# วิทยานิพนธ์

## การหมักน้ำนมเหลืองด้วยสารเสริมชีวนะเพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตลูกโคนม

## PROBIOTIC FERMENTED COLOSTRUM TO IMPROVE DAIRY CALVE PERFORMANCE

นายนครไชย อันชื่น

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550

# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

**ปริญญา**

| สัตวบาล | สัตวบาล |
|---|---|
| **สาขา** | **ภาควิชา** |

**เรื่อง** การหมักน้ำนมเหลืองด้วยสารเสริมชีวนะเพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตลูกโคนม

Probiotic Fermented Colostrum to Improve Dairy Calve Performance

**นามผู้วิจัย** นายนครไชย อันชื่น

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**ประธานกรรมการ** .....

( รองศาสตราจารย์จีระชัย กาญจนพฤฒิพงศ์, Ph.D. )

**กรรมการ** .....

( รองศาสตราจารย์พรศรี ชัยรัตนายุทธ์, Ph.D. )

**กรรมการ** .....

( รองศาสตราจารย์อนันต์ชัย เชื่อนธรรม, M.S. )

**หัวหน้าภาควิชา** .....

( รองศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, Ph.D. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

.....

( รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

วันที่ 21 เดือน มกราคม พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

# การหมักน้ำนมเหลืองด้วยสารเสริมชีวนะเพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตลูกโคนม

Probiotic Fermented Colostrum to Improve Dairy Calve Performance


โดย

นายนครไชย อันชื่น


เสนอ


บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2550

นครไชย อันชื่น 2551: การหมักน้ำนมเหลืองด้วยสารเสริมชีวนะเพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตลูกโคนม ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาสัตวบาล ภาควิชาสัตวบาล ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์จีระชัย กาญจนพฤฒิพงศ์, Ph.D. 129 หน้า

การศึกษานี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมของการเสริมเชื้อยาคูลท์ (1% และ 3%) และน้ำเชื่อม (0% 10% และ 20%) ในกระบวนการหมักน้ำนมเหลืองที่ปรับเนื้อนมรวม (TS) เหลือ 14.50% ที่อุณหภูมิห้องเย็น (4 - 8 °C) และอุณหภูมิห้อง (28 - 37 °C) ตามแผน 2x3 Factorial Experiments in CRD 1.1) การหมักน้ำนมเหลืองในสภาวะห้องเย็นเป็นเวลา 28 วัน การเสริมเชื้อยาคูลท์ที่ระดับ 1% และ 3% ทำให้แบคทีเรียกรดแลคติก (LAB) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่การเสริมเชื้อยาคูลท์ที่ระดับ 3% ทำให้ pH มีค่าต่ำกว่า ($p<0.05$) และปริมาณกรดแลคติก (TA) สูงกว่า ($p< 0.01$) ที่เสริมเชื้อยาคูลท์ 1% การเสริมน้ำเชื่อมในระดับสูงขึ้น ทำให้ LAB เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ทำให้ค่า pH ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และทำให้ TA สูงขึ้น ($p<0.01$) การเสริมเชื้อยาคูลท์ 3% ร่วมกับน้ำเชื่อม 20% (T8) ให้ผลต่อกระบวนการหมักในห้องเย็นดีที่สุด กล่าวคือ pH มีค่าลดลง 4.65 ในเวลาหมัก 21 วันและมีองค์ประกอบน้ำนม (MC) ต่างๆ คงเหลือสูงสุด 1.2) การต้มน้ำนมเหลืองฆ่าเชื้อก่อนหมักที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ LAB มีปริมาณมากกว่า ($p<0.05$) pH มีค่าต่ำกว่า TA และ MC คงเหลือมีปริมาณมากกว่าน้ำนมเหลืองที่ไม่ต้มก่อนหมัก ($p<0.01$) โดยใช้เวลาหมัก 12 ชั่วโมง ทำให้เนื้อนมมีลักษณะอ่อนนิ่ม และมีกลิ่นเปรี้ยวหอม 1.3) การเสริมเชื้อยาคูลท์ระดับสูงขึ้นในการหมักน้ำนมเหลืองในสภาวะอุณหภูมิห้อง ทำให้ LAB เพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) pH และ TA มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ($p>0.05$) การเสริมน้ำเชื่อมระดับสูงขึ้น ทำให้ LAB มีปริมาณเพิ่มขึ้น pH มีค่าลดลง และ TA มีปริมาณเพิ่มขึ้น ($p<0.01$) นอกจากนั้นการเพิ่มเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมในระดับสูงขึ้น ทำให้แลคโตสคงเหลือมีค่ามากขึ้น ($p<0.05$) โดยสรุป T8 ให้ผลดีที่สุดต่อกระบวนการหมัก แต่การเสริมเชื้อยาคูลท์ 1% ร่วมกับน้ำเชื่อม 20% (T5) ยังมีค่า pH TA และ MC ใกล้เคียงกับ T8 จึงเลือกใช้ T5 ที่ระยะเวลาหมัก 12 ชั่วโมง เพื่อทดสอบเลี้ยงลูกโคต่อไป การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้สารเสริมชีวนะที่ได้จากน้ำนมเปรี้ยวยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมในการกระบวนการหมักน้ำนมเหลืองที่ปรับ 14.50%TS ต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกโคนม โดยใช้ลูกโคนมเพศเมียและเพศผู้อย่างละ 12 ตัวแบ่งเป็น 4 กลุ่ม เพื่อให้ได้รับน้ำนมเทียมและน้ำนมเหลืองหมักในอัตราส่วน 1:1 ดังนี้ 1. น้ำนมเทียม (MR; Control) 2. MR+น้ำนมเหลืองหมัก 3. MR+น้ำนมเหลืองหมัก + 1%Y และ 4. MR+น้ำนมเหลืองหมัก +1%Y + 20%S ตามแผน 2x4 Factorial Experiments in CRD ในระยะเลี้ยงน้ำนมทดลอง (อายุ 15 – 63 วัน) ลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักกินอาหาร และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) ลูกโคทุกกลุ่มมีคะแนนมูลโคและเซลล์เม็ดเลือดขาวตลอดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ลูกโคกลุ่มที่ 4 มีระดับกลูโคสในพลาสมาสูงกว่าและมีระดับยูเรียในซีรั่มต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ และมีต้นทุนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ($p<0.05$) ดังนั้นการเสริมเชื้อยาคูลท์ 1% ร่วมกับน้ำเชื่อม 20% ในการหมักน้ำนมเหลือง สามารถเพิ่มสมรรถภาพการผลิตของลูกโคนมด้วยต้นทุนที่ต่ำลง

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ 14 / มิ.ย. / 2551

Nakhonchai Anchuen 2008: Probiotic Fermented Colostrum to Improve Dairy Calve Performance. Master of Science (Agriculture), Major Field: Animal Science, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Jeerachai Kanjanaprutipong, Ph.D. 129 pages.

The research presented here was divided into 2 trials; the objective of first trial was to evaluate the appropriate supplements using Yakult; Y (1% and 3%) and syrup; S (0%, 10% and 20%) in 14.50 % total solid (TS) corrected colostrums fermented at cool (4-8°C) and room temperature (28-37°C), according to 2x3 Factorial Experiments in CRD. After 28 d fermentation, supplementation of Y at 1 and 3 % did not have an effect on lactic acid bacteria (LAB; $p>0.05$), but supplementation of Y at 3 % resulted in a lower pH and a higher concentration of lactic acid (TA; $p<0.01$) than those at 1 %. Increasing S levels resulted in an increase in LAB ($p<0.05$) and TA ($p<0.01$), but did not have an effect on pH ($p>0.05$). Supplementation of Y at 3 % together with S at 20% fermented at cool temperature gave the best results as indicated by a low pH at 4.65 and higher contents of colostrum components at a 21 d fermentation period. When colostrum pasteurized prior to fermentation at room temperature, LAB ($p<0.05$), TA and colostrum components were higher ($p<0.01$) but pH was lower ($p<0.01$) than those from unpasteurized. After 12 hr fermentation, nice curd and favor were formed. When the pasteurized colostrum were supplemented with increasing levels of Y and S, increasing Y supplementation resulted in an increase in LAB ($p<0.05$), but did not have effects on TA ($p>0.05$). An increase in S supplementation resulted in an increase in LAB and TA ($p<0.01$) and a decrease in pH ($p<0.01$). An increase in both Y and S supplementation resulted in a higher level of lactose ($p<0.05$). From the first trial, it can be concluded that although supplementation of Y at 3 % and S at 20 % gave the best fermentation, supplementation Y at 1 % did not give any parameter measured different from that at 3 %. Therefore, supplementing Y at 1 % together with S at 20 % fermented colostrum was further tested on the second trial. The objective of the second trial was to measure the effect of Y and S supplemented fermented colostrum on dairy calve performance. Twelve each female and male calves were divided into 4 groups following the experimental milk; 1) milk replacer (MR; control), 2) MR + 14.50 %TS corrected fermented colostrum (CFC; 1:1), 3) MR + 1 %Y supplemented CFC (1:1) and 4) MR + 1 %Y plus 20 %S supplemented CFC (1:1), according to 2x4 Factorial Experiments in CRD. All supplemented CFC groups had higher intake and average daily gain compared with those in the control group ($p<0.05$). Fecal scores and white blood cells of all calves were almost the same ($p>0.05$). Calves fed MR+1 %Y plus 20 %S supplemented CFC (1:1) had higher blood glucose in plasma, had lower serum urea and had lowest cost of feed conversion per 1 kg, compared to the other groups ($p< 0.05$). Therefore, supplementation of Yakult (1%) plus syrup (20%) for fermentating colostrum could improve dairy calve performance with lower cost.

N Anchuen
Student's signature

Jeerachai Kanjanaprutipong
Thesis Advisor's signature

14 / Jan / 2008

# กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จีระชัย กาญจนพฤฒิพงศ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ข้อบกพร่องต่าง ๆ ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พรศรี ชัยรัตนายุทธ์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ อนันต์ชัย เขื่อนธรรม กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง และรองศาสตราจารย์ สมชัย พงศ์จรรยากุล ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ให้ใช้สถานที่และโคทดลอง ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยผสมเทียมราชบุรี กรมปศุสัตว์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ตัวอย่างอาหารทดลอง

ขอบคุณ คุณพ่อ ภรรยา พี่ ๆ เพื่อนๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจในทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้

นครไชย อันชื่น

ตุลาคม 2550

# สารบัญ

หน้า


สารบัญ (1)

สารบัญตาราง (2)

สารบัญภาพ (6)

คำนำ 1

วัตถุประสงค์ 2

การตรวจเอกสาร 3

อุปกรณ์และวิธีการ 34

ผลและวิจารณ์การทดลอง 47

สรุปผลการทดลอง 77

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 80

ภาคผนวก 91

ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเชื้อ 92

ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการหมักน้ำนมเหลืองในห้องปฏิบัติการ 94

ภาคผนวก ค การทดสอบอิทธิพลปัจจัยหลักและอิทธิพลร่วมระหว่างปัจัย ของการหมักน้ำนมเหลืองในห้องปฏิบัติการ 108

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | องค์ประกอบน้ำนมเหลืองกับน้ำนมปกติ | 9 |
| 2 | สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำนมเหลือง | 21 |
| 3 | สายพันธุ์ของ Probiotic ที่ใช้ได้ผลดีและมีความปลอดภัยในปัจจุบัน | 25 |
| 4 | สารที่เกิดจากการย่อยโดยจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารของสัตว์ | 27 |
| 5 | กลไกการทำงานและการตอบสนองของสารเสริมชีวนะต่อการใช้ประโยชน์ในทางเดินอาหารของลูกโค | 27 |
| 6 | ผลการใช้สารเสริมชีวนะต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกโค | 32 |
| 7 | คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง | 42 |
| 8 | วัตถุดิบอาหารที่ใช้เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารข้นลูกโคและต้นทุนค่าอาหาร | 42 |
| 9 | แผนการให้น้ำนมและอาหารทดลอง | 44 |
| 10 | องค์ประกอบนมน้ำเหลืองหลังคลอดมื้อที่ 1 ─ 7 | 47 |
| 11 | โคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (log CFU/ml) ค่า pH ปริมาณกรดแลคติก (% TA) และองค์ประกอบนม (%) ของน้ำนมเหลืองหมักในห้องเย็นหลังระยะหมัก 28 | 50 |
| 12 | โคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อและไม่ต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง | 54 |
| 13 | องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมักที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อและไม่ต้มในสภาวะอุณหภูมิห้องในห้อง | 55 |
| 14 | โคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (log CFU/ml) ค่า pH และกรดแลคติก (% TA) ของน้ำนมเหลืองหมักที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง | 59 |
| 15 | การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง ตลอดระยะเวลาหมัก 48 ชั่วโมง | 62 |
| 16 | ปริมาณการกินอาหารของลูกโคทดลอง | 68 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 17 | ค่าทางสรีรวิทยาบางประการของลูกโคทดลองก่อนให้อาหารทดลอง เมื่ออายุ 30 วัน 60 วัน และ 90 วัน | 72 |
| 18 | คะแนนมูลของลูกโคทดลองที่ได้รับน้ำนมทดลอง | 73 |
| 19 | การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโตของลูกโคนม ระหว่างการทดลอง | 74 |
| 20 | ต้นทุนค่าอาหาร และต้นทุนการเปลี่ยนแปลงอาหารเป็นน้ำหนักตัวของลูกโคทดลอง | 76 |

**ตารางผนวกที่**

| | | |
|---|---|---|
| 1 | การเปลี่ยนแปลงโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (LAB colonies) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดแลคติก (Lactic acid) ของน้ำนมเหลืองหมักในห้องเย็น (4-8 °C) | 94 |
| 2 | การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมักในห้องเย็น (4-8 °C) ตลอดระยะการหมักนาน 28 วัน | 95 |
| 3 | การเปลี่ยนแปลงโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (LAB colonies) ค่า pH และปริมาณกรดแลค ติก (Lactic acid) ของน้ำนมเหลืองต้มที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง | 97 |
| 4 | การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบนมของน้ำนมเหลืองต้มที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง | 99 |
| 5 | การเปลี่ยนแปลงโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (LAB colonies) ค่า pH และปริมาณกรดแลค ติก (Lactic acid) ของน้ำนมเหลืองไม่ต้มที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง | 102 |
| 6 | การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบนมของน้ำนมเหลืองไม่ต้มที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง | 104 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 7 | การทดสอบอิทธิพลทรีตเมนต์ เชื้อยาคูลท์ น้ำเชื่อม และอิทธิพลร่วมต่อ LAB colonies, pH, Lactic acid และ milk contents ของน้ำนมเหลืองที่หมักในห้องเย็นที่ 28 วัน | 108 |
| 8 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อ LAB colonies, pH และ Lactic acid ของน้ำนมเหลืองที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้องเย็นที่ 28 วัน | 108 |
| 9 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อองค์ประกอบน้ำนม เหลืองที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้องเย็นที่ 28 วัน | 109 |
| 10 | การทดสอบอิทธิพลทรีตเมนต์ การต้มและไม่ต้ม และอิทธิพลร่วมต่อ LAB colonies (log CFU/ml), pH และ Latic acid (% TA) ของน้ำนมเหลืองหมักที่ระยะเวลา 12 – 72 ชั่วโมง | 110 |
| 11 | การทดสอบอิทธิพลทรีตเมนต์ การต้มและไม่ต้ม และอิทธิพลร่วมต่อ milk contents ของน้ำนมเหลืองหมักที่ระยะเวลาหมัก 12 – 48 ชั่วโมง | 111 |
| 12 | การทดสอบอิทธิพลทรีตเมนต์ เชื้อยาคูลท์ น้ำเชื่อม และอิทธิพลร่วมต่อ LAB colonies, pH และ Lactic acid ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง | 112 |
| 13 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (log CFU/ml) ของน้ำนมเหลืองต้มที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง | 113 |
| 14 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อค่า pH ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง | 114 |
| 15 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อปริมาณกรดแลคติก ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง | 115 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 16 | การทดสอบอิทธิพลทรีตเมนต์ เชื้อยาคูลท์ น้ำเชื่อม และอิทธิพลร่วมต่อ Milk contents ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง | 116 |
| 17 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อเนื้อนมรวมของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง | 118 |
| 18 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อเนื้อนมไม่รวมไขมันของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง | 119 |
| 19 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อไขมันของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง | 120 |
| 20 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อโปรตีนของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง | 121 |
| 21 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อน้ำตาลแลคโตสของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง | 122 |
| 22 | อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อแร่ธาตุของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง | 123 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ความสัมพันธ์ระหว่างอายุและการทำงานของเอนไซม์ในลูกโค | 10 |
| 2 | กระบวนการย่อยและดูดซึมอาหารในลูกโคที่ได้รับน้ำนม เมื่ออายุ 7 วัน | 14 |
| 3 | ความเข้มข้นของสารภูมิคุ้มโรค (Ig) ในระยะหลังคลอด (a) และระยะเวลาการดูดซึม Ig (b) | 15 |
| 4 | การย่อย (a) และดูดซึมโปรตีน (b) เข้าสู่เซลล์แบบ Active transport โดยกลไก $Na^{+}$-$K^{+}$ pump | 16 |
| 5 | กระบวนการดูดซึมน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวแบบ Active transport เข้าสู่เซลล์ (Enterocyte) | 17 |
| 6 | การย่อยไขมันเพื่อฟอร์มเป็นไมเซลล์ (a) และ กระบวนการดูดซึม Triglycerides (b) | 18 |
| 7 | ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ที่ให้อาศัย (Host) กับจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร | 22 |
| 8 | สารพิษที่ผลิตขึ้นจากแบคทีเรียในลำไส้เล็ก | 23 |
| 9 | การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในลำไส้ของสัตว์เมื่ออายุ 7 วัน (a) และตลอดชีวิต (b) | 24 |
| 10 | การเปลี่ยนแปลงจำนวนโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (ก) ค่า pH (ข) และปริมาณกรดแลคติก (ค) ของน้ำนมเหลืองหมักในห้องเย็นตลอดระยะเวลา 28 ว | 51 |
| 11 | การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนมเหลืองในห้องเย็นแต่ละสัปดาห์ตลอดระยะเวลา 28 วัน | 52 |
| 12 | อิทธิพลร่วมระหว่างการเสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมต่อการเปลี่ยนแปลงแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 24 | 57 |
| 13 | การเปลี่ยนแปลงจำนวนโคโลนีกลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติก (ก) ค่า pH (ข) และปริมาณกรดแลคติก (ค) ของน้ำนมเหลืองหมักที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง | 60 |
| 14 | การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบนมของน้ำนมเหลืองหมักที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง | 64 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 15 | อิทธิพลร่วมระหว่างเชื้อยาคูลท์กับน้ำเชื่อมต่อเนื้อนมรวม (ก) เนื้อนมไม่รวมไขมันนม (ข) และน้ำตาลแลคโตส (ค) ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องทีระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 24 | 65 |
| 16 | ปริมาณการกินอาหารข้นของลูกโคทดลองแต่ละสัปดาห์ตลอดการทดลอง | 69 |
| 17 | อัตราการเจริญของลูกโคทดลองตลอดการทดลอง | 75 |

# การหมักน้ำนมเหลืองด้วยสารเสริมชีวนะเพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตลูกโคนม

# Probiotic Fermented Colostrum to Improve Dairy Calve Performance

## คำนำ

การเลี้ยงลูกโคในประเทศไทยยังประสบปัญหาในเรื่องของอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำ ร่างกายผอมแคระแกร็น และมีอัตราการตายค่อนข้างสูง จีระชัย (2533) รายงานว่าส่วนใหญ่เกษตรกรยังนิยมใช้น้ำนมแม่โคมาเลี้ยงลูก ถึงแม้ว่าการเลี้ยงด้วยน้ำนมแม่จะทำให้ลูกโคเจริญเติบโตดีกว่า แต่ทำให้เกษตรกรมีรายได้น้อยลง ในขณะเดียวกันการใช้น้ำนมเหลืองจากแม่โคหลังคลอด ซึ่งผลิตได้มากกว่าปริมาณที่ใช้เลี้ยงลูกโค ยังไม่ได้นำมาเลี้ยงลูกโคอย่างมีประสิทธิภาพ Radostits *et al.* (1994) รายงานว่าหลังคลอดลูก แม่โคสามารถให้ผลผลิตน้ำนมเหลืองได้เฉลี่ยถึง 44 กก./ตัว/การรีดนม 6 ครั้ง ในขณะที่ลูกโคบริโภคได้เฉลี่ย 11 กก./ตัว ระหว่าง 3 วันแรกหลังคลอด จะเห็นได้ว่าแม่โคสามารถให้น้ำนมเหลืองในปริมาณมากเกินพอ เมื่อเทียบกับปริมาณที่ใช้เลี้ยงลูกโค ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเก็บถนอมน้ำนมเหลืองส่วนเกินและใช้ในการเลี้ยงลูกโคในระยะต่อมา

การใช้สารเสริมชีวนะ (Probiotics) เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการเลี้ยงโคนมสมัยใหม่ เนื่องจากการใช้ Probiotics ช่วยลดปัญหาการดื้อยา การตกค้างของยาในผลิตภัณฑ์จากสัตว์หรือในน้ำนม ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารให้เป็นปกติ และช่วยปรับปรุงระบบการย่อยอาหารให้ดีขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้สัตว์มีสุขภาพและการเจริญเติบโตดีขึ้น (ดานิศ, 2529; คนึงนิจ, 2540; Fuller, 1992; Newman and Jacques, 1995; Fuller, 1999) การใช้สารเสริมชีวนะยังสอดคล้องกับมติของการประชุม SWANN Committee ในปี ค.ศ. 1969 ที่ระบุไม่ให้ใช้ยาปฏิชีวนะผสมในอาหารเพื่อเร่งการเจริญเติบโต เพราะมีผลข้างเคียงต่อผู้บริโภค สำหรับการใช้น้ำนมเหลืองหมักเลี้ยงลูกโค สามารถประหยัดค่าอาหารลดลง 29 % (Zhang *et al.*, 1981; Karioki *et al.*, 1995) ในขณะที่ Yu *et al.* (1976) ทดลองน้ำนมเหลืองหมักที่อุณหภูมิห้องและใช้เลี้ยงลูกโค สามารถลดต้นทุนค่าอาหารถึง 90 %

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาการนำน้ำนมเหลืองที่เหลือจากเลี้ยงลูกโคมาใช้หมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์จากน้ำนมเปรี้ยวยาคูลท์ในระดับต่าง ๆ เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมในการใช้สารเสริมชีวนะและน้ำเชื่อมในกระบวนการหมักน้ำนมเหลือง และศึกษาผลของการใช้น้ำนมเหลืองหมักด้วยสารเสริมชีวนะและน้ำเชื่อมต่อสมรรถภาพการผลิตและต้นทุนการผลิตในการเลี้ยงลูกโคนม

# วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้สารเสริมชีวนะที่ได้จากน้ำนมเปรี้ยวยาคูลท์และน้ำเชื่อมในกระบวนการหมักน้ำนมเหลือง

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้สารเสริมชีวนะกลุ่มจุลินทรีย์ที่ได้จากน้ำนมเปรี้ยวยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมในน้ำนมเหลืองหมักต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกโคนม

# การตรวจเอกสาร

## ปัญหาของการเลี้ยงลูกโคนมในประเทศไทย

จีระชัย (2533) สำรวจข้อมูลการเลี้ยงและการจัดการฟาร์มของเกษตรกร โดยสุ่ม 5 % ของฟาร์มทั้งหมดขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) ในเขตภาคกลาง ภาคใต้ และภาคเหนือ คิดเป็น 233 ฟาร์มจากทั้งหมด 3,878 ฟาร์ม พบว่าการเลี้ยงดูลูกโคมีความแตกต่างในแต่ละเขตของ อ.ส.ค. และเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม 26 % ทำการหย่านมลูกโคที่อายุ 2-3 เดือน 55 % หย่านมที่ 4 เดือน และ 19 % หย่านมที่อายุ 4-7 เดือน โดยมีที่มาของแหล่งนมที่ใช้ในการเลี้ยงลูกโคดังนี้ แบ่งนมแม่ที่ส่งขาย 55% ใช้นมผงเทียม 23 % ให้ลูกโคดูดนมแม่ที่ค้างเต้า 12 % แบ่งนมแม่ที่ส่งขายเลี้ยง 1 เดือนแล้วเลี้ยงต่อด้วยนมผงเทียม 2 เดือน 4 % แบ่งนมแม่ที่ส่งขายผสมนมเทียม 3 % และรีดนมค้างเต้าเลี้ยง 0.3 % ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่ยังคงใช้นมแม่เลี้ยงลูก แม้ว่าจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าเลี้ยงด้วยนมผงเทียมเกือบ 50 % ทั้งนี้เพราะว่าการเลี้ยงลูกโคด้วยนมแม่ทำให้ลูกโคสุขภาพดีมาก ไม่มีปัญหาเรื่องโรคท้องเสียและสามารถใช้นมดิบที่มีปัญหาด้านคุณภาพมาเลี้ยงลูกโคได้ เกษตรกรไม่นิยมเลี้ยงด้วยนมผงเทียม เนื่องจากความไม่สะดวกในการต้มน้ำและปัญหาความสะอาดของน้ำที่อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคท้องร่วง สำหรับการให้ลูกโคดูดนมค้างเต้านั้นจะปฏิบัติกันมากในเขตหนองโพ ซึ่งมีความเชื่อว่าลูกโคเติบโตดีกว่าเลี้ยงนมผงเทียม ทั้งนี้เป็นเพราะว่านมค้างเต้าเป็นนมที่มีไขมันสูงจึงทำให้ลูกโคได้รับพลังงานมากขึ้น แต่มีข้อเสียที่ว่าการให้ลูกดูดนมค้างเต้าหรือรีดนมค้างเต้าจะเป็นการฝึกนิสัยให้แม่โคอั้นนม

ตามปกติลูกโคที่เลี้ยงดูดีพอสมควร ไม่ควรจะตายเกินกว่าร้อยละ 5 (ชวนิศนดากร, 2534) อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าลูกโคอายุได้ 1 เดือนแรกมีอัตราการตายส่วนใหญ่ประมาณ 5-10 % ด้วยโรคท้องเสีย (Calf scours) จากเชื้อ *Escherichia coli* หรือ *E. coli* (Sainsbury, 1998) Roy (1990) รายงานว่าอัตราการตายของลูกโคและโครุ่นในประเทศอังกฤษ อเมริกา และเอเชีย มีค่าเท่ากับประมาณ 4.0 19.1 และ 49.0 % ตามลำดับ สำหรับลูกโคอายุได้ 1 เดือน และ 5.0 84.0 และ 7.9 % ตามลำดับ สำหรับโครุ่นอายุ 6 เดือน ซึ่งมีสาเหตุโดยรวมมาจากโรคปลอดบวมอักเสบ (Pneumonia) โรคท้องเสีย (Diarrhea) ลำไส้อักเสบ (Enteritis) และโรคโลหิตเป็นพิษ (Septicsemia)

นอกจากนี้การเลี้ยงลูกโคด้วยอาหารนมเหลวในปัจจุบันนี้มักมีการเสริมยาปฏิชีวนะ (Antibiotic) หรือมีการรักษาโรคท้องเสียด้วยยาปฏิชีวนะ เพื่อควบคุมหรือยับยั้งจุลินทรีย์ที่เป็น

อันตรายต่อสุขภาพของลูกโค โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษ (Pathogenic microbes) เช่น เชื้อ *E coli* และ *Salmonella spp.* มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในกระเพาะแท้และลำไส้ลดลง ทำให้ลูกโคอ่อนแอต่อการเกิดโรคท้องเสียและโรคอื่น ๆ ได้ง่าย และส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง หรือลูกโคบางตัวที่ท้องเสียอย่างรุนแรงอาจตายได้ (คนึงนิจ, 2540; Fuller, 1992; Sainsbury, 1998) สำหรับการจัดการเลี้ยงดูลูกโคนมระยะต่าง ๆ ให้มีสุขภาพดีได้รายงานโดย จีระชัย (2549)

**น้ำนมเหลือง**

1. ปริมาณการผลิตน้ำนมเหลือง

แม่โคหลังคลอดใหม่ๆ จะให้น้ำนมเหลือง (Colostrum) เพื่อเลี้ยงลูกโคแรกเกิด โดยให้สามารถสร้างภูมิคุ้มโรคได้ (Passive immunity) และมีระยะการให้น้ำนมเหลืองนาน 3-5 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และอายุของแม่โค โดยปกติแม่โคที่มีสุขภาพดี สามารถให้น้ำนมเหลืองจากการรีดนม 6 ครั้งหลังคลอดมีค่าเฉลี่ย 44 กิโลกรัม (Radostits *et al.*, 1994) Garcia *et al.* (1975) รายงานว่าแม่โคหลังคลอด 6 วัน สามารถผลิตน้ำนมเหลืองเฉลี่ย 54.6 ลิตรต่อตัว จากแม่โคที่ให้นมครั้งที่ 1 จำนวนทั้งหมด 27 ตัว และ มีค่าเฉลี่ยน้ำนมเหลือง 91 ลิตรต่อตัว จากแม่โคนมที่ให้นมครั้งที่ 2 หรือมากกว่า จำนวนทั้งหมด 18 ตัว Lykkeaa (1982) รายงานปริมาณน้ำนมเหลืองที่เหลือจากความต้องการของลูกโคจากแม่โคเดนนิชขาว-ดำ มีค่าเฉลี่ย 37.6 กิโลกรัมต่อตัวในระหว่างการคลอด 4 วัน ในขณะที่ Gonzalez (1977) ได้รายงานแม่โคพันธุ์โฮลสไตน์-ฟรีเชียนที่รีดนมหลังคลอด 8-10 ครั้ง สามารถให้ผลผลิตน้ำนมเหลืองระหว่าง 21.12 - 51 ลิตร ซึ่งเฉลี่ยน้ำนมเหลืองจากแม่โคที่รีดทั้งหมด 38.6 ลิตรต่อตัว

Muller *et al.* (1975) รายงานว่าแม่โคพันธุ์โฮลสไตน์-ฟรีเชียนคลอดใหม่ สามารถผลิตน้ำนมเหลืองเฉลี่ย 44.7 กิโลกรัม/ตัว จากการรีดน้ำนมเหลือง 6 ครั้ง Rindsig (1976) รายงานว่าผลผลิตน้ำนมเหลืองจากแม่โคพันธุ์โฮลสไตน์ที่รีด 6 ครั้งหลังคลอดให้นมเฉลี่ย 42.9 กิโลกรัม/ตัว ในขณะที่ลูกโคแรกเกิดใน 3 วันแรกสามารถกินน้ำนมเหลืองได้เฉลี่ย 11 กิโลกรัม (มนูญ, 2525; Radostits *et al.*, 1994) ฉะนั้นจะมีน้ำนมเหลืองเหลือประมาณ 33 กิโลกรัมต่อแม่โค 1 ตัว และสามารถนำไปเลี้ยงลูกโคที่มีอายุเกิน 3 วัน ได้เป็นเวลานาน 11 วัน ถ้าลูกโคกินนมเฉลี่ย 3 กิโลกรัมต่อวัน ในกรณีที่ขายลูกโคตัวผู้แรกเกิดจะทำให้มีน้ำนมเหลืองเหลือเพิ่มมากขึ้น

2. ส่วนประกอบและคุณค่าทางอาหารของน้ำนมเหลืองและน้ำนมปกติ

ส่วนประกอบน้ำนมเหลืองมีความแตกต่างจากน้ำนมปกติ (Milk) คือ น้ำนมเหลืองมีโปรตีนสูงกว่าถึงร้อยละ 14 และโปรตีนส่วนใหญ่เป็น Immunoglobulins (Ig หรืออาจเรียกว่า Antibodies) หลายชนิด เช่น $IgG_1$ ซึ่งพบมากที่สุด $IgG_2$ IgA และ IgM สารภูมิคุ้มโรคดังกล่าวจะทำให้ลูกโคมีภูมิต้านทานต่อโรคต่าง ๆ (ชวนิศนดากร, 2534; Roy, 1990; Lean, 1987; Radostits *et al.*, 1994) โดยเฉพาะโรคท้องเสีย ซึ่งลูกโคส่วนใหญ่จะอ่อนแอต่อโรคนี้มาก ทำให้การเจริญเติบโตลดลง ลูกโคแคระแกร็น (จีระชัย, 2549) และส่งผลต่ออัตราการตายหลังคลอดเพิ่มขึ้น (Radostits *et al.*, 1994) ลูกโคประมาณ 2 ใน 3 เมื่ออายุได้ 1 เดือนมักตายด้วยโรคท้องเสียประมาณ 5-10 % เนื่องจากการติดเชื้อโรคจากแบคทีเรีย ไวรัส และความเครียด (Lean, 1987; Sainsbury, 1998) ส่วนประกอบน้ำนมแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 สารภูมิคุ้มโรค

สารภูมิคุ้มโรค (Immunoglobulins; Ig หรือ Antibodies)ในน้ำนมเหลืองมีสัดส่วนมากถึง 14 % ประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิด เช่น IgG ($IgG_1$ และ $IgG_2$) IgM IgA IgD และ IgE ซึ่งส่วนใหญ่ IgG IgA และ IgM เป็นที่รู้จักมากกว่าชนิดอื่น ๆ สาร Ig จากเลือดจะเข้าสู่เต้านมโคเพื่อก่อตัวใหม่ (Reform) เป็น IgG ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดย่อยคือ $IgG_1$ และ $IgG_2$ เนื่องจากความแตกต่างกันของกลไกการขนส่ง Ig ไปยังเต้านมที่มีความจำเพาะจึงทำให้ $IgG_1$ และ $IgG_2$ ในน้ำนมเหลืองแตกต่างกันที่อะตอมไฮโดรเจน (H) ในสายโมเลกุลโครงสร้าง และมีการขนส่ง $IgG_1$เข้าสู่เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมก่อนการคลอดลูก (Larson, 1985) ส่วน IgA และ IgM มีจำนวนเล็กน้อยในน้ำนมเหลืองซึ่งผลิตมาจาก Plasma cells ในผนังลำไส้เล็กของแม่โค (Larson, 1985; Strombeck and Guiford, 1991) น้ำนมเหลืองมี IgA $IgG_1$ $IgG_2$ และ IgM เท่ากับ 4,400 75,000 1,900 และ 4,900 mg./l. ตามลำดับ และน้ำนมปกติมีสารเหล่านี้เท่ากับ 50 350 60 และ 40 mg/l. ตามลำดับ (Roy, 1990)

2.2 องค์ประกอบโปรตีนนม

โปรตีนในน้ำนม (Milk protein) มีอยู่ 2 ส่วนหลัก (ไม่รวมสาร Ig) คือ เคซีน (Caseins) และเวย์โปรตีน (Whey protein หรือ Non-casein protein) เคซีนในน้ำนมมีอยู่หลายชนิด เช่น $\alpha S_1$-caseins (ประกอบด้วยกรดอะมิโน 199 residues) $\alpha S_2$-caseins (207 residues) β-caseins (209

residues) γ-caseins ($\gamma_1$ ,$\gamma_2$ และ $\gamma_3$ ซึ่งประกอบด้วย กรดอะมิโน 29-209 106-209 และ 108-209 residues ตามลำดับ) และ K-caseins (169 residues) อีกส่วนหนึ่งคือ เวย์โปรตีน (Whey proteins) ได้แก่ β-lactoglobulins (ประกอบด้วยกรดอะมิโน 162 Residues ซึ่งเชื่อมด้วยพันธะ Disulphide 2 ตำแหน่ง และมีหมู่ Sulphydryl อีก 1 หมู่) α-lactalbumins (ประกอบด้วยกรดอะมิโน 123 residues ซึ่งเชื่อมด้วยพันธะ Disulphide 4 ตำแหน่งและมีหมู่ Sulphydryl อีก 1 หมู่) และ Serum albumin (Robinson, 1990; Roy, 1990; Hui, 1993)

2.3 องค์ประกอบของน้ำตาลนม ( Milk sugar) หรือ น้ำตาลแลคโตส (Lactose)

น้ำตาลแลคโตส (Disaccharide lactose) ในน้ำนมเหลืองมีสัดส่วนน้อยกว่าน้ำนมปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการเริ่มสังเคราะห์แลคโตสเริ่มครั้งแรกภายในเต้านมของสัตว์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับของฮอร์โมน Progesterone ซึ่งจะลดลงมากก่อนคลอด 1-2 วัน ซึ่งเป็นระยะ Lactogenesis ขณะเดียวกัน Prolactin Growth hormone Glucocorticoide และ Placental lactogen จะมีระดับสูงขึ้นและมีผลต่อเซลล์สร้างน้ำนม โดยกระตุ้นให้ยีนส์สังเคราะห์โปรตีน α-Lactalbumin ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ Lactose synthetase สำหรับการสังเคราะห์น้ำตาลแลคโตสภายในองค์ประกอบเซลล์ (Cell organelle) ที่เรียกว่า Golgi apparatus ของเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม (Mammary epithelial cells) หรือ Alveoli (Peaker, 1977; Larson, 1985 และ Lamming, 1994) น้ำตาลแลคโตส เป็นน้ำตาลที่ผลิตเฉพาะในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Mammalians) ซึ่งสังเคราะห์มาจากน้ำตาลกลูโคสในเลือดถึง 80 % ในแม่โคกำลังให้นม (Larson, 1985) โครงสร้างของแลคโตสประกอบด้วย Glucose และ Galactose อย่างละ 1 โมเลกุล เชื่อมกันด้วยพันธะแบบ β (1-4) – galactoside หรือ β-galactosyl-(1-4)-glucose ( Mathews and Van-Hole, 1996)

2.4 ไขมันนม

ไขมันนม (Milk fat) มีปริมาณแตกต่างกันตั้งแต่ช่วง 1-2 % ตามชนิดของสัตว์ ไขมันนมส่วนใหญ่จะเป็น Triglyceride (TG) คือเป็นองค์ประกอบหลักถึง 97-98 % ส่วนที่เหลือเป็น Phospholipids (2-3 %) นอกจากนี้ยังมี Fat soluble vitatmins (A D E และ K) cholesterol sphingolipids และ mono-diacylglycerol การสังเคราะห์ Fatty acids และ Glycerol เกิดขึ้นใน Cytosol แต่มี Fatty acids บางชนิดสังเคราะห์ใน Mitochondria ในขณะที่ TG สังเคราะห์ที่ Endoplasmic reticulum (ER) Fatty acids และ glycerol ในน้ำนมมาจาก 3 แหล่ง (Larson, 1985) คือ

1) Glucose ส่วนมากเกิดขึ้นในสัตว์กระเพาะเดี่ยว (Nonruminant) โดยผ่านกระบวนการ Glycolysis pathway จนได้ Pyruvic acids และเข้าสู่วิถีของ Citric acid cycle เพื่อฟอร์มเป็น Acetyl CoA ซึ่งจะเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมันนมในสัตว์กระเพาะเดี่ยว (Non-ruminant) 2) อาหาร Triglyceride (TG) ที่กินจะถูกย่อยและดูดซึมที่ลำไส้ในรูปของกรดไขมันที่เซลล์ผนังลำไส้เล็กแล้วจับกับโปรตีนกลายเป็น Chylomycron ในเลือดเพื่อลำเลียงไปที่ตับ และจะลำเลียงไปยังต่อมน้ำนมในรูป Fatty acid glycerol และ monoacylglycerol เพื่อสังเคราะห์ไขมันนม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นไขมันที่มีสายโซ่คาร์บอน (C-chains) มากกว่า 14 คาร์บอนอะตอม ($C_{14}$) แต่ส่วนใหญ่จะเป็น $C_{16}$ (Palmitic acid) กับ $C_{18}$ (Stearic acid oleic acid และ linoleic acid) และ 3) จากการสังเคราะห์ภายในต่อมสร้างน้ำนม ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของไขมันนมในสัตว์กระเพาะหมัก (Ruminant) โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักทำการหมักย่อยอาหารกลายเป็นกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acids) เช่น Propionic acid Butyric acid และ Acetic acid เป็นต้น

ดังนั้นการสังเคราะห์ไขมันนมในสัตว์กระเพาะหมัก ส่วนใหญ่จะใช้สารตั้งต้นจาก Acetic acid และ butyric acid ซึ่งเป็นสาร Lipogenic substrates จะถูกลำเลียงสู่กระแสเลือดไปยังเซลล์เพื่อใช้สังเคราะห์ไขมันนม และใช้เป็นพลังงานส่วนใหญ่ในสัตว์กระเพาะหมัก

2.5 แร่ธาตุในนม

แร่ธาตุในนม (Milk minerals) มีค่าเฉลี่ย 0.72 % หรือมีช่วงค่าระหว่าง 0.71-0.72 % (Jensen, 1995) แร่ธาตุในน้ำนมมาจากเลือด โดยไม่ได้สังเคราะห์จากเซลล์ Alveoli กลไกการเข้าสู่เต้านมและสัดส่วนของการเข้าสู่เต้านมยังไม่ทราบแน่ชัด อัตราการขนส่งแร่ธาตุหรือการเข้าสู่เซลล์กลั่นน้ำนมถูกควบคุมโดยอัตราการสังเคราะห์แลคโตส เคซีน ซิเตรท และรวมถึงการเกิดภาวะรั่วของผนังเซลล์กลั่นสร้างนม อันเนื่องมาจากการบีบตัวของ Myoepithelial cells รอบ ๆ Alveoli จากการทำงานของ Oxytocin และการเกิดโรคเต้านมอักเสบ โดยแร่ธาตุ $Na^+$ และ $Cl^-$ มีปริมาณมากขึ้น แต่ $K^+$ จะลดลง แร่ธาตุในน้ำนมประกอบด้วยแร่ธาตุหลายชนิด เช่น $Ca^{2+}$ P $K^+$ $Cl^-$ $Na^+$ และ $Mg^{2+}$ ซึ่งเป็นแร่ธาตุหลักในน้ำนม ส่วน $Co^{2+}$ $Mn^{2+}$ $Zn^{2+}$ $Fe^{2+}$ และ $Cu^{2+}$ เป็นแร่ธาตุที่พบส่วนน้อย (Foley *et al.*, 1972; Jenness, 1985) และแร่ธาตุ $Fe^{2+}$ และ $Cu^{2+}$ จะมีปริมาณน้อยมากหรือแทบจะไม่มีเลย (Campbell and Marshell, 1975) $Ca^{2+}$ และ P จะอยู่ในรูป Caseine micells เป็นส่วนใหญ่ในอัตราส่วน 1.4 : 1 (Campbell and Marshall, 1975; Peaker, 1977) และมี $Mg^{2+}$ $Mn^{2+}$ และ $Co^{2+}$ เป็นส่วนน้อย ในขณะที่ $Na^+$ $K^+$ และ $Cl^-$ จะมีอัตราส่วนคงที่ตามปกติในน้ำนม เนื่องจากเกี่ยวข้อง

กับกระบวนการสังเคราะห์น้ำตาลแลคโตส เพื่อปรับสมดุลของความเข้มข้นของเหลว 3 ส่วน คือ ของเหลวภายนอกเซลล์(Extracellular fluid; ECF) ของเหลวภายในเซลล์(Intracellular fluid; ICF) และ ส่วนช่องว่างเซลล์น้ำนม หรือ Alveolar lumen (AL) การสร้างแลคโตสภายใน Golgi apparatus เกิดภาวะดึงน้ำเข้าเซลล์ (Osmosis) ในขณะเดียวกัน ทำให้เกิดสมดุลของของเหลวระหว่าง Alveolar lumen และ Blood plasma ซึ่งเรียกว่า Isoosmosis กล่าวคือสรีรวิทยาของร่างกายปกติจะรักษาสมดุลความเข้มข้นภายในและภายนอกเซลล์ตลอดเวลา ผ่านกลไกที่เรียกว่า Sodium-Potassium pumps ($Na^+$-$K^+$ pumps) (Peaker, 1977; Jenness, 1985; Larson, 1985)

2.6 วิตามินนม

วิตามินนม(Milk vitamins) จะมีปริมาณน้อยมากในน้ำนม ได้แก่ วิตามิน A D E K และ Carotene (Jensen, 1995) ซึ่งเป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ส่วนใหญ่จะได้จากเลือดที่ผ่านเข้าสู่เต้านมโดยตรง แหล่งของวิตามินดังกล่าวมาจากพืชอาหารสัตว์ที่มีสีเขียวที่สัตว์กินเข้าไป นอกจากนี้ยังพบวิตามินที่ละลายในน้ำหลายชนิด (Water soluble vitamins) โดยเฉพาะวิตามิน $B_2$ และ $B_{12}$ ที่ได้จากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก แล้วถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะแท้และลำไส้เข้าสู่ระบบหมุนเวียนของเลือดไปยังเต้านมโดยตรง (Campbell and Marshall, 1975; Jenness, 1985; Larson, 1985; Jensen, 1995)

