



ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

คุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำนมดิบ  
Study on Nutritional Composition of Water Flea, *Moina macrocopa*  
Cultured by Raw Milk

โดย

นายกวิน หาญบูรณะพงศ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

Department of Fisheries Science Faculty of Agricultural Technology

King Mongkut's Institute of Technology Lardkrabang

Bangkok 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ  
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง คุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำนมดิบ

Study on Nutritional Composition of Water Flea, *Moina macrocopa* Cultured by  
Raw Milk

ชื่อนักศึกษา นายกวิน หาญบูรณะพงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์)

ภาควิชารับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ ๒๒ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๔๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ



T099277

เรื่อง

คุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำนมดิบ  
Study on Nutritional Composition of Water Flea, Moina macrocopa  
Cultured by Raw Milk



โดย  
นายกวิน หาญบูรณะพงศ์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กรุงเทพมหานคร 10520  
ปีการศึกษา 2548

๒๗ .  
ท ๓๒๓๑  
๒๕๔๘

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....

b. 118๙ 3303  
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษเรื่องคุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำนมดิบครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อาจารย์รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษได้ให้คำแนะนำ ปรึกษาปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนการทดลอง ขอขอบคุณพี่ ๆ พนักงาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์ การประมง เพื่อน ๆ และบุคคลที่ข้าพเจ้ามิได้กล่าวไว้ ที่ได้เคยช่วยเหลือในระหว่างการปฏิบัติงาน สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และกำลังใจ จนสำเร็จตามความมุ่งหมาย

กวิณ หาญบุรณะพงศ์

เมษายน 2549



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

### เรื่อง

#### คุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำนมดิบ

Study on Nutritional Composition of Water Flea, *Moina macrocopa*

Cultured by Raw Milk

นำไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำนมดิบ มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ สำหรับขั้นตอนการในเตรียมบ่อ ใช้บ่อทดลอง 4 บ่อ โดยเตรียมน้ำไว้ประมาณ 50 ลิตร หมักนมที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิลิตรต่อลิตร และพักทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นปล่อยไรแดงเลี้ยงจำนวนเริ่มต้นประมาณ 1.5 กรัมต่อบ่อ เลี้ยงไรแดงเพื่อปรับสภาพนาน 3 วัน หลังจากนั้นดำเนินการในลักษณะเดียวกัน แล้วเก็บเกี่ยวไรแดงทั้งหมดในวันที่ 3 ของการเลี้ยง นำไรแดงที่ได้อบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และนำไรแดงอบแห้งที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยมีค่าโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า เท่ากับ  $67.58 \pm 0.108$ ,  $13.67 \pm 0.333$ ,  $11.62 \pm 0.300$ ,  $3.33 \pm 0.167$  เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	10
ผลการทดลองและวิจารณ์	16
สรุปและข้อเสนอแนะ	17
เอกสารอ้างอิง	18
ภาคผนวก	20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แร่ธาตุที่สำคัญและปริมาณที่พบในน้ำนม	9
2. การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของไรแดง	16
ตารางภาคผนวกที่	
1. น้ำหนักในการวิเคราะห์เถ้า	22
2. น้ำหนักในการวิเคราะห์ไขมัน	22
3. น้ำหนักในการวิเคราะห์โปรตีน	22
4. น้ำหนักในการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต	22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. วงจรชีวิตของไรแดง	4
ภาพผนวกที่	
1. เครื่องกลั่น vapodest 2	20
2. เครื่องสกัดไขมันแบบ soxhlet	20
3. ตู้อบแห้ง (drying Oven)	21
4. เตาเผาอุณหภูมิสูง (muffle furnace)	21
5. เครื่องย่อยหลายหน่วย (kjeldatherm) พร้อมเครื่องดูดควัน	21
6. แผนผังการทดลองเลี้ยงไรแดง	23



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

ไรแดง (*Moina macrocopa*) จัดเป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำวัยอ่อน เพราะมีขนาดตัวเหมาะสมกับขนาดปากของสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นอาหารที่จำเป็น ในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม (Lim *et al.*, 2004) นอกจากนี้ ไรแดงยังมีค่าโรทีนอยด์ โปรตีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดสีส้มสวยในปลาสวยงาม มีประโยชน์ต่อการสืบพันธุ์ ระบบภูมิคุ้มกัน และอัตราการรอดตายของสัตว์น้ำวัยอ่อน (Velu *et al.*, 2004) ไรแดงส่วนใหญ่จะถูกรวบรวมจากแหล่งน้ำใสโครกตามบ้านเรือน คลองขนาดเล็ก ๆ จากที่พบการเพาะเลี้ยงไรแดงในปัจจุบันส่วนใหญ่มาจากการเพาะเลี้ยงด้วยน้ำเขียว (*chlorella* sp.) ซึ่งเป็นเฟลวกที่ตอนพืชขนาดเล็กที่มีขนาด 2.5 – 3.5 ไมครอน ปัจจุบันไรแดงจากธรรมชาติมีปริมาณลดลง เพราะสภาพสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เปลี่ยนไปในขณะที่ความต้องการไรแดงกลับเพิ่มขึ้น ทำให้ประสบปัญหาการขาดแคลนไรแดงในการอนุบาล สัตว์น้ำวัยอ่อนมากขึ้น ซึ่งมีผลโดยตรงกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพื่อเป็นการลดปัญหาการขาดแคลนไรแดง ได้มีการศึกษาคิดค้นวิธีต่าง ๆ ในการเพาะเลี้ยงไรแดง เช่น การเลี้ยงด้วยน้ำเขียว การเลี้ยงด้วยน้ำเขียวจะเกิดปัญหาในกรณีที่อยู่ในช่วงฤดูหนาวหรือฤดูฝนที่ไม่สามารถทำน้ำเขียวได้ เนื่องจากปัจจัยเรื่องแสงสว่าง ดังนั้น จึงมีแนวทางการศึกษาการเลี้ยงไรแดงด้วยนมดิบ และคุณค่าทางโภชนาการของไรแดง เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และ เถ้า โดยนมที่ใช้จะเป็นนมวัวที่เกรดต่ำ นำนมดิบมาหมักในน้ำอัตราส่วนประมาณ 1 – 5 มิลลิลิตร ต่อลิตร ปล่อยให้ทิ้งไว้ประมาณ 5 วัน ซึ่งการเลี้ยงวิธีนี้จะป็นวิธีที่สะดวกและไม่ต้องการเนื้อที่ ไม่ต้องการแสงแดด และเครื่องให้อากาศ

