บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตแพะและนมแพะ

การเลี้ยงแพะเพื่อผลิตน้ำนมเป็นที่นิยมมากเนื่องจากน้ำนมแพะให้คุณค่าและประโยชน์ต่อร่างกาย ทำให้มีผู้ประกอบการสนใจที่จะทำการเลี้ยงแพะมากขึ้น

จำนวนแพะที่เลี้ยงในโลกตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000-2006 มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากประชากรมีความต้องการแพะในการบริโภคเพิ่มมากขึ้น ดังตารางที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากแพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญและใกล้ชิดกับมนุษย์มานาน ซึ่งจำนวนของแพะทั่วโลกมีมากกว่า 82 ร้อยล้านตัว (FAO, 1994) แบ่งเป็น 570 พันธุ์ มีมากในทวีปเอเชียและแอฟริกา ซึ่งเมื่อรวมกันแล้วมากถึงร้อยละ 74 (Galal, 2005, Boyazoglu *et al.,* 2005)

ตารางที่ 1 จำนวนแพะในโลก

ปี	จำนวนแพะ (ร้อยล้านตัว)
2000	72
2001	73
2002	75
2003	77
2004	80
2005	82
2006	83

ที่มา: FAO (1994)

ในปัจจุบันการเลี้ยงแพะในประเทศไทย มีแนวโน้มการผลิตเพิ่มมากขึ้น จากรายงานจำนวนแพะในประเทศไทยของกรมปศุสัตว์ปี พ.ศ. 2552 รายงานว่าปัจจุบันมีจำนวนแพะรวมทั้งประเทศประมาณ 383,796 ตัว ซึ่งจากตารางที่ 2 จะเห็นว่าในแต่ละภาคมีการเลี้ยงแพะเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะภาคใต้ซึ่งมีการเลี้ยงแพะมากที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2547-2552 ทั้งนี้เนื่องจาก

Prince of Songkla University Pattani Campus

ประชาชนในภาคใต้นิยมเลี้ยงแพะเพื่อบริโภคเนื้อและนม นอกจากนี้ยังเลี้ยงไว้เพื่อใช้ประกอบพิธีกรรมทางศาสนาของผู้ที่นับถือศาสนาอิสลาม โดยเฉพาะในพื้นที่ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้

ตารางที่ 2 ข้อมูลการเลี้ยงแพะในประเทศไทย

ปี พ.ศ.	จำนวนแพะ (ตัว)			
	อีสาน	กลาง	ใต้	เหนือ
2547	12,354	62,950	135,043	39,729
2548	13,974	109,681	159,390	55,310
2549	15,014	111,742	141,245	56,149
2550	21,423	162,926	174,052	86,373
2551	20,901	158,487	140,939	53,702
2552	20,363	160,278	141,787	61,368

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2552)

สำหรับพื้นที่ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้จากข้อมูลสถิติในปี พ.ศ. 2552 แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า จังหวัดยะลามีจำนวนแพะมากที่สุด คือ 23,811 ตัว รองลงมาคือจังหวัดปัตตานีมีจำนวนแพะ 18,907 ตัว และจังหวัดนราธิวาสมีจำนวนแพะ 15,289 ตัว ซึ่งจำนวนแพะที่เลี้ยงในทั้ง 3 จังหวัดมีจำนวนมากกว่าจังหวัดอื่นในภาคใต้นอกจากจังหวัดสงขลาและสตูลซึ่งมีจำนวนแพะ 19,263 และ 17,205 ตัว ตามลำดับ

ตารางที่ 3 จำนวนแพะ (แพะเนื้อกับแพะนม) ที่เลี้ยงในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

จังหวัด	แพะเพศผู้ (ตัว)	แพะเพศเมีย (ตัว)	รวม (ตัว)
ยะลา	8,462	15,349	23,811
ปัตตานี	7,826	11,081	18,907
นราธิวาส	4,173	11,116	15,289

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2552)

จากข้อมูลสถิติของกรมปศุสัตว์ในปี พ.ศ. 2552 พบว่าจำนวนแพะนมในจังหวัดยะลามีมากที่สุดคือ 785 ตัว รองลงมาคือจังหวัดนราธิวาสและจังหวัดปัตตานี ตามลำดับ เมื่อเทียบกับ ตารางที่ 3 พบว่า จังหวัดนราธิวาสที่มีจำนวนแพะรวมน้อยกว่าจังหวัดยะลาและปัตตานี แต่มี

Prince of Songkla University Pattani Campus

จำนวนแพะนมมากกว่าจังหวัดปัตตานีเนื่องจากจังหวัดนราธิวาสมีฟาร์มแพะนมขนาดใหญ่ซึ่งมีจำนวนแพะถึง 105-150 ตัว จึงทำให้มีจำนวนแพะนมมากกว่าจังหวัดปัตตานีที่ไม่มีฟาร์มขนาดใหญ่อยู่

ตารางที่ 4 จำนวนแพะนมที่เลี้ยงในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

จังหวัด	แพะเพศผู้ (ตัว)	แพะเพศเมีย (ตัว)	รวม (ตัว)
ยะลา	195	590	785
ปัตตานี	65	164	229
นราธิวาส	85	376	461

ที่มา: ดัดแปลงจากข้อมูลกรมปศุสัตว์ (2552)

2.2 พันธุ์แพะนมและผลผลิตของน้ำนม

แพะที่เลี้ยงสำหรับผลิตนมในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ผสมระหว่างแพะพื้นเมืองกับซาแนนหรือแองโกลนูเบียน ซึ่งแพะโดยทั่วไปสามารถให้น้ำนมได้ครั้งแรกเมื่ออายุได้ 1 ปี (บุญเสริม, 2546) มีการให้ผลผลิตแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ลักษณะของพันธุ์แพะและปริมาณผลผลิตของน้ำนม

พันธุ์	น้ำนม (กก.)*	วันที่รีดน้ำนม (วัน)	น้ำนม (กก./วัน)
พื้นเมือง	162.4	197.4	0.75
ลูกผสมพื้นเมือง x ซาแนน 50%	234.2	219.4	1.05
ซาแนน	441.3	290	1.55

* ปริมาณน้ำนมต่อ 1 ช่วงระยะการให้นม (300 วัน)

ที่มา: ทิม (2524)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมมีหลายประการด้วยกัน เช่น สายพันธุ์ โดยแพะสายพันธุ์ต่างกันจะให้ปริมาณน้ำนมที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งจะเห็นว่าแพะพันธุ์บริติชซาแนน/ ซาแนนให้ผลผลิตนมแพะมากที่สุดคือ 1,243 กิโลกรัมต่อระยะของการให้นม ส่วนแพะพันธุ์โกลเดน/ เกอร์นซีอังกฤษให้ผลผลิตน้ำนมแพะน้อยที่สุด คือ 992 กิโลกรัมต่อระยะของการให้นม แต่เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของนมแพะพบว่าแพะพันธุ์แองโกล-นูเบียนให้ปริมาณไขมันและโปรตีนสูง คือร้อยละ 5.0 และ 3.5 ขององค์ประกอบทั้งหมด ตามลำดับ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 6 ผลผลิตเฉลี่ยและองค์ประกอบของน้ำนมแพะ

พันธุ์	ผลผลิต (กิโลกรัม) ต่อระยะของการให้นม	องค์ประกอบ (%)	
		ไขมัน	โปรตีน
พันธุ์ผสม	1,220	3.7	2.8
บริติชซาแนน/ ซาแนน	1,243	3.7	2.8
บริติชโทเกนเบอร์ก/ โทเกนเบอร์ก	1,169	3.7	2.7
แองโกล-นูเบียน	1,040	5.0	3.5
บริติชอัลไพน์	1,099	4.1	3.0
โกลเดน/ เกอร์นซีอังกฤษ	992	4.1	2.0

ที่มา: ธีรพงษ์ (2536)

2.2.1 พันธุ์แพะนม

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีร่างกายขนาดเล็ก มีความสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่างๆ โดยเฉพาะทนต่อความร้อนจากแสงแดดได้ดีกว่าสัตว์อื่นๆ และที่สำคัญ คือ แพะเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย กินอาหารพวกพืชหลายชนิด (ถวัลย์, 254) แพะสามารถใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจากการเกษตรหรืออาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำได้ดี (Devendra, 1983) ในประเทศแถบอบอุ่นเลี้ยงแพะเพื่อต้องการน้ำนมเป็นหลัก (Gall, 1981) ซึ่งแพะพันธุ์นมที่นิยมเลี้ยงแสดงดังรูปที่ 1 แต่ในประเทศแถบร้อนและกึ่งร้อนเลี้ยงแพะเพื่อนำมาบริโภคเนื้อและน้ำนมแต่ยังเลี้ยงไว้สำหรับอาชีพเสริมอีกด้วย (วินัย, 2538)

2.2.1.1 แพะพันธุ์ซาแนน (Saanen)

เป็นแพะพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำนมมากที่สุด มีถิ่นกำเนิดในประเทศสวิสเซอร์แลนด์ กรมปศุสัตว์นำเข้ามาเลี้ยงขยายพันธุ์ในปี 2527 เพื่อปรับปรุงพันธุ์แพะพื้นเมืองให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นแพะนม สีขาวทั้งตัว สันจมูกเป็นเส้นตรง ใบหูสั้นเล็กตั้งชี้ไปข้างหน้า หัวมีลักษณะแบน (รูปที่ 1A) น้ำหนักตัวปานกลางโตเต็มที่เพศผู้หนัก 60-75 กิโลกรัม เพศเมียหนัก 55-65 กิโลกรัม ดังตารางที่ 7

Prince of Songkla University Pattani Campus

1A

2A

3A

4A

รูปที่ 1 พันธุ์แพะต่างๆ (1A) พันธุ์ซาแนน (2A) พันธุ์ทอกเกนเบิร์ก (3A) พันธุ์อัลไพน์ (4A) พันธุ์แองโกลนูเบียน

ที่มา: Haenlein (2009)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบลักษณะของแพะพันธุ์ซาแนนกับแพะพันธุ์ลูกผสมซาแนน+พื้นเมือง

ลักษณะที่ศึกษา		ซาแนน	ลูกผสมซาแนน-พื้นเมือง
น้ำหนักแรกเกิด	(กก.)	2.65	2.58
น้ำหนักหย่านม (อายุ 3 เดือน)	(กก.)	17.08	14.66
น้ำหนักอายุ 6 เดือน	(กก.)	25.36	22.80
อัตราการเจริญเติบโตก่อนหย่านม	(กรัม/วัน)	175.91	147.41
อัตราการเจริญเติบโตเกิด-6 เดือน	(กรัม/วัน)	136.82	122.12
ผลผลิตน้ำนม (ลำดับครอกที่ 2)	(กก.)	430.82	168.22
ระยะการให้นม	(วัน)	282.37	174.25
น้ำนมเฉลี่ย	(กก./วัน)	1.52	1.19

ที่มา: Jenness (1980)

2.2.1.2 แพะพันธุ์ทอกเกนเบิร์ก (Toggenburg)

เป็นแพะนมที่รู้จักกันดีอีกพันธุ์หนึ่ง มีสีต่างกันตั้งแต่น้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้ม บริเวณหน้ามีสีขาวเด่นเป็นแนวระหว่างตาทั้งสองข้างจนถึงเนื้อจมูก ขาหลังมีสีขาวจากข้อเข่าจนถึงบั้นท้าย ขาหน้ามีสีขาวจากข้อเข่าลงไป หูตั้ง หน้าตรง (รูปที่ 2A) ขนาดของแพะพันธุ์นี้เมื่อโตเต็มที่ ตัวผู้หนักประมาณ 60 กิโลกรัม สูง 75-85 เซนติเมตร ส่วนตัวเมียหนักประมาณ 55 กิโลกรัม สูง 70-80 เซนติเมตร ให้น้ำนมได้เฉลี่ย 897 กิโลกรัม ในระยะเวลา 275-305 วัน (บุญเสริม, 2546)