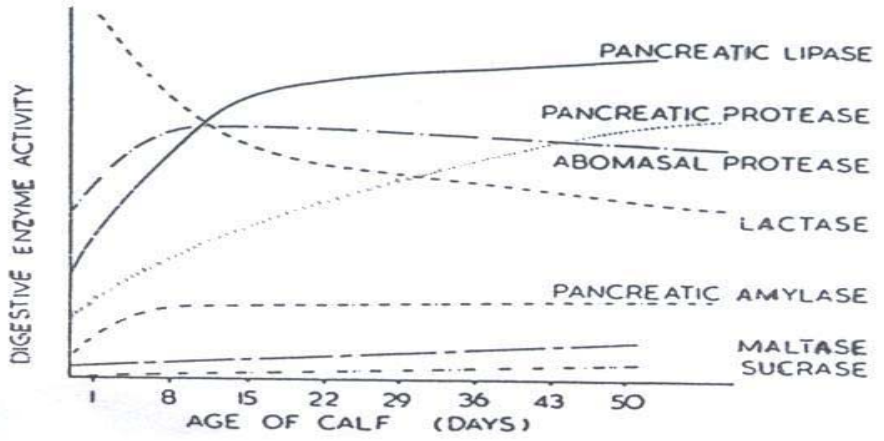
**ตารางที่ 1** องค์ประกอบน้ำนมเหลืองกับน้ำนมปกติ

| ส่วนประกอบ | น้ำนมเหลือง | น้ำนมปกติ |
|---|---|---|
| ไขมันนม ( % ) | 3.6 | 3.5 |
| เนื้อนมไม่รวมไขมันนม ( %) | 18.5 | 8.6 |
| โปรตีนนม (%) | 14.3 | 3.25 |
| เคซีน %) | 5.2 | 2.6 |
| อัลบูมิน(%) | 1.5 | 0.47 |
| โกลบูลิน(%) | 5.5–6.8 | 0.09 |
| แลกโตส(%) | 3.10 | 4.60 |
| เถ้า (%) | 0.97 | 0.75 |
| แคลเซียม (%) | 0.26 | 0.13 |
| แมกนีเซียม (%) | 0.04 | 0.01 |
| โพแทสเซียม (%) | 0.14 | 0.15 |
| โซเดียม (%) | 0.07 | 0.04 |
| ฟอสฟอรัส (%) | 0.24 | 0.11 |
| คลอรีน (%) | 0.12 | 0.07 |
| เหล็ก (มิลลิกรัม / 100กรัม) | 0.20 | 0.10 - 0.07 |
| ทองแดง (มิลลิกรัม / 100กรัม) | 0.06 | 0.01 - 0.03 |
| โคบอลต์ (ไมโครกรัม / 100กรัม) | 0.50 | 0.05 - 0.06 |
| แมงกานีส (มิลลิกรัม / 100กรัม) | 0.016 | 0.003 |
| คาโรทีน (ไมโครกรัม / กรัมไขมัน) | 24 – 25 | 7.0 |
| วิตะมินเอ (ไมโครกรัม / กรัมไขมัน) | 42 – 48 | 8.0 |
| วิตะมินดี (ไมโครกรัม / กรัมไขมัน) | 0.9 –1.8 | 0.6 |

ที่มา: ชวนิศนดากร (2534)

**น้ำย่อยที่กระเพาะแท้และลำไส้เล็ก การย่อยและดูดซึมน้ำนมของลูกโคนม**

ลูกโคแรกเกิด (Neonatal calf) มีระบบย่อยอาหารที่ยังไม่พัฒนา โดยเฉพาะการย่อยอาหารคาร์โบไฮเดรทชนิดแป้ง (Starch) เด็กตริน (Dextrin) มอลโตส (Maltose) และซูโครส (Sucrose) ยกเว้นคาร์โบไฮเดรทชนิดน้ำตาลแลคโตส (Lactose) เท่านั้นที่ลูกโคสามารถใช้ประโยชน์ได้ (Lean, 1987) Radostits and Bell (1970) รายงานว่าเอนไซม์ย่อยอาหารที่พบเมื่อลูกโคเกิดใหม่ ได้แก่ Pregastric lipase Rennin Abomasal protenase Pancreatic lipase และ Intestinal lactase ส่วนเอนไซม์ที่ไม่พบในลูกโคแรกเกิด คือ Pancreatic amylase Maltase Sucase และ Pepsin-HCl complex ในขณะที่ Gusakov *et al.* (1986) ได้ศึกษาการทำงานของเอนไซม์ของกระเพาะ ลำไส้เล็ก และตับอ่อนของตัวอ่อนของโคในครรภ์ (Foetus) และลูกโคแรกเกิด (Neonatal calf) เมื่อ Foetus อายุได้ 3 เดือนจะเริ่มสังเคราะห์เอนไซม์ Amylolytic enzyme Proteolytic enzyme และ Lipolytic enzyme ในตับอ่อน (Pancrease) ส่วนผนังลำไส้เล็กของ Foetus จะสังเคราะห์เอนไซม์ Phosphatase เมื่ออายุได้ 4 เดือน และสังเคราะห์ Amylolytic enzyme Proteolytic enzyme และ Lipolytic enzyme เมื่ออายุได้ 6 เดือน สำหรับลูกโคแรกเกิดจะมีการย่อยอาหารชนิดต่าง ๆ ในลำไส้เล็กมากกว่าในกระเพาะแท้ (Abomasum) ในขณะที่ผนังกระเพาะแท้ (Mucosal  bomasums) มีประสิทธิภาพการย่อยอาหารได้สูง แต่จะย่อยอาหารพวกแป้งและโปรตีนจากน้ำนมเหลืองได้ต่ำกว่า นอกจากนี้ตัวอ่อนและลูกโคแรกเกิดที่มีอายุ 2-3 วันจะไม่พบ HCl เลย เมื่อลูกโคมีอายุ 2-3 วันจะมีการหลั่งน้ำย่อยจากตับอ่อนเข้าสู่ทางเดินอาหาร แต่การทำงานของเอนไซม์จะมีระดับต่ำในระยะแรกเกิดจนถึงอายุ 10 วัน อย่างไรก็ตาม Radostits *et al.* (1994) ได้รายงานถึงการพัฒนาของเอนไซม์ต่าง ๆ ในลูกโคดังแสดงในภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** ความสัมพันธ์ระหว่างอายุและการทำงานของเอนไซม์ในลูกโค

ที่มา: Radostits *et al.* (1994)

1. เอนไซม์ย่อยอาหารในลูกโค

เอนไซม์ในลูกโคนมที่ถูกจำแนกเป็นประเภทตามชนิดสารอาหารที่ถูกย่อย (Substrate) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 เอนไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรท

Amylase เป็นเอนไซม์ย่อยแป้ง (Starch) เด็กตริน (Dextrin) หรือไกลโคเจน (Glycogen) (McDonald *et al.*, 1966) ในสัตว์กระเพาะหมัก เอนไซม์นี้ไม่ได้ผลิตจากต่อมน้ำลาย แต่ผลิตจากตับอ่อนเท่านั้น (Radostits and Bell, 1970) Pancreatic amylase มีระดับต่ำมากในระยะแรกเกิด (Huber *et al.*, 1961; Radostits and Bell, 1970; Radostits *et al.*, 1994) เมื่อลูกโคอายุได้ 8 วัน Amylase จะมีระดับเพิ่มมากขึ้นเป็น 3 เท่า และมีระดับเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนอายุถึง 8 สัปดาห์ (Huber *et al.*, 1961) ในขณะที่ Radostits and Bell (1970) และ Radostits *et al.* (1994) รายงานว่า Pancreatic amylase จะยังผลิตและทำงานได้ต่ำจนอายุถึง 9 เดือน ดังนั้นจึงทำให้ลูกโคย่อยอาหารพวกแป้งได้ไม่สมบูรณ์ (Radostits *et al.*, 1994)

Lactase เป็นเอนไซม์ย่อยน้ำตาล (Lactose; McDonald *et al.*, 1966; Radostits and Bell, 1970; Webster, 1984; Radostits *et al.*, 1994) ซึ่งผลิตจากผนังลำไส้เล็ก (Intestinal mucosa) เอนไซม์แลคเตสทำงานได้สูง เมื่อลูกโคอายุได้ 1 วัน และอัตราการทำงานจะลดลงตามอายุของลูกโคที่เพิ่มขึ้น การย่อยแลคโตสทำให้ได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ กูลโคสและกาแลคโตสอย่างละ 1 โมเลกุล (Huber *et al.*, 1961; Radostits and Bell, 1970)

Maltase สำหรับในลูกโคเกิดใหม่จะมีเอนไซม์ Maltase ในระดับต่ำมาก จนไม่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำตาล Maltose ได้ (Radostits and Bell, 1970) เมื่ออายุได้ 7 สัปดาห์จึงสามารถย่อยน้ำตาล Maltose ได้ (Radostits and Bell, 1970; Radostits *et al.*, 1994) โดยปกติพบเอนไซม์ Maltase ที่บริเวณบรัสบอเดอร์ของผนังลำไส้เล็ก (McDonald *et al.*, 1966)

Sucrase เป็นเอนไซม์ที่ย่อยน้ำตาล Sucrose (McDonald et al., 1966) เอนไซม์ Sucrase จะทำงานได้น้อยมาก หรือมีการพัฒนาต่ำมาก ดังนั้นลูกโคจึงไม่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำตาล Sucrose ได้ (Huber *et al.*, 1961; Radostits and Bell, 1970) แต่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในระยะ

ต่อมา แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ในลำไส้เล็กของลูกโคสามารถย่อย Sucrose ได้ (Radostists and Bell, 1970; Radostits *et al.*, 1994)

1.2 เอนไซม์ย่อยไขมัน

Salivary lipase เป็นเอนไซม์ที่ผลิตจาก Palatine gland (Radostits and Bell, 1970) ของลูกโคในช่วง 3 เดือนหลังคลอด (Lean, 1987) เพื่อย่อยไขมันนมที่จำเพาะกับพันธะเอสเทอร์ (Ester bond) ที่เชื่อมต่อระหว่างกรดบิวทิริค (Butyric acid) กับ Glycerol ได้กรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล ที่ระดับ pH 4.5 ถึง 6.0 การทำงานของเอนไซม์นี้จะถูกยับยั้งเมื่อระดับ pH ลดต่ำเหลือ 2.4 แต่ทำงานได้เล็กน้อยที่ระดับ pH 3.5 ในกระเพาะแท้ (Abomasum) ของลูกโค จึงทำให้ย่อยไขมันที่กระเพาะแท้ของลูกโคได้ (Radostits and Bell, 1970) การย่อยไขมันอย่างสมบูรณ์จะเกิดร่วมกับ Pancreatic lipase ในลำไส้เล็กของลูกโค Salivary lipase จะลดลงตามปริมาณการกินอาหารหยาบที่เพิ่มขึ้น (Radostits and Bell, 1970; Radostits *et al.*, 1994)

Pancreatic lipase เป็นเอนไซม์ที่ผลิตจากตับอ่อนแล้วหลั่งเข้าสู่ลำไส้เล็ก (McDonald *et al.*, 1966; Radostits *et al.*, 1994) เพื่อย่อยไขมัน (Triacylglycerol) ลูกโคที่มีอายุ 1 วันจะมีความเข้มข้นของเอนไซม์ต่ำ แต่จะเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า เมื่ออายุได้ 8 วัน (Huber *et al.*, 1961) ในขณะที่ Radostits and Bell (1970) รายงานว่าการย่อยไขมันนมในลูกเกิดแรกเกิดมีถึง 96 % เมื่ออายุได้ 2 สัปดาห์

Bile salts หรือ Bile acid เป็นสารที่ผลิตมาจาก Cholesterol โดยตับ แล้วเก็บไว้ที่ถุงน้ำดี (Gall bladder) ทำหน้าที่คล้าย ๆ กับเอนไซม์ (Berdanier, 1995) กล่าวคือ ทำให้ไขมันนมอยู่ในรูปกระจายตัวมากขึ้น หรืออยู่ในรูปไมเซล (Micelle) ทำให้เอนไซม์ Lipase จากตับอ่อนทำการย่อยไขมันที่อยู่ในรูปไมเซลได้มากขึ้น (Radostits and Bell, 1980)

1.3 เอนไซม์ย่อยโปรตีน

Rennin หรือ Chymosin เป็นเอนไซม์ที่ผลิตจากชีพเซลล์ (Chief cells) ของเซลล์บุผิว (Epithelium) ที่ผนังกระเพาะแท้ (Abomasum) ของลูกโค การหลั่งเรนนินครั้งแรกอยู่ในรูป Prorennin และหลังจากนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็น Rennin อย่างรวดเร็วในกระเพาะแท้ (Webster, 1984)

เรนนินเป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีน (Radostits and Bell, 1970; Jenkins *et al.*, 1980; Webster, 1984; Radostits *et al.*, 1994) ที่มีความจำเพาะต่อการย่อยโปรตีนนม (Casein) ทำให้เกิดการตกตะกอนของน้ำนม (Milk coagulation; Radostits and Bell, 1970; Webster, 1984; Radostits *et al.*, 1994) ภายหลังจากลูกโคกินน้ำนม เรนนินจะทำให้เกิดการตกตะกอนของน้ำนมภายใน 5 นาที (Webster, 1984) และทำการย่อยโปรตีนนมกลายเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein nitrogen) และ เปปไทด์ (Peptides; Radostits and Bell, 1970) ที่ระดับ pH 6.1 ถึง 6.5 (Jenkins *et al.*, 1980; Webster, 1984)

Pepsin เป็นเอนไซม์ที่ผลิตมาจาก Chief cells โดยจะถูกผลิตในรูป Pepsinogen ก่อน แล้วถูกเปลี่ยนเป็น Pepsin โดยกรดเกลือ (Hydrocholic acid; HCl) ซึ่งผลิตมาจากเซลล์พาริตัล (Parietal cells) ของเซลล์บุผิวกระเพาะแท้ (Webster, 1984) การผลิตเปปซินมีปริมาณน้อยมากในระยะแรกเกิดจนถึงอายุ 2 สัปดาห์ ในขณะที่ปริมาณการหลั่ง Rennin จะมีมากกว่า (Radostits and Bell, 1970) เมื่อลูกโคมีอายุได้ 3 สัปดาห์ การผลิตและการทำงานของเอนไซม์เปปซินจะมีมากขึ้น ซึ่งนอกจากจะย่อยโปรตีนนมแล้วยังสามารถย่อยโปรตีนอื่นๆ เช่น โปรตีนจากพืช โปรตีนจากเนื้อสัตว์ และโปรตีนจากปลา เป็นต้น ที่ระดับ pH ประมาณ 2.0 (Jenkins *et al.*, 1980; Radostits *et al.*, 1994)

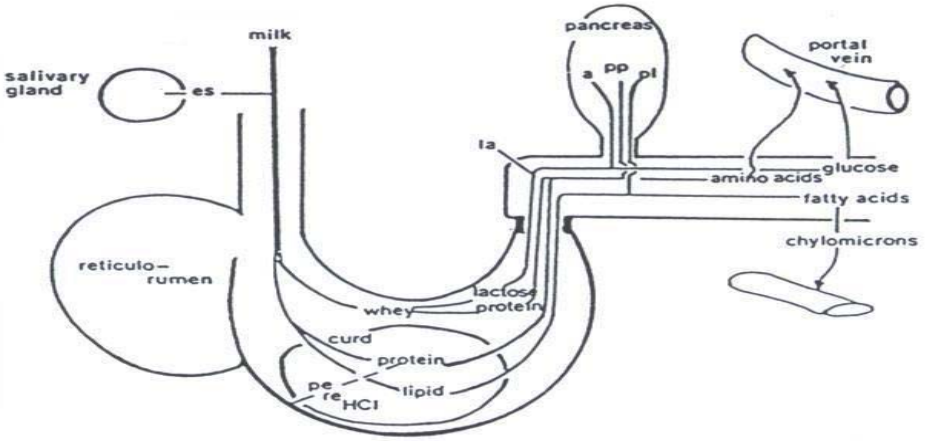
Pancreatic protease เป็นกลุ่มเอนไซม์ย่อยโปรตีนที่ผลิตมาจากตับอ่อน ซึ่งมีระดับต่ำในลูกโคเกิดใหม่ และจะยังคงมีระดับต่ำจนถึงอายุ 44 วัน (Huber, 1961; Radostits and Bell, 1970) เอนไซม์ย่อยโปรตีนที่ผลิตจากตับอ่อนจะถูกปล่อยเข้าสู่ลำไส้เล็กบริเวณ Duodenum ประกอบด้วยเอนไซม์ Trypsin Chymotrypsin และ Carboxypeptidase เป็นต้น เพื่อย่อยโปรตีนในอาหารกลายเป็น Oligopeptides และ Amino acids เอนไซม์ดังกล่าวข้างต้นจะสามารถทำงานได้ดีที่ pH ระหว่าง 7.0 ถึง 9.0 ในขณะที่ลำไส้เล็กส่วนต้น (Duodenum) ของลูกโคมีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.6 (Jenkins *et al.*, 1980) โดยปกติเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากตับอ่อนจะผลิตออกมาในรูปที่ทำงานไม่ได้ (Inactive form) เรียกว่า Zymogen เนื่องจากป้องกันการย่อยเซลล์สร้างน้ำย่อย (Acinar cells) ของตับอ่อนและเซลล์บุผิวของลำไส้เล็ก (Internal epithelial cells) ของตัวสัตว์เอง ได้แก่ Trypsinogen Chymotrypsinogen และ Procarboxypeptidase เป็นต้น และจะถูกกระตุ้นให้อยู่ในรูปที่สามารถทำงานได้ (Active form) ได้แก่ Trypsin Chymotrypsin และ Carboxypeptidase โดยการกระตุ้นของเอนไซม์ Enteropeptidase หรือ Enterokinase ซึ่งผลิตจากเซลล์บุผิวของลำไส้เล็ก (Berdanier, 1995)

2. การย่อยและดูดซึมสารอาหารในน้ำนมเหลืองและน้ำนมปกติในลูกโค

หลังจากลูกโคกินน้ำนม น้ำนมจะถูกลำเลียงผ่าน Oesophageal groove ไปยังกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก (Radostits and Bell, 1970; Radostits *et al.*, 1994) ความแตกต่างของการย่อยและดูดซึมสารอาหารระหว่างน้ำนมเหลืองและน้ำนมปกติ (ภาพที่ 2) คือ Ig กล่าวคือ หลังจากลูกโคคลอดใหม่ Ig จะไม่ถูกย่อยแต่จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยตรงที่บริเวณบรัสบอเดอร์ของลำไส้เล็ก สำหรับน้ำนมปกติมี Ig ปริมาณเพียงเล็กน้อย เมื่อลูกโคมีอายุประมาณ 5-7 วัน จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์จากกระเพาะแท้และลำไส้เล็กจนได้กรดอะมิโน แล้วจึงถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากลูกโคคลอดใหม่ยังพัฒนาทางเดินอาหารและผลิตเอนไซม์ย่อยอาหารไม่สมบูรณ์ จะมีการพัฒนาและเพิ่มการผลิตเอนไซม์มากขึ้นตามอายุของลูกโค (Radostits and Bell, 1970; Webster, 1984; Roy, 1991; Radostits *et al.*, 1994) การย่อยและดูดซึมสารอาหารในน้ำนมเหลืองและน้ำนมปกติมีรายละเอียดดังนี้

2.1 สารภูมิคุ้มโรค (Immunoglobulins; Ig)

สาร Ig ซึ่งประกอบด้วย $IgG_1$ $IgG_2$ IgA และ IgM สามารถดูดซึมผ่านผนังลำไส้เข้าไปโดยตรง เนื่องจากลูกโคเกิดใหม่ไม่สามารถย่อย Ig ได้ เพราะเซลล์บุผิวของกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก

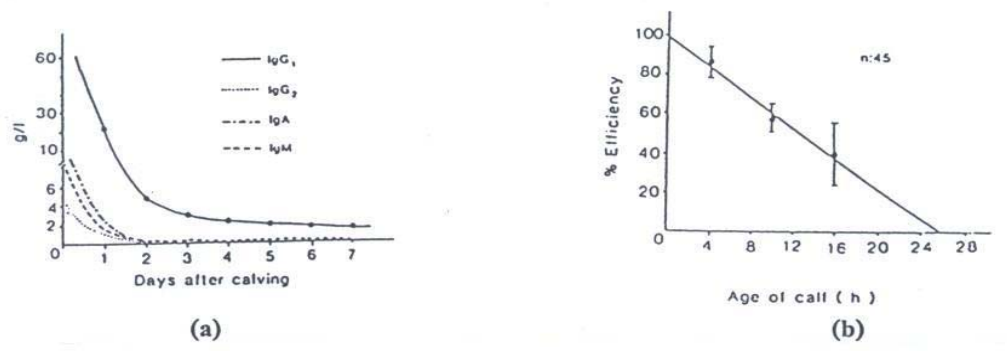



**ภาพที่ 2** กระบวนการย่อยและดูดซึมอาหารในลูกโคที่ได้รับน้ำนม เมื่ออายุ 7 วัน

หมายเหตุ a = amylase, es = salivary lipase, la = lactase, pe = pepsin, pp = pancreatic protease, pl = pancreatic lipase, re = rennin

ที่มา: Webster (1984)

(Gastrointestinal epithelial cells หรือ Enterocytes) จะอยู่ในสภาพความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลาง เพราะ Parietal cell ของเซลล์บุผิวกระเพาะอาหารยังไม่ทำหน้าที่ผลิต HCl ทำให้ pH เป็นกลาง และ Pepsinogen ไม่ถูกเปลี่ยนเป็น Active pepsin (Campbel and Marshall, 1975; Oyeniyi and Hunter, 1978; Roy, 1990; Stombeck and Guilford, 1991; Radostits *et al.*, 1994) ลำไส้เล็กส่วนต้นจะมีเอนไซม์ Trypsin ที่ผลิตจากตับอ่อน เพื่อย่อยโปรตีนหรือ Ig แต่เนื่องจากค่า pH ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของ Enterokinase ซึ่งจะกระตุ้นให้ Trypsinogen เปลี่ยนเป็น Trypsin เพื่อย่อยโปรตีนหรือ Ig ได้ นอกจากนี้ในน้ำนมเหลืองยังมีสารยับยั้งการย่อย Trypsin (Colostrum trypsin inhibitor) ด้วย ดังนั้นสาร Ig จึงไม่ถูกย่อย แต่จะถูกดูดซึมเข้าไปในเซลล์ Enterocytes ที่ลำไส้เล็กโดยกระบวนการโอบล้อมหรือหุ้มสารเข้าไปในเซลล์ (Pinocytosis; Roy, 1990) โดยปกติโปรตีนจะถูกดูดซึมผ่านเซลล์ Enterocytes เข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตไปยังตับ แต่สำหรับ Ig ที่ได้รับในระยะคลอดใหม่ จะถูกดูดซึมผ่านเข้าไปยังช่องว่างท่อน้ำเหลือง เพราะขนาดโมเลกุลของ Ig ใหญ่กว่า และจะเข้าสู่ระบบหมุนเวียนของเลือดได้อย่างรวดเร็วภายในเวลาจำกัด (Campbell and Marshall, 1975; Brignole and Stott, 1980; Roy, 1990; Stombeck and Guilford, 1991; Radostits *et al.*, 1994) ดังนั้นการให้น้ำนมเหลืองแก่ลูกโคเกิดใหม่ควรจะได้รับทันทีภายในเวลา 15-30 นาทีหลังคลอด (White, 1991; Anderson, 1992) หรือ 2-3 ชั่วโมงหลังคลอด (Radostits *et al.*, 1994) หรือภายในช่วง 6 ชั่วโมงหลังคลอด (Lean, 1987) ทั้งนี้เป็นเพราะเป็นระยะที่ลำไส้เล็กมีประสิทธิภาพในการดูดซึม Ig สูง ซึ่งจะช่วยลดการเสี่ยงต่อการเกิดโรคท้องเสียภายหลัง 6 ชั่วโมงหลังคลอด ลำไส้เล็กจะมีความสามารถดูดซึมลดลงเรื่อย ๆ ในระหว่าง 2-24 ชั่วโมง เนื่องจากลูกโคสามารถดูดซึม Ig ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงระหว่าง 20-40 % และอัตราการดูดซึม Ig จะลดลงเรื่อย ๆ จนถึง 10 % เมื่อระยะเวลาผ่านไปถึง 24 ชั่วโมงหลังคลอด (ภาพที่ 3) (White, 1991 and Anderson, 1992)

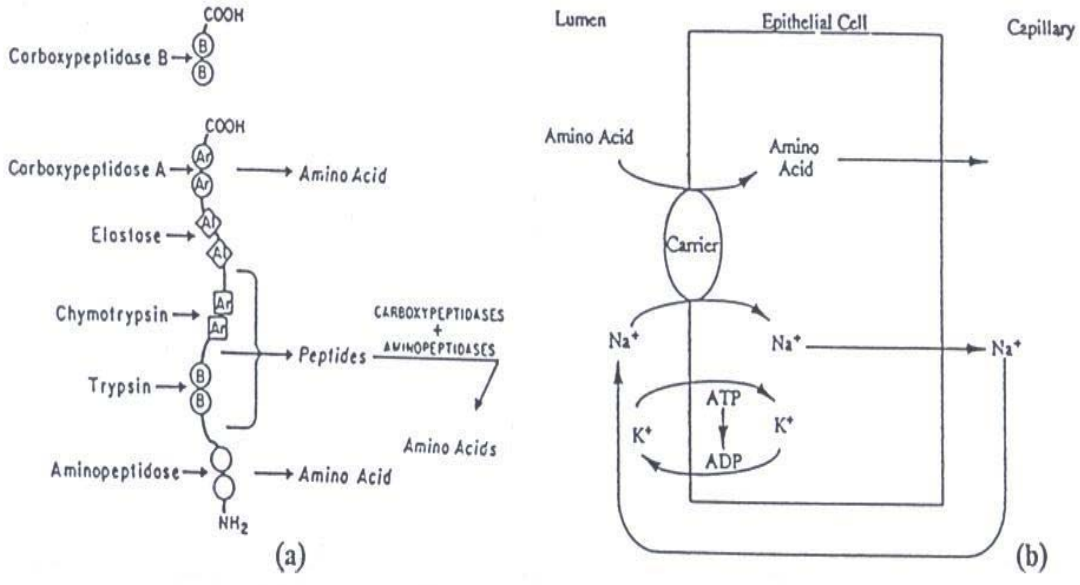



**ภาพที่ 3** ความเข้มข้นของสารภูมิคุ้มโรค (Ig) ในระยะหลังคลอด (a) และระยะเวลาการดูดซึม Ig (b)

ที่มา: White (1991)

2.2 สารอาหารโปรตีน (Milk protein)

โปรตีนนมจะถูกย่อยที่กระเพาะแท้ด้วย Rennin และ Pepsin ลูกโคแรกเกิดจะผลิต Renin ได้มากกว่า Pepsin และยังคงผลิตได้มากในระยะกินน้ำนม เมื่อลูกโคมีอายุมากขึ้น Pepsin จะผลิตได้มากขึ้น และผลิตได้มากกว่า Rennin ในระยะหลังหย่านม (Radostits and Bell, 1970; Webster, 1984; Radostits *et al.*, 1994) โปรตีนนมจะถูกคลุกเคล้าด้วย HCl และถูกย่อยด้วย Rennin และ Pepsin ทำให้เคซีนถูกย่อยในรูปลักษณะก้อนลิ่มและเคลื่อนไหวช้าลงและย่อยได้ง่ายขึ้นภายในเวลา 3-5 นาทีหลังให้อาหาร (Webster, 1984) โดยเอนไซม์จากตับอ่อน (ภาพที่ 4 a) เช่น Trypsin Chymotrypsin และCarboxypeptidase และเอนไซม์ย่อยโปรตีนที่ผลิตจาก Intestinal mucosa (Radostits and Bell, 1970; Webster, 1984; Ruckebusch *et al.*, 1991; Strombeck and Guiford, 1991) การย่อยของเอนไซม์ดังกล่าว จะทำให้โมเลกุลของโปรตีนเล็กลงเป็น Amino acids Dipeptides หรือ Oligopeptides และจะถูกดูดซึมผ่านเซลล์ดูดซึมเข้าสู่ท่อโลหิตและตับ โดยอาศัยตัวพา Active transport (ภาพที่ 4 b) ได้แก่ $Na^+$ $Cl^-$ $K^+$ หรือ ทอรีน (Taurines; Jenkins *et al.*, 1980; Ando and Oi, 1992; Berdanier, 1995)




**ภาพที่ 4** การย่อย (a) และดูดซึมโปรตีน (b) เข้าสู่เซลล์แบบ Active transport โดยกลไก $Na^+$-$K^+$ pump

หมายเหตุ B = Basic amino acid, Ar = Aromatic amino acid, Al = Aliphatic amino acid

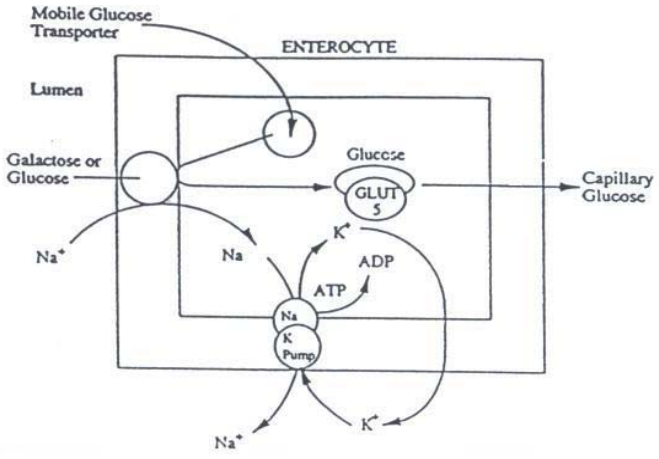
ที่มา: (a) = Strombeck *et al.* (1991); (b) = Badanier (1995)

2.3 น้ำตาลนม (Lactose)

น้ำตาลนมเป็นน้ำตาลที่มีโครงสร้างของกลูโคสและกาแลคโตสเชื่อมกันด้วยพันธะแบบ β(1-4)–galactoside หรือ β-galactosyl-(1-4)-glucose การย่อยน้ำตาลนมเกิดขึ้นที่ลำไส้เล็กส่วนต้น ด้วยเอนไซม์ Lactase หรือ β-galactosidase ซึ่งผลิตจากเซลล์บุผิวของลำไส้เล็กส่วนต้น การย่อยพันธะดังกล่าว ได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ กูลโคส และ กาแลคโตสอย่างละ 1 โมเลกุล (Radostits and Bell, 1970; Webster, 1984) และจะถูกดูดซึมที่บรัสบอเดอร์ผ่านเข้าไปในเซลล์ดูดซึม (Enterocyte) ด้วยวิธี Active transport โดยอาศัยกลไก $Na^{2+}$- $k^{+}$ pump ที่มีความจำเพาะต่อตัวพา คือ Glucose transporter (GLUT5) หลังจากนั้น น้ำตาลกลูโคส หรือ กาแลคโตสจะถูกส่งผ่านออกนอกเซลล์เข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตไปยังตับ และอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายต่อไป ได้แสดงในภาพที่ 5 (Badanier, 1995)

2.4 สารอาหารไขมันนม (Milk fat)

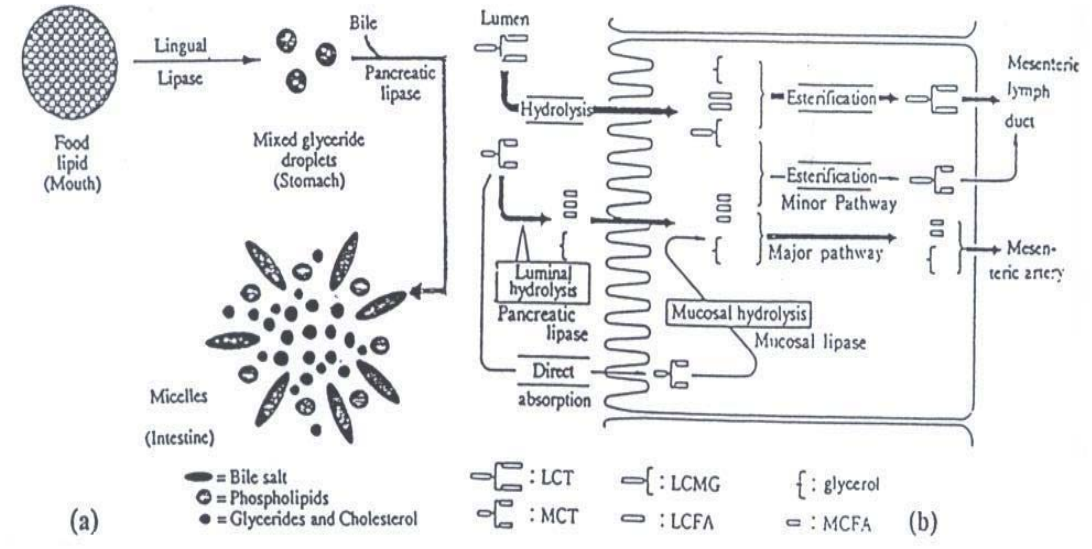
ไขมันนมประกอบด้วย Triacylglycerols (TG) Phospholipids Cholesterol esters Cholesterol และวิตามินที่ละลายในไขมัน (Fat soluble vitamins; Larson, 1985; Jenness, 1995) ไขมันนมจะถูกย่อยที่ Abomasum โดย Acid-stable lipase หรือ Salivary lipase (Radostits and Bell, 1970; Webster, 1984; Lean, 1987; Radostits *et al.*, 1994) แต่การย่อยเกิดขึ้นได้น้อย เนื่องจากไขมันส่วนใหญ่ยังไม่กระจายตัวมากนัก และ ถูกย่อยและดูดซึมอย่างสมบูรณ์เป็น Fatty acids




**ภาพที่ 5** กระบวนการดูดซึมน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวแบบ Active transport เข้าสู่เซลล์ (Enterocyte)

ที่มา: Badanier (1995)

Cholesterol และ Fat soluble vitamins ที่ Duodenum ด้วย Pancreatic lipase ที่หลั่งเข้าสู่ Duodenum ในขณะที่ Phospholipids จะถูกย่อยด้วย Phospholipase ซึ่งถูกกระตุ้นโดย Trypsin จากรูปที่ Inactive คือ Prephospholipase เป็นในรูปที่ Active คือ Phospholipase (Radostits and Bell, 1970; Radostits *et al.*, 1994; Badanier, 1995) การย่อยของเอนไซม์ดังกล่าว จะทำงานร่วมกับ Bile salt ซึ่งผลิตจากตับ เพื่อให้ไขมันฟอร์มเป็น Micelles ประกอบด้วย Fatty acids Cholesterol Glycerides Phospholipids และ Fat soluble vitamins (ภาพที่ 6 a) (Badanier, 1995) ซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กลง และทำให้ง่ายต่อการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายที่บริเวณบรัสบอเดอร์ โดยวิธี Diffusion เข้าในเซลล์ดูดซึมของลำไส้เล็ก (Ruckebusch *et al.*, 1991; Ando and Oi, 1992) หลังจากดูดซึมจะเกิดการสังเคราะห์ Triglycerides (TG) ขึ้นมาใหม่ ซึ่งกระบวนการนี้จะต้องใช้พลังงานเพื่อเปลี่ยนกรดไขมันเป็น Fatty acyl CoA และฟอร์มเป็น TG ในที่สุดภายใน Smooth endoplasmic reticulum ของเซลล์ดูดซึม และ TG จะรวมกับ Cholesterol Phospholipids และโปรตีนภายในเซลล์เพื่อฟอร์มเป็น Chylomycron และ Very Low Density Lipoprotein (VLDL) แล้วเคลื่อนผ่านเข้าสู่ Golgi body และ ผ่านออกนอกเซลล์เข้าสู่ท่อน้ำเหลืองไปยังตับ ในขณะที่ Glycerol ซึ่งมีโมเลกุลเล็กจะถูกดูดซึมเข้าสู่ท่อโลหิตไปยังตับโดยตรง (ภาพที่ 6b) (Ruckebusch *et al.*, 1991; Ando and Oi, 1992)




**ภาพที่ 6** การย่อยไขมันเพื่อฟอร์มเป็นไมเซลล์ (a) และ กระบวนการดูดซึม Triglycerides (b)

หมายเหตุ LCT= Long chain triglycerides , MCT=Medium chain triglycerdes ,
LCMG= Long chain medium glycerol , LCFA=Long chain fatty acid

ที่มา: (a) = Badanier (1995); (b) = Ando and Oi (1992)

2.5 สารแร่ธาตุและวิตามินนม (Minerals and Vitamins)

แร่ธาตุในน้ำนม เช่น Ca P K Zn Mg และ Mn เป็นต้น สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยวิธีการแพร่กระจาย (Diffusion) ที่บริเวณบรัสบอเดอร์ของเซลล์ดูดซึม โดยแร่ธาตุในน้ำนมแต่ละชนิดจะจับกับโปรตีนที่จำเพาะที่ผนังเซลล์บุผิวของลำไส้เล็ก เพื่อพาเข้าสู่ภายในเซลล์ดูดซึม เช่น Ca จะจับกับ Calcium binding protein หรือ Zn จะจับกับโปรตีน Albumin และ $\alpha$-2 macroglobulin หรือ Mn จะจับกับ Transferin เป็นต้น หลังจากนั้นจะถูกส่งผ่านแร่ธาตุออกนอกเซลล์ดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตไปตับและส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (McDowell, 1992)

สำหรับการดูดซึมวิตามินในน้ำนม โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายในไขมัน (Fat soluble vitamins) ได้แก่ วิตามิน A D E และ K จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายบริเวณบรัสบอเดอร์ของเซลล์ดูดซึมลำไส้เล็กเช่นเดียวกับการดูดซึมไขมันนม (Radostits and Bell, 1970; Badanier, 1995) ส่วนการดูดซึมวิตามินที่ละลายในน้ำ (Water soluble vitamins) จะเกิดขึ้นที่บรัสบอเดอร์ของเซลล์ดูดซึมลำไส้เล็กที่ตำแหน่งต่างๆ แตกต่างกันออกไป เนื่องจากพบว่าวิตามินที่ละลายในน้ำบางชนิดจะอยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อน (Complex) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการย่อยภายในโพรงทางเดินอาหารหรือถูกเอนไซม์ภายในบรัสบอร์เดอร์ย่อยกลายเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลเล็กลงก่อนที่จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย โดยปกติวิตามินจะพบอยู่ในอาหารในปริมาณที่ต่ำ ดังนั้นการดูดวิตามินที่บรัสบอร์เดอร์จึงจำเป็นต้องอาศัยกลไกพิเศษ คือ อาศัยตัวพาชนิดที่ใช้พลังงานหรือเป็นแบบ Active หรือต้องอาศัยตัวรับรู้ที่จำเพาะเป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม การดูดซึมวิตามินจะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของวิตามินที่อยู่ในโพรงทางเดินอาหาร กล่าวคือ ถ้าวิตามินในท่อทางเดินอาหารมีความเข้มข้นสูง การดูดซึมวิตามินจะเป็นแบบแพร่กระจายผ่านเซลล์ดูดซึม หรือ ผ่านทางช่องระหว่างเซลล์ดูดซึม (Paracellular) ตัวอย่างเช่น การดูดซึมวิตามินบีหนึ่ง ($B_1$ หรือ Thiamine) จะมีกลไกการดูดซึมอยู่ 2 กรณี ถ้าความเข้มข้นของไธอะมีนในโพรงลำไส้เล็กมีต่ำ การดูดซึมจะเป็นแบบแอคทีพ อาศัย $Na^+$ แต่ถ้าความเข้มข้นของไธอะมีนในโพรงลำไส้สูงการดูดซึมจะเป็นแบบแพร่กระจายธรรมดา (Simple diffusion; ชัยวัฒน์, 2541)

**กรรมวิธีในการเก็บรักษาน้ำนมเหลือง**

การเก็บรักษาน้ำนมเหลืองที่เหลือจากการเลี้ยงลูกโค มีอยู่หลายวิธีด้วยกันคือ

1. วิธีแช่แข็ง (Frozen Colostrum)

การเก็บรักษาน้ำนมเหลืองวิธีนี้ทำให้โภชนะ (Nutrients) ในอาหารสูญเสียเล็กน้อย และสามารถเก็บได้นานถึง 6 เดือน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปเลี้ยงลูกโคแรกเกิดตัวอื่น ๆ ได้ด้วย (Lean, 1987) กรรมวิธีในการเก็บรักษากระทำโดยนำน้ำนมเหลืองที่รีดได้ไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส (°C) ถึง 2 °C (Miura, 1980; Mikami *et al.*, 1980) หรือเก็บแช่แข็ง (Freezing) ที่อุณหภูมิ –22 °C ( Piatkowski *et al.*, 1972; Morrill *et al.*, 1974)

2. วิธีหมักที่อุณหภูมิห้อง (Fermentation at Ambient Temperature)

การหมักน้ำนมเหลืองวิธีนี้ขึ้นอยู่กับการปนเปื้อนของแบคทีเรียจากธรรมชาติ จุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษหรือสารปฏิชีวนะ (Lean, 1987; Radostits *et al.*, 1994) โดยฉพาะแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติค (Gonzalez, 1977; Lean, 1987; Radostits *et al.*, 1994) การหมักน้ำนมเหลืองวิธีนี้ทำให้ pH ลดลงเหลือ 4.1 ภายหลังจากหมัก 4 สัปดาห์ (White *et al.*, 1974) ซึ่งมีอายุการเก็บนานกว่า 28 วัน (Otterby and Dutton, 1974; White *et al.*, 1974; Muller and Syhre, 1975; Wheeler *et al.*, 1980) โดยนำน้ำนมเหลืองที่เก็บรวบรวมได้บรรจุใส่ในถังพลาสติกภายใต้อุณหภูมิห้อง แล้วกวนน้ำนมเหลืองที่หมักในถังทุกวัน ก่อนนำไปเลี้ยงลูกโค (Plog *et al.*, 1974; Muller *et al.*, 1975; Yu *et al.*, 1975; Rindsig and Bodoh, 1976)

3. วิธีใช้สารเคมี (Chemical Treatment of Colostrum)

การใช้สารเคมีในน้ำนมเหลืองเพื่อควบคุมการหมักและควบคุมจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ เช่น การเติม Sorbic acid เพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อราและยีสต์ (Drevjany, 1982) หรือเพื่อป้องกันไม่ให้ย่อยโปรตีนในน้ำนมเหลืองเป็นสารประกอบไนโตรเจน (Non-protein nitrogen; Lean, 1987) หรือเพื่อลดการย่อยไขมันและเพิ่มระยะเวลาในการหมัก (Drevjany *et al.*, 1980b; Drevjany *et al.*, 1982 c; Drevjany, 1983 d) หรือ เพื่อลดปัญหาการหมักน้ำนมโดยวิธีธรรมชาติ

หรือหมักน้ำนมที่อุณหภูมิห้อง (Lean, 1987) การเก็บวิธีนี้สามารถเก็บรักษาได้นาน 3 เดือน (Stephens, 1980) สารเคมีที่นิยมใช้เติมในน้ำนมเหลืองเพื่อเก็บรักษา ได้แสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำนมเหลือง

| สารเคมีที่ใช้ | ขนาดที่ใช้ | เอกสารอ้างอิง |
|---|---|---|
| Acetic acid | 1.0 % acetic acid | Wheeler *et al.* (1980) |
| | 0.7 % wt. / wt. | Lean (1987) |
| Benzoic acid | 0.5 % wt. / vol. | Lean (1987) |
| Benzyl penicillin sodium | 50,000 IU /litre | Lean (1987) |
| Formadehyde | 0.1 % formaldehyde | Muller *et al.* (1975) |
| | - | Kodjo (1981) |
| | 0.5 % wt. / wt. | Lean (1987) |
| Formalin | - | Wheeler *et al.* (1980) |
| | 0.1 % vol. / vol. | Lanuza *et al.* (1990) |
| Formic acid | 0.5 0.75 และ 1 % vol. / vol. | Wheeler *et al.* (1980) |
| Potassium sorbate | 1,000-3,000 mg./kg colostrum | Drevjany *et al.* (1980 b); Drevjany *et al.* (1982 c); Drevjany (1983 d) |
| | - | Broucek *et al.* (1989) |
| Sodium benzoate | 0.5 % wt. / wt. | Lean (1987) |
| Propionic acid | 1 % propionic acid | Muller *et al.* (1975); Rindsig and Bodoh (1977); Hanbunchong (1978); Ellinger *et al.* (1980); Wheeler *et al.* (1980); Mikami *et al.* (1980) |
| | 0.5, 1.0,1.5 % propionic acid | มนูญ (2525); Miura *et al.* (1980) |
| | 1 % wt. / wt. | Lean (1987) |

