

แนวทางการปรับปรุงพันธุ์โคนมเพื่อผลิตน้ำนมสุขภาพ “functional milk”

Genetic improvement in dairy cows to produce functional milk

สมสุข พวงดี¹ และ มนต์ชัย ดวงจินดา^{1*}

Somsook Puangdee¹ and Monchai Duangjinda^{1*}

บทนำ

คนในสังคมสมัยใหม่มีชีวิตที่เร่งรีบให้เวลากับการทำงานเป็นส่วนใหญ่ นิยมบริโภคอาหารสะดวกซื้อ และไม่มีเวลาออกกำลังกาย การดำรงชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปเช่นนี้ ทำให้สารอาหารที่ร่างกายได้รับไม่สมดุลกับวิถีชีวิตที่เคร่งเครียด และชักนำโรคเรื้อรังต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตติดอันดับต้นๆ เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคมะเร็ง และโรคหัวใจขาดเลือด เป็นต้น (เซ็นธทัย, 2554) โรคเหล่านี้ไม่เพียงทำให้ผู้ป่วยเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลสูงเท่านั้น แต่ยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดความวิตกกังวลอีกด้วย ผู้คนยุคใหม่จึงหันมาใส่ใจกับการเลือกบริโภคอาหาร เพื่อลดความเสี่ยงจากโรครดังกล่าว ประกอบกับในประเทศที่มีประชากรเข้าสู่ผู้สูงอายุ ยังเป็นปัจจัยเสริมให้คนวัยทำงานสนใจสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ปัจจัยเหล่านี้ทำให้อาหารสุขภาพ หรืออาหารฟังก์ชัน (functional food) ได้รับความนิยมทั่วโลก สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (2552) ได้รายงานว่า การบริโภคอาหารฟังก์ชันในประเทศญี่ปุ่น, สหรัฐอเมริกา, จีน, อินเดีย, สหราชอาณาจักร, ออสเตรเลีย, เยอรมัน, เกาหลีใต้ และไทย มีมูลค่าการตลาดใน พ.ศ.2550 คิดเป็น 8.42, 5.25, 3.63, 3.56, 2.48, 1.37, 0.97 พันล้านเหรียญสหรัฐ และ 2 พันล้าน

บาท ตามลำดับ ในขณะที่ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถเปิดเผยความลับของน้ำนม ซึ่งไม่ใช่เป็นเพียงแหล่งอาหารพื้นฐานเท่านั้น แต่ยังมีคุณค่าด้วยสารออกฤทธิ์ต่อร่างกายหลายชนิด (bioactive substance) ได้แก่ เปปไทด์ที่เกิดจากการย่อยโปรตีนนม (α , β - and κ -caseins), β -lactoglobulin, α -lactalbumin, lactoferrin, immunoglobulins, lysozyme, lactoperoxidase, glycomacropetides, phosphopeptides, conjugated linoleic acid, phospholipids, gangliosides, sphingolipids, medium chain fatty acid, และ growth factors สารออกฤทธิ์ในน้ำนมเหล่านี้มีประโยชน์ต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย และมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อสุขภาพในหลายด้าน (Mills et al., 2011) ได้แก่ antimicrobial, antihypertensive, ACE inhibitive, antidiabetic, anticholesterol, anticarcinogenic, immunomodulatory, anticariogenic, antiobesity, probiotic และ prebiotic เป็นต้น (Young, 2009) ดังนั้นการผลิตน้ำนมฟังก์ชัน (functional milk) น่าจะเป็นแหล่งอาหารสุขภาพ สำหรับกลุ่มคนไทยที่ห่วงใยสุขภาพ (niche market) และเป็นหนทางในการเพิ่มมูลค่าน้ำนมเพื่อเกษตรกรไทย (value added) รวมถึงเป็นช่องทางในการรับมือกับการเปิดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ดังนั้นเอกสาร

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author: monchai@kku.ac.th

ฉบับนี้จึงมีแนวคิดในการรวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับสารออกฤทธิ์ในน้ำนมซึ่งมีสรรพคุณต่อสุขภาพของคน และการปรับปรุงสารออกฤทธิ์ในน้ำนมด้วยกลยุทธ์ทางพันธุกรรม รวมถึงการเสนอแนวคิดการปรับปรุงพันธุ์โคนมเพื่อผลิต functional milk ให้สอดคล้องกับความต้องการสุขภาพของผู้บริโภคในแต่ละวัย

1. อาหารฟังก์ชัน (Function foods) และปัญหาสุขภาพของคนไทย

1.1 คำจำกัดความของ Functional foods

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์สามารถแยกสารออกฤทธิ์ในอาหาร ซึ่งมีหน้าที่เสริมสุขภาพร่างกาย มีสรรพคุณป้องกัน และรักษาโรคได้ (physiologically active components หรือ bioactive substance) อาหารที่มีสรรพคุณดังกล่าว จึงถูกนิยามว่าอาหารฟังก์ชันและถูกตั้งชื่อไว้หลายคำซึ่งทำให้เกิดความสับสน ได้แก่ nutraceuticals, designer foods, pharmafoods, medifoods, vitafoods, dietary supplements และ fortified foods ดังนั้น ซินดา (2546), ศิริธร และสุนีย์ (2551) และ Roberfroid (2011) จึงให้คำจำกัดความไว้ว่า อาหารฟังก์ชันนอลคือ อาหารหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนประกอบของสารออกฤทธิ์ทางธรรมชาติต่อหน้าที่ของร่างกาย เมื่อบริโภคเข้าไปแล้วสามารถรักษาระบบต่างๆ ของร่างกายให้ทำงานได้ปกติ ลดความเสี่ยงของการเกิดโรค ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ชะลอความเสื่อมของเซลล์ในอวัยวะต่างๆ และป้องกันโรคที่เกิดจากภาวะทุพโภชนาการ นอกเหนือจากการทำหน้าที่เป็นเพียงแหล่งให้โภชนะพื้นฐานที่มีอยู่ในอาหารเท่านั้น ส่วน

อาหารโภชนเภสัชภัณฑ์ (nutraceuticals) เป็นคำที่มาจากคำว่า nutrition ซึ่งหมายถึง โภชนาการสมานกับ pharmaceutical ซึ่งแปลว่า ยา จึงมีความหมายว่าอาหารที่มีฤทธิ์ในด้านการรักษาโรค นอกเหนือจากสารอาหารหลักที่เป็นโภชนะพื้นฐาน