## วัตถุประสงค์

เพื่อทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยนม

## การตรวจเอกสาร

### ชีวประวัติของไรแดง

ไรแดงเป็นสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลัง หรือที่เรียกกันว่า Crustacean มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Moina macrocopa* (Straus) และมีชื่อสามัญว่า Water flea สันทนา (2529) ได้มีการจัดจำแนกตามลำดับชั้นของไรแดงดังนี้

Phylum	Arthropoda
Class	Crustacea
Subclass	Branchiopode (Phyllopopoda)
Order	Cladocera (Water fleas)
Suborder	Calyptomera
Family	Daphnidae
Genus	Moina
Species	Macrocopa
Scientific name	<i>Moina macrocopa</i> Straus.

### รูปร่างลักษณะของไรแดง

ไรแดง (*Moina macrocopa*) เป็นแพลงค์ตอนสัตว์ชนิดหนึ่งที่มีขนาด 0.4 ถึง 1.8 มม. ลำตัวมีสีแดงเรื่อ ๆ ถ้าอยู่รวมกันเป็นจำนวนมากจะเป็นกลุ่มสีแดงชัดเจนโดยเฉพาะในน้ำที่ออกซิเจนละลายอยู่น้อยมากจะมองเห็นไรแดงสีเข้มมากขึ้น ไรแดงเพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ ลำตัวอ้วนเกือบกลม มีขนาดเฉลี่ย 0.5 มม. ตัวอ่อนที่ออกมาจากถุงไข่ของแม่ใหม่ ๆ จะมีขนาด  $0.22 \times 0.35$  มม.

### พฤติกรรมการสืบพันธุ์

ไรแดงมีการสืบพันธุ์อยู่ 2 แบบ คือ แบบอาศัยเพศ (parthenogenesis) ซึ่งเกิดเกือบตลอดปี ตัวเมียที่มีการสืบพันธุ์แบบนี้จะผลิตไข่ชนิดพิเศษที่เรียกว่า parthenogenesis egg ไข่ชนิดนี้สามารถเจริญเป็นตัวอ่อนโดยไม่ต้องอาศัยเชื้อตัวผู้เพื่อการผสมพันธุ์ จำนวนไข่มีไม่แน่นอน คือ มีจำนวน 5-30 ฟอง โดยเฉลี่ยมีจำนวน 15 ฟอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมและความสมบูรณ์ของตัวแม่ ไข่ชนิดนี้เมื่อถูกผลิตขึ้นมาจะเคลื่อนเข้าสู่ช่องฟักไข่ ซึ่งเป็นช่องว่างตรงส่วนหลังระหว่างเปลือกหุ้มลำตัว ช่องฟักไข่นี้สามารถปิดและเปิดได้โดยอาศัยเส้นขน 2 เส้นบนส่วนท้ายของลำตัว ไข่จะเจริญอยู่ในช่องฟักไข่นับตั้งแต่ฟักเป็นตัวอ่อนที่มีรูปร่างคล้ายตัวเต็มวัย จนกระทั่งถูกปล่อยออกมาจากตัวแม่ ดังนั้น ไรแดงในระยะวัยอ่อนได้อาหารจากแม่โดยผ่านทางรก (placenta) ซึ่งตั้งอยู่ด้านหลังของช่องฟักไข่ ตัวแม่ไรแดงจะปล่อยลูกอ่อนออกสู่ภายนอกลำตัว โดยการขยับส่วนหลังของลำตัวมาทางข้างล่าง โดยทั่วไปเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไข่ไรแดงชุดใหม่จะเคลื่อนเข้าสู่ช่องฟักไข่ทันทีที่ตัวอ่อนชุดแรกถูกปล่อยออกจากตัวแม่ ขบวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจะดำเนินเช่นนี้เรื่อยไปจนตัวแม่ไรแดงตาย

ส่วนการสืบพันธุ์แบบมีเพศ (sexual female) จะเกิดในสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น น้ำเสีย ขาดแคลนอาหาร สภาวะอาหารไม่เหมาะสม ปัจจัยดังกล่าวจะมีอิทธิพลทำให้ไรแดงเปลี่ยนวิธีการสืบพันธุ์ ในช่วงเวลานี้จะมีไรแดงตัวผู้และไรแดงตัวเมียที่สืบพันธุ์แบบมีเพศขึ้นในประชากรไรแดง ไรแดงที่มีการสืบพันธุ์แบบมีเพศโดยเฉพาะเพศเมียเมื่อเจริญวัยเต็มที่ จะผลิตไซซอนิดที่เรียกว่า sexual female ขึ้นจำนวน 2 ฟอง (รังไข่ละ 1 ฟอง) มีลักษณะทึบแสง ซึ่งจะต้องผสมกับเชื้อตัวผู้จึงจะเจริญเป็นตัวอ่อนได้ ในเวลาเดียวกับที่ sexual female ถูกผลิตขึ้นมานั้นจะมีการสร้างเปลือกไข่โดยผนังไข่มีลักษณะคล้ายอานม้า ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะเคลื่อนเข้าสู่ช่องฟักไข่และเปลือกหุ้มไข่ที่สร้างขึ้นล่วงหน้าแล้วจะปิดรวมไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว เมื่อไรแดงลอกคราบครั้งต่อไป ephippium egg (ไข่ที่มีเปลือกหุ้ม) จะถูกปล่อยออกจากตัวแม่และจมลงสู่พื้น เปลือกไข่ของไรแดงนี้ถูกสร้างขึ้นมาอย่างพิเศษคือ มีเปลือกหนาและมีลวดลายเป็นรูปหกเหลี่ยมจึงมีความสามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมกลับสู่สภาวะปกติไข่ดังกล่าวจะเจริญเป็น parthenogenesis egg อีกครั้งหนึ่ง ส่วน sexual egg ที่ไม่ได้รับการผสมจะสลายตัวไปโดยไม่ต้องเคลื่อนเข้าสู่ช่องฟักไข่และเปลือกหุ้มไข่ที่ถูกสร้างขึ้นก็จะสลายตัวไป