หมายเหตุ - = ไม่ได้ระบุขนาดที่ใช้ wt. = weight vol. = volume

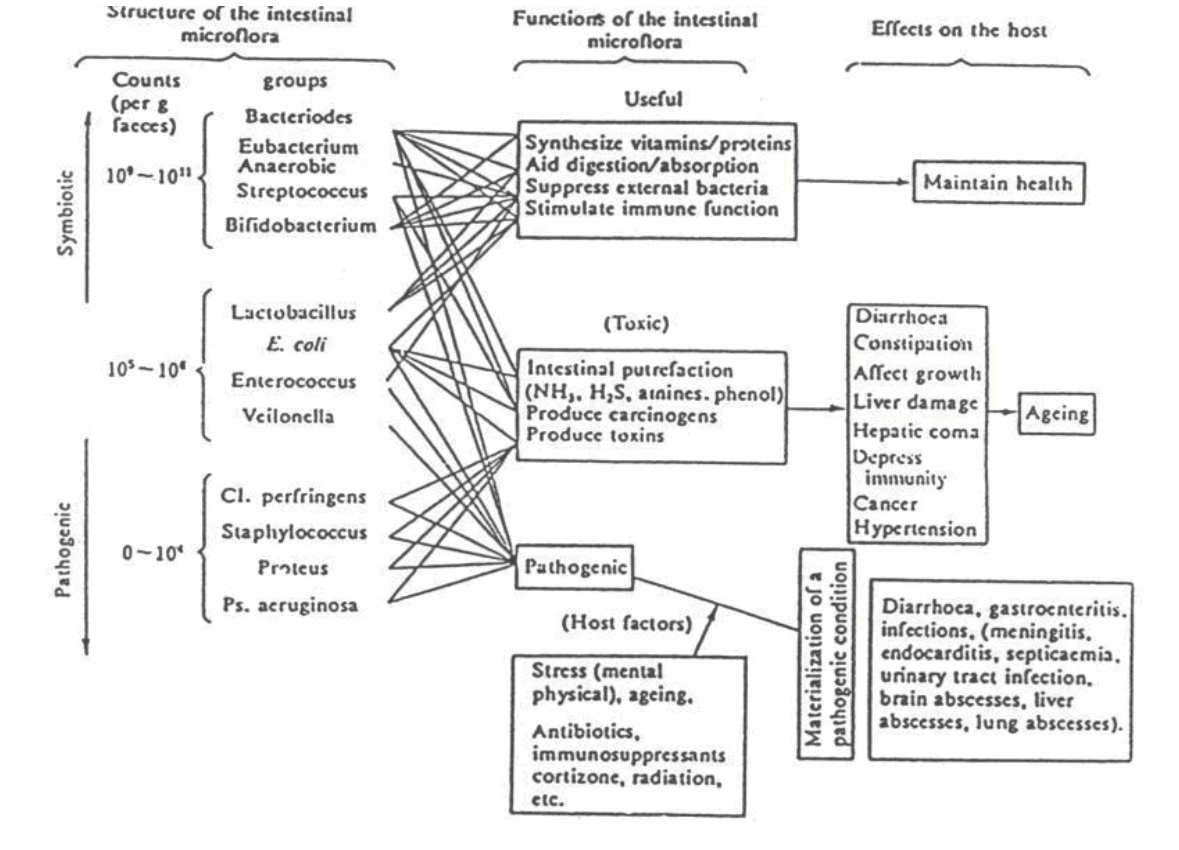
4. วิธีเพาะเชื้อหรือหมักด้วยจุลินทรีย์ (Bacterial Inoculation of Colostrum)

วิธีเก็บรักษาน้ำนมเหลืองโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์มาเพาะหรือหมักในถังพลาส ติคเพื่อเพิ่มประชากรจุลินทรีย์และกรดแลคติคให้มากขึ้นก่อนใช้เลี้ยงลูกโค (Lean, 1987; Radostits *et al.*, 1994) แบคทีเรียที่นิยมใช้โดยเฉพาะ Lactic acid bacteria (LAB) ได้แก่ *Streptococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* และ *Lactobacillus acidophilus* (Drevjany *et al.*, 1980 a; Lean, 1987) ในขณะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน จะผลิตสารสังเคราะห์ขึ้นมา เพื่อควบคุมและยับยั้งแบคทีเรียกลุ่มที่ให้โทษแก่สัตว์ ตัวอย่างสารสังเคราะห์ได้แก่ 1) $H_2O_2$ โดยจะทำปฏิกิริยากับ Thiocyanate ด้วยเอนไซด์ Lactoperoxidase ในเซลล์แบคทีเรียเพื่อฟอร์มเป็น Oxidation compounds ซึ่งสามารถทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย 2) Lactic acid มีผลทำให้ pH ลดลงประมาณ 4.0 หรือต่ำกว่า 3) Diactyl และ 4) Bacteriocins โดยเฉพาะ Bacteriocins เป็นกลุ่มสารที่ LAB สร้างขึ้นมาเพื่อยับยั้งแบคทีเรียกลุ่มอื่น เช่น Nisin และ Diplococin เป็นต้น (Mayra-Makinen and Bigret, 1998)

**สารเสริมชีวนะ (Probiotics)**

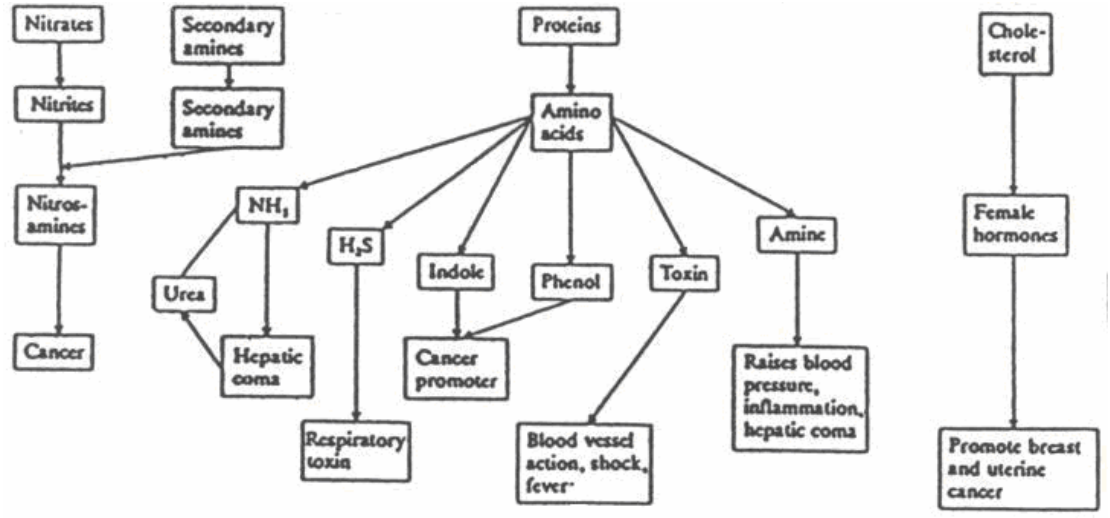
1. ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ที่ให้อาศัย (Host) และจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร

Yuguchi *et al.* (1992) อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ที่ให้อาศัย (Host) กับจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร (Microflora; ภาพที่ 7) และสารพิษที่ผลิตจากแบคทีเรียลำไส้เล็ก (ภาพที่ 8)




**ภาพที่ 7** ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ที่ให้อาศัย (Host) กับจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร

ที่มา: Yuguchi *et al.* (1992)

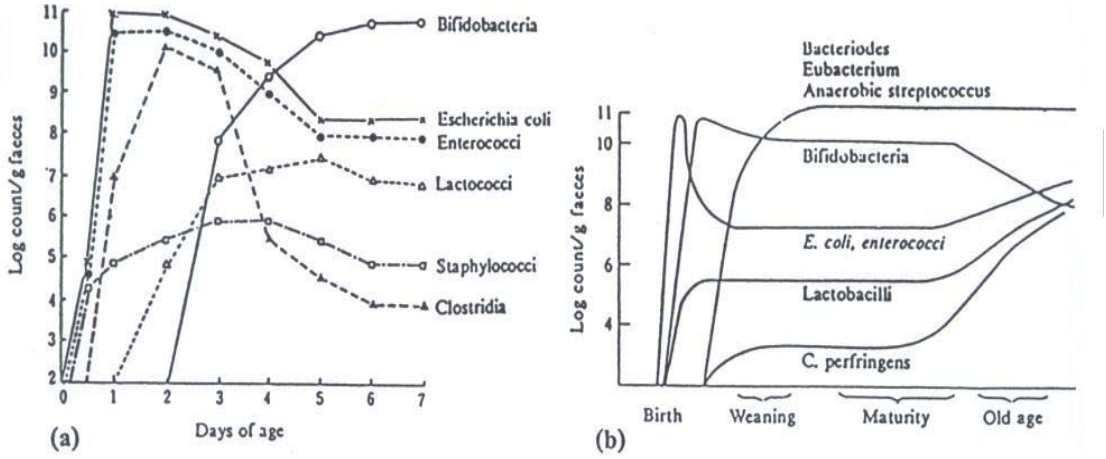



**ภาพที่ 8** สารพิษที่ผลิตขึ้นจากแบคทีเรียในลำไส้เล็ก

ที่มา: Yuguchi *et al.* (1992)

2. การเลือกใช้เชื้อจุลินทรีย์สำหรับเป็นสารเสริมชีวนะในลูกโค

Nousiainen and Setala (1998) รายงานว่า ลูกโคเกิดใหม่ จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะพัฒนาจากการปนเปื้อนกับอาหารที่กินเข้าไป เมื่ออายุ 3 วันหลังคลอด จะมีจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยในกระเพาะ Reticulorumen เมื่ออายุ 8 วันจะมี Protozoa เมื่ออายุ 3 สัปดาห์จะมีแบคทีเรียที่ย่อยเยื่อใยและหมักกรดแลคติคและ Coliform เมื่อลูกโคมีอายุ 9-13 สัปดาห์จะมีแบคทีเรียกรดแลคติคลดลงในระดับที่เท่ากับสัตว์โตเต็มที่ เช่นเดียวกับ Newman and Jacques (1995) รายงานเกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่สำคัญในทางเดินอาหารของลูกโค โดยเฉพาะกลุ่มเชื้อ Lactic acid bacteria เช่น Lactobacilli Streptococci และ Enterococci นอกจากจุลินทรีย์ดังกล่าวจะผ่านเข้าไปในทางเดินอาหารแล้วยังตรวจพบว่ามีจุลินทรีย์ในมูลลูกโค เช่น *E. coli* , *Clostridium welchii* (หรือ *C. perfrigens*) และ Streptococci ส่วน Lactobacilli จะพบน้อยมาก เนื่องจากเจริญได้ช้ากว่าจุลินทรีย์อื่น




**ภาพที่ 9** การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในลำไส้ของสัตว์เมื่ออายุ 7 วัน (a) และ ตลอดชีวิต (b)

ที่มา: Yuguchi *et al.* (1992)

Robinson (1986); Yuguchi *et al.* (1992) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารหรือโพรงลำไส้ (Gut flora) เกิดขึ้นตั้งแต่วันแรกที่เกิดจนกระทั่งโตเต็มวัย เมื่อดูดนมจากแม่จะมีเชื้อ Bifidobacteria ในมูล (Faecal flora) ของลูกโคถึง 99 % เนื่องจากน้ำนมแม่มีสารแลคโตเปอร์ออกซิเดส (Lactoperoxidase) ซึ่งสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโทษแก่ลูกโค เมื่อหย่านมจำนวนเชื้อแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นจะมี Bacteroides Eubacterium และ Anaerobic streptococcus เป็นส่วนมาก ดังแสดงภาพที่ 9

Havenaar *et al.* (1992) รายงานการคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อจุลินทรีย์แบบเดี่ยว ๆ หรือแบบผสมเพื่อเป็นสารเสริมชีวนะที่เป็นรูปแบบเซลล์แห้งแช่แข็ง (Freeze-dried cells) หรืออยู่ในรูปผลิตภัณฑ์หมัก (Fermented products) ขั้นตอนแรกของการคัดเลือกสายพันธุ์สารเสริมชีวนะจะต้องเป็นสายพันธุ์ที่รู้จักดีและมีความปลอดภัย เช่น สายพันธุ์ Lactobacilli Bifidobacteria และ Streptococci ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1. ส่งเสริมการเจริญเติบโต และภูมิคุ้มโรคให้แก่ผู้อาศัย (Host)
2. ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหาร
3. ควบคุมหรือรักษาสุขภาพ เช่น ป้องกันการรบกวนหรือการทำลายลำไส้ในลูกสัตว์

4. ย่อยสารยับยั้งการดูดซึมอาหารเช่น Trypsin inhibitors Phyticacid และ Glucosinolates
5. เพิ่มเมตาโบลิซึมของน้ำตาลนม การดูดซึมแคลเซียม และการสังเคราะห์วิตามินต่างๆ

Donohue *et al.* (1998) ได้ศึกษาความปลอดภัยของสายพันธุ์สารเสริมชีวนะที่ให้ผลสำเร็จในปัจจุบันและสายพันธุ์ในการทำนมเปรี้ยว ได้แสดงในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** สายพันธุ์ของ Probiotic ที่ใช้ได้ผลดีและมีความปลอดภัยในปัจจุบัน

| สายพันธุ์โปรไบโอติค | บทบาทสำคัญ | ความปลอดภัย | | |
|---|---|---|---|---|
| | | *In vitro* | ในสัตว์ | ในคน |
| *L acidophilus* (NFCO1748) | รักษาอาการท้องผูก-ท้องเสีย, ลดเอนไซม์ในมูล | + | + | + |
| *L. casei* (Shirota) | ทำให้เกิดสมดุลในลำไส้, ป้องกันการรบกวนลำไส้, รักษามะเร็งในกระเพาะปัสสาวะ | + | + | + |
| Lactobacillus GG (ACTT 53103) | รักษาท้องเสียจากเชื้อไวรัสและแบคทีเรียชนิดเฉียบพลันและท้องเสียเรื้อรังจากการใช้ Antibiotic ในสัตว์แรกเกิด, เพิ่มภูมิคุ้มโรค และทำให้การซึมผ่านของเหลวที่เยื่อเซลล์ลำไส้มีความเสถียร | + | + | + |
| *L. acidophilus* (Johnsonii) LC1 | เพิ่มภูมิคุ้มโรค, ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ และทำให้เกิด Vaccine adjuvant | + | + | + |
| *Bifidobacterium bifidum* | ป้องกันโรคท้องเสียจากเชื้อ Rotavirus | + | + | + |

ที่มา: Donohue *et al.* (1998)

3. กลไกการทำงานของสารเสริมชีวนะในทางเดินอาหารของลูกโคเล็ก

Wallace and Newbold (1992) รายงานการใช้สารเสริมชีวนะในลูกโคที่อยู่ในวัยเจริญเติบโต ซึ่งยังไม่ทราบกลไกการทำงานที่แน่นอน แต่ก็พอจะอธิบายผลกระทบจากการเสริมสารเสริมชีวนะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การใช้สารเสริมชีวนะมีผลต่อการพัฒนาการย่อยอาหารในลูกโครระยะแรกเกิด กระเพาะหมัก (Rumen) และกระเพาะแท้ (Abomasum) ไม่สามารถย่อยอาหารแข็งหรืออาหารเยื่อใยได้ เมื่อกระเพาะหมักมีจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยและกระเพาะแท้และลำไส้ผลิตเอนไซม์ย่อยสารอาหารมากขึ้น ก็จะมีการพัฒนาและเพิ่มจำนวนประชากรจุลินทรีย์ต่าง ๆ มากขึ้น ก่อให้เกิดการสร้างโคโลนีจำนวนมาก ทั้งที่มีประโยชน์และโทษ การสร้างโคโลนีในลูกโคแรกเกิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น ภายหลังคลอด 8 ชั่วโมง จะมี E. coli ในทางเดินอาหารของลูกโค เมื่ออายุได้ 24 ชั่วโมงหลังคลอด จะมีเชื้อ Lactobacilli และ Streptococci Lactobacilli สร้างโคโลนีได้อย่างรวดเร็วในกระเพาะแท้และลำไส้ในลูกโคที่มีสุขภาพดี เพื่อแย่งที่กับ Coliform ที่ทำให้เกิดโรค ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 เป็นต้นไป Lactobacilli อาจเพิ่มประชากรได้ถึง $10^{7}$-$10^{9}$ เซลล์ต่อกรัมตลอดลำไส้เล็ก ดังนั้นในช่วงแรกเกิดน้ำนมจึงเป็นอาหารที่ดีที่สุด เนื่องจากกระเพาะหมักยังไม่สามารถย่อยอาหารได้อย่างเต็มที่

3.2 การใช้สารเสริมชีวนะในการป้องกันโรคท้องเสีย ลูกโคแรกเกิดจะเสี่ยงต่อการป่วยด้วยโรคท้องเสียคิดเป็นประมาณ 6.5 % ของลูกโคที่มีอายุในเดือนแรก ซึ่งโรคท้องเสียมีผลกระทบต่อการดูดซึมอาหารและสมรรถภาพการผลิต ทำให้ Coliform เพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้น *E. coli* ก็เป็นสาเหตุโรคท้องเสียในลูกโค โดยจะสร้างโคโลนีเกาะยึดที่ผนังลำไส้แล้วสร้างสารพิษ (Enterotoxin) อย่างไรก็ตาม การใช้ *Lactobacillus acidophilus* สามารถลดจำนวน Coliform ในลำไส้ของลูกโค เนื่องจากสภาวะความเป็นกรด หรือสาร $H_2O_2$ ที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ดังกล่าว

3.3 การใช้สารเสริมชีวนะในการพัฒนาการหมักของกระเพาะหมัก (Rumen) ตัวอย่างเช่น การใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เสริมในอาหารโครุ่น สามารถเพิ่มปริมาณการกินได้และน้ำหนักตัว โดยเฉพาะในลูกโคหลังหย่านม นอกจากนั้นการเสริมเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ในลูกโค ที่ขุนในคอก สามารถกระตุ้นการเพิ่มน้ำหนักตัวได้ภายใน 28 วันแรก

กลไกการทำงานของสารเสริมชีวนะที่ผนังกระเพาะแท้และลำไส้ของสัตว์ยังไม่สามารถอธิบายให้ชัดเจน (Fuller, 1992; Wallace and Newbold, 1992; Newman and Jacques, 1995; Fuller, 1999) สำหรับกลไกการออกฤทธิ์ของจุลินทรีย์ที่เป็นสารเสริมชีวนะ Newman and Jacques (1995) ; Nousiainen and Setala (1998) รายงานการทำงานหรือการย่อยอาหารของจุลินทรีย์ยังไม่ทราบแน่ชัด เมื่อลูกโคได้รับน้ำนมพร้อมสารเสริมชีวนะ จะทำให้มีการส่งเสริมการย่อยโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะแท้และลำไส้ ได้แสดงในตารางที่ 4

ถึงแม้ยังไม่ทราบกลไกการทำงานของสารเสริมชีวนะ แต่ Newman and Jacques (1995) ได้สรุปกลไกการตอบสนองของสารเสริมชีวนะในทางเดินอาหารของลูกโค แสดงในตารางที่ 5

**ตารางที่ 4** สารที่เกิดจากการย่อยโดยจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารของสัตว์

| สารอาหาร (Substrate) | ผลิตภัณฑ์จากการย่อยโดยแบคทีเรีย | | |
|---|---|---|---|
| | กระเพาะ (Stomach) | ลำไส้เล็ก (Intestine) | ไส้ติ่งและลำไส้ใหญ่ (Colon) |
| Carbohydrates | Lactic acid | Lactic acid, Acetate | Volatile fatty acid, Ammonia |
| Protein and N Compounds | Ammonia ,Amines | Amines | Amines |
| Lipids | Fatty acid | Fatty acid; Deconjugated bile, Modified cholesterol | De novo synthesis of fat, Hydrogenated fatty acids, Modified cholesterol |

ที่มา: Nousiainen and Setala (1998)

**ตารางที่ 5** กลไกการทำงานและการตอบสนองของสารเสริมชีวนะต่อการใช้ประโยชน์ในทางเดินอาหารของลูกโค

| **กลไกการทำงาน** | **ผลการตอบสนองในทางเดินอาหาร** |
|---|---|
| การผลิตกรดแลคติค | ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษในลำไส้ เนื่องจาก $H^+$ มีความเข้มข้นสูง ทำให้ pH ลดลง โดย $H^+$ จะเข้าเซลล์จุลินทรีย์ที่เป็นโทษ ทำให้เซลล์ตาย ในขณะที่ LAB. จะทนทานต่อ pH ที่ต่ำ |
| การสร้างโคโลนีในลำไส้ | ป้องกันจุลินทรีย์ที่เป็นโทษจับกับเซลล์บุผิวที่ลำไส้ (Intestinal pithelium) |
| ผลิตสารยับยั้ง(Inhibiting substance) | ยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียอื่นๆ ที่จำเพาะ เช่น $H_2O_2$ $NH_4$ Diacetyl และ Fatty acid |
| การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันไม่จำเพาะ | องค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์จะสร้างสาร antibodies กระตุ้นระบบภูมิคุ้มโรคเพิ่มขึ้น |
| การดูดซึมแบคทีเรีย | ทำการดูดซึมแบคทีเรียและอนุพันธ์ของยีสต์ ทำให้ป้องกันการสร้าโคโลนีได้ |

ที่มา: Newman and Jacques (1995)

4. ผลการใช้สารเสริมชีวนะและการหมักน้ำนมเหลืองเลี้ยงลูกโค

Bechman *et al.* (1977); Ellinger *et al.* (1978) ศึกษาการใช้ *Lactobacillus acidophilus* ร่วมกับ Lactobacilli ชนิดอื่น รายงานว่าสามารถลดการเกิดโรคท้องเสีย แบคทีเรีย (Coliform) ที่ทำให้เกิดโรคในมูลมีจำนวนลดลง เช่นเดียวกันกับการทดลองของ Ellinger *et al.* (1980) ที่สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตในลูกโค

Gonzalez (1977) ทดลองใช้น้ำนมเหลืองหมักโดยธรรมชาติในฤดูหนาว (อุณหภูมิ 8 ถึง 16.6°C) และฤดูร้อน (อุณหภูมิมากกว่า 21°C) ซึ่งพบจุลินทรีย์ชนิด *L. acidophilus* ที่ทำให้ pH ลดลงเหลือ 4.0 ถึง 4.5 และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ ก่อนให้ลูกโคจะเจือจางกับน้ำในอัตราส่วน 2 : 1 หรือ 3 : 1 เพื่อเปรียบเทียบกับลูกโคที่ได้รับน้ำนมเทียม เมื่อเลี้ยงในช่วง 2 เดือนแรก ลูกโคมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากันและลูกโคบางตัวมีน้ำหนักสูงกว่าลูกโคที่ได้รับน้ำนมเทียม

Yu *et al.* (1976) ทดลองใช้น้ำนมเหลืองที่รีดมาแล้ว 6 ครั้ง หมักที่อุณหภูมิห้อง (ไม่ได้ระบุอุณหภูมิซึ่งทดลองในประเทศแคนาดา) เป็นเวลา 35 วัน เพื่อเลี้ยงลูกโคจนถึงหย่านมที่อายุ 5 สัปดาห์ โดยแบ่งลูกโคทั้งหมด 40 ตัว ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมแม่ (Whole milk) ปริมาณ 1.64 กก./มื้อกับน้ำ 0.9 กิโลกรัม. และ 2) กลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมัก (Fermented colostrum) ปริมาณ 0.9 กก./มื้อกับน้ำ 0.9 กิโลกรัม ทุกวัน ๆ ละ 2 มื้อ พร้อมกับให้อาหารข้นลูกโคที่มีโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงฤดูใบไม้ร่วง ฤดูใบไม้ผลิ และฤดูหนาว จากผลการทดลองไม่พบความแตกต่างในเรื่องอัตราการเจริญเติบโต แต่ต้นทุนค่าอาหารลดลง 90 % และจำนวนลูกโคที่ป่วยท้องเสีย 6 และ 2 ตัว สำหรับกลุ่มลูกโคที่ได้รับ Whole milk และ Fermented colostrum ตามลำดับ

Drevjany *et al.* (1980) ทดลองใช้อาหาร 5 ชนิด คือ A) น้ำนมเหลืองหมักด้วยเชื้อ *Streptococcus lactis* ที่อุณหภูมิ 20-25°C B) น้ำนมเหลืองหมักด้วยเชื้อ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* ที่อุณหภูมิ 33-37 °C C) น้ำนมเหลืองหมักด้วย *L. acidophilus* ที่อุณหภูมิ 33-37 °C D) น้ำนมเหลืองหมักโดยธรรมชาติที่อุณหภูมิ 20-25°C และ E) น้ำนมเหลืองแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C สำหรับทรีตเมนต์ A B C และ D ใช้เลี้ยงลูกโคในปริมาณ 2.25 ลิตร จำนวน 2 ครั้ง/วัน จนถึงหย่านมเป็นเวลา 25 วัน ยกเว้น ทรีตเมนต์ E จะถูกเก็บแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อเปรียบเทียบ

การเปลี่ยนแปลงของโภชนะจากการหมักโดยจุลินทรีย์ต่างๆ ของทรีตเมนต์ A B C และ D จากผลการทดลองปรากฏว่า อาหารชนิด A และ D มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ($p< 0.05$) มากกว่าอาหารชนิดอื่น คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 582 และ 434 กรัม/วัน ตามลำดับ ปริมาณการกินอาหารข้นเพิ่มขึ้นถึง 1131 และ 893 กรัมต่อตัว ($p< 0.01$) สำหรับกลุ่มลูกโคที่ได้รับอาหารชนิด A และ D ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า อาการป่วยของโรคท้องเสียลดลง ในขณะที่ระดับน้ำตาลแลคโตสเหลือจากหมักน้ำนมเหลืองแต่ละชนิดมีค่าเท่ากับ 3.41 1.61 1.63 และ 3.15 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอาหารชนิด A B C และ D ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด (pH) โดยเฉพาะในอาหารน้ำนมเหลืองที่หมักด้วย *Lactobacillus bulgalicus* และ*Streptococcus thermophilus* หรือ *Lactobacillus acidophilus* มีค่าต่ำลงถึง 4.0 และไม่มีการปนเปื้อนจากเชื้อราและยีสต์ระหว่างการหมักนาน 25 วัน

Keys *et al.* (1980) ทดลองใช้น้ำนม 4 ชนิดเลี้ยงลูกโค คือ 1) น้ำนมเสียหมัก (Mastitis milk) ที่เติมยา Antibiotic 2) น้ำนมเสียที่รีดก่อนใช้ยา Antibiotic (ไม่มี Antibiotic) 3) น้ำนมเหลืองหมักโดยธรรมชาติ และ 4) น้ำนมปกติ (Fresh milk) ในปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักเพิ่มของลูกโค ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 130 140 130 และ 100 กรัม/วัน/ตัว สำหรับอาหารน้ำนมชนิด 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่ออายุ 30 วัน

Otterby *et al.* (1980) ทดลองใช้น้ำนมเลี้ยงลูกโค 4 ชนิด คือ 1) น้ำนมปกติ (Whole milk) 2) น้ำนมเหลืองที่เติมกรดโปรไปโอนิค 3) น้ำนมเสียหมัก และ 4) น้ำนมเหลืองหมัก ลูกโคชอบกินน้ำนมปกติมากกว่าน้ำนมเหลืองหมัก และน้ำหนักเพิ่มไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในขณะที่กลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเสียหรือน้ำนมเหลืองหมัก ได้รับอาหารข้นที่มีวัตถุแห้งมากกว่ากลุ่มลูกโคอื่น ๆ

Suzuki *et al.* (1978) ทดลองใช้น้ำนมเหลืองหมักแช่เย็นที่อุณหภูมิ 13 °C และ 23 °C เป็นเวลา 20 วัน สำหรับเลี้ยงลูกโคเพศผู้ จำนวน 10 ตัว น้ำนมเหลืองหมักที่อุณหภูมิ 23 °C ในวันที่ 10 มีค่าความเป็นกรดสูงกว่า เนื้อนมรวม (Total solids) ลดลง และการผลิต Butyric acid เพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำนมเหลืองที่หมักที่อุณหภูมิ 13 °C ลูกโคมีน้ำหนักไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 440 และ 360 กรัม/วัน/ตัว สำหรับกลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองที่อุณหภูมิ 13 °C และ 23 °C ตามลำดับ นอกจากนี้น้ำนมเหลืองหมักที่อุณหภูมิ 13 °C ยังมีความน่ากินมากกว่าด้วย

Zhang *et al.* (1981) ทดลองใช้น้ำนมเหลืองที่รีดจากแม่โคตั้งแต่วันที่ 3 หลังคลอด โดยหมักที่อุณหภูมิห้อง (ไม่ได้ระบุอุณหภูมิห้องซึ่งทดลองในประเทศจีน) น้ำนมเหลืองหมักถูกเจือจางกับน้ำอุ่นที่อุณหภูมิในช่วง 38 – 40 °C ในอัตราส่วน 1:1 ก่อนเลี้ยงลูกโค เมื่ออายุได้ 5 วัน ให้ต้นข้าวโพดบด เมื่ออายุได้ 10 วัน ให้อาหารข้นคุณภาพสูง โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมปกติ กลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 700 และ 610 กรัม/วัน/ตัว ตามลำดับ และสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงถึง 29 %

Kodjo (1981) ทดลองใช้น้ำนมเลี้ยงลูกโค 3 ชนิด คือ 1) น้ำนมเทียม 2) น้ำนมเหลืองหมักโดยธรรมชาติ และ 3) น้ำนมเหลืองเติมฟอร์มาดีไฮด์ ซึ่งหมักนาน 35 วัน ร่วมกับอาหารข้นที่มีโปรตีน 18 % และหญ้าแห้ง ลูกโคมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 281 396 และ 284 กรัม/วัน/ตัว เมื่ออายุ 35 วัน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 655 605 และ 533 กรัม/วัน/ตัว เมื่ออายุ 6 เดือน และมีลูกโคท้องเสียเท่ากับ 4 2 และ 2 ตัว ในกลุ่มที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

Nakayama *et al.* (1981) ทดลองใช้น้ำนม 3 ชนิดเลี้ยงลูกโค คือ 1) น้ำนมปกติ 2) น้ำนมเหลืองหมักโดยธรรมชาติ และ 3) น้ำนมปกติหมักด้วยเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติค ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ pH ลดลงเหลือ 4.0 และจำนวนแบคทีเรียแลคติคเพิ่มขึ้น $10^7$ เซลล์/มิลลิลิตร ในขณะที่ลูกโคมีน้ำหนักเพิ่มไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ลูกโคที่ได้รับน้ำนมที่มีเชื้อแบคทีเรียสร้างกรดแลคติคมีต้นทุนน้อยกว่า

Drevjany (1983) ทดลองใช้น้ำนมเหลืองหมักเชื้อ *S. lactis* จำนวน 200 มิลลิลิตรร่วมกับเสริมพลังงานจากน้ำตาล (Glucose monohydrate) และไขมัน ซึ่งมีทรีตเมนต์ดังนี้ 1) น้ำนมเหลือง 2) น้ำนมเหลืองร่วมกับเสริมพลังงาน 1 ใน 3 ส่วน 3) น้ำนมเหลืองร่วมกับเสริมพลังงาน 2 ใน 3 ส่วน และ 4) น้ำนมเหลืองร่วมกับเสริมพลังงานเต็มที่ เพื่อศึกษาผลการย่อยได้ของพลังงาน (DE) ต่อการย่อยได้ของโปรตีน (DP) ในอัตราส่วนพลังงานย่อยได้ต่อโปรตีนย่อยได้ (KJ DE/g DP) คือ 64.4 82.8 99.6 และ 126.8 สำหรับทรีตเมนต์ที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ โดยใช้ลูกโคทดลองทั้งหมด 24 ตัว ในระหว่างการหมักจะเติม Sorbic acid (1000 ppm.) เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมักของเชื้อ *S.lactis* ก่อนใช้เลี้ยงลูกโค น้ำนมเหลืองหมักปริมาณ 2.5 กก.จะถูกเจือจางกับน้ำร้อนปริมาณ 1.5 กก. รวมเป็น 4 กก./วัน โดยใช้เลี้ยงลูกโควันละ 2 ครั้ง น้ำนมเหลืองที่หมักด้วยเชื้อ *S. lactis* มีความน่ากินมากกว่า น้ำหนักเพิ่มต่อวันเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมพลังงาน ($p < 0.05$) ระดับยูเรียในเลือด

มีความสัมพันธ์แบบผกผันโดยตรงกับปริมาณการกินพลังงานที่ย่อยได้ (r = -0.67) มีความสัมพันธ์แบบบวกกับระดับโปรตีนที่ย่อยได้ (r = 0.94) และการย่อยได้ของไขมันและโปรตีนมีแนวโน้มลดลงตามระดับพลังงานที่เพิ่มขึ้น ($p<0.05$)

Lanuza *et al.* (1990) ทดลองใช้น้ำนมเหลืองหมักโดยธรรมชาติ เปรียบเทียบกับน้ำนมเหลืองที่เติมฟอร์มาลิน (0.1 % v/v) ร่วมกับอาหารข้น เพื่อใช้เลี้ยงลูกโคแรกเกิดในฤดูใบไม้ผลิ โดยแบ่งลูกโคออกเป็น 2 กลุ่ม จำนวน 20 ตัว ลูกโคแต่ละกลุ่มถูกขังเดี่ยวในระยะ 1 สัปดาห์แรก และถูกปล่อยแทะเล็มในแปลงจนถึงอายุ 90 วัน ลูกโคมีน้ำหนักจนถึงหย่านมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตของลูกโคมีแนวโน้มดีขึ้นทั้ง 2 กลุ่ม

Higginbotham and Bath (1993) ทดลองใช้เชื้อจุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacilli ชนิดเชื้อเป็นและเชื้อตายในน้ำนมเทียม สำหรับเลี้ยงลูกโคพันธุ์โฮลสไตน์ โดยแบ่งลูกโคออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มควบคุม (No Microbes) 2) กลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเทียมร่วมกับ 1 กรัมของจุลินทรีย์เชื้อเป็น (ไม่น้อยกว่า $10^9$ cells) ชนิด *L. acidophilus* และ *S. faecium* และ 3) กลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเทียมร่วมกับ 6 ml ของจุลินทรีย์เชื้อตาย ($10^8$ cells) ชนิด *L. acidophilus* พบว่า อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันตลอดการทดลอง 44 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 200 230 และ 230 กรัม/วัน/ตัว สำหรับกลุ่มลูกโคทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ลูกโคที่ได้รับจุลินทรีย์เชื้อเป็นและเชื้อตายมีแนวโน้มการเจริญเติบโตสูงขึ้น และในช่วงอายุ 29 ถึง 33 วัน ลูกโคกินอาหารข้นมากกว่า ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.27 0.30 และ 0.36 กก.วัตถุแห้ง/วัน สำหรับกลุ่มลูกโคทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

Nousiainen and Setala (1998) รายงานผลการใช้จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติค (Lactobacillus และ Enterococcus) ต่อสมรรถการผลิตของลูกโคจากทั้งหมด 17 งานทดลอง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1978-1991 จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติคสามารถให้ผลตอบสนองในลูกโคทั้งในเชิงบวกและลบ สำหรับการเจริญเติบโตหรือน้ำหนักเพิ่ม และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ได้แสดงในตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** ผลการใช้สารเสริมชีวนะ ต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกโค

| ชนิดสารเสริมชีวนะและขนาดที่ใช้ | ช่วงอายุของลูกโค | สมรรถภาพการผลิต (% ของกลุ่มควบคุม) | | ข้อมูล (ปี) |
|---|---|---|---|---|
| | | Gain | Feed/gain | |
| *L. acidophilus+L.lactis* (ferm.milk) | Small calves (1-5 wk) | -11.6 | No resp. | 1977 |
| *L. acidophilus* $10^6$ cfu $l^{-1}$ milk | Small calves (1-5 wk) | No resp. | No resp. | 1978 |
| *L. acidophilus* | Young bull | No resp. | No resp. | 1980 |
| Lactobacillus fermentation product | Small calves(0-8 wk) | +5.3 | No resp. | 1980 |
| | Small calves(0-10 wk) | +28.3[a] | -1.5 | |
| Lactobacillus fermentation product | Weaned calves(28 d) | -8.5 | No resp. | 1981 |
| Killed Lactobacilli | Weaned calves(28 d) | No resp. | Impaired | 1981 |
| | Transported calves(28 d) | Improved | Improved | |
| Viable Lactobacilli | Transported calves(28 d) | No resp. | No resp. | 1982 |
| *E. faecium*, 0.5x$10^7$ $g^{-1}$ diet | Small calves | Improved | Improved | 1983 |
| *Lactobacillus sp*. 0-21 days 0-9 wk | Small calves | -0.3 | No data | 1984 |
| *E. faecium*, 1.0x$10^7$ $g^{-1}$ diet | Small calves | No resp. | No resp. | 1985 |
| *L. acidphilus*, $10^9$-$10^{10}$ cfu/d/calf | Small calves (0-7 wk) | -7.6 | +1.8 | 1985 |
| *E. faecium*, $10^6$ cfu $g^{-1}$ in MR | Small calves (0-8 wk) | +4.1 | -7.6 | 1988 |
| *L. acidophilus*, $10^9$ cfu $g^{-1}$ in MR | Small calves(0-10 wk) | +0.5 | -4.0 | 1988 |
| *E. faecium*,$10^{10}$ cfu $g^{-1}$ in MR(0-5 days) | Small calves (30 d) | +20[a] | No data | 1989 |
| *Lactobacillus sp*.0.8-8.0x$10^6$cfu $g^{-1}$ in MR | Small calves | +6 – 7 | -4 – 5 | 1989 |
| *Enterococcus sp*.0.8-8.0x$10^6$cfu $g^{-1}$ in MR | Small calves | +3 – 4 | -23 | 1989 |
| *L. fermentum*[b] + *L. delbrueckii*[b] + lactitol | Transported calves(4-10wk) | +15 | No data | 1991 |

หมายเหตุ [a] มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) [b] x$10^9$ cfu $d^{-1}$ No resp = No response

MR = Milk replacer L. = Lactobacillus

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Nousiainen and Setala (1998)

จากการตรวจเอกสารพอจะสรุปได้ว่า น้ำนมเหลืองที่เหลือจากการเลี้ยงลูกโคมีปริมาณมาก ถึง 33 กิโลกรัมต่อแม่โค 1 ตัว ถ้านำน้ำนมเหลืองที่เหลือมาเลี้ยงลูกโคเฉลี่ย 3 กิโลกรัมต่อวัน จะสามารถเลี้ยงลูกโคได้นานถึง 11 วัน โดยลูกโคแรกเกิดจะมีเอนไซม์ที่ย่อยแป้ง โดยเฉพาะ Amylase ที่ผลิตจากตับอ่อนเท่านั้น เมื่ออายุ 8 วันจะมีระดับ Amylase เพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า และจะมีระดับเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ถึงอายุ 8 สัปดาห์ เมื่ออายุ 1 วันมีน้ำย่อย Lactase มาก เมื่อลูกโคมีอายุเพิ่มขึ้น Lactase จะมีปริมาณลดลง เอนไซม์ย่อยไขมันจะมีปริมาณน้อยเมื่ออายุ 1 วัน และเพิ่มขึ้นตามอายุลูกโค ในขณะที่เอนไซม์ย่อยโปรตีน โดยเฉพาะ Rennin จะมีปริมาณสูงในช่วงแรกเกิด และลดลงเรื่อย ๆ จนถึงหย่านม เอนไซม์เปปซินจะเพิ่มขึ้นตามอายุลูกโค เอนไซม์ย่อยโปรตีนที่ผลิตจากตับอ่อนจะมีระดับต่ำเมื่ออายุอยู่ระหว่างแรกเกิด ถึง 44 วัน และจะเพิ่มมากขึ้นตามอายุลูกโค อย่างไรก็ตาม ลูกโคที่มีอายุมากขึ้นจะมีจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในทางเดินอาหาร โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ทำให้การย่อยอาหารมีประสิทธิภาพมากขึ้น และส่งเสริมภูมิคุ้มโรคต่อสัตว์

สำหรับการเก็บรักษาน้ำนมเหลืองไว้เลี้ยงลูกโค ส่วนใหญ่จะทำการหมักโดยวิธีธรรมชาติ หรือหมักที่อุณหภูมิห้อง และหมักโดยการเติมเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติค โดยเฉพาะสารเสริมชีวนะจำพวก Lactobacilli เพื่อให้แบคที่เรียสร้างกรดแลคติคย่อยน้ำตาลนมกลายเป็นกรดแลคติค ทำให้ pH ลดลงเหลือ 4.0 - 4.6 ซึ่งสามารถควบคุมจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ และใช้น้ำนมเหลืองหมักเลี้ยงลูกโคโดยตรง หรือเจือจางกับน้ำสะอาด (น้ำอุ่น) ในอัตราส่วน 2:1 หรือกรณีน้ำนมเหลืองหมักมีค่า pH ต่ำมาก ต้องปรับค่า pH ให้เหมาะสมโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต การใช้น้ำนมเหลืองหมักเลี้ยงลูกโค ทำให้การเจริญดีกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ชนิดของสารเสริมชีวนะที่ใช้หรือสารเสริมชีวนะที่ใช้มีเพียงชนิดเดียว อย่างไรก็ตาม การใช้สารเสริมชีวนะในการหมักน้ำนมเหลืองช่วยให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในกระเพาะแท้และลำไส้ และลดอาการท้องเสียหรือส่งเสริมสุขภาพของลูกโคให้ดีขึ้น

การทดลองนี้มุ่งเน้นศึกษาผลของการเสริมสารเสริมชีวนะจากเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมต่อกระบวนการหมักน้ำนมเหลืองและต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกโค ภาวการณ์เกิดโรคท้องเสีย และต้นทุนการผลิต

# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เพื่อให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ จึงดำเนินการเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

## การทดลองที่ 1

ศึกษาการเสริมเชื้อจุลินทรีย์ในนมเปรี้ยวยาคูลท์ (*Lactobacillus casei* subsp. shirota) และการเสริมน้ำเชื่อม (Syrup) ในน้ำนมเหลืองระดับต่างๆ เพื่อให้ทราบระดับที่เหมาะสมต่อการหมักน้ำนมเหลือง และเลือกทรีตเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดไปใช้ในการศึกษาผลของน้ำนมเหลืองหมักต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกโคในระยะก่อนหย่านมในการทดลองที่ 2

**อุปกรณ์**

1. เชื้อจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ในนมเปรี้ยวยาคูลท์ (*Lactobacillus casei* subsp. shirota มีปริมาณเชื้อ $8.0x10^{9}$ เซลล์/80 มิลลิลิตร) ที่ออกจำหน่ายตามตลาด ซึ่งมีอายุการผลิตไม่เกิน 3 วัน (เพิ่มพงษ์, 2524)

2. วัตถุดิบที่ใช้ทดลอง

2.1 น้ำนมเหลือง (Colostrum) ที่เก็บรวบรวมแช่แข็งไว้ ที่อุณหภูมิ -21 °C

2.2 น้ำเชื่อม (Syrup) Liquid Glucose เบอร์ GH 45 เป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักมันสำปะหลัง จากโรงงานไทยกลูโคส จำกัด อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

2.3 น้ำกลั่น (Deionized Water) ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการทดลองนี้ ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อตามที่เสนอโดย Elliker *et al.* (1959) รายละเอียดในภาคผนวก ก ข้อ 1

4. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

4.1 ตู้เขี่ยเชื้อ (Luminar Flow)

4.2 เครื่องวัดพีเอช ของ ORION Model รุ่น 290A (1990)

4.3 ตู้อบความร้อน (Oven) ที่ปรับอุณหภูมิได้

4.4 หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)

4.5 เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบนมอัตโนมัติ หรือ Milko Scan (Foss Electric, Denmark)

4.6 เครื่องนับ (Counter) สำหรับนับโคโลนีของจุลินทรีย์

4.7 ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง และห้องแช่เย็นที่ปรับอุณหภูมิได้

4.8 เทอร์โมมิเตอร์ บีกเกอร์ขนาด 500 - 1000 มิลลิลิตร (มล.) กระบอกตวงขนาด 10 - 100 มล.

4.9 ไมโครไปเปตที่ปรับปริมาตร ขนาด 0.1 และ 1 มล.