1.2 ตลาดและการเติบโตของอาหารฟังก์ชันทั่วโลก

อาหารฟังก์ชันได้รับความนิยมจากผู้บริโภคสุขภาพเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มเติบโตเพิ่มขึ้นในหลายประเทศ (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, 2552) สรรพคุณของอาหารฟังก์ชันที่ได้รับความนิยม คือกลุ่มย่อยอาหาร ควบคุมน้ำหนัก ลดความเสี่ยงจากโรคเรื้อรัง และผลิตภัณฑ์เสริมความงาม ในขณะที่รูปแบบอาหารฟังก์ชันที่นิยมคือเครื่องดื่ม แคปซูล ซีเรียล และผลิตภัณฑ์จากน้ำนม โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศยุโรปและอเมริกานั้น นมฟังก์ชัน (function milk) ได้รับความนิยมมากที่สุด และวางจำหน่ายหลายรูปลักษณะ ได้แก่ นมพร้อมดื่ม นมเปรี้ยว ลูกกวาด หมากฝรั่ง และวัตถุดิบอาหาร อีกทั้งยังได้อ้างอิงสรรพคุณไว้หลายด้าน เช่น การลดความเสี่ยงจากโรคเรื้อรัง การลดความดัน การลดความเครียด การกระตุ้นการใช้พลังงาน และการยับยั้งจุลินทรีย์เป็นต้น (Table 1) การที่ตลาดนมฟังก์ชันมีมูลค่าสูงและเติบโตอย่างต่อเนื่องนั้น มีสาเหตุหลักมาจาก 1) กระแสรักสุขภาพ (health conscious) 2) ค่าใช้จ่ายในการรักษาโรคเรื้อรัง 3) การใช้ชีวิตแบบเร่งรีบ 4) ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและ 5) มลภาวะสิ่งแวดล้อม

Table 1 Effect of bioactive substances in bovine milk on each body system of human (Young, 2009)

	α s1-CN	α s2-CN	β -CN	γ -CN	κ -LG	α -LA	Lacto-ferrin	CLA	SFA	PUFA	MFGM
Cardiovascular health											
Antihypertensive	f(86-91)	f(174-181)	f(169-174)	f(108-110)							
ACE inhibitor	f(23-27)		f(177-183)		f(142-148)	f(50-53)		x			
Antithrombotic				f(106-116)							
Hypocholesterolemic					f(71-75)	X		x		x	x
Antidiabetic								x			
Immune Health											
Immunostimulatory	f(194-199)	f(1-32)	f(191-193)				f(17-41)	x			x
Antimicrobial	f(1-23)	f(164-179)	f(193-202)	f(106-169)			f(17-41)		x		x
Anti-viral									x		
Anti-cancer											
Anticariogenesis	f(43-79)		(f1-28)	f(106-169)				x	x		
Antioxidation	f(4-13)		f(33-37)			X	X	x			
Mood, Memory and stress											
Opioid agonist	f(90-96)		f(60 - 66)		f(102-105)	f(50-53)				x	x
Opioid antagonist	f(158-164)			f(25-34)			f(318-323)				
Digestive health											
Mineral binding /transport	f(59-79)						f(146-149)				
Antiappetizing				f(106-116)	Peptide	peptide					
Inhibit gastric secretion				f(106-116)							

Mark: f () mean peptide sequence from digested milk protein by enzyme and f () that bold mean peptide sequence from digested milk protein by microorganisms

1.3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของประชากร และปัญหาสุขภาพของคนไทย

ประชากรไทยในปี 2553 มีจำนวน 65.9 ล้านคน ประกอบด้วยวัยสูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) มีสัดส่วน 13%, วัยทำงาน (15-60 ปี) 66.3% และวัยเด็ก (ต่ำกว่า 15 ปี) 20.7% ตามลำดับ ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ประชากรวัยเด็กมีสัดส่วนลดลง แต่วัยสูงอายุกลับมีสัดส่วนสูงขึ้นถึงร้อยละ 13 ของประชากรทั้งหมด (ปราโมทย์ และปัทมา, 2555) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างข้างต้นชี้ให้เห็นว่าประเทศไทยกำลังก้าวสู่การเป็น “สังคมผู้สูงอายุ” สาเหตุหลักเกิดจาก 1) คนรุ่นใหม่ไม่ยอมแต่งงาน หรือหากสมรสแล้วก็ต้องการจำนวนบุตรน้อยลง 2) การพัฒนาด้านสาธารณสุข และระบบบริการทางสุขภาพของประเทศ ช่วยให้คนไทยมีชีวิตเฉลี่ยยาวขึ้นจาก 50 ปี เป็น 73 ปี (ปราโมทย์ และ

ปัทมา, 2555) ในขณะที่ ชี้นฤทัย (2554) ได้รายงานว่าการเสียชีวิตและการเจ็บป่วยของประชากรไทย เกิดจากโรคมะเร็ง อุบัติเหตุ โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือดในสมอง เป็นต้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Figure 1a, 1b) โรคเรื้อรังเหล่านี้มีสาเหตุจากคนไทยมีพฤติกรรมการบริโภคไม่เหมาะสม และมีวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมสมัยใหม่ หากพิจารณาปัจจัยต่างๆ ข้างต้น ร่วมกับโครงสร้างประชากรของไทยเข้าสู่สังคมแห่งผู้สูงอายุอาจเป็นไปได้ว่าคนไทยจะเลือกบริโภคอาหารฟังก์ชันเพื่อเป็นหนทางในการดูแลสุขภาพ และลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคเรื้อรังดังกล่าวเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับหลายประเทศที่กล่าวไว้ในข้างต้น ผลดังกล่าวอาจเป็นโอกาสใหม่ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพเพื่อเสริมสุขภาพ การป้องกันโรคและลดความเสี่ยงจากโรคเรื้อรัง

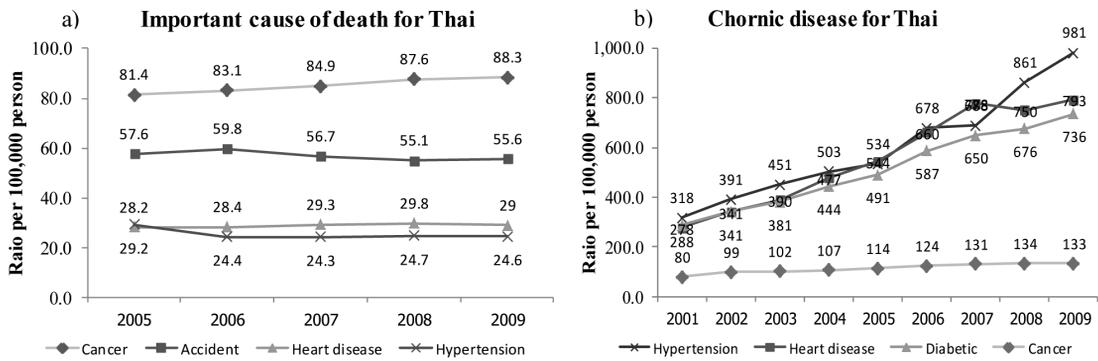


Figure 1 Cause of death (a) and illness in Thailand (b) (ชินฤทัย, 2554)

2. ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของ bioactive substance ในน้ำนม

bioactive substance ในน้ำนมโคมีผลดีต่อร่างกายหลายด้าน นักวิจัยหลายท่านจึงพยายามหาแนวทางในการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของ bioactive substance ในน้ำนม ดังเช่น Schopen et al. (2009) และ Stoop et al. (2008) ได้วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อ bioactive substance จากฟาร์มโคนมเอกชน ซึ่งกระจายอยู่ทั่วประเทศเนเธอร์แลนด์จำนวน 298 ฟาร์ม และพบว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลสูงต่อปริมาณโปรตีนนมและกรดไขมันไม่อิ่มตัว (C ≤ 14 อะตอม) ถึง 30-80% เช่นเดียวกับอาหารมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของกรดไขมัน

ชนิดไม่อิ่มตัว มากกว่า 30-65% นอกจากนี้ยังพบอีกว่า พันธุกรรมและอาหารมีอิทธิพลต่อการปรับเปลี่ยนกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (C:16-18 อะตอม) เท่ากัน (Figure 2) ดังนั้น สาร bioactive substance ในโปรตีนนมสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยการปรับปรุงพันธุโคนมเป็นหลัก และกรดไขมันในน้ำนมไม่อิ่มตัวหลายชนิดควรเน้นการดัดแปลงด้วยการจัดการอาหาร (Moate et al., 2007) ดังเช่น การใช้หญ้าสด การปล่อยแพะเล็มหญ้า และการเสริมด้วยเมล็ดพืชไขมันต่าง ๆ รวมทั้งการเสริมด้วยน้ำมันปลา (Mele, 2009) เป็นวิธีการเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวให้สูงขึ้นได้ เป็นต้น

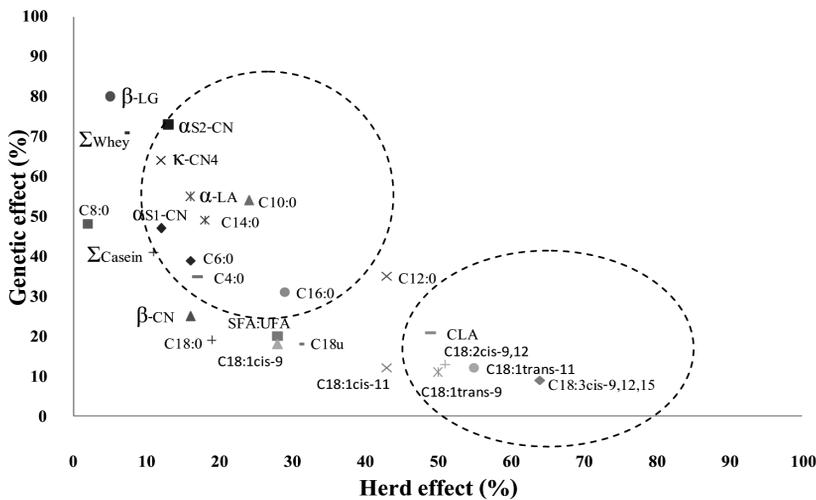


Figure 2 Effect of genetic and management to bioactive substance in milk (adapted from Schopen et al., 2009; Stoop et al., 2008)

3. การค้นคว้าและวิจัยเพื่อปรับปรุงพันธุ์โคนม โดยการพัฒนานมฟังก์ชัน (functional milk)

3.1 การศึกษาและงานวิจัยด้าน Quantitative genetics

โดยทั่วไปลักษณะปรากฏในโคถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่งและกระจายอยู่ทั่วทุกโครโมโซม ยีนแต่ละตำแหน่งส่งอิทธิพลเล็กน้อย และรวมกันเป็นอิทธิพลทางพันธุกรรมของโคนมรายตัว ซึ่งเรียกว่าค่าการผสมพันธุ์ (breeding value, BV) ในขณะเดียวกันโคนมแต่ละตัวมีการแสดงอิทธิพลทางพันธุกรรมไม่เท่ากัน จึงทำให้เกิดความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างตัวสัตว์เกิดขึ้น และกลายเป็นความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variation) ดังนั้นความแปรปรวนทางพันธุกรรมจึงสามารถบ่งบอกโอกาสในการปรับปรุงพันธุกรรม และบ่งชี้ในรูปอัตราพันธุกรรม (heritability, h^2) ดังแสดงใน Table 2 ค่าอัตราพันธุกรรมของ bioactive substance ในภาพรวม มีค่าระหว่าง 0.05-0.80 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า bioactive substance สามารถปรับปรุงผ่านพันธุกรรมได้ดีบ้างกลุ่ม กลุ่มโปรตีนนมสามารถปรับปรุงได้ทุกชนิด ดังเช่น α S1-CN, α S2-CN, β -CN, γ -CN, κ -CN, α -LA และ β -LG เช่นเดียวกับ lactoferrin และ immunity แต่กรดไขมันบางประเภท เช่น กรดไขมันอิ่มตัวทุกชนิด, C18:1 cis-9 และ CLA สามารถปรับปรุงได้ด้วยพันธุกรรม ค่าอัตราพันธุกรรมสำหรับกรดไขมันรวมเป็นกลุ่ม พบว่ากลุ่มกรดไขมัน C6-C12 สามารถปรับปรุงผ่านการปรับปรุงพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการประเมินค่า estimated breeding value เพื่อคัดเลือก นำไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ แต่การเปลี่ยนแปลงในกลุ่มกรดไขมัน C14-C16, saturated fatty acid (SFA) และ C18u ด้วยการปรับปรุงพันธุ์อาจให้ความก้าวหน้าช้า อย่างไรก็ตามกรดไขมันที่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ สามารถเร่งการปรับปรุงได้อาศัยพันธุศาสตร์เชิงโมเลกุลมาช่วยในการ

คัดเลือก อัตราพันธุกรรมจากการวิเคราะห์ด้วยโมเดล วันทดสอบบริเกอร์ชั้นสูง พบว่า อัตราพันธุกรรมของ SFA มีค่าระหว่าง 0.10-0.34 โดยในช่วงแรกของการให้นมมีค่าสูงสุด (Arnould et al., 2010) และอัตราพันธุกรรมของ SFA:USFA มีค่าเป็น 0.18-0.48 ซึ่งมีค่าสูงสุดในช่วงแรกของการให้นม (Soyeurt et al., 2008a) นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาด้วยวิธีตัดเอาไขมันเปลี่ยนกรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวในนมอีกด้วย เพื่อเพิ่มโอกาสในการเพิ่มกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งพบว่า การปรับปรุงพันธุ์โคนมด้วยค่า SCDI มีโอกาสในการเพิ่มกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้ (Table 2) แม้ว่า ความผันแปรทางพันธุกรรมเป็นสิ่งจำเป็นต่อความก้าวหน้าของลักษณะด้วยแนวทางปรับปรุงพันธุ์ แต่ความผันแปรทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะเป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน เนื่องจากการคัดเลือกลักษณะหนึ่งอาจส่งผลต่ออีกลักษณะหนึ่งด้วย ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่าง bioactive substance ได้รวบรวมไว้ใน Table 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณ Σ casein ทำได้ด้วยการปรับปรุงพันธุ์โคให้มีปริมาณ β -CN และ β -LG เพิ่มขึ้น ในขณะที่การปรับปรุงพันธุ์โคนมให้มีกรดไขมัน C:14 เพิ่มขึ้นนั้น สามารถชักนำให้กรดไขมัน C:12, C:10, C:8, C:6 และ C:4 เพิ่มขึ้น แต่มีผลให้ C:16 ลดลง เช่นเดียวกับการปรับปรุงพันธุ์โคนมให้มี C18:1 cis-11, C18:1 trans-9 และ C18:2 cis-9, 12 เพิ่มขึ้น ก็ช่วยให้ C:16 ลดลงได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า การปรับปรุงพันธุ์ให้มีปริมาณ CLA สูงขึ้น ทำให้ C18:1 trans-11 เพิ่มขึ้น แต่ส่งผลกระทบดีต่อสัดส่วน SFA:USFA ลดลง เป็นต้น และการคัดเลือกพันธุ์ให้มีกลุ่มกรดไขมัน C:6-12 และ C:14-16 ลดลง จะส่งผลให้สัดส่วน SFA:USFA ลดลงตลอดช่วง 275 วัน หลังคลอดตามไปด้วย

