



ในยุคปัจจุบันผู้บริโภคต่างตั้งคำถามเกี่ยวกับที่มาและกรรมวิธีผลิตอาหาร เพื่อให้เกิดความมั่นใจกับสิ่งที่ตนบริโภค จากข้อมูล ณ ปี 2560 ระบุว่า ร้อยละ 40 ของผู้บริโภคชาวอเมริกัน กำลังมองหาอาหารและเครื่องดื่มที่ส่งเสริมสุขภาพของตนแบบบูรณาการ¹ โดยผู้บริโภคชาวอเมริกันร้อยละ 78 เชื่อว่า โปรตีนสำคัญต่อสุขภาพ ขณะที่อีกครึ่งหนึ่งของกลุ่มนี้ยังต้องการบริโภคโปรตีนให้มากขึ้น² แต่ผู้บริโภคก็มีความกังวลเกี่ยวกับความมั่นคงอาหารในอนาคตเนื่องจากการคาดการณ์ว่า ประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นถึง 9.8 พันล้านคนภายในปี พ.ศ. 2593 ดังนั้นส่วนผสมอาหารในรูปโปรตีนจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อรักษาสมดุลความมั่นคงทางอาหาร³ เมื่อผู้บริโภคต้องการอาหารมากขึ้น ก็กระตุ้นให้ผู้ผลิตอาหารนานาชาติมองหาแหล่งโปรตีนที่หลากหลายมากขึ้น ปัจจุบันเหล่านี้นำไปสู่การค้นคว้า สกัดและกำหนดคุณลักษณะของโปรตีนจากแหล่งต่างๆ ซึ่งส่งผลให้เกิดการจดสิทธิบัตรกว่า 300 รายการในช่วงปี พ.ศ. 2555 - 2560⁴

ปัจจุบันในตลาดมีโปรตีนหลายประเภททั้งที่เป็นโปรตีนจากสัตว์ พืชและแหล่งโปรตีนเซลล์เดียว (SCP) ที่จำหน่ายในรูปอาหารหรือส่วนผสมในเครื่องดื่ม ด้วยตัวเลือกที่หลากหลายเช่นนี้ จึงทำให้ผู้กำหนดสูตรอาหารจำเป็นต้องมีความรู้และข้อมูลที่ครบถ้วน เพื่อนำไปใช้กำหนดสูตรอาหารให้ได้ประสิทธิภาพ การเลือกส่วนผสมโปรตีนที่เหมาะสมถูกต้องนั้นมีผลต่ออาหารในด้านรูปลักษณะ รสชาติ การทำงาน และคุณลักษณะทางโภชนาการ ตามที่ผู้บริโภคต้องการ อย่างไรก็ตามโปรตีนแต่ละชนิดมีคุณสมบัติไม่เท่ากัน เอกสารฉบับนี้จึงต้องการอธิบายว่า ส่วนผสมอาหารชนิดโปรตีนเวย์และโปรตีนจากน้ำนมสามารถตอบสนองความต้องการของผู้กำหนดสูตรอาหารได้อย่างไร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ จะนำไปสู่การผลิตที่ยั่งยืน เกิดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้ส่วนผสมอาหารที่ดี มีรสชาติอร่อย มีความหลากหลาย และมีวัตถุดิบเพียงพอในการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม

รู้หรือไม่ว่า

วัวเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญ ต่อระบบอาหารโลกเนื่องจากเป็นต้นกำเนิดแหล่งอาหารที่สำคัญต่อมนุษย์ในขณะที่เราสามารถเลี้ยงวัวด้วยอาหารที่มนุษย์บริโภคไม่ได้และมูลวัวยังเป็นปุ๋ยบำรุงดินได้อีกด้วย ต่อไปนี้คือ ข้อคิดสำคัญที่ได้จากเอกสารนี้

การผลิตอย่างยั่งยืน ด้วยการดูแลและการบริหารจัดการการเลี้ยงวัวที่ดีเยี่ยม ส่งผลให้สหรัฐอเมริกาเป็นผู้นำด้านการผลิตนมระดับโลก นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณคาร์บอนจากการผลิตได้ และยังพัฒนาแนวทางใหม่ๆ ด้านความมั่นคงทางอาหารอีกด้วย

การแปรรูป เนื่องจากโปรตีนจากนมสามารถละลายได้ในน้ำ ดังนั้นจึงมีขั้นตอนแปรรูปน้อยกว่าโปรตีนจากพืชหรือแหล่งโปรตีนที่เป็นถั่ว

สารอาหาร ตามธรรมชาติแล้วโปรตีนนมเป็นโปรตีนคุณภาพสูง ซึ่งยังมีแหล่งอาหารอื่นเทียบได้ และยังมีประโยชน์ต่อมนุษย์ในทุกช่วงวัย เช่น

- ลดการเกิดภาวะชะงักการเติบโตในกลุ่มประชากรที่อ่อนแอ
- ดีต่อสุขภาพของแม่และทารก
- ช่วยควบคุมน้ำหนัก
- ช่วยฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย
- ช่วยรักษากล้ามเนื้อเพื่อเตรียมพร้อมสู้วัยชราอย่างมีความสุข

การทำงาน/รสชาติ ไม่มีโปรตีนจากแหล่งอื่นที่สามารถทำงานได้ครอบคลุมเท่าโปรตีนนม และยังเป็นวัตถุดิบอาหารที่รสชาติเป็นกลางซึ่งผู้บริโภคต้องการ

การใช้งานที่หลากหลาย ส่วนผสมอาหารจากนมเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานเกือบทุกชนิด

ความมั่นคงทางอาหาร การผลิตในสหรัฐอเมริกาอเมริกาสามารถทำได้ทั้งปี และมีการตรวจรับรองคุณภาพอย่างเข้มงวด ทำให้มีวัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพป้อนสู่ตลาดได้อย่างสม่ำเสมอ

การผลิตอย่างยั่งยืน: พันธสัญญาจากเกษตรกรวัวนมสหรัฐอเมริกา

เกษตรกรชาวอเมริกันได้นำเทคโนโลยี และการบริหารจัดการขั้นสูง มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาเป็นเวลานาน จากข้อมูลของสำนักงานป้องกันสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency -EPA) ระบุว่า ภายในปี พ.ศ. 2573 ผลผลิตทั้งหมดจากการทำปศุสัตว์ในสหรัฐอเมริกา (รวมสัตว์ทุกประเภททั้งวัวนมและวัวเนื้อ) จะปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียงร้อยละ 14 ของก๊าซเรือนกระจก (GHG) สุทธิ ที่เกิดจากกิจกรรมทั้งหมดที่ปล่อยสู่โลก ซึ่งเปรียบเทียบกับกิจกรรมอื่นที่ผลิตก๊าซเรือนกระจก ได้แก่การผลิตพลังงานร้อยละ 31 การขนส่งร้อยละ 27 และการเพาะปลูกร้อยละ 13⁵

ในปี พ.ศ. 2551 ผู้เลี้ยงวัวนมในสหรัฐอเมริกาได้ก่อตั้งศูนย์นวัตกรรมเพื่อผลิตภัณฑ์นมแห่งสหรัฐอเมริกา (the Innovation Center for U.S. Dairy) เพื่อประเมินผลกระทบของธุรกิจวัวนมสหรัฐอเมริกา รวมถึงพิจารณาหาแนวทางจัดการ และส่งเสริมให้เกิดความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจโดยพิจารณาตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทางคือ จากแหล่งผลิตไปสู่ผู้บริโภค จากการประเมินผลกระทบจากการผลิตนม การแปรรูปและการขนส่งพบว่า ในปัจจุบันอุตสาหกรรมนมในสหรัฐอเมริกาส่งก๊าซเรือนกระจกเพียงร้อยละ 2 ใช้น้ำในอัตราร้อยละ 5 และใช้ที่ดินร้อยละ 96 นอกจากนี้ความก้าวหน้าด้านการประกอบเกษตรกรกรรมและวิธีการบริหารจัดการระหว่างปี พ.ศ. 2493 ถึง พ.ศ. 2561 ทำให้สามารถผลิตนมได้มากขึ้นร้อยละ 60 ขณะที่ลดการรีดน้ำนมจากวัวลงได้ 16 ล้านตัว จึงทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์น้อยลงร้อยละ 66 หน่วยคาร์บอนฟุตพริ้นท์⁶ และคาดว่าจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีและการทดลองอื่นๆ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้น้อยลง

นอกจากนี้การดูแลและเลี้ยงสัตว์ก็เป็นสิ่งที่เกษตรกรพิจารณาให้สอดคล้องกับสภาพอากาศ และทรัพยากรที่มีอยู่ในแหล่งการผลิต⁶ กว่าร้อยละ 95 ของเกษตรกรในสหรัฐอเมริกากลุ่มนี้ สืบทอดธุรกิจครอบครัวมาหลาย

ชั่วอายุคน ผู้เลี้ยงวัวนมทำงานอย่างหนักตลอดทั้งปีเพื่อดูแลให้วัวนมของตนมีสุขภาพดี พวกเขาให้อาหารที่เหมาะสม สร้างโรงเรือนที่ดี มีพัดลมระบายอากาศ มีน้ำดื่ม มีคอกที่รองรับพื้นด้วยทราย สิ่งเหล่านี้ส่งผลทำให้วัวผลิตนมได้มากขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

วัวนมถือเป็นแหล่งโภชนาการหนึ่ง ที่ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า กล่าวคือ วัวกินสิ่งที่มนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ถึงร้อยละ 80 ตัวอย่างอาหารที่วัวบริโภคเหล่านี้ได้แก่ เปลือกเมล็ดฝ้าย เปลือกส้มที่เหลือจากการคั้นน้ำหรือเปลือกเมล็ดอัลมอนต์ ความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับวัวเช่นนี้เกิดประโยชน์แก่ทั้งสองฝ่าย นั่นก็คือ วัวกินเปลือกข้าวโพดแต่มนุษย์บริโภคฝักข้าวโพด วัวกินเปลือกอัลมอนต์ในขณะที่มนุษย์บริโภคเมล็ด

อัลมอนต์ หรือวัวกินเปลือกเมล็ดฝ้ายในขณะที่มนุษย์สวมเสื้อผ้าฝ้าย ลักษณะความสัมพันธ์เช่นนี้ทำให้มีขยะลดลง นอกจากนี้มนุษย์ยังได้สารอาหารจากนมวัวที่สร้างขึ้นด้วยระบบการย่อยของสัตว์เคี้ยวเอื้อง แม้สิ่งที่วัวกินเข้าไปคิดเป็นร้อยละ 20 ของสิ่งที่มนุษย์สามารถบริโภคและย่อยได้ทั้งหมด แต่ในความเป็นจริงแล้วสิ่งเหล่านี้คิดเป็นเพียงร้อยละ 2 ของอาหารทั้งหมดที่มนุษย์บริโภคจริง (อ้างอิงจากอุปสงค์ของอุตสาหกรรมอาหารและความต้องการในการบริโภค)⁶

เพื่อให้ห่วงโซ่ความยั่งยืนครบวงจรอย่างสมบูรณ์ การศึกษาองค์ประกอบดินและปริมาณการให้น้ำนมของวัวในรัฐอิลลินอยส์ชี้ว่า¹⁰ มูลวัวนั้นอุดมด้วยสารอาหารสามารถนำมาผสมกับดินใช้เป็นปุ๋ยได้ โดยในแต่ละวันวัวนมในสหรัฐอเมริกาส่งมูลจำนวน 64 ลิตร (17 แกลลอน) ต่อตัว ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อการปลูกข้าวโพดให้ได้ผลผลิต 20 กิโลกรัม (46 ปอนด์)