2.2.1.3 แพะพันธุ์อัลไพน์ (Alpine)

มีถิ่นกำเนิดแถบภูเขาแอลป์ มีขนาดตัวตั้งแต่ปานกลางจนถึงใหญ่ แม่แพะโตเต็มที่หนักประมาณ 60 กิโลกรัม สูง 70-80 เซนติเมตร ตัวผู้หนักเฉลี่ย 75 กิโลกรัม สูง 75-85 เซนติเมตร ลักษณะหน้าค่อนข้างเว้า มีหูตั้ง อาจจะมีหลายสีเช่น ขาว-ดำปะปนกัน สีครีม สีฟางข้าว สีน้ำตาลแดง ส่วนบั้นท้าย ท้อง ขาหน้ามักจะมีสีดำ (รูปที่ 3A) แม่แพะให้น้ำนมโดยเฉลี่ย 924 กิโลกรัมในระยะเวลา 305 วัน (บุญเสริม, 2546)

2.2.1.4 แพะพันธุ์แองโกลนูเบียนหรือนูเบียน (Anglo-nubian or Nubian)

แพะนมพันธุ์นี้มีขนาดใหญ่ เชื่อกันว่ามีต้นกำเนิดในทวีปเอเชีย ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ในประเทศอังกฤษ มีลักษณะเหมือนแพะอินเดีย คือ หูใหญ่ตูบ หน้าและจมูกโค้ง มีหลายสีที่มักพบได้แก่ สีดำ สีน้ำตาลแดง (รูปที่ 4A) เป็นแพะทนร้อนได้ดี ให้น้ำนมได้ 2-3 ลิตรต่อวัน น้ำนมมีไขมันสูงกว่าแพะนมยุโรป เป็นแพะกึ่งเนื้อกึ่งนม ตัวเมียหนักประมาณ 64 กิโลกรัม ตัวผู้โตเต็มที่หนักอย่างน้อย 76 กิโลกรัม (บุญเสริม, 2546)

พันธุ์แพะที่แตกต่างกันจะทำให้องค์ประกอบของน้ำนมแพะมีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 8 จะเห็นว่าพันธุ์แพะที่แตกต่างกันจะมีสารอาหารประเภท ของแข็งทั้งหมด ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน ไขมัน โปรตีน เคซีน และแอลฟาเอส1-เคซีน แตกต่างกัน ซึ่งแพะพันธุ์นูเบียนจะให้ปริมาณขององค์ประกอบดังกล่าวมากที่สุด แต่ลูกผสมของแพะพันธุ์นูเบียนกับอัลไพล์จะให้สารอาหารที่น้อยกว่าแพะพันธุ์นูเบียน 100%

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 8 องค์ประกอบต่างๆ (%) ของน้ำนมแพะที่ได้จากแพะสายพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์แพะ	ของแข็งทั้งหมด	ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน	ไขมัน	โปรตีน	เคซีน	แอลฟาเอส 1-เคซีน
นูเบียน	16.02±0.70	9.01±0.22	7.02± 0.62	3.59±0.16	2.77± 0.18	0.24±0.11
นูเบียน x อัลไพน์	13.98±0.61	8.60± 0.19	5.38± 0.54	3.52± 0.14	-	0.28±0.13
ลาแมนชา	13.67±0.31	8.72± 0.10	4.95± 0.28	3.34± 0.07	2.70± 0.09	0.25±0.19
ซาแนน	12.98±0.51	8.34± 0.16	4.64± 0.45	3.03± 0.11	2.48± 0.10	0.23±0.17
อัลไพน์	12.93±0.26	8.14±0.08	4.79±0.23	3.02± 0.06	2.43± 0.09	0.10±0.09
โอเบอร์ฮาสลิ	11.70±1.00	8.40± 0.32	3.29± 0.88	3.35± 0.23	2.44± 0.22	0.06±0.04
ทอกเกนเบิร์ก	11.83±0.66	7.56± 0.21	4.27± 0.59	2.76± 0.12	2.28± 0.10	0.09±0.04
ซาแนน x อัลไพน์	12.06±0.69	7.86± 0.22	4.20± 0.62	2.76± 0.16	2.16± 0.22	0.07± 0.11

ที่มา: Clark *et al.* (2000)

2.3 ลักษณะอาหารของแพะ

บุญเสริม (2546) รายงานว่า แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องชอบกินพืชและหญ้าหลากหลายชนิดปนกันมากกว่าที่จะกินเพียงชนิดเดียว ชอบแทะเล็มตรงส่วนปลายและชอบกินอาหารหลายๆ อย่างซึ่งช่วยให้ได้รับโภชนะสมดุลขึ้น แพะจะชอบเล็มใบไม้และกิ่งอ่อนมากกว่าเล็มหญ้า อาหารที่กินประมาณร้อยละ 60 เป็นใบไม้และกิ่งอ่อน อีกร้อยละ 40 จะเป็นไม้พุ่ม อาหารแพะแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ อาหารหยาบ (roughages) และอาหารข้น (concentrates) อาหารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังนี้

1. อาหารหยาบ หมายถึง อาหารที่มีสารเยื่อใยสูง (มากกว่าร้อยละ 18) มีลักษณะฟ่าม เบา มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ย่อยได้ยาก ต้องกินเป็นจำนวนมากจึงจะได้รับสารอาหารเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย อาหารหยาบเป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้องทุกชนิด มีความสำคัญในเรื่องของการเป็นแหล่งโภชนาการ และมีความจำเป็นในการช่วยให้กระเพาะอาหารเรอเอาแก๊สออกได้ อีกทั้งยังกระตุ้นการขับน้ำลายเพื่อไปช่วยในการต้านความเป็นกรดของกระเพาะหน้าไม่ให้ต่ำเกินไป ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์และตัวแพะอีกด้วย อาหารหยาบมี 3 ประเภท คือ

Prince of Songkla University Pattani Campus

1) อาหารหยาบแห้ง เช่นหญ้าแห้ง ฟางข้าว ต้นข้าวโพดแห้ง เป็นต้น 2) อาหารหยาบสด เช่น ถั่วสดชนิดต่างๆ ตลอดทั้งใบไม้ต่างๆ รวมทั้ง 3) อาหารหมัก (silage) ด้วย อาหารที่เป็นอาหารหลักที่สำคัญของแพะ ได้แก่ พืชตระกูลหญ้า และถั่วชนิดต่างๆ เปลือกกล้วย เปลือกและต้นข้าวโพด ยอดอ้อย เปลือกสับปะรด เป็นต้น โดยคุณค่าทางโภชนาการอาหารประเภทนี้ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของดินที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ และอายุพืชที่เก็บเกี่ยว อาจจะให้กินทั้งแบบสดและตากแห้ง พืชตระกูลถั่วเป็นอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่สุดและตัวแพะชอบกินมากที่สุดเช่นกัน ซึ่งแพะจะกินใบไม้ใบหญ้าเป็นอาหารหลักถึงร้อยละ 80

2. อาหารข้น หมายถึง อาหารที่มีสารเยื่อใยต่ำ ย่อยได้ง่าย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ใช้เป็นอาหารเสริมเพื่อเพิ่มปริมาณโภชนาการให้เพียงพอต่อความต้องการในการดำรงชีพและการให้ผลผลิต แพะกินเข้าไปเพียงเล็กน้อยก็ได้รับสารอาหารที่ร่างกายดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก โดยส่วนใหญ่มักใช้เป็นส่วนเสริมอาหารหยาบ คือพยายามใช้อาหารหยาบให้มากที่สุด แล้วโภชนาการส่วนที่ขาดจะถูกเสริมให้เพียงพอกับความต้องการด้วยอาหารข้น ควรให้อาหารข้นเฉพาะที่จำเป็นและจำกัดปริมาณตามความต้องการเท่านั้น ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการทำอาหารข้นส่วนใหญ่ก็ขึ้นอยู่กับว่าต้องการให้เสริมสารอาหารประเภทใด เช่น เสริมอาหารหลักใช้พวกเมล็ดข้าวโพด ปลายข้าวและมันรำ เป็นต้น เสริมโปรตีนใช้กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากนุ่น เป็นต้น เสริมแร่ธาตุใช้กระดูกป่นและเกลือไดแคลเซียมฟอสเฟต เสริมวิตามินใช้น้ำมันตับปลาหรือวิตามินเข้มข้น

เนื่องจากแพะต้องมีการให้น้ำนมทำให้แพะต้องได้รับสารอาหารเพื่อให้มีพลังงานที่เพียงพอกับความต้องการ โดยแพะนมและโคนมจะมีความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพที่แตกต่างจากโคนม แต่ในด้านของการผลิตน้ำนมนั้นแพะนมและโคนมมีความต้องการพลังงานที่เท่ากัน แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบความต้องการทางโภชนะของแพะนมและโคนม

ความต้องการพลังงาน (เมกะแคลอรี่)	แพะนม	โคนม
ดำรงชีพ	0.36	0.63
ผลิตน้ำนม	0.69	0.69
รวม	1.05	1.32

ที่มา: วินัย (2542)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.3.1 แนวทางปฏิบัติในการให้อาหารแก่แม่แพะรีดนม

โดยทั่วไปการเลี้ยงแพะ อาหารที่ให้เป็นหลักคือ อาหารหยาบที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น เช่น หญ้าธรรมชาติ หญ้าที่ปลูก ใบไม้ ใบตอง คุณภาพของอาหารที่กินเป็นหลักเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณา เมื่อทราบปริมาณที่แพะกินโดยประมาณและทราบส่วนประกอบทางเคมีของอาหารหยาบที่ใช้เลี้ยง จะทำให้ประเมินในขั้นต้นได้ว่า แพะได้รับโภชนะจากอาหารมากน้อยเพียงใด แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตารางความต้องการโภชนะ (ตารางที่ 10) จะทราบสภาพการได้รับโภชนะว่าควรจะเสริมอาหารที่มีโภชนะอย่างไรแพะจึงจะได้รับเพียงพอกับความต้องการ (บุญเสริม, 2546)

ปริมาณอาหารข้นที่เสริมให้กับแพะรีดนมนั้นควรพิจารณาตามความสามารถในการให้นมควบคู่ไปด้วย โดยมากจะเสริมอาหารข้นให้แก่แม่แพะในอัตรา 300-500 กรัม/การให้นม 1 กิโลกรัม สำหรับระยะแรกของการให้นมประมาณ 4 อาทิตย์แรกหลังคลอด ควรให้อาหารข้นเสริมแก่แม่แพะเต็มที่ แต่ถ้าแม่แพะเริ่มจะไม่ให้นมเพิ่มจึงควรลดอาหารตามปริมาณการให้นม อาหารข้นที่ให้ควรเป็นอาหารที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 16 มีเยื่อใยไม่เกินร้อยละ 10 มีส่วนประกอบของวิตามิน แร่ธาตุที่เหมาะสม (สุวิทย์และคณะ, 2544)

แม่แพะรีดนมต้องการโภชนะเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการผลิตน้ำนม หากให้อาหารกินมากเกินไปจะทำให้แพะอ้วนได้ง่ายและมักผสมพันธุ์ไม่ค่อยติด ทำให้ไม่มีแพะที่จะรีดนมได้ในฤดูถัดไป