Table 2 Heritability and genetic correlation for bioactive milk in dairy cows

Trait	Genetic variation ^a		Reference
	h ²		
	Sampling	RR ^b	r _g
Protein (g/L)			
αS1-CN	0.24-0.47		Schopen et al. (2009a)
αS2-CN	0.22-0.73		Bonfatti et al. (2011)
β-CN	0.25-0.45		Σcasein (+)
κ-CN	0.53-0.64		
α-LA	0.53-0.55		Σcasein; Σwhey (+)
β-LG	0.37-0.80		
Σcasein	0.41		
Σwhey	0.71		
Lactoferrin	0.20-0.30		
		0.20-0.50	Gill et al. (2010)
Natural Immunity			
IgG1	0.10		IgM (+)
IgM	0.47		
IgA	0.53		
Fatty acid (%total fat)			Stoop et al. (2008b)
C4:0	0.10-0.35		Garnsworthy et al. (2010)
C6:0	0.27-0.39		
C8:0	0.27-0.48		C6 (+)
C10:0	0.20-0.54		C8 (+)
C12:0	0.13-0.35		C8; C10 (+)
C14:0	0.10-0.49		C12 (+)
C16:0	0.06-0.31		C14 (-)/%fat (+)
C18:0	0.04-0.19		
C18:1cis-9	0.12-0.18		
C18:1cis-11	0.12-0.13		C16 (-)
C18:1trans-9	0.11		C16 (-)/ %fat (-)
C18:1trans-11	0.12		C18:1trans-9 (+)
C18:2cis-9,12 (linoleic)	0.10-0.13		C18:1trans-9, milk (+) / C16 (-)
C18:3cis-9,12,15 (α-linolenic)	0.05-0.09		C18:2cis-9,12; C18:1trans-9; C18:1trans-11 (+) / %fat (-)
C18:2cis-9,trans-11 (CLA= conjugated linoleic)	0.15-0.21		C18:3 cis-9,12,15; C18:1 trans-9; C18:1trans-11 (+)
Fatty acid groups			
C6-12	0.49		SFA:UFA (+, 1 to 275 DIM)
C14-16	0.11		SFA:UFA (+, 1 to 275 DIM)
SFA	0.14	0.10-0.34	
C18u	0.18		
SFA:USFA	0.20	0.18-0.48	C18u;CLA (-)
Desaturase index			Schennink et al. (2008)
SCDI ₁₄	0.20-0.45		Soyeurt et al. (2008b)
SCDI ₁₆	0.05-0.47		Mele et al. (2009)
SCDI ₁₈	0.03-0.33		Stoop et al. (2009)
SCDI _{RA}	0.15-0.23		Garnsworthy et al. (2010)
SCDI _{Total}	0.30		

Notes: ^a Animal model; genetic correlation (r_g), ^b random regression, SCDI₁₄: C14:1×100/(C14:0+C14:1), SCDI₁₆: C16:1×100/(C16:0+C16:1), SCDI₁₈: C18:1×100/(C18:0+C18:1), SCDI_{RA}: C18:2×100/(C18:0+C18:2), SCDI_{Total}: (C10:1 to C18:1+CLA)x100/(C10:1 to C18:1+CLA+C10:0 to C18:0), Σcasein; αS1-CN + αS2-CN + β-CN+κ-CN, Σwhey; α-LA+β-LG, SFA; saturated fatty acid (C4:0-C18:0), USFA; unsaturated fatty acid (C10:1-C16:1+C18u+CLA), C18u; C18:1+C18:2+C18:3, (+); r_g for positive, (-); r_g for negative and r_g at appearance ≥ 0.75

3.2 การศึกษาและงานวิจัยด้าน molecular genetics

ยีนคือลำดับนิวคลีโอไทด์เบส (nucleotide sequence) ที่อยู่บนตำแหน่งใดๆ ของสายดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครโมโซม ในสภาวะเหมาะสม ยีนเหล่านี้จะทำงาน และนำนิวคลีโอไทด์ซึ่งต่างกัน 4 ชนิดมาเรียงต่อกันเป็นสายรหัส mRNA ลำดับของ mRNA นี้จะถูกอ่านครั้งละ 3 nucleotide และแปลเป็นกรดอะมิโนไปพร้อมกันอย่างต่อเนื่อง หลังจากการแปลรหัส mRNA จนครบตลอดทั้งสาย จะมีกรดอะมิโนเพียง 20 ชนิดเท่านั้น ต่อเรียงกันเป็นโปรตีน ดังนั้นความแตกต่างของกรดอะมิโนเพียง 1 ชนิดบนสายโปรตีน จึงสามารถกำหนดคุณสมบัติของโปรตีนนั้นได้ ในมุมมองการที่โปรตีนชนิดเดียวกันมีคุณสมบัติกายภาพและเคมีต่างกัน ซึ่งได้ว่ายีนมีนิวคลีโอไทด์บางจุดเกิดการเปลี่ยนแปลงไป (mutation) ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องหมายพันธุกรรม (gene marker) เพื่อใช้ในการคัดเลือกสัตว์ได้ พบว่าโปรตีนนม α S1-CN มีโครงสร้าง 2 รูปแบบ คือ α S1-CN-8P และ α S1-CN-9P ขณะที่โปรตีน α S2-CN มีโครงสร้าง 3 รูปแบบ คือ α S2-CN-10P, α S2-CN-11P และ α S2-CN-12P และ Heck et al. (2009) ได้อาศัยความผันแปรของโปรตีนนมเหล่านี้ไปตรวจสอบลำดับกรดอะมิโน และลำดับสายนิวคลีโอไทด์ พบว่าความผันแปรทางพันธุกรรมของ α S1-CN (allele B และ C), κ -CN (allele A, B และ E), β -LG (allele A และ B) และ β -CN (allele A¹, A², A³ และ B) นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องหมายพันธุกรรมทั้ง β -LG genotype B และ β - κ -CN haplotype A2B สามารถใช้คัดเลือกโคนม นอกจากนี้ Caroli et al. (2009) ได้ทำ alignment ทั้งทั้งยีนโนในโคนมหลายสายพันธุ์ เพื่อเปรียบเทียบ nucleotide ที่เปลี่ยนแปลงไปของยีนสร้างโปรตีนนม (single nucleotide polymorphism, SNP) พบว่ายีนสร้างโปรตีนมีนิวคลีโอไทด์เปลี่ยนแปลงไปหลายตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งมีผลให้เกิดความแตกต่างของลำดับกรดอะมิโน ดังนี้คือ α s1-CN เกิดความผันแปร 8 จุด (A, B, C, D, E, F, G, H), α s2-CN เกิดความผันแปร 4 จุด (A, B, C, D), β -CN เกิดความ