การแปรรูป: ประโยชน์ของโปรตีนที่สกัดได้จากน้ำนม

เนื่องจากนมเป็นสิ่งเน่าเสียได้ ทำให้ต้องแปรรูปอย่างรวดเร็วหลังจากการรีดนมในพื้นที่ใกล้แหล่งแปรรูป อีกทั้งนมยังมีคุณสมบัติที่ต่างจากโปรตีนอื่นๆ กล่าวคือ โปรตีนนมจะแยกออกจากของเหลวแต่ไม่จำเป็นต้องบดหรือใส่สิ่งเติมแต่งเพื่อให้คงสภาพในของเหลว นอกจากนี้ขั้นตอนการแปรรูปและการขนส่งที่มีระยะสั้นกว่าการผลิตโปรตีนชนิดอื่น ก็ส่งผลให้อุตสาหกรรมนมของสหรัฐอเมริกามีกระบวนการการผลิตที่ปลอดภัย คุณภาพสูง หาซื้อได้ง่าย มีคุณค่าอาหารเพื่อใช้ในการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม

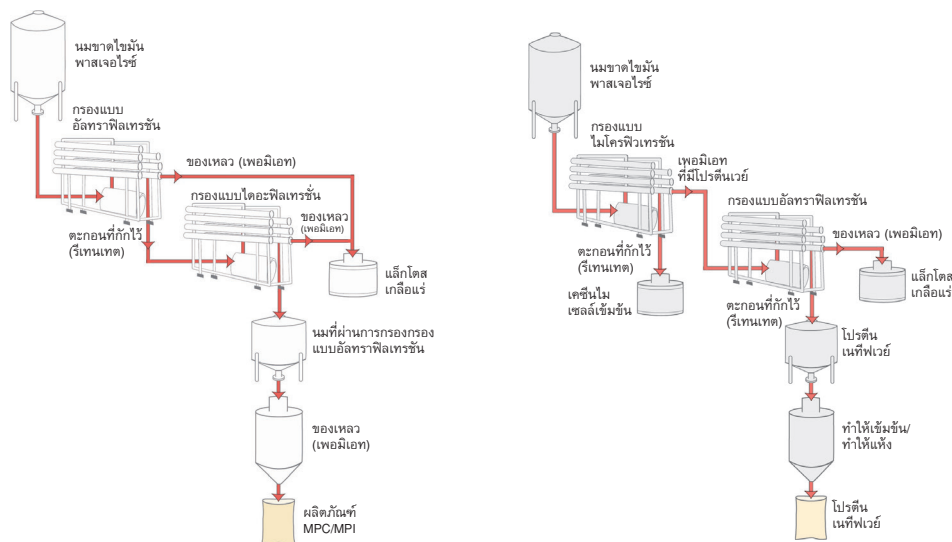
ภาพที่ 1 วัวนมกับการส่งเสริมความยั่งยืน



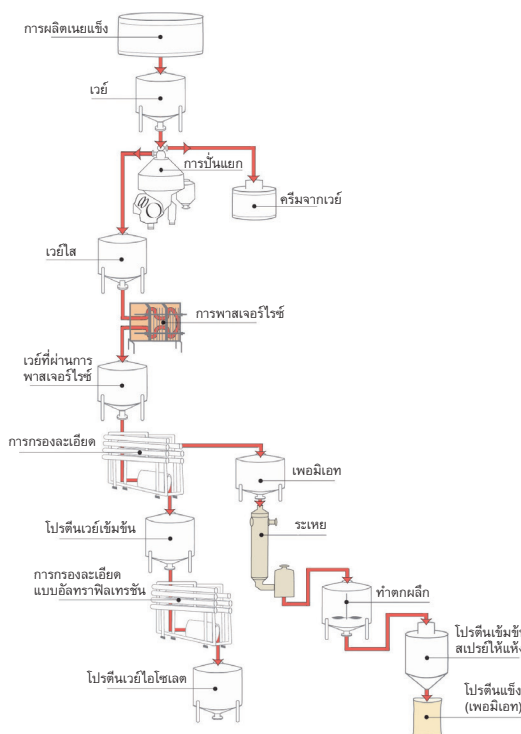
ที่มา : U.S. Dairy Sustainability Commitment. USdairy.com: 2014

โปรตีนนมประกอบด้วยเคซีนร้อยละ 80 และโปรตีนเวย์ร้อยละ 20 เมื่อกรองน้ำนมโดยใช้น้ำผ่านเยื่อเมมเบรนที่มีความละเอียดสูง ก็จะทำให้โปรตีนไขมันและคาร์โบไฮเดรต แยกจากกันตามขนาดของโมเลกุล หลังจากนั้นโปรตีนจะมีความเข้มข้นมากขึ้น เมื่อผ่านการทำให้แห้งแล้วสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมอาหารซึ่งมีอัตราส่วนเคซีนต่อโปรตีนเวย์ในระดับต่างๆ กัน เช่น เคซีน ไมเซลล์เข้มข้น (micellar casein concentrate - MCC) โปรตีนนมไอโซเลต (MPI) โปรตีนนมเข้มข้น (MPC) โปรตีนเวย์จากนมหรือเนยที่ฟเวย์ (native whey) ซึ่งมีลักษณะการทำงานแตกต่างกันไป^{11,12} โปรตีนเวย์ ที่ได้จากการผลิตเนยแข็งสามารถนำมากรองและเพิ่มความเข้มข้นเป็นโปรตีนเวย์ไอโซเลต (WPI) หรือโปรตีนเวย์ชนิดเข้มข้น (WPC) ได้¹³

ภาพที่ 2 การสกัดโปรตีนจากน้ำนม



ภาพที่ 3 โปรตีนที่สกัดจากเนยแข็ง



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

เนื่องจากการกรองเช่นนี้ต้องอาศัยน้ำ และเยื่อกรองแบบละเอียด จึงจะสามารถแยกน้ำออกจากน้ำนมได้ ส่วนน้ำที่ใช้ในการทำสะอาดจะนำกลับมาใช้เคลือบหรือทำให้บริสุทธิ์ก่อนจะนำกลับมาใช้ป็นน้ำดื่มต่อไป

คุณค่าทางโภชนาการ: คุณภาพของโปรตีนคือหัวใจสำคัญ

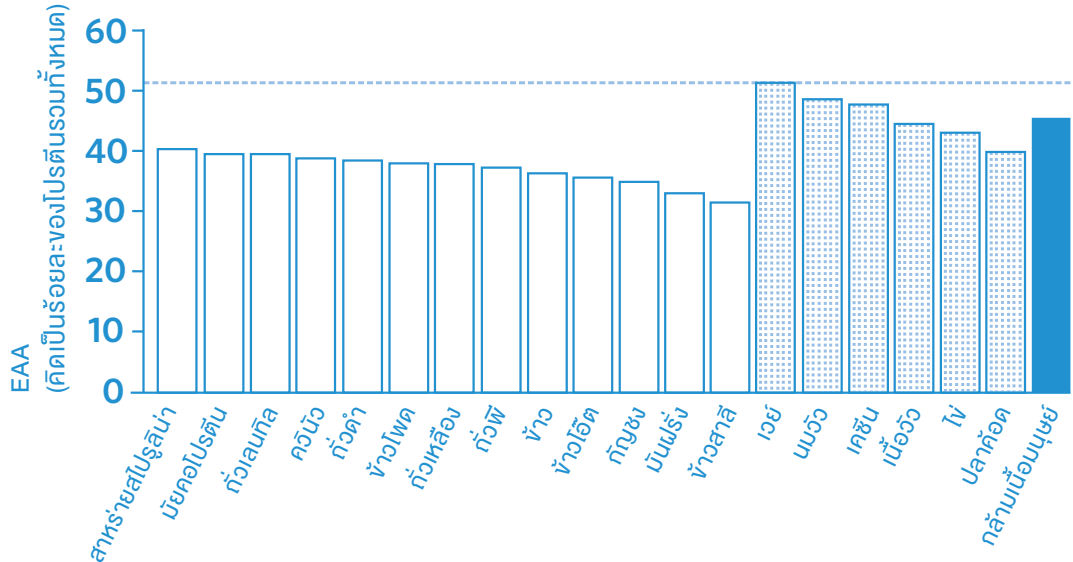
นมวัวมีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์มาอย่างยาวนาน ในศตวรรษที่ 16 ผู้คนจากยุโรปอพยพไปตั้งถิ่นฐานในสหรัฐอเมริกา พร้อมกับนำวัวไปด้วย เพื่อใช้ผลิตนมและกินเนื้อ¹⁴ พบว่า ในปี พ.ศ. 2559 นมวัวและผลิตภัณฑ์นมวัวเป็นแหล่งโปรตีนที่ใหญ่ที่สุดอันดับ 3 และเป็นแหล่งให้พลังงานที่ใหญ่ที่สุดอันดับ 5 ของแหล่งอาหารทั้งหมดในขณะที่เลี้ยงดูประชากรโลกได้มากกว่า 6 พันล้านคน¹⁵

ในการคัดเลือกส่วนผสมอาหารที่มีโปรตีนสูง ต้องพิจารณาคุณภาพเป็นสำคัญ เนื่องจากวัฏโครงสร้างและการทำงานของระบบในร่างกายรวมถึงการควบคุมเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ต้องอาศัยโปรตีน ร่างกายมนุษย์จะสามารถผลิตโปรตีนที่จำเป็นได้ก็ต่อเมื่อได้รับกรดอะมิโนจำเป็นทั้งหมดอย่างครบถ้วนจากอาหารที่บริโภคเข้าไป ในขณะที่อาหารที่ได้จากสัตว์และพืชส่วนใหญ่จะให้โปรตีนบางส่วน โปรตีนแต่ละประเภทมีปริมาณของกรดอะมิโนรวมทั้งความสามารถในการย่อย (digestability) และระดับชีวประสิทธิผล (bio availability) ต่างกัน ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนที่จำเป็นต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนของกล้ามเนื้อนั้นอาจแตกต่างกันไปแต่ละคนและประเภท (คุณภาพ) ของโปรตีนที่บริโภค โปรตีนคุณภาพสูงคือ โปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน (ไม่สามารถขาดได้) ในอัตราที่ร่างกายต้องการโดยที่สามารถรักษาระดับชีวประสิทธิผล (bioavailability) และการย่อยแบบรวดเร็ว (rapid digestability)¹⁶ ทั้งนี้โปรตีนจากนมจึงมีคุณสมบัติครบตามข้อกำหนดเหล่านี้

ตารางที่ 1 กรดอะมิโนจำเป็นและไม่จำเป็น		
กรดอะมิโนจำเป็น	กรดอะมิโนจำเป็นอย่างมีเงื่อนไข	กรดอะมิโนไม่จำเป็น
ฮิสติดีน	อาร์จินีน	อะลานีน
ไอโซลิวซีน	ซีสเทอีน	กรดแอสพาร์ติก
ลิวซีน	กลูตามีน	แอสพาราจีน
ไลซีน	ไกลซีน	กรดกลูตามีน
เมไทโอนีน	โพรลีน	เซรีน
ฟีนิลอะลานีน	ไทโรซีน	
ทรีโอนีน		
ทริптоเฟน		
วาเลีน		

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

ตารางที่ 2 กรดอะมิโนจำเป็น (ESSENTIAL AMINO ACIDS -EAAs) เปรียบเทียบกับโปรตีนรวมทั้งหมด (ร้อยละ)



ที่มา : 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.