4.10 ตะเกียงแอลกอฮอล์ และขวดบรรจุน้ำกลั่น

4.11 ชั้นสเตนเลส สำหรับวางขวดเก็บตัวอย่างนม (Rack)

4.12. ขวดนึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อ จานเพาะเลี้ยงเชื้อ และอุปกรณ์อื่น ๆ

4.13 กระป๋องหมัก (พลาสติกชนิดทึบแสง พร้อมฝาเกลียวหมุนปิด) ขนาดบรรจุ 1 ลิตร

4.14 หม้อต้ม เตาแก๊ส และถุงพลาสติกบรรจุน้ำนม (ชนิดเย็น)

4.15 อุปกรณ์และสารเคมีที่วิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติค

4.16 ขวดเก็บตัวอย่างนมและสารกันบูด (2-bromo-2-nitro 1,3 propaneldiol)

4.17 กล่องโฟม พร้อมฝาปิด

**วิธีการทดลอง**

1. แผนการทดลอง

การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial Experiments in CRD) โดยมีเชื้อยาคูลท์ 2 ระดับ (1% และ 3%) และน้ำเชื่อม 3 ระดับ (0% 10% และ 20%) ทดลองพร้อมกับทรีตเมนต์ที่ไม่เสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อม (น้ำนมเหลืองที่ปรับและไม่เนื้อนมรวมที่ 14.50%) จำนวน 4 ซ้ำ โดยศึกษาน้ำนมเหลืองหมักภายใต้สภาวะห้องเย็น (4 - 8 °C) ใช้ระยะเวลาทดลองนาน 28 วัน และภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้อง (28 - 37°C) ใช้ระยะเวลาทดลองนาน 72 ชั่วโมง

2. การเตรียมน้ำนมเหลือง

รวบรวมน้ำนมเหลืองจากการรีดนมในช่วงหลังคลอดครั้งที่ 1 – 7 ในส่วนที่เหลือจากการเลี้ยงลูกโค แล้วเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -21°C ให้เพียงพอกับการทดลอง ละลายน้ำนมเหลืองที่เก็บไว้ดังกล่าว ผสมให้เข้ากันทั้งหมด และเก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม โดยเฉพาะการวิเคราะห์หาค่าเนื้อนมรวม (Total Solids; TS) ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมอัตโนมัติ (Milko Scan) ทั้งนี้เพื่อใช้คำนวณปรับเนื้อนมรวมให้ลดลงเหลือ 14.50 % เพื่อเตรียมทรีตเมนต์ต่างๆ (Treatment; T) ดังต่อไปนี้

ทรีตเมนต์ 1 (T1) = น้ำนมเหลืองรวม (Mixed colostrums; not diluted colostrums)
ทรีตเมนต์ 2 (T2) = น้ำนมเหลืองปรับเนื้อนมรวมลดลงเหลือ 14.50 %
ทรีตเมนต์ 3 (T3) = น้ำนมเหลืองปรับ 14.50 %TS + 1 %Yakult (Y)
ทรีตเมนต์ 4 (T4) = น้ำนมเหลืองปรับ 14.50 %TS + 1 %Y + 10 %Syrup; S ของน้ำปรับ TS
ทรีตเมนต์ 5 (T5) = น้ำนมเหลืองปรับ 14.50 %TS + 1 %Y + 20 %S ของน้ำปรับ TS
ทรีตเมนต์ 6 (T6) = น้ำนมเหลืองปรับ 14.50 %TS + 3 %Y
ทรีตเมนต์ 7 (T7) = น้ำนมเหลืองปรับ 14.50 %TS + 3 %Y + 10 %S ของน้ำปรับ TS
ทรีตเมนต์ 8 (T8) = น้ำนมเหลืองปรับ 14.50 %TS + 3 %Y + 20 %S ของน้ำปรับ TS

3. วิธีการทดลอง

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย ดังนี้

3.1 การทดลองย่อยที่ 1.1 ศึกษาการเสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมในน้ำนมเหลืองก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องเย็น (4 - 8 °C )

3.1.1 วางน้ำนมเปรี้ยวยาคูลท์ไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นเชื้อจุลินทรีย์ให้ปรับอุณหภูมิก่อนเติมลงในกระป๋องหมักของแต่ละทรีตเมนต์

3.1.2 ละลายน้ำนมเหลืองรวมที่แช่แข็ง และปรับค่าเนื้อนมรวมให้ลดลงเหลือ 14.50 % ด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ และเติมน้ำนมเปรี้ยวยาคูลท์ปริมาณ 1% (T3 T4 และ T5) และ 3% (T6 T7 และ T8) ร่วมกับการเติมน้ำเชื่อม (Syrup) ที่ระดับ 10 % (T4 และ T7) และ 20 % (T5 และ T8) ใส่ในกระป๋องหมักของแต่ละทรีตเมนต์แล้วปิดฝา

3.1.3 ทำการหมักในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 - 8 °C

3.1.4 วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำนมเหลืองก่อนและหลังการหมัก

1) วัดค่า pH ของน้ำนมเหลืองทดลองแต่ละทรีตเมนต์ก่อนการหมัก (ชั่วโมงที่ 0) และหลังการหมักทุกๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยเครื่องวัดพีเอช ORION Model รุ่น 290A (1990) โดยปรับค่า pH มาตรฐานก่อนการวัดค่า pH ของตัวอย่างน้ำนมเหลืองหมักทดลองทุกครั้ง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจ ฯ

2) ทำการเลี้ยงเชื้อและนับจำนวนโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำนมเหลืองทดลองแต่ละทรีตเมนต์ทันทีก่อนการหมัก และภายหลังการหมักทุก ๆ สัปดาห์ โดยวิธี Plate Count ตามวิธีของ Elliker *et al.* (1959) ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม โดยนำตัวอย่างน้ำนมเหลืองก่อนหมักที่เจือจาง $10^{-2}$ - $10^{-5}$ และหลังการหมักแต่ละระยะหมักที่เจือจาง $10^{-3}$ - $10^{-7}$ มาผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง นำไปบ่มในตู้อบที่ 37°C นาน 5 วัน และนับจำนวนโคโลนี รายงานผลเป็นโคโลนี/มล.

3) เก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองแต่ละทรีตเมนต์ใส่ขวดเก็บอย่างที่เติมสารกันบูด (2-bromo-2-nitro 1 , 3 propaneldiol) ก่อนการหมัก และหลังการหมักทุก ๆ สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติค โดยวิธีไตเตรทด้วย NaOH เข้มข้น 0.1 N. ณ ห้องปฏิบัติการนม ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน ภายหลังเสร็จสิ้นระยะการหมักนม

4) เก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองแต่ละทรีตเมนต์ใส่ขวดเก็บอย่างที่เติมสารกันบูด (2-bromo-2-nitro 1, 3 propaneldiol) ก่อนการหมัก และหลังการหมักทุก ๆ สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม ได้แก่ โปรตีนนม ไขมันนม แลคโตส เนื้อนมไม่รวมไขมันนม และเนื้อนมรวม โดยเครื่อง Milko Scan (Foss Electric, Denmark) ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผสมเทียม จังหวัดราชบุรี ภายหลังเสร็จสิ้นระยะการหมักนม

3.2 การทดลองย่อยที่ 1.2 ศึกษาการเสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมในน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อและไม่ต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง (28 – 37 °C)

การศึกษาครั้งนี้ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทรีตเมนต์ที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 62.5°C นาน 10 นาที และกลุ่มที่ไม่ผ่านการต้ม

3.2.1 วางน้ำนมเปรี้ยวยาคูลท์ไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นเชื้อจุลินทรีย์ให้ปรับอุณหภูมิก่อนเติมลงในกระป๋องหมักแต่ละทรีตเมนต์

3.2.2 ละลายน้ำนมเหลืองผสมที่แช่แข็ง และปรับค่าเนื้อนมรวมลดลงเหลือ 14.50 % ด้วยน้ำกลั่น แบ่งน้ำนมเหลืองดังกล่าวเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน ส่วนแรกทำการต้มที่อุณหภูมิ 62.5°C นาน 10 นาที และส่วนที่เหลือไม่ได้ต้ม หลังจากที่น้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มมีอุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง จึงทำการเติมน้ำนมเปรี้ยวยาคูลท์ปริมาณ 1% (T3 T4 และ T5) และ 3% (T6 T7 และT8) ร่วมกับการเติมน้ำเชื่อม (Syrup) ที่ระดับ 10 % (T4 และ T7) และ 20 % (T5 และ T8) ของน้ำกลั่นที่ใช้ปรับเนื้อนมรวม ใส่ในกระป๋องหมักของแต่ละทรีตเมนต์แล้วปิดฝา

3.2.3 ทำการหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง

3.2.4 วัดค่า pH น้ำนมเหลืองทดลองแต่ละทรีตเมนต์ทันทีก่อนการหมัก (ชั่วโมงที่ 0) และภายหลังการหมักชั่วโมงที่ 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 และ 72 ตามลำดับ โดยเครื่องวัดพีเอช ORION Model รุ่น 290A (1990)

3.2.5 ทำการเลี้ยงเชื้อและนับจำนวนโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำนมเหลืองทดลองแต่ละทรีตเมนต์ทันทีก่อนการหมัก (ชั่วโมงที่ 0) และหลังการหมักชั่วโมงที่ 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 และ 72 ตามลำดับโดยวิธี Plate Count ตามวิธีของ Elliker *et al.* (1959) โดยนำตัวอย่างน้ำนมเหลืองก่อนหมักที่เจือจาง $10^{-2}$ - $10^{-5}$ และหลังการหมักแต่ละระยะหมักที่เจือจาง $10^{-3}$ - $10^{-7}$ มาผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง นำไปบ่มในตู้อบที่ 37 °C นาน 5 วัน และนับจำนวนโคโลนี รายงานผลเป็นโคโลนี/มล.

3.2.6 เก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองแต่ละทรีตเมนต์ใส่ขวดเก็บอย่างที่เติมสารกันบูด (2-bromo-2-nitro 1,3 propaneldiol) ก่อนหมัก (ชั่วโมงที่ 0) และภายหลังการหมักชั่วโมงที่ 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 และ 72 ตามลำดับ แช่แข็งที่อุณหภูมิ -121°C เพื่อวิเคราะห์ประมาณกรดแลคติค โดยวิธีไตเตรทด้วย NaOH เข้มข้น 0.1 N. ภายหลังเสร็จสิ้นระยะการหมักนม

3.2.7 เก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองแต่ละทรีตเมนต์ใส่ขวดเก็บอย่างที่เติมสารกันบูด (2-bromo-2-nitro 1,3 propaneldiol) ก่อนการหมัก (ชั่วโมงที่ 0) และหลังการหมักชั่วโมงที่ 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 และ 72 ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบนม ได้แก่ โปรตีนนม ไขมันนม แลคโตส เนื้อนมไม่รวมไขมันนม และเนื้อนมรวม โดยเครื่อง Milko Scan (Foss Electric, Denmark) ภายหลังเสร็จสิ้นระยะการหมักนม

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial Experiments in CRD โดยมียาคูลท์ 2 ระดับ (1% และ 3%) น้ำเชื่อม 3 ระดับ (0% 10% และ 20%) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทรีตเมนต์โดยวิธี Orthogonal contrast ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

5. สถานที่ทดลอง

5.1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ วิทยาเขตกำแพงแสน
5.2 ห้องปฏิบัติการนมและอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน
5.3 ห้องปฏิบัติการนม ศูนย์วิจัยการผสมเทียมราชบุรี อำเภอโพธาราม จ.ราชบุรี

6. ระยะเวลาในการทดลอง

6.1 การทดลองในสภาวะอุณหภูมิห้องเย็น เริ่มเดือนธันวาคม 2542 - มกราคม 2543
6.2 การทดลองในสภาวะอุณหภูมิห้อง เริ่มเดือน มีนาคม 2543 - มิถุนายน 2543

**การทดลองที่ 2**

ศึกษาผลของการใช้น้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกโคนมในระยะแรกเกิดถึงระยะหย่านม

**อุปกรณ์**

1. สัตว์ทดลองและโรงเรือน

ลูกโคนมแรกเกิดเพศเมียและเพศผู้ ลูกผสมโฮลสไตน์ x พื้นเมือง (87.5 x 12.5) จำนวน 24 ตัว เพศเมีย 12 ตัวและเพศผู้ 12 ตัว มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน ลูกโคทดลองแต่ละตัวอยู่ในกรงขังเดี่ยวภายในโรงเรือนทดลองแบบโปร่ง ที่มีพื้นโรงเรือนเป็นซีเมนต์ หลังคาเป็นแบบหน้าจั่วและมุงหลังคาด้วยสังกะสี พื้นกรงเป็นไม้ระแนงยกสูงจากพื้น 35 เซนติเมตร กว้าง 1.25 เมตร ยาว 1.50 เมตร และสูง 1 เมตร แต่ละกรงมีถังใส่น้ำสะอาดให้กินตลอดเวลาและถังน้ำนมแยกเป็นสัดส่วน

2. อาหารข้นลูกโค

อาหารข้นลูกโค (Calf starter) โดยคำนวณสูตรอาหารตามความต้องโภชนะของ NRC (1978) ซึ่งส่วนผสมของอาหารข้นและต้นทุนของวัตถุดิบอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 7 และ 8

3. น้ำเชื่อม (Syrup)

น้ำเชื่อม (Liquid Glucose, เบอร์ GH 45) มีลักษณะเหลวสีขาวใส หนืด เป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักมันสำปะหลัง จากโรงงานไทยกลูโคส จำกัด อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

4. นมผงเทียม

นมผงเทียม (Commercial milk replacer) “YOUNG CALF” โดยเตรียมเป็นน้ำนมคืนรูปให้ลูกโคทดลองแต่ละกลุ่มด้วยน้ำอุ่นในอัตราส่วนนมผงต่อน้ำอุ่นเท่ากับ 1 : 8 ส่วนประกอบของโภชนะต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 7

5. การเก็บรวบรวมและการหมักน้ำนมเหลือง

5.1 การเก็บรวบรวมน้ำนมเหลือง รวบรวมน้ำนมเหลืองที่รีดได้หลังคลอดครั้งที่ 1-7 ภายหลังจากแบ่งไปเลี้ยงลูกโคแล้ว โดยเก็บไว้ในตู้แช่แข็งในปริมาณเพียงพอตลอดการทดลอง นำน้ำนมเหลือง ที่เก็บไว้ดังกล่าวออกมาละลายและต้มที่อุณหภูมิ 62.5°C นาน 10 นาที เก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม (ตารางที่ 7) สำหรับน้ำนมเหลืองที่เหลือบรรจุใส่ถุงพลาสติกถุงละ 5 ลิตรและเก็บไว้ในตู้แช่แข็งก่อนการหมักน้ำนมเหลืองแต่ละชุด ทำการปรับเนื้อนมรวมเหลือ 14.50 %

5.2 การเตรียมน้ำนมเหลืองหมักที่อุณหภูมิห้อง ใช้น้ำนมเหลืองข้อ 5.1 มาทดลองหมัก โดยพิจารณาจากผลการทดลองที่ 1 การหมักน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มในสภาวะอุณหภูมิห้องมีความเหมาะสมที่สุดต่อการนำไปใช้หมักเลี้ยงลูกโคทดลอง และพิจารณาเลือกทรีตเมนต์ที่ดีที่สุดมาทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 เลือกทรีตเมนต์น้ำนมเหลืองปรับเนื้อนมรวม 14.50%TS (T2) เป็นน้ำนมเหลืองหมักทดลองสูตรที่ 1 โดยทำการเตรียมน้ำนมเหลืองทดลอง ดังรายละเอียดที่กล่าวมาในการทดลองย่อยที่ 1.2 ข้อ 3.2 ใส่กระป๋องพลาสติกที่มีฝาปิดให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร และหมักไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 36 - 42 ชั่วโมง จนเกิดกรดแลคติค มีค่า pH 4.0 - 4.6 สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองหมักเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม (ตารางที่ 7) แล้วเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 - 8 °C เพื่อชะลอกระบวนการหมักและรักษาคุณค่าทางโภชนาการของน้ำเหลืองหมักก่อนนำไปเลี้ยงลูกโคทดลอง

5.2.2 เลือกทรีตเมนต์น้ำนมเหลืองปรับ 14.50 %TS ร่วมกับการเติม 1 %Yakult (T3) สำหรับใช้เป็นน้ำนมเหลืองหมักทดลองสูตรที่ 2 โดยทำการเตรียมน้ำนมเหลืองทดลองดังรายละเอียดที่กล่าวมาในการทดทดลองที่ 1.2 ข้อ 3.2 ใส่กระป๋องพลาสติกที่มีฝาปิดปริมาตร 1 ลิตร และหมักไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30-36 ชั่วโมง จนเกิดกรดแลคติค มีค่า pH 4.0 - 4.6 สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองหมักเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม (ตารางที่ 7) เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 - 8 °C เพื่อชะลอกระบวนการหมักและรักษาคุณค่าทางโภชนาการของน้ำเหลืองหมักก่อนนำไปเลี้ยงลูกโคทดลอง

5.2.3 เลือกทรีตเมนต์น้ำนมเหลืองปรับ 14.50 %TS ร่วมกับการเติม 1 %Yakult และน้ำเชื่อม 20 % ของน้ำที่ใช้ปรับเนื้อนมรวม (T5) สำหรับใช้เป็นน้ำนมเหลืองหมักทดลองสูตรที่ 3 โดยทำการเตรียมน้ำนมเหลืองทดลอง ดังรายละเอียดที่กล่าวมาในการทดทดลองย่อยที่ 1.2 ข้อ 3.2 ใส่กระป๋องพลาสติกที่มีฝาปิดปริมาตร 1 ลิตรและหมักไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 12 -18 ชั่วโมง จนเกิดกรดแลคติค มีค่า pH 4.0 - 4.6 สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองหมักเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม (ตารางที่ 7) เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 - 8 °C เพื่อชะลอกระบวนการหมักและรักษาคุณค่าทางโภชนาการของน้ำเหลืองหมักก่อนนำไปเลี้ยงลูกโคทดลอง

6. อุปกรณ์สำหรับการทดลองภาคสนาม

6.1 หม้อต้มน้ำร้อน และแท่งลวดสเตนเลสสำหรับกวนนม
6.2 กระป๋องหมักน้ำนมเหลืองพร้อมฝาเกียวหมุนปิดได้ ขนาดบรรจุ 1 ลิตร
6.3 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองหมัก ขนาด 10 มล. และถุงพลาสติกเก็บตัวอย่างอาหารข้น
6.4 กระป๋องใส่น้ำนม/น้ำ และอาหารข้น
6.5 ถุงพลาสติกชนิดทนความเย็นสำหรับเก็บรวบรวมนมหลังคลอด ขนาดบรรจุ 10 ลิตร
6.6 ไซริงซ์ เข็มเจาะเลือด สำลีชุบแอลกอฮอล์ ขวดและหลอดแก้วเก็บตัวอย่างเลือด
6.7 เชือกคล้องโคสำหรับบังคับโคในเวลาชั่วน้ำหนักและเจาะเลือด
6.8 เครื่องชั่งอาหารข้นและน้ำนมทดลอง และเครื่องชั่งน้ำหนักลูกโค ขนาด 500 กิโลกรัม
6.9 เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH meter)
6.10 ตู้เย็น (อุณหภูมิ 4-8°C) สำหรับแช่น้ำนมเหลืองภายหลังการหมักที่อุณหภูมิห้อง

**ตารางที่ 7** คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง

| ชนิดของโภชนะ | อาหารข้น [1/] | นมเทียม [1/] | น้ำนมเหลืองก่อนหมัก (ส่วนผสมรวม) [2/] | น้ำนมเหลืองหมักสูตรที่ 1 [2/] (36-42 ชม.)* | น้ำนมเหลืองหมักสูตรที่ 2 [2/] (30-36 ชม.)* | น้ำนมเหลืองหมักสูตรที่ 3 [2/] (12-18 ชม.)* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| วัตถุแห้ง (%) | 87.51 | 95.5 | 17.11 | 6.76 | 7.84 | 14.09 |
| โปรตีนรวม (%) | 18.82 | 23 | 8.85 | 4.68 | 4.79 | 6.12 |
| ไขมัน (%) | 5.10 | 18 | 3.45 | 0.75 | 1.03 | 1.34 |
| น้ำตาลแลคโตส (%) | - | 44.5 | 3.89 | 0.79 | 1.34 | 5.69 |
| เยื่อใย (%) | - | - | - | - | - | - |
| NDF | 12.94 | - | - | - | - | - |
| ADF | 9.00 | - | - | - | - | - |
| เถ้า (%) | 9.06 | 9 | 0.92 | 0.54 | 0.64 | 0.89 |
| Ca | 1.63 | - | - | - | - | - |
| P | 1.04 | - | - | - | - | - |

[1/] ค่าร้อยละของน้ำหนักแห้ง [2/] ค่าร้อยละของน้ำหนักสด * ระยะเวลาในการหมัก

**ตารางที่ 8** วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารข้นลูกโค และ ต้นทุนค่าอาหาร

| วัตถุดิบอาหาร | ราคา / ก.ก. | ปริมาณที่ใช้(กก.) | ต้นทุน(บาท / กก.) |
|---|---|---|---|
| รำละเอียด | 5.0 | 22.0 | 110.00 |
| มันเส้น (บดละเอียด) | 2.9 | 34.9 | 101.21 |
| กากน้ำตาล | 3.5 | 5.0 | 17.50 |
| กากถั่วเหลือง | 16.0 | 23.0 | 368.00 |
| ถั่วเหลืองอบ (Soybean, full fat; cooked) | 20.0 | 11.0 | 220.00 |
| โมโนแคลเซียมฟอสเฟต | 12.0 | 2.0 | 24.00 |
| หินฝุ่น | 1.0 | 1.0 | 1.00 |
| เกลือ | 2.60 | 0.7 | 1.82 |
| พรีมิกซ์ | 22.0 | 0.4 | 8.80 |
| รวม | | 100 | 852.33 |
| ราคาต้นทุน/กิโลกรัม (บาท/กก.) | | | 8.52 |

**วิธีการทดลอง**

1. แผนการทดลอง

แผนการทดลองแบบ 2 x 4 Factorial Experiment in CRD สุ่มแบ่งลูกโคนม ทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 6 ตัว เพศผู้และเพศเมียอย่างละ 3 ตัว เพื่อให้ได้รับน้ำนมทดลองและอาหารข้นลูกโค สูตร 18 % โปรตีน ร่วมกับอาหารนมทดลอง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ ได้รับน้ำนมเทียม (กลุ่มควบคุม;Control)
กลุ่มที่ 2 คือ ได้รับน้ำนมเทียมร่วมกับน้ำนมเหลืองหมักสูตรที่ 1 ในอัตราส่วน 1 : 1
กลุ่มที่ 3 คือ ได้รับน้ำนมเทียมร่วมกับน้ำนมเหลืองหมักสูตรที่ 2 ในอัตราส่วน 1 : 1
กลุ่มที่ 4 คือ ได้รับน้ำนมเทียมร่วมกับน้ำนมเหลืองหมักสูตรที่ 3 ในอัตราส่วน 1 : 1

2. วิธีการเลี้ยงลูกโคทดลอง

ลูกโคนมแต่ละกลุ่มได้รับน้ำนมทดลองในกระป๋องนมวันละ 2 มื้อ ๆ ละ 2 ลิตร เวลา 08.00 น. และเวลา 16.00 น. ให้น้ำสะอาดเต็มที่ตลอดวัน ล้างพื้นกรงและพื้นคอกลูกโคทดลองวันละครั้ง เมื่ออายุได้ 3 วันจะเริ่มให้อาหารข้นซึ่งมีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 18 % จนถึงสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 91 วัน และหย่านมลูกโคแต่ละตัวเมื่ออายุถึง 63 วัน สำหรับปริมาณการให้น้ำนมทดลองและอาหารข้นลูกโคทดลองแต่ละกลุ่ม ได้แสดงในตารางที่ 9

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

3.1 บันทึกปริมาณอาหารข้นที่ให้และที่เหลือจากลูกโคทดลองแต่ละตัวทุกวัน และสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้น เพื่อวิเคราะห์ทางเคมี

3.2 ชั่งน้ำหนักตัวลูกโคทุก 1 สัปดาห์ก่อนการให้อาหารมื้อเช้าเป็นเวลา 13 สัปดาห์

3.3 ชั่งน้ำหนักหย่านมลูกโคแต่ละตัวก่อนการให้อาหารมื้อเช้าเมื่ออายุ 63 วัน

3.4 ภายหลังการหย่านม ลูกโคแต่ละตัวจะถูกเลี้ยงอยู่บนกรงต่อ และชั่งน้ำหนักก่อนการให้อาหารเช้าทุกสัปดาห์ ตลอดการทดลองเมื่อลูกโคอายุได้ 91 วัน

**ตารางที่ 9** แผนการให้น้ำนมและอาหารทดลอง

| ระยะการทดลอง | ชนิดของอาหารที่ได้รับ | ปริมาณอาหารทดลองที่ได้รับ / มื้อ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | กลุ่มที่ 1 (ควบคุม) | กลุ่มที่ 2 (สูตร 1) | กลุ่มที่ 3 (สูตร 2) | กลุ่มที่ 4 (สูตร 3) |
| <u>ระยะก่อนการทดลอง</u> | | | | | |
| วันที่ 1 – 3 | Colostrum | 2 ลิตร | 2 ลิตร | 2 ลิตร | 2 ลิตร |
| วันที่ 4 – 14 | อาหารข้น | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ |
| | นมแม่ | 2 ลิตร | 2 ลิตร | 2 ลิตร | 2 ลิตร |
| <u>ระยะปรับเปลี่ยนนม</u> | | | | | |
| วันที่ 15 | อาหารข้น | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ |
| | นมเทียม | 500 ml. | 250 ml. | 250 ml. | 250 ml. |
| | นมหมัก | - | 250 ml. | 250 ml. | 250 ml. |
| | นมแม่ | 1500 ml. | 1500 ml. | 1500 ml. | 1500 ml. |
| 16 | อาหารข้น | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ |
| | นมเทียม | 1000 ml. | 500 ml. | 500 ml. | 500 ml. |
| | นมหมัก | - | 500 ml. | 500 ml. | 500 ml. |
| | นมแม่ | 1000 ml. | 1000 ml. | 1000 ml. | 1000 ml. |
| 17 | อาหารข้น | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ |
| | นมเทียม | 1500 ml. | 750 ml. | 750 ml. | 750 ml. |
| | นมหมัก | - | 750 ml. | 750 ml. | 750 ml. |
| | นมแม่ | 500 ml. | 500 ml. | 500 ml. | 500 ml. |
| <u>ระยะทดลองกินนมหมัก</u> | | | | | |
| วันที่ 18 – 63 | อาหารข้น | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ |
| | นมเทียม | 2000 ml. | 1000 ml. | 1000 ml. | 1000 ml. |
| | นมหมัก | - | 1000 ml. | 1000 ml. | 1000 ml. |
| <u>ระยะหยุดกินนมหมัก</u> | | | | | |
| วันที่ 64 – 91 | อาหารข้น | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ | เต็มที่ |

3.5 บันทึกคะแนนสุขภาพมูลลูกโคแต่ละตัวทุกวัน ๆ ละ 2 ครั้งก่อนให้อาหารในเวลาเช้าและบ่าย โดยมีมาตรฐานการให้คะแนน 1 ถึง 4 โดยวิธีของ Higginbotham and Bath (1993) ดังนี้

คะแนน 1 = มูลมีลักษณะแข็ง (Firm)
คะแนน 2 = มูลมีลักษณะไม่อ่อนไม่แข็งมาก (Normal)
คะแนน 3 = มูลมีลักษณะอ่อน (Soft)
คะแนน 4 = มูลมีลักษณะเหลวเป็นน้ำ (Watery หรือ Scours)

3.6 สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมเหลืองรวมและน้ำนมเหลืองหมักแต่ละสูตร และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -21°C เพื่อรอวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม

3.7 เมื่อลูกโคอายุ 30 60 และ 90 วัน ก่อนให้น้ำนมทดลองและอาหารข้น ทำการเก็บตัวอย่างเลือดลูกโคแต่ละตัวโดยเจาะเส้นเลือดดำที่คอ (Jugular vein) ตัวละ 5 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์ Blood glucose Blood urea nitrogen และ White blood cell ณ โรงพยาบาลสัตว์กำแพงแสน

3.8 เมื่อลูกโคอายุ 30 60 และ 90วัน หลังจากให้น้ำนมทดลองและอาหารข้น 3 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 3.7

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางเคมี

4.1 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารข้นลูกโค โดยวิธีแบบ Proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (1990) และ NDF ตามวิธีของ Van Soest *et al.* (1991) ณ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน

4.2 วิเคราะห์หาระดับน้ำตาลในเลือด (Blood glucose) โดยวิธี Glucose oxidase method ตามวิธีของ Slein (1963) ณ โรงพยาบาลสัตว์กำแพงแสน

4.3 วิเคราะห์หายูเรียในเลือด (Blood urea nitrogen) โดยใช้เครื่องมือ Spectophotometer ตามวิธีของ Crocker (1967) ณ โรงพยาบาลสัตว์กำแพงแสน

4.4 วิเคราะห์หาเซลล์เม็ดเลือดขาวในเลือด (White blood cell) โดยใช้เครื่องนับอัตโนมัติ (Automated cell counter) ตามวิธีของ Duncan *et al.* (1994) ณ โรงพยาบาลสัตว์กำแพงแสน

4.5 วิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำนมที่ใช้ทดลอง ได้แก่ น้ำนมเหลืองส่วนผสมรวมก่อนหมักและน้ำนมเหลืองหมัก โดยใช้เครื่อง Milko Scan (Foss Electric, Denmark) ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผสมเทียม จังหวัดราชบุรี

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ 2 x4 Factorial Experiments in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1985)

6. สถานที่การทดลอง

6.1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ วิทยาเขตกำแพงแสน

6.2 ห้องปฏิบัติการนม และอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน

6.3 ห้องปฏิบัติการเลือด โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

6.4 ห้องปฏิบัติการนม ศูนย์วิจัยการผสมเทียมราชบุรี อำเภอโพธาราม จ.ราชบุรี

7. ระยะเวลาการทดลอง

เริ่มการทดลองเดือน มีนาคม 2543 - มิถุนายน 2544

# ผลและวิจารณ์การทดลอง

## 1. องค์ประกอบน้ำนมเหลือง

องค์ประกอบน้ำนมเหลือง ตั้งแต่หลังคลอดมื้อแรกถึงมื้อที่ 7 ได้แก่ เนื้อนมรวม (Total solids; TS) เนื้อนมไม่รวมไขมัน (Solids not fat; SNF) ไขมัน (Fat)โปรตีน (Protein) น้ำตาลแลคโตส (Lactose) และแร่ธาตุนม (Ash) ได้แสดงในตารางที่ 10 เนื้อนมรวม เนื้อนมไม่รวมไขมันนม ไขมันนม และโปรตีนนมมีค่าลดลงตามลำดับตั้งแต่น้ำนมเหลืองมื้อที่ 1 ถึง 7 แต่น้ำตาลแลคโตสมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับแร่ธาตุนมมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อย

น้ำนมเหลืองหลังคลอดครั้งที่ 1 ถึง 7 มีค่าระหว่าง 0.5- 15 กิโลกรัม เมื่อรวมหลังคลอด 3 วัน มีค่าเฉลี่ย 31.14 กิโลกรัม/ตัว หลังจากให้ลูกโคกินแล้วประมาณ 11 ก.ก./ตัว จะมีน้ำนมเหลืองเหลือสุทธิไม่น้อยกว่า 20 ก.ก./ตัว ที่จะใช้หมักสำหรับเลี้ยงลูกโคทดลองต่อไป หากเจือจางหรือปรับเนื้อนมรวมจาก 17.42 - 19.74 % (ตารางที่ 10) ลดลงเหลือ 14.50 % สามารถเจือจางน้ำนมเหลืองที่เหลือเพิ่มขึ้นเป็น 24 - 27 ก.ก./แม่โค 1 ตัว และใช้หมักเลี้ยงลูกโคทดลองครั้งนี้ได้นาน 12 - 13 วัน โดยลูกโคได้รับน้ำนมวันละ 2 มื้อ ในอัตราส่วนน้ำนมเทียมต่อนมเหลืองหมักเท่ากับ 1 : 1

**ตารางที่ 10** องค์ประกอบนมน้ำเหลืองหลังคลอดมื้อที่ 1 - 7

| มื้อที่ | องค์ประกอบน้ำนมเหลือง (%) | | | | | | ข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TS | SNF | Fat | Protein | Lactose | Ash | (n) |
| 1 | 26.84 ± 1.66 | 21.30 | 5.54 | 17.81 | 2.51 | 0.98 | 21 |
| 2 | 21.58 ± 1.06 | 17.50 | 4.08 | 13.42 | 3.25 | 0.83 | 24 |
| 3 | 18.18 ± 3.55 | 14.40 | 3.78 | 9.82 | 3.74 | 0.84 | 20 |
| 4 | 15.35 ± 3.51 | 12.26 | 3.49 | 7.35 | 4.10 | 0.81 | 20 |
| 5 | 14.28 ± 2.31 | 10.90 | 3.38 | 5.82 | 4.28 | 0.80 | 20 |
| 6 | 13.99 ± 1.66 | 10.72 | 3.27 | 5.39 | 4.42 | 0.91 | 16 |
| 7 | 13.44 ± 0.42 | 10.26 | 3.18 | 4.92 | 4.53 | 0.81 | 20 |
| เฉลี่ย | 17.72 ± 2.02 | 13.91 | 3.82 | 9.22 | 3.83 | 0.85 | - |

± : ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

**2. ผลการหมักน้ำนมเหลืองที่เสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมในสภาวะห้องเย็น**

ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการหมักน้ำนมเหลืองในห้องเย็นคือระยะเวลาที่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าลดลงระหว่าง 4.0 – 4.6 ซึ่งเป็นน้ำนมเหลืองหมักที่สามารถนำไปใช้เลี้ยงลูกโคได้อย่างปลอดภัย เพื่อให้ได้ค่า pH ดังกล่าวการหมักน้ำนมเหลืองสภาวะอุณหภูมิห้องเย็นของการทดลองครั้งนี้ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 21 วัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ค่า pH และปริมาณกรดแลคติก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกตลอดระยะเวลาการหมักน้ำนมเหลือง 28 วัน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 11 และ ภาพที่ 10 สำหรับอิทธิพลของการทดสอบความแปรปรวนได้แสดงในตารางผนวกที่ ค1 และ ค8 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในแต่ละทรีตเมนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากหมักถึง 14 วัน หลังจากนั้นถึง 28 วัน ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีค่าน้อยกว่าระยะก่อนหน้านี้ (ภาพที่ 10ก) การปรับเนื้อนมรวมลดลงเหลือ 14.50 % โดยไม่ได้เสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อม ทำให้ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ปรับเนื้อนมรวม ($p < 0.01$; ตารางที่ 11) แต่การเพิ่มระดับน้ำเชื่อมทำให้ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) การเสริมเชื้อยาคูลท์ที่ระดับ 1% หรือ 3 % ทำให้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีปริมาณไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$; ภาพที่ 10ก) รุจา (2544) ศึกษาการเก็บรักษาเชื้อแบคทีเรียกรดแลค 2 ชนิดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งกากถั่วเหลืองและข้าวโพดบดในอัตราส่วน 2 : 1 เก็บที่อุณหภูมิ 4 -8 °C คือ *Lactobacillus plantarum* CO1 และ *Enterococcus faecium* KUPB20 พบว่า *L. plantarum* CO1 มีปริมาณเซลล์ลดลงจากเริ่มต้น 1 log cycle เหลือปริมาณเซลล์รอดชีวิต $1.30 \times 10^8$ เซลล์/กรัมวัตถุดิบ เมื่อเก็บรักษานาน 30 วัน ส่วนเชื้อ *E. faecium* KUPB20 มีปริมาณเซลล์ลดลงจากเริ่มต้น 1 log cycle เหลือปริมาณเซลล์รอดชีวิต $4.75 \times 10^7$ เซลล์/กรัมวัตถุดิบ เมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน และช่วงวันที่ 15- 90 วัน เซลล์รอดชีวิตมีค่อนข้างคงที่ลดลงไม่ถึง 1 log cycle เช่นเดียวกับ Lopez *et al.* (1998) ศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียกรดแลคติกในนมเปรี้ยวทางการค้าที่แช่แข็ง -23 °C นาน 60 สัปดาห์ จำนวน 256 ตัวอย่าง ตรวจพบ เชื้อ *S. salivarius* subsp. *thermorphilus* และ *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* มีปริมาณเชื้อรอดชีวิตเฉลี่ย $10^7$ CFU/g ดังนั้นการเสริมเชื้อยาคูลท์ในระดับ 1% และ 3% ของการทดลองครั้งนี้ จึงไม่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกโดยเฉพาะระยะเวลาการหมักนานกว่า 14 วัน เนื่องจากเป็นระยะที่แบคทีเรียเจริญในอัตราลดลง

น้ำนมเหลืองหมักมีค่า pH ลดลงตลอดการทดลอง 28 วัน (ภาพที่ 10 ข) การเสริมเชื้อยาคูลท์ 3 % ทำให้ค่า pH ต่ำกว่าการเสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ($p<0.05$) แต่การเสริมน้ำเชื่อมทำให้ค่า pH ลดลงไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ปริมาณกรดแลคติก มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง 28 วัน (ภาพที่ 10 ค) การปรับเนื้อนมลดลงเหลือ 14.50 % ไม่มีผลต่อปริมาณกรดแลคติกภายหลังการหมักที่ 28 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.75 และ 0.83 % ($p>0.05$) ทั้งการเสริมเชื้อยาคูลท์และการเสริมน้ำเชื่อมในระดับสูงขึ้น ทำให้กรดแลคติกมีปริมาณสูงขึ้น ($p<0.01$) อุณหภูมิในห้องเย็นมีผลต่อการเจริญและการหมักของแบคทีเรียกรดแลคติก Salminen and Wright (1992) รายงานว่า แบคทีเรียกรดแลคติกมีความจำเพาะต่อการเจริญที่อุณหภูมิแตกต่างกันระหว่าง 10 - 45 °C ได้แก่ กลุ่ม Lactobacillus Streptococcus และ Enterococcus แต่ *Enterococcus ssp.* บางชนิดเพิ่มจำนวนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 - 8 °C และเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 48 - 50 °C นอกจากนี้ กลุ่ม Pediococcus เจริญที่อุณหภูมิระหว่าง 7 - 45 °C และกลุ่ม Leuconostoc เจริญที่อุณหภูมิระหว่าง 10 - 40 °C ซึ่งทั้งกลุ่ม Pediococcus และ Leuconostoc สามารถเจริญที่อุณหภูมิเหมาะสมระหว่าง 20 - 30 °C เนื่องจากการศึกษานี้ทำการหมักในสภาวะห้องเย็น จึงอาจมีผลให้แบคทีเรียกรดแลคติกเจริญในอัตราที่ต่ำและอาจใช้สับสเตรท (substrate) ได้น้อย ส่งผลให้อัตราการเกิดกรดแลคติกต่ำ การเปลี่ยนแปลงค่า pH เป็นไปได้ช้า

2.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนม

องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมักได้แก่ เนื้อนมรวม โปรตีนนม ไขมันนม น้ำตาลแลคโตส แร่ธาตุนม และเนื้อนมไม่รวมไขมันนม ที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้องเย็นมีความเข้มข้นลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น ได้แสดงในตารางที่ 11 และ ภาพที่ 11 สำหรับอิทธิพลของการทดสอบความแปรปรวนได้แสดงในตารางผนวกที่ ค1 และ ค9

การปรับเนื้อนมลดลงเหลือ 14.50 % ทำให้องค์ประกอบน้ำนมอื่น ๆ มีค่าลดลงตลอดระยะการหมักที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน ($p<0.05$) การเสริมเชื้อยาคูลท์ ทำให้เนื้อนมรวม เนื้อนมไม่รวมไขมัน และน้ำตาลแลคโตส มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมเชื้อยาคูลท์ ($p < 0.05$; ตารางที่ 11) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลแลคโตส โปรตีนนมและแร่ธาตุ ($p>0.05$) การเสริมเชื้อยาคูลท์ 3 % ทำให้เนื้อนมรวมมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ($p<0.05$) การเสริมน้ำเชื่อมในระดับสูงขึ้นทำให้ปริมาณเนื้อนมรวม เนื้อนมไม่รวมไขมันนมและน้ำตาลแลคโตสที่เหลือในน้ำนมเหลืองหมัก

มีค่ามากกว่า ($p<0.01$) จะเห็นได้จากการเสริมเชื้อยาคูลท์และการเสริมน้ำเชื่อมมีผลทำให้เนื้อนมรวม เนื้อนมไม่รวมไขมันและน้ำตาลแลคโตสถูกใช้ลดลงในกระบวนการหมักน้ำนมเหลืองโดยจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม การทดลองการหมักน้ำนมเหลืองภายใต้สภาวะอุณหภูมิห้องเย็นไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยการเสริมเชื้อยาคูลท์และการเสริมน้ำเชื่อม ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิภายในห้องเย็นอาจมีผลโดยตรงต่อการเจริญและเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก (Hujanen and Linko, 1996)

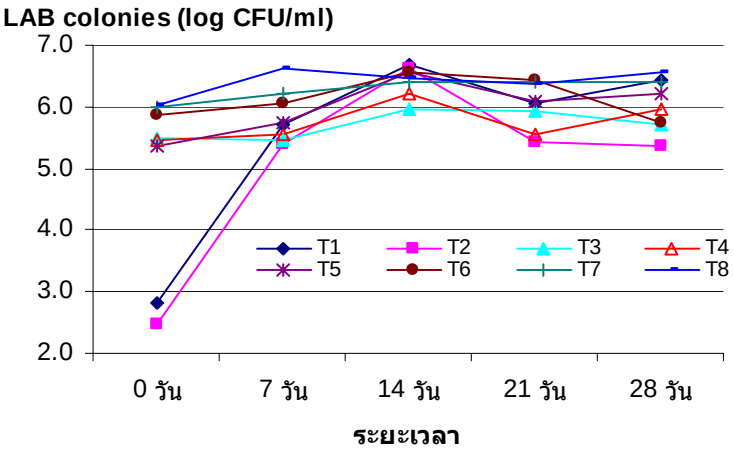
**ตารางที่ 11** โคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (log CFU/ml) ค่า pH ปริมาณกรดแลคติก (%TA) และองค์ประกอบน้ำนม (%) ของน้ำนมเหลืองหมักในห้องเย็นตลอดระยะเวลาหมัก 28 วัน

| พารามิเตอร์ | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนมรวม 14.50 % | | | | | | | SE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | | |
| | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) | |
| LAB colonies | $6.44^{กข}$ | $5.37^{ค}$ | $5.71^{ขค}$ | $5.97^{กขค}$ | $6.20^{กข}$ | $5.74^{กขค}$ | $6.41^{กข}$ | $6.56^{ก}$ | 0.50 |
| pH | $5.18^{ก}$ | $4.88^{ข}$ | $4.89^{ข}$ | $4.66^{ขค}$ | $4.73^{ขค}$ | $4.64^{ขค}$ | $4.53^{ค}$ | $4.52^{ค}$ | 0.17 |
| Lactic acid | $0.83^{งจ}$ | $0.75^{จ}$ | $0.76^{จ}$ | $1.00^{คงจ}$ | $1.25^{ขค}$ | $1.04^{คง}$ | $1.41^{ข}$ | $1.73^{ก}$ | 0.17 |
| Milk contents (%) | | | | | | | | | |
| TS | $7.52^{ข}$ | $4.69^{จ}$ | $4.52^{จ}$ | $6.33^{คง}$ | $8.66^{ก}$ | $5.58^{ง}$ | $6.99^{ขค}$ | $8.60^{ก}$ | 0.61 |
| SNF | $6.57^{ข}$ | $4.19^{ค}$ | $4.37^{ค}$ | $6.06^{ข}$ | $8.34^{ก}$ | $4.84^{ค}$ | $6.58^{ข}$ | $8.22^{ก}$ | 0.46 |
| Fat | $0.95^{ก}$ | $0.50^{ข}$ | $0.25^{ค}$ | $0.28^{ค}$ | $0.32^{ขค}$ | $0.44^{ขค}$ | $0.41^{ขค}$ | $0.38^{ขค}$ | 0.20 |
| Protein | $3.76^{ก}$ | $2.60^{ค}$ | $2.89^{ขค}$ | $2.76^{ขค}$ | $2.91^{ขค}$ | $2.96^{ข}$ | $2.83^{ขค}$ | $2.99^{ข}$ | 0.21 |
| Lactose | $2.33^{ค}$ | $1.46^{ง}$ | $1.71^{คง}$ | $3.41^{ข}$ | $5.46^{ก}$ | $1.46^{ง}$ | $3.75^{ข}$ | $5.27^{ก}$ | 0.43 |
| Ash | $0.47^{ก}$ | $0.37^{ขคง}$ | $0.38^{ขคง}$ | $0.39^{ขคง}$ | $0.35^{คง}$ | $0.32^{ง}$ | $0.42^{กข}$ | $0.43^{กข}$ | 0.04 |

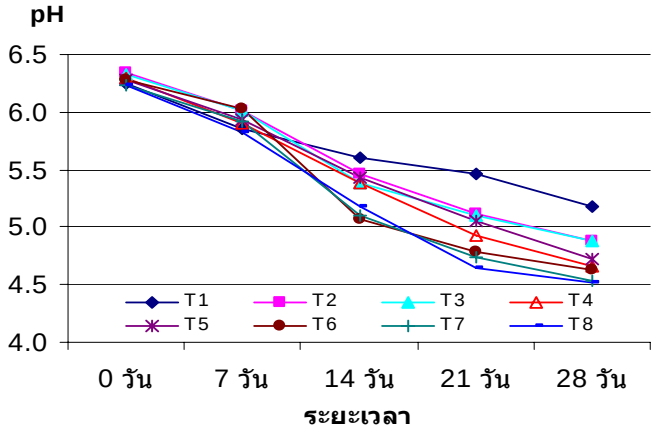
$^{กขคงจ}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกัน ($p< 0.05$)

SE: Standard error

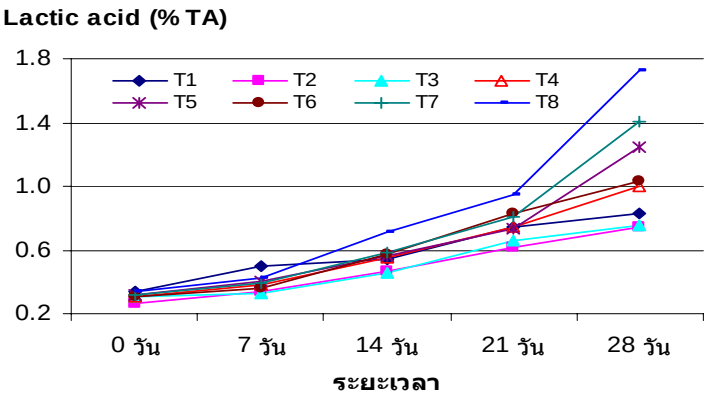
S : Syrup




(ก)