ผันแปร 12 จุด (A1, A2, A3, B, C, D, E, F, G, H1, H2, I), κ -CN เกิดความผันแปร 11 จุด (A, B, C, E, F1, F2, G1, G2, H, I, J), β -LG (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, W) เกิดความผันแปร 11 จุด และ α -LA เกิดความผันแปร 3 จุด (A, B, C) นอกจากนี้ยังตรวจพบอีกว่า จุดนิวคลีโอไทด์ที่ผันแปรนี้ยังมีสัมพันธ์กับความเข้มข้นของโปรตีนนม (Heck et al., 2009) เทคนิคด้าน molecular genetics จึงเข้ามามีบทบาทในการระบุ (mark) ยีนที่ส่งอิทธิพลต่อโปรตีนนมเหล่านี้ และค้นหาเครื่องหมายพันธุกรรมเพื่อใช้คัดเลือกโคนมต่อไป ดังเช่นเทคนิค QTL (Quantitative trait loci) เป็นการระบุตำแหน่งยีนที่กระจายทั่วทุกโครโมโซม โดยอาศัยหลักการเกิด crossing over ระหว่างมาร์คเกอร์ที่อยู่คร่อมระหว่างยีนนั้น ดังที่ Schopen et al. (2009b) ได้ค้นพบตำแหน่งยีนบนโครโมโซมที่ 1, 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 มีสัมพันธ์กับโปรตีนนมอย่างมีนัยสำคัญ และยีนบนโครโมโซมที่ 6 และ 11 มีอิทธิพลมากที่สุดต่อ α S1-CN, α S2-CN, β -CN, κ -CN, β -LG, Σ Casein และ Σ Whey ซึ่งมีระยะห่างเป็น 81.8, 81.5, 98.5, 80.3, 123.6, 123.6 และ 123.6 CM ตามลำดับ (Figure 4) แต่อย่างไรก็ตาม ระยะห่างเพียง 1 CM นั้นมีจำนวนถึง 1,000 นิวคลีโอไทด์เรียงต่อกัน ด้วยเหตุนี้การระบุตำแหน่งยีนตามเทคนิค QTL จึงสามารถระบุตำแหน่งยีนได้เพียงกว้างๆ เท่านั้น และอาจไม่ใช่ตำแหน่งยีนที่ทำหน้าที่ ดังนั้นการระบุตำแหน่งที่ตั้งของยีนบนโครโมโซมได้อย่างละเอียด ด้วยวิธี high-density SNP genotypes ย่อมใช้เป็นเครื่องหมายพันธุกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ Schopen et al. (2011) ได้พบว่ายีนสังเคราะห์โปรตีนนมตั้งอยู่บนโครโมโซมที่ 1, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 21, 22, 24, 26 และ 28 ในขณะที่ยีนบนโครโมโซมที่ 6 มีความเกี่ยวข้องกับการผลิตโปรตีนนมทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบตำแหน่งยีนบนโครโมโซมแห่งใหม่ รวมถึงยีนบนโครโมโซมต่างๆ ส่งผลปริมาณน้อยๆ ต่อการควบคุมการผลิตโปรตีนนมอีกด้วย (Figure 3) สำหรับการค้นหายีนที่สังเคราะห์กรดไขมันนม Schopen et al. (2009b) ได้ศึกษาตามเทคนิค QTL และพบยีนที่

ควบคุมการสร้างไขมัน ตั้งอยู่บนโครโมโซมที่ 6, 14, 15, 16, 19 และ 26 โดยเฉพาะโครโมโซมที่ 14 และ 26 มี ยีนที่สังเคราะห์กรดไขมันนมตั้งอยู่มากสุด ในขณะที่ การศึกษาด้วยวิธี high-density SNP genotypes พบ ตำแหน่งยีนที่สังเคราะห์กรดไขมันกระจายอยู่บน โครโมโซมตลอด 29 แท่ง นอกจากนี้ Bouwman et al. (2011) ยังได้พบอีกว่ายีนบนโครโมโซมที่ 7, 14, 19 และ 26 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับกรดไขมัน มากกว่า 6 ชนิด (Figure 4) รวมถึงได้รายงานว่ ความ

ผันแปรของยีน DGAT บนโครโมโซมที่ 14 และยีน SCD1 บนโครโมโซมที่ 26 มีผลต่อการสังเคราะห์กรด ไขมันอิ่มตัวสายกลางและกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Schen- nink et al., 2008) สำหรับการสังเคราะห์ lactoferrin นั้น Arnould et al. (2009) ได้ค้นพบยีนที่ควบคุม lactoferrin ตั้งอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 22 แต่อย่างไรก็ตาม Huang et al. (2010) ได้ทดสอบจุด SNP บนตำแหน่ง ยีน lactoferrin แต่ยังไม่พบความสัมพันธ์กับการผลิต โปรตีน lactoferrin