### อุปนิสัยการกินอาหาร

อุปนิสัยการกินอาหารของไรแดง พบว่ากินพวกแบคทีเรีย ซึ่งมีทั้งแบบแท่ง (bacillus) และแบบกลม (coccus) นอกจากนี้มีพวก *euglena* และ *chlorella* ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำที่มันอาศัยอยู่ด้วย ถ้าแหล่งที่มี *Euglena* มาก ภายในลำไส้จะพบมีแต่ *euglena* (สันทนา , 2524)

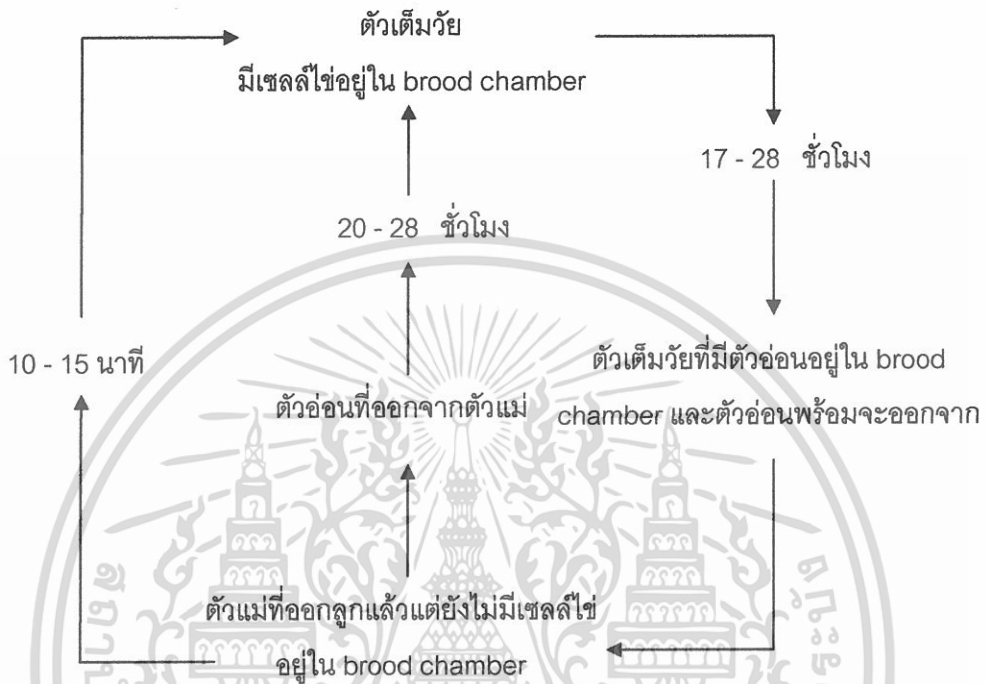
### วงจรชีวิต

วงจรชีวิตของไรแดง แบ่งออกเป็น 4 ชั้น คือ ไข่ (egg) วัยอ่อน (juvenile) วัยรุ่น (adolescent) และตัวเต็มวัย (adult) ไรแดงเพศเมีย 1 ตัวจะสร้างไข่ภายใน brood chamber ประมาณ 6 – 20 ฟอง ไข่จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เกือบเหมือนพ่อและแม่ เรียกตัวอ่อนระยะนี้ว่า juvenile จากนั้นจะเริ่มมีตารวมให้เห็นชัดเจนและมีหนวดคู่ที่ 1 และ 2 เกิดขึ้น สามารถเคลื่อนไหวได้ เป็นระยะที่เข้าสู่ระยะวัยรุ่น ระยะวัยรุ่นจะหลุดออกจากตัวแม่ หากินได้ทันที และมีการขยายขนาดขึ้น โดยมีการลอกคราบ 1 ครั้ง แล้วเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย แม่ไรแดงลอกคราบอีก 1 ครั้ง หลังจากนั้นก็จะตายภายใน 5 - 7 วัน (สุนันท์ , 2520)

การเจริญเติบโตของตัวอ่อนที่หลุดจากถุงไข่ (ขนาดกว้าง 0.27 มิลลิเมตร ยาว 0.53 มิลลิเมตร) ใช้เวลา 20-28 ชั่วโมง จะเจริญเติบโตถึงตัวเต็มวัย (ขนาดกว้าง 0.6 มิลลิเมตร ยาว 1.04 มิลลิเมตร) และจะเจริญถึงระยะที่ปล่อยตัวอ่อนออกจากตัวแม่ (ขนาดกว้าง 0.96 มิลลิเมตร ยาว 1.25 มิลลิเมตร) ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 17-18 ชั่วโมง ขณะที่ตัวอ่อนออกจากตัวแม่ จะว่ายน้ำอยู่ตลอดเวลา เมื่อตัวอ่อนออกจากตัวแม่หมดแล้ว เซลไข่ในรุ่นที่ 2 จะไหลจากรังไข่เข้าสู่ถุงไข่อีกครั้งหนึ่ง จะกินเวลาประมาณ 10-15 นาที หลังจากนั้นอีก 17 ถึง 28 ชั่วโมง ตัวแม่ก็ออกลูกใหม่