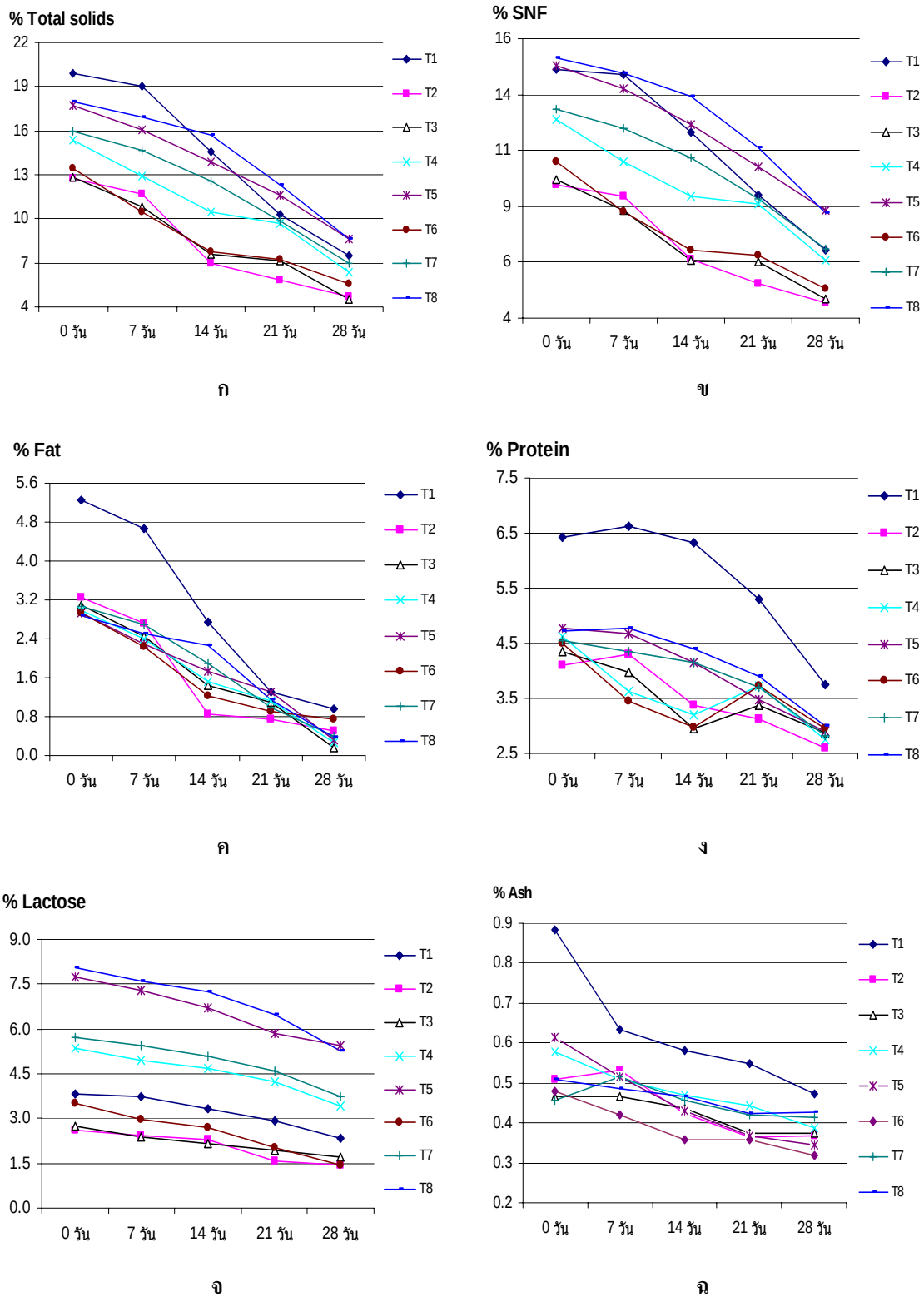



(ข)




(ค)

**ภาพที่ 10** การเปลี่ยนแปลงจำนวนโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (ก) ค่า pH (ข) และปริมาณกรดแลคติก (ค) ของน้ำนมเหลืองหมักในห้องเย็นตลอดระยะเวลา 28 วัน




**ภาพที่ 11** การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนมเหลืองในห้องเย็นตลอดระยะเวลา 28 วัน

เนื่องจากน้ำนมเหลืองมีน้ำตาลแลคโตสในปริมาณที่ต่ำกว่าน้ำนมปกติ การศึกษาทดลองนี้จึงมีการเสริมน้ำเชื่อม โดยคาดหวังว่าจะเป็นแหล่งพลังงานสำหรับแบคทีเรียกรดแลคติก O'leary and Woychik (1976) ศึกษาการใช้น้ำตาลแลคโตส กลูโคส และกาแลคโตสในน้ำนมหมักที่มีแบคทีเรียกรดแลคติก 2 ชนิด คือ*Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ร่วมการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์แลคเตสที่มีความเข้มข้นของแลคโตส กลูโคส และกาแลคโตสในน้ำนมก่อนหมักมีค่าเท่ากับ 2.06 2.64 และ 2.31 % ตามลำดับ น้ำนมหมักที่เสริมเอนไซม์แลคเตสร่วมกับแบคทีเรียกรดแลคติกมีค่า pH ลดลงเร็วกว่ากลุ่มควบคุม โดยเฉพาะกลูโคสถูกใช้โดยแบคทีเรียกรดแลคติกได้อย่างรวดเร็วกว่าแลคโตส ในขณะที่กาแลคโตสมีระดับคงที่และเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแลคโตสลดลงต่ำสุด เนื่องจากกาแลคโตสถูกใช้น้อยมากในระหว่างการย่อยแลคโตส สอดคล้องกับการศึกษาของ Thomas and Crown (1984) รายงานว่า แบคทีเรียกรดแลคติกส่วนมากจะตอบสนองต่อการใช้แลคโตส เมื่อระดับกาแลคโตสเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการหมักมีผลต่อการปรับตัวของเซลล์ของแบคทีเรียกลุ่มอื่น ในขณะที่ Gueimonde *et al.* (2002) รายงานว่าระดับกาแลคโตสที่เพิ่มขึ้นจะสัมพันธ์กับกิจกรรมภายในเซลล์ของแบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้กลูโคสระหว่างการหมักในน้ำนม ทั้งผลการทดลองนี้และที่รายงานดังกล่าวข้างต้นบ่งชี้ว่าแบคทีเรียกรดแลคติกใช้กลูโคสในกระบวนการต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้มีน้ำตาลแลคโตสเหลือในน้ำนมเหลืองหมักในปริมาณสูง

การศึกษาทดลองในห้องเย็น เป็นสภาวะที่แบคทีเรียกรดแลคติกไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ ถึงแม้พิจารณาระยะเวลาหมักที่มีผลต่อค่า pH ที่ลดลงเหลือระหว่าง 4.0 – 4.6 เพื่อเป็นเกณฑ์ในการนำไปเลี้ยงลูกโคได้อย่างปลอดภัย ทรีตเมนต์การหมักน้ำนมเหลืองที่เพิ่มเชื้อยาคูลท์ระดับ 3 % ร่วมกับน้ำเชื่อมที่ระดับ 20 % (T8) ใช้เวลาหมักเพียง 21 วัน (ตารางผนวกที่ ข1) ส่วนทรีตเมนต์อื่น ๆ ใช้เวลานานกว่า 28 วัน เป็นต้นไป ดังนั้นการเพิ่มระดับการเสริมเชื้อยาคูลท์ก่อนการหมักร่วมกับเสริมน้ำเชื่อม อาจทำให้ลดระยะเวลาหมักและช่วยเร่งกระบวนการหมักเร็วขึ้นสำหรับการหมักน้ำนมเหลืองในสภาวะอุณหภูมิห้อง

**3. ผลการหมักน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มและไม่ต้มโดยหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง**

3.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก ค่า pH และปริมาณกรดแลคติก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกตลอดระยะเวลาการหมัก 72 ชั่วโมง ได้แสดงในตารางที่ 12 สำหรับอิทธิพลของการทดสอบความแปรปรวน ได้แสดงในตารางผนวกที่ ค4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การต้มน้ำนมเหลืองก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง ทำให้ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกมีค่าสูงกว่าน้ำนมเหลืองหมักที่ไม่ผ่านการต้มที่ระยะเวลาการหมัก 12 ชั่วโมง ($p<0.01$) หลังจากนั้นถึง 72 ชั่วโมงปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) การต้มน้ำนมเหลืองก่อนการหมัก ทำให้ค่า pH ในชั่วโมงที่ 12 และ 18 มีค่าต่ำกว่า แต่ระยะเวลาการหมัก 18 ชั่วโมง ถึง 60 ชั่วโมง ทำให้ค่า pH สูงกว่าน้ำนมเหลืองที่ไม่ได้ต้มก่อนการหมัก ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม การต้มน้ำนมเหลืองก่อนหมัก ทำให้ปริมาณกรดแลคติกตลอดการหมัก 72 ชั่วโมง สูงกว่าน้ำนมเหลืองที่ไม่ผ่านการต้มก่อนการหมัก ($p<0.05$)

**ตารางที่ 12** โคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของน้ำนมเหลืองหมักที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อและไม่ต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง

| ระยะเวลา (ชั่วโมง) | LAB colonies (log CFU/ml) | | | pH | | | Lactic acid (% TA) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ต้ม | ไม่ต้ม | SE | ต้ม | ไม่ต้ม | SE | ต้ม | ไม่ต้ม | SE |
| 12 | 8.77[ก] | 8.37[ข] | 0.17 | 5.34[ก] | 5.49[ข] | 0.10 | 0.69[ก] | 0.53[ข] | 0.06 |
| 18 | 8.56 | 8.66 | 0.25 | 4.99[ก] | 5.03[ข] | 0.18 | 0.85[ก] | 0.73[ข] | 0.09 |
| 24 | 8.82 | 8.76 | 0.34 | 4.77[ก] | 4.65[ข] | 0.14 | 1.04[ก] | 0.87[ข] | 0.10 |
| 30 | 8.66 | 8.86 | 0.47 | 4.60[ก] | 4.40[ข] | 0.10 | 1.14[ก] | 0.97[ข] | 0.11 |
| 36 | 8.78 | 8.90 | 0.22 | 4.51[ก] | 4.34[ข] | 0.09 | 1.25[ก] | 1.05[ข] | 0.12 |
| 42 | 8.85 | 8.60 | 0.44 | 4.49[ก] | 4.30[ข] | 0.11 | 1.37[ก] | 1.13[ข] | 0.13 |
| 48 | 8.75 | 8.84 | 0.24 | 4.43[ก] | 4.25[ข] | 0.10 | 1.44[ก] | 1.15[ข] | 0.16 |
| 54 | 8.81 | 8.89 | 0.19 | 4.35[ก] | 4.22[ข] | 0.06 | 1.53[ก] | 1.15[ข] | 0.14 |
| 60 | 8.70 | 8.71 | 0.11 | 4.27[ก] | 4.18[ข] | 0.06 | 1.55[ก] | 1.15[ข] | 0.14 |
| 66 | 8.70 | 8.63 | 0.14 | 4.23 | 4.17 | 0.09 | 1.52[ก] | 1.10[ข] | 0.15 |
| 72 | 8.65 | 8.67 | 0.22 | 4.20 | 4.15 | 0.09 | 1.53[ก] | 1.10[ข] | 0.14 |

SE : Standard error

[กข] ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนของ LAB colonies, pH และ Lactic acid แตกต่างกัน ($p<0.05$)

3.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนม

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนมตลอดการหมัก 72 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 13 สำหรับอิทธิพลของการทดสอบความแปรปรวนได้แสดงในตารางผนวกที่ ค5 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การต้มน้ำนมเหลืองก่อนการหมักทำให้เนื้อนมรวมมีค่าสูงกว่าโดยเฉพาะระยะเวลาการหมัก 12 ชั่วโมง เนื้อนมไม่รวมไขมันนมมีค่าสูงกว่าโดยเฉพาะระยะเวลาการหมัก 12 และ 18 ชั่วโมง ไขมันมีค่าสูงกว่าโดยเฉพาะระยะเวลาการหมัก 12 18 24 และ 30 ชั่วโมง โปรตีนนมมีค่าสูงกว่าตลอดระยะยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง และน้ำตาลแลคโตสมีค่าสูงกว่าที่ระยะเวลาการหมัก 12 18 24 30 36 และ 42 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับน้ำนมเหลืองที่ไม่ผ่านการต้มก่อนการหมัก ($p<0.05$)

**ตารางที่ 13** องค์ประกอบน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อและไม่ต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง

| ระยะเวลา | องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมัก (%) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TS | | SNF | | Fat | | Protein | | Lactose | | Ash | |
| ชม.) | ต้ม | ไม่ต้ม | ต้ม | ไม่ต้ม | ต้ม | ไม่ต้ม | ต้ม | ไม่ต้ม | ต้ม | ไม่ต้ม | ต้ม | ไม่ต้ม |
| 12 | 12.69[ก] | 12.59[ข] | 11.06[ก] | 10.39[ข] | 1.64[ก] | 1.55[ข] | 6.22[ก] | 5.06[ข] | 3.83[ก] | 2.82[ข] | 0.64 | 0.66 |
| SE. | | 0.72 | | 0.69 | | 0.10 | | 0.34 | | 0.34 | | 0.07 |
| 18 | 11.84 | 11.32 | 10.34[ก] | 9.39[ข] | 1.49[ก] | 1.28[ข] | 6.23[ก] | 5.04[ข] | 3.24[ก] | 2.49[ข] | 0.63 | 0.64 |
| SE. | | 1.02 | | 1.00 | | 0.14 | | 0.50 | | 0.39 | | 0.12 |
| 24 | 10.87 | 10.58 | 9.53 | 8.91 | 1.34[ก] | 1.06[ข] | 6.04[ก] | 4.76[ข] | 2.74[ก] | 1.99[ข] | 0.59 | 0.60 |
| SE. | | 0.93 | | 0.88 | | 0.17 | | 0.46 | | 0.19 | | 0.09 |
| 30 | 9.95 | 9.74 | 8.73 | 8.24 | 1.21[ก] | 0.89[ข] | 5.75[ก] | 4.68[ข] | 2.34[ก] | 1.71[ข] | 0.58 | 0.60 |
| SE. | | 0.87 | | 0.84 | | 0.15 | | 0.50 | | 0.28 | | 0.13 |
| 36 | 9.17 | 9.27 | 8.09 | 7.92 | 1.07 | 0.75 | 5.61[ก] | 4.39[ข] | 1.99[ก] | 1.48[ข] | 0.58 | 0.60 |
| SE. | | 0.91 | | 0.82 | | 0.17 | | 0.56 | | 0.25 | | 0.06 |
| 42 | 8.82 | 8.49 | 7.63 | 7.51 | 0.98 | 0.63 | 5.48[ก] | 4.16[ข] | 1.61[ก] | 1.31[ข] | 0.56 | 0.56 |
| SE. | | 0.78 | | 0.74 | | 0.15 | | 0.41 | | 0.23 | | 0.06 |
| 48 | 8.52 | 8.14 | 7.45 | 7.22 | 0.92 | 0.54 | 5.43[ก] | 3.94[ข] | 1.37 | 1.25 | 0.50 | 0.52 |
| SE. | | 0.77 | | 0.78 | | 0.16 | | 0.39 | | 0.13 | | |

SE : Standard error

[กข] ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนของแต่ละองค์ประกอบนมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

น้ำนมเหลืองต้มก่อนการหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องมีลักษณะของเนื้อนมอ่อนนิ่มและมีกลิ่นหอมเปรี้ยวมากกว่าน้ำนมเหลืองไม่ผ่านการต้ม น้ำนมเหลืองที่ไม่ผ่านการต้มส่วนใหญ่มีกลิ่นของแอลกอฮอล์เล็กน้อย โดยเฉพาะทรีตเมนต์น้ำนมเหลืองที่ไม่ผ่านการต้มที่ไม่ได้เสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมมีกลิ่นเหม็นบูดเกิดขึ้น และเมื่อระยะเวลาหมักมากกว่า 48 ชั่วโมง น้ำนมเหลืองหมักเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลเข้ม นอกจากนั้นยังมีการเจริญของเชื้อราอยู่ผิวบนของน้ำนมเหลืองหมักอีกด้วย ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงเลือกวิธีการต้มน้ำนมเหลืองเพื่อฆ่าเชื้อก่อนการหมัก นอกจากฆ่าเชื้อโรคที่อาจติดต่อจากน้ำนมดิบแล้ว อาจลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ให้น้อยลงอีกด้วย โดยคาดหวังว่าแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถหมักน้ำนมเหลืองได้อย่างมีประสิทธิภาพและรักษาคุณภาพน้ำนมเหลืองหมักได้นานขึ้น

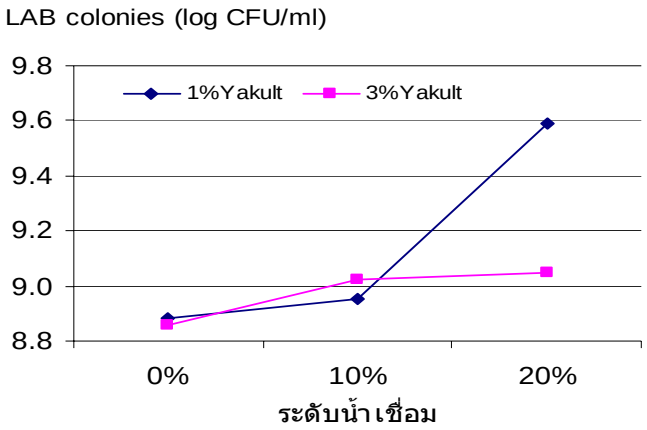
**4. ผลการหมักน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มที่เสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมก่อนการหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง**

4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกแต่ละทรีตเมนต์ตลอดระยะเวลาหมัก 72 ชั่วโมง ได้แสดงในตารางที่ 14 และ ภาพที่ 13 (ก) สำหรับอิทธิพลของการทดสอบความแปรปรวนได้แสดงในตารางผนวกที่ ค6 และ ค7 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การปรับและไม่ปรับเนื้อนมรวม (T1 vs T2) ไม่มีผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกตลอดระยะเวลาหมักนาน 72 ชั่วโมง ($p>0.05$) การเสริมเชื้อยาคูลท์ที่ระดับ 3 % ทำให้ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกสูงกว่าการเสริมที่ระดับ 1 % ที่ระยะเวลาการหมักชั่วโมงที่ 12 ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระยะเวลาการหมักตั้งแต่ชั่วโมงที่ 18 จนถึง 72 ชั่วโมง ($p>0.05$) การเสริมน้ำเชื่อม 0 10 และ 20 % ทำให้ปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำเชื่อมที่สูงขึ้นระหว่างระยะการหมักชั่วโมงที่ 12 จนถึง 24 ($p<0.01$) และเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมมีอิทธิพลร่วมที่ระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 24 ($p<0.05$)

การเสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมในน้ำนมเหลืองหมักมีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 24 (ดังภาพที่ 12) การเสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ร่วมกับน้ำเชื่อมที่ระดับเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกสูงขึ้น แต่การเสริมเชื้อยาคูลท์ที่ระดับ 3 % ร่วมกับน้ำเชื่อมที่ระดับ 20 % มีแนวโน้มคงที่




**ภาพที่ 12** อิทธิพลร่วมระหว่างการเสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมต่อการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 24

เนื่องจากการเสริมเชื้อยาคูลท์ ที่ระดับ 3 % อาจทำให้เพิ่มการแข่งขันกันในกระบวนการหมักมากกว่าการเสริมเชื้อยาคูลท์ที่ระดับ 1 % และส่งผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติกชนิดอื่นหรือทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกที่ไม่ทนกรดลดปริมาณลง

4.2 การเปลี่ยนแปลงค่า pH

การเปลี่ยนแปลงค่า pH แต่ละทรีตเมนต์ตลอดระยะเวลาหมัก 72 ชั่วโมง ได้แสดงในตารางที่ 14 และ ภาพที่ 13 (ข) สำหรับอิทธิพลของการทดสอบความแปรปรวน ได้แสดงในตารางผนวกที่ ค6 และ ค8 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การปรับและไม่ปรับเนื้อนมรวม (T1 vs T2) และการเสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % และ 3 % ไม่มีผลต่อค่า pH ตลอดระยะเวลาหมัก 72 ชั่วโมง ($p>0.05$) ในขณะที่การเสริมน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นที่ระดับ 0 10 และ 20 % ทำให้ค่า pH ลดต่ำลงที่ระยะเวลาการหมักชั่วโมงที่ 12 ($p<0.01$) ชั่วโมงที่ 18 - 24 และชั่วโมงที่ 72 ($p<0.05$) เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติกกลุ่มที่ทนกรดยังสามารถใช้น้ำตาลแลคโตสหรือน้ำเชื่อมต่อไปได้ จึงส่งผลโดยตรงต่อการผลิตและสะสมกรดแลคติกตามระยะเวลาหมักที่เพิ่มขึ้น กรดแลคติก และ pH ที่มีค่าต่ำมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ภายในเซลล์ของแบคทีเรียกรดแลคติก Nannen and Hutkins (1991) รายงานว่าแบคทีเรียกลุ่ม Lactococci และ Streptococci เจริญอย่างรวดเร็วในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีน้ำตาลแลคโตสสูง และไม่สามารถเจริญได้เมื่อค่า pH ลดลงถึง 5.0 ในขณะที่แบคทีเรียกลุ่ม Lactobacilli สามารถเจริญได้เมื่อ pH ลดลงต่ำกว่า 4.0 ในระหว่างการเติบโตของระยะ Log phase เนื่องจากการผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหมัก

โดยเฉพาะระยะที่แบคทีเรียเพิ่มปริมาณอย่างทวีคูณ (log phase) จะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่ทนกรดหรือจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอื่น ๆ ทำให้อัตราการผลิตกรดแลคติกมีระดับคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่งผลให้ ค่า pH เปลี่ยนแปลงไม่มาก (Narendranath and Power, 2005)

4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกแต่ละทรีตเมนต์ตลอดระยะเวลาการหมัก 72 ชั่วโมง ได้แสดงในตารางที่ 14 และ ภาพที่ 13 (ค) สำหรับอิทธิพลของการทดสอบความแปรปรวน ได้แสดงในตารางผนวกที่ ค6 และ ค9 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การปรับเนื้อนมรวมทำให้ปริมาณกรดแลคติกมีค่าน้อยกว่าการไม่ปรับเนื้อนมรวมที่ระยะเวลาการหมักชั่วโมงที่ 12 ($p<0.01$) ภายหลังระยะการหมักนี้ไม่มีผลต่อปริมาณกรดแลคติก ($p>0.05$) การเสริมเชื้อยาคูลท์ 3 % ทำให้ปริมาณกรดแลคติกมีค่าสูงกว่าการเสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ที่ระยะเวลาการหมักชั่วโมงที่ 18 ($p<0.01$) ในขณะที่ การเสริมน้ำเชื่อม 0 10 และ 20 % ทำให้ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก 72 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 12 - 24; $p < 0.01$ ชั่วโมงที่ 36 - 48; $p < 0.05$ และชั่วโมงที่ 72; $p < 0.01$)

การเสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมในระดับสูงขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ทำให้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเจริญได้ดีกว่าน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเฉพาะเชื้อยาคูลท์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ มีชัย (2546) ที่ศึกษาการผลิตกรดแลคติกด้วยการหมักแบบต่อเนื่องสองขั้นตอน ใช้เชื้อ *Lactococcus lactis* IO-1 ในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีความเข้มข้นกลูโคส 2 ระดับ คือ 8.99 กรัม/ลิตร และ 29.96 กรัม/ลิตร ในถังหมักที่1 และ 2 ตามลำดับ บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C โดยควบคุมอัตราเจือจางเท่ากับ 0.83 และ 0.62 ต่อชั่วโมง ในถังที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ใช้อัตรากวน 400 รอบต่อนาที พร้อมกับควบคุมค่า pH เท่ากับ 6.0 จนกระทั่งแบคทีเรียอยู่ในช่วงอัตราเพิ่มที่ลดลง (deceleration phase) เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จึงเปลี่ยนเป็นระบบการหมักแบบต่อเนื่องสองขั้นตอน ผลปรากฏว่า ความเข้มข้นกลูโคสในอาหารเพาะเลี้ยงใหม่ที่เติม 29.96 กรัม/ลิตร ได้ความเข้มข้นของเซลล์และกรดแลคติกและอัตราการผลิตกรดแลคติกสูงกว่าการใช้กลูโคสในอาหารเพาะเลี้ยงใหม่ที่เติม 8.99 กรัม/ลิตร แต่ประสิทธิภาพการใช้สับสเตรทลดลงจากร้อยละ 99.72 เป็น 49.37 ทำให้ปริมาณกลูโคสที่เติมในอาหารเพาะเชื้อใหม่เหลือเพิ่มขึ้น การที่ประสิทธิภาพการใช้สับสเตรทมีค่าต่ำลง เนื่องจากกลูโคสในอาหารเพาะเชื้อใหม่ที่เติมสูง ทำให้เกิดการผลิตกรดแลคติกสูงตาม ซึ่งอาจส่งผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบางกลุ่ม (Nannen and Hutkins, 1991) ดังนั้นอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมที่เสริมในน้ำนมเหลืองต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องครั้งนี้น่าจะทำให้ทรีตเมนต์ที่เติมน้ำเชื่อมมีปริมาณกลูโคสหรือน้ำตาลแลคโตสเหลือจาก

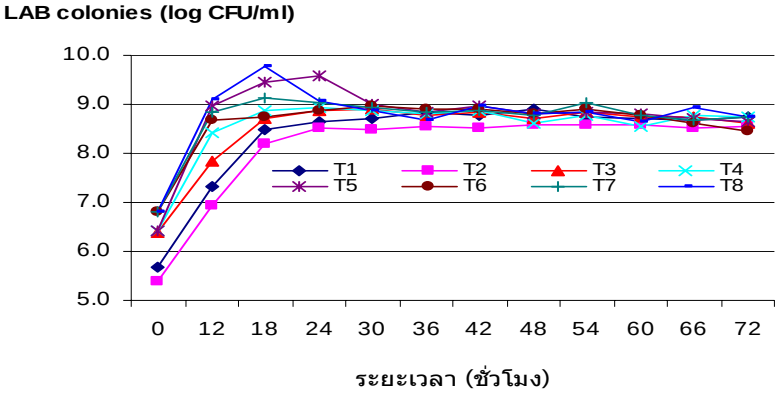
กระบวนการหมักมากกว่าทรีตเมนต์ที่ไม่ได้เติมน้ำเชื่อม จะเห็นได้จากระดับเชื้อยาคูลท์ที่เสริม 1 % และ 3 % ไม่มีผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระยะเวลาการหมักชั่วโมงที่ 18 เป็นต้นไป

**ตารางที่ 14** โคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (log CFU/ml) pH และ กรดแลคติก (% TA) ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง

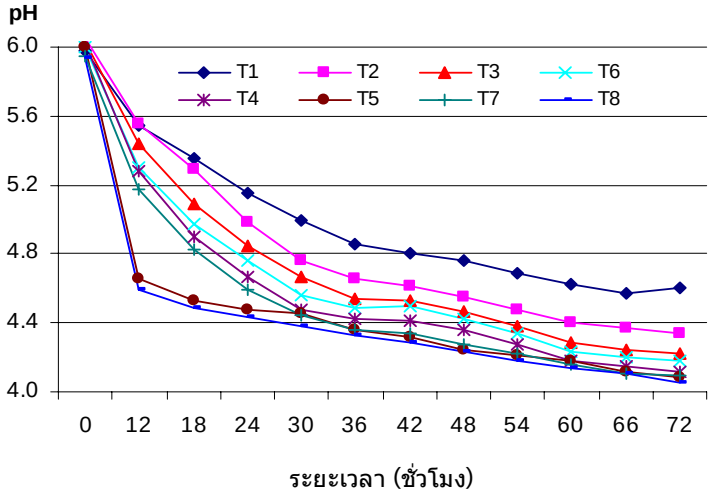
| | ระยะเวลา (ชม.) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักที่ปรับเนื้อนมรวม 14.50 % | | | | | | | SE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่[1/] เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | | |
| | | | | 0%S[1/] (T3) | 10%S (T4) | 20%S[1/] (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) | |
| LAB colonies | 12 | 7.32$^{ดง}$ | 6.93$^{ง}$ | 7.83$^{ค}$ | 8.42$^{ข}$ | 8.97$^{กข}$ | 8.67$^{กข}$ | 8.84$^{กข}$ | 9.11$^{ก}$ | 0.24 |
| | 18 | 8.47$^{งจ}$ | 8.19$^{จ}$ | 8.70$^{ขดง}$ | 8.87$^{ดง}$ | 9.44$^{กข}$ | 8.75$^{ดง}$ | 9.13$^{ขด}$ | 9.76$^{ก}$ | 0.20 |
| | 24 | 8.64$^{ดง}$ | 8.51$^{ง}$ | 8.88$^{ขดง}$ | 8.95$^{ขด}$ | 9.59$^{ก}$ | 8.86$^{ขดง}$ | 9.03$^{ขด}$ | 9.05$^{ข}$ | 0.16 |
| | 36 | 8.83 | 8.54 | 8.76 | 8.80 | 8.85 | 8.89 | 8.83 | 8.68 | 0.17 |
| | 48 | 8.89 | 8.58 | 8.71 | 8.62 | 8.79 | 8.81 | 8.79 | 8.81 | 0.15 |
| | 72 | 8.73 | 8.56 | 8.62 | 8.74 | 8.65 | 8.45 | 8.74 | 8.75 | 0.14 |
| pH | 12 | 5.55$^{ก}$ | 5.56$^{ก}$ | 5.44$^{กข}$ | 5.29$^{ขด}$ | 4.66$^{ง}$ | 5.31$^{ขด}$ | 5.17$^{ค}$ | 4.60$^{ง}$ | 0.08 |
| | 18 | 5.35$^{ก}$ | 5.29$^{กข}$ | 5.09$^{กขด}$ | 4.90$^{ขดง}$ | 4.53$^{ง}$ | 4.98$^{กขด}$ | 4.83$^{ดง}$ | 4.49$^{ง}$ | 0.17 |
| | 24 | 5.15$^{ก}$ | 4.98$^{กข}$ | 4.85$^{กขด}$ | 4.67$^{ขดง}$ | 4.48$^{ขดง}$ | 4.76$^{ดง}$ | 4.59$^{ง}$ | 4.43$^{ง}$ | 0.14 |
| | 36 | 4.86$^{ก}$ | 4.66$^{ขด}$ | 4.54$^{ขด}$ | 4.42$^{ขด}$ | 4.36$^{ค}$ | 4.49$^{ขด}$ | 4.35$^{ค}$ | 4.34$^{ค}$ | 0.12 |
| | 48 | 4.76$^{ก}$ | 4.55$^{กข}$ | 4.47$^{ขด}$ | 4.36$^{ขด}$ | 4.25$^{ค}$ | 4.42$^{ขด}$ | 4.28$^{ขด}$ | 4.24$^{ค}$ | 0.11 |
| | 72 | 4.60$^{ก}$ | 4.34$^{ข}$ | 4.22$^{ค}$ | 4.12$^{ดงจ}$ | 4.09$^{งจ}$ | 4.18$^{ดง}$ | 4.09$^{งจ}$ | 4.06$^{จ}$ | 0.05 |
| Lactic acid | 12 | 0.80$^{กข}$ | 0.47$^{ค}$ | 0.59$^{ค}$ | 0.65$^{ขด}$ | 0.85$^{ก}$ | 0.61$^{ขด}$ | 0.63$^{ขด}$ | 0.92$^{ก}$ | 0.08 |
| | 18 | 0.89$^{ขต}$ | 0.68$^{ดง}$ | 0.63$^{ง}$ | 0.78$^{ขดง}$ | 0.99$^{ข}$ | 0.77$^{ขดง}$ | 0.79$^{ขดง}$ | 1.30$^{ก}$ | 0.10 |
| | 24 | 1.03$^{ขต}$ | 0.83$^{ค}$ | 0.82$^{ค}$ | 1.06$^{ข}$ | 1.32$^{ก}$ | 0.91$^{ขด}$ | 1.04$^{กข}$ | 1.40$^{ก}$ | 0.09 |
| | 36 | 1.30$^{กข}$ | 1.01$^{ข}$ | 1.12$^{ข}$ | 1.20$^{กข}$ | 1.54$^{ก}$ | 1.08$^{ข}$ | 1.22$^{กข}$ | 1.58$^{ก}$ | 0.16 |
| | 48 | 1.40$^{กข}$ | 1.21$^{ข}$ | 1.23$^{ข}$ | 1.40$^{กข}$ | 1.65$^{กข}$ | 1.31$^{กข}$ | 1.57$^{กข}$ | 1.75$^{ก}$ | 0.19 |
| | 72 | 1.51$^{กขด}$ | 1.09$^{ค}$ | 1.31$^{ขด}$ | 1.61$^{กข}$ | 1.83$^{ก}$ | 1.32$^{ขด}$ | 1.67$^{กข}$ | 1.88$^{ก}$ | 0.18 |

SE: Standard error [1/] ทรีตเมนต์ที่ถูกเลือกไปใช้ทดลองในลูกโคนม

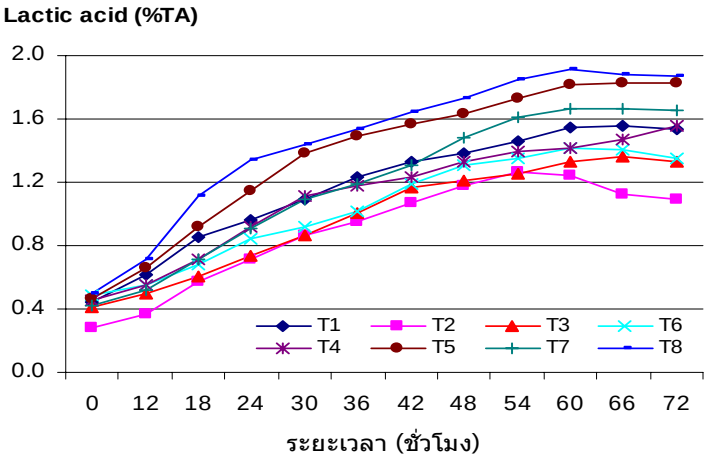
$^{กขดงจ}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)




(ก)




(ข)




(ค)

**ภาพที่ 13** การเปลี่ยนแปลงจำนวนโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (ก) ค่า pH (ข) และปริมาณกรดแลค ติก (ค) ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง

4.4 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนม

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนการหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องตลอดระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง ได้แสดงในตารางที่ 15 และ ภาพที่ 14 สำหรับอิทธิพลของการทดสอบความแปรปรวนได้แสดงไว้ในตารางผนวกที่ ค10 - ค16 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องทั้งหมด ยกเว้นแร่ธาตุนม มีค่าลดลงตลอดระยะการหมัก 48 ชั่วโมง การปรับและไม่ปรับเนื้อนมรวมทำให้องค์ประกอบน้ำนม ($p < 0.05$ และ $p < 0.01$) ยกเว้นแร่ธาตุ ($p>0.05$) มีปริมาณน้อยกว่าน้ำนมเหลืองที่ไม่ได้ปรับเนื้อนมรวม

การเสริมทั้งเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมในระดับที่สูงขึ้นในน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักที่อุณหภูมิห้อง ทำให้องค์ประกอบน้ำนมมีค่าสูงขึ้น ($p<0.05$) ทั้งนี้องค์ประกอบน้ำนมแต่ละองค์ประกอบมีความแตกต่างกันตามระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกัน ยกเว้นไขมันนมที่ไม่แตกต่างตลอดระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง ($p > 0.05$; ตารางผนวกที่ ค10 – ค13)

การเสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมมีอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำตาลแลคโตส เนื้อนมรวมและเนื้อนมไม่รวมไขมันนมที่ระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 12 - 24 (ตารางผนวกที่ ค10) โดยเฉพาะระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 24 การเสริมเชื้อยาคูลท์ 1% ร่วมกับน้ำเชื่อม 10 % ทำให้ปริมาณเนื้อนมรวม เนื้อนมไม่รวมไขมันนม และน้ำตาลแลคโตสคงเหลือมีค่าใกล้เคียงกับการเสริมเชื้อยาคูลท์ 3 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % ได้แสดงไว้ในภาพที่ 15

การศึกษาทดลองหมักน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มที่เสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องได้ผลการทดลองในทิศทางเดียวกับการศึกษาทดลองหมักน้ำนมเหลืองในห้องเย็น การศึกษาทั้ง 2 การทดลองย่อยดังกล่าวแตกต่างเฉพาะเวลาในการหมักที่ทำให้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ถึงจุดที่ต้องการ กล่าวคือ การทดลองหมักในห้องเย็นต้องใช้เวลาถึง 21 วัน ในขณะที่หมักในอุณหภูมิห้องใช้เวลาเพียง 12 ชั่วโมง

**ตารางที่ 15** การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง ตลอดระยะเวลาหมัก 48 ชั่วโมง

| องค์ประกอบนม (%) | ระยะเวลา (ชม.) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนมรวม 14.50 % | | | | | | | SE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่[1/] เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | | |
| | | | | 0%S[1/] (T3) | 10%S (T4) | 20%S[1/] (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) | |
| TS | 12 | 18.69$^{กข}$ | 10.46$^{จ}$ | 10.26$^{จ}$ | 12.82$^{ง}$ | 16.40$^{ข}$ | 10.83$^{จ}$ | 13.88$^{ค}$ | 17.39$^{ก}$ | 0.38 |
| | 18 | 15.61$^{กข}$ | 9.93$^{ง}$ | 9.79$^{ง}$ | 11.35$^{ค}$ | 15.19$^{กข}$ | 10.10$^{คง}$ | 13.50$^{ข}$ | 16.14$^{ก}$ | 0.43 |
| | 24 | 14.23$^{ก}$ | 8.82$^{ค}$ | 9.14$^{ค}$ | 10.50$^{ข}$ | 14.10$^{ก}$ | 9.76$^{ขค}$ | 13.27$^{ก}$ | 14.87$^{ก}$ | 0.56 |
| | 36 | 12.56$^{กข}$ | 7.99$^{ง}$ | 8.31$^{คง}$ | 9.87$^{ขค}$ | 13.24$^{ก}$ | 8.88$^{คง}$ | 12.47$^{ขค}$ | 13.68$^{ก}$ | 0.78 |
| | 48 | 10.24$^{ข}$ | 6.50$^{ค}$ | 7.62$^{ค}$ | 8.75$^{ข}$ | 11.60$^{ก}$ | 7.88$^{ค}$ | 9.42$^{ข}$ | 11.37$^{ข}$ | 0.43 |
| SNF | 12 | 13.34$^{ข}$ | 8.41$^{จ}$ | 8.37$^{จ}$ | 9.81$^{ง}$ | 13.52$^{ข}$ | 8.59$^{จ}$ | 11.88$^{ค}$ | 14.57$^{ก}$ | 0.34 |
| | 18 | 12.20$^{ข}$ | 7.56$^{ง}$ | 7.89$^{ง}$ | 9.02$^{ค}$ | 12.51$^{กข}$ | 8.38$^{คง}$ | 11.82$^{ข}$ | 13.35$^{ก}$ | 0.44 |
| | 24 | 10.70$^{ข}$ | 6.97$^{ง}$ | 7.20$^{ง}$ | 8.61$^{ค}$ | 11.74$^{กข}$ | 7.65$^{คง}$ | 11.07$^{ข}$ | 12.34$^{ก}$ | 0.47 |
| | 36 | 8.83$^{กข}$ | 5.70$^{ง}$ | 6.72$^{คง}$ | 7.70$^{ขค}$ | 10.35$^{ก}$ | 6.90$^{คง}$ | 8.20$^{ข}$ | 10.36$^{ก}$ | 0.69 |
| | 48 | 7.76$^{ข}$ | 5.61$^{ค}$ | 6.04$^{ค}$ | 7.35$^{ข}$ | 9.18$^{ก}$ | 6.13$^{ค}$ | 7.52$^{ข}$ | 8.23$^{กข}$ | 0.42 |
| Fat | 12 | 2.27$^{ก}$ | 1.52$^{ขค}$ | 1.42$^{ค}$ | 1.54$^{ขค}$ | 1.68$^{ข}$ | 1.51$^{ขค}$ | 1.62$^{ขค}$ | 1.57$^{ขค}$ | 0.08 |
| | 18 | 2.03$^{ก}$ | 1.27$^{ข}$ | 1.25$^{ข}$ | 1.48$^{ข}$ | 1.59$^{ข}$ | 1.38$^{ข}$ | 1.45$^{ข}$ | 1.52$^{ข}$ | 0.16 |
| | 24 | 1.86$^{ก}$ | 1.03$^{ข}$ | 1.12$^{ข}$ | 1.26$^{ข}$ | 1.50$^{กข}$ | 1.23$^{ข}$ | 1.40$^{กข}$ | 1.35$^{ข}$ | 0.20 |
| | 36 | 1.41$^{ก}$ | 0.80$^{ข}$ | 0.90$^{กข}$ | 1.05$^{กข}$ | 1.25$^{กข}$ | 0.98$^{กข}$ | 1.22$^{กข}$ | 1.01$^{กข}$ | 0.20 |
| | 48 | 1.23$^{ก}$ | 0.64$^{ค}$ | 0.69$^{ขค}$ | 0.97$^{กขค}$ | 1.14$^{กข}$ | 0.87$^{กขค}$ | 1.03$^{กขค}$ | 0.81$^{กขค}$ | 0.19 |
| Protein | 12 | 9.05$^{ก}$ | 5.43$^{งจ}$ | 5.29$^{จ}$ | 5.82$^{คงจ}$ | 5.85$^{คง}$ | 5.68$^{คงจ}$ | 6.09$^{ขค}$ | 6.57$^{ข}$ | 0.22 |
| | 18 | 8.45$^{ก}$ | 5.36$^{ขค}$ | 5.19$^{ค}$ | 5.81$^{ขค}$ | 6.08$^{ขค}$ | 5.70$^{ขค}$ | 6.63$^{ขค}$ | 6.65$^{ข}$ | 0.57 |
| | 24 | 7.46$^{ก}$ | 5.28$^{ค}$ | 5.06$^{ค}$ | 5.70$^{ขค}$ | 6.42$^{กข}$ | 5.45$^{ขค}$ | 6.47$^{กข}$ | 6.53$^{กข}$ | 0.43 |
| | 36 | 6.44$^{ก}$ | 4.64$^{ค}$ | 5.32$^{กขค}$ | 5.64$^{กขค}$ | 6.16$^{กข}$ | 5.17$^{ขค}$ | 5.49$^{กขค}$ | 6.03$^{กข}$ | 0.45 |
| | 48 | 5.84 | 4.96 | 5.16 | 5.81 | 5.65 | 5.05 | 5.45 | 5.59 | 0.45 |