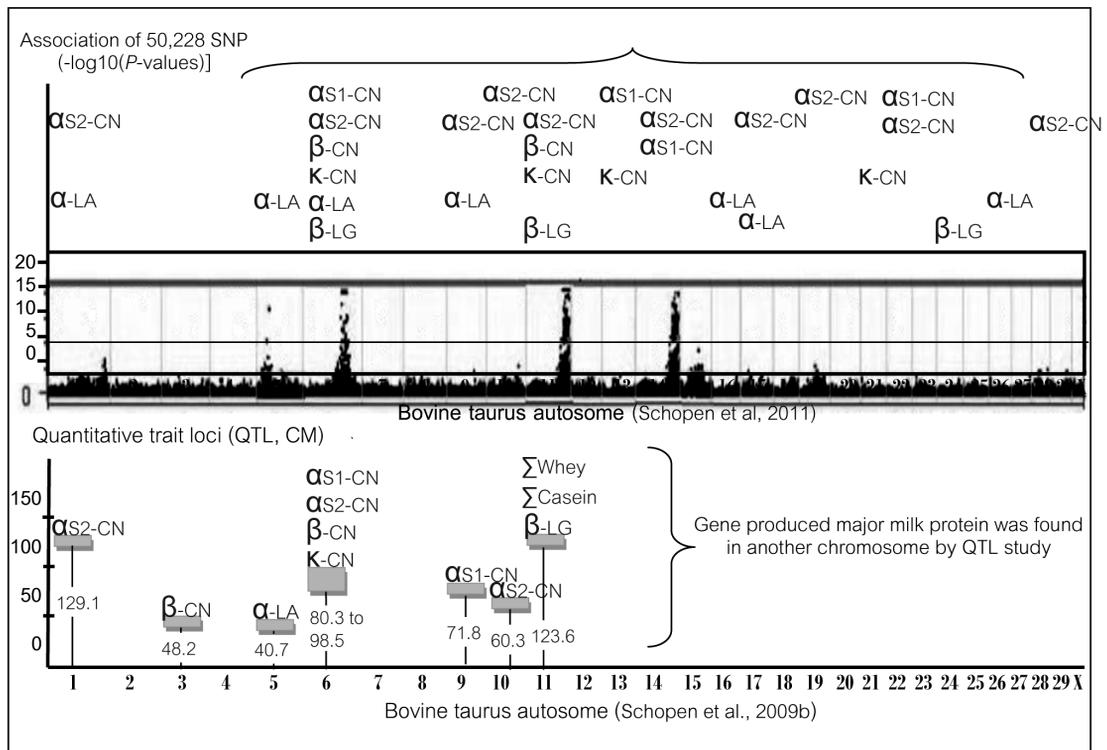


Figure 3 Location of gene produced milk protein was found by QTL and SNP chip study

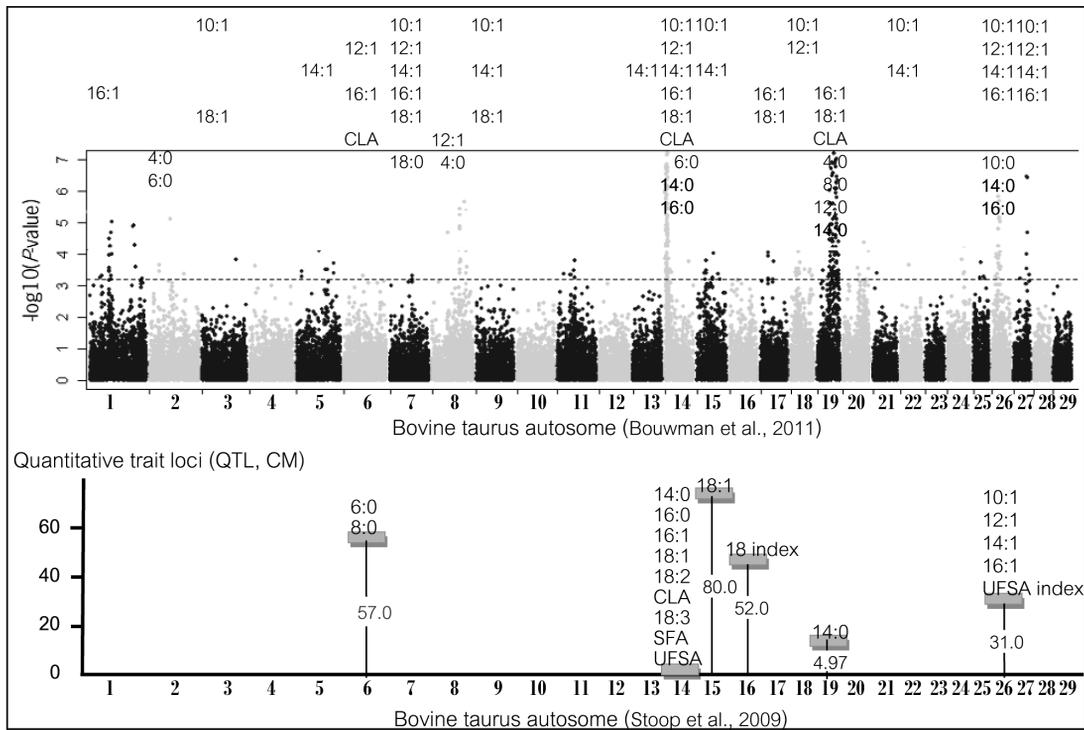


Figure 4 Location of gene produced fatty acid was found by QTL and SNP chip study (Bouwman et al., 2011)

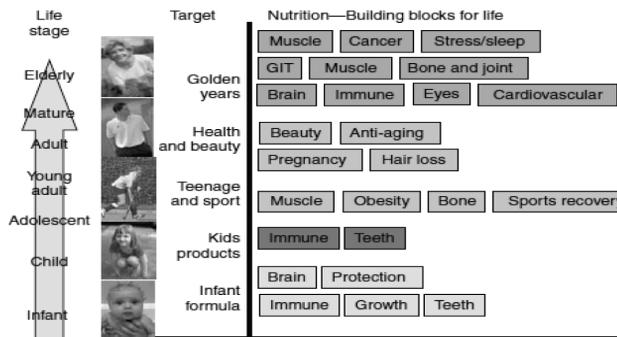


Figure 5 Life-stage-specific targets for the specific health from infant to elderly (Sharp et al., 2009)

4. การออกแบบสายพันธุ์โคนมเพื่อผลิตน้ำนมที่มี bioactive substance กับความต้องการสุขภาพของคนในประเทศไทย

เอกสารที่รวบรวมดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่า α-CN, β-CN, κ-CN, lactoferrin และ CLA ในน้ำนมโคมีผลดีต่อระบบร่างกายหลายหน้าที่ และสามารถปรับปรุง

ผ่านพันธุกรรมได้ดี ในขณะที่ Sharp et al. (2009) รายงานว่าคนแต่ละวัยใส่ใจสุขภาพแตกต่างกัน (Figure 5) วัยทำงานขึ้นไปให้ความสนใจกับความสวยงาม การเสริมภูมิคุ้มกัน การลดความเครียด และการป้องกันโรค เช่น โรคกระดูกพรุน โรคมะเร็ง และโรคหัวใจ ส่วนวัยเด็กนั้นให้ความสำคัญกับการบำรุงสมอง

การเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน และการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ผู้เชี่ยวชาญจึงมีแนวคิดพัฒนาสายพันธุ์โคนมให้มี bioactive substances ในน้ำนมสำหรับกลุ่มวัยเด็ก และวัยทำงาน ดังนี้