ภาพที่ 1 วงจรชีวิตของไรแดง

ที่มา : วาสนา , 2531

### นมดิบ

นมดิบ (raw milk) หมายถึง นมโคที่รีดมาจากเต้านมโคแล้วยังไม่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ นมดิบที่จะมีคุณภาพดีนั้นจะต้องเป็นนมที่สะอาดปราศจากสิ่งปลอมปน การที่จะได้นมสะอาดนั้นจะต้องยึดหลัก 3 ประการของการผลิตนมสะอาดดังต่อไปนี้

(1) **ความสะอาด** เป็นหัวใจของการผลิตนม ตามปกตินมที่อยู่ในเต้านมโคนั้น เป็นนมที่สะอาดบริสุทธิ์ ทรายใดที่ไม่รีดนมออกมาจากเต้านม นมนั้นก็ยังคงเป็นนมที่สะอาดอยู่นั่นเอง แต่พอรีดออกมาและใส่ลง ไปในถังรีดนม นมนั้นจะสัมผัสกับสิ่งต่าง ๆ เช่น มือคนรีดนมหรือเครื่องรีดนม หัวนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของโค อากาศที่นม พุงผ่าน และถึงรีดนม จุลินทรีย์ที่คอยจับหะอยู่ตามจุดต่าง ๆ เหล่านี้จะเข้าสู่นมทันที จุลินทรีย์จะเข้าสู่มน้อยเพียงโดยอมขึ้นอยู่กับความสกปรกของสิ่งต่าง ๆ ที่นมสัมผัส

(2) **ความรวดเร็วในการปฏิบัติงาน** การปฏิบัติงานของผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับนม ในช่วงที่รีดนมออกมาและยังไม่ทันทำนมให้เย็นนี้ จะต้องปฏิบัติการให้รวดเร็ว เพราะไม่ต้องการให้จุลินทรีย์ขยายพันธุ์ เรียกว่าห้วงเวลาการขยายพันธุ์ (generation time) ยิ่งระลึกไว้เสมอว่า ถ้าทำงานช้าไปทุก ๆ 30 นาที จุลินทรีย์ในนมจะเพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 2 เท่าเสมอ ซึ่งหมายถึงราคานมจะถูกตัดลงด้วย และยังมิจุลินทรีย์มากขึ้นเท่าใด อายุของนมก็สั้นลงเท่านั้น เมื่อรีดนมเสร็จแล้วต้องรีบนำนมไปส่งที่ศูนย์รวมนม ก่อนที่จะพัก ผ่อนหรือทำความสะอาดคอก และเจ้าหน้าที่ศูนย์รวมนมเองเมื่อรับนมเกษตรกรไว้แล้ว ภายหลังการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบแล้ว ก็รีบทำให้นมเย็นถึงอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (หรือต่ำกว่า) ทันที

(3) **การทำนมให้เย็น** จากการศึกษาเรื่องอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญ พันธุ์ของจุลินทรีย์ในนม นั้น พบว่าที่อุณหภูมิประมาณ 37 องศาเซลเซียสนั้นจุลินทรีย์ส่วนมากเจริญได้ดีที่สุด ส่วนอุณหภูมิเย็นนั้นเจริญได้ช้าที่สุด ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 (พ.ศ. 2522) ให้เก็บนมพลาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสนี้ จุลินทรีย์ขยายพันธุ์ได้ในอัตราที่ต่ำมาก ดังนั้นนมโคดิบก็ควรที่จะเก็บที่อุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียสเช่นกัน ดังนั้นเมื่อเจ้าหน้าที่ของศูนย์รวมนมรับซื้อนมจากเกษตรกรแล้ว จึงต้องทำให้นมเย็นประมาณ 5 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า แล้วก็เก็บนมที่ความเย็นนี้ (ในทางปฏิบัตินิยมเก็บที่อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส) จนกว่าจะขนส่งไปสู่โรงงานนม

### การตรวจคุณภาพของน้ำนม

การตรวจคุณภาพของน้ำนมบางรายการน่าจะทำได้ในฟาร์มที่ผลิตนมนั้น แต่การตรวจคุณภาพของน้ำนมบางรายการเป็นงานที่จำเป็น และต้องทำในโรงงานหรือศูนย์รับรวมนมสำหรับฟาร์มโคนมต้องทราบว่าน้ำนมที่ผลิตในฟาร์มมีคุณภาพเพียงใด หรือมีความสะอาดเพียงใด และโรงงานนมที่รับซื้อนมจากผู้ผลิตต้องการทราบว่านมที่ผู้ผลิตจากฟาร์มควรจะให้ราคาอย่างไร มีรายการตรวจสอบคุณภาพน้ำนมอย่างธรรมดา 2 ประเภท คือ การตรวจหาส่วนประกอบของน้ำนม และการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำนมและสิ่งเจือปน

#### 1. การตรวจหาส่วนประกอบของน้ำนม

มีการตรวจหาจำนวนไขมัน การตรวจสอบหาจำนวนของแข็ง และอาจมีการตรวจหาจำนวนโปรตีนหรืออาจเพิ่มการตรวจหาความถ่วงจำเพาะ

(1) **การตรวจหาจำนวนไขมัน** การตรวจหาส่วนร้อยละของไขมันในน้ำนมของโคแต่ละตัวจะช่วยในการกำหนดจำนวนอาหารชั้นที่ควรให้โคกินได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ส่วนร้อยละของไขมันในน้ำนมจากฟาร์มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำส่งโรงงานนมจะเป็นเครื่องพิจารณาให้ราคาน้ำนมที่โรงงานจะจ่ายให้ การตรวจหาจำนวนไขมันในน้ำนมโคนมีตัวอย่างน้ำนมจำนวนไม่มากนักใช้วิธีของแบ็กค็อก (S.M. Babcock , 2433) หรือแบบของ เกอเบอร์ (N. Gerber, -) ถ้าตัวอย่างน้ำนมที่จะตรวจหาปริมาณมาก เช่น นมที่ส่งเข้าโรงงานจากฟาร์มต่างๆประจำวัน มักจะต้องใช้เครื่อง protometric ซึ่งใช้สำหรับตรวจหาจำนวนไขมันโดยเฉพาะ (เช่น milko-tester) ซึ่งทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำมาก

วิธีตรวจหาส่วนร้อยละของไขมันในน้ำนมอย่างสำคัญ เช่น แบบบีบค็อก ใช้กรดกำมะถันอย่างเข้มข้นผสมกับนมเพื่อย่อยส่วนประกอบอื่นๆ นอกจากไขมัน เพื่อแยกไขมันออกจากส่วนที่เหลือไขมันที่ถูกละลายออกจากส่วนผสมของน้ำกรดกับนมจะละลายด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นและแยกตัวออกโดยการให้เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) อย่างแรงจะแยกไขมันทำให้ลอยขึ้นมาในคอขวดที่สามารถอ่านจำนวนไขมันได้ทันที

(2) การตรวจหาจำนวนของแข็ง วิธีตรวจหาจำนวนของแข็งในน้ำนมอย่างง่ายและรวดเร็ว อาจใช้การคำนวณจากการตรวจความถ่วงจำเพาะและส่วนร้อยละของไขมันของน้ำนม

(3) การตรวจหาจำนวนโปรตีน การตรวจหาจำนวนโปรตีนในน้ำนมทำได้โดยวิธีวิเคราะห์หาไนโตรเจนแบบ semimicro Kjeldhal method เมื่อได้จำนวนของไนโตรเจนแล้วนำคูณด้วย 6.38 จะได้เป็นจำนวนโปรตีนของน้ำนม แต่สำหรับการตรวจตัวอย่างน้ำนมเป็นจำนวนมากได้มีเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นใหม่ๆบางเครื่องที่สามารถตรวจหาจำนวนโปรตีนในน้ำนมได้ โดยใช้เวลาเพียง 1 นาที เช่น เครื่อง pro – milk mk 11 หรือเครื่อง infrared milk analyzer

## 2. การตรวจหาจุลินทรีย์ในน้ำนม

การทดสอบคุณภาพน้ำนม เป็นการตรวจสอบโดยเฉพาะของโรงงานนมหรือ ศูนย์รับนม โรงงานรับซื้อ เพื่อที่จะได้รู้ว่าน้ำนมที่ผู้เลี้ยงโคนมนำมาขายให้โรงงานนั้นมีคุณภาพดี สะอาดหรือไม่ ขั้นตอนในการทดสอบคุณภาพน้ำนมเบื้องต้น ก่อนรับซื้อนั้น จะต้องต้องเป็นวิธีการที่รวดเร็วและให้ผลที่น่าเชื่อถือได้มี 4 วิธี ประกอบด้วย (1) การทดสอบโดยประสาทสัมผัส (organoleptic test)

(2) การทดสอบโดยใช้แอลกอฮอล์ (alcohol test)

(3) การทดสอบโดยใช้การต้มในน้ำเดือด (clot-on-boiling test)

(4) การทดสอบโดยวัดความเป็นกรด (acidity test)

## นมดิบที่เกษตรกรกรีดได้นั้น แบ่งออกได้เป็น

(1) นมดิบเกรด เอ สำหรับผลิตเป็นนมพาสเจอร์ไรซ์ (grade A raw milk for pasteurization) คือ นมที่ได้จากฟาร์มที่ปฏิบัติตามระเบียบ ข้อบังคับทางสุขภาพ และก่อนนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต้องมีจุลินทรีย์ไม่เกิน 200,000 โคโลนี/1 มิลลิเมตร

(2) นมดิบเกรด บี สำหรับผลิตเป็นนมพาสเจอร์ไรซ์ (grade B raw milk for pasteurization) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นมโคที่ได้จากฟาร์มที่ปฏิบัติตามระเบียบ ข้อบังคับทางสุขภาพ และก่อนนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ต้องมีจุลินทรีย์ไม่เกิน 1,000,000 โคโลนี/มิลลิลิตร

### การแบ่งชั้นของนมดิบ

การแบ่งชั้นนมดิบ คือ การจัดชั้นคุณภาพของนมดิบว่าดีเลวเพียงใด นมชั้นใดสมควรจะนำไปทำผลิตภัณฑ์ นมชนิดใด ปัจจุบันนมดิบที่ผลิตในประเทศไทยไม่ได้แบ่งชั้นเอาไว้ ส่วนในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ได้จัดชั้นนมดิบออกเป็นชั้นต่าง ๆ เช่น

(1) เซอร์ติไฟด์มิลค์ (certified milk) คือนมรับรองคุณภาพ คือนมดิบที่สมาคมออกใบรับรองคุณภาพให้

(2) นมดิบเกรด เอ (grade A raw milk) คือนมที่รีดได้จากแม่โคที่ปราศจากโรคควั่นโรค และโรคแท้งติดต่อ นมที่รีดแล้วต้องรีบทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส และต้องเก็บนมที่อุณหภูมิเย็นนี้จนถึงเวลาจำหน่าย และเมื่อนำออกจำหน่ายต้องมีจุลินทรีย์ไม่เกิน 50,000 โคโลนี/นม 1 มิลลิลิตร หรือมีชั่วโมงการเปลี่ยนสีเมทิลีนบลูไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง

(3) นมดิบเกรด เอ เพื่อพาสเจอร์ไรส์ (grade A raw milk for pasteurization) คือ นมดิบที่ได้จากฟาร์มที่ปฏิบัติตามระเบียบของประกาศกระทรวงสาธารณสุขก่อนการพาสเจอร์ไรส์ต้องมีจุลินทรีย์ไม่เกิน 200,000 โคโลนี/นม 1 มิลลิลิตร