โปรตีนจากแหล่งที่มาต่างก็มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในอัตราที่แตกต่างกันไปด้วย โดยโปรตีนจากสัตว์มักมีกรดอะมิโนที่จำเป็นในอัตราส่วนที่สูงกว่าโปรตีนที่ได้จากพืช¹⁷ หลักฐานทางวิทยาศาสตร์บ่งชี้ว่า อาหารที่มีโปรตีนสูงจะมีประโยชน์ด้านสุขภาพมากขึ้นหากโปรตีนที่บริโภคเข้าไปนั้นเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง และเป็นโปรตีนแบบสมบูรณ์^{18,28} ปัจจุบันการวัดคุณภาพโปรตีนในสหรัฐอเมริกาใช้ค่า PDCAA ที่แสดงความสามารถในการย่อยโปรตีนกับกรดอะมิโน (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score -PDCAAS)¹⁹

เมื่อพิจารณาปริมาณของกรดอะมิโน (AA) ประกอบกับความ สามารถในการย่อย (digestibility) และความสามารถเชิงชีวภาพ (bioavailability) แล้วพบว่า โปรตีนมีความแตกต่างกัน โดย โปรตีนจากสัตว์ถือว่ามีคุณภาพสูง มีองค์ประกอบโปรตีนสมบูรณ์ เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน ขณะที่โปรตีนจากพืช (ยกเว้นโปรตีนจากถั่ว) มักมีคุณภาพต่ำกว่าโปรตีนนม และมีสารอาหารไม่ครบถ้วนเนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณที่น้อยกว่าที่ร่างกายต้องการ โปรตีนจากนมวัว (เวย์และเคซีน) นั้นมีค่าคะแนนแสดงคุณภาพโปรตีน (PDCAAS) สูงสุด นั่นคือ 1.0

แม้ว่าโปรตีนนมจะมีคุณค่าในระดับดีเยี่ยมตามวิธีการประเมิน ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากหน่วยงานสากลในระดับสากลต่างๆ เช่น องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations -FAO) แต่การประเมินด้วยวิธี PDCAAS ก็มีข้อจำกัดหลายประการ ประการแรกคือ วิธีนี้วัดจากความสามารถในการย่อยโปรตีนหยาบตลอด กระบวนการ (วัดประสิทธิภาพการย่อยจากมูลวัว) อย่างไรก็ตาม ในการวัดความสามารถในการย่อยกรดอะมิโนจำเป็นที่แม่นยำที่สุด จะอยู่บริเวณลำไส้เล็ก (ลำไส้เล็กส่วนปลาย) เนื่องจากกรดอะมิโนจำเป็นนั้น สามารถดูดซึมได้ที่บริเวณลำไส้เล็กเท่านั้น นอกจากนี้กระบวนการหมักย่อยสำคัญที่เกิดขึ้นในระบบทางเดินอาหารส่วนท้ายก็มีผลต่อการขับถ่ายกรดอะมิโนจำเป็นที่พบในมูลวัวด้วย (fecal AAs excretion)

ประการที่สอง ความสามารถในการย่อยโปรตีนหยาบไม่ได้ชี้วัดความสามารถในการย่อยกรดอะมิโนจำเป็นทั้งหมดเสมอไป เนื่องจากกรดอะมิโนจำเป็นแต่ละชนิดมีค่าประสิทธิภาพการย่อยต่างกัน ประการที่สาม ค่าคะแนน PDCAAS ที่ใช้เป็นเกณฑ์นั้นมีเพดานค่าคะแนนสูงสุดที่ 1.0 แต่ในความเป็นจริงแล้วโปรตีนบางชนิดโดยเฉพาะโปรตีนนมมีค่าคะแนนสูงเกินกว่า 1.0 ดังนั้นการกำหนดเพดานคะแนนสูงสุดเพียง 1.0 จึงเป็นการตัดโอกาสในการคัดแยกระดับคุณภาพของโปรตีนที่มีคุณภาพสูง ประการที่สี่ การแปรรูปอาหารบางครั้งมีผลทำให้ค่าความสามารถเชิงชีวภาพ (bioavailability) ของกรดอะมิโนจำเป็นลดลง แต่การประเมินไม่ได้นำมาพิจารณา เมื่อรวมข้อจำกัดต่างๆ เข้าด้วยกันก็ทำให้ค่าคะแนน PDCAAS ของโปรตีนคุณภาพสูง มีผลคะแนนต่ำกว่าความเป็นจริง และทำให้โปรตีนคุณภาพต่ำว่ามีค่าคะแนนสูงเกินไป^{19,20,21}

ด้วยข้อจำกัดของวิธีประเมิน PDCAAS ดังกล่าว ทำให้องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้จัดประชุมคณะผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาวิธีแก้ไข คณะผู้เชี่ยวชาญจึงได้เสนอแนะวิธีการวัดคุณภาพโปรตีนแบบใหม่มาใช้แทน นั่นคือ การวัดความสามารถในการย่อยกรดอะมิโนจำเป็น (Digestible Indispensable Amino Acid Score -DIAAS)²² วิธีประเมินนี้พิจารณาข้อจำกัดของวิธี PDCAAS รวมถึงการประเมินคุณภาพโปรตีนที่อ้างอิงความสามารถในการย่อยกรดอะมิโนจำเป็นเฉพาะที่เกิดขึ้นบริเวณลำไส้เล็ก (ปลายลำไส้เล็ก) (ไม่ได้พิจารณาการย่อยโปรตีนหยาบของระบบการย่อยทั้งระบบ) การวัดเช่นนี้จึงสามารถแปรผลว่าด้วยคุณภาพโปรตีนที่เกิดจากการแปรรูปและเพดานคะแนนที่กำหนดไว้สูงสุดที่ 1.0 อย่างไรก็ตามก็ควรมีการศึกษาความสามารถในการย่อยสำหรับแหล่งโปรตีนทางเลือกใหม่ๆ เพิ่มเติม

ตารางที่ 3 PDCAAS จากแหล่งอาหารที่มีโปรตีนทั่วไป

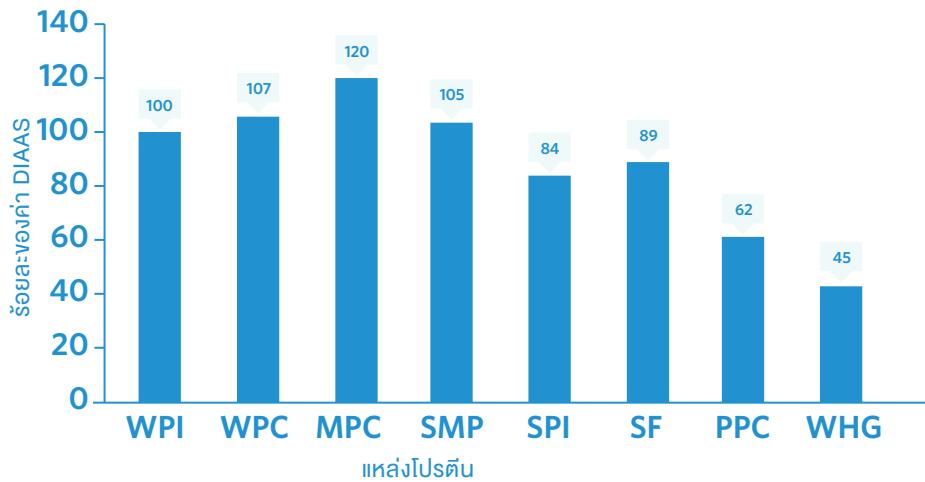
แหล่ง	PDCAAS
นม	1.00
เวย์	1.00
ไข่	1.00
โปรตีนถั่วเหลืองไฮโซเลต	1.00
เคซีน	1.00
เนื้อวัว	0.92
ถั่วเหลือง	0.91
ถั่วพี	0.67
ข้าวโอ๊ต	0.57
ข้าวสาลีไม่ขัดสี	0.45

ที่มา : 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

ข้อแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพด้านคุณค่าทางของวิธีประเมินแบบ PDCAAS เทียบกับ DIAAS	ความสามารถในการย่อยโปรตีนกับกรดอะมิโน (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score-PDCAAS)	ความสามารถในการย่อยกรดอะมิโนจำเป็น (Digestible Indispensable Amino Acid Score -DIAAS)
	วัดจากความสามารถในการย่อยในลำไส้เล็กทั้งหมด	วัดจากความสามารถในการย่อยกรดอะมิโนเฉพาะบริเวณปลายลำไส้เล็กเท่านั้น ซึ่งถือว่าเหมาะสมหากพิจารณาถึงกระบวนการย่อยบริเวณปลายลำไส้เล็กทั้งหมด เนื่องจากกรดอะมิโนสามารถดูดซึมได้บริเวณลำไส้เล็กเท่านั้น และกระบวนการหมักย่อยที่สำคัญเกิดขึ้นที่ระบบทางเดินอาหารส่วนท้ายซึ่งก็มีผลต่อปริมาณการขับถ่ายกรดอะมิโนที่ออกมาพร้อมมูลสัตว์
	พิจารณาถึงความสามารถในการย่อยโปรตีนหยาบ โดยไม่ได้พิจารณาว่ากรดอะมิโนแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพการย่อยที่ต่างกัน	พิจารณาถึงความสามารถในการย่อยกรดอะมิโนแต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกัน
	ค่าเพดานคะแนนสูงสุดคือ 1.0	ไม่มีเพดานคะแนน
	ไม่ได้แยกคุณค่าสัมพัทธ์ของโปรตีนคุณภาพสูง (กรณีที่มีค่าคะแนน >1.0)	มีการแยกคุณค่าสัมพัทธ์ที่ต่างกันของโปรตีนที่มีคุณภาพสูง (คะแนนสูงกว่า 1.0) ดังนั้นจึงมีการคิดคะแนนให้กับโปรตีน โดยคำนึงคุณค่าของโปรตีนในกรณีที่ได้กรดอะมิโนจากแหล่งโปรตีนอื่นๆ ในอาหารที่สมกัม
	ไม่ได้พิจารณาอิทธิพลของการแปรรูปอาหาร ซึ่งอาจมีผลต่อชีวประสิทธิภาพของกรดอะมิโนบางชนิด	คิดรวมค่าคะแนนการดัดแปลงที่เกิดจากการแปรรูปอาหาร
	ใช้เกณฑ์ว่าด้วยการความต้องการกรดอะมิโนสำหรับเด็กอายุ 1 - 2 ขวบในการประมาณค่า PDCAAS ในมนุษย์	พิจารณาความต้องการกรดอะมิโนและรูปแบบคะแนน (เงื่อนไขสำหรับกลุ่มอายุต่างๆ)

ที่มา :Mathai, JK, et al., Br J Nutr 2017 and Rutherford, SM, et al., J Nutr 2015.

ตารางที่ 4 คุณภาพของโปรตีนจากแหล่งที่มาทั่วไป คิดเป็นร้อยละของค่าคะแนนกรดอะมิโนจำเป็นซึ่งสามารถย่อยได้ (DIAAS)



รหัส: WPI=โปรตีนเวย์ไอโซเลต WPC=โปรตีนเวย์ชนิดเข้มข้น MPC=โปรตีนนมชนิดเข้มข้น SMP=นมผงพร่องมันเนย SPI=โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต PPI=โปรตีนถั่วฟิไอโซเลต WHG:ข้าวสาลีไม่ขัดสี

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

ร่างกายมนุษย์นำโปรตีนไปใช้อย่างไร

เมื่อบริโภคอาหาร ร่างกายมนุษย์จะย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน (A As) ก่อนดูดซึมและนำไปใช้ ในขณะที่กรดอะมิโนจำเป็น (EA As) มีความสำคัญอย่างยิ่งยวดในการสังเคราะห์โปรตีนกล้ามเนื้อ (MPS) โดยใช้สร้างเสริมและซ่อมแซมเนื้อเยื่อในร่างกาย กลุ่มอะมิโนสายแขนงยาว (BCAAs) ลิวซีน ไอโซลิวซีน และวาเลอีนมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมในกล้ามเนื้อ ตัวอย่างเช่น แผนภาพด้านล่าง แสดงให้เห็น ลิวซีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญต่อการกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์โปรตีนกล้ามเนื้อ

ส่วนใหญ่แล้วโปรตีนจากสัตว์มีลูซีนมากกว่าโปรตีนจากพืช โดยโปรตีนจากพืชมีลูซีนประมาณร้อยละ 6-8 ในขณะที่โปรตีนจากสัตว์มีปริมาณลูซีนร้อยละ 8.5-9 หรือมากกว่าร้อยละ 10 หากเป็นโปรตีนจากผลิตภัณฑ์นม¹⁷ ดังนั้นแหล่งโปรตีนที่มี EAA กรดอะมิโนแขนงยาวกลุ่ม (BCA As) และลูซีนในปริมาณสูง จึงสำคัญอย่างมากในกรณีที่ต้องการสังเคราะห์โปรตีนกล้ามเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (หรือมากที่สุด) หากพิจารณาจากปัจจัยความแข็งแรงและประสิทธิภาพการทำงาน^{23,28}

ภาพที่ 4 การคำนวณโปรตีน 25 กรัมจากแหล่งต่างๆ



ที่มา :Whey Protein Isolate Nutrition Panel. แหล่งอ้างอิง <http://www.gnc.com/whey-protein/GNCProPerformance100WheyIsolate.html>. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28. 2016. แหล่งอ้างอิง <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>.