การผลิตนมพังก์ชั้นสำหรับวัยเด็ก โดยทั่วไปนมโรงเรียนเป็นโครงการเชื่อมระหว่างเกษตรกรรายเล็กและผู้บริโภควัยเด็ก ในขณะที่ Schopen et al. (2009) รายงานว่าการคัดเลือกเปอร์เซ็นต์โปรตีนนมส่งผลให้ κ-CN เพิ่มขึ้น ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์โคนมให้มีความเข้มข้นของโปรตีนนม จึงเป็นช่องทางที่จะเพิ่มปริมาณ bioactive substance สำหรับเด็ก และเสริมความมั่นคงกับการเลี้ยงโคนมรายเล็ก ไปในเวลาเดียวกัน กระบวนการปรับปรุงพันธุ์ควรเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลองค์ประกอบนมจากหน่วยงานรัฐ ซึ่งได้ให้บริการวิเคราะห์ และทำพันธุ์ประวัติแก่เกษตรกร ภายหลังจากประเมินค่าพันธุกรรมของโคนมจากลักษณะเปอร์เซ็นต์โปรตีนนม ร่วมกับปริมาณน้ำนม โดยใช้โมเดลวันทดสอบรีเกรซชันสุ่มแล้ว พ่อพันธุ์ที่ดีจะถูกคัดเลือกไว้ผลิตน้ำเชื้อ และกระจายแม่พันธุ์โคของเกษตรกร ลูกตัวผู้จากพ่อแม่พันธุ์ที่ดีจะถูกรวบรวมไปทดสอบในหน่วยงานของรัฐ เพื่อบริการสู่เกษตรกรต่อไป

การผลิตนมพังก์ชั้นสำหรับวัยทำงาน ควรเน้นการผลิตที่ฟาร์มโคนมเอกชน เนื่องจากว่าฟาร์มรายใหญ่สามารถผลิตน้ำนมแบบครบวงจร และมีช่องทางการจำหน่ายแก่ผู้บริโภค ในขณะที่ Kaminski et al. (2007) ได้รายงานว่าการดื่มน้ำนมที่มี β-CN ชนิด A1 มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน และโรคหัวใจ ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์โคนมให้ผลิตนมพังก์ชั้นควรเริ่มต้นจากการคัดเลือกแม่โคด้วย genetic marker ที่ระบุ genotype A2/A2 เพื่อสร้างฝูงโคนมที่ผลิต β-CN ชนิด A2 และวางจำหน่ายเป็นนมเพื่อสุขภาพ “A2 casein milk” หลังจากนั้นจึงลงทุนซื้อเครื่องมือวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ในน้ำนม เพื่อวิเคราะห์ αs1-CN, αs2-CN, β-CN, κ-CN, lactoferrin และ CLA ในแม่โครายตัว ข้อมูลเหล่านี้จะถูกประเมินค่าพันธุกรรม ด้วยโมเดลวันทดสอบรีเกรซชันสุ่ม เพื่อคัดเลือกไว้ในฝูง หรือเลือก

เป็นพ่อแม่พันธุ์ต่อไป อย่างไรก็ตามดีสารออกฤทธิ์เหล่านี้ในแม่โคฝูงนี้สามารถเร่งปริมาณขึ้น โดยใช้วิธี high-density SNP genotype เทคนิคนี้สามารถเพิ่มความแม่นยำในการคัดเลือกตั้งแต่เด็ก และช่วยย่นระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ได้ กระบวนการนี้ต้องสุ่มเจาะเลือดโคนมเพื่อส่งวิเคราะห์ SNP genotype ข้อมูลที่ได้จะถูกประเมินร่วมกับเทคนิคประเมินพันธุ์ ได้ค่า genomic estimated breeding value (GEBV) ใช้ในการคัดเลือก และวางแผนการผสมพันธุ์เพื่อผลิตสาร αs1-CN, αs2-CN, β-CN, κ-CN, lactoferrin และ CLA ต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