ตารางที่ 10 ตัวอย่างส่วนผสมของอาหารข้นสำหรับแพะรีดนม

ส่วนผสม	โปรตีนรวม			
	ร้อยละ 14	ร้อยละ 16	ร้อยละ 18	ร้อยละ 20
มันเส้น	45.91	41.62	37.33	33.03
กากถั่วเหลือง	2.09	6.38	10.67	14.97
กากน้ำตาล	10.00	10.00	10.00	10.00
ใบกระถิน	15.00	15.00	15.00	15.00
กากฝ้ายทั้งเปลือก	25.00	25.00	25.00	25.00
เกลือ	1.00	1.00	1.00	1.00
แร่ธาตุ	1.00	1.00	1.00	1.00
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00

ที่มา: บุญเสริม (2546)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบและผลผลิตของน้ำนม

มีปัจจัยหลายประการที่มีผลทำให้องค์ประกอบของผลผลิตของน้ำนมเปลี่ยนแปลงไป บางปัจจัยจะมีผลต่อองค์ประกอบหรือผลผลิตของน้ำนมเพียงอย่างเดียว แต่บางปัจจัยก็มีผลทั้งองค์ประกอบและผลผลิตของน้ำนมสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.4.1 พันธุ์ แพะพันธุ์ต่างๆ จะให้ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมที่แตกต่างกัน เช่น พันธุ์ซาแนน เป็นแพะที่ให้น้ำนมเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของตัวแพะ เพราะพันธุ์เดียวกันมีความสามารถในการให้นมที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบการให้ผลผลิตน้ำนมของแพะพันธุ์ต่างๆ

ลักษณะที่ทำการศึกษา	ระยะการให้นม		พันธุ์		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ซาแนน	ลูกผสม	พื้นเมือง
ปริมาณการให้นมตลอดระยะการให้นม (กก.)	168.21	237.69	374.58	168.22	66.05
ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวัน (กก.)	0.84	1.08	1.40	1.01	0.47
ระยะเวลาการให้นม (วัน)	181.58	201.792	263.87	164.69	146.50

ที่มา: สมควรและคณะ (มปป.)

2.4.2 ระยะของการให้นม องค์ประกอบและปริมาณของน้ำนมจะผันแปรไปตามระยะของการให้น้ำนม โดยน้ำนมที่รีดออกมาในระยะแรกของการให้นมจะมีปริมาณสูงแต่มีไขมันต่ำ แสดงดังตารางที่ 12 โดยปริมาณของน้ำนมที่รีดออกได้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังจากแพะคลอดลูกจนกระทั่งถึงระยะที่ให้น้ำนมสูงสุด (peak of lactation) ประมาณ 3-6 สัปดาห์หลังจากคลอดลูก และหลังจากนั้นผลผลิตของน้ำนมจะลดลงเรื่อยๆ แต่ปริมาณไขมันจะสูงขึ้น โดยระยะการให้นมจะมี 3 ช่วงคือ ช่วงต้น ช่วงกลางและช่วงปลาย โดยในช่วงต้นน้ำหนักตัวแพะจะลดลง เนื่องจากผลผลิตน้ำนมสูงสุดแต่ความต้องการและปริมาณอาหารที่กินได้น้อย และน้ำหนักตัวจะกลับมาอีกครั้งในช่วงกลางของระยะการให้นม

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 12 แสดงผลของระยะการให้นมแพะต่อองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมแพะ

ระยะการให้นม	ไขมัน	โปรตีน	แลกโตส	เถ้า	ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน	ของแข็งทั้งหมด
	ร้อยละ					
1	3.55	3.22	4.89	0.68	8.76	12.33
2	3.65	3.49	4.72	0.74	8.95	12.60
3	4.09	3.80	4.51	0.80	9.05	13.20
4	4.54	4.01	4.19	0.86	9.19	13.67
CD (P=0.05)	0.10	0.14	0.07	0.01	0.16	0.24

ที่มา: Bohsale *et al.* (2009)

หมายเหตุ: CD คือ Coefficient of Determination

2.4.3 การให้อาหารและคุณภาพของอาหาร แพะที่ได้รับอาหารมากเพียงพอกับความต้องการของร่างกายจะให้ปริมาณน้ำนมสูง นอกจากปริมาณของอาหารที่แพะได้รับแล้ว ลักษณะของอาหารก็มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำนมด้วย ถ้าแพะได้รับอาหารที่มีเยื่อใยต่ำหรือได้รับอาหารหยาบน้อยจะมีผลทำให้ปริมาณไขมันในน้ำนมลดลง แต่จะไม่มีผลต่อปริมาณของน้ำนมถ้าได้รับอาหารข้นเพียงพอ จากการศึกษาพบว่าอาหารหมักตัดเมื่อยังอ่อนจะให้ผลผลิตนมมาก ส่วนใหญ่แพะจะกินอาหารในตอนกลางวันและร้อยละ 10 ของการเคี้ยวเอื้องจะเกิดขึ้นในตอนกลางคืน อาหารของแพะส่วนใหญ่จะเป็นหญ้าแห้ง โดยแพะที่กำลังให้นมจะกินได้มากที่สุดอยู่ระหว่างร้อยละ 4 และ 7 ของน้ำหนักตัว (ธีรพงษ์, 2536) ซึ่งอาหารและระยะการให้นมมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำนมดังตารางที่ 13

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 13 ตัวอย่างสูตรอาหารที่คำนวณขึ้นให้มีพลังงานและโปรตีนตามความต้องการของแพะนม น้ำหนัก 70 กิโลกรัม ให้น้ำนมไขมันร้อยละ 3.8

ผลผลิตน้ำนม (กก./วัน)	ระยะการให้นม		
	ช่วงต้น	**ช่วงกลาง**	**ช่วงปลาย**
	5	**3.5**	**2**
สูตรอาหาร (กก.น้ำหนักเปียก/วัน)			
1. อาหารหมักตัดเมื่อยังอ่อน			
อาหารหมัก	5.7	7.6	8.0
กากหัวผักกาดหวาน	0.6	0.5	0
อาหารผสม	1.4	0.6	0
ปริมาณอาหารแห้งที่กินทั้งหมด	3.2	2.9	2.0
% ใบพืชในรูปวัตถุแห้ง	45	67	100
2. อาหารหมักตัดเมื่อแก่			
อาหารหมัก	4.0	5.5	8.0
กากหัวผักกาดหวาน	0.6	0.5	0
อาหารผสม	1.9	1.2	1.2
ปริมาณอาหารแห้งที่กินทั้งหมด	3.2	2.8	2.2
% ใบพืชในรูปวัตถุแห้ง	32	48	92
3. หญ้าแห้งคุณภาพโดยเฉลี่ย			
หญ้าแห้ง	1.2	1.25	2.25
กากหัวผักกาดหวาน	0.6	0.5	0
อาหารผสม	2.0	1.6	0.45
ปริมาณอาหารแห้งที่กินทั้งหมด	3.3	2.9	2.3
% ใบพืชในรูปวัตถุแห้ง	31	3.7	83
4. ฟางและผลิตผลพลอยได้			
ฟาง	0.6	0.8	1.0
เมล็ดหญ้าแห้ง	0.6	0.5	0.3
กากเบียร์	1.5	1.3	1.3
กากหัวผักกาดหวาน	0.6	0.5	0

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ผลผลิตน้ำนม (กก./วัน)	ระยะการให้นม		
	ช่วงต้น	ช่วงกลาง	ช่วงปลาย
	5	3.5	2
สูตรอาหาร (กก.น้ำหนักเปียก/วัน)			
เศษหัวผักกาด	5.5	5.0	2.0
กากแป้งข้าวโพด	0.5	0.25	0.25
ปริมาณอาหารแห้งที่กินทั้งหมด	3.3	2.9	2.2
% ใบพืชในรูปวัตถุแห้ง	32	39	53

ที่มา : ธีรพงษ์ (2536)

อาหารที่ประกอบด้วยหญ้าแห้งซึ่งมีคุณภาพระดับเฉลี่ยเช่นเดียวกับหญ้าหมักที่ตัดเมื่อแก่ จำเป็นต้องมีอาหารเสริมทั้งพลังงานและโปรตีนในช่วงต้นและช่วงกลางของระยะการให้นม การให้อาหารที่เป็นแหล่งเยื่อใยเป็นสิ่งจำเป็นเช่นกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงต้นของระยะการให้นม ส่วนในช่วงปลายของระยะการให้นมพลังงานส่วนใหญ่ที่ต้องการอาจได้มาจากหญ้าแห้ง (ธีรพงษ์, 2536)

แม่แพะควรได้รับอาหารที่มีโภชนะครบถ้วนและเหมาะสมกับความต้องการของตัวสัตว์ในแต่ละระยะ ถ้าได้รับมากเกินไปอาจทำให้แม่แพะอ้วนให้นมได้น้อย แต่ถ้าได้รับอาหารไม่เพียงพอจะทำให้ต้องดึงโภชนะในร่างกายมาใช้ในการสร้างนม ทำให้แม่แพะผอมมาก สุขภาพทรุดโทรม ผสมไม่ติดและให้นมน้อย

2.4.4 อายุของแพะ แพะที่ยังโตไม่เต็มวัยจะให้น้ำนมน้อยกว่าแพะที่โตเต็มที่แล้ว ทั้งนี้เพราะความเจริญเติบโตและขนาดของร่างกายไม่เท่ากัน แต่เมื่อให้นมครั้งที่ 3-6 จะให้นมได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังจากนั้นปริมาณนมจะค่อยๆ ลดลง (บุญเสริม, 2546) นอกจากนี้พบว่าถ้าแพะมีอายุมากขึ้นผลผลิตของน้ำนมก็จะลดลงด้วย

2.4.5 การรีดนม ความถี่ของการรีดนมมีผลต่อปริมาณน้ำนม เช่น การรีดนม 2 ครั้งต่อวัน จะให้ผลผลิตน้อยกว่าการรีดนม 3 ครั้งต่อวัน และนอกจากนั้นวิธีการรีดนมก็มีผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมด้วย

2.4.6 สุขภาพและความสมบูรณ์ของร่างกาย แม่แพะที่มีสุขภาพดี ไม่เป็นโรค และมีสภาพร่างกาย (body condition) ในระดับที่พอเหมาะในแต่ละช่วงของการให้นมคือ ไม่อ้วนหรือผอม

Prince of Songkla University Pattani Campus

จนเกินไป จะสามารถให้นมได้ดี แต่ถ้าแม่แพะเป็นโรค เช่น เต้านมอักเสบ (mastitis) จะให้น้ำนมลดลง (บุญเสริม, 2546)

2.4.7 อุณหภูมิ โรงเรือนและสภาพแวดล้อม ถ้าแม่แพะได้รับการเลี้ยงดูในสภาพและการระบายอากาศที่ดี มีอุณหภูมิเหมาะสม ไม่ร้อนจนเกินไป อยู่ในโรงเรือนที่สะอาด แม่แพะจะไม่เกิดความเครียด สามารถกินอาหารได้มากจึงมักให้นมได้มาก สภาพอากาศที่ร้อนโดยเฉพาะร้อนชื้นจะทำให้แม่แพะระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ยาก จึงไม่อยากกินอาหาร เป็นเหตุให้สุขภาพทรุดโทรมและผลิตน้ำนมได้น้อย (บุญเสริม, 2546)

2.4.8 จำนวนลูกและเพศของลูก แม่ที่ให้ลูกแฝดหรือให้ลูกต่อครอกมาก จะผลิตน้ำนมมากกว่าแม่ที่คลอดลูกตัวเดียว ลูกเพศผู้จะกระตุ้นให้แม่ให้นมมากกว่าลูกเพศเมีย เพราะจะเจริญเติบโตเร็วกว่าและมีความต้องการน้ำนมสูงกว่า (บุญเสริม, 2546)

2.5 สารอาหารในน้ำนมแพะ

สารอาหารในน้ำนมแพะประกอบด้วย โปรตีน กรดอะมิโน ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุ ซึ่งพบในปริมาณสูง โดยที่สารอาหารเหล่านี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายทั้งสิ้น ช่วยให้ร่างกายได้รับสารอาหารที่เพียงพอกับความต้องการเนื่องจากในน้ำนมแพะมีสารอาหารที่ครบถ้วน นอกเหนือจากประโยชน์ที่ได้รับในด้านโภชนาการแล้ว นมแพะยังมีคุณสมบัติในการป้องกันและใช้ในการรักษาโรคบางชนิดได้ด้วย ได้แก่ ลดปัญหาการย่อยยากในผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบการย่อย การเพิ่มภูมิต้านทานสำหรับคนที่เกิดอาการภูมิแพ้ และสร้างความแข็งแรงให้แก่กระดูกและป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุน เป็นต้น (สุภาพร, มปป.) น้ำนมแพะและน้ำนมโคจะมีปริมาณของสารอาหารที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 14 ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณสารอาหารบางชนิดในน้ำนมแพะมีมากกว่าในน้ำนมโค

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบส่วนประกอบของน้ำนมแพะ น้ำนมโคและน้ำนมแกะ

ปริมาณที่ศึกษา	น้ำนมแพะ	น้ำนมโค	น้ำนมแกะ
ไขมัน (ร้อยละ)	3.80	3.60	7.90
ของแข็งไม่รวมไขมัน (ร้อยละ)	8.90	9.00	12.00
แลกโตส (ร้อยละ)	4.10	4.70	4.90
โปรตีน (ร้อยละ)	3.40	3.20	6.20
เคซีน (ร้อยละ)	2.40	2.60	4.20
เถ้า (ร้อยละ)	0.80	0.70	0.90

ที่มา : ดัดแปลงจาก Park *et al*. (2006)

Prince of Songkla University Pattani Campus

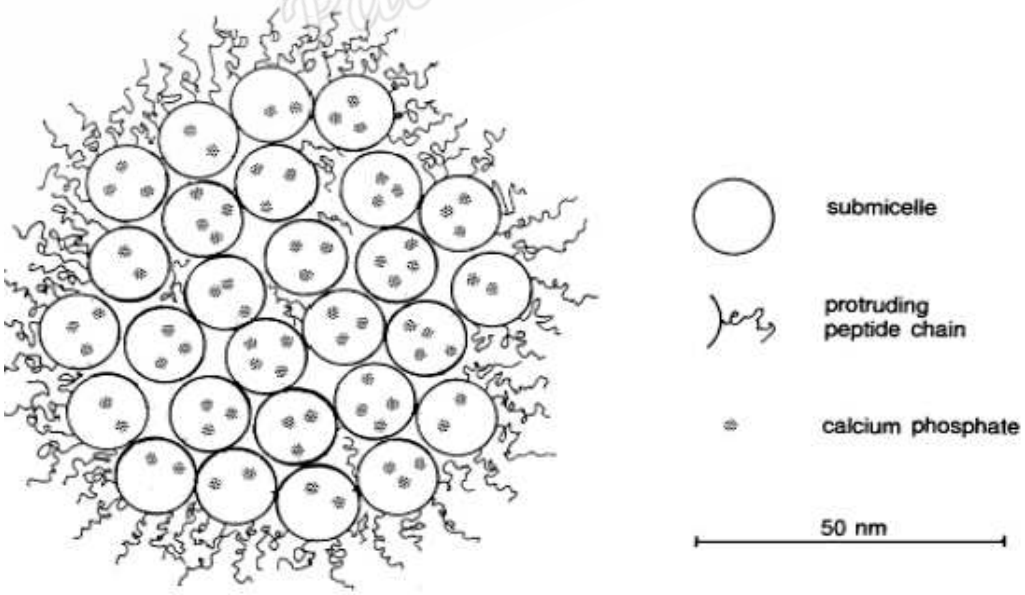
2.5.1 โปรตีน (Protein)

โปรตีนเป็นมหโมเลกุล (macromolecule) ที่พบมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีมากกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำหนักแห้งของเซลล์ทั่วไป และโปรตีนมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางชีวเคมีทุกชนิด ปริมาณโปรตีนในน้ำนมแพะมีอยู่ร้อยละ 3.4 โดยขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์ อาหาร ภูมิอากาศ การให้กำเนิด ฤดูกาล สุขภาพและระยะการให้นม ซึ่งจะมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ร้อยละ 0.7-1.0 w/w (Park *et al.,* 2006)

โปรตีนนมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ โปรตีนเคซีน (casein) และโปรตีนเวย์ (whey protein) ซึ่งมีลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.5.1.1 โปรตีนเคซีน (casein)

โปรตีนเคซีนในน้ำนมอยู่ในรูปของไมเซลล์ (micelles) เรียกว่าเคซีนไมเซลล์ กระจายตัวแขวนลอยในน้ำนมมีลักษณะทรงกลม ผิวหยาบ เกิดจากการรวมตัวกันเป็นก้อนของซับไมเซลล์ (submicelles) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12-15 นาโนเมตร แต่ละซับไมเซลล์ประกอบด้วย เคซีน 20-25 โมเลกุล แคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) ประมาณ 8 กรัม/เคซีน 100 กรัม และโปรตีนชนิดอื่นๆปริมาณเล็กน้อย เช่น โปรติเอส-เปปโตน เป็นต้น ซับไมเซลล์มีพันธะไม่ชอบน้ำ ซึ่งส่วนที่ไม่ชอบน้ำจะซ้อนอยู่ด้านในแกนกลางของซับไมเซลล์ ขณะที่ผิวด้านนอกของซับไมเซลล์จะมีส่วนของกลุ่มที่มีประจุและมีส่วนไม่ชอบน้ำอยู่ปริมาณน้อย (Walstra *et al*., 1999) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงรูปแบบจำลองของเคซีนไมเซลล์

ที่มา: Walstra (1999)

Prince of Songkla University Pattani Campus

โปรตีนในน้ำนมส่วนใหญ่คือ เคซีน และมีเคซีนหลัก 4 ชนิด คือ แอลฟาเอส 1 (α -S1) แอลฟาเอส 2 (α -S2) เบต้า (beta) และแคปปา (kappa) ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

1. แอลฟา- เคซีน (α-casein) เป็นสายเพปไทด์ (peptide chain) ที่มีกรดอะมิโนจำนวน 199 หน่วย (residue) มีน้ำหนักโมเลกุล 23 กิโลดาลตัน เมื่อมีแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}ion) จะทำให้ αs1-casein ไม่ละลายน้ำ โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนบนสายเพปไทด์ และเกิดการตกตะกอน

1.1 แอลฟาเอส 1- เคซีน (αs1-casein) ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวน 100 ถึง 199 หน่วยเป็นพวกที่ไม่มีขั้ว (apolar)

1.2 แอลฟาเอส 2- เคซีน (αs2-casein) มีโครงสร้างแบบมีขั้วและไม่มีขั้ว (dipolar structure) เมื่อมีแคลเซียมไอออน αs2-casein จะตกตะกอนง่ายกว่า αs1-casein

2. เบตา- เคซีน (β-casein) เป็นสายเพปไทด์ที่มีกรดอะมิโนจำนวน 209 หน่วย มีน้ำหนักโมเลกุล 24.5 กิโลดาลตัน ปลายข้างหนึ่งของสายเพปไทด์เป็นพวกมีขั้ว (polar head) ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งเป็นพวกไม่มีขั้ว (apolar tail) สามารถตกตะกอนได้เมื่อมีแคลเซียมไอออน

3. แคปปา-เคซีน (k–casein) เป็นสายเพปไทด์ที่มีกรดอะมิโนจำนวน 169 หน่วย มีน้ำหนักโมเลกุล 18 กิโลดาลตัน มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบ คือ น้ำตาลกาแล็กโทสร้อยละ 1 สารประกอบกาแล็กโทซามีนร้อยละ 1.2 และกรดเอ็น-แอซีทิลนิวรามิก (N- acetylneuramic) ร้อยละ 2.4 k–casein เป็นโปรตีนที่สำคัญที่ช่วยให้ α-casein และ β-casein ไม่เกิดการตกตะกอนเมื่อมีแคลเซียมไอออน และช่วยให้เคซีนไมเซลล์เกิดความคงตัว (Belitz and Grosch, 1999)

เคซีนในน้ำนมอยู่ในรูปเกลือแคลเซียม คือแคลเซียมเคซีเนท (calcium calcinate) รูปร่างของ calcium calcinate ค่อนข้างซับซ้อน โดย α-casein และ β-casein ไม่ละลายในน้ำนม ไม่ว่าจะอยู่แบบเดี่ยวหรืออยู่รวมกัน ถ้ามี k–casein จะรวมเป็นสารเชิงซ้อนที่ละลายในน้ำนมได้ เนื่องจากเกิดเป็นไมเซลล์ เคซีนไมเซลล์ประกอบด้วยไมเซลล์หน่วยย่อยหลายๆ หน่วยมารวมกัน โครงสร้างของเคซีนไมเซลล์ในน้ำนมมีสภาพหลวมๆ เนื่องจากภายในมีน้ำอยู่มากประมาณ 3.7 กรัมต่อกรัมของโปรตีน การที่ k–casein ไม่ละลายน้ำ มีหมู่ฟอสเฟตน้อยกว่าและมีคาร์โบไฮเดรตปริมาณสูงมาเกาะ รวมทั้งผิวด้านนอกประกอบด้วยซีรีนและทรีโอนีน ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่และยังมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตอยู่ด้วย ทำให้ผิวด้านนอกละลายน้ำได้ดีเนื่องจากมีหมู่ที่มีสภาพขั้วสูงอยู่มาก ส่วนผิวด้านอื่นจะจับกับ α-casein และ β-casein ทำให้เกิดการละลายน้ำได้ โดยการเกิดคอลลอยด์หรือไมเซลล์ล้อมรอบหน่วยย่อย 2 หน่วยนี้ เมื่อด้านนอกของไมเซลล์ละลายน้ำได้ทำให้หน่วยใหญ่ทั้งหมดละลายน้ำได้ด้วย

Prince of Songkla University Pattani Campus

เคซีนซึ่งอยู่ในรูป calcium calcinate มีจุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) หรือจุดเป็นกลางที่พีเอช 4.6 ปกติพีเอชของน้ำนมมีค่าประมาณ 6.6 ที่พีเอชนี้เคซีนมีประจุลบและละลายได้ในรูปของเกลือ แต่ถ้าเติมกรดจนพีเอชเป็น 4.6 ประจุที่ผิวของไมเซลล์จะถูกทำให้เป็นกลาง (หมู่ฟอสเฟตจับกับ H^+) เคซีนที่เป็นกลางจะมีการละลายต่ำสุด ดังนั้นถ้าปรับพีเอชของน้ำนมจาก 6.6 เป็น 4.6 เคซีนจะตกตะกอน ส่วนแคลเซียมไอออนจะคงอยู่ในสารละลาย

น้ำนมแพะมีปริมาณโปรตีนแตกต่างจากน้ำนมโคอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีชนิดของโปรตีนหลักเหมือนกับน้ำนมโค คือ α-casein, β-casein, k-casein, α-lactalbumin และ β-lactoglobulin แสดงดังตารางที่ 15 (Martin, 1993; Grosclaude, 1995) น้ำนมแพะยังมีโปรตีนชนิดรองที่สำคัญ คือ Immunoglobulins, Proteose peptone, Lactoferrin, Calmodulin (calcium binding protein), Tranferrin, Protolactin และ Folate-binding protein (Park *et al*., 2006)

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบสัดส่วนโปรตีนชนิดเคซีนในน้ำนมโคและน้ำนมแพะ

ชนิดของโปรตีนเคซีน	**น้ำหนักโมเลกุล**	**สัดส่วนของโปรตีนชนิดเคซีน (ร้อยละ)**	
	(Da)	**น้ำนมโค**	**น้ำนมแพะ**
αs1-casein	23,600	36-40	4-26
αs2-casein	25,150	5-19	5-19
β-casein	24,000	34-41	42-64
k-casein	19,000	10-24	10-24

ที่มา : ดัดแปลงจาก Park *et al*. (2006)

2.5.1.2 โปรตีนเวย์ (whey protein)

โปรตีนในเวย์ประกอบด้วย เบตา-แล็กโทโกลบูลิน (β-lactoglobulin) ร้อยละ 50 แอลฟา-แลกทัลบูมิน (α-lactalbumin) ร้อยละ 20 ซีรัมอัลบูมิน (serum albumin) ร้อยละ 10 นอกจากนี้ยังประกอบด้วย อิมมูโนโกลบูลิน (Immunoglobulin) โปรตีนที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ (phospholipid – protein complex) เอนไซม์ และเพปไทด์ของเคซีน (casein-derived peptide) (Fox and McSweeney, 1999) โปรตีนเวย์เป็นโปรตีนชนิดที่มีความทนต่อกรด แต่ไม่ทนต่อความร้อน การพาสเจอไรส์นมธรรมดาจะทำให้โปรตีนเสียสภาพไปบางส่วน โปรตีนเวย์ประกอบด้วยหมู่ซัลเฟอร์ ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อนถึงจุดเดือด จะเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ นมมีรสชาติที่เรียกว่า boiled-milk flavor หรือ cooked flavor

Prince of Songkla University Pattani Campus

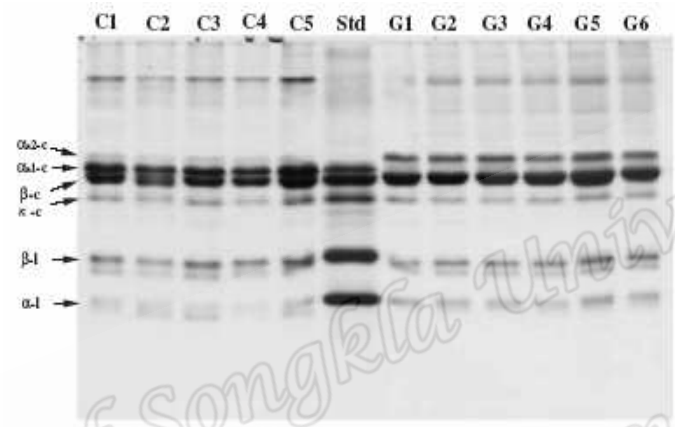
1. เบตา-แล็กโทโกลบูลิน (β-lactoglobulin) เป็นโปรตีนที่มีปริมาณมากที่สุดในเวย์ มีมวลโมเลกุลในรูปโมเลกุลเดี่ยวเท่ากับ 18 กิโลดาลตัน โครงสร้างที่เสถียรอยู่ในรูปไดเมอร์ (dimer) มีไอโซ-อิเล็กทริกพอยต์ (isoelectric point) ที่พีเอช 5.5-7.5 ค่าพีเอชต่ำกว่า 3.5 หรือสูงกว่า 7.5 โมเลกุลที่สร้างพันธะในรูปไดเมอร์จะแตกตัวเป็นโมเลกุลเดี่ยว (monomer) β-lactoglobulin เสื่อมสภาพ (denature) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 65 องศาเซลเซียส (Fox and McSweeney, 1998) แต่ละเส้นเปปไทด์จะมีกรดอะมิโนอยู่ประมาณ 136 หน่วย แต่ละไดเมอร์จะมีลักษณะเป็นวงกลมสองลูกติดกัน ไดเมอร์ไม่ละลายในน้ำกลั่นแต่ละลายได้ในสารละลายเกลือเจือจาง สามารถตกตะกอนโปรตีนชนิดนี้ได้ด้วยแมกนีเซียมซัลเฟตและแอมโมเนียมซัลเฟต นอกจากนี้ยังพบว่า การที่โปรตีนชนิดนี้มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ ถูกทำให้เสียสภาพด้วยความร้อนได้ง่าย มีบทบาทต่อกลิ่นรสต่อผลิตภัณฑ์นมประเภท fluid dairy foods

2. แอลฟา-แล็กทัลบูมิน (α-lactalbumin) เป็นโปรตีนในเวย์ที่มีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจาก β-lactoglobulin มีมวลโมเลกุล 14 กิโลดาลตัน α-lactalbumin เป็นโมดิไฟเออร์โปรตีน (modifier protein) ในเอนไซม์แล็กโทสซินเทเทส (lactose synthetase) เนื่องจากเอนไซม์ กาแล็กโทซิลทรานส์เฟอเรส (galactosyltransferase) เป็นตัวส่งถ่ายน้ำตาลกาแล็กโทส จาก ยูดีพี- กาแล็กโทส (UDP-galactose) ไปยังเอ็น-แอซีติลกูลไคซาไมนิว-ไกลโคโปรตีน (N-acetylglucosaminyl-glycoprotein) ซึ่งมีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบ โดยปกติอัตราการส่งถ่ายน้ำตาลกาแล็กโทสไปยังน้ำตาลกลูโคสเกิดขึ้นได้ช้า แต่เมื่อมี α-lactalbumin อัตราการส่งถ่ายน้ำตาลกาแล็กโทสไปยังน้ำตาลกลูโคสจะเพิ่มสูงขึ้น (Belitz and Grosch, 1999) เป็นโปรตีนที่มีซัลเฟอร์ประกอบอยู่มากกว่าในเคซีนถึง 2.5 เท่า สามารถตกตะกอนได้ด้วยความร้อนในสภาวะที่เป็นกรด pH 4.5 ไม่พบว่ามีโพแทสเซียมประกอบเหมือนในเคซีน Immune globulins พบประมาณร้อยละ 10 ของโปรตีนเวย์ แบ่งออกเป็น Immunoglobulin ชนิด M (IgM), IgA, IgG_1 และ IgG_2 โดยมีคุณสมบัติเป็น antibody พบมากในส่วนของเยื่อหุ้มเม็ดไขมัน เป็นโปรตีนที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบและ serum albumin มีลักษณะคล้ายกับอัลบิวมินของเซรั่มในเลือด (blood serum) ประกอบด้วยซัลเฟอร์อยู่มาก และจะเสียสภาพไปบางส่วนเมื่อถูกพาสเจอไรส์

Basch *et al.* (1985) พบว่าความร้อนทำให้โปรตีนเวย์ ได้แก่ β-lactoglobulin ถูกทำให้เสียสภาพและจะไปแทรกหรือจับกับโปรตีนเวย์ตัวอื่นหรือจับกับ k-casein ทำให้เกิดการตกตะกอนลงมากับเคซีน ซึ่งเป็นการลดปริมาณโปรตีนเวย์

Tomotake *et al.* (2006) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนชนิด αs1-casein, αs2-casein, β-casine, k-casine, β-lactoglobulin และ α-lactalbumin ในน้ำนมโคและน้ำนมแพะโดยในน้ำนมโคทดลอง 5 ซ้ำ คือ C1-C5 และในน้ำนมแพะทดลอง 6 ซ้ำคือ G1-G6 พบว่าแถบ

αs1-casein ของน้ำนมแพะมีขนาดเล็กกว่าแถบ αs1-casein ของน้ำนมโค แต่แถบของ αs2-casein ของน้ำนมแพะมีขนาดใหญ่กว่าน้ำนมโค ซึ่งปริมาณของ αs1-casein และ αs2-casein ของน้ำนมแพะมีค่าร้อยละ 3.90 และร้อยละ 13.6 ตามลำดับ ขณะที่น้ำนมโคมีปริมาณของ αs1-casein และ αs2-casein ร้อยละ 33.7 และร้อยละ 3.5 ตามลำดับ ส่วนปริมาณ β-lactoglobulin และ α-lactalbumin ของน้ำนมแพะมีค่าร้อยละ 12.5 และร้อยละ 5.9 ตามลำดับ ในน้ำนมโคมีปริมาณ β-lactoglobulin และ α-lactalbumin ร้อยละ 15.0 และร้อยละ 4.7 ตามลำดับ



รูปที่ 3 ชนิดของโปรตีนเมื่อตรวจสอบโดย SDS-PAGE ของน้ำนมโค (C1-C5) และน้ำนมแพะ (G1-G6)

ที่มา: Tomotake *et al.* (2006)

Jenness (1980) ศึกษาชนิดของโปรตีนในน้ำนมแพะพบว่าโปรตีนส่วนใหญ่ที่พบเหมือนกับในน้ำนมโคและมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดคือ αs2-casein, β-casein, k-casein, β-lactoglobulin และ α-lactalbumin โปรตีนแต่ละชนิดจะมีกรดอะมิโนที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 16

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 16 ปริมาณของกรดอะมิโนในโปรตีนแต่ละชนิดของน้ำนมแพะ

กรดอะมิโน	ปริมาณต่อโมล				
	αs1-casein	β-casein	k- casein	β-lactoglobulin	α-lactalbumin
อะลานีน	10	5	16	16	5
อาร์จินีน	6	3	5	3	1
แอสปาแตท [a]	17	9	16	14	22
ซีสเทอีน	2	0	3	5	8
กลูตาเมท [b]	45	43	26	24	13
ไกลซีน	4	6	1	5	5
ไอโซลิวซีน	11	9	11	10	8
ลิวซีน	12	20	8	21	13
เซรีน	14	15	13	6	6
ทรีโอนีน	14	12	15	8	6
ทริปโตเฟน	22	1	1	2	4
ไทโรซีน	11	4	9	4	4
วาลีน	12	21	11	10	6
รวม	217	213	171	162	123

ที่มา: Jenness (1980)

[a] includes Asparagine [b] includes Glutamine

2.5.2 กรดอะมิโน (Amino acid)

กรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) คือ สารเคมีที่ร่างกายจะเอาไปสร้างโปรตีนเพื่อซ่อมแซมอวัยวะที่สึกหรอของมนุษย์ ร่างกายสังเคราะห์สารตัวนี้ขึ้นมาเองไม่ได้ต้องได้รับมาจากอาหาร กรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบหน่วยย่อยในโมเลกุลของโปรตีน ซึ่งมีปริมาณมากกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนักแห้งในร่างกายคน กรดอะมิโนส่วนใหญ่ได้มาจากการย่อยโปรตีนในอาหารและมีการดูดซึมที่ลำไส้เล็กไปสู่ส่วนต่างๆของร่างกาย ในจำนวนกรดอะมิโนที่จำเป็น 10 ชนิดคือ ทริปโตเฟน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไธโอนีน ซิสทีน เฟนิลอะลานีน ไทโรซีน และวาลีน น้ำนมแพะมีกรดอะมิโนจำเป็นชนิดชนิดทรีโอนีน ไอโซลิวซีน ไลซีน ซิสทีน ไทโรซีน และวาลีน และมีกรดอะมิโนไม่จำเป็นชนิด อะลานีน โปรลีน และเซรีน สูงกว่าน้ำนมโค ดังแสดงในตารางที่ 17

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบองค์ประกอบของกรดอะมิโนในโปรตีนของน้ำนมแพะและน้ำนมโค

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (กรัม/100 กรัมของนม)	
	น้ำนมแพะ	น้ำนมโค
กรดอะมิโนที่จำเป็น		
ทริปโตเฟน	0.04	0.05
ทรีโอนีน	0.16	0.15
ไอโซลิวซีน	0.21	0.20
ลิวซีน	0.31	0.32
ไลซีน	0.29	0.26
เมไธโอนีน	0.08	0.08
ซิสเทอีน	0.05	0.03
เฟนิลอะลานีน	0.16	0.16
ไทโรซีน	0.18	0.16
วาลีน	0.24	0.22
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น		
อาร์จินีน	0.12	0.11
ฮิสทีดีน	0.09	0.09
อะลานีน	0.12	0.11
แอสปาแตท	0.21	0.25
กลูตาเมท	0.63	0.69
ไกลซีน	0.05	0.07
โปรลีน	0.37	0.32
เซรีน	0.18	0.18

ที่มา : Haenlein (2004)

บทบาทของกรดอะมิโนแต่ละชนิดในการทำงานของโปรตีนขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหมู่ที่มาเกาะ 4 ประการ ได้แก่ ลักษณะความมีขั้ว คุณสมบัติการแตกตัว ความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจน และคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัว ทำให้เกิดการทำงานที่แตกต่างกันไป

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.5.2.1 การถูกย่อยและการแพ้นม

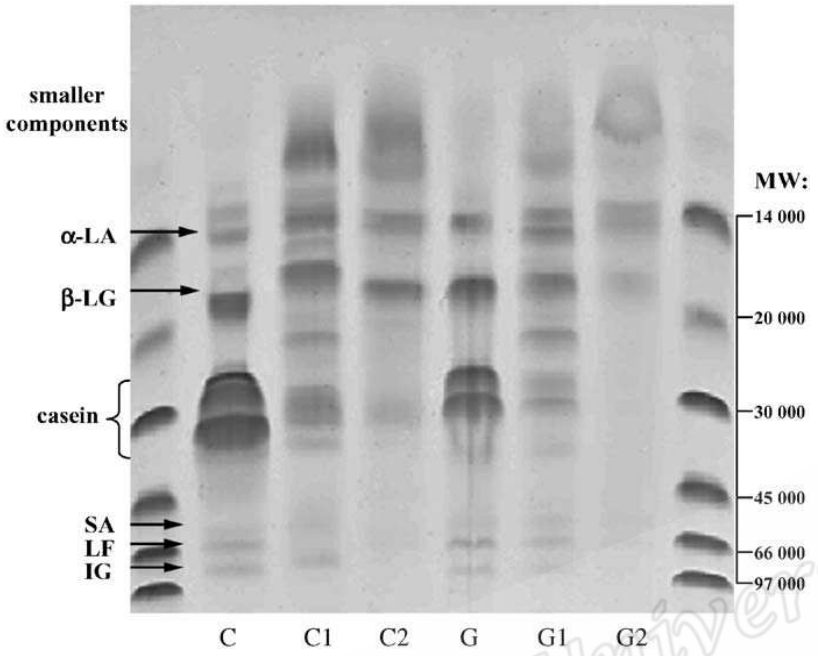
น้ำนมแพะมีคุณสมบัติเด่นในการถูกย่อยได้ง่ายโดยที่น้ำนมแพะประกอบด้วยโปรตีนที่ถูกย่อยได้ง่ายกว่าน้ำนมโค เนื่องจากคุณสมบัติของตะกอนนมที่มีความอ่อนนุ่ม ทำให้เอนไซม์เรนนิน (rennin) สามารถเข้าไปทำงานย่อยโปรตีนได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนของน้ำนมโคที่มีความแข็งมากกว่า

การแพ้นมเป็นปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกายต่อโปรตีนที่ทำให้เกิดการสร้างแอนติบอดีชนิดอิมมูโนกลอบูลิน อี (Ig E) มีโปรตีนมากกว่า 30 ชนิด ที่เป็นองค์ประกอบในน้ำนม ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 2 กลุ่ม คือ โปรตีนเคซีน (casein) และโปรตีนเวย์ (whey) ซึ่งโปรตีนประเภทเคซีนมีคุณสมบัติในการทนต่อความร้อนได้สูง ในขณะที่โปรตีนเวย์ทนความร้อนได้ต่ำกว่า สามารถถูกทำให้แตกตัวได้ด้วยความร้อน ซึ่งประมาณร้อยละ 80 ของโปรตีนในน้ำนมจัดอยู่ในกลุ่มของเคซีน ในน้ำนมโคร้อยละ 75 ของเคซีน อยู่ในรูปของ αs1-casein ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดอาการแพ้น้ำนมโคที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายเมื่อได้รับโปรตีนชนิดนี้เข้าไป ในทางตรงข้ามน้ำนมแพะ มี αs1-casein ในปริมาณน้อยหรือแทบจะไม่มีเลย (Clark, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Lara *et al.* (2005) รายงานว่า เคซีนเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดโรคแพ้น้ำนม โดยโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำนมโคคือ αs1-casein แต่ในน้ำนมแพะจะมีโปรตีนชนิดนี้น้อยกว่าในน้ำนมโค ทำให้การบริโภคน้ำนมแพะเกิดโรคแพ้โปรตีนในน้ำนมน้อยกว่า

Bevilacqua *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาให้หนูทดลองได้รับน้ำนมแพะและน้ำนมโคเป็นอาหารแล้วทำการเปรียบเทียบการเกิดอาการแพ้นม ผลปรากฏว่า หนูทดลองเกิดปฏิกิริยาการแพ้โปรตีนที่ชื่อว่า αs1-casein ที่มีมากในน้ำนมโค และในน้ำนมแพะจะไม่มีโครงสร้างของโปรตีนที่เป็นต้นเหตุของการเกิดอาการแพ้ขึ้นแต่จะมี αs2-casein แทน ทำให้หนูทดลองที่กินน้ำนมแพะมีอาการแพ้เพียงร้อยละ 40 เท่านั้น

Almass *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการย่อยระหว่างน้ำนมโคและน้ำนมแพะจากน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กของมนุษย์ โดยนำตัวอย่างน้ำนมแพะที่มี αs1-casein ต่ำซึ่งผ่านขั้นตอนการย่อยโดยน้ำย่อยจากกระเพาะอาหารและน้ำย่อยจากลำไส้เล็กมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในนม โดย SDS-PAGE พบว่ามีการย่อยของหางนม และโปรตีนเคซีนสูงขึ้นในทั้ง 2 ตัวอย่าง ความแตกต่างของการย่อยในน้ำนมโคและน้ำนมแพะคือโปรตีนชนิด β-lactoglobulin พบว่าเมื่อผ่านการย่อยจากน้ำย่อยจากลำไส้เล็กแล้ว ในตัวอย่างน้ำนมโคยังคงมี β-lactoglobulin เหลืออยู่ร้อยละ 83 ของทั้งหมดซึ่งตัวอย่างนมแพะมี β-lactoglobulin เหลือเพียง ร้อยละ 23 ของทั้งหมดดังรูปที่ 4

Prince of Songkla University Pattani Campus



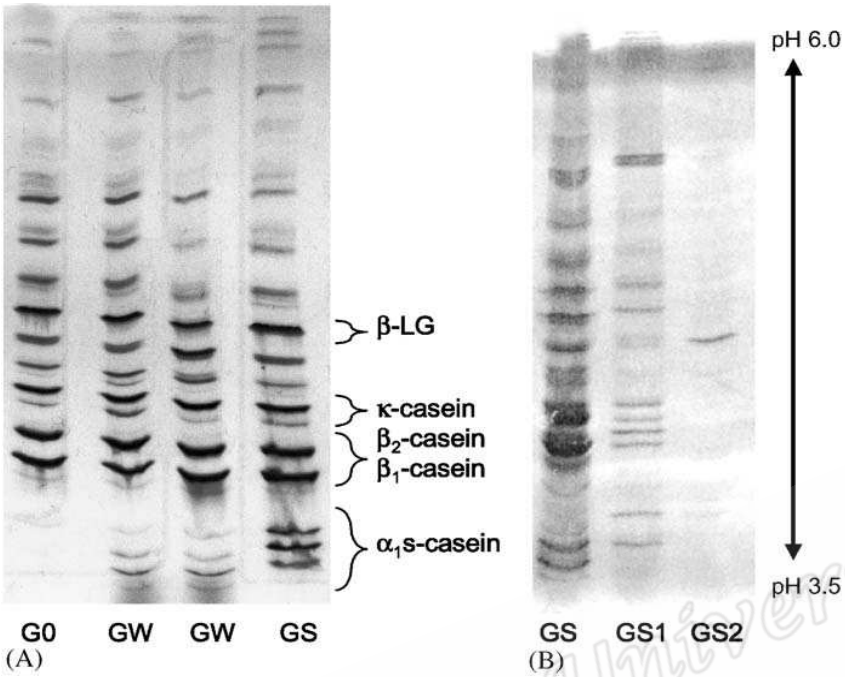
รูปที่ 4 ผลของการย่อยของตัวอย่างนมระหว่างน้ำนมโค (C) และน้ำนมแพะ (G) โดย C1, G1 เป็นตัวอย่างนมที่ผ่านการย่อยโดยน้ำย่อยจากกระเพาะอาหาร และ C2, G2 คือตัวอย่างน้ำนมที่ผ่านการย่อยโดยน้ำย่อยจากกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก

ที่มา : Almaas *et al*. (2006)

Prince of Songkla University Pattani Campus

รูปที่ 5A แสดงปริมาณ αs1-casein ในน้ำนมแพะด้วยเทคนิค Isoelectric focusing (IEF) ได้น้ำนมแพะ 3 ประเภท คือ น้ำนมแพะที่ไม่มี αs1-casein (G0) น้ำนมแพะที่มีปริมาณ αs1-casein ต่ำ (GW) และน้ำนมแพะที่มีปริมาณ αs1-casein สูง (GS) โดยจากการแบ่งประเภทพบว่าน้ำนมแพะ แต่ละประเภทมีปริมาณ αs1-casein แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.04 แต่มีปริมาณโปรตีนทั้งหมดไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.12 ในการสำรวจประเภทของแพะในประเทศนอร์เวย์พบว่า แพะส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มที่น้ำนมมีปริมาณ αs1-casein ต่ำ ซึ่งจะพบถึงร้อยละ 70

นอกจากนี้ในรูปที่ 5B แสดงให้เห็นถึงการย่อยของนมแพะที่มีปริมาณ αs1-casein ในน้ำนมสูง ซึ่งมีการย่อยที่ค่อนข้างสมบูรณ์ในทั้ง 2 ขั้นตอน ซึ่ง αs1-casein จะถูกย่อยอย่างรวดเร็วตั้งแต่ขั้นตอนที่ใช้น้ำย่อยจากกระเพาะอาหาร ส่วนการย่อยโปรตีนชนิดอื่นไม่แตกต่างจากการย่อยของน้ำนมแพะที่มีปริมาณ αs1-casein ต่ำ ซึ่งมีการย่อยของโปรตีนทุกประเภทค่อนข้างสมบูรณ์ยกเว้น β-lactoglobulin ที่จะคงเหลือเล็กน้อย



รูปที่ 5 ผล IEF ของน้ำนมแพะ โดยรูป A แสดงความแตกต่างของปริมาณ αs1-casein ในน้ำนมแพะ และรูป B แสดงผลการย่อยของน้ำนมแพะที่มีปริมาณ αs1-casein สูง โดยน้ำย่อยจากกระเพาะอาหาร (GS1) และน้ำย่อยจากลำไส้เล็ก (GS2)

ที่มา : Almaas *et al*. (2006)

2.5.3 ไขมันและกรดไขมัน (Fat and Fatty acid)

ไขมันเป็นสารอาหารที่สำคัญประเภทหนึ่ง ร่างกายใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงาน ให้ความอบอุ่น เป็นตัวพาวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ช่วยให้กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมดีขึ้น เป็นกลุ่มของสารชีวโมเลกุลที่มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายไขมัน เช่น อีเทอร์ เฮกเซน คลอโรฟอร์ม และเบนซิน ไขมันเป็นเอสเทอร์ (ester) หรือสามารถเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ (esterification) ของกรดไขมัน ในอาหารชนิดต่างๆ จะมีไขมันหลายชนิดอยู่รวมกัน เช่น ไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ไดกลีเซอไรด์ (diglycerides) โมโนกลีเซอไรด์ (monoglycerides) กรดไขมันอิสระ (free fatty acids) ฟอสโฟลิปิด (phospholipid) สเตอรอล (sterol) แครอทีนอยด์ (carotenoids) วิตามินเอหรือวิตามินดี เป็นต้น แต่จะมีปริมาณไตรกลีเซอไรด์เป็นสัดส่วนที่มากที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 95-99 ของปริมาณไขมันทั้งหมด

กรดไขมันส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในน้ำนมแพะเป็นพวกสายโซ่ความยาวสั้น (short chain fatty acid, SCFA)และความยาวปานกลาง (medium chain fatty acid, MCFA) ได้แก่ บิวทิริก (C4:0) คาโปอิก (C6:0) คาปีลิก (C8:0) คาพริก (C10:0) ลอริก (C12:0) และ มายริสติก (C14:0)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ซึ่งมีปริมาณที่สูงมากกว่าในน้ำนมโค ดังตารางที่ 18 ซึ่งกรดไขมันในน้ำนมแพะนี้ จะมีประโยชน์ต่อร่างกายในการใช้รักษาผู้ที่มีปัญหาทางสุขภาพ เช่น ในผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับหัวใจหรือหลอดเลือดหัวใจ มีภาวะการดูดซึมสารอาหารบกพร่อง ภาวการณ์ย่อยสารอาหารที่ลำไส้เล็กมีปัญหา เนื่องจากกลไกการเกิดเมแทบอลิซึม (metabolism) ของไขมันพวกนี้มีลักษณะพิเศษสามารถให้พลังงานโดยตรงแทนที่จะไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อ (Haenlein, 2004)

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำนมแพะ น้ำนมโค

ชนิดกรดไขมัน	**ปริมาณกรดไขมัน (กรัม/100 กรัมของนม)**	
	น้ำนมแพะ	**น้ำนมโค**
บิวทิริก (C4:0)	0.13	0.11
คาโปอิก (C6:0)	0.09	0.06
คาปีลิก (C8:0)	0.10	0.04
คาพริก (C10:0)	0.26	0.08
ลอริก (C12:0)	0.12	0.09
มายริสติก (C14:0)	0.32	0.34
ปาลมิติก (C16:0)	0.91	0.88
สเตียริก (C18:0)	0.44	0.40
รวมกรดไขมันสายสั้นและปานกลาง (C6-C14)	**0.89**	**0.61**
รวมกรดไขมันอิ่มตัว (C4-C18)	**2.67**	**2.08**
ปาลมิโอติก (C16:1)	0.08	0.08
โอเลอิก (C18:1)	0.98	0.84
รวมกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (C16:1-C22:1)	**1.11**	**0.96**
ลิโนเลอิก (C18:2)	0.11	0.08
ลิโนเลนิก (C18:3)	0.04	0.05
รวมกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (C18:2-C18:3)	**0.15**	**0.12**

ที่มา : Haenlein (2004)

Prince of Songkla University Pattani Campus

สมชัยและณิชารัตน์ (2550) ได้กล่าวถึงการเลี้ยงลูกสุกรด้วยน้ำนมแพะเป็นเวลา 52 วัน พบว่าลูกสุกรมีการสะสมไขมันตามส่วนต่างๆ ของร่างกายน้อยมากอย่างเห็นได้ชัดและมีความแข็งแรงของกระดูกเพิ่มขึ้นเพราะไขมันจากน้ำนมแพะย่อยง่ายจึงไม่สะสมในร่างกาย อีกทั้งน้ำนมแพะยังมีปริมาณแคลเซียมสูงจึงทำให้เนื้อกระดูกแน่นขึ้น

2.5.3.1 การถูกย่อยและการดูดซึม

น้ำนมแพะมีปริมาณกรดไขมันชนิดสายสั้นสูงกว่าน้ำนมโค ได้แก่ C4:0, C6:0, C8:0, C10:0 และ C12:0 ทำให้ย่อยได้ง่ายกว่าในน้ำนมโค อีกทั้งการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ธรรมชาติของไขมันในน้ำนมแพะนั้นยังส่งผลให้สามารถย่อยได้ง่ายกว่าน้ำนมโค (Haenlein, 1992 อ้างโดย Almass *et al*., 2006) โดยเอนไซม์ย่อยไขมัน (lipase) ที่อยู่ภายในลำไส้จะย่อยได้กรดไขมันและกลีเซอไรด์ กรดไขมันที่เกิดขึ้นจะออกจากเซลล์ของลำไส้เล็ก โดยไม่ต้องอาศัยไคโลไมครอนและจะถูกขนส่งทางหลอดเลือดไปสู่ตับ โดยเกาะไปกับโปรตีนอัลบูมิน เพื่อส่งเข้าสู่ตับในรูปของกรดไขมันแล้วย่อยสลายเป็นพลังงานต่อไป

นอกจากนี้ น้ำนมแพะมีองค์ประกอบของกรดไขมันโซ่ปานกลางในปริมาณสูง ไขมันเหล่านี้มีขั้นตอนการดูดซึมและอาศัยเอนไซม์ที่ใช้ในการเปลี่ยนให้เป็นพลังงานน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำนมโค เม็ดไขมันในน้ำนมแพะมีขนาดเล็กกว่าในน้ำนมโค โดยเม็ดไขมันในน้ำนมแพะมีสัดส่วนเฉลี่ย 3.5 ไมโครเมตร ในขณะที่เม็ดไขมันในน้ำนมโคมีสัดส่วนเฉลี่ย 4.5 ไมครอน ดังตารางที่ 19 ทำให้ย่อยได้ง่ายเพราะเม็ดไขมันที่เป็นอนุภาคเล็กๆ ไม่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน ทำให้มีพื้นที่ในการสัมผัสกับเอนไซม์ไลเปส ที่อยู่ภายในเซลล์ทำให้การทำงานของเอนไซม์ไลเปส เป็นไปได้ง่ายสามารถที่จะทำลายพันธะเอสเทอร์ (ester linkage) ได้ทั่วถึงทำให้การย่อยกรดไขมันสามารถที่ย่อยได้ง่ายขึ้น โดยทำให้น้ำนมแพะไม่ต้องผ่านกระบวนการตีไขมันให้ละเอียด (homogenesis) (อุไรพร, 2549) และการเกิดภูมิแพ้น้อยกว่ากรดไขมันในน้ำนมแพะสามารถถูกดูดซึมให้หมดได้ภายในเวลา 20 นาที เปรียบเทียบกับน้ำนมโคที่ใช้เวลานานกว่า 2 ชั่วโมง หรือบางครั้งนานเป็นหลายๆ ชั่วโมงทำให้ผู้บริโภคน้ำนมแพะนั้นจะไม่เกิดปัญหาเรื่องไขมันสะสมในร่างกาย น้ำย่อยสามารถย่อยไขมันได้มากขึ้นทำให้ร่างกายดูดซึมได้ดียิ่งขึ้น (สมชัย, 2548)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 19 การกระจายของเม็ดไขมัน ในน้ำนมแพะ และน้ำนมโค

ขนาดของเม็ดไขมัน (ไมครอน)	สัดส่วนต่อเม็ดไขมันทั้งหมด (ร้อยละ)	
	น้ำนมแพะ	น้ำนมโค
1.5	28	11
3.0	35	33
4.5	20	22
6.0	12	18
> 6.0	5	16
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย	3.5	4.5

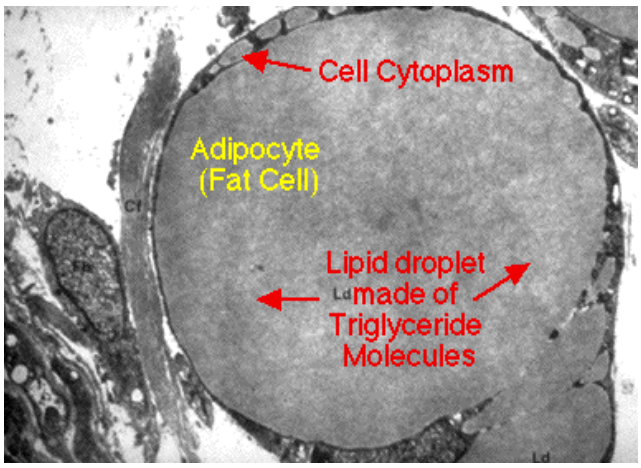
ที่มา : Park *et al*. (2006)

เม็ดไขมันนมจะแขวนลอยอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลว แขวนลอยอยู่ในแบบอีมัลชั่นน้ำมันในน้ำ เม็ดไขมันจะทำหน้าที่เป็นเฟสที่มีการกระจายตัว (dispersing phase) และของเหลวเป็นตัวกลาง (medium) หรือเฟสที่อยู่กับที่ (stationary phase) เม็ดไขมันมีสารคอลลอยด์เคลือบอยู่ด้านนอกเป็นชั้น เม็ดไขมันมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าโดยแต่ละเม็ดจะมีสภาพเป็นประจุไฟฟ้าลบผลักซึ่งกันและกัน ถ้าสามารถทำลายคอลลอยด์ที่ล้อมรอบไขมันให้หลุดออกไปได้ เม็ดไขมันเล็กๆเหล่านี้จะสามารถรวมตัวเป็นเม็ดไขมันขนาดโต ภายในมีไขมันนมในรูปของไขมันเหลวผสมกับไขมันแข็ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็น ไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวต่างกัน ไขมันนมจะถูกหุ้มด้วยเยื่อหุ้มเม็ดไขมัน (fat globule membrane) ซึ่งมี 2 ชั้นหนาประมาณ 10-15 nm ประกอบไปด้วยคลอเลสเตอรอล ฟอสโฟลิปิด โปรตีน และเอนไซม์ เป็นส่วนใหญ่

ข้อดีของการมีเม็ดไขมันที่มีขนาดเล็กทำให้น้ำนมแพะมีความคงตัวต่อการแยกชั้นของไขมัน กระบวนการโฮโมจีไนเซชันซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการผลิตน้ำนมโค อาจไม่มีความจำเป็นสำหรับนมแพะ ซึ่งถือว่าเป็นนมที่ผ่านการโฮโมจีไนเซชันโดยกระบวนการตามธรรมชาติ นอกเหนือจากการทำให้เม็ดไขมันแตกและกระจายตัว ป้องกันการแยกชั้นของไขมันในน้ำนมอีกด้วย

ความคงตัว (stability) ของระบบเม็ดไขมันนมมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวและสารประกอบที่ล้อมรอบเม็ดไขมัน คอลลอยด์ที่ล้อมรอบเม็ดไขมันนั้นเรียกว่า เยื่อหุ้มเม็ดไขมัน ซึ่งประกอบด้วย เคซีน อัลบิวมิน ฟอสโฟลิปิด เอนไซม์ตลอดจนเกลือแร่ (วรรณาและวิบูลย์ศักดิ์, 2531) (ดังรูปที่ 6)