ปัญหาซ้ำซ้อนของภาวะทุพโภชนาการ

ประชาคมโลกหวังถึงผลกระทบจากภาวะทุพโภชนาการ และการบริโภคมากเกินไปในแต่ละช่วงวัยของมนุษย์ ในปี พ.ศ. 2560 คาดว่ามีคนกว่า 815 ล้านคน ที่ต้องเข้านอนอย่างหิวโหย²⁴ นอกจากนี้ข้อมูลจากองค์การ UNICEF ระบุว่า เด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 156 ล้านคนทั่วโลกอยู่ในภาวะแคระแกรน (เตี้ยเมื่อเทียบกับเกณฑ์อายุ) ส่วนอีก 52 ล้านคน อยู่ในภาวะการเติบโตชะงักงัน (น้ำหนักน้อยเมื่อเทียบกับความสูง)²⁵ นอกจากนี้ยังมีผู้ใหญ่อีกกว่า 462 ล้านคน ที่มีน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์และอีกกว่า 1.9 พันล้านคน ที่อยู่ในภาวะน้ำหนักเกินหรืออ้วน²⁶ หากนำโปรตีนนมที่เป็นโปรตีนคุณภาพสูงไปใช้ในผลิตภัณฑ์สำหรับกลุ่มผู้บริโภคเหล่านี้ก็อาจเป็นประโยชน์ดังที่ได้ระบุในการศึกษาที่ตีพิมพ์ต่างๆ เช่น นักวิจัยได้ประเมินผลการศึกษา 6 โครงการจากการรักษาในคลินิก ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กอายุตั้งแต่ 6 เดือนขึ้นไป โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพโปรตีน การเจริญเติบโตเชิงเส้นและการป้องกันภาวะแคระแกรนในเด็ก คณะนักวิจัยได้สรุปว่า โปรตีนนมมีส่วนทำให้เด็กมีความสูงเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มเด็กที่มีภาวะโภชนาการบกพร่อง²⁷

ในกลุ่มผู้ใหญ่จำเป็นต้องพิจารณามวลกระดูกซึ่งเป็นผลจากการทำงานของกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนกล้ามเนื้อ (MPS) และการย่อยสลายโปรตีนของกล้ามเนื้อ (MPB) ที่ต่อเนื่องและเกิดขึ้นโดยทันที ส่วนต่างสุทธิระหว่างกระบวนการทั้งสองเป็นเกณฑ์พิจารณาว่า มีมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (ค่าส่วนต่างเป็นบวก) ลดลง (ค่าส่วนต่างเป็นลบ) หรือคงที่ ทั้งนี้อัตราส่วนระหว่าง MPS และ MPB อาจได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ได้แก่ การใช้พลังงานมากกว่าที่บริโภคเข้าไป (energy deficit) การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านและการมีอายุมากขึ้น นอกจากนี้ การบริโภคอาหารที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ การมีภาวะกรดอะมิโนในเลือดสูง (hyperaminoacidemia) เป็นระยะสั้นๆ ก็สามารถกระตุ้นกระบวนการ MPS ได้ ประกอบกับภาวะอินซูลินในเลือดสูง (hyperinsulinemia) ก็สามารถยับยั้งกระบวนการ MPB ได้ซึ่งส่งผลให้ค่าโปรตีนสุทธิเป็นบวก ดังนั้นค่า MPS อนุโลม (differential MPS) ต่อการได้รับโปรตีนเป็นการทำงานอย่างหนึ่ง que แสดงคุณภาพของโปรตีนที่ย่อยได้

หลักฐานทางวิทยาศาสตร์บ่งชี้ว่า โปรตีนจากนมโดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนเวย์อาจกระตุ้นให้เกิดกระบวนการ MPS ได้มากที่สุดเมื่อบริโภค ร่วมกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ดังนั้นจึงช่วยในการสร้างกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ดีเมื่อเทียบกับแหล่งโปรตีนที่ไม่ได้เป็นเนื้อสัตว์^{23,28} การสร้างมวลกล้ามเนื้อตลอดช่วงชีวิต เป็นสิ่งสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพเมื่ออายุเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (meta-analysis) ของการศึกษาจากการรักษาในคลินิก 14 โครงการได้ชี้ให้เห็นหลักฐานที่สนับสนุนว่า การใช้โปรตีนเวย์เสริมร่วมกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านหรือนำมาใช้เพื่อการลดน้ำหนัก/การรักษาระดับน้ำหนักให้เหมาะสมนั้นช่วยส่งเสริมส่วนต่างๆ ของร่างกายได้²⁹

ตารางที่ 5 ปริมาณโปรตีนในอาหารเพื่อเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนกล้ามเนื้อหลังมื้ออาหาร

แหล่งโปรตีน	ปริมาณลิ่วซินเทียบกับโปรตีนโดยรวม (%)	ค่าแทนปริมาณโปรตีนที่มีการย่อยในแต่ละมื้อเป็นลิ่วซิน ~3 ก. (กรัม)	ปริมาณของอาหารที่มีการย่อยระหว่างมื้อ (กรัม)
ข้าวโพด	12.3	25	264
สเปิร์ดธัญพืช	8.5	36	63
ถั่วดำ	8.4	36	167
ข้าว	8.2	37	500
ถั่วเหลือง	8.0	38	104
ถั่วเลนทิล	7.9	39	150
ถั่วพี	7.8	39	180
โอ๊ต	7.7	35	236
ควินัว	7.2	43	302
ถั่วเขียว	6.9	45	121
ข้าวสาลี	6.8	45	299
โมคโคโปรตีน	6.2	49	447
มันฝรั่ง	5.2	58	2891
แหล่งโปรตีนจากสัตว์			
เวย์	13.6	23	27
นม	10.9	28	876
เคซีน	10.2	30	35
เนื้อวัว	8.8	35	164
ไข่	8.5	36	5
ปลาเค็ม	8.1	38	211

ปริมาณของโปรตีนที่มีการย่อยเพื่อเพิ่มอัตรา MPS หลังการออกกำลังกายให้ได้สูงสุดต่อปริมาณที่บริโภค (ในเด็ก) จัดลำดับข้อมูลจากแหล่งที่มีปริมาณลิ่วซินสูงสุดไปต่ำสุด แหล่งอาหารที่มีลิ่วซินสูงเป็นการชี้ว่า ต้องการโปรตีนอาหารจากแหล่งดังกล่าวในปริมาณน้อยกว่าแหล่งอื่นในการเพิ่มอัตรากระบวนการ MPS หลังมื้ออาหารให้ได้มากที่สุด ในคอลัมน์ที่ 3 (ปริมาณโปรตีนที่สามารถย่อยได้ในแต่ละมื้อ) แสดงค่านิยมทางทฤษฎีที่ใช้โปรตีนเวย์เป็นมาตรฐานอ้างอิง ปริมาณโปรตีนที่ระบุพิจารณาจากปริมาณที่จำเป็นต่อบริโภคให้เท่าๆกับปริมาณลิ่วซินที่พบในโปรตีนเวย์หนัก 23 กรัม (~3 กรัม) ค่าที่แสดงสำหรับเวย์และเคซีนกำหนดให้มาจากแหล่งโปรตีนไอโซเลต ในขณะที่ค่าอื่นแสดงโปรตีนอื่นที่มากับอาหาร ปริมาณการสังเคราะห์โปรตีนกล้ามเนื้อ (MPS) จำนวนไข่ (ฟอง)

ที่มา :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.

เนื่องจากการคาดการณ์ว่า ประชากรทั่วโลกที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จะเพิ่มจำนวนขึ้นจากเดิมที่มีอยู่ 962 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2560 เป็นจำนวนราว 2.1 พันล้านในปี พ.ศ. 2593 ภาวะการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อในกลุ่มผู้สูงอายุหรือที่รู้จักกันว่า ภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (sarcopenia) อาจส่งผลเสียต่อการทำกิจกรรมประจำวัน³⁰ จากข้อมูลของสำนักงานสำรวจสุขภาพและโภชนาการแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. National Health and Nutrition Examination Survey-NHANES) ระบุว่า ผู้ใหญ่กลุ่มผู้สูงอายุไม่ได้บริโภคโปรตีนในปริมาณที่เพียงพอ และมักมีการบริโภคโปรตีนเป็นอาหารมื้อเย็น พฤติกรรมนี้ส่งผลทำให้ผู้ใหญ่ได้รับโปรตีนที่ให้พลังงานต่ำกว่าที่ร่างกายต้องการ³¹ แม้การบริโภคอาหารที่มีโปรตีนสามารถช่วยกระตุ้นกระบวนการ MPS ได้แต่ผู้ใหญ่มีการตอบสนองต่อผลของโปรตีนในกระบวนการ MPS น้อยกว่ากลุ่มอื่น³² การบริโภคโปรตีนคุณภาพสูงในปริมาณที่มากขึ้นได้แสดงให้เห็นว่า สามารถรักษามวลกล้ามเนื้อในกลุ่มผู้สูงอายุได้²⁸ การบริโภคอาหารโปรตีนจากสัตว์มากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อรวมกับการทำกิจกรรมต่างๆ ก็มีผลเกี่ยวข้องในเรื่องการรักษามวลกล้ามเนื้อ และกลไกในร่างกายของผู้สูงอายุ³³

แหล่งโปรตีนที่เป็นพืชบางชนิด (เช่น ถั่วเหลือง ถั่วพี และข้าว) มีคุณสมบัติต่อต้านการดูดซึมอาหาร จึงจำเป็นต้องผ่านการแปรรูปเพิ่มเติมเพื่อขจัดปัจจัยเหล่านี้ออกไป ทั้งนี้การแปรรูปดังกล่าว อาจมีผลต่อความสามารถในการย่อยและการรักษาลิวซีนเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนเวย์¹⁷ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการบริโภคโปรตีนจากพืชในปริมาณที่มากขึ้นเพื่อทำให้เกิดผลทางคลินิกในระดับเดียวกันกับโปรตีนนม^{17,34}

