

Era Baru untuk Protein: Mengapa U.S. Dairy Unggul dan Menonjol di Pasar Protein yang Ramai?



Dewasa ini, konsumen semakin kritis dan cerdas. Mereka mempertanyakan dari mana makanan yang mereka konsumsi berasal dan bagaimana cara pembuatannya. Kedua informasi tersebut sangat diperlukan untuk memberikan kenyamanan saat mengonsumsi suatu produk. Pada tahun 2017, 40% dari penduduk Amerika menghendaki makanan dan minuman yang dapat membantu menjaga kesehatan mereka¹. Sekitar 78% dari penduduk Amerika percaya bahwa protein berkontribusi terhadap diet sehat². Sementara itu, penduduk dunia diperkirakan akan bertambah melebihi 9.8 miliar pada tahun 2050 mendatang, yang menyebabkan timbulnya kekhawatiran mengenai sumber protein itu sendiri³. Hal ini menyebabkan perusahaan pangan mulai mencari sumber protein yang beragam. Pada kurun waktu 2012-2017, beberapa upaya identifikasi, isolasi, dan karakterisasi protein dari berbagai sumber telah menghasilkan lebih dari 300 paten terkait fungsi protein dan aplikasinya pada industri pangan⁴.

Banyak jenis protein dari tumbuhan, hewan, dan sel tunggal telah dipasarkan untuk memenuhi kebutuhan industri makanan dan minuman. Dengan banyaknya pilihan sumber protein tersebut, maka para formulator (petugas formulasi) harus mendapatkan informasi yang benar sebelum melakukan kegiatan formulasi makanan dan minuman. Memilih sumber protein yang tepat sangatlah penting dalam menjaga konsistensi atribut penampakan, rasa, fungsionalitas, dan gizi yang diinginkan oleh konsumen. Setiap sumber protein memiliki ciri yang khas sehingga tidak sama satu sama lainnya.

Leaflet ini akan menginformasikan bagaimana protein susu dan whey memenuhi kebutuhan formulator dalam menjaga kesinambungan proses produksi, kandungan gizi, fungsionalitas, citarasa, keserbagunaan, ketertarikan konsumen, dan jaminan pengadaan untuk industri makanan dan minuman.



TAHUKAH ANDA?

Sapi telah berkontribusi pada sistem pangan dunia untuk memenuhi kebutuhan gizi manusia, dengan cara menggunakan pakan secara efisien dan membantu menyuburkan tanah. Berikut ini adalah beberapa kunci penting dalam hal tersebut:

Diproduksi secara lestari — melalui perhatian terhadap ternak dan managemen yang baik, Amerika Serikat telah mengungguli produksi susu dunia, dengan sisa karbon rendah dan berkelanjutan.

Proses pengolahan — Secara alamiah protein susu sapi bersifat larut air sehingga dibutuhkan sedikit proses pengolahan dibandingkan protein yang bersumber dari tumbuhan atau kacang-kacangan.

Zat gizi — Zat gizi susu sangat baik dalam mengurangi *stunting* serta mendukung pemenuhan gizi bayi dan ibu, manajemen berat badan,

pemulihan setelah aktivitas fisik, dan menjaga massa otot di saat lanjut usia.

Fungsionalitas/Sensori — tidak ada sumber protein lain yang menyamai protein susu.

Kegunaan yang beragam — susu dapat digunakan untuk berbagai tujuan.

Keamanan pasokan — produksi protein susu secara berkesinambungan memastikan keamanan pasokan

DIPRODUKSI SECARA LESTARI: KOMITMEN PETANI SAPI AMERIKA

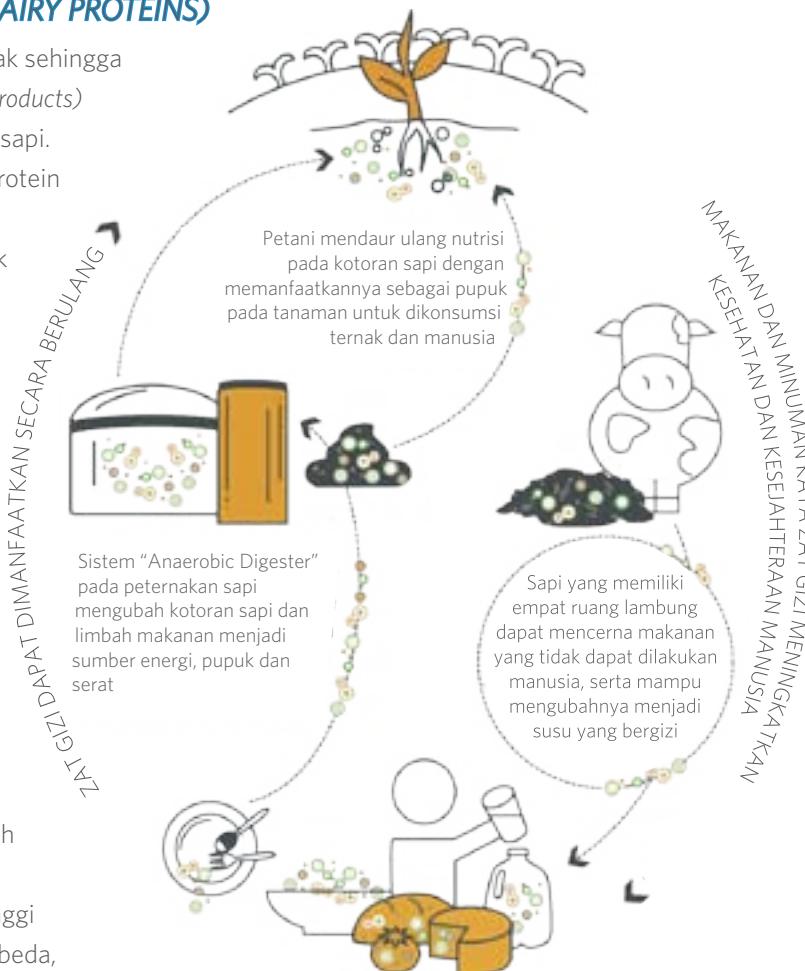
Selama beberapa tahun, petani sapi Amerika telah menggunakan teknologi dan praktik manajemen yang tepat untuk meningkatkan efisiensi produksi susu dan mengurangi dampak lingkungan. Lebih dari 97% produsen susu Amerika (*U.S. dairy farms*) merupakan bisnis keluarga lintas generasi sehingga sudah sangat berpengalaman dalam meningkatkan efisiensi produksi susu melalui pemeliharaan sapi yang baik. Sapi merupakan pendaur ulang zat gizi yang sangat efisien. Sekitar 80% dari pakan sapi merupakan bahan yang tidak dapat dikonsumsi manusia. Terdapat konsep saling menguntungkan antara sapi dan manusia. Sebagai contoh, sapi memakan batang, tongkol dan kelobot jagung, sedangkan manusia memakan biji jagungnya; sapi memakan limbah kapas dan manusia menggunakan kapasnya untuk tekstil; sapi memakan kulit almon dan manusia mengonsumsi bijinya untuk sumber zat gizi. Selanjutnya sapi mengubah limbah menjadi susu untuk pemenuhan gizi manusia. Sapi juga memproduksi pupuk berupa kotoran dan urin yang kaya nutrisi untuk menyuburkan lahan bagi kepentingan budidaya tanaman untuk pemenuhan kebutuhan manusia di masa kini dan masa depan⁵. Demikianlah siklus kelestarian telah terjadi dengan melibatkan peranan sapi di dalamnya (Gambar 1).

KEUNGGULAN PROTEIN SUSU SAPI (DAIRY PROTEINS)

Susu merupakan bahan pangan yang mudah rusak sehingga proses pengolahan produk berbasis susu (*dairy products*) harus segera dilakukan setelah susu diambil dari sapi.

Tidak seperti sumber protein alternatif lainnya, protein susu sapi (*dairy proteins*) diperoleh dalam bentuk cairan. Untuk mempertahankannya dalam bentuk cairan, susu sapi tidak membutuhkan proses penggilingan dan tidak memerlukan tambahan bahan kimia. Tahapan proses yang singkat dan pendeknya jalur transportasi menyebabkan industri pengolahan susu di Amerika (*U.S. dairy industry*) menjamin produknya aman, berkualitas tinggi, bergizi, dan mudah diakses untuk digunakan lebih lanjut pada berbagai industri makanan dan minuman.