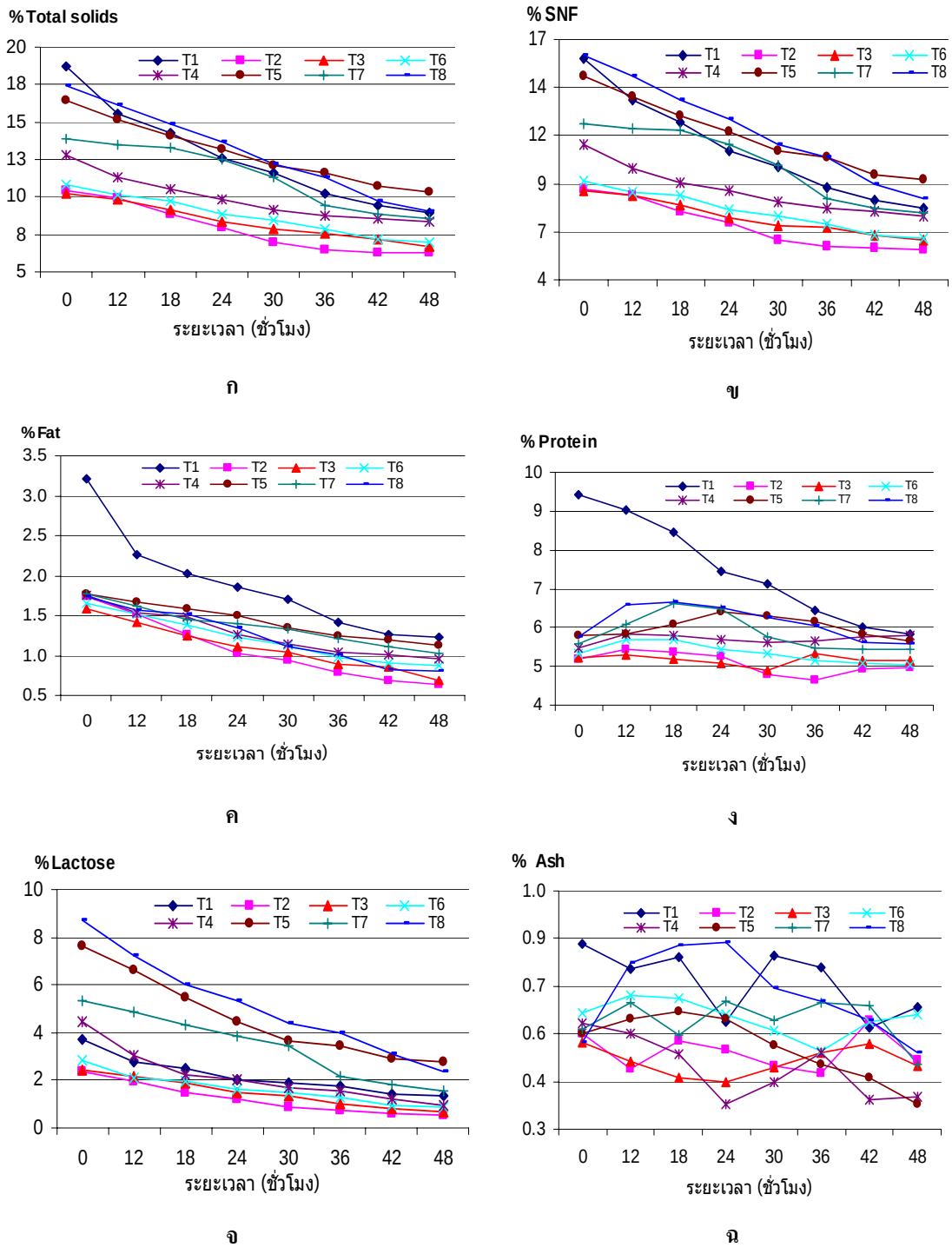
**ตารางที่ 15** (ต่อ)

| องค์ประกอบนม (%) | ระยะเวลา (ชม.) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนมรวม 14.50 % | | | | | | | SE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่[1/] เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | | |
| | | | | 0%S[1/] (T3) | 10%S (T4) | 20%S[1/] (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) | |
| Lactose | 12 | $2.79^{\text{คง}}$ | $1.95^{\text{จ}}$ | $2.17^{\text{งจ}}$ | $3.03^{\text{ค}}$ | $6.62^{\text{ก}}$ | $2.10^{\text{งจ}}$ | $4.85^{\text{ข}}$ | $7.22^{\text{ก}}$ | 0.29 |
| | 18 | $2.53^{\text{ค}}$ | $1.50^{\text{ค}}$ | $1.90^{\text{คง}}$ | $2.25^{\text{ค}}$ | $5.49^{\text{ก}}$ | $1.99^{\text{คง}}$ | $4.32^{\text{ข}}$ | $6.02^{\text{ก}}$ | 0.28 |
| | 24 | $2.00^{\text{ง}}$ | $1.20^{\text{จ}}$ | $1.46^{\text{งจ}}$ | $2.03^{\text{ง}}$ | $4.45^{\text{ข}}$ | $1.62^{\text{งจ}}$ | $3.89^{\text{ค}}$ | $5.32^{\text{ก}}$ | 0.24 |
| | 36 | $1.76^{\text{ขค}}$ | $0.73^{\text{ง}}$ | $1.03^{\text{คง}}$ | $1.54^{\text{ขคง}}$ | $3.44^{\text{ก}}$ | $1.29^{\text{คง}}$ | $2.16^{\text{ข}}$ | $4.00^{\text{ก}}$ | 0.34 |
| | 48 | $1.35^{\text{ขค}}$ | $0.52^{\text{ง}}$ | $0.67^{\text{ง}}$ | $0.97^{\text{คง}}$ | $2.77^{\text{ก}}$ | $0.86^{\text{ง}}$ | $1.54^{\text{ข}}$ | $2.36^{\text{ก}}$ | 0.20 |
| Ash | 12 | $0.77^{\text{ก}}$ | $0.48^{\text{จ}}$ | $0.50^{\text{งจ}}$ | $0.58^{\text{คงจ}}$ | $0.63^{\text{ขคง}}$ | $0.70^{\text{กขค}}$ | $0.67^{\text{กขค}}$ | $0.79^{\text{ก}}$ | 0.05 |
| | 18 | $0.81^{\text{กข}}$ | $0.56^{\text{กขค}}$ | $0.45^{\text{ค}}$ | $0.52^{\text{ขค}}$ | $0.65^{\text{กขค}}$ | $0.69^{\text{กขค}}$ | $0.58^{\text{กขค}}$ | $0.84^{\text{ก}}$ | 0.11 |
| | 24 | $0.62^{\text{กขค}}$ | $0.54^{\text{ขค}}$ | $0.44^{\text{ขค}}$ | $0.38^{\text{ค}}$ | $0.63^{\text{กข}}$ | $0.64^{\text{กข}}$ | $0.68^{\text{กข}}$ | $0.85^{\text{ก}}$ | 0.09 |
| | 36 | $0.78^{\text{ก}}$ | $0.47^{\text{ข}}$ | $0.53^{\text{ข}}$ | $0.53^{\text{ข}}$ | $0.49^{\text{ข}}$ | $0.53^{\text{ข}}$ | $0.67^{\text{ก}}$ | $0.68^{\text{ก}}$ | 0.04 |
| | 48 | $0.66^{\text{ก}}$ | $0.51^{\text{กขค}}$ | $0.49^{\text{ขค}}$ | $0.40^{\text{ค}}$ | $0.37^{\text{ค}}$ | $0.64^{\text{กข}}$ | $0.49^{\text{กขค}}$ | $0.53^{\text{กขค}}$ | 0.07 |

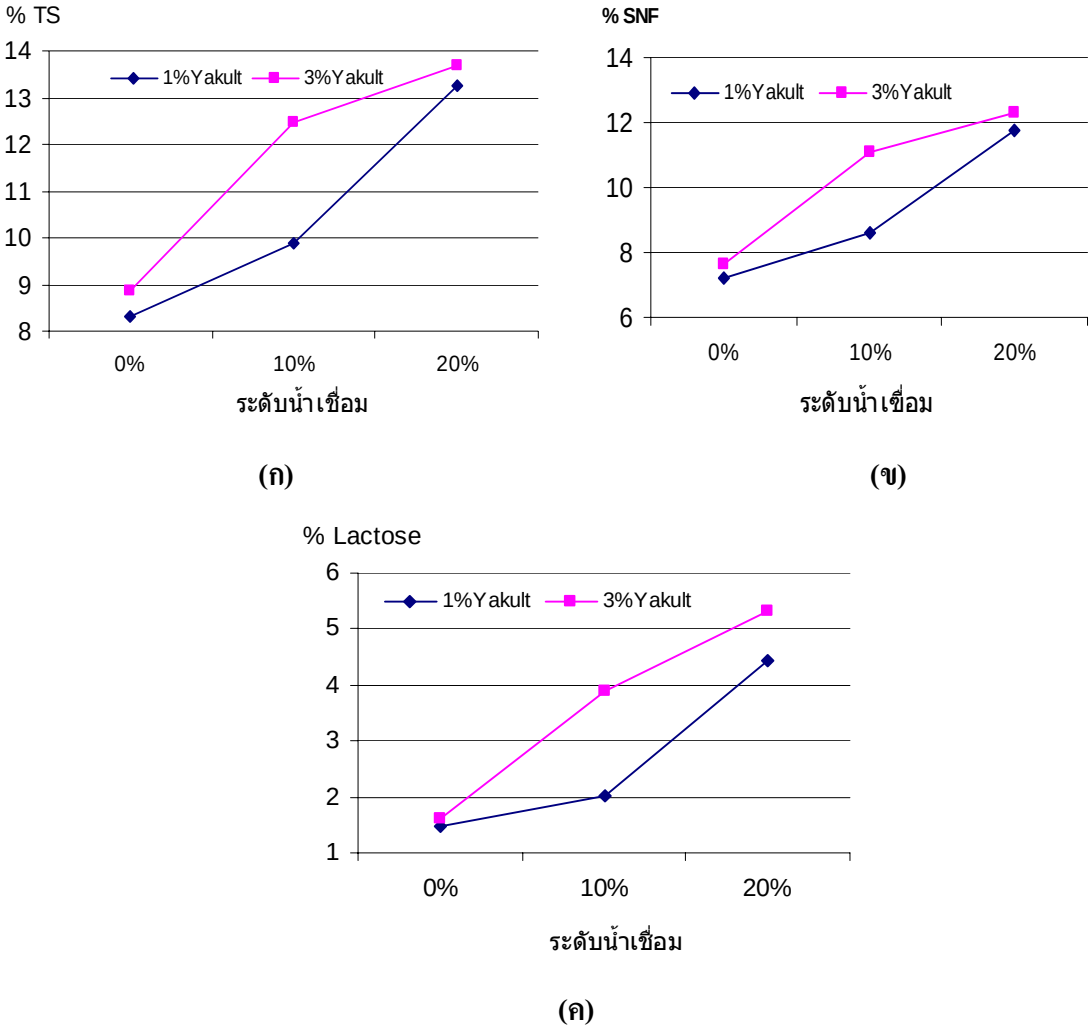
SE: Standard error

$^{\text{กขคงจ}}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

[1/] ทรีตเมนต์ที่ถูกเลือกไปใช้ทดลองในลูกโคนม




**ภาพที่ 14** การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง




**ภาพที่ 15** อิทธิพลร่วมระหว่างเชื้อยาคูลท์กับน้ำเชื่อมต่อเนื้อนมรวม (ก) เนื้อนมไม่รวมไขมันนม (ข) และน้ำตาลแลคโตส (ค) ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 24

เมื่อพิจารณาระยะเวลาการหมักต่อการเปลี่ยนแปลง pH ที่มีค่าระหว่าง 4.0 – 4.6 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการทดลองน้ำนมเหลืองหมักเลี้ยงลูกโค ผลปรากฏว่า T8 คือ น้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเชื้อยาคูลท์ 3 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % ใช้เวลาหมักเร็วกว่าทุกทรีตเมนต์ กล่าวคือ ใช้เวลาหมักเพียง 12 ชั่วโมง ทำให้มีค่า pH ลดลงเท่ากับ 4.60 และ T5 คือ น้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % ใช้เวลาหมัก 12 ชั่วโมง ทำให้ pH มีค่าเท่ากับ 4.66 เนื่องจากน้ำเชื่อมสามารถเร่งกระบวนการหมักเร็วขึ้น ส่วน T7 T4 และ T6 ใช้เวลาหมักนาน 24 30 และ 30 ชั่วโมง มีค่า pH ลดลงเท่ากับ 4.59 4.48 และ 4.56 ตามลำดับ ในขณะที่ T3 T2 และ T1 ใช้เวลาหมัก

นาน 36 42 และ 72 ชั่วโมงมีค่า pH เท่ากับ 4.54 4.61 และ 4.60 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ ข3) ดังนั้นการหมักน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องจึงทำให้ทรีตเมนต์ต่าง ๆ ให้ผลการหมักต่อค่า pH ลดลงระหว่าง 4.0 – 4.6 ที่ระยะเวลาการหมักต่างกันไป

จากผลการทดลองหมักน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง การเสริมเชื้อยาคูลท์ 3 % ไม่มีผลทำให้ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกแตกต่างจากการเสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ณ ระยะการหมักชั่วโมงที่ 12 ($p>0.05$) ในขณะที่ การเสริมน้ำเชื่อมที่ระดับ 20 % ทำให้ pH มีค่า 4.66 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าการเสริมน้ำเชื่อมที่ระดับ 10 % คือ 5.29 นอกจากนั้นปริมาณกรดแลคติกยังมีค่ามากกว่า ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเลือกน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % เพื่อทดสอบเลี้ยงลูกโคทดลองต่อไป

**5. ผลการศึกษาสมรรถภาพการผลิตในลูกโคนม**

ลูกโคทดลองได้รับอาหารทดลอง 4 ชนิด คือ กลุ่มที่ 1 ได้รับน้ำนมเทียม (control) กลุ่มที่ 2 ได้รับน้ำนมเทียมร่วมกับน้ำนมเหลืองหมักที่ปรับเนื้อนมรวม 14.50 % อัตราส่วน 1 : 1 กลุ่มที่ 3 ได้รับน้ำนมเทียมร่วมกับน้ำนมเหลืองหมักที่ปรับเนื้อนมรวม 14.50 % และได้รับการเสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % อัตราส่วน 1 : 1 และกลุ่มที่ 4 ได้รับน้ำนมเทียมร่วมกับน้ำนมเหลืองหมักที่ปรับเนื้อนมรวม 14.50 % และได้รับการเสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % อัตราส่วน 1 : 1 ดังรายละเอียดที่เสนอในตารางที่ 9 อาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ให้ผลต่อสมรรถภาพการผลิตลูกโคตามรายละเอียดดังนี้

5.1 อาหารทดลองและปริมาณการกินอาหารข้น

อาหารที่ใช้ในการทดลองนี้ โดยเฉพาะน้ำนมเหลืองหมักมีองค์ประกอบและผลวิเคราะห์เช่นเดียวกับที่รายงานในการทดลองในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 15) น้ำนมเหลืองหมักที่ใช้เลี้ยงลูกโคทดลองน่ามีความปลอดภัยจากเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค ถึงแม้ว่าในการทดลองนี้ไม่ได้ตรวจนับเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคในลูกโค แต่ Nassib *et al.* (2006) ศึกษาการเจริญและการอยู่รอดของเชื้อ *Salmonella enterica* ssp. seovar *typhimurium* PT8 ภายใต้การหมักน้ำนมเปรี้ยวจากกระบือในอาหารนมที่หมักร่วมกับแบคทีเรียกรดแลคติก (LAB) โดยเตรียมกล้าเชื้อ Salmonella และ LAB ในอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วหมักร่วมกับน้ำนมกระบือที่มีเชื้อ *Streptococcus thermophilus*,

*Lactobacillus ssp. bulgaricus* และ *S. thermoplilus + L. ssp bulgaricus* (1:1) เป็นเวลา 9 24 72 168 และ 336 ชั่วโมง หลังการหมักที่ชั่วโมง 24 ตรวจไม่พบเชื้อ Salmonella ในน้ำนมหมักที่มีเชื้อ *L. ssp. bulgaricus* และ *S. thermoplilus + L. ssp bulgaricus* ในขณะที่น้ำนมหมักที่มีเชื้อ *Streptococcus thermophilus* ตรวจไม่พบเชื้อ Salmonella ชั่วโมงที่ 336

ปริมาณการกินอาหารของลูกโคนมทดลองในระยะต่าง ๆ ได้แสดงในตารางที่ 16 และ ภาพที่ 16 สำหรับอาหารข้นที่ใช้เลี้ยงลูกโคทดลองมีส่วนประกอบและองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 7 ลูกโคทดลองเพศผู้และเพศเมียกินอาหารไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ปริมาณการกินอาหารข้นในระยะก่อนให้น้ำนมเหลืองหมักของลูกโคทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) กลุ่มที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักกินอาหารข้นในระยะให้น้ำนมเหลืองหมักมากกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำนมเทียม ($p<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับน้ำนมหมักเสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมมีแนวโน้มกินอาหารข้นได้มากกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักเสริมเชื้อยาคูลท์ และน้ำนมเหลืองหมักตามลำดับ ($p>0.05$)

ลูกโคทดลองที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อม (กลุ่มที่ 4) กินอาหารข้นได้มากกว่ากลุ่มอื่นๆ (ภาพที่ 16) อาจเป็นเพราะสารเสริมชีวนะในน้ำนมเหลืองหมักหรือแบคทีเรียกรดแลคติก ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 8.97 log CFU/ml. และมีปริมาณกรดแลคติกมากกว่ากลุ่มอื่น (ตารางที่ 14) โดยได้รับมื้อละ 1 ลิตรอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่วันที่ 15 ถึง 63 วัน หรือ ก่อนหย่านม ซึ่งอาจเป็นผลดีต่อการย่อยได้และการดูดซึมอาหารในทางเดินอาหารของลูกโค ทำให้ลูกโคกินอาหารข้นได้เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 16) และ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงกว่าลูกโคกลุ่มที่ 3 2 และ 1 ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 16

**ตารางที่ 16** ปริมาณการกินอาหารของลูกโคนมทดลอง

| | เพศ | | กลุ่มลูกโคที่ได้รับอาหารทดลอง | | | | SE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เมีย | ผู้ | นมเทียม (ควบคุม) | นม [1/] หมักสูตรที่ 1 | นม [2/] หมักสูตรที่ 2 | นม [3/] หมักสูตรที่ 3 | |
| น้ำนมทดลองที่ได้รับ (ก.ก./ตัว/วัน, DM) | | | | | | | |
| ระยะให้น้ำนมทดลอง (15 – 63 วัน) | | | | | | | |
| นมผงเทียม [#] | - | - | 0.48 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | - |
| น้ำนมเหลืองหมัก [#] | - | - | - | 0.13 | 0.15 | 0.27 | - |
| ปริมาณการกินอาหารข้น (ก/ตัว/วัน, DM) | | | | | | | |
| ระยะก่อนให้น้ำนมเหลืองหมัก (0-14 วัน) | 24.37 | 20.16 | 22.39 | 27.08 | 23.44 | 16.15 | 10.17 |
| ระยะให้น้ำนมเหลืองหมัก (15-63 วัน) | 435.34 | 30.28 | 291.82$^{ข}$ | 451.93$^{ก}$ | 482.29$^{ก}$ | 505.21$^{ก}$ | 122.78 |
| ระยะหลังให้น้ำนมเหลืองหมัก (64-91วัน) | 1920.30 | 1768.20 | 1509.10$^{ข}$ | 1749.00$^{กข}$ | 1884.40$^{กข}$ | 2234.60$^{ก}$ | 420.13 |
| ระยะก่อนหย่านม (0-63 วัน) | 362.82 | 368.31 | 250.35$^{ข}$ | 384.61$^{ก}$ | 404.86$^{ก}$ | 422.46$^{ก}$ | 103.96 |
| ตลอดการทดลอง (0-91 วัน) | 842.05 | 799.06 | 637.70$^{ข}$ | 804.40$^{กข}$ | 860.10$^{กข}$ | 980.10$^{ก}$ | 184.50 |

SE : Standard error

DM = Dry matter

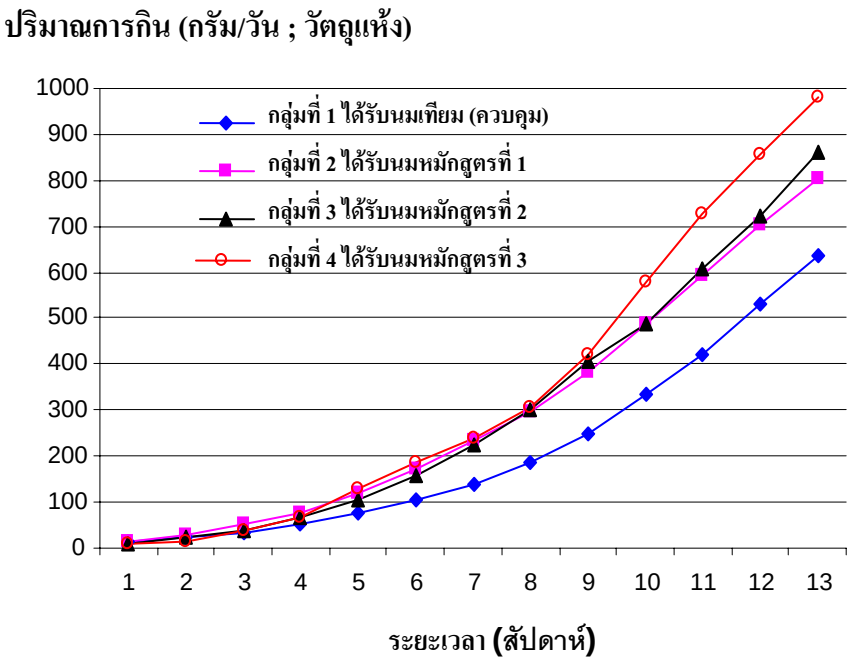
[#] ค่าที่ได้จากการคำนวณ

$^{กขค}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

[1/] น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 %

[2/] น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % ร่วมกับเสริมเชื้อยาคูลท์ 1%

[3/] น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % ร่วมกับเสริมเชื้อยาคูลท์ 1% และน้ำเชื่อม 20 %




**ภาพที่ 16** ปริมาณการกินอาหารข้นของลูกโคทดลองแต่ละสัปดาห์ตลอดการทดลอง

Vlkova *et al.* (2006) ศึกษาการเจริญและพัฒนาของจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหลังคลอดเป็นเวลา 2 วัน และเปลี่ยนมาให้น้ำนมเทียมวันละ 2 มื้อ ร่วมกับอาหารข้น หญ้าแห้ง และน้ำ ให้กินอย่างเต็มที่ และเก็บตัวอย่างมูลเพื่อตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์เมื่อลูกโคอายุได้ 3 7 14 21 35 และ 49 วัน ตามลำดับ เมื่ออายุได้ 3 วัน มูลของลูกโคมีปริมาณเชื้อกลุ่ม Lactobacilli และ Coliforms จำนวนมากกว่ากลุ่ม Bifidobacteria และ Enterococci โดยเฉพาะ Bifidobacteria ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 7 วันและจะลดลงเรื่อย ๆ ภายหลังวันที่ 7 ในขณะที่ Lactobacilli และColiforms มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ สำหรับ Enterococci มีปริมาณเปลี่ยนแปลงไม่มาก โดยเฉพาะ Lactobacilli ลดลงจาก 8.35 เหลือ 6.67 log CFU/g เมื่อตรวจมูลลูกโคที่อายุ 35 วัน การได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมด้วยเชื้อยาคูลท์มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกสูงกว่ากลุ่มอื่น (8.97 7.83 และ 6.93 log CFU/ml) ซึ่งน่าจะช่วยเพิ่มปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในทางเดินอาหารตลอดเวลา และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Gilliland *et al.* (1980) ที่ได้ทดลองเลี้ยงลูกโค 3 กลุ่ม ด้วยน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ วันละ 2 มื้อ นาน 14 วัน โดยลูกโคกลุ่มที่ 1 ไม่เสริมเชื้อ Lactobacilli (control) กลุ่มที่ 2 เสริมเชื้อ *L. acidophilus* C-28 และกลุ่มที่ 3 เสริมเชื้อ *L. acidophilus* NCFM ตั้งวันที่ 1 – 14 มูลลูกโคแต่ละกลุ่มมีปริมาณเชื้อ Lactobacilli เพิ่มขึ้นแตกต่างกันมาก ($p < 0.001$) โดยเฉพาะกลุ่มลูกโคที่เสริมเชื้อมีปริมาณเพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุมถึง 5 เท่า ในขณะที่มูลลูกโคทั้ง 3 กลุ่มมีแบคทีเรียโคลิฟอร์มลดลง ($p>0.05$)

การเสริมสารเสริมชีวนะในน้ำนมเหลืองหมักแต่ละสูตรที่เลี้ยงลูกโคกลุ่มที่ 4 3 และ 2 ในระยะให้น้ำนมเหลืองหมัก (15 – 63 วัน) อย่างต่อเนื่องก่อนหย่านม น่าจะทำให้ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกที่ลำไส้ของลูกโคมีปริมาณสูงอย่างต่อเนื่อง และแบคทีเรียโคลิฟอร์มน่าจะลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจก่อให้เกิดทำให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หรือสามารถลดปัญหาอาการท้องเสียและกระตุ้นภูมิคุ้มโรค การย่อยและดูดซึมอาหารในทางเดินอาหารของลูกโคดีกว่ากลุ่มควบคุม ส่งผลให้ลูกโคมีสุขภาพดี (Matsuzaki, 1998) และกินอาหารได้เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นในระหว่างทดลองไม่พบลูกโคปฏิเสธการกินน้ำนมเหลืองหมัก ทั้งนี้เพราะน้ำนมเหลืองหมักมีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมเปรี้ยวโดย pH มีค่า 4.0 - 4.6 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าค่าที่รายงานโดย Otter *et al.* (1980) ที่รายงานว่า น้ำนมเหลืองหมักรสเปรี้ยวมากหรือ pH มีค่า < 4.0 ลูกโคจะปฏิเสธการกิน

5.2 ค่าทางสรีรวิทยาบางประการ

ค่าเซลล์เม็ดเลือดขาว ความเข้มข้นของกลูโคสในพลาสมา และยูเรียในซีรั่มของลูกโคนม ทดลอง ได้แสดงในตารางที่ 17 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 เซลล์เม็ดเลือดขาวของลูกโคทั้งเพศผู้และเพศเมียที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1 2 3 และ 4 ตลอดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.92 - 4.12 เซลล์/ไมโครลิตร

5.2.2 เมื่ออายุ 60 วัน และ 90 วัน ลูกโคนมเพศเมียมีระดับกลูโคสในพลาสมาสูงกว่าเพศผู้ ($p<0.05$) ลูกโคกลุ่ม 4 ที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักเสริมด้วยเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมในระยะที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักมีค่ากลูโคสในพลาสมาสูงกว่าลูกโคกลุ่มอื่น ๆ ($p<0.05$) ตลอดการทดลอง เมื่ออายุ 60 วันลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเฉพาะเชื้อยาคูลท์มีค่าสูงกว่าลูกโคกลุ่มที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่ไม่เสริมเชื้อยาคูลท์ ($p>0.05$) และกลุ่มที่ได้รับน้ำนมเทียมเพียงอย่างเดียว ($p<0.05$) แต่ทั้งสองกลุ่มหลังมีค่ากลูโคสในพลาสมาไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) การหมักน้ำนมเหลืองที่เสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % ทำให้ปริมาณน้ำตาลแลคโตสคงเหลือมีค่าสูงกว่าน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ถึง 3 เท่า (6.62 และ 2.17 %) ถึงแม้ว่าไม่ได้วัดปริมาณน้ำเชื่อมที่เหลือในน้ำนมเหลืองหมัก แต่น่าจะมีปริมาณเหลืออยู่ ทำให้ลูกโคกลุ่มที่ 4 ได้รับน้ำตาลสูงกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้ลูกโคกลุ่มที่ 4 มีค่ากลูโคสในพลาสมาสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ เมื่ออายุ 30 วันและ 60 วัน อย่างไรก็ตาม เมื่ออายุ 90 วันลูกโคกลุ่มที่ 4 ยังคงมีระดับกลูโคสสูงกว่า

กลุ่มอื่น ทั้งนี้เป็นเพราะลูกโคในกลุ่มนี้มีแนวโน้มกินอาหารได้มากกว่ากลุ่มอื่น (ตารางที่ 16) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Galvao *et al.* (2005) ที่รายงานว่า ปริมาณกลูโคสในเลือดของลูกโคนมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74.5 83.4 79.7 และ 80.0 มก./ดล. สำหรับลูกโคที่ได้รับอาหารทดลองดังนี้ กลุ่มที่ 1 ไม่เสริมยีสต์ กลุ่มที่ 2 ได้รับเชื้อยีสต์หมักในอาหารธัญพืช กลุ่มที่ 3 ได้รับเชื้อยีสต์เสริมในนมเทียม และกลุ่มที่ 4 ได้รับเชื้อยีสต์ใส่ในอาหารธัญพืชและนมเทียม ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของกลูโคสในพลาสมาเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับปริมาณอาหารที่กิน คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 298.0 464.7 416.7 และ 500.0 กรัม/วัน และหลังหย่านมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2193.9 2575.5 2379.2 และ 2400.0 กรัม/วัน ตามลำดับ

5.2.3 เมื่ออายุ 30 วัน ยูเรียในซีรั่มของลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมมีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ($p<0.05$) เมื่ออายุ 60 วัน ลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่ไม่เสริมด้วยเชื้อยาคูลท์มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ($p<0.05$) และมีค่าไม่ต่างจากลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเฉพาะเชื้อยาคูลท์ ($p>0.05$) Nousiainen *et al.* (2004) รายงานว่า ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดเป็นตัวบ่งชี้การใช้ประโยชน์ของโปรตีน หากมีปริมาณมากเกินไปการใช้ประโยชน์จะไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งโดยทั่วไปยูเรียในซีรั่มของลูกโคหรือโครุ่นควรมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7 - 8 มล./ดล. (Preson *et al.* , 1978) จากการทดลองครั้งนี้ ลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักด้วยเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมก็มีระดับยูเรียในซีรั่มต่ำกว่า ถึงแม้น้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมมีโปรตีนนมสูงกว่าน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเฉพาะเชื้อยาคูลท์และที่ไม่เสริมเชื้อยาคูลท์ (5.85 5.29 และ 5.43 %) ซึ่งบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ของโปรตีนที่มีประสิทธิภาพสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ สำหรับกลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่ไม่เสริมเชื้อยาคูลท์ มีค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดในระยะก่อนหย่านมสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ น่าจะสะท้อนถึงความไม่สมดุลระหว่างโปรตีนนมและน้ำตาลนม ซึ่งน้ำนมเหลืองมีโปรตีนสูงและมีน้ำตาลแลคโตสต่ำ

5.3 สุขภาพของลูกโค

การวินิจฉัยสุขภาพของลูกโคในการศึกษาครั้งนี้ พิจารณาจากลักษณะของมูลลูกโคที่ได้รับน้ำนมทดลองต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 18 ก่อนให้น้ำนมทดลอง (0-14 วัน) ลูกโคทุกกลุ่มมีลักษณะมูลค่อนข้างเหลว ถึงแม้ลูกโคในกลุ่มควบคุมมีลักษณะมูลเหลวกว่าเล็กน้อย ($p>0.05$) ถึงแม้ลูกโคทดลองยังได้รับอาหารเหลวซึ่งมีเยื่อใยน้อยในระยะให้น้ำนมทดลอง (15-63 วัน) และหลังให้น้ำนมทดลอง ลูกโคทดลองแต่ละกลุ่มยังคงมีลักษณะมูลไม่อ่อนและไม่แข็ง หรือมีคะแนนเข้าใกล้ 3.00 หรือ มีแนวโน้มของมูลมีลักษณะปกติ ซึ่งบ่งชี้ว่าลูกโคทดลองทุกกลุ่มมีสุขภาพดี

**ตารางที่ 17** ค่าทางสรีรวิทยาบางประการของลูกโคทดลองก่อนให้อาหารทดลอง เมื่ออายุ 30 วัน 60 วัน และ 90 วัน

| | เพศ | | กลุ่มลูกโคที่ได้รับอาหารทดลอง | | | | SE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เมีย | ผู้ | นมเทียม (ควบคุม) | นม[1/] หมัก (สูตร 1) | นม[2/] หมัก (สูตร 2) | นม[3/] หมัก (สูตร 3) | |
| **เซลล์เม็ดเลือดขาว (เซลล์/ไมโครลิตร)** | | | | | | | |
| - ระยะก่อนให้อาหารทดลอง | 3.98 | 3.99 | 3.94 | 3.94 | 4.04 | 4.04 | 0.15 |
| - ระยะให้น้ำนมเหลืองหมักอายุ 30 วัน | 3.98 | 3.99 | 3.95 | 3.92 | 4.05 | 4.03 | 0.11 |
| - ระยะให้น้ำนมเหลืองหมักอายุ 60 วัน | 4.01 | 4.00 | 3.96 | 3.94 | 4.06 | 4.06 | 0.09 |
| - ระยะหลังให้น้ำนมเหลืองหมักอายุ 90 วัน | 4.04 | 4.05 | 4.01 | 3.94 | 4.09 | 4.12 | 0.11 |
| **กลูโคสในพลาสมา (มก./ดล.)** | | | | | | | |
| - ระยะก่อนให้อาหารทดลอง | 79.63 | 73.00 | 65.25 | 75.15 | 80.60 | 84.25 | 13.10 |
| - ระยะให้น้ำนมเหลืองหมักอายุ 30 วัน | 103.07 | 99.96 | 83.03$^{ข}$ | 94.92$^{ข}$ | 102.56$^{ข}$ | 125.55$^{ก}$ | 15.57 |
| - ระยะให้น้ำนมเหลืองหมักอายุ 60 วัน | 111.28$^{ก}$ | 93.31$^{ข}$ | 92.71$^{ค}$ | 96.57$^{ขค}$ | 101.35$^{ข}$ | 118.53$^{ก}$ | 4.49 |
| - ระยะหลังให้น้ำนมเหลืองหมักอายุ 90 วัน | 105.96$^{ก}$ | 91.93$^{ข}$ | 94.33$^{ข}$ | 92.54$^{ข}$ | 98.20$^{ข}$ | 110.70$^{ก}$ | 6.30 |
| **ยูเรียในซีรั่ม (มก./ดล.)** | | | | | | | |
| - ระยะก่อนให้อาหารทดลอง | 8.62 | 9.07 | 7.09 | 9.49 | 8.34 | 6.46 | 2.18 |
| - ระยะให้น้ำนมเหลืองหมักอายุ 30 วัน | 8.57 | 9.01 | 7.26$^{ข}$ | 10.36$^{ก}$ | 7.65$^{ข}$ | 5.89$^{ค}$ | 2.29 |
| - ระยะให้น้ำนมเหลืองหมักอายุ 60 วัน | 7.54 | 7.22 | 6.66$^{ข}$ | 9.32$^{ก}$ | 7.64$^{กข}$ | 5.88$^{ข}$ | 1.77 |
| - ระยะหลังให้น้ำนมเหลืองหมักอายุ 90 วัน | 8.70 | 8.60 | 8.84 | 8.78 | 8.64 | 8.34 | 1.22 |

SE : Standard error

$^{กขค}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกัน ($p< 0.05$)

[1/] น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 %

[2/] น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % ร่วมกับเสริมเชื้อยาคูลท์ 1%

[3/] น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % ร่วมกับเสริมเชื้อยาคูลท์ 1% และน้ำเชื่อม 20 %

**ตารางที่ 18** คะแนนมูลของลูกโคทดลองที่ได้รับน้ำนมทดลอง

| | กลุ่มลูกโคที่ได้รับอาหารทดลอง | | | |
|---|---|---|---|---|
| | นมเทียม (ควบคุม) | นม หมัก [1/] (สูตร 1) | นม หมัก [2/] (สูตร 2) | นม หมัก [3/] (สูตร 3) |
| ระยะก่อนให้น้ำนมทดลอง (0-14 วัน) | 2.34 | 2.58 | 2.58 | 2.62 |
| ระยะให้น้ำนมทดลอง (15-63 วัน) | 2.83 | 2.93 | 3.00 | 3.00 |
| ระยะหลังให้น้ำนมทดลอง (64-91 วัน) | 2.95 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |

Score 1 - 4 : 1 = มูลเหลวเป็นน้ำ 2 = มูลเหลว 3 = มูลปกติ (ไม่อ่อน-ไม่แข็ง) 4 = มูลแข็งเป็นก้อน

[1/] น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 %

[2/] น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % ร่วมกับเสริมเชื้อยาคูลท์ 1%

[3/] น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % ร่วมกับเสริมเชื้อยาคูลท์ 1% และน้ำเชื่อม 20 %

5.4 การเจริญเติบโต

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว น้ำหนักเพิ่มต่อตัวต่อวัน และ อัตราการเจริญเติบโตของลูกโคนมทดลอง ได้แสดงในตารางที่ 19 และภาพที่ 17

ลูกโคทดลองเพศผู้และเพศเมียมีน้ำหนักตัว น้ำหนักเพิ่มต่อตัวต่อวัน และอัตราการเจริญเติบต่อวันไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) น้ำหนักเริ่มต้นทดลองของลูกโคทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ลูกโคกลุ่มที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักในระยะเลี้ยงน้ำนมทดลอง มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเทียมเพียงอย่างเดียว ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ลูกโคแต่ละกลุ่มมีแนวโน้มเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในช่วงแรกเกิดถึง 2 สัปดาห์ และลดลงในสัปดาห์ที่ 3 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 17) เนื่องจากในระยะต้นสัปดาห์ที่ 3 เป็นระยะปรับเปลี่ยนจากน้ำนมแม่เป็นนมเทียมเป็นระยะเวลา 3 วัน (15 – 17 วัน) ทำให้ลูกโคชะงักการเจริญเติบโต 2 – 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นกลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมัก (กลุ่มที่ 2 3 และ 4) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) โดยเฉพาะลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักสูตรที่ 3 (กลุ่มที่ 4) มีแนวโน้มเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มลูกโคอื่นๆ เนื่องจากน้ำนมเหลืองหมักดังกล่าวมีองค์ประกอบน้ำนมสูงกว่าน้ำนมเหลืองหมักอื่นๆ ตลอดจนลูกโคในกลุ่มนี้มีแนวโน้ม

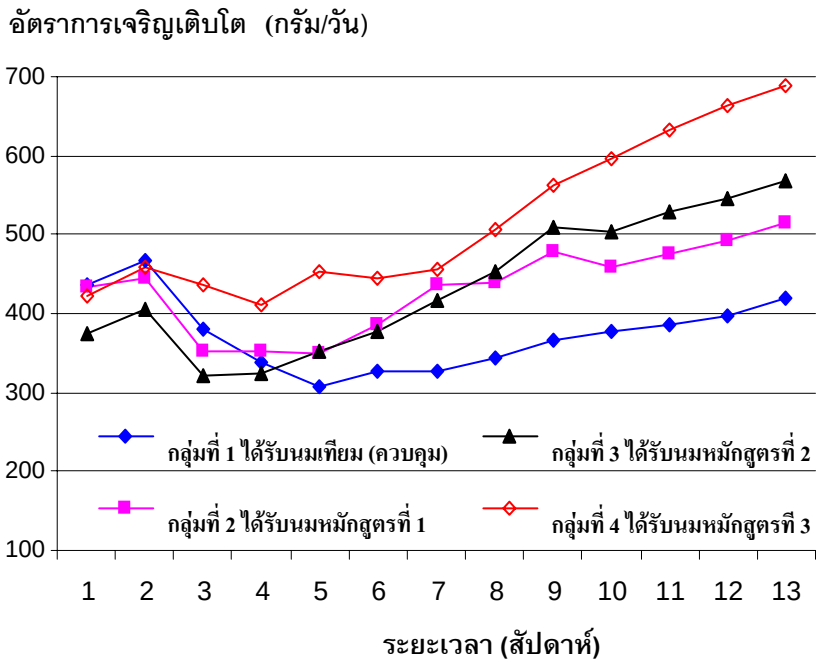
กินอาหารมากกว่า และมีค่าเมทบอไรท์ในเลือดดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ดังกล่าวมาแล้ว สอดคล้องกับผลการทดลองของ Drevjany *et al.* (1980) ที่รายงานว่า ลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่อุณหภูมิห้องที่เสริมด้วยเชื้อ *Streptococcus lactis* ทำให้อัตราการเจริญเติบโต ($p < 0.05$; มีค่าเฉลี่ย 582 และ 434 กรัม/วัน) และปริมาณการกินอาหาร ($p<0.01$) สูงกว่าลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักโดยธรรมชาติ (1131 และ 893 กรัม/ตัว/วัน) นอกจากนั้น Abe *et al.* (1995) ได้ทดลองเลี้ยงลูกโคด้วยน้ำนมเทียมร่วมกับการเสริมโปรไบโอติกในเวลาเช้า และได้รับอาหารข้นมีโปรตีน 17 % น้ำและหญ้าแห้งอย่างเต็มที่ เป็นเวลา 56 วัน สำหรับโปรไบโอติกที่ใช้ได้แก่ เชื้อ *Bifidobacterium pseudolongsum* ปริมาณ $3.0x10^9$ CFU/ตัว/วัน (กลุ่มที่ 1) เชื้อ *Lactobacillus acidophilus* ปริมาณ $3.0x10^9$ CFU/ตัว/วัน (กลุ่มที่ 2) และไม่เสริมโปรไบโอติก (กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม) ลูกโคกลุ่มที่ 1 และ 2 มีน้ำหนักเพิ่มสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) คือ มีค่าเฉลี่ย 31.8 30.9 และ 25.4 ก.ก./ตัว และปริมาณอาหารที่กินได้มีค่าเท่ากับ 65.5 63.5 และ 58.6 ก.ก. วัตถุแห้ง/ตัว ตามลำดับ

**ตารางที่ 19** การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโตของลูกโคนมระหว่างการทดลอง

| | เพศ | | กลุ่มลูกโคที่ได้รับรับอาหารทดลอง | | | | SE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เมีย | ผู้ | นมเทียม (ควบคุม) | นมหมัก[1/] สูตรที่ 1 | นมหมัก[2/] สูตรที่ 2 | นมหมัก[3/] สูตรที่ 3 | |
| **น้ำหนักลูกโค (ก.ก.)** | | | | | | | |
| น้ำหนักเริ่มต้น | 31.02 | 34.14 | 31.58 | 33.62 | 32.57 | 32.55 | 5.02 |
| น้ำหนักหย่านม | 59.20 | 61.24 | $53.20^{ข}$ | $61.90^{ก}$ | $62.02^{ก}$ | $63.77^{ก}$ | 5.40 |
| น้ำหนักสุดท้าย | 81.37 | 81.61 | $71.18^{ค}$ | $79.23^{ขค}$ | $83.23^{กข}$ | $92.33^{ก}$ | 10.11 |
| น้ำหนักเพิ่มต่อตัวต่อวัน (15-63 วัน) | 0.52 | 0.47 | $0.33^{ข}$ | $0.49^{ก}$ | $0.56^{ก}$ | $0.58^{ก}$ | 0.11 |
| **อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)** | | | | | | | |
| ระยะก่อนให้น้ำนมหมัก (0-14 วัน) | 436.40 | 450.60 | 466.67 | 445.24 | 404.76 | 458.33 | 130.60 |
| ระยะให้น้ำนมหมัก (15-63 วัน) | 510.54 | 467.01 | $337.42^{ข}$ | $487.08^{ก}$ | $538.09^{ก}$ | $592.52^{ก}$ | 107.43 |
| ระยะหลังให้น้ำนมหมัก (64-91 วัน) | 689.88 | 719.35 | $536.91^{ค}$ | $597.62^{ขค}$ | $707.14^{ข}$ | $979.79^{ก}$ | 126.33 |

SE : Standard error

$^{กขค}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกัน ($p< 0.05$)




**ภาพที่ 17** อัตราการเจริญเติบโตของลูกโคทดลองตลอดการทดลอง

5.5 ต้นทุนค่าอาหาร

ต้นทุนค่าอาหารทดลอง และต้นทุนการเปลี่ยนอาหารทดลองเป็นน้ำหนักตัวของลูกโคทดลอง ได้แสดงในตารางที่ 20 ต้นทุนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก 1 ก.ก. ในระยะก่อนหย่านม (0-63 วัน) ของกลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมหมักมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากกลุ่มลูกโคที่ได้รับเฉพาะน้ำนมเทียม ($p<0.05$) กลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อม มีแนวโน้มทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 ก.ก. ต่ำกว่ากลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเฉพาะเชื้อยาคูลท์ และกลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมัก ($p>0.05$) สำหรับระยะหลังหย่านม (64-91 วัน) ลูกโคทุกกลุ่มมีต้นทุนค่าอาหารไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม ตลอดการทดลอง (91 วัน) กลุ่มลูกโคที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมักมีต้นทุนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 ก.ก. ต่ำกว่ากลุ่มลูกโคที่ได้รับเฉพาะน้ำนมเทียม ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 31.05 34.08 36.63 และ 49.12 บาท และมีค่าใช้จ่ายตลอดการทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 1,707.81 1,614.67 1,568.25 และ 1,954.20 บาท ตามลำดับ

**ตารางที่ 20** ต้นทุนค่าอาหารทดลอง และต้นทุนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของลูกโคทดลอง

| | กลุ่ม | กลุ่มที่ได้รับน้ำนมเหลืองหมัก | | |
|---|---|---|---|---|
| | ควบคุม | สูตรที่ 1 | สูตรที่ 2 | สูตรที่ 3 |
| **ปริมาณอาหารข้น (กิโลกรัม / ตัว)** | | | | |
| ก่อนหย่านม (0 – 63 วัน) | 15.77 | 24.23 | 25.51 | 26.61 |
| หลังหย่านม (64 -91 วัน) | 42.25 | 48.97 | 52.76 | 62.57 |
| ตลอดการทดลอง (91 วัน) | 58.24 | 72.80 | 78.26 | 89.18 |
| ค่าอาหารข้น (8.52 บาท/ก.ก.), บาท/ตัว | | | | |
| ระยะก่อนหย่านม (0-63 วัน) | 134.38 | 206.44 | 217.31 | 226.76 |
| ระยะหลังหย่านม (64-91 วัน) | 362.01 | 417.24 | 449.54 | 533.09 |
| ตลอดการทดลอง (91 วัน) | 496.20 | 620.25 | 666.77 | 759.81 |
| **นมแม่ที่ได้รับ (ระหว่าง 4 – 14 วัน)** [#] | | | | |
| ปริมาณน้ำแม่ที่ได้รับ, ลิตร/ตัว | 20 | 20 | 20 | 20 |
| ค่าน้ำนม (ราคานมดิบ 11.50 บาท/ก.ก.), บาท/ตัว | 230 | 230 | 230 | 230 |
| **น้ำนมทดลอง (ระหว่าง 15 – 63 วัน)** | | | | |
| ปริมาณนมเทียมที่กินได้ , ก.ก./ตัว | 24.38 | 12.38 | 12.38 | 12.38 |
| ค่านมเทียม (ราคานมผง 50 บาท/ก.ก.) , บาท/ตัว | 1,219 | 619 | 619 | 619 |
| ปริมาณนมหมักที่กินได้ (น้ำหนักสด), ลิตร/ตัว | - | 99 | 99 | 99 |
| ราคานมหมัก, บาท/ลิตร | - | 2 | 2.13 | 2.50 |
| ค่านมหมัก, บาท/วัน | - | 198 | 210.87 | 247.5 |
| **รวมต้นทุนค่าอาหาร , บาท / ตัว** | | | | |
| ระยะก่อนหย่านม (0-63 วัน) | 1,583.38 | 1,253.44 | 1,277.18 | 1,323.26 |
| ระยะหลังหย่านม (64-91 วัน) | 362.01 | 417.24 | 449.54 | 533.09 |
| ตลอดการทดลอง (91 วัน) | 1,945.20 | 1,568.25 | 1,614.67 | 1,707.81 |
| **ต้นทุนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 ก.ก. , บาท** | | | | |
| ระยะก่อนหย่านม (0-63 วัน) | 73.24[ก] | 44.32[ข] | 43.37[ข] | 42.38[ข] |
| ระยะหลังหย่านม (64-91 วัน) | 20.13 | 24.08 | 21.19 | 18.67 |
| ตลอดการทดลอง (91 วัน) | 49.12[ก] | 36.63[ข] | 34.08[ข] | 31.05[ข] |