Payap University Chiang Mai Campus



รูปที่ 6 ส่วนประกอบของเม็ดไขมัน

ที่มา : Thomas, (2002)

Hachelaf *et al.* (1993) ได้ทำการศึกษาการดูดซึมไขมันในน้ำนมแพะโดยทำการศึกษากับเด็กทารกที่มีภาวการณ์ดูดซึมบกพร่อง จำนวน 64 คน ซึ่งโดยปกติแล้วเด็กเหล่านี้จะดื่มน้ำนมโคแต่ในการทดลองนี้จะให้เด็กดื่มนมแพะแทน ปรากฏว่าเด็กทารกจะมีการดูดซึมของไขมันได้ดีขึ้นกว่าเดิมและ Haenlein *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาการดูดซึมไขมันของเด็กที่มีอายุระหว่าง 1-5 ขวบ ซึ่งมีภาวการณ์ดูดซึมอาหารบกพร่อง โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างเด็กที่ดื่มน้ำนมโคกับเด็กที่ดื่มน้ำนมแพะ พบว่า เด็กที่ดื่มน้ำนมโคไม่สามารถได้รับสารอาหารได้อย่างเพียงพอ ขณะเดียวกันเด็กที่ดื่มน้ำนมแพะจะได้รับสารอาหารได้อย่างครบถ้วนมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า โดยดูจากน้ำหนักตัวของเด็กที่ดื่มน้ำนมแพะจะมากกว่าประมาณร้อยละ 9 ต่อวัน (8.53 ± 1.37 กรัม/กิโลกรัม/วัน) หลังจากทดลองผ่านไป 2 สัปดาห์

2.5.4 วิตามินและแร่ธาตุ (Vitamin and Mineral)

น้ำนมแพะมีปริมาณวิตามินส่วนใหญ่สูงกว่าน้ำนมโค โดยเฉพาะวิตามินเอเพราะแพะจะเปลี่ยนรูปของเบต้าแคโรทีนทั้งหมดในน้ำนมให้เป็นวิตามินเอโดยตรง ซึ่งจะช่วยเพิ่มการทำงานของเซลล์ที่ดักจับเชื้อโรค ที่เข้าสู่ร่างกายและยังทำหน้าที่เป็นด่านป้องกันเชื้อโรคในส่วนเยื่อบุผนังปาก ลำไส้ และปอด นอกจากนี้ ยังทำให้น้ำนมแพะมีสีค่อนข้างขาวกว่าน้ำนมโค (Park *et al.*, 2006) ปริมาณวิตามินเอจะผันแปรขึ้นกับปริมาณเบต้าแคโรทีนในอาหารสัตว์ สามารถทนความร้อนได้ดีโดยจะไม่ถูกทำลายระหว่างการพาสเจอไรซ์ การระเหยและการทำแห้ง วิตามินบี 2 หรือไรโบฟลาวินมีความสำคัญต่อกลไกการสร้างพลังงานของร่างกาย จากการศึกษาพบว่า

มี ไรโบฟลาวินกระจายตัวทั่วไปในร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีการผลิตพลังงานแบบใช้ออกซิเจน เช่น หัวใจและกล้ามเนื้อต่างๆ โดยไรโบฟลาวินในรูปของฟลาวินอะดินีนไดนิวคลีโอไทด์ (FAD) และฟลาวินโมโนนิวคลีโอไทด์ (FMN) จะจับตัวกับเอนไซม์ในรูปของฟลาโวโปรตีน มีหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน ปริมาณวิตามินดีจะขึ้นอยู่กับปริมาณของวิตามินดีในอาหารสัตว์ และการได้รับแสงแดด สามารถทนความร้อนได้ดีโดยจะไม่ถูกทำลายระหว่างการพาสเจอไรซ์และการสเตอริไรซ์ วิตามินอีส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแอลฟา-โทโคเฟอรอล (α-tocopherol) ถึงร้อยละ 95 และอีกร้อยละ 5 อยู่ในรูปแกมมา-โทโคเฟอรอล (γ-tocopherol) โดยในน้ำนมแพะมีวิตามินชนิดต่างๆ ที่สำคัญ แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20_ เปรียบเทียบปริมาณวิตามินในน้ำนมแพะ น้ำนมแกะและน้ำนมโค

วิตามิน	ปริมาณ (ต่อ100 กรัม)		
	น้ำนมแพะ	น้ำนมแกะ	น้ำนมโค
วิตามินเอ (IU)	185	146	126
วิตามินดี (IU)	2.3	32.40	2.0
วิตามินบี1 (mg)	0.068	0.08	0.045
วิตามินบี 2 (mg)	0.21	0.376	0.16
วิตามินบี 3 Niacin (mg)	0.27	0.416	0.08
วิตามินบี 5 Pantothenic acid (mg)	0.31	0.408	0.32
วิตามินบี 6 Pyridoxin (mg)	0.046	0.08	0.042
วิตามินบี 8 Biotin (µg)	1.0	5.0	5.0
วิตามินบี 9 Folic acid (µg)	1.5	0.93	2.0
วิตามินบี 12 Cobalamin (µg)	0.065	0.712	0.357
วิตามินซี (µg)	1.29	4.16	0.94

ที่มา : Park *et al*. (2006)

ชนิดของแร่ธาตุที่สำคัญและมีปริมาณมาก ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม ซิเตรท ฟอสฟอรัส และคลอไรด์ โดยที่แคลเซียมและฟอสฟอรัส ส่งผลต่อกระบวนการสร้างกระดูกของร่างกาย รักษาระดับความดันโลหิตและการควบคุมการทำงานของหัวใจ การดื่มน้ำนมแพะ 1 แก้วจะให้แคลเซียมและฟอสฟอรัสประมาณร้อยละ 32.6 27 และ 14.2 ของปริมาณที่ร่างกายต้องการต่อวัน แคลเซียมมีฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ช่วยเพิ่ม

Prince of Songkla University Pattani Campus

ประสิทธิภาพการทำงานของเม็ดเลือดขาวกับลิมโฟไซต์ (lymphocyte)ในการจับเกาะสิ่งแปลกปลอม เพิ่มการหลั่งสารในตัวกลาง ปฏิกิริยาการสร้างภูมิคุ้มกัน ซิลีเนียมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์ที่ทำหน้าที่ภูมิคุ้มกัน สังกะสีช่วยสร้างและเสริมการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาว นิวโทรฟิลล์ (neutrophil) และเซลล์ดักจับ รวมทั้งป้องกันเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันถูกทำลายโดยการลดไซโตไคท์ (cytokine) ซึ่งควบคุมการบวมอักเสบและสร้างบีและทีเซลล์ให้แก่ร่างกาย ทั้งนี้ปริมาณแร่ธาตุมีความผันแปรขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะเวลาการหลั่งน้ำนม อาหารสัตว์ ฤดูกาล พันธุ์สัตว์ และการปนเปื้อนของแร่ธาตุจากสิ่งแวดล้อมภายนอก

ปริมาณแร่ธาตุที่มีในน้ำนมแพะแสดงดังตารางที่ 21 พบว่าแร่ธาตุ แคลเซียม ฟอสฟอรัสโพแทสเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ แมงกานีส เหล็กและไอโอดีน สูงกว่าน้ำนมโค (Ljutovac *et al.* 2008)

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบแร่ธาตุแต่ละชนิดในน้ำนมแพะ น้ำนมแกะและน้ำนมโค

แร่ธาตุ	**ปริมาณ (ต่อ 1 ลิตร)**		
	น้ำนมแพะ	**น้ำนมแกะ**	**น้ำนมโค**
แคลเซียม (mg)	1260	1950-2000	1200
ฟอสฟอรัส (mg)	970	1240-1580	920
โพแทสเซียม (mg)	1900	1360-1400	1500
โซเดียม (mg)	380	440-580	450
คลอไรด์ (mg)	1600	1100-1120	1100
แมกนีเซียม (mg)	130	180-210	110
สังกะสี (µg)	3400	5200-7470	3800
เหล็ก (µg)	550	720-1222	460
ทองแดง (µg)	300	400-680	2220
แมงกานีส (µg)	80	53-90	60
ไอโอดีน (µg)	80	104	70
ซีลีเนียม (µg)	20	31	30

ที่มา : Ljutovac *et al*. (2008)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ระยะการให้นมที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณแร่ธาตุที่พบในน้ำนมแพะ จากตารางที่ 22 จะเห็นว่า แร่ธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโพแทสเซียม จะมีปริมาณมากที่สุดในช่วงเริ่มต้นของระยะการให้นม (0-7 วัน) และจะลดลงในช่วงระยะการให้นมในช่วง 2-12 สัปดาห์ (Bawala *et al.*, 2006) นอกจากนี้ยังพบว่าแร่ธาตุโพแทสเซียมและแคลเซียม มีปริมาณมากกว่าแร่ธาตุฟอสฟอรัสและแมกนีเซียม ตามลำดับ

ตารางที่ 22 ปริมาณแร่ธาตุ (แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโพแทสเซียม) ในน้ำนมของแพะพันธุ์ WAD (West African Dwarf) ในช่วงระยะการให้นมต่างๆ (mg/100ml)

แร่ธาตุ	ระยะเวลา	A	B	C
แคลเซียม	เริ่มระยะการให้นม (0-7วัน)	138.20	145.65	152.63
	ระยะการให้นม (สัปดาห์)			
	ช่วงต้น (2-4)	132.50	120.15	129.15
	ช่วงกลาง (6-8)	122.70	127.75	131.50
	ช่วงปลาย (10-12)	127.75	133.75	135.25
	ค่าเฉลี่ย	120.98	127.20	131.97
ฟอสฟอรัส	เริ่มระยะการให้นม (0-7วัน)	107.20	111.65	113.45
	ระยะการให้นม (สัปดาห์)			
	ช่วงต้น (2-4)	84.01	80.50	97.00
	ช่วงกลาง (6-8)	80.50	91.35	91.25
	ช่วงปลาย (10-12)	89.00	88.50	91.00
	ค่าเฉลี่ย	84.50	80.78	94.08
แมกนีเซียม	เริ่มระยะการให้นม (0-7วัน)	27.67	43.30	56.45
	ระยะการให้นม (สัปดาห์)			
	ช่วงต้น (2-4)	21.08	43.01	52.51
	ช่วงกลาง (6-8)	18.58	41.95	48.27
	ช่วงปลาย (10-12)	17.13	38.61	42.07
	ค่าเฉลี่ย	18.00	41.10	47.60

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 22 (ต่อ)

แร่ธาตุ	ระยะเวลา	A	B	C
โพแทสเซียม	เริ่มระยะการให้นม (0-7วัน)	138.20	145.65	152.63
	ระยะการให้นม (สัปดาห์)			
	ช่วงต้น (2-4)	132.50	120.15	129.15
	ช่วงกลาง (6-8)	122.70	127.75	131.50
	ช่วงปลาย (10-12)	127.75	133.75	135.25
	ค่าเฉลี่ย	120.98	127.20	131.97

ที่มา : Bawala *et al.* (2006)

หมายเหตุ : A B และ C ส่วนประกอบของอาหารที่ให้แพะมีความแตกต่างกัน คือแป้งมันและ Dussa โดยแป้งมัน (A- ร้อยละ 50, B- ร้อยละ 47.5, C- ร้อยละ 45) Dussa (A- ร้อยละ 10, B- ร้อยละ 10.5, C- ร้อยละ 11) ส่วนผสมอื่นมีในปริมาณที่เท่ากัน

Prince of Songkla University Pattani Campus