(4) นมดิบเกรด บี เพื่อพาสเจอร์ไรส์ (grade B raw milk for pasteurization) คือ นมดิบที่ได้จากฟาร์มที่ปฏิบัติตามระเบียบของประกาศกระทรวงสาธารณสุขก่อนการพาสเจอร์ไรส์ต้องมีจุลินทรีย์ไม่เกิน 1,000,000 โคโลนี/นม 1 มิลลิลิตร

(5) นมดิบเกรด ซี (grade C raw milk) คือ นมที่ผลิตจากฟาร์มที่ไม่สะอาดปราศจากสุขลักษณะ มีจุลินทรีย์ไม่จำกัดจำนวนนม (นมเกรด ซี มักไม่นิยมนำไปผลิตเป็นนมพาสเจอร์ไรส์ แต่อาจเอาไปทำผลิตภัณฑ์อื่น หรือนำไปเลี้ยงสัตว์)

### ลักษณะและองค์ประกอบน้ำนม

ถ้าพิจารณาอย่างแท้จริง จะพบว่า น้ำนมเป็นสิ่งที่มีความซับซ้อน ประกอบด้วยสารประกอบเป็นร้อย ๆ ชนิด องค์ประกอบบางชนิดมีปริมาณเล็กน้อย แต่มีบทบาทที่ทำให้น้ำนมมีความสำคัญ จะกล่าวได้ว่าถึงรายละเอียดของคุณลักษณะขององค์ประกอบที่สำคัญของน้ำนม เช่น ลิปิด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุ (ash) เม็ดสี (pigment) วิตามิน เอนไซม์ ตลอดจนองค์ประกอบอื่น ๆ

(1) ลิปิด (lipids) ลิปิดเป็นคำเรียกละสารประกอบไขมัน ไม่ว่าจะ เป็น fat หรือ oil ซึ่งจัดว่าเป็นสารประกอบที่ เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ในตำราบางเล่มอาจใช้ fat แทนลิปิด หรือ

กลับกัน ซึ่งให้คำจำกัดความของ fat ว่าเป็น ไตรกลีเซอไรด์ และลิปิด เป็นสารประกอบที่ละลายง่ายในอีเทอร์

(2) แลคโตส (lactose) แลคโตสเป็นคาร์โบไฮเดรตหลักในน้ำนม และยังพบสารประกอบอื่น ๆ เช่น ซีรีโบไซด์ (cerebrosides) กลูโคส กาแลคโตส และซูโครส ในปริมาณเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบ น้ำตาลอะมิโน (aminosugars) เช่น เฮกโซซามีน (hexosamine) อะเซทิล-แลคโตซามีน (o-acetyl-lactosamine) และโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) สารประกอบเหล่านี้แม้จะพบเพียงเล็กน้อย แต่มีบทบาทสำคัญต่อน้ำนม เป็นต้น ในกระบวนการที่ใช้ความร้อน สารประกอบเหล่านี้มีผลต่อกลิ่นของน้ำนม

น้ำตาลแลคโตสให้คุณค่าที่ดีสำหรับทารก ในอุตสาหกรรมยาจะใช้แลคโตสเป็นสาร filler ในตัวยา หรือใช้เคลือบเม็ดยา นอกจากนี้ แลคโตสยังใช้เป็นอาหารสำหรับการเจริญของเชื้อรา *Penicillium* ซึ่งใช้ในการผลิตยาเพนิซิลิน และเป็นอาหารที่ดีสำหรับแลคติกแบคทีเรียในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น นมเปรี้ยว เนยแข็ง

(3) โปรตีน (milk proteins) โปรตีนเป็นโพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ๆ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 10,000 ขึ้นไป ส่วนใหญ่แล้วโปรตีนนมประกอบด้วยกรดอะมิโนมากกว่า 150 หน่วย

(4) เอนไซม์ (enzymes) เอนไซม์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สร้างขึ้นจากเซลล์สิ่งมีชีวิต ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาชีวเคมีซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงในเอนไซม์ การทำงานของเอนไซม์สามารถจะถูกยับยั้งหรือทำลายได้ด้วยความร้อน

(5) แร่ธาตุและเกลือแร่ น้ำนมประกอบด้วยแร่ธาตุหลักอยู่ 7 ชนิด นอกนั้นเป็นธาตุที่พบในปริมาณเพียงเล็กน้อย แร่ธาตุสำคัญที่ตรวจพบเพียงเล็กน้อยนั้น ได้แก่ สังกะสี ทองแดง เหล็ก และอื่น ๆ ส่วนเกลือแร่ หรือสารประกอบเกลือที่พบในน้ำนม ได้แก่ เกลือคลอไรด์ ฟอสเฟต และซิเตรต ของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม

น้ำนมเป็นแหล่งที่สำคัญของแคลเซียม ความสมดุลของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในน้ำนมคล้ายกับที่พบในระบบโครงกระดูกของคนในวัยเจริญเติบโต

(6) สารประกอบอินทรีย์ น้ำมนอกจากจะประกอบด้วยธาตุอาหารดังที่กล่าวมาแล้ว ยังประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์อื่นอีก แต่พบในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น เช่น สารประกอบที่แปรสภาพมาจากอาหารสัตว์ สารประกอบที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์น้ำนม เช่น กรดอะมิโน ครีตินีน (creatinine) ครีเอทีน (creatine) รวมทั้งแอมโมเนีย สารประกอบที่แปรสภาพมาจากสัตว์ ตลอดจนที่ได้จากการย่อยสลายเอนไซม์ ได้แก่ ซัลไฟด์ เมอร์คัปแทน (mercaptans) และสารประกอบคาร์บอนิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แร่ธาตุที่สำคัญและปริมาณที่พบในน้ำนม