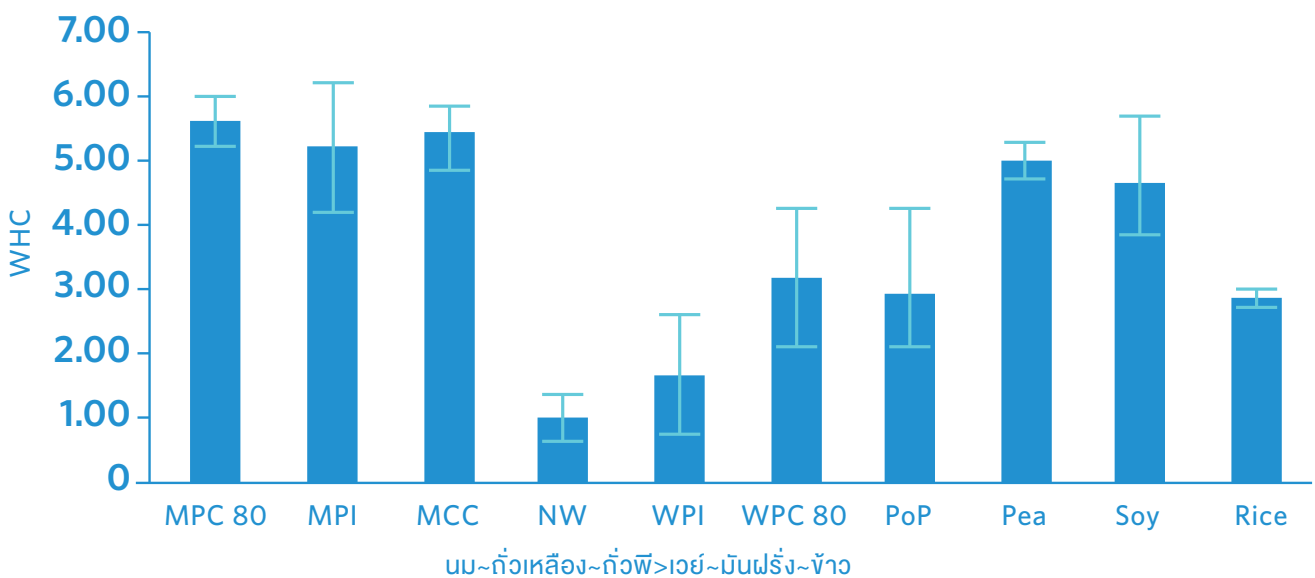
รูปแบบการก่อกวน: คุณลักษณะที่ให้ผลการทำงานสูงสุด

การคัดเลือกส่วนผสมอาหารที่เหมาะสม มีผลต่อรสชาติ และคุณค่าทางอาหารซึ่งส่งผลต่อความนิยมในตัวผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาในปี 2017³⁵ ที่ศึกษาลักษณะรวมทั้งเปรียบเทียบและแบ่งแยกคุณลักษณะด้านการทำงานและการรับรสในหมู่ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนม และพืชที่จำหน่ายในตลาดกลุ่มต่างๆ โดยได้ประเมินตัวอย่างส่วนผสมโปรตีนที่จำหน่ายจำนวน 30 รายการในหมวดโปรตีน MPI โปรตีน MPC 80% เคซีน MCC โปรตีนเวย์จากนม (เวย์เนทีฟ) โปรตีน WPI โปรตีน WPC 80% โปรตีนจากมันฝรั่งมีค่าโปรตีนระหว่าง 77-89% โปรตีนถั่วพีที่มีค่าโปรตีนระหว่าง 70-76% โปรตีนถั่วเหลืองที่มีค่าโปรตีนระหว่าง 80-90% และโปรตีนข้าว 83% พบว่าลักษณะทางกายภาพ ค่าพีเอช (ระหว่าง 5-7) ความหนืด ความคงตัวของสถานะความเป็นนม การเกิดเจลและการเกิดฟองอากาศของโปรตีน มีความแตกต่างกันไปตามประเภทของนม เวย์ และแหล่งโปรตีนที่เป็นพืช อย่างไรก็ตามโปรตีนต่างๆ เหล่านี้ มีความแตกต่างกันที่น่าสนใจในเรื่อง ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความคงตัวเมื่อได้รับความร้อน

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WATER HOLDING CAPACITY)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity -WHC) คือ ความสามารถของส่วนประกอบอาหารในการดูดซับและเกาะน้ำหรือความชื้นไว้ค่า WHC เป็นข้อพิจารณาสำคัญอย่างหนึ่งที่นักกำหนดสูตรอาหารต้องพิจารณาว่าต้องสกัดน้ำออกจากเครื่องต้ม ขนมอบ เนื้อสัตว์ที่สร้างขึ้น (formed meat) ซอส ชุป และน้ำเกรวี่หรือต้องเพิ่มความชื้นในของหวานแช่แข็งในการผลิตขั้นสุดท้ายหรือไม่

ตารางที่ 6 ความสามารถในการอุ้มน้ำ



วิธีการ: Neumann et al., 1984

รหัส: โปรตีนนมไอโซเลต=MPI โปรตีนนมเข้มข้น=MPC 80 เคซีนไมเซลล์เข้มข้น=MCC โปรตีนเวย์จากนม/เนทีฟ เวย์=NW โปรตีนเวย์ ไอโซเลต=WPI โปรตีนเวย์เข้มข้น=WPC 80 โปรตีนจากมันฝรั่ง=PoP โปรตีนถั่วพี=Pea โปรตีนถั่วเหลือง=Soy โปรตีนข้าว=Rice

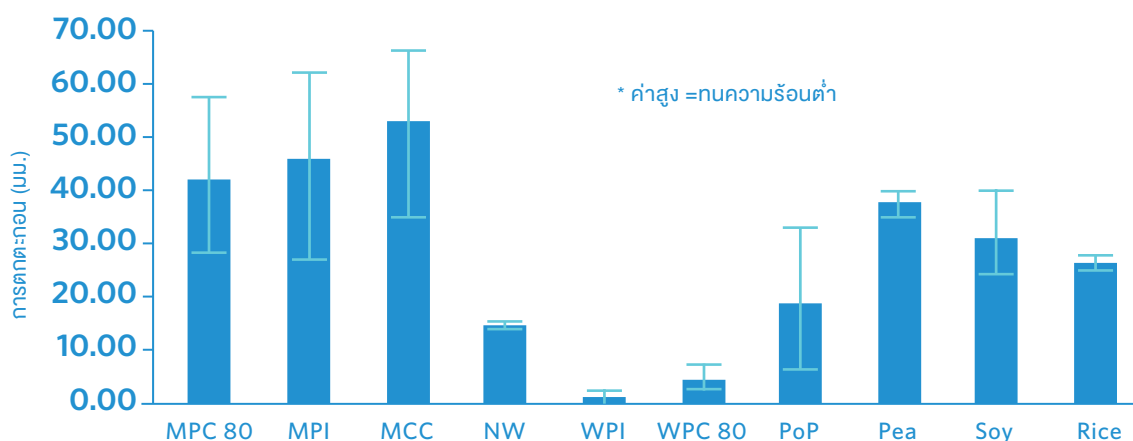
ที่มา: Kapoor, R., Burrington, K.J., Jiang, H., Larson, S., Drake, M.A. 2017. Characterization of functional and sensory properties of select commercial food protein ingredients. 2017 International Whey Conference, Chicago.

โปรตีนจากนม ถั่วเหลือง และถั่วพี ได้แสดงให้เห็นว่า มีค่า WHCs ($p < 0.05$) สูงกว่าเวย์ มันฝรั่งและโปรตีนจากข้าวอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม การแปรรูปโดยใช้ความร้อนก่อนบรรจุอาจมีผลต่อการทำงานของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย ลักษณะเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่ม (RTD)

ความคงตัวต่อความร้อน

การพาสเจอร์ไร้นั้นมีวิธีการพื้นฐาน 4 วิธีคือ การทำให้ปลอดเชื้อ การกวน การใช้อุโมงค์พาสเจอร์ไรซ์ และการบรรจุร้อน กรณีการกวน และการบรรจุร้อนนั้น นำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปโดยที่มีค่าพีเอชเป็นกลางระหว่าง 4.6 ถึง 7.5 ส่วนการใช้อุโมงค์พาสเจอร์ไรซ์และการบรรจุร้อนซึ่งใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าในการแปรรูปนั้น ผลิตภัณฑ์ต้องมีค่าพีเอชที่เป็นกรดระหว่าง 2.8 ถึง 4.5 เพื่อควบคุมการเติบโตของเชื้อโรค³⁵ ดังนั้นความเข้าใจการทำงานของโปรตีนภายในเงื่อนไขต่างๆ จึงมีความสำคัญต่อการพิจารณาเลือกใช้ส่วนผสม

ตารางที่ 7 ความคงตัวต่อความร้อนเมื่อค่าพีเอชเป็น 3



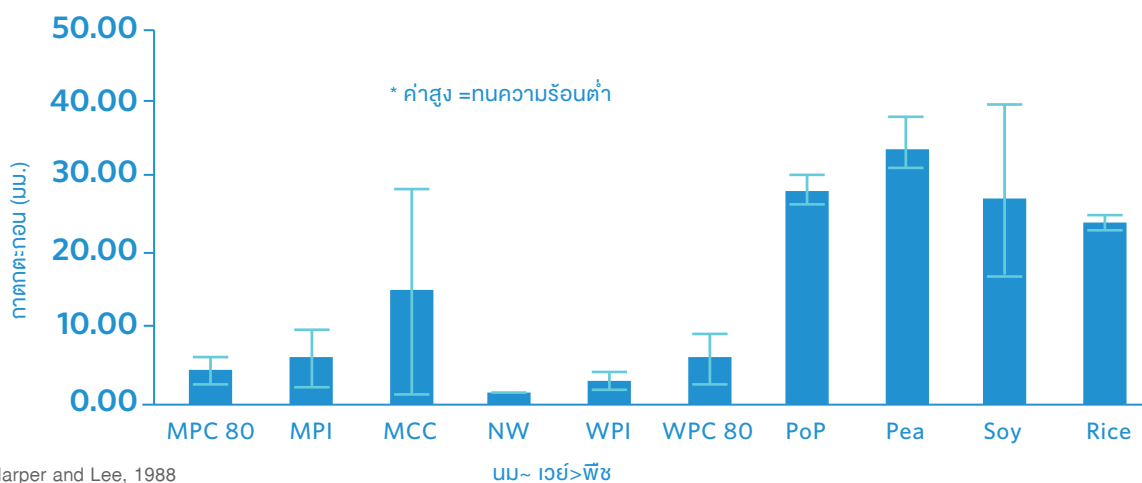
วิธีการ: Harper and Lee, 1988.

รหัส: โปรตีนนมเข้มข้น=MPC 80 โปรตีนนมไอโซเลต=MPI เคซีนไมเซลล์เข้มข้น=MCC โปรตีนเวย์จากนม/เวย์ เนทีฟ=NW โปรตีนเวย์ไอโซเลต=WPI โปรตีนเวย์เข้มข้น=WPC 80 โปรตีนจากมันฝรั่ง=PoP โปรตีนจากถั่วพี=Pea โปรตีนจากถั่วเหลือง=Soy โปรตีนจากข้าว=Rice

ที่มา: 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.