[#] ใช้น้ำนมแม่หลังคลอดที่เก็บแช่แข็งไว้และใช้นมดิบเลี้ยงลูกโคแต่ละตัวเฉลี่ย 20 กิโลกรัม ในระยะ 0 -14 วัน

[กข] ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

# สรุปผลการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ 1) การศึกษาระดับการเสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมในน้ำนมเหลืองหมักทั้งในสภาวะห้องเย็นและในสภาะอุณหภูมิห้อง และ 2) การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของลูกโคนมที่เลี้ยงด้วยนมผงเทียมผสมน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมด้วยสารเสริมชีวนะ ซึ่งพอสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาระดับการเสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมในน้ำนมเหลืองหมักทั้งในสภาวะห้องเย็นและในสภาวะอุณหภูมิห้อง

1.1 ผลการทดลองที่หมักน้ำนมเหลืองในสภาวะห้องเย็น การเสริมเชื้อยาคูลท์ที่ระดับ 1 % และ 3 % ทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่การเสริมเชื้อยาคูลท์ที่ระดับ 3 % ทำให้ pH มีค่าต่ำกว่า ($p<0.05$) และ ปริมาณกรดแลคติกสูงกว่า ($p<0.01$) ที่เสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % การเสริมน้ำเชื่อมในระดับสูงขึ้น ทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ทำให้ค่า pH ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และทำให้ปริมาณกรดแลคติกสูงขึ้น ($p<0.01$) กล่าวโดยสรุป ทรีตเมนต์น้ำนมเหลืองที่เสริมเชื้อยาคูลท์ 3 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % (T8) ให้ผลต่อกระบวนการหมักดีที่สุด กล่าวคือ มีค่า pH ลดลงเหลือ 4.65 ภายในเวลาหมัก 21 วัน และมีองค์ประกอบน้ำนมต่าง ๆ คงเหลือหลังการหมักสูงกว่าทรีตเมนต์อื่น

1.2 ผลการทดลองต้มน้ำนมเหลืองก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง การต้มน้ำนมเหลืองฆ่าเชื้อก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง ทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกมีปริมาณมากกว่า ($p<0.05$) pH มีค่าต่ำกว่า กรดแลคติกและองค์ประกอบน้ำนมคงเหลือมีปริมาณมากกว่าน้ำนมเหลืองที่ไม่ผ่านการต้มก่อนหมัก ($p<0.01$) โดยใช้เวลาหมักเพียง 12 ชั่วโมง ทำให้น้ำนมเหลืองมีลักษณะอ่อนนิ่มและมีกลิ่นเปรี้ยวหอม

1.3 ผลการทดลองหมักน้ำนมเหลืองที่เสริมเชื้อยาคูลท์และน้ำเชื่อมในสภาวะอุณหภูมิห้อง การเสริมเชื้อยาคูลท์ในระดับสูงขึ้น ทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) pH และกรดแลคติกมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ($p>0.05$) การเสริมน้ำเชื่อมระดับสูงขึ้น ทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกมีปริมาณเพิ่มขึ้น pH มีค่าลดลงและกรดแลคติกมีปริมาณเพิ่มมขึ้น ($p<0.01$) นอกจากนั้นการเพิ่มเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมในระดับสูงขึ้น ทำให้น้ำตาลแลคโตสคงเหลือมีค่ามากขึ้น ($p<0.05$) กล่าวโดยสรุป การเสริมเชื้อยาคูลท์ 3 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % (T8) ให้ผลต่อ

กระบวนการหมักดีที่สุด คือ มีค่า pH ลดลงเหลือ 4.60 ภายในเวลาหมัก 12 ชั่วโมง และมีองค์ประกอบน้ำนมต่าง ๆ คงเหลือภายหลังการหมักสูงกว่าทรีตเมนต์อื่น อย่างไรก็ตาม การเสริมเชื้อยาคูลท์ 3 % ทำให้ค่า pH ปริมาณกรดแลคติก และองค์ประกอบน้ำนมไม่แตกต่างจากค่าที่ได้จากการเสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ($p>0.05$) ในขณะเดียวกัน การเสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % ทำให้ pH มีค่า 4.66 ที่ระยะเวลาหมัก 12 ชั่วโมงซึ่งต่ำกว่าค่าที่ได้จากการเสริมน้ำเชื่อม 10 % คือ 5.29 ($p<0.05$) จากเหตุผลดังกล่าว จึงเลือกการต้มน้ำนมเหลืองก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่เสริมด้วยเชื้อยาคูลท์ 1 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % เพื่อทดสอบเลี้ยงลูกโคทดลองต่อไป

2. ผลการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของลูกโคนมที่เลี้ยงด้วยนมผงเทียมเสริมน้ำนมเหลืองที่หมักด้วยสารเสริมชีวนะ ในระยะก่อนหย่านมกลุ่มลูกโคที่ได้รับการเสริมน้ำนมเหลืองหมักมีน้ำหนักหย่านม (63.77 62.02 และ 61.90 เทียบกับ 53.20 ก.ก./ตัว) อัตราการเจริญเติบ (592.52 538.09 และ 487.08 เทียบกับ 337.42 ก./ตัว/วัน) กินอาหารข้น (505.21 482.29 และ 451.93 เทียบกับ 291.82 ก./ตัว/วัน) และน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (0.58 0.56 และ 0.49 เทียบกับ 0.33 ก.ก./ตัว/วัน) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) ลูกโคทุกกลุ่มมีคะแนนมูลโคใกล้เคียงกัน ($p >0.05$) ลูกโคทุกกลุ่มทั้งเพศเมียและเพศผู้มีเซลล์เม็ดเลือดขาวตลอดการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.92 – 4.12 เซลล์/ไมโครลิตร ลูกโคเพศเมียมีระดับกลูโคสในพลาสมาสูงกว่าเพศผู้ (111.28 เทียบกับ 93.31 มก./ดล. เมื่ออายุ 60 วัน 105.96 เทียบกับ 91.93 มก./ดล. เมื่ออายุ 90 วัน; $p<0.05$) ลูกโคกลุ่มที่ 4 ที่ได้รับการเสริมน้ำนมเหลืองหมักที่เสริมเชื้อยาคูลท์ 1 % ร่วมกับน้ำเชื่อม 20 % ตลอดการทดลองมีระดับกลูโคสในพลาสมาสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ (83.03 94.92 และ 102.56 เทียบกับ 125.55 มก./ดล. เมื่ออายุ 30 วัน 92.71 96.57 และ 101.35 เทียบกับ 118.53 มก./ดล. เมื่ออายุ 60 วัน 94.33 92.54 และ 98.20 เทียบกับ 110.70 มก./ดล. เมื่ออายุ 90 วัน; $p<0.05$) ในขณะที่ระดับยูเรียในซีรั่มของลูกโคทั้งเพศเมียและเพศผู้ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่ออายุ 30 วันลูกโคกลุ่มที่ 4 มีระดับยูเรียในซีรั่มต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ (7.26 10.36 และ 7.65 เทียบกับ 5.89 มก./ดล.; $p<0.05$) ลูกโคทดลองกลุ่มควบคุมมีต้นทุนการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ โดยเฉพาะในระยะที่เลี้ยงน้ำนมทดลอง ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 73.24 44.32 43.37 และ 42.28 บาท/ตัว และมีค่าใช้จ่ายรวม เท่ากับ 1,583.38 1,253.44 1,277.18 และ 1,326.26 บาท/ตัว สำหรับกลุ่มลูกโคที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ

การหมักน้ำนมเหลืองในห้องเย็นสามารถเก็บได้นานกว่า 28 วัน และควรเลือกวิธีการต้มฆ่าเชื้อน้ำนมเหลืองก่อนการหมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง เพื่อลดปริมาณเชื้อยีสต์ รา และแบคทีเรียที่อาจก่อโรคและรักษาองค์ประกอบน้ำนมไม่ให้ลดลงมาก การหมักน้ำนมเหลืองที่เหลือจากการให้ลูกโคด้วยการเสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมมกับน้ำเชื่อมเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งการเสริมเชื้อยาคูลท์ร่วมกับน้ำเชื่อมช่วยเร่งกระบวนการหมักให้เกิดเร็วขึ้นน้ำนมเหลืองหมักมีองค์ประกอบน้ำนมคงเหลือมากกว่า นอกจากนั้นน้ำเชื่อมที่คงเหลือจากการหมักยังมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของลูกโค ดังนั้นเกษตรกรสามารถนำน้ำนมเหลืองหมักดังกล่าวเลี้ยงลูกโคได้อย่างปลอดภัย โดยทำให้ลูกโคมีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างสูง สุขภาพดี และต้นทุนการผลิตต่ำกว่าลูกโคที่ได้รับน้ำนมเทียมอย่างเดียว

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง


คะนึงนิจ ก่อธรรมฤทธิ์. 2540. **การศึกษาและวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพการผลิต การใช้และความต้องการ Probiotics ของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์**. เอกสารวิชาการ BIOTEC 3/2540. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.), กรุงเทพฯ.

จีระชัย กาญจนพฤฒิพงศ์. 2533. **การสำรวจการเลี้ยงดูและการจัดการฟาร์มโคนมในประเทศไทย**. รายผลงานวิจัย. สถาวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. **การจัดการฝูงโคนม**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุจา มาลัยพวง. 2544. **การผลิตโปรไบโอติคสำหรับอาหารไก่จากแบคทีเรียกรดแลคติคของไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. 2534. **การเลี้ยงโคนม**. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพ ฯ.

ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว. 2541. **สรีรวิทยาทางเดินอาหาร**. บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

ดานิศ ทวียานนท์. 2529. **Feed Medicaments ; Feed additives and Probiotics**. ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เพิ่มพงษ์ ศรีประเสริฐศักดิ์. 2524. **การผลิตและการเก็บเชื้อบักเตรีแลคติคที่ใช้เป็นอาหารเสริมสุกรในรูปเชื้อผง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนูญ เมฆอรุณกมล. 2525. **การใช้น้ำนมเหลืองเก็บรักษาโดยกรดโปรปิโอนิคเปรียบเทียบกับนมเทียมเป็นอาหารเหลวสำหรับเลี้ยงลูกโคนม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มีชัย ลัดดี. 2546. **การผลิตกรดแลคติกด้วยการหมักแบบต่อเนื่องสองขั้นตอน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

A.O.A.C. 1990. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Association of Official Analytical Cahemists, Inc., Virginia.

Abe, F., N. Ishibashi and S. Shimamura. 1995. Effect of administration of Bifidobacteria and lactic acid bacteria to newborn calves and piglets. **J. Dairy Sci**. 78: 2838-2846.

Anderson, N.V. 1992. **Veterinary Grastroenterology**. 2 nd ed. Lea & Febiger, Inc., New York

Ando, T. and R. Oi. 1992. Functions of digestive tract, pp. 191-216. *In* Y. Nakazawa and A. Hosono (eds.). **Functions of Fermented Milk; Chalenges for the Health Science**, Elsevier Publishers, Ltd., London.

Bechman, T.J., J.V. Chambers and M.D. Cunningham. 1977. Influence of *Lactobacillus acidophilus* on performance of young dairy calves. **J. Dairy Sci**. 60 (Suppl. 1): 74.

Beishier, L. 1991. **Microbiology in Practice**. 5th ed., Harper Collins Publishers, Inc., New York.

Berdanier, C.D. 1995. **Advanced Nutrition: Macronutrients**. CRC Press, Inc., Florida.

Berg, J.C. van den. 1988. **Dairy Technology in The Tropics and Subtopics**. Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, The Netherlands.

Brignole, T.J. and G.H. Stott. 1980. Effect of scuckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival. **J. Dairy Sci**. 63: 451-456.

Broucek, J., K. Kovalcik, D. Gajdosik and V. Brestensky. 1989. Administration of stabilized colostrum and milk replacer : A comparison of calf rearing results. **Scientica Agriculturae Bohemoslovaca** 21: 205-212. (Abstr.)

Campbel, J.R. and R.T. Marshall. 1975. **The Science of Providing Milk for Man**. McGraw-Hill, Inc., New York.

Crocker, C.L. 1967. Rapid determination of urea nitrogen in serum or plasma without deprotinzation. **American J. Meddical Technology** 33: 361.

Donohue, D.C., S. Salminen and P. Marteau. 1998. Safety of probiotic bacteria, pp. 369-436. *In* S. Salminen and A.V. Wright (eds.). **Lactic Acid Bacteria; Microbiology and Functional Aspects**. 2nd ed. Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., New York.

Drevjany, L.A., O.R. Irvine and G.S. Hooper. 1980 a. The feeding of fermented colostrum to neonatal calves. I. The effect of inoculation of colostrum on Its storage characteristics and on calf performance. **Can. J. Anim. Sci**. 60: 885-897.

_____. 1980 b. The feeding of fermented colostrum to neonatal calves. II. The effect of varying the time and season of application of sorbic acid to fermented colostrum on calf performance. **Can. J. Anim. Sci**. 60: 899-905.

Drevjany, L.A., E. Donefer, L. Latrille and M.A. Fanous. 1982 c. The feeding of fermented colostrum to neonatal calves. III. Laboratiory evaluation of mold-inhibiting and nutrient-preserving properties of sorbic acid applied to fermented colostrum. **Can. J. Anim. Sci**. 62: 191-205.

Drevjany, L.A., E. Donefer and L. Latrille. 1983 d. The feeding of fermented colostrum to neonatal calves. IV. Effect of energy supplemention of fermented colostrum on protein utilization. **Can. J. Anim. Sci**. 62: 439-448.

Duncan, J.R., K.W. Prasse and E.A. Mahaffey. 1994. **Veterinary Laboratory Mediciae**. 3 rd ed., The Iowa State University Press, Iowa. 300 p.

Elliker, P.R., A.W. Anderson and G. Hannesson. 1959. An agar culture medium for lactic acid streptococci and lactobacilli. **J. Dairy Sci.** 39: 1611-1612.

Ellinger, D.K., L.D. Muller and P.J. Glantz. 1978. Influence of feeding fermented colostrum and *Lactobacillus acidophilus* on faecal flora and selected blood parameters of young dairy calves. **J. Dairy Sci**. 61 (Suppl. 1):126.

_____. 1980. Influence of feeding fermented colostrum and *Lactobacillus acidophilus* on fecal flora of dairy calf. **J. Dairy Sci**. 63: 478-482.

Foley, R.C., D.L. Bath, F.N.Dickinson and H.A.Tucker. 1972. **Dairy Cattle : Principles Practices Proldems and Profit**. Lea & Febiger, Philadelphia.

Fuller, R. 1992. History and development of probiotics, pp. 1-8. *In* R. Fuller (ed.). **Probiotics ; The Scientific Basis**. Chapman & Hall, London.

_____. 1999. Probiotics for farm animals, pp. 15-22. *In* G.W. Tannock (ed.). **Probiotics; A Critical Review**. Horizon Scientific Press, Norfolk, England.

Galvao, K. N., J. E. P. Santos, A. Coscioni, M. Villasenor, W. M. Sischo and A.C. B. Berge. 2005. Effect of feeding live yeast products to calves with failure of passive transfer on performance and patterns of antibiotic resistance in fecal *Escherichia coli*. **Reprod. Nutri. Dev**. 45: 427-440.

Garcia, F., F. Gonzalez, M.T. Leon, M. Escudero and V. Pezantes. 1975. Colostrum preserved with antibiotics in calf feeding**. Ciencia e Investigacion Agraria** 2 :191-193. (Abtr.)

Gilliland, S. E., B. B. Bruce, L. J. Bush and T. E. Staley. 1980. Comparion of two *Lactobacillus acidophilus* as dietary adjuncts for young calves. **J. Dairy Sci**. 63: 964-972.

Gonzalez, Y.M. 1977. Storage and use of fermented colostrum for dairy calf feeding. **Investigacion Y Progreso Agricola**. 9: 89-93. (Abstr.)

Gueimonde, M., N. Corzo, G. Vinderola, J. Reinheimer, and C. G. De Los Reyes-Gavilan. 2002. Evolution of carbohydrate fraction in carbonated fermented milks as affected by galactosidase activity of starter strains. **J. Dairy Res**. 69: 125-137.

Hanbunchong, A. 1978. **Early weaning of yong calves fed preserved colostrum or milk replacer**. F.A.O. Postgraduate Course in Physiology of Animal Nutrition 1977/78. Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark.

Harper, H.A., V.W. Rodwell and P.A. Mayes. 1797. **Review of Physiological Chemistry**. 17th ed. Huntsmen offset Printing Pte, Ltd., Singapore.

Havenaar, R., B.T. Brink and H.J. Huis. 1992. Selection of srains for probiotics use, pp. 209-224. *In* R. Fuller (ed.). **Probiotics ; The Scientific Basis**. Chapman & Hall, London.

Higginbotham, G.E. and D.L. Bath. n.d. Evaluation of lactobacillus fermentation cultures in calf feeding systems. **J. Dairy Sci**. 76: 615-620.

Huber, J.T., N.L. Jacobson, R.S. Allen and P.A. Hartman. 1964. Digestive enzyme activities in the young calf. **J. Dairy Sci**. 52: 1303-1315.

Hujanen, M. and Y.-Y. Linko. 1996. Effect of temperature and various nitrogen sources on L (+) lactic acid production by *Lactobacillus casei*. **Appli. Microbiol. Biotechnol**. 45: 307-313.

Jenkins, K.J., S. Mahadeven and D.B. Emmons. 1980. Susceptibility of proteins used in calf milk replacers to hydrolysis by various proteolytic enzymes. **Can. J. Anim. Sci**. 60: 907-914.

Jenness, R. 1985. Biochemical and nutritional aspects of milk and colostrum, pp. 164-195. *In* B.L. Larson (ed.). **Lactation**. The Iowa State University Press/Ames, Iowa.

Jensen, R.G. 1995. Fat-soluble vitamin in bovine milk, pp. 720-725. *In* R.G. Jensen (ed.). **Hankbook of Milk Composition**. Academic Press, Inc., San Diego, California.

_____. 1995. Miscellaneous factors affecting composition and volume of human and bovine milk, pp. 237-271. *In* R.G. Jensen (ed.). **Hankbook of Milk Composition**. Academic Press, Inc., San Diego, California.

Karioki, D.I., G.K. Gitau and S.J.M. Munyua. 1995. The use of preserved colostrum for rearing replacement dairy calves: Calf performace, economics and on-farm practicability in Kenya. **Onderstepoort J. Vet. Res**. 62: 167-170. (Abstr.)

Keys, J.E., R.E. Pearson and B.T. Weinland. 1980. Performance of calves fed fermented mastitic milk, colostrum and fresh whole milk. **J. Dairy Sci**. 63: 1123-1127.

Kodjo, G. 1981. Utilization of naturally fermented or formadehyde preserved colostrum for rearing calves. **Boletim de Divulgacao, Escola Superior de Agriculture** No 27: 354-355. (Abstr.)

Lamming, G.E. 1994. **MARSHALL's Physiology of Reproduction**. 4th ed., Volume 3 : Pregnancy and Lactation , Part Two Fetal Physiology, Parturition and Lactation. Chapnan & Hall , Inc., New York.

Lanuza, A.F., B.N. Butendieck, H.G. Stehr and A.R. Pineda. 1990. Naturally fermented colostrum vs. acidified colostrum preserved with formalin for spring born calves. **Agr. Tecnica Santiago** 50: 56-59. (Abstr.)

Larson, B.L. 1985. Biosynthesis and cellular secretion of milk, pp. 129-162. *In* B.L. Larson (ed.). **Lactation**. The Iowa State University Press/Ames, Iowa.

Lean, I. 1987. **Nutrition of Dairy Cattle**. The University of Sydney Post-Graduate Foundation in Veterinary Science, New South Wales, Australia.

Lopez, M.C., L.M. Medina and R. Jordano. 1998. Suvival of Lactic acid bacteria in commercial frozen yogurt. **J. Food Sci**. 63: 706-708.

Lykkeaa, J. 1982. Fermented colostrum as milk replacer for young calves. **XX1 International Dairy Congress** 1:80. (Abtr.)

Males, R.J. and B. Johnson. 1990. Probiotics-what are they ? what do they do ?. **J. Anim. Sci**. 68: 504-505.

Maragkoudakis, P. A., G. Zoumpopuulou, C. Miaris, G. Kalantzopoulos, B. Pot and E. Tsakalidou. 2006. Probiotic potential of Lactobacillus strains isolated from dairy products. **Internat. Dairy J.** 16: 189-199.

Mathews, C.K. and K.E. Van-Hole. 1996. **Biochemistry**. The Benjamin Cummings Publishing Company, California.

Matsuzaki, T. 1998. Immunodulation by treatment with *Lactobacillus casei* strain Shirota. **Int. J. Food Microbiol**. 41: 133-140.

Mayra-Makinen, A. and M. Bigret. 1998. Industrial use and production of lactic acid bacteria, pp. 73-102. *In* S. Salminen and A.V. Wright (eds.). **Lactic Acid Bacteria; Microbiology and Functional Aspects**, 2 nd ed., Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., New York.

McDonald, P., R.A. Edwards and J.F.D. Greenhalgh. 1966. **Animal Nutrition**. 4th ed. Longman Scientific & Technical, Hong Kong.

McDowell, L.R. 1992. **Mineral in Animal and Human Nutrition**. Academic Press, Inc., California.

Mikami, M., H. Miura and A. Yamanashi. 1980. Microflora preserved with additives for calf feeding. **Japanese J. Zootechnical Sci**. 51: 305-310. (Abstr.)

Miura, H., M. Mikami and T. Okada. 1980. Bacteriological changes of colostrum naturally fermented, and preserved with propionic acid or hydrogen peroxide. **Japanese J. Zootechnical Sci**. 51: 276-271. (Abstr.)

Morill, J.L., R. Michelsen and A.D. Dayton. 1974. Growth of calves fed colostrum naturally fermented , or preserved with propionic acid or formadehyde. **J. Dairy Sci**. 60: 79-84.

Muller, L.D. and D.R. Syhre. 1975. Influence of chemicals and bacterial cultures on preservation of colostrum. **J. Dairy Sci**. 58: 1360 (Abstr.)

_____, F.C. Ludens and J.A. Rook. 1975. Performance of calves fed fermented colostrum or colostrum with additives during warm ambient temperatures. **J. Dairy Sci**. 59: 930-935.

Muller, L.D., G.L. Beardsley and F.C. Ludens. 1975. Amounts of sour colostrum for growth and health of calves. **J. Dairy Sci**. 58: 1360-1364.

Nakayama, F., A. Ochiai, H. Horigome and T. Koide. 1981. Use of colostrum and raw milk as yogurt- with particular emphasis on calf feeding. **Animal Husbandry** 35: 406-408. (Abstr.)

Nannen, N. L. and R. W. Hutkins. 1991. Intracellular pH effects in lactic acid bacteria. **J. Dairy Sci**. 74: 741-746.

Narendranath, N.V. and R. Power. 2005. Relaionship between pH and medium dissolved solids in terms of growth and metabolism of Lactobacilli and Saccharomyces cerevisiae during ethanol production. **Appl. Environ. Microbiol**. 71: 2239-2243.

Newman, K.E. and K.A. Jacques. 1995. Microbial feed additives for pre-ruminants, pp. 247-258. *In* R.J. Wallace and A. Chesson (eds.). **Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding**. VCH Publishers, Inc., New York.

Nousiainen, J. and J. Setala. 1998. Lactic acid bacteria as animal probiotics, pp. 437-473. *In* S. Salminen and A.V. Wright (eds.). **Lactic Acid Bacteria ; Microbiology and Functional Aspects**. 2nd ed. Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., New York.

Nousiainen, J., K. J. Shingfield and P. Huntanen. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as diagnostic of protein feeding. **J. Dairy Sci**. 87: 386.

O'leary, V. S. and J. H. Woychik. 1976. Utilization of lactose, glucose, and galactose by a mixed culture of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgricus* in milk treated with lactase enzyme. **Appli. Environ. Microbiol**. 32: 89-94.

Otterby, D.E. and R.E. Dutton. 1974. Comparative fermentation of cows' colostrum. **J. Dairy Sci**. 53: 674. (Abstr.)

Otterby, D.E., D.G. Johnson, J.A. Foley, D.S. Tomsche, R.G. Lundquist and P.J. Hanson. 1980. Fermented or chemically –treated colostrum and nonsalable milk in feeding programs for calves**. J. Dairy Sci**. 63: 951-958.

Oyeniyi, O.O. and A.G. Hunter. 1978. Colostral constituens including immunoglobulins in the first three milkings postpartum. **J. Dairy Sci**. 61:44-48.

Peaker, M. 1977. **Comparative Aspects of Lactation**. Academic Press, Bristol, United Kingdom.

Phillips, W.A. and D.L. Von Tungeln. 1985. The effect of yeast culture on the poststress performance of feeder calves. **Nutri. Rep. Int**. 32: 287-94.

Piathowski, B., H. Girschewski and J. Voigt. 1972. Colostrum and calf health. **Tierzucht**. 26: 376 (Abstr.)

Plog, J., J.T. Huber and W. Oxender. 1974. Growth, diarrhea, and gramma globulin of calves fed frozen and fermented colostrum. **J. Dairy Sci**. 57: 642.

Preston, R. L., F. Byers and K. R. Stevens. 1978. Estrogenic activity and growth stimulation in steers fed varying protein levetls. **J. Anim. Sci**. 46: 541-546.

Radostits, O.M. and J.M. Bell. 1970. Nutrition of the pre-ruminant dairy calf with special reference to the digestion and absorption of nutrition: A review. **Can. J. Anim. Sci**. 50: 405-451.

Radostits, O.M., K.E. Leslic and J. Fetrow. 1994. **Herd Health; Food Animal Production Medicine**. 2nd ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania.

Rindsig, R.B. 1976. Sour colostrum dilutions compared to whole milk for calves. **J. Dairy Sci**. 59: 1293-1300.

Rindsig, R.B. and G.W. Bodoh. 1976. Growth of calves fed colostrum naturally fermented, or preserved with propionic acid or formaldehyde. **J. Dairy Sc**. 60: 79-84

Robinson, R.K. 1986. **Developments in Food Microbiology**. Elsevier Applied Scince Publisher, Ltd., London.

Robinson, R.K. 1993. **Modern Dairy Technology Volum 2 : Advance in Milk Products**. 2 nd ed., Elsevier Applied Science, London.

Roy, J.H.B. 1990. **The Calf Volume 1 : Management of Health**. 5 th ed., Butterworths, London.

Ruckebusch, Y., L.P. Phaneuf and R. Dunlop. 1991. **Physiology of Small Large Animals**. B.C.Decker, Inc., Philadelphia.

Sainsbury, D. 1998. **Animal Health : Health, Disease and Welfare of Farm Animal**. 2nd ed. Blackwell Science, Victoria, Australia.

Salminen, S. and A.V. Wright. 1992. Lactic acid bacteria. Marcel Dekkel, New York.

Slein, M.W. 1963. **Methods of Enzymatic Analysis**. Academic Press, New York.

Stephens, W.H. 1980. Using colostrum for calf rearing. **J. Agri. Tasmania** 51: 32. (Abstr.)

Strombeck, D.R. and W.G.G. Guilford. 1991. **Small Animal Gastroenterology**. 2 nd ed. Wolfe Publishing, Ltd., USA.

Suzuki, S., H. Fujita and F. Moriya. 1978. Effects of storing temperature on the nutritive malue and palatability of fermented colostrum. **Research Bulletin of Obihiro University** 11: 85-92. (Abstr.)

Tomas, T. D. and V. L. Crow. 1984. Selection of galactose-fermenting *Streptococcus thermophilus* in lactose-limited Chemostat culture. **Appli. Environ. Microbiol**. 48: 186-191.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, Neutral detergent fiber, nonstrach and polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci**. 74: 3583-3597.

Vlkova, E., I. Trojanova and V. Rada. 2006. Distribution of Bifidobacteria in the gastrointestinal tract of calves. **Folia Micobiol**. 51: 325-328.

Wallace, R.J. and C.J. Newbold. 1992. Probiotics for ruminants, pp. 317-353. *In* R. Fuller (ed.). **Probiotics : The Scientific Basis**. Chapman & Hall, London.

Webster, J. 1984. **Calf Husbandry, Health and Welfare**. Granada, London.

Wheeler, E.E., S.A. Ikurior, J.B. Stone and I. Mcmillan. 1980. Prediction of change in the composition of naturally fermented and chemically preserved colostrum during storage. **Can. J. Anim. Sci**. 60: 763-777. (Abstr.)

White, D. 1991. Feeding colostrum to calves, pp. 229-233. *In* E. Boden (ed.). **Bovine Practice : The In Practice Handbooks**. Bailliere Tindall, London.

White, R.W., D.H. Yungblut, J.L. Albright, B.W. Crowl and F.J. Babel. 1974. Composition and nutritive value of fermented colostrum for feeding dairy calves. **J. Dairy Sci**. 57: 643.

Yu, Y., J.B. Stone and M.R. Wilson. 1976. Fermented bovine colostrum for Holstein replacement calf rearing. **J. Dairy Sci**. 59: 936-943.

Zhang, K., Z.H. Bao and J. Ren. 1981. Feeding calves with fermented colostrum. **Chinese J. Amin. Sci**. 6: 24-26.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

อาหารเลี้ยงเชื้อ

**1. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก**

สูตรดัดแปลง ตามวิธี Elliker *et al.* (1959 )

**วิธีการเตรียมสูตรอาหาร** ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1. Elliker Agar ปริมาตร 1000 มล.

| | |
|---|---|
| Panereatic digest of casein | 20.0 g |
| Agar | 15.0 g |
| Yeast extract | 10.0 g |
| Gelatin | 4.0 g |
| Glucose | 3.0 g |
| Ascorbic acid | 2.5 g |
| Lactose | 2.5 g |
| NaCl | 2.5 g |
| Sodium acetate | 2.5 g |
| Sucrose | 2.5 g |
| $CaCO_3$ | 4.0 g |
| Sodium azide | 0.2 g |

เติมน้ำกลั่น (Deionized water) ให้ได้ปริมาตร 1000 มล.

2. การเตรียมสารละลายนมผง ส่วนผสม 100 มล.

| | |
|---|---|
| Non fat dry milk solids | 11.0 g |

เติม Deionized water ให้ได้ปริมาตร 100 มล.

3. นำส่วนสารละลายในข้อ 1 และข้อ 2 (ปริมาตร 70 มล.) คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน และปรับ pH 6.5-6.8 แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 °C ความดัน 121 ปอนด์ นาน 15 นาที

**ภาคผนวก ข**

ข้อมูลผลการหมักน้ำนมเหลืองในห้องปฏิบัติการ

**ตารางผนวกที่ ข1** การเปลี่ยนแปลงโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (LAB colonies) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดแลคติก (Lactic acid) ของน้ำนมเหลืองหมักในห้องเย็น (4-8 °C)

| พารามิเตอร์ | ระยะเวลา (วัน) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **LAB colonies** | 0 | 2.83 | 2.47 | 5.48 | 5.46 | 5.35 | 5.86 | 6.00 | 6.02 |
| (log CFU/ ml) | 7 | 5.72 | 5.38 | 5.45 | 5.56 | 5.73 | 6.06 | 6.22 | 6.63 |
| | 14 | 6.69 | 6.61 | 5.96 | 6.20 | 6.56 | 6.57 | 6.40 | 6.46 |
| | 21 | 6.07 | 5.43 | 5.94 | 5.54 | 6.08 | 6.43 | 6.41 | 6.36 |
| | 28 | 6.44 | 5.37 | 5.71 | 5.97 | 6.20 | 5.74 | 6.41 | 6.56 |
| **pH** | 0 | 6.24 | 6.34 | 6.32 | 6.30 | 6.29 | 6.28 | 6.24 | 6.23 |
| | 7 | 5.86 | 6.01 | 6.02 | 5.90 | 5.93 | 6.03 | 5.91 | 5.83 |
| | 14 | 5.60 | 5.47 | 5.39 | 5.38 | 5.43 | 5.07 | 5.10 | 5.18 |
| | 21 | 5.47 | 5.11 | 5.11 | 4.93 | 5.05 | 4.79 | 4.73 | 4.65 |
| | 28 | 5.18 | 4.88 | 4.89 | 4.66 | 4.73 | 4.64 | 4.53 | 4.52 |
| **Lactic acid** | 0 | 0.34 | 0.26 | 0.30 | 0.30 | 0.31 | 0.30 | 0.32 | 0.34 |
| (% TA) | 7 | 0.49 | 0.34 | 0.33 | 0.38 | 0.40 | 0.36 | 0.39 | 0.43 |
| | 14 | 0.54 | 0.46 | 0.46 | 0.55 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.71 |
| | 21 | 0.74 | 0.61 | 0.66 | 0.74 | 0.73 | 0.83 | 0.80 | 0.95 |
| | 28 | 0.83 | 0.75 | 0.76 | 1.00 | 1.25 | 1.04 | 1.41 | 1.73 |

**ตารางผนวกที่ ข2** การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมักในห้องเย็น (4-8 °C) ตลอดระยะการหมักนาน 28 วัน

| องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมัก (%) | ระยะเวลา (วัน) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **เนื้อนมรวม** | 0 | 19.90 | 12.70 | 12.80 | 15.34 | 17.75 | 13.44 | 15.94 | 18.00 |
| | 7 | 19.06 | 11.66 | 10.78 | 12.90 | 16.08 | 10.47 | 14.68 | 16.95 |
| | 14 | 14.55 | 6.98 | 7.54 | 10.48 | 13.90 | 7.76 | 12.58 | 15.70 |
| | 21 | 10.28 | 5.81 | 7.12 | 9.71 | 11.58 | 7.23 | 9.82 | 12.28 |
| | 28 | 7.52 | 4.69 | 4.52 | 6.33 | 8.66 | 5.58 | 6.99 | 8.60 |
| **เนื้อนมไม่รวมไขมัน** | 0 | 14.64 | 9.46 | 9.71 | 12.36 | 14.82 | 10.50 | 12.87 | 15.13 |
| | 7 | 14.38 | 8.94 | 8.34 | 10.49 | 13.78 | 8.24 | 11.99 | 14.43 |
| | 14 | 11.81 | 6.13 | 6.10 | 8.96 | 12.15 | 6.54 | 10.69 | 13.44 |
| | 21 | 8.99 | 5.07 | 6.03 | 8.60 | 10.27 | 6.31 | 8.84 | 11.12 |
| | 28 | 6.57 | 4.19 | 4.37 | 6.06 | 8.34 | 4.84 | 6.58 | 8.22 |
| **ไขมันนม** | 0 | 5.26 | 3.25 | 3.09 | 2.98 | 2.93 | 2.94 | 3.07 | 2.87 |
| | 7 | 4.68 | 2.73 | 2.44 | 2.41 | 2.30 | 2.24 | 2.69 | 2.52 |
| | 14 | 2.74 | 0.85 | 1.44 | 1.53 | 1.74 | 1.22 | 1.89 | 2.26 |
| | 21 | 1.30 | 0.74 | 1.09 | 1.11 | 1.32 | 0.92 | 0.98 | 1.16 |
| | 28 | 0.95 | 0.50 | 0.25 | 0.28 | 0.32 | 0.44 | 0.41 | 0.38 |
| **โปรตีนนม** | 0 | 6.42 | 4.11 | 4.36 | 4.63 | 4.77 | 4.51 | 4.56 | 4.72 |
| | 7 | 6.62 | 4.29 | 3.99 | 3.63 | 4.68 | 3.44 | 4.36 | 4.77 |
| | 14 | 6.33 | 3.38 | 2.94 | 3.21 | 4.16 | 2.98 | 4.16 | 4.39 |
| | 21 | 5.30 | 3.12 | 3.37 | 3.72 | 3.49 | 3.72 | 3.70 | 3.89 |
| | 28 | 3.76 | 2.60 | 2.89 | 2.76 | 2.91 | 2.96 | 2.83 | 2.99 |

**ตารางผนวกที่ ข2** (ต่อ)

| องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมัก (%) | ระยะเวลา (วัน) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **น้ำตาลแลคโตส** | 0 | 3.84 | 2.60 | 2.73 | 5.34 | 7.73 | 3.53 | 5.70 | 8.05 |
| | 7 | 3.72 | 2.45 | 2.37 | 4.96 | 7.31 | 2.98 | 5.45 | 7.63 |
| | 14 | 3.33 | 2.32 | 2.15 | 4.70 | 6.69 | 2.70 | 5.09 | 7.26 |
| | 21 | 2.94 | 1.57 | 1.95 | 4.22 | 5.84 | 2.03 | 4.58 | 6.50 |
| | 28 | 2.33 | 1.46 | 1.71 | 3.41 | 5.46 | 1.46 | 3.75 | 5.27 |
| **แร่ธาตุนม** | 0 | 0.88 | 0.51 | 0.47 | 0.58 | 0.62 | 0.48 | 0.46 | 0.51 |
| | 7 | 0.63 | 0.53 | 0.47 | 0.51 | 0.52 | 0.42 | 0.51 | 0.49 |
| | 14 | 0.58 | 0.42 | 0.44 | 0.47 | 0.43 | 0.36 | 0.46 | 0.47 |
| | 21 | 0.55 | 0.37 | 0.38 | 0.44 | 0.37 | 0.36 | 0.42 | 0.43 |
| | 28 | 0.47 | 0.37 | 0.38 | 0.39 | 0.35 | 0.32 | 0.42 | 0.43 |

**ตารางผนวกที่ ข3** การเปลี่ยนแปลงโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (LAB colonies) ค่า pH และปริมาณกรดแลค ติก (Lactic acid) ของน้ำนมเหลืองต้มที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง

| พารามิเตอร์ | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **LAB colonies** | 0 | 5.67 | 5.38 | 6.40 | 6.42 | 6.41 | 6.80 | 6.81 | 6.80 |
| (log CFU/ ml) | 12 | 7.32 | 6.93 | 7.83 | 8.42 | 8.97 | 8.67 | 8.84 | 9.11 |
| | 18 | 8.47 | 8.19 | 8.70 | 8.87 | 9.44 | 8.75 | 9.13 | 9.76 |
| | 24 | 8.64 | 8.51 | 8.88 | 8.95 | 9.59 | 8.86 | 9.03 | 9.05 |
| | 30 | 8.71 | 8.48 | 8.90 | 8.88 | 8.99 | 8.95 | 8.94 | 8.87 |
| | 36 | 8.83 | 8.54 | 8.76 | 8.80 | 8.85 | 8.89 | 8.83 | 8.68 |
| | 42 | 8.76 | 8.53 | 8.85 | 8.87 | 8.98 | 8.89 | 8.87 | 8.96 |
| | 48 | 8.89 | 8.58 | 8.71 | 8.62 | 8.79 | 8.81 | 8.79 | 8.81 |
| | 54 | 8.74 | 8.59 | 8.83 | 8.77 | 8.85 | 8.91 | 9.02 | 8.84 |
| | 60 | 8.71 | 8.57 | 8.76 | 8.55 | 8.82 | 8.77 | 8.78 | 8.66 |
| | 66 | 8.68 | 8.52 | 8.75 | 8.78 | 8.70 | 8.60 | 8.68 | 8.92 |
| | 72 | 8.73 | 8.56 | 8.62 | 8.74 | 8.65 | 8.45 | 8.74 | 8.75 |
| **pH** | 0 | 5.98 | 6.05 | 6.04 | 6.03 | 6.00 | 6.01 | 5.95 | 5.94 |
| | 12 | 5.55 | 5.56 | 5.44 | 5.29 | 4.66 | 5.31 | 5.17 | 4.60 |
| | 18 | 5.35 | 5.29 | 5.09 | 4.90 | 4.53 | 4.98 | 4.83 | 4.49 |
| | 24 | 5.15 | 4.98 | 4.85 | 4.67 | 4.48 | 4.76 | 4.59 | 4.43 |
| | 30 | 4.99 | 4.76 | 4.67 | 4.48 | 4.45 | 4.56 | 4.44 | 4.38 |
| | 36 | 4.86 | 4.66 | 4.54 | 4.42 | 4.36 | 4.49 | 4.36 | 4.33 |
| | 42 | 4.80 | 4.61 | 4.53 | 4.42 | 4.32 | 4.50 | 4.34 | 4.29 |
| | 48 | 4.76 | 4.55 | 4.47 | 4.36 | 4.25 | 4.42 | 4.28 | 4.24 |
| | 54 | 4.69 | 4.48 | 4.38 | 4.27 | 4.22 | 4.34 | 4.22 | 4.18 |
| | 60 | 4.63 | 4.40 | 4.29 | 4.18 | 4.18 | 4.24 | 4.16 | 4.14 |
| | 66 | 4.58 | 4.38 | 4.24 | 4.15 | 4.12 | 4.21 | 4.11 | 4.11 |
| | 72 | 4.60 | 4.34 | 4.22 | 4.12 | 4.09 | 4.18 | 4.09 | 4.06 |

**ตารางผนวกที่ ข3** (ต่อ)

| พารามิเตอร์ | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **Lactic acid** | 0 | 0.43 | 0.28 | 0.41 | 0.45 | 0.47 | 0.49 | 0.41 | 0.50 |
| (% TA) | 12 | 0.80 | 0.47 | 0.59 | 0.65 | 0.85 | 0.61 | 0.63 | 0.92 |
| | 18 | 0.89 | 0.68 | 0.63 | 0.78 | 0.99 | 0.77 | 0.79 | 1.30 |
| | 24 | 1.03 | 0.83 | 0.82 | 1.06 | 1.32 | 0.91 | 1.04 | 1.40 |
| | 30 | 1.16 | 0.90 | 0.90 | 1.15 | 1.44 | 0.95 | 1.15 | 1.49 |
| | 36 | 1.30 | 1.01 | 1.12 | 1.20 | 1.54 | 1.08 | 1.22 | 1.58 |
| | 42 | 1.37 | 1.14 | 1.18 | 1.25 | 1.60 | 1.31 | 1.40 | 1.69 |
| | 48 | 1.40 | 1.21 | 1.23 | 1.40 | 1.65 | 1.31 | 1.57 | 1.75 |
| | 54 | 1.53 | 1.31 | 1.29 | 1.40 | 1.80 | 1.38 | 1.65 | 1.94 |
| | 60 | 1.58 | 1.15 | 1.37 | 1.44 | 1.84 | 1.45 | 1.69 | 1.88 |
| | 66 | 1.55 | 1.10 | 1.35 | 1.52 | 1.82 | 1.36 | 1.63 | 1.87 |
| | 72 | 1.52 | 1.09 | 1.31 | 1.61 | 1.83 | 1.32 | 1.67 | 1.88 |

**ตารางผนวกที่ ข4** การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบนมของน้ำนมเหลืองต้มที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง

| องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมัก (%) | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **เนื้อนมรวม** | 0 | 18.69 | 10.46 | 10.26 | 12.82 | 16.40 | 10.83 | 13.88 | 17.39 |
| | 12 | 15.61 | 9.93 | 9.79 | 11.35 | 15.19 | 10.10 | 13.50 | 16.14 |
| | 18 | 14.23 | 8.82 | 9.14 | 10.50 | 14.10 | 9.76 | 13.27 | 14.87 |
| | 24 | 12.56 | 7.99 | 8.31 | 9.87 | 13.24 | 8.88 | 12.47 | 13.68 |
| | 30 | 11.62 | 7.01 | 7.82 | 9.17 | 12.08 | 8.47 | 11.27 | 12.19 |
| | 36 | 10.24 | 6.50 | 7.62 | 8.75 | 11.60 | 7.88 | 9.42 | 11.37 |
| | 42 | 9.40 | 6.31 | 7.15 | 8.59 | 10.68 | 7.21 | 8.85 | 9.77 |
| | 48 | 8.99 | 6.24 | 6.73 | 8.31 | 10.31 | 7.00 | 8.54 | 9.03 |
| **เนื้อนมไม่รวมไขมัน** | 0 | 15.48 | 8.71 | 8.68 | 11.07 | 14.63 | 9.17 | 12.11 | 15.65 |
| | 12 | 13.34 | 8.41 | 8.37 | 9.81 | 13.52 | 8.59 | 11.88 | 14.57 |
| | 18 | 12.20 | 7.56 | 7.89 | 9.02 | 12.51 | 8.38 | 11.82 | 13.35 |
| | 24 | 10.70 | 6.97 | 7.20 | 8.61 | 11.74 | 7.65 | 11.07 | 12.34 |
| | 30 | 9.92 | 6.08 | 6.78 | 8.02 | 10.74 | 7.34 | 9.95 | 11.08 |
| | 36 | 8.83 | 5.70 | 6.72 | 7.70 | 10.35 | 6.90 | 8.20 | 10.36 |
| | 42 | 8.13 | 5.62 | 6.30 | 7.58 | 9.49 | 6.31 | 7.74 | 8.94 |
| | 48 | 7.76 | 5.61 | 6.04 | 7.35 | 9.18 | 6.13 | 7.52 | 8.23 |