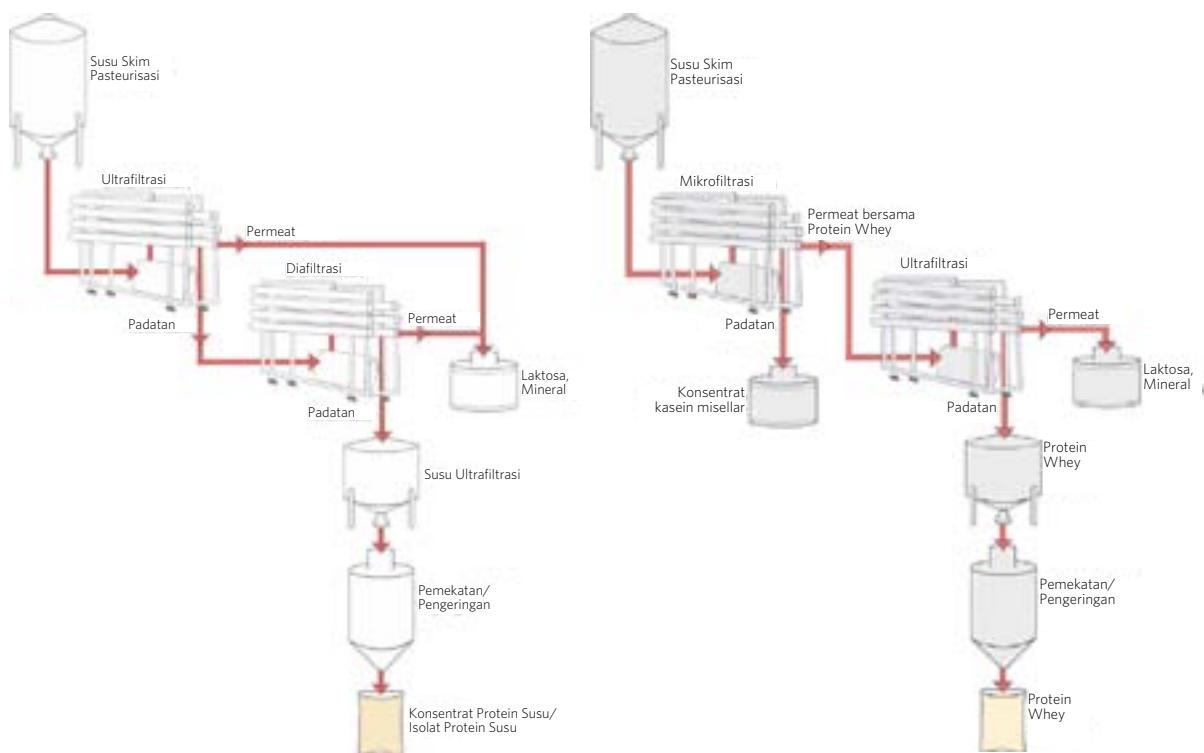
Protein susu terdiri dari kombinasi 80% protein kasein dan 20% protein whey. Pemisahan protein, lemak, dan karbohidrat susu dapat dilakukan melalui sistem filtrasi menggunakan membran berdasarkan ukuran partikelnya. Setelah pemisahan, protein dapat dikonsentrasi dan dikeringkan menjadi ingridien berprotein lebih tinggi dengan berbagai rasio kasein dan whey yang berbeda, seperti konsentrat casein misellar (MCC = *micellar casein concentrate*), isolat protein susu (MPI = *milk protein isolate*), konsentrat protein susu (MPC = *milk protein concentrate*), atau protein whey, yang masing-masing memiliki atribut fungsional yang unik^{6,7}. Protein whey juga dapat diperoleh dari hasil samping pengolahan keju. Whey dari hasil samping ini dapat disaring dan dikonsentrasi menjadi isolat protein whey (WPI = *whey protein isolate*) atau konsentrat protein whey (WPC = *whey protein concentrate*)⁸. Oleh karena tipe filtrasi ini menggunakan air dan membran, maka limbah air dari susu dalam jumlah banyak ini dapat difiltrasi dan didaur ulang untuk proses pembersihan atau dimurnikan lebih lanjut untuk kemudian dialirkan kembali ke lingkungan sebagai air minum.



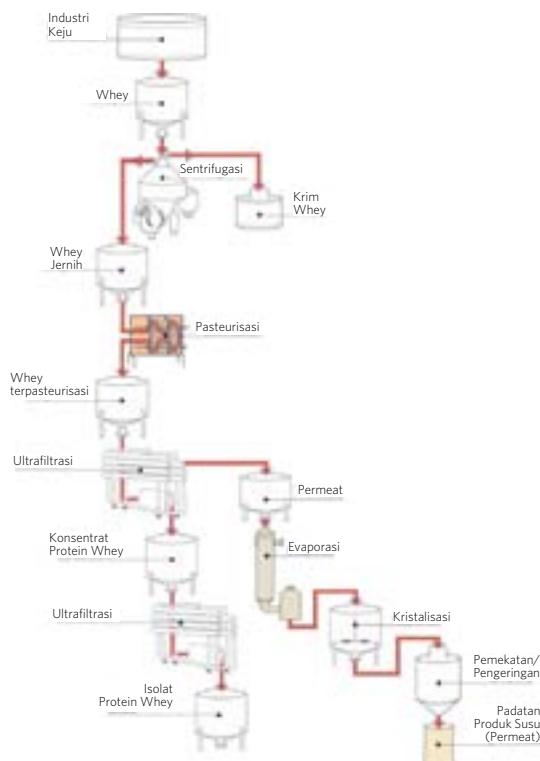
Sumber: U.S. Dairy Sustainability Commitment (USdairy.com 2014)

GAMBAR 1. KONTRIBUSI SUSU PADA KEBERLANJUTAN

2



GAMBAR 2. BERBAGAI PROTEIN YANG BERASAL DARI SUSU



Sumber: Smith K. 2017. Dried Dairy Ingredients, 2nd Edition. Wisconsin Center for Dairy Research

GAMBAR 3. PROTEIN YANG DIPEROLEH DARI HASIL SAMPING PENGOLAHAN KEJU

KUALITAS PROTEIN SUSU

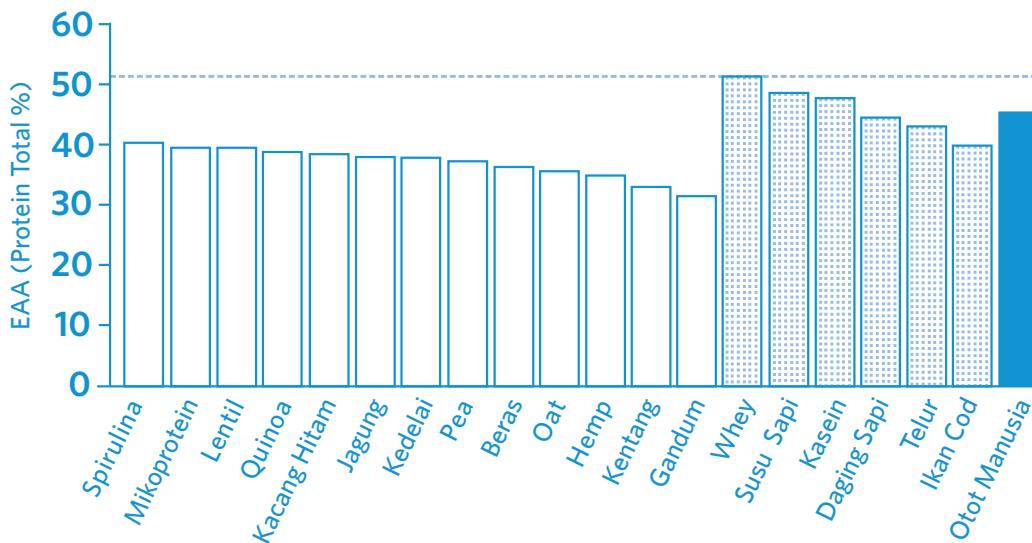
Susu sapi telah memiliki sejarah panjang dalam mencukupi kebutuhan gizi manusia. Sejak tahun 1600-an, para imigran dari Eropa ke Amerika telah membawa serta ternaknya untuk memenuhi kebutuhan susu dan daging bagi keluarganya⁹. Pada tahun 2016, susu sapi dan produk olahannya telah menjadi penyedia protein ketiga terbesar dan penyedia energi kelima terbesar untuk memenuhi lebih dari 6 miliar penduduk dunia¹⁰.

Kualitas protein adalah pertimbangan kunci dalam memilih ingridien berprotein tinggi. Protein memainkan peranan integral di dalam struktur tubuh serta fungsi dan regulasi jaringan dan organ. Tubuh manusia hanya dapat membuat protein yang dibutuhkannya jika semua asam amino esensial (Tabel 1) tersedia melalui pangan yang dikonsumsi. Pangan dari hewan dan tumbuhan mengandung protein dengan jumlah dan komposisi asam amino esensial, daya cerna dan bioavailabilitas yang berbeda satu sama lain. Jumlah protein yang dibutuhkan untuk memaksimalkan sintesis protein otot akan berbeda antar individu dan juga tergantung kepada kualitas protein yang dikonsumsi. Protein berkualitas tinggi didefinisikan sebagai protein yang mengandung semua jenis asam amino esensial pada rasio yang dibutuhkan tubuh, serta dengan ketersediaan (*bioavailabilitas*) dan ketercernaan yang tinggi¹¹. Protein susu (*dairy proteins*) dapat memenuhi persyaratan tersebut.

TABEL 1. ASAM AMINO ESENSIAL DAN NON-ESENSIAL

Esensial	Esensial kondisional	Non-esensial
Histidin	Arginin	Alanin
Isoleusin	Sistein	Asam aspartat
Leusin	Glutamin	Asparagin
Lisin	Glisin	Asam glutamat
Metionin	Prolin	Serin
Fenilalanin	Tirosin	
Treonin		
Triptofan		
Valin		

Sumber: Institute of Medicine. 2006. Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements



Sumber: 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.*

GAMBAR 4. ASAM AMINO ESENSIAL SEBAGAI PERSEN TERHADAP PROTEIN TOTAL

Sumber protein bervariasi dalam jumlah asam amino esensial yang dikandungnya. Protein hewani cenderung memiliki asam amino esensial (persen terhadap total protein) yang lebih tinggi dibandingkan protein nabati¹². Bukti-bukti ilmiah menunjukkan bahwa manfaat sehat dari makanan menjadi lebih baik jika makanan tersebut mengandung protein berkualitas tinggi dengan asam amino esensial yang lengkap^{13,14}. Pengukuran kualitas protein antara lain dapat dilakukan dengan metode *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS)¹⁵, sebagaimana tercantum pada Tabel 2.

TABEL 2. PDCAAS DARI BEBERAPA PANGAN SUMBER PROTEIN

Sumber Protein	PDCAAS
Susu	1.00
Whey	1.00
Telur	1.00
Isolat Protein Kedelai	1.00
Kasein	1.00
Daging	0.92
Kedelai	0.91
Pea	0.67
Oat	0.57
Gandum utuh	0.45

Sumber: van Vliet, S., Burd, N.A. and van Loon, LJC. 2015. The skeletal muscle anabolic response to plant- versus animal-based protein consumption. *J Nutr.*

Kualitas protein suatu bahan pangan berbeda-beda tergantung kepada kandungan asam amino, ketercernaan, dan bioavailabilitasnya. Protein hewani adalah protein berkualitas tinggi karena mengandung semua asam amino esensial. Kecuali protein kedelai, protein tumbuhan cenderung berkualitas rendah karena komposisi asam amino esensialnya tidak lengkap. Protein susu sapi memiliki kualitas tertinggi yaitu memiliki nilai PDCAAS = 1.0.

Walaupun PDCAAS merupakan metode yang baik dalam penentuan kualitas protein dan telah diakui oleh FAO, tidak berarti metode ini tanpa kelemahan. Oleh karena itu FAO mengusulkan metode terbaru untuk pengukuran kualitas protein, yaitu metode *Digestible Indispensable Amino Acid Score* (DIAAS)¹⁶.

Kualitas protein dari beberapa bahan pangan berdasarkan nilai DIAAS dapat dilihat pada Gambar 5.



Keterangan : WPI=whey protein isolate; WPC=whey protein concentrate; MPC=milk protein concentrate; SMP=skim milk powder; SPI=soy protein isolate; PPI=pea protein isolate; WHG: whole-grain wheat.

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

GAMBAR 5. KUALITAS PROTEIN BERBAGAI BAHAN PANGAN BERDASARKAN NILAI DIAAS

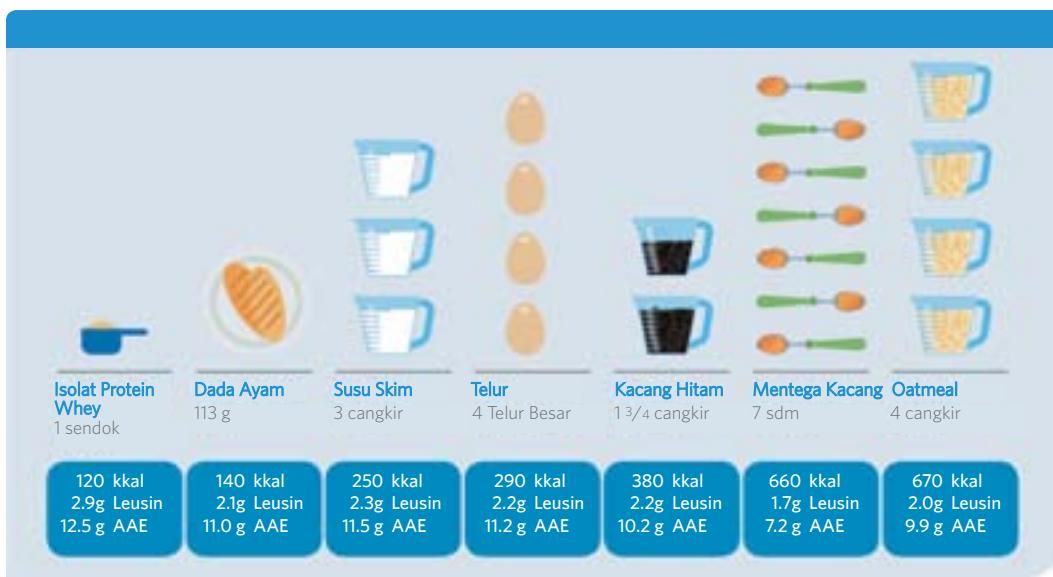
Terdapat empat kendala utama dalam metode PDCAAS. Pertama, nilai dihitung dari total ketercernaan pada saluran cerna (*fecal digestibility*) dari protein kasar. Namun, daya cerna asam amino (AA) paling tepat ditentukan pada akhir usus kecil (ileum) karena AA hanya diserap di usus kecil dan fermentasi yang terjadi di usus besar dapat mempengaruhi ekskresi asam amino esensial (AAE) tinja. Kedua, daya cerna protein kasar tidak mewakili daya cerna semua AA karena setiap AA dicerna dengan efisiensi yang berbeda. Ketiga, skor dibatasi pada nilai 1.0. Beberapa protein, terutama *dairy proteins* memiliki skor nilai lebih dari 1.0, sehingga menghilangkan kemungkinan membedakan nilai relatif tinggi dari sumber protein berkualitas tinggi. Keempat, tidak memperhitungkan bahwa proses pengolahan pangan dapat mengurangi bioavailabilitas AA. Secara kolektif, keterbatasan ini berkontribusi pada kecenderungan PDCAAS memberikan nilai relatif rendah pada protein berkualitas tinggi dan memberikan nilai relatif tinggi pada protein berkualitas rendah^{18,36,37}. Oleh karena terdapat keterbatasan pada PDCAAS, maka FAO mengumpulkan panel ahli untuk mengatasi masalah ini. Rekomendasi mereka adalah mengganti PDCAAS dengan metode baru penilaian kualitas protein yang disebut DIAAS¹⁹. Metode baru ini akan menjelaskan beberapa keterbatasan pada metode PDCAAS.

PERBEDAAN SKOR PENILAIAN KUALITAS PROTEIN BERDASARKAN PDCAAS DAN DIAAS	<i>Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS)</i>	<i>Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS)</i>
	Berdasarkan ketercernaan yang dihitung dari nitrogen feses	Berdasarkan ketercernaan asam amino di ileum (bagian akhir usus halus) yang lebih menguntungkan dibandingkan dengan ketercernaan berdasarkan nitrogen feses. Hal ini lebih masuk akal karena asam amino hanya diserap di bagian usus halus, sedangkan fermentasi di usus besar oleh mikrobiota dapat mempengaruhi ekskresi asam amino di feses
	Berdasarkan ketercernaan protein kasar yang tidak memperhitungkan profil asam-asam amino individu yang dicerna dengan efisiensi yang berbeda	Berdasarkan ketercernaan asam amino individu masing-masing
	Skor tertinggi adalah 10	Tidak ada pembatasan skor
	Tidak memungkinkan untuk membedakan nilai relatif dari protein berkualitas tinggi (skor > 1.0)	Memungkinkan untuk membedakan nilai relatif dari protein berkualitas tinggi (skor lebih besar dari 1.0). Hal ini memungkinkan dua atau lebih sumber protein di dalam suatu diet campuran saling melengkapi komposisi asam aminonya
	Tidak memperhitungkan pengaruh proses pengolahan terhadap bioavailabilitas asam amino spesifik	Mencakup modifikasi skor untuk proses pengolahan pangan
	Menggunakan persyaratan asam amino bagi anak usia 1- 2 tahun untuk memperkirakan nilai PDCAAS semua kelompok umur	Memanfaatkan pola skor asam amino (sesuai persyaratan) untuk berbagai kelompok umur

Sumber: Mathai, JK, et al., Br J Nutr 2017 dan Rutherford, SM, et al., J Nutr 2015.

BAGAIMANA TUBUH MANUSIA MENGGUNAKAN PROTEIN ?

Setelah dikonsumsi, tubuh manusia akan mencerna protein menjadi asam amino untuk diserap dan digunakan lebih lanjut. Asam amino esensial (AAE) sangat penting untuk mendukung sintesis protein otot (*MPS = muscle protein synthesis*) untuk pembangunan, pertumbuhan, dan perbaikan jaringan tubuh. Asam amino bercabang (*branched chain amino acids = BCAA*), seperti leusin, isoleusin, dan valin memiliki peran penting dalam metabolisme otot. Leusin menjadi asam amino kunci dalam inisiasi MPS. Protein hewani secara umum mengandung leusin yang lebih tinggi dari protein nabati¹⁴. Protein nabati umumnya mengandung leusin sebanyak 6-8%, sedangkan protein hewani mengandung leusin pada kisaran 8.5-9% dan >10% pada protein susu¹². Oleh karena itu sumber protein yang memiliki konsentrasi AAE, BCAA dan leusin yang tinggi, lebih disukai dalam memaksimalkan MPS untuk memelihara kekuatan (*strength*) dan penampilan (*performance*)^{14,17}. Jumlah bahan pangan yang harus dikonsumsi untuk mendapatkan 25 gram protein dengan kadar leusin 1.7-2.9 g dapat dilihat pada Gambar 6.



Sumber: - Whey Protein Isolate Nutrition Panel (Tersedia pada <http://www.gnc.com/whey-protein/GNCProPerfornace100WheyIsolate.html>.)
 - USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28. 2016 (Tersedia pada <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>.)

GAMBAR 6. JUMLAH BAHAN PANGAN YANG HARUS DIKONSUMSI UNTUK MENDAPATKAN 25 GRAM PROTEIN

BEBAN GANDA AKIBAT MALNUTRISI

Secara global, saat ini terjadi masalah kekurangan gizi dan kelebihan gizi yang keduanya berdampak buruk kepada manusia. Pada tahun 2017, lebih dari 815 juta orang menderita kelaparan²⁰. Berdasarkan UNICEF, 156 juta anak balita mengalami *stunting* (pendek berdasarkan umurnya) dan 52 juta mengalami *wasting* (kurus berdasarkan tinggi badannya)²¹. Lebih dari 462 juta dewasa mengalami berat badan rendah dan lebih dari 1.9 miliar mengalami kelebihan berat badan atau obesitas²². Oleh karena *dairy proteins* adalah protein berkualitas tinggi, maka penggunaannya pada produk pangan akan sangat menguntungkan untuk segmen populasi ini.

Beberapa peneliti telah mengevaluasi enam studi klinis pada anak usia 6 bulan ke atas untuk mengukur hubungan antara kualitas protein, pertumbuhan linear dan pencegahan *stunting*. Para peneliti menyimpulkan bahwa pada anak kurang gizi, protein susu berasosiasi dengan pertumbuhan yang lebih tinggi¹⁵.

Pada orang dewasa, massa otot skeletal merupakan proses kontinyu dan proses yang simultan antara sintesis protein otot (MPS = *muscle protein synthesis*) dan penguraian protein otot (MPB = *muscle protein breakdown*). Keseimbangan antara MPS dan MPB akan menentukan apakah massa otot meningkat (keseimbangan protein positif), menurun (keseimbangan protein negatif) atau tetap konstan. Rasio antara MPS dan MPB dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kekurangan energi, kurangnya latihan fisik dan penuaan. Bukti-bukti ilmiah menunjukkan protein susu, khususnya protein whey dapat menstimulasi kenaikan MPS maksimal jika dikombinasikan dengan latihan fisik secara teratur, sehingga mengoptimalkan komposisi tubuh dibandingkan sumber-sumber protein non-hewani lainnya^{14,17}. Studi meta-analisis terhadap 14 percobaan klinis menunjukkan bahwa suplementasi protein whey yang dikombinasikan dengan latihan fisik secara teratur dapat digunakan untuk mengontrol berat badan dan memperbaiki komposisi tubuh²³.

Dengan meningkatnya jumlah orang dewasa dengan usia 60 tahun ke atas secara global dari 962 juta pada tahun 2017 menjadi sekitar 2,1 miliar pada tahun 2050, maka kehilangan massa otot yang berkaitan dengan penuaan, yang dikenal dengan istilah *sarcopenia*, dapat berdampak negatif terhadap kemampuan untuk melakukan aktivitas sehari-hari²⁴.

Konsumsi protein dengan kualitas tinggi telah menunjukkan kemampuan menjaga massa otot pada orang dewasa¹⁷. Konsumsi protein hewani yang lebih banyak, apalagi jika dikombinasikan dengan aktivitas fisik secara teratur, telah berkaitan dengan pemeliharaan massa otot dan penampilan orang dewasa²⁵. Beberapa pangan sumber protein nabati (seperti kedelai dan kacang lainnya) mengandung faktor antigen yang membutuhkan proses tambahan untuk inaktivasinya. Proses ini dapat berpengaruh kepada ketercernaan dan ketersediaan leusin dibandingkan protein whey¹². Sebagai hasilnya, protein nabati perlu dikonsumsi dalam jumlah yang jauh lebih banyak untuk mendapatkan hasil yang sama dengan yang diperoleh dari protein hewani^{17,26}.

Jumlah sumber protein yang dapat dicerna untuk memaksimalkan tingkat MPS pasca-latihan sebagai respon terhadap pemberian makanan pada kelompok orang usia muda dapat dilihat pada Tabel 3. Data diberi peringkat dari tinggi ke rendah berdasarkan kandungan leusin. Kandungan leusin yang lebih tinggi pada suatu bahan pangan menunjukkan bahwa jumlah protein yang diperlukan lebih rendah untuk memaksimalkan tingkat MPS setelah makan (*postprandial*). Kolom ketiga (jumlah protein yang harus dikonsumsi setiap kali makan) merupakan nilai teoritis dengan menggunakan protein whey sebagai standar referensi. Jumlah protein yang dibutuhkan dihitung agar setara dengan 3 gram leusin yang ditemukan dalam 23 gram protein whey. Jumlah whey dan kasein diasumsikan berasal dari isolat protein, sedangkan semua sumber protein lainnya berasal dari makanan utuh.

TABEL 3. BANYAKNYA PROTEIN YANG DIBUTUHKAN SECARA TEORITIS UNTUK MEMAKSIMALKAN SINTESIS PROTEIN OTOT SETELAH MAKAN

Sumber	Leusin (% dari total protein)	Jumlah protein yang harus dikonsumsi per waktu makan untuk memperoleh 3 g leusin (g)	Jumlah bahan pangan yang harus dikonsumsi per waktu makan (g)
Jagung	12.3	25	264
Spirulina	8.5	36	63
Kacang hitam	8.4	36	167
Beras	8.2	37	500
Kedelai	8.0	38	104
Lentil	7.9	39	150
Kacang polong	7.8	39	180
Oat	7.7	35	236
Quinoa	7.2	43	302
Rami (<i>Hemp</i>)	6.9	45	121
Gandum	6.8	45	299
Mikoprotein	6.2	49	447
Kentang	5.2	58	2891
Sumber hewani			
Whey	13.6	23	27
Susu	10.9	28	876
Kasein	10.2	30	35
Daging sapi	8.8	35	164
Telur ayam	8.5	36	5
Ikan Cod	8.1	38	211

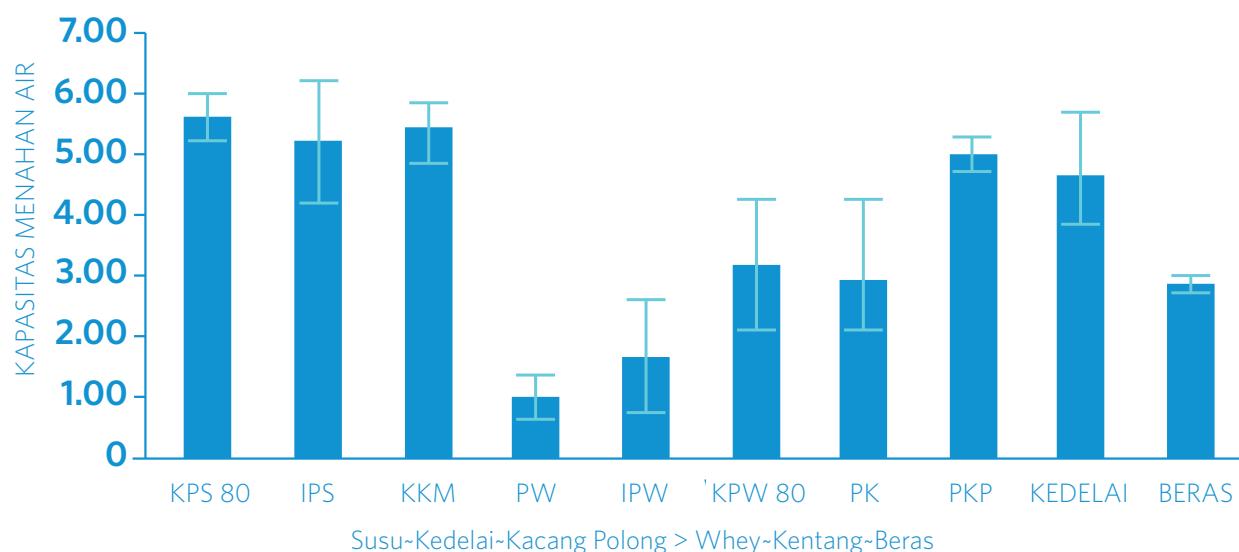
Sumber: van Vliet, S., Burd, N.A. and van Loon, L.J.C. 2015. The skeletal muscle anabolic response to plant- versus animal-based protein consumption. *J Nutr.*

FUNGSIONALITAS: SIFAT-SIFAT YANG MENGOPTIMALKAN KINERJA

Pemilihan ingredien berdampak pada sifat sensori dan fungsional yang berkontribusi besar pada kenyamanan produk. Suatu studi tahun 2017²⁸ telah dilakukan untuk mengkarakterisasi, membandingkan dan membedakan atribut fungsional dan sensori dari berbagai sumber protein susu dan nabati yang tersedia secara komersial. Sebanyak 30 sampel ingredien protein komersial berupa Isolat Protein Susu (IPS), Konsentrasi Protein Susu 80% (KPS), Konsentrasi Kasein Misellar (KKM), Protein Whey (PW), Isolat Protein Whey (IPW), Konsentrasi Protein Whey 80% (KPW), Protein Kentang 77-89% (PK), Protein Kacang Polong 70-76% (PKP), protein kedelai 80-90%, dan protein beras 83%, telah dievaluasi. Penampilan fisik, pH (5-7), viskositas, stabilitas emulsi, gelasi dan daya busa dari protein sangat bervariasi tergantung sumbernya (susu, whey, dan nabati). Namun, perbedaan yang paling menarik terdapat pada kapasitas menahan air (*water holding capacity=WHC*) dan stabilitas panas.

KAPASITAS MENAHAN AIR (WHC)

Kapasitas menahan air (WHC) adalah kemampuan bahan untuk menyerap dan menjaga air atau kelembaban. WHC adalah kunci pertimbangan dalam pembuatan produk minuman, roti, daging, saus, sup, dan dessert beku, di mana seorang formulator tidak menginginkan terjadinya pemisahan air pada produk akhir. Susu, kedelai dan kacang polong menunjukkan WHC yang nyata lebih tinggi ($p<0.05$) dibandingkan protein dari whey, kentang atau beras (Gambar 7). Namun, pH dan pengolahan panas sebelum pengemasan dapat mempengaruhi kinerja protein pada produk akhir. Sifat-sifat ini sangat penting pada pengolahan minuman siap santap (*ready-to-drink beverages*).



Metode: Neumann et al, 1984.

Keterangan: KPS 80 = Konsentrasi Protein Susu, IPS = Isolat Protein Susu, KKM = Konsentrasi Kasein Misellar, PW = Protein Whey, IPW = Isolat Protein Whey, KPW 80 = Konsentrasi Protein Whey, PK = Protein Kentang, PKP = Protein Kacang Polong, Kedelai: Protein Kedelai, Beras = Protein Beras.

Sumber: 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. 2017 International Whey Conference, Chicago

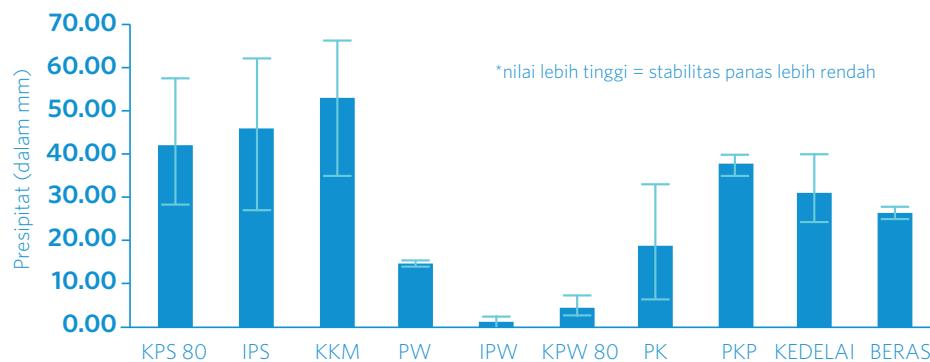
GAMBAR 7. KAPASITAS MENAHAN AIR (WATER HOLDING CAPACITY)

KESTABILAN PANAS

Terdapat empat tipe pasteurisasi dengan panas, yaitu *aseptic, retort, tunnel pasteurization*, dan *hot-fill*. Pasteurisasi *retort* dan *aseptic* digunakan pada produk pangan dengan pH berkisar 4.6 – 7.5. *Tunnel pasteurization* dan *hot-fill processing* dilakukan pada temperatur lebih rendah, sehingga produk harus dipertahankan pada kondisi pH asam, yaitu

antara 2.8 - 4.5 untuk mencegah pertumbuhan bakteri patogen²⁷. Memahami bagaimana fungsi protein di bawah kondisi yang berbeda ini sangatlah penting untuk menentukan bahan yang akan digunakan.

Pada pH 3 (lihat Gambar 8) kinerja protein whey nyata lebih baik ($p<0.05$) dibandingkan protein nabati atau protein susu, yang berarti protein whey cocok untuk kondisi pengolahan pada asam tinggi (pH rendah)²⁸. Selain itu, larutan IPW tetap jernih pada pH 3 sehingga produk ini ideal untuk diterapkan pada minuman jernih siap santap.



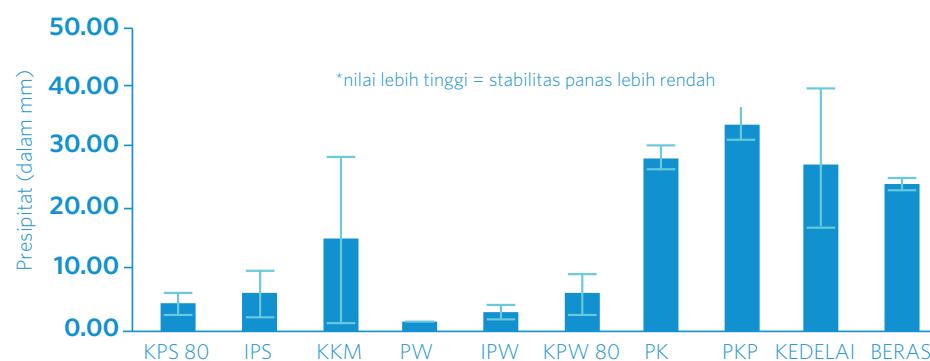
Metode: Harper and Lee, 1988.

Keterangan: KPS 80 = Konsentrat Protein Susu, IPS = Isolat Protein Susu, KKM = Konsentrat Kasein Misellar, PW = Protein Whey, IPW = Isolat Protein Whey, KPW 80= Konsentrat Protein Whey, PK = Protein Kentang, PKP = Protein Kacang Polong, Kedelai: Protein Kedelai, Beras= Protein Beras,

Sumber: 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. 2017 International Whey Conference, Chicago.