สารออกฤทธิ์หลายชนิดในน้ำนมมีประโยชน์ต่อหน้าที่ร่างกายหลายระบบ การเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ในนมสามารถทำได้ด้วยการปรับปรุงพันธุ์ โดยเฉพาะโปรตีนนมทุกชนิด ต่างจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งต้องปรับปรุงด้วยการจัดการอาหาร การปรับน้ำนมธรรมชาติเป็นน้ำนมพังก์ชั้น เป็นโอกาสใหม่ในการพัฒนานมให้มีความแตกต่าง และความต่างของนมนี้สามารถสร้างความมั่นคงในการเลี้ยงโคนมไทย ท่ามกลางการเปิดประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน และเป็นอาหารเสริมสุขภาพเพื่อป้องกันโรคเรื้อรังของคนไทย ภายใต้วิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงตามสังคมที่เร่งรีบ ดังนั้นประเทศไทยน่าจะสามารถพัฒนาสายพันธุ์โคนมให้มีสารออกฤทธิ์ในน้ำนมเพิ่มขึ้นได้ เพียงแต่ต้องแยกการปรับปรุงพันธุ์เป็น 2 ส่วน ตามขนาดฟาร์ม ฟาร์มเล็กต้องปรับปรุงปริมาณโปรตีนนม เพื่อเป็นนมสุขภาพสำหรับเด็ก ส่วนฟาร์มเอกชนรายใหญ่ควรผลิตนมสุขภาพ “A casein milk” ก่อน จากนั้นจึงค่อยพัฒนาเป็นนมพังก์ชั้นที่มีสารออกฤทธิ์ชนิดอื่น เช่น α-CN, β-CN, κ-CN, lactoferrin และ CLA ให้สอดคล้องกับความใส่ใจสุขภาพในแต่ละวัย โดยเฉพาะวัยทำงาน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ชนิดา ปโชติการ. 2546. Current concept in functional foods. ประชุมวิชาการ “Functional foods: nutrition that heals and protects”. มูลนิธิคุณแม่คุณภาพ. ห้องสยามมกุฎราชกุมาร อาคารเฉลิมพระบารมี 50 ปี แพทยสมาคมแห่งประเทศไทย. น. 1-3.
- ชินฤทัย กาญจนะจิตตรา. 2554. ปัญหาสุขภาพ สุขภาพคนไทย 2554. เอชไอเอ กลไกพัฒนานโยบายสาธารณะเพื่อชีวิตและสุขภาพ. สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.
- ปราโมทย์ ประสาทกุล และ ปัทมา ว่าพัฒนวงศ์. 2555. โครงสร้างประชากรและการเปลี่ยนแปลง. สุขภาพคนไทย 2555. สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.
- ศิริธร ศิริอมรพรรณ และ สุนีย์ จันทร์สกา. 2551. อาหารฟังก์ชัน โภชนเภสัชภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร. ตำราวิชาการอาหารเพื่อสุขภาพ กองการแพทย์ทางเลือก กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 445-509
- สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2552. “SCOOP FUNCTIONAL FOOD”. SMEs today. 7(85): 38-50.
- Arnould, V. M. R., H. Hammami, H. Soyeurt, and N. Gengler. 2010. Short communication: Genetic variation of saturated fatty acids in Holsteins in the Walloon region of Belgium. *J. Dairy Sci.* 93: 4391-4397.
- Arnould, V. M. R., H. Soyeurt, N. Gengler, F.G. Colinet, M.V. Georges, C. Bertozzi, D. Portetelle, and R. Renaville. 2009. Genetic analysis of lactoferrin content in bovine milk. *J. Dairy Sci.* 92: 2151-2158.
- Bonfatti, V., A. Cecchinato, L. Gallo, A. Blasco, and P. Carnier. 2011. Genetic analysis of detailed milk protein composition and coagulation properties in Simmental cattle. *J. Dairy Sci.* 94: 5183-5193.
- Bouwman, A. C., H. Bovenhuis, M.H.P.W. Visker, and J.A.M. van Arendonk. 2011. Genome-wide association of milk fatty acids in Dutch dairy cattle. *BMC Genetics.* 12: 43.
- Caroli, A. M., S. Chessa, and G.J. Erhardt. 2009. Invited review: Milk protein polymorphisms in cattle: Effect on animal breeding and human nutrition. *J. Dairy Sci.* 92: 5335-5352.
- Garnsworthy, P. C., S. Feng, A.L. Lock, and M.D. Royal. 2010. Short communication: Heritability of milk fatty acid composition and stearoyl-CoA desaturase indices in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93: 1743-1748.
- Heck, J. M. L., C. Olieman, A. Schennink, H. J. F. van Valenberg, M. H. P. W. Visker, R.C.R. Meuldijk, and A. C. M. van Hooijdonk. 2008. Estimation of variation in concentration, phosphorylation and genetic polymorphism of milk proteins using capillary zone electrophoresis. *International Dairy Journal.* 18: 548-555.
- Heck, J. M. L., A. Schennink, H. J. F. van Valenberg, H. Bovenhuis, M. H. P. W. Visker, J.A.M. van Arendonk., and A. C. M. van Hooijdonk. 2009. Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk. *J. Dairy Sci.* 92: 1192-1202.
- Huang, J., H. Wang, C. Wang, J. Li, Q. Li, M. Hou, and J. Zhong. 2010. Single nucleotide polymorphisms, haplotypes and combined genotypes of lactoferrin gene and their associations with mastitis in Chinese Holstein cattle. *Mol Biol Rep.* 37: 477-483.
- Kaminski, S., A. Cieslinska, and E. Kostyra. 2007. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health. *J Appl Genet.* 48(3): 189-198.
- Korhonen, H. 2009. Milk-derived bioactive peptides: from science to applications. *J. Funct. Foods.* 1: 177-187.
- McParland, S., L. Giblin, R. F. Veerkamp, and D. P. Berry. 2010. The impact of selection on milk production on the lactoferrin content of milk in Irish Holstein-Friesians. In: *Proceedings of the British Society of Animal Science and Agricultural Research Forum*, Belfast, Ireland. April 2010, p.305.
- Mele, M. 2009. Designing milk fat to improve healthfulness and functional properties of dairy products: from feeding strategies to a genetic approach. *Ital.J.Anim. Sci.* 8(Suppl.2): 365-373.
- Mele, M., R. Dal Zotto, M. Cassandro, G. Conte, A. Serra, A. Buccioni, G. Bittante, and P. Secchiari. 2009. Genetic parameters for conjugated linoleic acid, selected milk fatty acids, and milk fatty acid unsaturation of Italian Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 92: 392-400.
- Mills, S., R. P. Ross, C. Hill, G. F. Fitzgerald, and C. Stanton. 2011. Milk intelligence: Mining milk for bioactive substances associated with human health. *International Dairy Journal.* 21: 377-401
- Moate, P. J., W. Chalupa, R. C. Boston, and I. J. Lean. 2007. Milk Fatty Acids. I. Variation in the Concentration of Individual Fatty Acids in Bovine Milk. *J. Dairy Sci.* 90: 4730-4739.

- Roberfroid, M. 2011. Defining functional foods and associated claims. *Functional foods: concept to product*. Woodhead Publishing Limited. 1-24.
- Schennink, A., J. M. L. Heck, H. Bovenhuis, M. H. P. W. Visker, H.J.F. van Valenberg, and J. A. M. van Arendonk. 2008. Milk Fatty Acid Unsaturation: Genetic Parameters and Effects of Stearoyl-CoA Desaturase (SCD1) and Acyl CoA: Diacylglycerol Acyltransferase 1 (DGAT1). *J. Dairy Sci.* 9: 2135-2143.
- Schennink, A., W. M. Stoop, M. H. P. W. Visker, J. J. van der Poel, H. Bovenhuis, and J.A. M. van Arendonk. 2009. Short communication: Genome-wide scan for bovine milk-fat composition. II. Quantitative trait loci for long-chain fatty acids. *J. Dairy Sci.* 92: 4676-4682.
- Schopen, G. C. B., J. M. L. Heck, H. Bovenhuis, M. H. P. W. Visker, H. J. F. van Valenberg, and J. A. M. van Arendonk. 2009a. Genetic parameters for major milk proteins in Dutch Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 92: 1182-1191.
- Schopen, G. C. B., M. H. P. W. Visker, P. D. Koks, E. Mullaart, J. A. M. van Arendonk, and H. Bovenhuis. 2011. Whole-genome association study for milk protein composition in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 94: 3148-3158.
- Schopen, G. C. B., P. D. Koks, J. A. M. van Arendonk, H. Bovenhuis, and M. H. P. W. Visker. 2009b. Whole genome scan to detect quantitative trait loci for bovine milk protein composition. *Animal Genetics.* 40: 524-537.
- Sharp, J. A., M. Digby, C. Lefevre, S. Mailer, E. Khalil, D. Topcic, A. Auguste, J. Kwek, A. J. Brennan, M. Familiar, and K. R. Nicholas. 2009. The comparative genomics of tammar wallaby and Cape fur seal lactation models to examine function of milk proteins. *Milk Proteins: from Expression to Food*. Academic Press is an imprint of Elsevier. 55-79.
- Soyeurt, H., F. Dehareng, P. Mayeres, C. Bertozzi, and N. Gengler. 2008b. Variation of $\Delta 9$ -desaturase activity in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91: 3211-3224.
- Soyeurt, H., P. Dardenne, F. Dehareng, C. Bastin, and N. Gengler. 2008a. Genetic Parameters of Saturated and Monounsaturated Fatty Acid Content and the Ratio of Saturated to Unsaturated Fatty Acids in Bovine Milk. *J. Dairy Sci.* 91: 3611-3626.
- Stoop, W. M., A. Schennink, M. H. P. W. Visker, E. Mullaart, J. A. M. van Arendonk, and H. Bovenhuis. 2009. Genome-wide scan for bovine milk-fat composition. I. Quantitative trait loci for short and medium-chain fatty acids. *J. Dairy Sci.* 92: 4664-4675.
- Stoop, W. M., J. A. M. van Arendonk, J. M. L. Heck, H. J. F. van Valenberg, and H. Bovenhuis. 2008. Genetic parameters for major milk fatty acids and milk production traits of Dutch Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 91: 385-394.
- Young, W. P. 2009. *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*. Wiley-Blackwell. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, Iowa.