แร่ธาตุ	ปริมาณที่พบ (กรัม/ควอร์ต)
โพแทสเซียม	1.31
แคลเซียม	1.18
คลอรีน	0.91
ฟอสฟอรัส	0.91
โซเดียม	0.55
ซัลเฟอร์	0.28
แมกนีเซียม	0.11

ที่มา : วรรณ , 2540



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### 1. อุปกรณ์และสารเคมี

- (1) ตู้อบแห้ง (drying Oven)
- (2) เตาเผาอุณหภูมิสูง (muffle furnace)
- (3) ถ้วยกระเบื้อง (porcelain crucible)
- (4) โหลดูดความชื้น (desicator)
- (5) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- (6) คีมคีบ (tong)
- (7) ตู้ดูดควัน (fume hood)
- (8) ถุงมือกันความร้อน
- (9) เครื่องสกัดไขมันแบบ soxhlet
- (10) extraction thimble
- (11) soxhlet tube
- (12) ขวดแก้วก้นแบน (flat bottom flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
- (13) โหลดูดความชื้น
- (14) ตู้อบ
- (15) เครื่องย่อยหลายหน่วย (kjeldatherm) พร้อมเครื่องดูดควัน
- (16) เครื่องกลั่น vapodest 2
- (17) เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (auto burette)
- (18) ฟลาสขนาด 500 มล.
- (19) หลอดย่อยขนาด 250 มล. (digestion tube)
- (20) หลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร
- (21) vortex
- (22) เครื่อง spectrophotometer
- (22) diethyl ether, anhydrous หรือ dichloromethane
- (23) กรดซัลฟูริกเข้มข้น conc.H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 93-98 %
- (24) ตัวเร่งปฏิกิริยา catalyst mixture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (25) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (32% NaOH)
- (26) สารละลายกรดบอริก 4 %
- (27) อินดิเคเตอร์ผสม (mix indicator)
- (28) 0.1 N H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>
- (29) phenol 5%
- (30) H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> conc
- (31) glucose standard

## 2. วิธีการทดลอง

### 2.1 การเลี้ยงไรแดง

- (1) บ่อเลี้ยง 4 บ่อ โดยเตรียมน้ำไว้บ่อละ 50 ลิตร
- (2) การเตรียมนม ใช้นมดิบ อัตราส่วน 5 มิลลิตรต่อลิตร ผสมลงในบ่อตามปริมาตรของน้ำ และหมักทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน
- (3) การปรับสภาพไรแดง โดยนำหัวเชื้อไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำเจียวมาเลี้ยงด้วยน้ำนมเพื่อให้ไรแดงปรับ แล้วจึงนำไรแดงลงเลี้ยงเป็นเวลา 3 วัน
- (4) เก็บผลผลิตไรแดงในวันที่ 3
- (5) นำไรแดงไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

### 2.2 การวิเคราะห์เถ้าทั้งหมด

- (1) เผาถ้วยกระเบื้องที่สะอาดและแห้งในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นย้ายถ้วยกระเบื้องจากเตาเผาไปไว้ในโหลดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นเท่ากับ อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอน การชั่งควรจะทำด้วยความรวดเร็วเพื่อป้องกันการดูดซึ่มความชื้น
- (2) ชั่งตัวอย่างให้ได้หนัก 2-3 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแล้วนั้น ตัวอย่างที่ชั่งนี้ ปกติจะเป็นตัวอย่างแห้งที่ได้จากการวิเคราะห์หาความชื้น
- (3) นำตัวอย่างอาหารนี้ไปเผาในตู้ดูดควัน ให้หมดควันเสียก่อนแล้วจึงนำไปเผาในเตาเผาที่ตั้ง อุณหภูมิไว้ที่ 600 องศาเซลเซียส เผาจนกระทั่งได้เถ้าเป็นสีขาวหรือสีเทา ปกติใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง
- (4) ใช้คีมคีบถ้วยกระเบื้องจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วย กระเบื้องที่มีเถ้าอยู่นั้นอย่างระเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## (5) วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ ไขมันทั้งหมดในโรแดง} = \frac{(b-a) \times 100}{w}$$

w

เมื่อ a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักถ้ำภายหลังการเผา

w = น้ำหนักของตัวอย่างโรแดงที่ใช้ในการวิเคราะห์

## 2.3 การวิเคราะห์ไขมัน (ether extract)

(1) ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาษกรองให้ได้น้ำหนัก 2 กรัม ห่อใส่ลงใน extraction thimble อุดด้วยสำลีที่ปราศจากไขมัน นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

(2) นำตัวอย่างในข้อ (1) ใส่ลงใน soxhlet tube นำไปต่อกับเครื่องควบแน่นและขวดแก้วกันแบนที่สะอาดและทราบน้ำหนักที่แน่นอนและได้เติม diethyl ether ลงไปให้มากเกินพอประมาณ 200 มล.

(3) ทำการสกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบชั่วโมงการสกัดนำ extraction thimble ที่ใส่ตัวอย่างออกจาก soxhlet tube

(4) ทำการระเหย ether ในขวดแก้วกันแบนออก โดยคอยดูที่กำลังควบแน่นอยู่อย่าให้ถึงจุดที่จะล้นไหลกลับลงมาที่ขวดแก้วกันแบน

(5) เท ether ที่อยู่ใน soxhlet tube ลงขวดเก็บไว้เพราะหมดไขมันแล้วทำอย่างนี้เรื่อยๆไปจน ether ในขวดแก้วกันแบนใกล้จะหมดจึงนำขวดแก้วที่มีไขมันอยู่นี้ไประเหยจนแห้งด้วยความร้อนต่ำ แล้วนำเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง ปลดยंत्रทิ้งไว้ให้เย็นในหลอดความชื้น แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักของขวดแก้วที่เพิ่มขึ้นเป็นน้ำหนักของ ether extract หรือ crude fats

## (6) การคำนวณ

$$\% \text{ Ether extract ของอาหาร} = \frac{(b-a) \times 100}{w}$$

w

เมื่อ a = น้ำหนักของขวดแก้วกันแบน

b = น้ำหนักของขวดแก้วกันแบนและ ether extract หลังอบ

c = น้ำหนักของตัวอย่างโรแดง

## 2.4 การวิเคราะห์โปรตีนหยาบ (crude Protein) โดยใช้เครื่อง gerhardt

(1) ชั่งตัวอย่างโรแดงประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยขนาด 250 มล.