**ตารางผนวกที่ ข4** (ต่อ)

| องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมัก (%) | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **ไขมันนม** | 0 | 3.21 | 1.75 | 1.59 | 1.76 | 1.77 | 1.66 | 1.77 | 1.74 |
| | 12 | 2.27 | 1.52 | 1.42 | 1.54 | 1.68 | 1.51 | 1.62 | 1.57 |
| | 18 | 2.03 | 1.27 | 1.25 | 1.48 | 1.59 | 1.38 | 1.45 | 1.52 |
| | 24 | 1.86 | 1.03 | 1.12 | 1.26 | 1.50 | 1.23 | 1.40 | 1.35 |
| | 30 | 1.71 | 0.94 | 1.04 | 1.15 | 1.35 | 1.13 | 1.33 | 1.12 |
| | 36 | 1.41 | 0.80 | 0.90 | 1.05 | 1.25 | 0.98 | 1.22 | 1.01 |
| | 42 | 1.27 | 0.69 | 0.85 | 1.01 | 1.19 | 0.91 | 1.11 | 0.83 |
| | 48 | 1.23 | 0.64 | 0.69 | 0.97 | 1.14 | 0.87 | 1.03 | 0.81 |
| **โปรตีนนม** | 0 | 9.44 | 5.19 | 5.22 | 5.48 | 5.78 | 5.35 | 5.59 | 5.77 |
| | 12 | 9.05 | 5.43 | 5.29 | 5.82 | 5.85 | 5.68 | 6.09 | 6.57 |
| | 18 | 8.45 | 5.36 | 5.19 | 5.81 | 6.08 | 5.70 | 6.63 | 6.65 |
| | 24 | 7.46 | 5.28 | 5.06 | 5.70 | 6.42 | 5.45 | 6.47 | 6.53 |
| | 30 | 7.12 | 4.78 | 4.89 | 5.61 | 6.29 | 5.34 | 5.77 | 6.26 |
| | 36 | 6.44 | 4.64 | 5.32 | 5.64 | 6.16 | 5.17 | 5.49 | 6.03 |
| | 42 | 6.02 | 4.95 | 5.17 | 5.77 | 5.84 | 5.06 | 5.46 | 5.61 |
| | 48 | 5.84 | 4.96 | 5.16 | 5.81 | 5.65 | 5.05 | 5.45 | 5.59 |

**ตารางผนวกที่ ข4** (ต่อ)

| องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมัก (%) | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **น้ำตาลแลคโตส** | 0 | 3.69 | 2.36 | 2.43 | 4.45 | 7.66 | 2.81 | 5.35 | 8.70 |
| | 12 | 2.79 | 1.95 | 2.17 | 3.03 | 6.62 | 2.10 | 4.85 | 7.22 |
| | 18 | 2.53 | 1.50 | 1.90 | 2.25 | 5.49 | 1.99 | 4.32 | 6.02 |
| | 24 | 2.00 | 1.20 | 1.46 | 2.03 | 4.45 | 1.62 | 3.89 | 5.32 |
| | 30 | 1.90 | 0.85 | 1.33 | 1.70 | 3.65 | 1.47 | 3.48 | 4.42 |
| | 36 | 1.76 | 0.73 | 1.03 | 1.54 | 3.44 | 1.29 | 2.16 | 4.00 |
| | 42 | 1.45 | 0.60 | 0.83 | 1.20 | 2.92 | 0.96 | 1.84 | 3.12 |
| | 48 | 1.35 | 0.52 | 0.67 | 0.97 | 2.77 | 0.86 | 1.54 | 2.36 |
| **แร่ธาตุนม** | 0 | 0.84 | 0.58 | 0.56 | 0.61 | 0.58 | 0.64 | 0.60 | 0.56 |
| | 12 | 0.77 | 0.48 | 0.50 | 0.58 | 0.63 | 0.70 | 0.67 | 0.79 |
| | 18 | 0.81 | 0.56 | 0.45 | 0.52 | 0.65 | 0.69 | 0.58 | 0.84 |
| | 24 | 0.62 | 0.54 | 0.44 | 0.38 | 0.63 | 0.64 | 0.68 | 0.85 |
| | 30 | 0.81 | 0.49 | 0.48 | 0.44 | 0.54 | 0.59 | 0.62 | 0.72 |
| | 36 | 0.78 | 0.47 | 0.53 | 0.53 | 0.49 | 0.53 | 0.67 | 0.68 |
| | 42 | 0.60 | 0.62 | 0.55 | 0.39 | 0.45 | 0.62 | 0.66 | 0.62 |
| | 48 | 0.66 | 0.51 | 0.49 | 0.40 | 0.37 | 0.64 | 0.49 | 0.53 |

**ตารางผนวกที่ ข5** การเปลี่ยนแปลงโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (LAB colonies) ค่า pH และปริมาณกรดแลค ติก (Lactic acid) ของน้ำนมเหลืองไม่ต้มที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง

| พารามิเตอร์ | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **LAB colonies** | 0 | 6.96 | 6.42 | 6.64 | 6.65 | 6.66 | 7.38 | 7.42 | 7.47 |
| (log CFU/ ml) | 12 | 8.32 | 8.15 | 8.20 | 8.34 | 8.63 | 8.36 | 8.44 | 8.53 |
| | 18 | 8.42 | 8.46 | 8.54 | 8.96 | 8.88 | 8.54 | 8.84 | 8.70 |
| | 24 | 8.69 | 8.41 | 8.42 | 8.97 | 8.93 | 8.55 | 8.99 | 9.13 |
| | 30 | 8.73 | 8.75 | 8.78 | 8.92 | 8.88 | 8.88 | 8.93 | 9.02 |
| | 36 | 8.96 | 8.73 | 8.83 | 8.94 | 8.99 | 8.92 | 8.93 | 8.91 |
| | 42 | 8.57 | 8.49 | 8.54 | 8.61 | 8.33 | 8.83 | 8.80 | 8.69 |
| | 48 | 8.84 | 8.63 | 8.73 | 8.80 | 8.96 | 8.82 | 9.03 | 8.97 |
| | 54 | 8.90 | 8.84 | 8.89 | 8.88 | 8.96 | 8.88 | 8.82 | 8.95 |
| | 60 | 8.71 | 8.47 | 8.64 | 8.79 | 8.86 | 8.70 | 8.79 | 8.77 |
| | 66 | 8.71 | 8.52 | 8.70 | 8.60 | 8.51 | 8.70 | 8.61 | 8.71 |
| | 72 | 8.69 | 8.55 | 8.72 | 8.67 | 8.71 | 8.78 | 8.64 | 8.62 |
| **pH** | 0 | 5.93 | 5.97 | 5.92 | 5.93 | 5.90 | 5.90 | 5.86 | 5.86 |
| | 12 | 5.67 | 5.66 | 5.59 | 5.45 | 5.45 | 5.49 | 5.36 | 5.34 |
| | 18 | 5.39 | 5.34 | 5.24 | 4.89 | 4.87 | 5.03 | 4.79 | 4.77 |
| | 24 | 5.00 | 4.85 | 4.73 | 4.56 | 4.53 | 4.56 | 4.50 | 4.48 |
| | 30 | 4.65 | 4.64 | 4.50 | 4.37 | 4.37 | 4.38 | 4.35 | 4.35 |
| | 36 | 4.59 | 4.41 | 4.37 | 4.28 | 4.27 | 4.29 | 4.27 | 4.26 |
| | 42 | 4.53 | 4.37 | 4.33 | 4.25 | 4.24 | 4.25 | 4.23 | 4.22 |
| | 48 | 4.48 | 4.32 | 4.28 | 4.19 | 4.19 | 4.22 | 4.18 | 4.18 |
| | 54 | 4.45 | 4.30 | 4.26 | 4.16 | 4.15 | 4.17 | 4.14 | 4.14 |
| | 60 | 4.42 | 4.27 | 4.24 | 4.12 | 4.11 | 4.14 | 4.10 | 4.10 |
| | 66 | 4.40 | 4.27 | 4.20 | 4.09 | 4.11 | 4.14 | 4.09 | 4.10 |
| | 72 | 4.39 | 4.26 | 4.19 | 4.06 | 4.10 | 4.14 | 4.10 | 4.06 |

**ตารางผนวกที่ ข5** (ต่อ)

| พารามิเตอร์ | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **Lactic acid** | 0 | 0.59 | 0.39 | 0.38 | 0.39 | 0.39 | 0.38 | 0.39 | 0.40 |
| (% TA) | 12 | 0.65 | 0.43 | 0.43 | 0.51 | 0.51 | 0.53 | 0.54 | 0.67 |
| | 18 | 0.77 | 0.57 | 0.57 | 0.74 | 0.82 | 0.63 | 0.75 | 0.97 |
| | 24 | 1.04 | 0.72 | 0.75 | 0.87 | 0.87 | 0.83 | 0.86 | 1.03 |
| | 30 | 1.02 | 0.93 | 0.87 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 0.92 | 1.25 |
| | 36 | 1.18 | 0.90 | 0.95 | 0.97 | 0.97 | 1.01 | 0.98 | 1.45 |
| | 42 | 1.36 | 0.94 | 0.97 | 1.01 | 1.12 | 1.04 | 1.04 | 1.58 |
| | 48 | 1.17 | 1.00 | 1.02 | 1.06 | 1.17 | 1.06 | 1.07 | 1.63 |
| | 54 | 1.33 | 0.98 | 0.98 | 1.06 | 1.24 | 1.07 | 1.05 | 1.51 |
| | 60 | 1.31 | 1.01 | 1.01 | 1.10 | 1.39 | 1.06 | 1.11 | 1.19 |
| | 66 | 1.36 | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 1.16 | 1.06 | 1.09 | 1.19 |
| | 72 | 1.32 | 0.93 | 1.03 | 1.09 | 1.20 | 1.04 | 1.11 | 1.10 |

**ตารางผนวกที่ ข6** การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบนมของน้ำนมเหลืองไม่ต้มที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้อง

| องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมัก (%) | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **เนื้อนมรวม** | 0 | 18.66 | 14.25 | 14.56 | 14.74 | 16.59 | 14.83 | 15.64 | 17.12 |
| | 12 | 11.77 | 10.33 | 10.85 | 11.92 | 14.55 | 11.81 | 13.05 | 16.51 |
| | 18 | 10.98 | 9.42 | 10.56 | 10.49 | 13.52 | 11.59 | 12.30 | 11.75 |
| | 24 | 10.20 | 9.27 | 10.69 | 9.65 | 12.45 | 10.49 | 11.43 | 10.48 |
| | 30 | 9.89 | 8.86 | 9.10 | 9.03 | 11.89 | 9.70 | 10.22 | 9.31 |
| | 36 | 9.97 | 8.61 | 8.07 | 8.56 | 11.86 | 9.00 | 9.30 | 8.85 |
| | 42 | 9.07 | 8.55 | 8.12 | 8.41 | 10.21 | 8.66 | 8.86 | 8.71 |
| | 48 | 8.83 | 8.12 | 8.04 | 8.02 | 8.82 | 8.28 | 8.28 | 9.78 |
| **เนื้อนมไม่รวมไขมัน** | 0 | 14.62 | 12.25 | 12.41 | 12.51 | 14.37 | 12.51 | 13.36 | 14.81 |
| | 12 | 8.70 | 8.52 | 8.81 | 9.97 | 12.58 | 9.57 | 10.84 | 14.14 |
| | 18 | 8.31 | 7.94 | 8.87 | 8.71 | 11.83 | 9.48 | 10.52 | 9.55 |
| | 24 | 7.82 | 7.89 | 9.02 | 8.00 | 10.98 | 8.98 | 9.85 | 8.81 |
| | 30 | 7.59 | 7.75 | 7.65 | 7.66 | 10.34 | 8.31 | 8.91 | 7.79 |
| | 36 | 7.83 | 7.58 | 6.80 | 7.33 | 10.43 | 7.78 | 8.10 | 7.55 |
| | 42 | 7.19 | 7.54 | 7.04 | 7.26 | 9.07 | 7.55 | 7.79 | 7.60 |
| | 48 | 7.09 | 7.26 | 7.03 | 6.93 | 7.81 | 7.32 | 7.37 | 8.85 |

**ตารางผนวกที่ ข6** (ต่อ)

| องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมัก (%) | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **ไขมันนม** | 0 | 3.11 | 1.41 | 1.60 | 1.57 | 1.61 | 1.69 | 1.69 | 1.69 |
| | 12 | 2.30 | 1.25 | 1.51 | 1.24 | 1.39 | 1.59 | 1.54 | 1.58 |
| | 18 | 1.87 | 0.92 | 1.23 | 1.09 | 1.18 | 1.46 | 1.16 | 1.39 |
| | 24 | 1.77 | 0.83 | 1.20 | 0.97 | 1.10 | 0.89 | 0.91 | 0.86 |
| | 30 | 1.49 | 0.63 | 0.92 | 0.74 | 1.11 | 0.85 | 0.69 | 0.77 |
| | 36 | 1.36 | 0.51 | 0.70 | 0.61 | 0.91 | 0.73 | 0.58 | 0.62 |
| | 42 | 1.28 | 0.39 | 0.58 | 0.48 | 0.76 | 0.66 | 0.42 | 0.49 |
| | 48 | 1.08 | 0.36 | 0.53 | 0.46 | 0.62 | 0.54 | 0.42 | 0.37 |
| **โปรตีนนม** | 0 | 8.37 | 4.64 | 4.65 | 4.64 | 4.83 | 4.67 | 4.73 | 4.82 |
| | 12 | 4.37 | 3.95 | 4.35 | 5.07 | 5.85 | 5.21 | 5.87 | 5.85 |
| | 18 | 4.38 | 3.67 | 4.71 | 5.16 | 5.85 | 5.01 | 5.98 | 5.63 |
| | 24 | 4.05 | 3.38 | 3.95 | 4.97 | 5.46 | 4.95 | 5.73 | 5.68 |
| | 30 | 4.35 | 3.25 | 3.40 | 4.91 | 5.46 | 4.83 | 5.60 | 5.66 |
| | 36 | 3.98 | 2.90 | 3.23 | 4.75 | 5.38 | 4.71 | 4.96 | 5.28 |
| | 42 | 3.30 | 2.69 | 3.07 | 4.37 | 5.31 | 4.64 | 4.60 | 5.32 |
| | 48 | 3.07 | 2.27 | 3.02 | 4.30 | 5.20 | 4.18 | 4.27 | 5.22 |

**ตารางผนวกที่ ข6** (ต่อ)

| องค์ประกอบน้ำนมเหลืองหมัก (%) | ระยะเวลา (ชั่วโมง) | น้ำนมเหลืองหมัก (T1) | น้ำนมเหลืองหมักปรับเนื้อนม 14.50 % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ไม่เสริม (T2) | 1 % ยาคูลท์ | | | 3 % ยาคูลท์ | | |
| | | | | 0%S (T3) | 10%S (T4) | 20%S (T5) | 0%S (T6) | 10%S (T7) | 20%S (T8) |
| **น้ำตาลแลคโตส** | 0 | 3.58 | 1.99 | 2.43 | 4.48 | 7.28 | 3.43 | 4.75 | 7.65 |
| | 12 | 2.22 | 1.68 | 2.13 | 2.62 | 4.65 | 2.25 | 3.30 | 3.76 |
| | 18 | 1.91 | 1.49 | 1.99 | 2.40 | 3.87 | 1.95 | 2.91 | 3.48 |
| | 24 | 1.44 | 1.28 | 1.78 | 1.82 | 2.89 | 1.81 | 2.02 | 2.96 |
| | 30 | 1.35 | 1.18 | 1.52 | 1.28 | 2.32 | 1.58 | 1.88 | 2.61 |
| | 36 | 1.22 | 1.03 | 1.21 | 1.14 | 2.12 | 1.37 | 1.59 | 2.23 |
| | 42 | 1.10 | 0.87 | 1.05 | 0.81 | 2.10 | 1.18 | 1.27 | 2.17 |
| | 48 | 1.08 | 0.75 | 1.06 | 0.81 | 1.99 | 1.07 | 1.16 | 2.10 |
| **แร่ธาตุนม** | 0 | 0.94 | 0.59 | 0.56 | 0.67 | 0.61 | 0.63 | 0.59 | 0.62 |
| | 12 | 0.77 | 0.56 | 0.53 | 0.72 | 0.58 | 0.65 | 0.67 | 0.80 |
| | 18 | 0.81 | 0.56 | 0.46 | 0.69 | 0.52 | 0.65 | 0.63 | 0.81 |
| | 24 | 0.62 | 0.55 | 0.47 | 0.69 | 0.38 | 0.63 | 0.68 | 0.81 |
| | 30 | 0.81 | 0.49 | 0.53 | 0.64 | 0.44 | 0.54 | 0.62 | 0.75 |
| | 36 | 0.78 | 0.52 | 0.58 | 0.63 | 0.53 | 0.50 | 0.62 | 0.68 |
| | 42 | 0.60 | 0.62 | 0.50 | 0.67 | 0.39 | 0.45 | 0.65 | 0.62 |
| | 48 | 0.66 | 0.51 | 0.49 | 0.64 | 0.40 | 0.42 | 0.49 | 0.56 |

**ภาคผนวก ค**

การทดสอบอิทธิพลปัจจัยหลัก และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย
ของการหมักน้ำนมเหลืองในห้องปฏิบัติการ

**ตารางผนวกที่ ค1** การทดสอบอิทธิพลทรีตเมนต์ เชื้อยาคูลท์ น้ำเชื่อม และอิทธิพลร่วมต่อ LAB colonies, pH, Lactic acid และ milk contents ของน้ำนมเหลืองที่หมักในห้องเย็นที่ 28 วัน

| SOV | DF | Pr > F | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | LAB colonies | pH | Lactic acid | Milk contents (%) | | | | | |
| | | | | | TS | SNF | Fat | Protein | Lactose | Ash |
| **Treatment** | 7 | | | | | | | | | |
| T1,T2 vs Others | 1 | ns | ** | ** | * | ** | ** | ** | ** | * |
| T1 vs T2 | 1 | ** | ** | ns | ** | ** | * | ** | ** | ** |
| **Yakult ; Y** | 1 | ns | * | ** | * | ns | ns | ns | ns | ns |
| **Syrup ; S** | 2 | * | ns | ** | ** | ** | ns | ns | ** | ns |
| **Y x S** | 2 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| **Error** | 23 | | | | | | | | | |

*,** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$ ; $p < 0.01$) ns = non significance

**ตารางผนวกที่ ค2** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อ LAB colonies, pH และ Lactic acid ของน้ำนมเหลืองที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้องเย็นที่ 28 วัน

| พารามิเตอร์ | ระดับเชื้อยาคูลท์ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 % | 10 % | 20 % | |
| LAB colonies | 1 % | 5.71 | 5.97 | 6.20 | 5.96 |
| | 3 % | 5.74 | 6.41 | 6.56 | 6.24 |
| | ค่าเฉลี่ย | 5.73$^{ข}$ | 6.19$^{กข}$ | 6.38$^{ก}$ | - |
| pH | 1 % | 4.89 | 4.66 | 4.73 | 4.76$^{ง}$ |
| | 3 % | 4.64 | 4.53 | 4.52 | 4.56$^{จ}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 4.76 | 4.59 | 4.63 | - |

**ตารางผนวกที่ ค2** (ต่อ)

| พารามิเตอร์ | ระดับเชื้อ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | ยาคูลท์ | 0 % | 10 % | 20 % | |
| Lactic acid | 1 % | 0.76 | 1.00 | 1.25 | 1.00[จ] |
| | 3 % | 1.04 | 1.41 | 1.73 | 1.39[ง] |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.90[ก] | 1.20[ข] | 1.49[ก] | - |

[กขค] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

[งจ] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ค3** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อองค์ประกอบน้ำนมเหลืองที่หมักในสภาวะอุณหภูมิห้องเย็นที่ 28 วัน

| องค์ประกอบนม | ระดับเชื้อ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | ยาคูลท์ | 0 % | 10 % | 20 % | |
| TS (%) | 1 % | 4.52 | 6.33 | 8.66 | 6.51[จ] |
| | 3 % | 5.57 | 6.98 | 8.59 | 7.05[ง] |
| | ค่าเฉลี่ย | 5.05[ก] | 6.66[ข] | 8.63[ก] | - |
| SNF (%) | 1 % | 4.37 | 6.05 | 8.34 | 6.26 |
| | 3 % | 4.83 | 6.57 | 8.21 | 6.54 |
| | ค่าเฉลี่ย | 4.61[ก] | 6.32[ข] | 8.28[ก] | - |
| Fat (%) | 1 % | 0.25 | 0.27 | 0.32 | 0.28 |
| | 3 % | 0.44 | 0.41 | 0.38 | 0.41 |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.34 | 0.34 | 0.35 | - |
| Protein (%) | 1 % | 2.89 | 2.76 | 2.91 | 2.85 |
| | 3 % | 2.96 | 2.83 | 2.99 | 2.93 |
| | ค่าเฉลี่ย | 2.92 | 2.79 | 2.95 | - |

**ตารางผนวกที่ ค3** (ต่อ)

| องค์ประกอบนม | ระดับเชื้อ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | ยาคูลท์ | 0 % | 10 % | 20 % | |
| Lactose (%) | 1 % | 1.71 | 3.41 | 5.46 | 3.53 |
| | 3 % | 1.45 | 3.75 | 5.27 | 3.49 |
| | ค่าเฉลี่ย | 1.58[ก] | 3.58[ข] | 5.37[ก] | - |
| Ash (%) | 1 % | 0.37 | 0.39 | 0.35 | 0.37 |
| | 3 % | 0.32 | 0.42 | 0.43 | 0.39 |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.35 | 0.40 | 0.39 | - |

[กขค] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนของระดับน้ำเชื่อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

[งจ] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละองค์ประกอบนมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ค4** การทดสอบอิทธิพลทรีตเมนต์ การต้มและไม่ต้ม และอิทธิพลร่วมต่อ LAB colonies (log CFU/ml), pH และ Latic acid (% TA) ของน้ำนมเหลืองหมักที่ระยะเวลา 12 – 72 ชั่วโมง

| Parameter | SOV | DF | Pr > F | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 | 60 | 66 | 72 |
| LAB | Treatments; T | 7 | * | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| colonies | Pasteurized; P | 1 | ** | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | T x P | 7 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| pH | Treatments; T | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | Pasteurized; P | 1 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ns | ns |
| | T x P | 7 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| Lactic | Treatments; T | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| acid | Pasteurized; P | 1 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | T x P | 7 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Error** | 31 | | | | | | | | | | | |

*,** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$; $p < 0.01$) ns = non significance

**ตารางผนวกที่ ค5** การทดสอบอิทธิพลทรีตเมนต์ การต้มและไม่ต้ม และอิทธิพลร่วมต่อ milk contents ของน้ำนมเหลืองหมักที่ระยะเวลาหมัก 12 – 48 ชั่วโมง

| Milk contents | SOV | DF | Pr > F | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 |
| TS (%) | Treatments; T | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | Pasteurized; P | 1 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | T x P | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ns |
| SNF (%) | Treatments; T | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | Pasteurized; P | 1 | ** | * | ns | ns | ns | ns | ns |
| | T x P | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Fat (%) | Treatments; T | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | Pasteurized; P | 1 | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | T x P | 7 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| Protein (%) | Treatments; T | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | Pasteurized; P | 1 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | T x P | 7 | ** | ** | ** | ** | * | ** | ** |
| Lactose (%) | Treatments; T | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | Pasteurized; P | 1 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ns |
| | T x P | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Ash (%) | Treatments; T | 7 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | Pasteurized; P | 1 | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | T x P | 7 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Error** | 31 | | | | | | | |

*,** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$ ; $p < 0.01$) ns = non significance

**ตารางผนวกที่ ค6** การทดสอบอิทธิพลทรีตเมนต์ เชื้อยาคูลท์ น้ำเชื่อม และอิทธิพลร่วมต่อ LAB colonies, pH และ Lactic acid ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง

| Parameter | SOV | DF | Pr > F | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 12 | 18 | 24 | 36 | 48 | 72 |
| **LAB colonies** | **Treatment** | 7 | | | | | | |
| (log CFU/ml) | T1,T2 vs Others | 1 | ** | ** | ** | ns | ns | ns |
| | T1 vs T2 | 1 | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Yakult ; Y** | 1 | * | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Syrup ; S** | 2 | ** | ** | ** | ns | ns | ns |
| | **Y x S** | 2 | ns | ns | * | ns | ns | ns |
| **pH** | **Treatment** | 7 | | | | | | |
| | T1,T2 vs Others | 1 | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | T1 vs T2 | 1 | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Yakult ; Y** | 1 | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Syrup ; S** | 2 | ** | * | * | ns | ns | * |
| | **Y x S** | 2 | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| **Lactic acid** | **Treatment** | 7 | | | | | | |
| (% TA) | T1,T2 vs Others | 1 | ns | ns | * | ns | ns | * |
| | T1 vs T2 | 1 | ** | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Yakult ; Y** | 1 | ns | ** | ns | ns | ns | ns |
| | **Syrup ; S** | 2 | ** | ** | ** | * | * | ** |
| | **Y x S** | 2 | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Error** | 11 | | | | | | |

*,** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$; $p < 0.01$) ns = non significance

**ตารางผนวกที่ ค7** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติก (log CFU/ml) ของน้ำนมเหลืองต้มที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง

| ระยะเวลา | ระดับเชื้อ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| (ชั่วโมง) | ยาคูลท์ | 0 % | 10 % | 20 % | |
| 12 | 1 % | 7.83 | 8.43 | 8.97 | 8.40[ง] |
| | 3 % | 8.67 | 8.84 | 9.11 | 8.87[ง] |
| | ค่าเฉลี่ย | 8.25[ข] | 8.63[กข] | 9.04[ก] | - |
| 18 | 1 % | 8.70 | 8.88 | 9.45 | 9.01 |
| | 3 % | 8.76 | 9.13 | 9.77 | 9.22 |
| | ค่าเฉลี่ย | 8.73[ข] | 9.00[ข] | 9.61[ก] | - |
| 24 | 1 % | 8.88 | 8.95 | 9.59 | 9.14 |
| | 3 % | 8.87 | 9.03 | 9.06 | 8.98 |
| | ค่าเฉลี่ย | 8.87[ข] | 8.99[ข] | 9.32[ก] | - |
| 36 | 1 % | 8.76 | 8.80 | 8.85 | 8.80 |
| | 3 % | 8.89 | 8.83 | 8.68 | 8.79 |
| | ค่าเฉลี่ย | 8.83 | 8.82 | 8.76 | - |
| 48 | 1 % | 8.71 | 8.62 | 8.80 | 8.71 |
| | 3 % | 8.81 | 8.79 | 8.82 | 8.80 |
| | ค่าเฉลี่ย | 8.76 | 8.70 | 8.81 | - |
| 72 | 1 % | 8.63 | 8.74 | 8.65 | 8.67 |
| | 3 % | 8.45 | 8.75 | 8.76 | 8.65 |
| | ค่าเฉลี่ย | 8.54 | 8.74 | 8.70 | - |

[กขค] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนของระดับน้ำเชื่อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

[งจ] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละระยะเวลาหมักมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ค8** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อค่า pH ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง

| ระยะเวลา (ชั่วโมง) | ระดับเชื้อยาคูลท์ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 % | 10 % | 20 % | |
| 12 | 1 % | 5.44 | 5.29 | 4.66 | 5.13 |
| | 3 % | 5.31 | 5.17 | 4.59 | 5.02 |
| | ค่าเฉลี่ย | 5.37[ก] | 5.23[ก] | 4.63[ข] | - |
| 18 | 1 % | 5.09 | 4.90 | 4.53 | 4.84 |
| | 3 % | 4.98 | 4.83 | 4.49 | 4.76 |
| | ค่าเฉลี่ย | 5.03[ก] | 4.86[ก] | 4.51[ข] | - |
| 24 | 1 % | 4.85 | 4.67 | 4.48 | 4.67 |
| | 3 % | 4.76 | 4.59 | 4.43 | 4.59 |
| | ค่าเฉลี่ย | 4.81[ก] | 4.63[กข] | 4.46[ข] | - |
| 36 | 1 % | 4.54 | 4.42 | 4.36 | 4.44 |
| | 3 % | 4.49 | 4.36 | 4.33 | 4.39 |
| | ค่าเฉลี่ย | 4.51 | 4.39 | 4.34 | - |
| 48 | 1 % | 4.47 | 4.36 | 4.25 | 4.35 |
| | 3 % | 4.42 | 4.28 | 4.24 | 4.31 |
| | ค่าเฉลี่ย | 4.45 | 4.32 | 4.24 | 4.14 |
| 72 | 1 % | 4.22 | 4.12 | 4.09 | - |
| | 3 % | 4.18 | 4.09 | 4.06 | 4.14 |
| | ค่าเฉลี่ย | 4.20[ก] | 4.10[ข] | 4.07[ข] | 4.11 |

[กขค] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนของระดับน้ำเชื่อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

[งจ] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละระยะเวลาหมักมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ค9** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อปริมาณกรดแลคติกของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง

| ระยะเวลา | ระดับเชื้อ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| (ชั่วโมง) | ยาคูลท์ | 0 % | 10 % | 20 % | |
| 12 | 1 % | 0.59 | 0.65 | 0.85 | 0.69 |
| | 3 % | 0.61 | 0.63 | 0.92 | 0.72 |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.60$^{ข}$ | 0.64$^{ข}$ | 0.88$^{ก}$ | - |
| 18 | 1 % | 0.63 | 0.78 | 0.99 | 0.79$^{จ}$ |
| | 3 % | 0.77 | 0.79 | 1.29 | 0.95$^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.69$^{ข}$ | 0.78$^{ข}$ | 1.14$^{ก}$ | - |
| 24 | 1 % | 0.82 | 1.06 | 1.32 | 1.07 |
| | 3 % | 0.91 | 1.04 | 1.40 | 1.11 |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.86$^{ค}$ | 1.05$^{ข}$ | 1.36$^{ก}$ | - |
| 36 | 1 % | 1.12 | 1.20 | 1.54 | 1.28 |
| | 3 % | 1.08 | 1.22 | 1.58 | 1.29 |
| | ค่าเฉลี่ย | 1.10$^{ข}$ | 1.21$^{ข}$ | 1.56$^{ก}$ | |
| 48 | 1 % | 1.23 | 1.40 | 1.65 | 1.43 |
| | 3 % | 1.31 | 1.57 | 1.75 | 1.54 |
| | ค่าเฉลี่ย | 1.27$^{ข}$ | 1.49$^{กข}$ | 1.70$^{ก}$ | -- |
| 72 | 1 % | 1.31 | 1.61 | 1.83 | 1.58 |
| | 3 % | 1.32 | 1.67 | 1.88 | 1.62 |
| | ค่าเฉลี่ย | 1.32$^{ค}$ | 1.64$^{ข}$ | 1.85$^{ก}$ | - |

$^{กขค}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนของระดับน้ำเชื่อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

$^{งจ}$ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละระยะเวลาหมักมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ค10** การทดสอบอิทธิพลทรีตเมนต์ เชื้อยาคูลท์ น้ำเชื่อม และอิทธิพลร่วมต่อ Milk contents ของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง

| Milk contents | SOV | DF | Pr > F | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 12 | 18 | 24 | 36 | 48 |
| **TS (%)** | **Treatment** | 7 | | | | | |
| | T1,T2 vs Others | 1 | ns | ns | * | * | * |
| | T1 vs T2 | 1 | ** | ** | ** | ** | ** |
| | **Yakult ; Y** | 1 | ** | ** | ** | ns | ns |
| | **Syrup ; S** | 2 | ** | ** | ** | ** | ** |
| | **Y x S** | 2 | ns | ** | * | ns | ns |
| **SNF (%)** | **Treatment** | 7 | | | | | |
| | T1,T2 vs Others | 1 | ns | * | * | * | * |
| | T1 vs T2 | 1 | ** | ** | ** | ** | ** |
| | **Yakult ; Y** | 1 | ** | ** | ** | ns | ns |
| | **Syrup ; S** | 2 | ** | ** | ** | ** | ** |
| | **Y x S** | 2 | ns | ** | * | ns | ns |
| **Fat (%)** | **Treatment** | 7 | | | | | |
| | T1,T2 vs Others | 1 | ** | ns | ns | ns | ns |
| | T1 vs T2 | 1 | ** | ** | ** | * | * |
| | **Yakult ; Y** | 1 | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Syrup ; S** | 2 | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Y x S** | 2 | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Error** | 11 | | | | | |

**ตารางผนวกที่ ค10** (ต่อ)

| Milk contents | SOV | DF | Pr > F | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 12 | 18 | 24 | 36 | 48 |
| **Protein (%)** | **Treatment** | 7 | | | | | |
| | T1,T2 vs Others | 1 | ** | * | ns | ns | ns |
| | T1 vs T2 | 1 | ** | ** | ** | ** | ** |
| | **Yakult ; Y** | 1 | ** | ** | * | ns | ns |
| | **Syrup ; S** | 2 | ** | ** | * | ns | ns |
| | **Y x S** | 2 | ns | ns | ns | ns | ns |
| **Lactose (%)** | **Treatment** | 7 | | | | | |
| | T1,T2 vs Others | 1 | ** | ** | ** | ** | ** |
| | T1 vs T2 | 1 | ** | ** | * | ** | ** |
| | **Yakult ; Y** | 1 | ** | ** | ** | ns | ns |
| | **Syrup ; S** | 2 | ** | ** | ** | ** | ** |
| | **Y x S** | 2 | * | ** | * | ns | ns |
| **Ash (%)** | **Treatment** | 7 | | | | | |
| | T1,T2 vs Others | 1 | ns | ns | ns | ns | ns |
| | T1 vs T2 | 1 | ** | ns | ns | ** | ns |
| | **Yakult ; Y** | 1 | ** | * | ** | * | * |
| | **Syrup ; S** | 2 | ns | * | * | ns | ns |
| | **Y x S** | 2 | ns | ns | ns | ns | ns |
| | **Error** | 11 | | | | | |

*,** มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$; $p < 0.01$) ns = non significance

**ตารางผนวกที่ ค11** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อเนื้อนมรวมของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง

| ระยะเวลา | ระดับเชื้อ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| (ชั่วโมง) | ยาคูลท์ | 0 % | 10 % | 20 % | |
| 12 | 1 % | 9.79 | 11.34 | 15.19 | 12.11$^{จ}$ |
| | 3 % | 10.09 | 13.49 | 16.13 | 13.24$^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 9.94$^{ค}$ | 12.42$^{ข}$ | 15.66$^{ก}$ | - |
| 18 | 1 % | 9.14 | 10.49 | 14.09 | 11.27$^{จ}$ |
| | 3 % | 9.76 | 13.27 | 14.87 | 12.63$^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 9.45$^{ค}$ | 11.88$^{ข}$ | 14.48$^{ก}$ | - |
| 24 | 1 % | 8.31 | 9.87 | 13.23 | 10.47$^{จ}$ |
| | 3 % | 8.87 | 12.46 | 13.68 | 11.67$^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 8.59$^{ค}$ | 11.17$^{ข}$ | 13.46$^{ก}$ | - |
| 36 | 1 % | 7.61 | 8.75 | 11.59 | 9.32 |
| | 3 % | 7.87 | 9.42 | 11.36 | 9.55 |
| | ค่าเฉลี่ย | 7.75$^{ข}$ | 9.08$^{ข}$ | 11.48$^{ก}$ | - |
| 48 | 1 % | 6.72 | 8.31 | 10.31 | 8.45 |
| | 3 % | 6.99 | 8.54 | 9.03 | 8.19 |
| | ค่าเฉลี่ย | 6.86$^{ค}$ | 8.43$^{ข}$ | 9.67$^{ก}$ | - |

$^{กขค}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนของระดับน้ำเชื่อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

$^{งจ}$ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละระยะเวลาหมักมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ค12** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อเนื้อนมไม่รวมไขมันของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง

| ระยะเวลา (ชั่วโมง) | ระดับเชื้อยาคูลท์ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 % | 10 % | 20 % | |
| 12 | 1 % | 8.77 | 9.80 | 13.51 | $10.56^{จ}$ |
| | 3 % | 8.58 | 11.88 | 14.56 | $11.68^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | $8.48^{ค}$ | $10.84^{ข}$ | $14.04^{ก}$ | - |
| 18 | 1 % | 7.89 | 9.01 | 12.50 | $9.80^{จ}$ |
| | 3 % | 8.38 | 11.82 | 13.35 | $11.18^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | $8.14^{ค}$ | $10.42^{ข}$ | $12.93^{ก}$ | - |
| 24 | 1 % | 7.19 | 8.61 | 11.74 | $9.18^{จ}$ |
| | 3 % | 7.65 | 11.07 | 12.33 | $10.35^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | $7.42^{ค}$ | $9.84^{ข}$ | $12.04^{ก}$ | - |
| 36 | 1 % | 6.72 | 7.70 | 10.35 | 8.26 |
| | 3 % | 6.90 | 8.20 | 10.36 | 8.49 |
| | ค่าเฉลี่ย | $6.81^{ข}$ | $7.95^{ข}$ | $10.36^{ก}$ | - |
| 48 | 1 % | 6.03 | 7.34 | 9.19 | 7.51 |
| | 3 % | 3.13 | 7.51 | 8.22 | 7.29 |
| | ค่าเฉลี่ย | $6.08^{ค}$ | $7.43^{ข}$ | $8.70^{ก}$ | - |

$^{กขค}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนของระดับน้ำเชื่อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

$^{งจ}$ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละระยะเวลาหมักมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ค13** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อไขมันของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง

| ระยะเวลา (ชั่วโมง) | ระดับเชื้อยาคูลท์ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 % | 10 % | 20 % | |
| 12 | 1 % | 1.42 | 1.54 | 1.68 | 1.55 |
| | 3 % | 1.51 | 1.62 | 1.57 | 1.57 |
| | ค่าเฉลี่ย | 1.47 | 1.58 | 1.62 | - |
| 18 | 1 % | 1.25 | 1.48 | 1.59 | 1.44 |
| | 3 % | 1.38 | 1.45 | 1.52 | 1.45 |
| | ค่าเฉลี่ย | 1.32 | 1.47 | 1.56 | - |
| 24 | 1 % | 1.12 | 1.26 | 1.49 | 1.29 |
| | 3 % | 1.23 | 1.40 | 1.35 | 1.32 |
| | ค่าเฉลี่ย | 1.17 | 1.33 | 1.42 | - |
| 36 | 1 % | 0.89 | 1.05 | 1.25 | 1.06 |
| | 3 % | 0.97 | 1.22 | 1.01 | 1.07 |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.94 | 1.13 | 1.14 | - |
| 48 | 1 % | 0.69 | 0.97 | 1.14 | 0.93 |
| | 3 % | 0.87 | 1.03 | 0.81 | 0.89 |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.78 | 0.99 | 0.97 | - |

$^{กขค}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนของระดับน้ำเชื่อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

$^{งจ}$ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละระยะเวลาหมักมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ค14** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อโปรตีนของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง

| ระยะเวลา (ชั่วโมง) | ระดับเชื้อยาคูลท์ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 % | 10 % | 20 % | |
| 12 | 1 % | 5.28 | 5.82 | 5.85 | 5.65[จ] |
| | 3 % | 5.67 | 6.09 | 6.57 | 6.11[ง] |
| | ค่าเฉลี่ย | 5.48[ข] | 5.96[ก] | 6.21[ก] | - |
| 18 | 1 % | 5.19 | 5.81 | 6.07 | 5.69[จ] |
| | 3 % | 5.70 | 6.63 | 6.65 | 6.33[ง] |
| | ค่าเฉลี่ย | 5.45[ข] | 6.22[ก] | 6.36[ก] | - |
| 24 | 1 % | 5.06 | 5.70 | 6.42 | 5.73 |
| | 3 % | 5.44 | 6.46 | 6.52 | 6.15 |
| | ค่าเฉลี่ย | 5.25[ข] | 6.08[ก] | 6.47[ก] | - |
| 36 | 1 % | 5.32 | 5.63 | 6.15 | 5.70 |
| | 3 % | 5.16 | 5.49 | 6.03 | 5.56 |
| | ค่าเฉลี่ย | 5.24[ข] | 5.56[ก] | 6.09[ก] | - |
| 48 | 1 % | 5.16 | 5.81 | 5.64 | 5.54 |
| | 3 % | 5.04 | 5.44 | 5.59 | 5.36 |
| | ค่าเฉลี่ย | 5.10 | 5.63 | 5.62 | - |

[กขค] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนของระดับน้ำเชื่อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

[งจ] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละระยะเวลาหมักมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ค15** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อน้ำตาลแลคโตสของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง

| ระยะเวลา (ชั่วโมง) | ระดับเชื้อยาคูลท์ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 % | 10 % | 20 % | |
| 12 | 1 % | 2.16 | 3.02 | 6.61 | 3.93$^{จ}$ |
| | 3 % | 2.09 | 4.84 | 7.21 | 4.72$^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 2.13$^{ค}$ | 3.94$^{ข}$ | 6.92$^{ก}$ | - |
| 18 | 1 % | 1.90 | 2.24 | 5.48 | 3.21$^{จ}$ |
| | 3 % | 1.98 | 4.31 | 6.02 | 4.11$^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 1.94$^{ค}$ | 3.28$^{ข}$ | 5.75$^{ก}$ | - |
| 24 | 1 % | 1.46 | 2.02 | 4.45 | 2.65$^{จ}$ |
| | 3 % | 1.61 | 3.88 | 5.31 | 3.61$^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 1.54$^{ค}$ | 2.96$^{ข}$ | 4.88$^{ก}$ | - |
| 36 | 1 % | 1.03 | 1.54 | 3.44 | 2.00 |
| | 3 % | 1.29 | 2.16 | 4.00 | 2.48 |
| | ค่าเฉลี่ย | 1.16$^{ค}$ | 1.85$^{ข}$ | 3.72$^{ก}$ | - |
| 48 | 1 % | 0.67 | 0.96 | 2.77 | 1.47 |
| | 3 % | 0.85 | 1.53 | 2.35 | 1.58 |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.76$^{ค}$ | 1.25$^{ข}$ | 2.56$^{ก}$ | - |

$^{กขค}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนของระดับน้ำเชื่อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

$^{งจ}$ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละระยะเวลาหมักมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

**ตารางผนวกที่ ค16** อิทธิพลร่วมระหว่างระดับเชื้อยาคูลท์และระดับน้ำเชื่อมต่อแร่ธาตุของน้ำนมเหลืองที่ผ่านการต้มก่อนหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 12 18 24 36 และ 48 ชั่วโมง

| ระยะเวลา | ระดับเชื้อ | ระดับน้ำเชื่อม | | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| (ชั่วโมง) | ยาคูลท์ | 0 % | 10 % | 20 % | |
| 12 | 1 % | 0.50 | 0.58 | 0.62 | $0.57^{จ}$ |
| | 3 % | 0.69 | 0.67 | 0.79 | $0.72^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.59 | 0.63 | 0.71 | - |
| 18 | 1 % | 0.45 | 0.52 | 0.64 | $0.54^{จ}$ |
| | 3 % | 0.69 | 0.57 | 0.84 | $0.70^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | $0.57^{ข}$ | $0.55^{ข}$ | $0.74^{ก}$ | - |
| 24 | 1 % | 0.44 | 0.37 | 0.62 | $0.48^{จ}$ |
| | 3 % | 0.64 | 0.67 | 0.85 | $0.72^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | $0.54^{ข}$ | $0.53^{ข}$ | $0.74^{ก}$ | - |
| 36 | 1 % | 0.52 | 0.53 | 0.49 | $0.51^{จ}$ |
| | 3 % | 0.53 | 0.67 | 0.67 | $0.63^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.53 | 0.59 | 0.58 | - |
| 48 | 1 % | 0.48 | 0.39 | 0.37 | $0.42^{จ}$ |
| | 3 % | 0.63 | 0.49 | 0.52 | $0.55^{ง}$ |
| | ค่าเฉลี่ย | 0.56 | 0.44 | 0.45 | - |

$^{กขค}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนของระดับน้ำเชื่อมมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

$^{งจ}$ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละระยะเวลาหมักมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$)

# ประวัติการศึกษา และการทำงาน

| | |
|---|---|
| ชื่อ –นามสกุล | นายนครไชย อันชื่น |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด | 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2512 |
| สถานที่เกิด | อำเภอนาเชือก จ.มหาสารคาม |
| ประวัติการศึกษา | ทษ.บ. (สัตวศาสตร์ สาขาโคนม-โคเนื้อ)<br>สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน | นักวิชาการสัตวบาล |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน | ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม สถาบันสุวรรณวาจก<br>กสิกิจ ฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน |