는 것은 매우 중요하다. 유제품 단백질은 계속해서 우리에게 필수 영양분을 제공해줄 것이다.

제품 만족도 측면에서 향미, 외형, 성능, 영양은 모두 중요한 역할을 한다. 하지만 이러한 특성은 비용과 취향 측면에서 어떤 사항을 고려하는 지와 모든 것의 균형이 맞아야 한다. 이제 과거보다 단백질이라는 영양소의 중요성이 더 강조되는 시대가 되었다. 그 어느 때 보다 단백질 강화 식품의 선택의 폭이 넓어졌으며 이로 인해 다양한 특성을 가진 단백질을 찾는 것이 필수가 되었다.

미국에서 생산된 우유를 이용해 제조한 단백질은 여러가지 유익한 영양학적 특성을 갖고 있기 때문에, 이러한 단백질의 섭취를 통해 전 연령대에서 건강하고 행복한 삶을 영위할 수 있다. 미국에서 생산된 유제품 재료를 이용한 단백질 함유 제품의 생산에 관심이 있거나 재료 공급업체를 확인하고 싶다면

ThinkUSAdairy.org 를 참조하십시오.

미국유제품수출협회(USDEC)는 전문적인 정보를 제공해 준 전국유제품위원회와 위스콘신 유제품연구소에 감사의 말씀을 전한다.

색인

보고서 내 부분	페이지 번호
개요	1
지속 가능한 생산	2
가공: 우유 추출 단백질의 장점	2
우유 추출 단백질	3
치즈 추출 단백질	3
영양: 단백질의 품질	4
단백질의 흡수와 활용	6
영양실조로 인한 이중부담	7
기능성: 수행능력을 최적화하는 특성	8
보수력	8
고열안정성	9
음료평가	10
에너지바 평가	11
감각적 차이의 평가	11
다양한 쓰임: 소비자가 관심을 가질 만한 다양한 식품 분야에 대한 적용 가능성	13
공급 안정성	14
요약	15
참조	16

참조

- ¹ IRI. 2017. Top Trends in Fresh: Holistic Health.
- ² NPD Group. 2014. U.S. consumers want more protein in their diets and look to a range of sources for it. <https://www.npd.com/wps/portal/npd/us/news/press-releases/us-consumers-want-more-protein-in-their-diets-and-look-to-a-range-of-sources-for-it>. Accessed online: December 5, 2017.
- ³ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2017. World Population Prospects: The 2017 Revision, Methodology of the United Nations Population Estimates and Projections, Working Paper No. ESA/P/WP.250. New York: United Nations. <https://esa.un.org/unpd/wpp>. Accessed online: December 5, 2017.
- ⁴ Dolcera. 2017. Dairy versus Alternative Proteins: Patents, Scientific Articles & GRAS Study. Unpublished.
- ⁵ Climate Change Indicators: U.S. Greenhouse Gas Emissions. 2016. <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-us-greenhouse-gas-emissions>. Accessed online: December 5, 2017.
- ⁶ Henderson, A., Asselin, A., and Heller, M., et al., U.S. Fluid Milk Comprehensive LCA. University of Michigan & University of Arkansas 2012.
- ⁷ Mitloehner, F. 2017. Livestock and Climate Change: Facts and Fiction. University of California.
- ⁸ Industry facts and figures. 2016. U.S. Dairy Export Council. <http://www.thinkusadairy.org/industry-facts-and-figures/our-farms> Accessed online: December 5, 2017.
- ⁹ U.S. Dairy's Sustainability Report. 2016. <https://www.usdairy.com/sustainability/commitment>. Accessed on June 19, 2018.
- ¹⁰ Wang, Y. 2018. Calculation from Manure Production and Characteristics, ASAE D384.2. March 2005 and How Much Nitrogen Does Corn Need? Below, F. and Brandau, P. 2001.
- ¹¹ Patel, H. and Patel, S. Technical Report: Understanding the role of dairy proteins in ingredient and product performance. 2015. U.S. Dairy Export Council. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/application-and-technical-materials/technical-report-understanding-the-role-of-dairy-proteins-in-product-performance>. Accessed online: December 5, 2017.
- ¹² Emerging Milk Protein Opportunities Technical Report. 2010. Dairy Management Inc. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/marketing-trends-and-nutrition-materials/milk-protein-opportunities-brochure>. Accessed online: December 5, 2017.
- ¹³ Smith, K. 2017. Dried Dairy Ingredients, 2nd Edition. Wisconsin Center for Dairy Research.
- ¹⁴ USDA. <https://specialcollections.nal.usda.gov/dairy-exhibit#EarlyHistory>. Accessed online: December 5, 2017.
- ¹⁵ Global Dairy Platform. 2016 Annual Review, p 7.
- ¹⁶ Institute of Medicine. 2006. Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11537>. Accessed online: December 5, 2017.
- ¹⁷ van Vilet, S., Burd, N.A. and van Loon, L.J.C. 2015. The skeletal muscle anabolic response to plant- versus animal-based protein consumption. *J Nutr* doi: 10.3945/jn.114.204305.
- ¹⁸ Paddon-Jones, D., Campbell, W.W., Jacques, P.F., Kritchevsky, S.B., Moore, L.L., Rodriguez, N.R., van Loon, L.J.C. Protein and healthy aging. 2015. *Am J of Clin Nutrition* 101:6. p 1339S-1345S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.084061>. Accessed online: December 5, 2017.
- ¹⁹ Mathi, J.K., L. Yanhong, and H.H. Stein. 2017. Values for digestible amino acid scores (DIASS) for some dairy and plant protein may better describe protein quality than values calculated using the concept for protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS). *British Journal of Nutrition* 117:490-499.
- ²⁰ Rutherford, S.M. 2015. Protein digestibility-corrected amino acid scores and digestible indispensable amino acid scores differentially describe protein quality in growing male rats. *J Nutr* 145(2):372-9. Doi:10.3945/jn.114.195438. Accessed online; June 19, 2018.
- ²¹ Boye, J. 2012. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *Br J Nutr* 108 (2): S183-211. doi: 10.1017/S0007114512002309; Accessed online June 19, 2018.
- ²² FAO. 2013. Report of an FAO Expert Consultation. Dietary Protein Quality Evaluation in Human Nutrition. Rome. <http://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>; Accessed online June 19, 2018.
- ²³ Phillips, S.M. 2016. The impact of protein quality on the promotion of resistance-exercise-induced changes in muscle mass. *Nutrition & Metabolism* 13:64 Doi: 10.1111/mbu.12063.
- ²⁴ Global Nutrition Report: Nourishing the SDGs. 2017. https://www.globalnutritionreport.org/files/2017/11/Report_2017.pdf. Accessed online: December 5, 2017.
- ²⁵ UNICEF, WHO & World Bank Group. 2017. Levels and trends in child malnutrition. In Joint Child Malnutrition Estimates. <https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2017/05/JME-2017-brochure-1.pdf> Accessed online June 5, 2017.
- ²⁶ World Health Organization. 2017. Malnutrition fact sheet. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/malnutrition/en/>. Accessed December 5, 2017.
- ²⁷ Stobaugh, H.C., Ryan, K.M., Kennedy, J.A., Grise, J.B., Crocker, A.H., Thakwalakwa, C., Litkowaski, P.E., Maleta, K.M., Manary, M.J. & Trehan, I. 2016. Including whey protein and whey permeate in ready-to-use supplementary food improves recovery rates in children with moderate acute malnutrition: a randomized, double-blind clinical trial. *American J of Clin Nutr*, 103:926-933.
- ²⁸ Devries, M.C., and Phillips, S.M. 2015. Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. *J of Food Science* 80:S1.
- ²⁹ Miller, P.E., Alexander, D.D. and Perez, V. 2014. Effects of whey protein and resistance exercise on body composition: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J of the Am College of Nutr*, 33:163-175.
- ³⁰ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2017. World Population Ageing 2017 (ST/ESA/SER.A/408). <http://www.un.org/esa/population/publications/worldageing19502050>. Accessed online: December 5, 2017.
- ³¹ Houston D, Nicklas B, Ding J, Harris T, Tylavsky F, Newman A, Lee J, Sahyoun N, Visser M, Kritchevsky S, Health ABC Study. 2008. Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: The Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. *Am J Clin Nutr* 87(1):150-5.
- ³² Pennings B, Groen B, de Lange A, Gijzen A, Zorenc A, Senden J, van Loon L. 2012. Amino acid absorption and subsequent muscle protein accretion following graded intakes of whey protein in elderly men. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 302(8): E992-E9.
- ³³ Bradlee, M.L. Mustafa, J., Singer, M.R. and Moore, L.L. 2017. High-protein foods and physical activity protect against age-related muscle loss and functional decline. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 73(1):88-94.
- ³⁴ Joy JM, Lowery RP, Wilson JM, Purpura M, De Souza EO, Wilson SM, et al. 2013. The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutr J*. 12:86.
- ³⁵ Kapoor R., Burrington, K.J., Jiang, H., Larson, S., Drake M.A. 2017. Characterization of functional and sensory properties of select commercial food protein ingredients. International Whey Conference, Chicago. <http://www.internationalwheyconference.org>. Accessed online: November 29, 2017.
- ³⁶ Rittmanic, S. 2016. U.S. whey proteins in ready-to-drink beverages. U.S. Dairy Export Council. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/application-and-technical-materials/us-whey-protein-in-ready-to-drink-beverages>. Accessed online: December 5, 2017.
- ³⁷ Burrington, K.J. 2017. Characterization of Functional and Sensory Properties of Select Commercial Food Protein Ingredients. Presented at the WI Center for Dairy Research, Research Forum, November 14, 2017.
- ³⁸ Innova Market Insights. 2017. Unpublished.
- ³⁹ Technical Report: Dairy Solutions for Clean-Label Applications. 2016. U.S. Dairy Export Council. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/application-and-technical-materials/technical-report-dairy-solutions-for-clean-label-applications>. Accessed online: December 5, 2017.
- ⁴⁰ Application Monograph: U.S. dairy proteins and permeates in ready-to-drink beverages. 2017. U.S. Dairy Export Council. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/application-and-technical-materials/ready-to-drink-beverage-monograph>. Accessed online: January 10, 2018.
- ⁴¹ Stolar, M. and Burrington, K.J. 2008. U.S. whey ingredients in bakery products. U.S. Dairy Export Council. <http://www.thinkusadairy.org/food-and-beverage-manufacturing/bakery>. Accessed online: January 10, 2018.
- ⁴² Burrington, K.J. and R. Boutin. 2007. U.S. whey ingredients in nutrition bars and gels. U.S. Dairy Export Council. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/application-and-technical-materials/us-whey-ingredients-in-nutrition-bars-and-gels>. Accessed online: January 10, 2018.
- ⁴³ Young S. 2007. Whey products in ice cream and frozen dairy desserts. U.S. Dairy Export Council. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/application-and-technical-materials/us-whey-products-in-ice-cream-and-frozen-desserts>. Accessed online December 5, 2017.
- ⁴⁴ Patel, H., Patel, S., and Agarwal, S. 2014. Milk Protein Concentrates Technical Report. U.S. Dairy Export Council. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/application-and-technical-materials/milk-protein-concentrates-manufacturing-and-applications>. Accessed online: December 5, 2017.
- ⁴⁵ USDA National Agricultural Statistics Service. 2018. Dairy Products 2017 Summary. <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/DairProdSu/DairProdSu-04-26-2018.pdf>. Accessed online June 19, 2018.
- ⁴⁶ Giract. 2017. The Changing World of Protein Ingredients 2016-2021.