เมื่อค่าพีเอชคือ 3 (จากภาพที่ 8) พบว่า โปรตีนเวย์สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากกว่าโปรตีนจากพืชหรือโปรตีนจากนมอย่างเห็นได้ชัด ($p < 0.05$) ซึ่งหมายความว่า โปรตีนชนิดนี้เหมาะสมกับเงื่อนไขในการแปรรูปที่มีความเป็นกรดสูง (ค่าพีเอชต่ำ)³⁵ นอกจากนี้สารละลายของโปรตีนเวย์ (WPI) ยังคงมีความใสเมื่อค่าพีเอช 3 จึงเหมาะสมกับการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่ม (RTD) ที่มีลักษณะใส

ตารางที่ 8 ความคงตัวเมื่อผ่านความร้อนที่พีเอช 7



วิธีการ: Harper and Lee, 1988

UU~ เวย์>พีช

Key: โปรตีนนมไอโซเลต=MPI โปรตีนนมเข้มข้น=MPC 80 เคซีนไมเซลล์เข้มข้น =MCC โปรตีนเวย์จากนม/เวย์เนทีฟ=NW โปรตีนเวย์ไอโซเลต=WPI โปรตีนเวย์เข้มข้น=WPC 80 โปรตีนจากมันฝรั่ง =PoP โปรตีนจากถั่วพี=Pea โปรตีนจากถั่วเหลือง=Soy โปรตีนจากข้าว=Rice

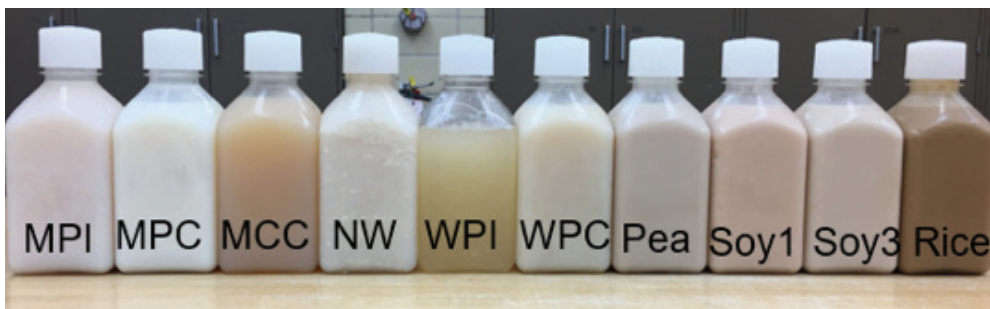
ที่มา: Kapoor, R., Burrington, K.J., Jiang, H., Larson, S., Drake, M.A. 2017. Characterization of functional and sensory properties of select commercial food protein ingredients. 2017 International Whey Conference, Chicago

เมื่อค่าพีเอชเป็น 7 (ตารางที่ 8) โปรตีนจากนมและเวย์มีความคงตัวต่อความร้อนมากกว่าส่วนผสมโปรตีนจากพืช (ค่า $p < 0.05$)³⁵ ด้วยเหตุนี้โปรตีนจากนม โปรตีนเวย์หรืออื่นๆ ที่มีส่วนผสมของโปรตีนเหล่านี้จึงทำงานได้ดีหากต้องผ่านกระบวนการทำให้ปลอดภัย ส่วนการแปรรูปด้วยการกลั่นนั้นเกิดขึ้นเมื่ออาหารอยู่ในบรรจุภัณฑ์ดังนั้นจึงต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือใช้เวลานานเพื่อให้สัมผัสกับความร้อนมากขึ้น ความคงตัวต่อความร้อนนั้นสำคัญอย่างยิ่งต่อผลิตภัณฑ์นมที่ต้องมีการกลั่น ดังนั้นโปรตีนจากนมซึ่งมีเคซีนสูงจึงอาจทำงานได้ดีกว่าส่วนผสมที่มีเคซีนต่ำตามไปด้วย³⁶

การประเมินเครื่องต้ม

เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของโปรตีนนมที่อยู่ในกระบวนการแปรรูปเพื่อผลิตเป็นเครื่องดื่มนั้น ได้มีการนำโปรตีนที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดตามเกณฑ์การประเมินความคงตัวต่อความร้อน (benchtop heat stability evaluation) มาใช้เพื่อกำหนดสูตรผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่ม (RTD) ที่มีโปรตีนร้อยละ 5 โดยมีค่า พีเอช 3 และพีเอช 7³⁷ กรณีเครื่องดื่มน้ำที่มีค่าพีเอชเป็นกลาง มีการใส่น้ำตาล รสวานิลลาจากธรรมชาติ เติมโตโปแตสเซียม ฟอสเฟตและเจลแลน กัม (gellan gum) เพื่อให้มีลักษณะคล้ายกับเครื่องดื่มน้ำที่แต่งรส และสารคงตัว เพื่อเหตุผลทางการค้า หลังจากนั้นได้นำเครื่องดื่มนมที่แปรรูปโดยใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ (ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส/284 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 6 วินาที) กรณีของเครื่องดื่มนมที่มีความเป็นกรดสูง มีการใส่น้ำตาล สารแต่งกลิ่นรสมะม่วงดิบธรรมชาติ และกรดฟอสโพลิก 85% เพื่อแต่งรสและทำให้มีค่าความเป็นกรดที่พีเอช 3 สูตรเครื่องดื่มนมที่มีค่าความเป็นกรดสูงจะผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนเพื่อให้มีสภาพเหมือนการบรรจุร้อน (อุณหภูมิ 82 องศาเซลเซียส/180 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 2 นาที) ทั้งนี้มีการประเมินลักษณะทางกายภาพและความคงตัวว่าด้วยอายุผลิตภัณฑ์ของเครื่องดื่มนมที่แปรรูปด้วยความร้อนหลังจากการที่มีการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (113 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นเวลา 1 เดือน

ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่มที่มีค่าพีเอชตามธรรมชาติ (พีเอช 7)



รหัส: โปรตีนนมไอโซเลต=MPI โปรตีนนมเข้มข้น=MPC เคซีนไมเซลล์เข้มข้น=MCC โปรตีนเวย์นม/เนยที่ฟ เวย์=NW โปรตีนเวย์ไอโซเลต=WPI โปรตีนเวย์เข้มข้น=WPC Pea=โปรตีนถั่วพี โปรตีนถั่วเหลือง =Soy1 และ Soy3 โปรตีนข้าว=Rice
ที่มา: Burrington, K.J. 2017. Characterization of Functional and Sensory Properties of Select Commercial Food Protein Ingredients. นำเสนอที่ the WI Center for Dairy Research, Research Forum, November 14, 2017.

ก่อนแปรรูปด้วยความร้อนพบว่า โปรตีนจากมันฝรั่ง 1 ตัวอย่างและโปรตีนจากถั่วพี 1 ตัวอย่างมีการแยกตัวโดยทันที จึงคัดออกจากการประเมินอายุผลิตภัณฑ์ ส่วนตัวอย่างโปรตีนจากมันฝรั่งอีก 1 ตัวอย่าง เกิดอุตุตันระหว่างขั้นตอนการแปรรูป โดยใช้ความร้อนจึงคัดออกจากการประเมินเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า โปรตีนจากข้าวจะมีความหนืดมากกว่าโปรตีนที่มาจากแหล่งอื่นๆ นอกจากนี้กรณีที่มีค่าพีเอชเป็นกลาง สีก็จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของโปรตีน และในบางกรณีอาจพบว่า มีรสขมมากขึ้นหลังการแปรรูปด้วยความร้อน³⁷ ดังนั้นข้อมูลเหล่านี้จึงเป็นข้อควรพิจารณาสำคัญในการกำหนดสูตรอาหารเนื่องจากอาจต้องใส่สีและ/หรือสิ่งกลบรสขึ้นอยู่กับโปรตีนที่เลือกมาใช้

ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่มที่มีความเป็นกรดสูง (พีเอช 3)



รหัส: นม โปรตีนเวย์/เนยที่ฟ เวย์=NW โปรตีนเวย์ไอโซเลต=WPI4 โปรตีนเวย์เข้มข้น=WPC2 โปรตีนจากมันฝรั่ง=PoP1 โปรตีนถั่วเหลือง=Soy1 โปรตีนถั่วพี=Pea3 โปรตีนข้าว=Rice1

ที่มา: Burrington, K.J. 2017. Characterization of Functional and Sensory Properties of Select Commercial Food Protein Ingredients. นำเสนอที่ the WI Center for Dairy Research, Research Forum, November 14, 2017

เมื่อนำโปรตีนไปใช้กำหนดสูตรเครื่องดื่มน้ำที่แปรรูปโดยใช้ความร้อนซึ่งมีความเป็นกรดสูง มีค่าพีเอชต่ำ พบว่า โปรตีนจากข้าวแยกชั้นทันที ส่วนโปรตีนจากถั่วพีจะแยกชั้นเมื่อทิ้งไว้ข้ามคืนหลังวันเริ่มการทดลอง (วันที่ 0) สำหรับโปรตีนชนิดอื่นยังคงละลายน้ำ สำหรับโปรตีนเวย์จากนม (เวย์ เนทีฟ) โปรตีนเวย์ไอโซเลต (WPI) และโปรตีนจากมันฝรั่งพบว่า มีความใสมากกว่าโปรตีนจากแหล่งอื่น³⁷

การประเมินอาหารชนิดแห้ง

มีการนำัญชีชนิดแห้งมาประเมินเพื่อหาส่วนผสมอาหารชนิดโปรตีนที่วางขายทั่วไปในท้องตลาดตามค่ามาตรฐาน (standard nutrition bar application) โดยกำหนดสารอาหารเป้าหมายให้มีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 40 โปรตีนร้อยละ 30 และไขมันร้อยละ 30 ของพลังงาน³⁷ เนื่องจากส่วนประกอบอาหารที่เป็นโปรตีนแต่ละชนิดนั้นมีลักษณะเฉพาะ ดังนั้นสูตรอาหารแต่ละสูตรจึงคิดขึ้นโดยคำนึงถึงความแตกต่างของโปรตีนและปริมาณพลังงาน มีการรักษาระดับน้ำตาลฟรุกโตสเหลว (องค์ประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรต) ไว้ที่ร้อยละ 52 นอกจากนี้ได้ปรับปริมาณน้ำมันคาโนลา (ไขมัน) ของแต่ละสูตรโดยคำนึงถึงความแตกต่างของโปรตีนที่เป็นส่วนผสมแต่ละชนิด แล้วมีการชั่งน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดก่อนที่จะผสมในเครื่องผสมอาหารมาตรฐานที่ใช้ในครัว (Kitchen Aid Professional Mixer) ซึ่งใช้ความเร็วระดับ 3 นาน 30 วินาที เมื่อผสมแล้วได้ชั่งน้ำหนักอีกครั้งและแบ่งอาหารออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน (ส่วนละ 25 กรัม) ก่อนบรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 1 ออนซ์ (28 กรัม) ผลปรากฏว่า ได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกันกับสูตรอาหารกลุ่มเครื่องดื่มน้ำ กล่าวคือส่วนประกอบอาหารกลุ่มโปรตีนต่างๆ ให้สีที่แตกต่างกัน

จากนั้นนำถ้วยที่ทำการทดลองไปผึ่งในภาชนะที่เป็นโลหะก่อนเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง โดยใช้ตัวอย่างที่มีส่วนผสมเป็นโปรตีนแต่ละชนิดอย่างละ 1 ตัวอย่างโดยควบคุมให้เก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมงก่อนที่จะวิเคราะห์ความแข็งของอาหารชนิดแห้งโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TA.XT Plus Texture Analyzer) ที่ผลิตโดยบริษัทแท็กเซอร์ เทคโนโลยี (Texture Technologies) นอกจากนี้ยังมีการทดลองโดยใช้ตัวอย่างที่เหมือนกันอีก 3 ตัวอย่างซึ่งเก็บไว้นาน 30 วัน ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยวิธีการเดียวกัน

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของอาหารชนิดแห้ง

จากการทดสอบแบบรวบรัดเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษา พบว่ามีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ($p < 0.001$) ระหว่างโปรตีนที่มาจากแหล่งต่างๆ³⁷ โดยโปรตีนจากนม และพีช มีความแข็งมากขึ้นเมื่อเทียบกับโปรตีนเวย์ซึ่งยังมีความนุ่มหลังทดสอบ นอกจากนี้พบว่า โปรตีนจากถั่วเหลืองและโปรตีนจากมันฝรั่งให้ผลแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรตรวจสอบให้ดีเมื่อพิจารณาแหล่งโปรตีนเพื่อใช้งาน