GAMBAR 8. STABILITAS PANAS PADA PH 3

Pada pH 7 (lihat Gambar 9), baik ingredien protein susu maupun protein whey lebih stabil terhadap panas ($p<0.05$) daripada ingredien protein nabati²⁸. Oleh karena itu, protein susu, protein whey atau kombinasinya akan bekerja lebih baik pada produk-produk *aseptic*. Oleh karena proses *retort* terjadi dalam kemasannya sendiri, maka suhu yang lebih tinggi/waktu lebih lama diperlukan untuk menghasilkan paparan panas yang lebih panjang. Stabilitas termal sangat penting untuk produk *retort*, sehingga protein susu yang mengandung kasein lebih tinggi akan memiliki penampilan yang lebih baik²⁷.



Metode: Harper and Lee, 1988.

Keterangan: KPS 80 = Konsentrat Protein Susu, IPS = Isolat Protein Susu, KKM = Konsentrat Kasein Misellar, PW = Protein Whey, IPW = Isolat Protein Whey, KPW 80= Konsentrat Protein Whey, PK = Protein Kentang, PKP = Protein Kacang Polong, Kedelai: Protein Kedelai, Beras= Protein Beras,

Sumber: 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. 2017 International Whey Conference, Chicago.

GAMBAR 9. STABILITAS PANAS PADA PH 7

EVALUASI MINUMAN

Untuk memahami bagaimana kinerja protein pada kondisi pengolahan minuman, maka protein dengan penampilan terbaik dari evaluasi stabilitas panas digunakan untuk formulasi minuman siap santap yang mengandung 5% protein, pada pH 3 dan pH 7²⁹. Minuman pH netral dibuat dari campuran gula, perisa alami vanilla, dipotassium fosfat, dan *gellan gum* untuk meniru minuman komersial beraroma. Formulasi minuman kemudian diproses secara termal untuk meniru kondisi aseptik (140°C selama 6 detik). Minuman berasam tinggi dibuat dari campuran gula, perisa alami mangga hijau dan 85% asam fosfat untuk memberikan rasa asam dan menurunkan pH hingga 3. Formula berasam tinggi minuman tersebut kemudian diproses secara termal untuk meniru kondisi pengisian panas (82°C selama 2 menit). Penampilan fisik dan stabilitas penyimpanan dari minuman yang diproses secara termal tersebut kemudian dinilai setelah penyimpanan pada suhu 45°C selama satu bulan (Gambar 10 dan 11).



GAMBAR 10. PERBANDINGAN MINUMAN SIAP SANTAP PADA PH NETRAL (PH 7)

Keterangan: MPI= Isolat Protein Susu, MPC=Konsentrat Protein Susu, MCC=Konsentrat Kasein Misellar, NW= Protein Whey, WPI= Isolat Protein Whey, WPC= Konsentrat Protein Whey, Pea=Protein Kacang Polong, Soy1 dan Soy3=Protein Kedelai, Rice=Protein Beras

Sumber: 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.



Keterangan: NW1 = Protein Whey, WPI4 = Isolat Protein Whey, WPC2 = Konsentrat Protein Whey, PoP1 = Protein Kentang, Soy1 = Protein Kedelai, Pea3 = Protein Kacang Polong, Rice1 = Protein Beras

Sumber: 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.

GAMBAR 11. PERBANDINGAN MINUMAN SIAP SANTAP PADA PH ASAM (PH 3)

Ketika formula minuman berasam tinggi (pH rendah) mengalami proses pemanasan maka protein berasa segera terpisah, sedangkan protein kacang polong (pea protein) baru terpisah setelah penyimpanan satu malam. Protein jenis lainnya tetap utuh dalam larutan. Protein whey, isolat protein whey (WPI) dan protein kentang tampak lebih jernih dibandingkan sumber protein lainnya²⁹.

EVALUASI BAR

Sampel ingredien protein komersial dievaluasi aplikasinya pada produk berbentuk bar dengan target komposisi energi berasal dari 40% karbohidrat, 30% protein dan 30% lemak²⁹. Oleh karena komposisi dari masing-masing sumber protein sangat unik, maka formulasinya dilakukan secara sendiri-sendiri untuk mengakomodasi perbedaan kandungan protein dan energinya. Fruktosa cair (komponen karbohidrat) dipertahankan sama pada konsentrasi 52%. Jumlah minyak kanola (komponen lemak) telah disesuaikan pada setiap formula untuk memperhitungkan perbedaan antar sumber protein. Semua bahan ditimbang dan dicampur dalam *Kitchen Aid Professional Mixer* pada kecepatan 3 selama 30 detik. Campuran ditimbang dan dibagi menjadi empat ulangan (25g) yang dikemas dengan gelas plastik 1-ons (28g), seperti tampak pada Gambar 12. Sama seperti pada formulasi minuman, variasi warna produk bar terjadi antar sumber protein.

Gelas-gelas plastik kemudian ditutup dan disimpan. Satu sampel kontrol untuk masing-masing sumber protein disimpan pada suhu kamar selama 24 jam sebelum dilakukan analisis kekerasan menggunakan TA.XT Plus Texture Analyzer dari *Texture Technologies, Ramona, California, AS*. Sampel rangkap tiga tambahan disimpan selama 30 hari pada suhu 45°C dan kemudian dianalisis teksturnya dengan metode yang sama.

ANALISIS TEKSTUR PRODUK BAR

Setelah pengujian umur simpan dengan metode akselerasi, diketahui terdapat perbedaan tekstur ($p<0.001$) antar sumber protein²⁹. Protein yang bersumber dari susu dan nabati memiliki tekstur lebih keras dibandingkan protein whey yang tetap lebih lembut (Gambar 13). Variasi tekstur terdapat pada protein yang bersumber dari kedelai dan kentang. Oleh karena itu harus berhati-hati dalam memilih sumber protein untuk formulasi produk bar.

EVALUASI SENSORI

Faktor kesenangan konsumen sangat penting diperhatikan dalam pengembangan suatu produk makanan dan minuman yang baru. Mula-mula protein direhidrasi hingga mencapai 10% padatan, kemudian dievaluasi dengan dua kali ulangan pada suhu 21°C oleh panelis sensori terlatih untuk menganalisis parameter aroma.

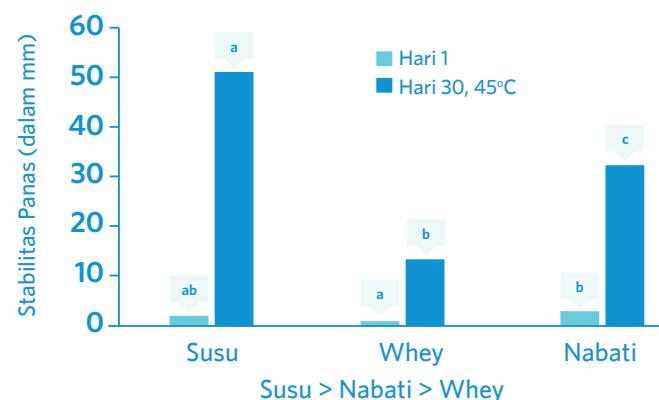
Protein susu menunjukkan atribut aroma manis dan atribut rasa susu dibandingkan sumber protein dari nabati yang menunjukkan atribut aroma langit, bau tanah, belerang dan asam. Protein kentang lebih berasa sepat (*astringent*) daripada sumber protein lainnya²⁸. Selain itu, protein susu menunjukkan intensitas aroma kardus, herbal/rumput, rasa pahit dan sepat yang lebih rendah ($p<0.05$) daripada sumber protein nabati²⁸. Perbedaan-perbedaan dalam persepsi sensori ini menunjukkan protein dari susu memberikan pengalaman sensori yang lebih unggul (Gambar 14 dan Gambar 15).



Keterangan: MPI1-3=Isolat Protein Susu, MPC1-3=Konsentrasi Protein Susu, MCC1-4=Konsentrasi Kasein Misellar, WPI1-4=Isolat Protein Whey, WPC1-3=Konsentrasi Protein Whey, NW1= Protein Whey, Soy1-4=Protein Kedelai, Pea1-4=Protein Kacang Polong, PoP1-3=Protein Kentang, Rice1=Protein Beras

Sumber: 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.

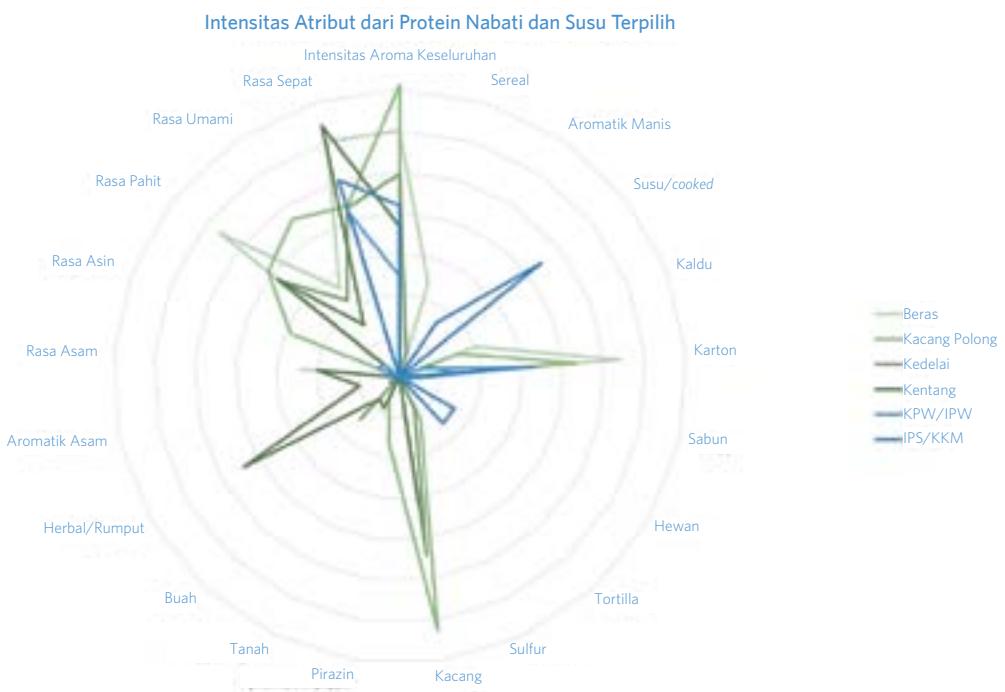
GAMBAR 12. VARIASI WARNA



Nilai rataan dengan huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan ($p<0.0001$)

Sumber: Burrington, K.J. 2017. Characterization of Functional and Sensory Properties of Select Commercial Food Protein Ingredients. Presented at the Wisconsin Center for Dairy Research, Research Forum, November 14, 2017

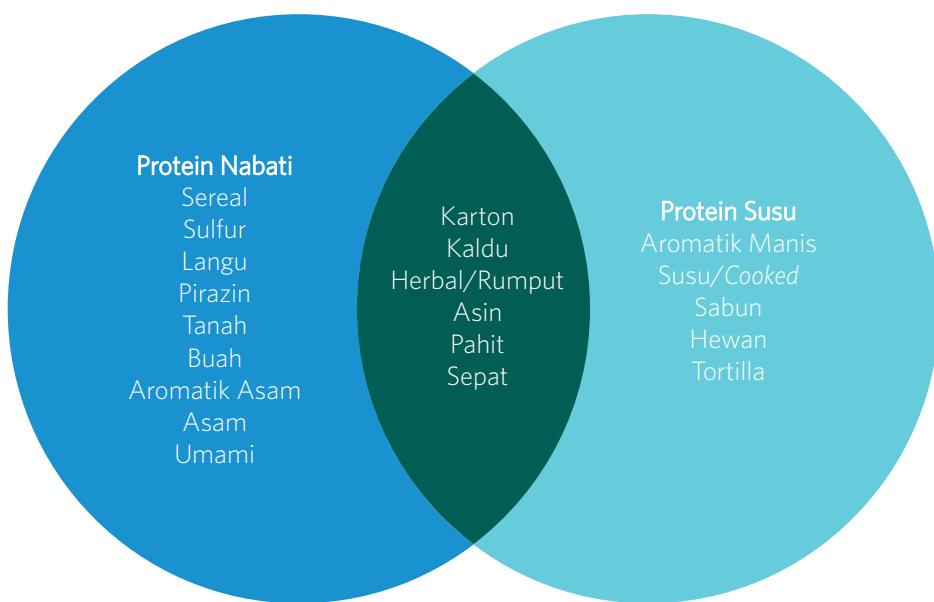
GAMBAR 13. KEKERASAN PRODUK BAR



Keterangan: KPW=konsentrasi Protein Whey, IPW=Isolat Protein Whey, IPS=Isolat Protein Susu, KKM=Konsentrasi Kasein Misellar

GAMBAR 14: INTENSITAS AROMA DARI BERBAGAI SUMBER PROTEIN NABATI DAN SUSU

Penilaian sensori konsumen lainnya ($n=105$ konsumen) dari empat minuman protein komersial dengan rasa vanilla juga menunjukkan bahwa minuman dari protein nabati kurang disukai dibandingkan minuman protein siap campur (*ready-to-mix protein beverages*) dari protein susu ($p<0.05$) untuk atribut penampakan secara keseluruhan, penampilan, rasa, dan tekstur/*mouthfeel*²⁹. Tergantung pada aplikasi dan profil rasa yang ditargetkan, sumber protein nabati mungkin memerlukan penambahan rasa, stabilisator dan agen penyamar (*masking agents*) untuk meningkatkan penerimaan konsumen. Hal ini tentu saja akan menyebabkan peningkatan biaya dan/atau menimbulkan dampak negatif terhadap produk akhir.



Sumber: 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

GAMBAR 15: PERBEDAAN AROMA ANTARA PROTEIN YANG BERSUMBER DARI NABATI DAN SUSU

POTENSI APLIKASI YANG LUAS BAGI PEMENUHAN KEINGINAN KONSUMEN

Peluncuran produk makanan dan minuman dengan klaim “ditambah protein” atau “tinggi protein” telah meningkat lebih dari dua kali lipat pada kurun waktu 2013-2017, menciptakan peluang baru untuk aplikasi protein pada berbagai produk. Pada produk makanan dan minuman, protein nabati lebih sering diaplikasikan pada berbagai produk olahan daging, minuman dan roti; sementara protein susu lebih banyak digunakan pada berbagai produk minuman, makanan pencuci mulut beku, dan bar. Namun, pada semua jenis protein, rasa masih merupakan atribut nomor satu yang diklaim pada peluncuran produk baru³⁸. Oleh karena komposisi protein, lemak, karbohidrat dan mineral susu yang bersifat unik, maka penggunaan ingredien susu (*dairy ingredients*) sangat berkontribusi terhadap perbaikan komposisi zat-zat gizi, fungsi dan rasa pada berbagai produk. Ingredien protein susu dapat dipekatkan, diisolasi atau dihidrolisis untuk meningkatkan daya buih, emulsifikasi, gel, daya ikat air, atau tetap larut pada berbagai kondisi³⁹.

FOOD AND BEVERAGE DRY MIXES

Ingredien protein susu (*dairy protein ingredients*) ini dapat digunakan dalam formulasi campuran kering untuk meningkatkan kadar protein dan menyediakan sumber mineral yang ekonomis. Jika diinginkan rasa yang lebih pekat di mulut, maka lebih baik menggunakan protein susu karena dapat mengikat lebih banyak air daripada protein whey. Protein whey akan menjadi pilihan yang lebih baik jika menghendaki konsistensi yang lebih encer setelah proses rehidrasi atau jika campuran akhir telah ditambahkan asidulan, karena proteinnya tetap larut pada pH di bawah 4.6.



Cafe mocha

READY-TO-DRINK LOW-ACID BEVERAGES

Minuman siap disantap (*Ready-to-drink beverages*) dapat dipasteurisasi, dikemas dalam keadaan panas, dipasteurisasi UHT, dan/atau di-retort untuk memastikan keamanannya. Protein susu mengandung kasein lebih tinggi sehingga stabil terhadap panas pada minuman dengan pH >6. Akibatnya, protein susu seperti MPC, MPI atau MCC, umumnya digunakan dalam minuman berasam rendah yang dipasteurisasi UHT atau diproses dengan retort. Protein whey juga dapat diformulasikan ke dalam minuman tipe ini melalui kombinasinya (minimal 50%) dengan protein susu, untuk memastikan stabilitasnya terhadap panas. Jika menggunakan bubuk protein susu dalam minuman siap santap berprotein tinggi, maka pencampuran harus dilakukan secara tepat dengan waktu hidrasi yang memadai (sekitar 60 menit pada 50°C) sebelum diproses. Hal ini sangatlah penting untuk memastikan bahwa protein benar-benar larut sebelum perlakuan panas³¹.



Milk Honey Bedtime Beverage

HIGH-ACID BEVERAGES

Untuk minuman berasam tinggi (pH <4.6), penggunaan protein whey seperti WPC atau WPI adalah pilihan terbaik karena mereka tetap larut pada rentang pH yang lebih rendah. Proses hidrasi protein yang tepat (sekitar 30 menit) adalah sangat penting sebelum dilakukan pengemasan dalam keadaan panas, agar minuman stabil selama penyimpanan³¹. Jika pH minuman <3.5, maka penggunaan WPI merupakan pilihan terbaik karena mengandung kadar lemak terendah dan molekul protein bermuatan positif lebih tinggi, sehingga menghambat interaksi elektrostatik dan memungkinkan minuman tetap jernih.



Clear mango-Flavored Green Tea

APLIKASI PADA REROTIAN (BAKERY)

Pada pembuatan roti, protein susu memberikan banyak fungsi, seperti pengikatan air, pengganti telur/lemak, meningkat kandungan gizi, dan perpanjangan umur simpan. Ingredien berprotein lebih tinggi, seperti WPC, telah terbukti memperbaiki struktur gluten dan sifat pengikatan air dalam roti dan adonan beku, serta meningkatkan kadar protein produk³².



Soft Protein Pretzel

NUTRITION BARS

Pada pembuatan bar berprotein, WPC dan WPI telah digunakan dalam campuran adonan sebagai pelapis dan pemberi tekstur renyah, serta meningkat citarasa dan nilai gizi produk. Protein whey yang telah dihidrolisis juga telah terbukti mengurangi pengerasan bar selama penyimpanan³³.



Yogurt Deep Peach Snack Bar

APLIKASI PADA FROZEN DESSERT

Susu dan krim secara tradisional telah digunakan pada pembuatan es krim dan *dessert* beku. Oleh karena meningkatnya minat konsumen terhadap *dessert* berprotein tinggi, maka ada upaya melibatkan ingredien susu ke dalam es krim dan *dessert* beku. MPC dan WPC telah digunakan untuk meningkatkan kadar protein dari 4.9 ke 7.2% pada es krim, tanpa efek negatif terhadap sensori dan lama penyimpanan. WPC juga telah digunakan sebagai pengganti lemak pada formulasi es krim³⁴.



Frozen Macha Bar

APLIKASI PADA SUP DAN SAUS

Susu, keju, dan krim telah digunakan selama bertahun-tahun untuk meningkatkan citarasa sup dan saus. Protein susu berkontribusi pada pengikatan air dan memberi rasa di mulut (*mouthfeel*) sehingga sangat ideal untuk makanan berprotein tinggi. Protein susu dan protein whey dapat digunakan pada formulasi sup atau saus untuk meningkatkan kandungan gizi produk dengan rasa netral dan tekstur halus. Namun, jika sup atau saus akan diproses menggunakan retort atau UHT untuk memperpanjang masa simpannya, maka protein susu seperti MPC, MPI atau MCC, merupakan pilihan yang baik karena kasein susu lebih stabil terhadap panas dan dapat mengikat lebih banyak air untuk mempertahankan viskositas dan penampilannya³⁵.



Lentil Power Soup

KETAHANAN PENYEDIAAN: UNTUK KEBUTUHAN INOVASI MASA DEPAN

Protein berasal dari banyak sumber pangan. Sumber tradisional meliputi susu, daging/kolagen, telur, kedelai dan gandum. Pendatang baru sumber protein meliputi kanola, serangga, rami, mikro alga dan protein sel tunggal. Untuk penggunaan pada makanan dan minuman di Amerika Serikat, sumber protein harus menjalani pengujian dan persetujuan yang ketat, seperti status *Generally Recognized as Safe* (GRAS), pengujian alergenisitas, analisis zat gizi, karakterisasi fungsional, dan uji penerimaan konsumen. Dengan demikian seorang formulator harus memastikan pemeriksaan terhadap status bahan tersebut sebelum dipilih dan digunakan.

Ketersediaan pasokan yang konsisten merupakan pertimbangan utama bagi pembeli ketika memilih suatu ingredien pangan. Sebagai produsen tunggal susu sapi terbesar di dunia, yang merupakan sumber protein whey dan ingredien susu lainnya, maka industri susu AS telah dilengkapi dengan berbagai peralatan yang memadai untuk menghasilkan ingredien susu yang aman, berkualitas tinggi, dan bergizi untuk formulasi makanan di seluruh dunia. Sebaliknya, skala produksi protein nabati tetap terbatas, kecuali pada kedelai. Pada 2017, total volume protein susu (whey, konsentrat protein, dan isolat protein) yang diproduksi di Amerika Serikat saja, telah mencapai 336.000 ton⁴⁵. Produksi ini hampir setara dengan gabungan protein dari sumber-sumber baru, yaitu kacang polong, beras, gandum dan kentang (330.000 ton pada tahun 2016)⁴⁰. Berkat berkembangnya industri keju, lahan yang melimpah, investasi yang berkelanjutan pada penelitian dan pengembangan, serta pengembangan ekspor, maka produksi protein susu AS diantisipasi akan meningkat lebih pesat di tahun-tahun mendatang. Hal ini memastikan pasokan yang aman dan memberikan pilihan yang luas bagi pengembangan berbagai produk berbahan protein susu, sesuai dengan kebutuhan pelanggan dan konsumen.

KESIMPULAN

Semua protein tidaklah diciptakan sama. Protein berkualitas tinggi dapat diformulasikan ke dalam berbagai produk untuk berbagai tujuan, seperti meningkatkan kadar protein bagi populasi yang kekurangan gizi, pemenuhan gizi olahraga, manajemen berat badan, dan kesehatan di usia tua. Protein susu secara konsisten dapat meningkatkan kualitas gizi suatu produk.

Rasa, penampakan, penampilan, dan kandungan gizi, semuanya memainkan peran penting dalam kenikmatan suatu produk. Semua atribut tersebut adalah seimbang dengan biaya yang diperlukan dan sejalan dengan pola hidup sehat masyarakat. Di era baru terjadi peningkatan perhatian pada protein, sehingga lebih banyak pilihan makanan yang diperkaya protein dibandingkan masa sebelumnya. Kunci dari semua itu adalah bagaimana menemukan protein yang secara konsisten dapat memenuhi semua atribut yang dikehendaki konsumen.

Protein susu dari Amerika Serikat tidak dapat disangkal dan secara unik mampu memberikan banyak atribut yang diinginkan untuk membantu perkembangan manusia pada setiap tahapan kehidupan. Untuk informasi lebih lanjut mengenai artikel ini, silakan kunjungi ThinkUSAdairy.org.

Daftar Pustaka

- 1 IRI. 2017. Top Trends in Fresh: Holistic Health. consumers-want-more-protein-in-their-diets-and-look-to-a-range-of-sources-for-it. Accessed online: December 5, 2017.
- 2 NPD Group.2014. US consumers want more protein in their diets and look to a range of source for it. NPD Group
- 3 UND.2017. World 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 U.S. Dairy's Sustainability Report. 2016. <https://www.usdairy.com/sustainability/commitment>. Accessed on June 19, 2018.
- 6 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-inproduct-performance>. Accessed online: December 5, 2017.
- 7 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.
- 8 Smith, K. 2017. Dried Dairy Ingredients, 2nd Edition. Wisconsin Center for Dairy Research.
- 9 USDA. <https://specialcollections.nal.usda.gov/dairy-exhibit#EarlyHistory>. Accessed online: December 5, 2017.
- 10 Global Dairy Platform. 2016 Annual Review, p 7.
- 11 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.
- 12 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.
- 13 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.
- 14 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/nbu.12063.
- 15 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.
- 16 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.
- 17 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.
- 18 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.
- 19 FAO. 2013. Report of an FAO Expert Consultation. Dietary Protein Quality Evaluation in Human Nutrition. Rome. <http://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979>
- 20 Global Nutrition Report: Nourishing the SDGs. 2017. https://www.globalnutritionreport.org/files/2017/11/Report_2017.pdf. Accessed online: December 5, 2017.
- 21 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.
- 22 World Health Organization. 2017. Malnutrition fact sheet. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/malnutrition/en/>. Accessed December 5, 2017.
- 23 Am College of Nutr, 33:163-175.
- 24 population/publications/worldageing19502050. Accessed online: December 5, 2017.
- 25 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.
- 26 exercise performance. *Nutr J*. 12:86.
- 27 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.
- 28 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.
- 29 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.
- 30 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.
- 31 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.
- 32 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.
- 33 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.
- 34 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.
- 35 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.
- 36 Rutherford, S.M. 2015. Protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS) for some dairy and plant protein may better describe protein quality in growing male rats. *J Nutr* 145(2):372-9. Doi:10.3945/jn.114.195438. Accessed online; June 19, 2018.
- 37 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.
- 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 Giract. 2017. The Changing World of Protein Ingredients 2016-2021.