ผลทางประสาทสัมผัส: การประเมิน

ความพึงพอใจของผู้บริโภคเป็นหัวใจหลักกว่าผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มน้ำนั้นๆ จะประสบความสำเร็จหรือไม่ การทดสอบเบื้องต้นนั้นได้ใช้โปรตีนเข้มข้นโดยให้มีค่าความแข็งร้อยละ 10 ก่อนทำการประเมินซ้ำโดยใช้อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส (70 องศาฟาเรนไฮต์) ทั้งหมด หลังจากนั้นให้คณะนักทดสอบผลทางประสาทสัมผัส ที่ผ่านการอบรมมาอย่างเหมาะสมทำการประเมินเพื่อบันทึกคุณลักษณะด้านรสชาติ

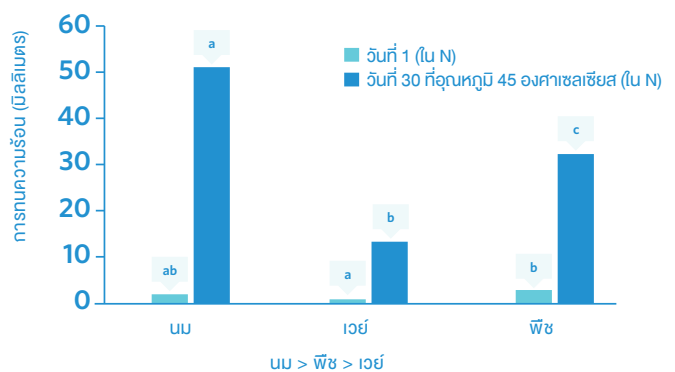
ภาพที่ 12 ความแตกต่างของสี



รหัส: โปรตีนนมไอโซเลต=MPI1-3 โปรตีนนมเข้มข้น=MPC1-3 เคซีนไมเซลล์เข้มข้น=MCC1-4 โปรตีนเวย์ไอโซเลต=WPI1-4 โปรตีนเวย์เข้มข้น=WPC1-3 โปรตีนเวย์นม/เนทีฟเวย์=NW1 โปรตีนถั่วเหลือง=Soy1-4 โปรตีนถั่วพี=Pea1-4, โปรตีนจากมันฝรั่ง=PoP1-3 โปรตีนข้าว=Rice1

ที่มา: Burrington, K.J. 2017. Characterization of Functional and Sensory Properties of Select Commercial Food Protein Ingredients. นำเสนอที่ the WI Center for Dairy Research, Research Forum, November 14, 2017.

ภาพที่ 13 ความแข็งของอาหารแห้ง



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

นอกจากนี้ยังเพิ่มการประเมินการรับผลทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคเพิ่มเติมอีก (N=105 คน) โดยใช้ผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่มในตลาด 4 ชนิด ผลจากการประเมินพบว่า กลุ่มตัวอย่างพึงพอใจผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่มที่มีโปรตีนจากพืชน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่มที่มีโปรตีนจากนม ($P < 0.05$) เมื่อพิจารณาจากปัจจัยรูปลักษณะ รส และเนื้อสัมผัส/ความรู้สึกเมื่อสัมผัสโดยรวม³⁵

หากพิจารณาการนำไปใช้งานและลักษณะกลิ่นที่ต้องการแล้ว โปรตีนจากพืชจำเป็นต้องแต่งรสเพิ่ม ใส่สารคงตัว (stabilizers) และสารกลบรส (masking agents) เพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับ ซึ่งก็อาจส่งผลให้เกิดต้นทุนเพิ่มและ/หรือมีผลกับการบรรยายลักษณะของส่วนผสม (ingredient statements) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องประสานงานกับผู้ประกอบการรายอื่น เพื่อปรับสูตรผลิตภัณฑ์เนื่องจากส่วนผสมที่เป็นโปรตีนในโปรตีนชนิดเดียวกันยังมีความแตกต่างหลากหลาย

ความหลากหลายในการใช้งาน: ศักยภาพการนำไปใช้งานได้หลากหลายเพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่วางจำหน่ายระดับโลกที่อ้างว่ามี “โปรตีนเสริม” หรือมีโปรตีน “สูง” มีสัดส่วนเดบิตโซขึ้นกว่า 2 เท่า ระหว่างปี พ.ศ.2556 ถึง พ.ศ. 2560 ทำให้มีการนำโปรตีนจากแหล่งใหม่ๆ ไปใช้อย่างกว้างขวาง สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มสำหรับมนุษย์นั้น โปรตีนจากพืชตั้งเป้านำไปใช้ในกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อ เครื่องดื่มและขนมอบ ในขณะที่โปรตีนนมมักถูกนำไปใช้กับเครื่องดื่มของหวานแช่แข็ง และอาหารชนิดแห้งอย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามรสชาติก็ยังเป็นปัจจัยแรกสำหรับโปรตีนทุกชนิดในการนำผลิตภัณฑ์ใหม่สู่ตลาดให้ประสบความสำเร็จ³⁶ เนื่องจากนมมีส่วนประกอบที่โดดเด่นของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเกลือแร่ จึงทำให้ส่วนผสมอาหารที่มาจากนมสามารถให้สารอาหาร มีการทำงานและมีรสชาติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ที่หลากหลาย นอกจากนี้ส่วนผสมอาหารที่เป็นโปรตีนจากนมยังมีลักษณะหลากหลายทั้งที่เป็นโปรตีนเข้มข้น ไอโซเลตหรือไฮโดรไลซ์ มีคุณสมบัติในการทำใหฟู การทำละลาย การเกิดเจล ยืดน้ำไว้หรือคงสภาพการละลายไว้ภายใต้สภาพเงื่อนไขต่างๆ³⁹



กาแฟมอคค่า

ผงผสมอาหารและเครื่องดื่มชนิดผง

ส่วนผสมอาหารที่เป็นโปรตีนจากนม อาจนำมาใช้ในสูตรผงแบบผสมเพื่อเพิ่มโปรตีนและเกลือแร่ ที่มีต้นทุนไม่สูง ในกรณีที่ต้องการให้สูตรมีความข้นหนืดในปาก ควรเลือกโปรตีนจากนมเนื่องจากสามารถยืดน้ำไว้ได้ดีกว่าโปรตีนเวย์ สำหรับโปรตีนเวย์นั้นเหมาะกับอาหารที่ไม่ต้องการให้ข้นมากนักเมื่อนำโปรตีนเวย์มาผสมน้ำหรือในกรณีที่ส่วนผสมลำดับสุดท้ายมีการเติมสารเพิ่มความข้นหนืดเนื่องจากโปรตีนยังละลายน้ำได้แม้เมื่อพีเอชต่ำกว่า 4.6



เครื่องดื่มผสมน้ำผึ้งก่อนนอน

ผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่มที่มีความเป็นกรดต่ำ

ผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่ม (RTD) สามารถทำให้ปลอดเชื้อ บรรจุร้อนและพาสเจอร์ไรซ์โดยวิธียูเอชทีและ/หรือการกลั่น เพื่อให้มั่นใจว่าปลอดภัย สำหรับโปรตีนนมที่มีเคซีนในระดับที่สูง จึงคงตัวต่อความร้อนมากกว่าโปรตีนอื่น ในกรณีนำมาใช้กับเครื่องดื่มที่มีค่าพีเอชเกินกว่า 6 ดังนั้นจึงมีการนำโปรตีนนมมาใช้กับเครื่องดื่มที่มีความเป็นกรดต่ำเช่นเดียวกับโปรตีนไมเซลล์เข้มข้น (MPC) โปรตีนไมเซลล์ไอโซเลต (MPI) หรือเคซีนไมเซลล์เข้มข้น (MCC) ซึ่งมีการพาสเจอร์ไรซ์โดยวิธีใช้อุณหภูมิสูงมาก (UHT) หรือแปรรูปด้วยการกลั่น สำหรับโปรตีนเวย์นั้นสามารถนำมาใช้กับสูตรเครื่องดื่มเหล่านี้โดยใช้ร่วมกับโปรตีนนม (ให้ผสมอย่างน้อยร้อยละ 50) เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถคงตัวต่อความร้อน เมื่อใช้ผงโปรตีนนมมาประกอบเข้ากับผลิตภัณฑ์ชนิดพร้อมดื่มต้องคนส่วนผสมให้ดีและต้องใช้เวลาในการดูดซับน้ำ (ประมาณ 60 นาที ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสหรือ 122 องศาฟาเรนไฮต์) ก่อนแปรรูปเพื่อให้มั่นใจว่า โปรตีนจะละลายได้ดีเมื่อผ่านความร้อน⁴⁰

เครื่องดื่มซึ่งมีความเป็นกรดสูง (เครื่องดื่มกรดสูง)

กรณีของเครื่องดื่มซึ่งมีความเป็นกรดสูง (ค่าพีเอช < 4.6) โปรตีนเวย์ เช่น โปรตีนเวย์ชนิดเข้มข้น (WPC) โปรตีนเวย์ไอโซเลต (WPI) หรือโปรตีนเวย์จากนม (เนทีฟ เวย์) เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดเนื่องจากรักษาความสามารถในการละลายได้ที่ช่วงค่าพีเอชต่ำ สิ่งสำคัญคือต้องให้โปรตีนได้ดูดซับน้ำอย่างเหมาะสม (ประมาณ 30 นาที) ก่อนที่จะแปรรูปแบบบรรจุร้อนเพื่อยืดอายุผลิตภัณฑ์⁴⁰ ถ้าเป็นเครื่องดื่มที่มีค่าพีเอชน้อยกว่า 3.5 นั้น โปรตีนเวย์ไอโซเลต (WPI) อาจเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดเนื่องจากมีปริมาณไขมันต่ำที่สุด และโมเลกุลโปรตีนมีประจุบวกมากกว่าซึ่งยับยั้งการเกิดไฟฟ้าสถิตและทำให้เครื่องดื่มยังคงความใสไว้ได้



ชาเขียวกลิ่นมะม่วงชนิดใส



เพชรเชิลชนิดโปรตีนนุ่ม

การนำไปใช้กับขนมอบ

ส่วนประกอบอาหารจากโปรตีนนมที่นำไปใช้กับขนมอบได้หลากหลายเช่น ใช้เพื่อยึดน้ำ ทดแทนไข่หรือไขมัน เสริมคุณค่าทางโภชนาการและการยืดอายุผลิตภัณฑ์ กรณีส่วนผสมอาหารที่มีอัตราโปรตีนสูงเช่น โปรตีนเวย์ชนิดเข้มข้น (WPC) ได้แสดงให้เห็นว่า สามารถปรับปรุงโครงสร้างกลูเตนและมีคุณสมบัติสามารถยึดน้ำไว้ในขนมปังและแป้งโดว์แห้งแข็งในขณะเดียวกันก็ให้โปรตีนเสริมด้วย⁴¹



สแน็กบาร์รสพิชชุ่มโยเกิร์ต

อาหารชนิดแห้ง

การนำโปรตีนไปใช้กับอาหารชนิดแห้งนั้น จะผสมโปรตีนเวย์ชนิดเข้มข้น (WPC) และโปรตีนเวย์ไอโซเลต (WPI) ในแห้งอาหารหรือผสมเคลือบผิว และเพิ่มความกรอบเพื่อให้มีเนื้อสัมผัส มีรสชาติและเพิ่มคุณค่าทางอาหารเพื่อกำหนดสูตรอาหารชนิดแห้ง/ขนมขบเคี้ยว สำหรับโปรตีนเวย์ที่ผ่านการย่อยสลายพบว่า สามารถลดความแข็งของแห้งอาหารได้ดีเมื่อเวลาผ่านไป⁴²



ขนมมัชฉะแห้งแข็ง

การนำไปใช้กับของหวานแห้งแข็ง

นมและครีมมักนำมาใช้ในไอศกรีมและขนมหวานแห้งแข็ง เมื่อผู้บริโภคต้องการเสริมโปรตีนให้มากขึ้นก็หมายถึง ความต้องการอาหารที่มีโปรตีนนมที่สูงเพิ่มขึ้นด้วย เช่นเดียวกับความต้องการส่วนผสมที่เป็นโปรตีนนมในระดับสูงขึ้นไป เพื่อใช้กับไอศกรีมและของหวานแห้งแข็ง ทั้งโปรตีน ไมเซลล์เข้มข้น (MPC) และโปรตีนเวย์ชนิดเข้มข้น (WPC) นำมาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนจากร้อยละ 4.9 เป็นร้อยละ 7.2 ในการผลิตไอศกรีมโดยไม่เสีรสสัมผัสหรือมีผลต่อการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังนำโปรตีนเวย์ชนิดเข้มข้น (WPC) มาใช้เพื่อทดแทนไขมันในสูตรไอศกรีม⁴³



ซูปถั่วเลนทิลเพิ่มพลังงาน

การนำไปใช้เพื่อปรุงซูปและซอส

นม เนยแข็ง และครีม ถูกนำมาใช้ปรับแต่งรสชาติมานานแล้ว โปรตีนจากนมทำให้สามารถดึงน้ำไว้ได้ดีขึ้นและทำให้ซูปปากจึงเหมาะนำมาผสมกับสารละลายอาหารโปรตีนสูง ทั้งโปรตีนจากนมและโปรตีนเวย์สามารถนำมาใช้กับสูตรซูปหรือซอสเพื่อเสริมคุณค่าอาหารโดยให้รสสัมผัสเป็นกลางและมีความนุ่ม อย่างไรก็ตามในกรณีที่ซูปหรือซอสนั้นผ่านการกลั่นหรือแปรรูปด้วยกระบวนการยูเอชทีเพื่อให้เกิดความคงตัวของอายุผลิตภัณฑ์แล้ว ควรใช้โปรตีนจากนม เช่น โปรตีนไมเซลล์เข้มข้น (MPC) โปรตีนไมเซลล์ไอโซเลต (MPI) หรือเคซีน MCC ซึ่งเหมาะสม เพราะเคซีนมีความคงตัวต่อความร้อนและสามารถยึดน้ำไว้ได้มากกว่าโปรตีนอื่นจึงรักษาความหนืดและรูปลักษณ์ให้คงที่⁴⁴

โปรตีนจากนมไม่เพียงแต่ส่งเสริมให้ระบบร่างกายทำงานได้ดีและมีคุณค่าสูงเท่านั้น แต่ยังมีหลากหลายเพียงพอในการสร้างสรรค์และผลิตอาหารที่มีรสชาติดีตามที่ผู้บริโภคต้องการ หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาศึกษาที่เว็บไซต์ ThinkUSAdairy.org ซึ่งมีข้อมูลว่าด้วยการนำไปใช้และมีรายงานทางวิชาการเชิงลึกเกี่ยวกับวิธีการผลิตและการทำงานของโปรตีนนม

ความมั่นคงทางอาหาร : การเพิ่มศักยภาพและคุณภาพเพื่อตอบสนองกับความต้องการเชิงนวัตกรรมในอนาคต

โปรตีนนั้นสามารถหาได้จากแหล่งอาหารมากมาย แหล่งอาหารแบบดั้งเดิมได้แก่ นม เนื้อสัตว์/คอลลาเจน ไข่ ถั่วเหลืองและข้าวสาลี แต่มีการพบแหล่งโปรตีนอื่นเพิ่มเติม ซึ่งได้นำมาผลิตเป็นอาหารเพื่อจำหน่ายได้แก่ ถั่วพี ถั่วเลนทิล ถั่วพัลส์ ข้าว มันฝรั่ง และข้าวโอ๊ต หรือแหล่งโปรตีนใหม่ที่เข้าสู่ตลาดไม่นานมานี้ เช่น คาโนลา แมลง กัญชง สาหร่ายขนาดเล็ก และโปรตีนเซลล์เดียวก็ได้มีเก็บเกี่ยว ศึกษาลักษณะและนำเข้าสู่ตลาดเช่นกัน สำหรับการนำไปใช้กับอาหารและเครื่องดื่มในสหรัฐอเมริกานั้นมีข้อกำหนดว่าโปรตีนต้องผ่านการทดสอบอย่างเข้มข้นและผ่านการอนุมัติตามข้อกำหนดต่างๆ เช่น ต้องมีการรับรองความปลอดภัย (Generally Recognized as Safe -GRAS) การทดสอบการแพ้ การวิเคราะห์สารอาหาร ลักษณะการทำงาน และการทดสอบการตอบรับของผู้บริโภค ดังนั้นผู้กำหนดสูตรอาหารควรตรวจสอบสถานะส่วนผสมก่อนที่จะเลือกมาใช้งานด้วยเช่นกัน

การมีวัตถุประสงค์ที่หาได้และเพียงพออยู่เสมอ เป็นข้อพิจารณาสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับผู้ซื้อและผู้ผลิตในการคัดเลือกและหาแหล่งส่วนผสมวัตถุดิบ ในฐานะผู้ผลิตนมวัวระดับประเทศรายเดียวที่เป็นแหล่งผลิตโปรตีนเวย์ และโปรตีนนม ทำให้อุตสาหกรรมนมของสหรัฐอเมริกา มีความพร้อมในการส่งส่วนผสมอาหารที่มีความปลอดภัย คุณภาพสูง มีสารอาหารครบถ้วนเพื่อใช้กำหนดสูตรอาหารในทุกพื้นที่ทั่วโลก ตรงกันข้ามกับการผลิตโปรตีนจากพืช (ยกเว้นกรณีถั่วเหลือง) ซึ่งปริมาณการผลิตยังคงจำกัด เมื่อเปรียบเทียบหน่วยการผลิตระหว่างโปรตีนนมกับกับโปรตีนพืชแล้วก็ยิ่งชี้ให้เห็นช่องว่างในเก็บสต็อกสินค้าคงคลัง เมื่อถึงปี ค.ศ. 2017 ปริมาณโปรตีนนมทั้งหมด (เวย์ โปรตีน นมเข้มข้นและไอโซเลต) ที่ผลิตได้เฉพาะในสหรัฐอเมริกาประเทศเดียวมีจำนวนถึง 336,000 เมตริกตัน⁴⁵ จำนวนนี้เท่ากับปริมาณการผลิตโปรตีนกลุ่มใหม่จากถั่วพี ข้าว ข้าวสาลี และโปรตีนจากมันฝรั่งทั้งโลกรวมกัน (330,000 เมตริกตัน ในปี 2016)⁴⁶ ด้วยแรงเสริมที่เป็นผลจากการเติบโตของอุตสาหกรรมเนยแข็ง ความอุดมสมบูรณ์ของที่ดินทำเกษตร การลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการพัฒนาและการขยายตัวด้านการส่งออกทำให้คาดว่าผลิตภัณฑ์โปรตีนนมสหรัฐอเมริกาจะขยายตัวต่อไปเรื่อยๆ ในอนาคต ซึ่งจะทำให้มั่นใจได้ว่า ลูกค้าและผู้บริโภคจะมีสต็อกอาหารเพียงพอและมีส่วนผสมอาหารที่เป็นโปรตีนนมให้เลือกอย่างหลากหลาย สอดคล้องกับความต้องการของตน

สรุป

โปรตีนไม่ได้ผ่านการแปรรูปในรูปแบบเดียวกันทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ไม่จำเป็นที่จะเป็นการนำโปรตีนไปกำหนดสูตรอาหารเพื่อใช้กับกลุ่มประชากรที่อยู่ในภาวะโภชนาการบกพร่อง ส่งเสริมโภชนาการทางการกีฬา จัดการน้ำหนักหรือเพื่อช่วยให้สูงวัยอย่างมีสุขภาพดีก็ตาม การเลือกโปรตีนที่มีคุณภาพสูงและมีสารอาหารที่จำเป็นครบถ้วนจึงมีความสำคัญ ประกอบกับโปรตีนจากนมนั้นสามารถคงระดับของสารอาหารไว้ได้อย่างสม่ำเสมอ

รสชาติ รูปลักษณ์ การทำงาน และสารอาหารล้วนมีบทบาทสำคัญที่ส่งผลต่อความนิยมในตัวผลิตภัณฑ์ แต่คุณลักษณะเหล่านี้ก็ต้องเหมาะสมกับต้นทุน และข้อพิจารณาในด้านรูปแบบการดำรงชีวิต ในยุคสมัยที่ผู้บริโภคให้ความสนใจกับโปรตีนเช่นนี้ อาหารทางเลือกที่ปรุงแต่งเพิ่มเติมก็ถูกนำเสนอสู่ตลาดมากกว่าแต่ก่อน ดังนั้นการค้นหาโปรตีนที่มีคุณลักษณะหลากหลายจึงเป็นสิ่งสำคัญ

ปฏิเสธไม่ได้ว่าโปรตีนจากนมที่ผลิตในสหรัฐอเมริกานั้น มีความหลากหลายและเป็นที่ต้องการในตลาด ซึ่งโปรตีนเหล่านี้สามารถช่วยให้มนุษย์สามารถดำรงชีวิตได้อย่างไร้ขีดจำกัดในทุกช่วงอายุ หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการกำหนดสูตรผลิตภัณฑ์โดยใช้ส่วนผสมที่เป็นนมวัวสหรัฐอเมริกาหรือข้อมูลผู้ค้าปลีก กรุณาศึกษาได้จากเว็บไซต์ ThinkUSAdairy.org

สภาเพื่อการส่งออกผลิตภัณฑ์นมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Dairy Export Council -USDEC) ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากสภาพัฒนาการนมแห่งชาติ (National Dairy Council) ศูนย์วิจัยนมแห่งวิสคอนซิน (Wisconsin Center for Dairy Research) และศูนย์วิจัยอาหารจากนมแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast Dairy Foods Research Center) ที่ให้การสนับสนุน

สารบัญ	
หัวข้อ	หน้า
บทนำ	1
การผลิตอย่างยั่งยืน: พันธสัญญาของเกษตรกรโคนมสหรัฐ	2
การแปรรูป: ข้อได้เปรียบที่เกิดจากกระบวนการสกัดโปรตีนจากนม	2
โปรตีนที่สกัดนม	3
โปรตีนที่สกัดจากเนยแข็ง	3
คุณค่าทางโภชนาการ: คุณภาพของโปรตีนคือหัวใจสำคัญ	4
ร่างกายของมนุษย์ใช้โปรตีนอย่างไร	6
ปัญหาซ้ำซ้อนจากภาวะทุพโภชนาการ	7
การทำงาน: คุณลักษณะที่ให้ผลการทำงานสูงสุด	8
ความสามารถในการอุ้มน้ำ	8
การคงตัวต่อความร้อน	9
การประเมินเครื่องตี	10
การประเมินอาหารแท่ง	11
การประเมินรสชาติ	11
ความหลากหลายในการใช้งาน: โอกาสในการนำไปใช้อื่นหลากหลายเพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค	13
ความมั่นคงทางอาหาร	14
สรุป	15
เอกสารอ้างอิง	16

เอกสารอ้างอิง

- 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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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, SM. 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](http://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317B979A686A57AA4593304FFC17F06.PDF); ACCESSED ONLINE JUNE 19, 2018.
- ²³ PHILLIPS, SM. 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.
- ²⁴ GLOBAL NUTRITION REPORT: NOURISHING THE SDGS. 2017. [HTTPS://WWW.GLOBALNUTRITIONREPORT.ORG/FILES/2017/11/REPORT_2017.PDF](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](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/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/malnutation/en/). ACCESSED DECEMBER 5, 2017.
- ²⁷ STOBBAUGH, 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/WORLDDAGEING19502050](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 PENNINGNS B, GROEN B, DE LANGE A, GIJSEN 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 GERONTOLOG 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](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](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](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](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 STOLIAR, 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](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](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](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](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.MANLIB.CORNELL.EDU/USDA/CURRENT/DAIRPRODSU/DAIRPRODSU-04-26-2018.PDF](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