(2) ใส่ catalyst mixture 7 กรัม หรือประมาณ 1 ช้อนชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ใส่กรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล. นำไปย่อยบนเตาย่อย (โดยครั้งแรกใช้ไฟอ่อน 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที) แล้วจึงเร่งไฟให้มีความร้อนสูงขึ้นถึง 380-400 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายในหลอดเป็นสีฟ้าใส

(4) ปิดสวิทช์ไฟแล้วยกชุดหลอดย่อยวางไว้เหนือเตาย่อย ทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควัน

(5) เมื่อสารละลายเย็นดีแล้ว เติมน้ำกลั่น 40 มล. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปใส่ในที่สำหรับหลั่น

(6) นำสารละลายกรดบอริก 4 % ที่เตรียมไว้ใส่ในฟลาสขนาด 500 มล. ประมาณ 75 มล.

(7) อิดิเคเตออร์ผสม (bromocresol green ผสมกับ methyl red ) 2-3 หยด นำไปวางต่อเข้ากับเครื่องกลั่น Vopodest 2 ให้ปลาย condenser ไฟตำแหน่ง cooling สีเหลืองจะติด

(8) ดำเนินการกลั่น ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- เสียบปลั๊กเครื่องกลั่น vopodest 2 , เปิด power switch ไฟเขียวจะสว่างขึ้น

- เปิดน้ำเพื่อให้ไหลหล่อ condenser ไฟตำแหน่ง Cooling สีเหลืองจะติด

- เลือกไอน้ำที่ใช้กลั่นโดยกดปุ่ม stream ไปที่ตำแหน่ง high

- กดปุ่ม add NaOH จะเป็นการเติมด้านล่างในหลอดย่อยที่ต้องการกลั่น เติมนจนได้สารละลายเป็นสีน้ำเงินเข้ม

- ดูไฟตำแหน่ง start ถ้าไฟติดแล้วให้กดปุ่ม start เพื่อเริ่มทำการกลั่นไฟตำแหน่ง distillation สีเหลืองจะติด ให้การกลั่นประมาณ 3 นาที (โดยดูให้สารละลายในฟลาสที่ใส่กรดบอริกไว้ปริมาณเพิ่มขึ้น 175 มล. หรือทดสอบด้วย listmus สีแดง ถ้าไม่เปลี่ยนสีแสดงเก็บก๊าซหมดแล้ว

- กดปุ่ม Stop เพื่อหยุดการกลั่น สดฟลาสลงชะละลายที่จุ่มอยู่ด้วยน้ำกลั่น

- นำสารละลายในฟลาสไปไตเตรท ด้วยกรด  $H_2SO_4$  0.1 N จนเป็นกลาง

(9) นำ blank วิธีการเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่างใด

## 2.5 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน เตรียมสารละลายกลูโคสที่ความเข้มข้น 200 ไมโครกรัม/ 100 มิลลิลิตร เตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคสให้มีความเข้มข้น 0,10,20,40,60,80,100 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมน้ำ phenol 5 % 1 ml เขย่าเติม  $H_2SO_4$  conc 10 มิลลิลิตร เขย่าแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (% absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 485 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วิเคราะห์ตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง ประมาณ 0.0001-0.0009 กรัม เติม phenol 5% 1 มิลลิลิตร เขย่า เติม  $H_2SO_4$  conc 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (% absorbance) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 485 นาโนเมตร

### วิธีการคำนวณ

$$\% \text{Carbohydrate} = \frac{\text{slope} \times \text{total volume} \times OD_{485} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้ง} \times 1 \times 1000}$$

### 3. การบันทึกผลการทดลอง

#### การวิเคราะห์เถ้า

- บันทึกน้ำหนักไรแดงเริ่มต้น
- บันทึกน้ำหนักถ้วยกระเบื้อง
- บันทึกน้ำหนักถ้วยกระเบื้องและไรแดงหลังการอบ

#### การวิเคราะห์ไขมัน

- บันทึกน้ำหนักไรแดงเริ่มต้น
- บันทึกน้ำหนักแก้วก้นกลม
- บันทึกน้ำหนักแก้วก้นกลมและไขมันหลังอบ

#### การวิเคราะห์โปรตีน

- บันทึกน้ำหนักไรแดงเริ่มต้น
- บันทึกค่าไตเตรตด้วยกรด  $H_2SO_4$

#### การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

- บันทึกน้ำหนักไรแดงเริ่มต้น
- บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 485 นาโนเมตร

### 4. วิเคราะห์ข้อมูล

#### การวิเคราะห์เถ้า

$$\text{จากสูตร \% เถ้าทั้งหมดในไรแดง} = \frac{(b-a) \times 100}{W}$$

#### การวิเคราะห์ไขมัน

$$\text{จากสูตร \% Ether extract ของอาหาร} = \frac{(b-a) \times 100}{W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การวิเคราะห์โปรตีน

$$\text{จากสูตร \% Crude protein} = \frac{1.4(V_2 - V_1)N \times 6.25}{W} = \frac{1.4(V)N \times 6.25}{w}$$

### การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

$$\text{จากสูตร \% Carbohydrate} = \frac{\text{slope} \times \text{total volumn} \times \text{OD}_{485}}{\text{น้ำหนักแห้ง} \times 1 \times 1000} \times 100$$

### 5. สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### 6. ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการทดลองตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึง วันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2549

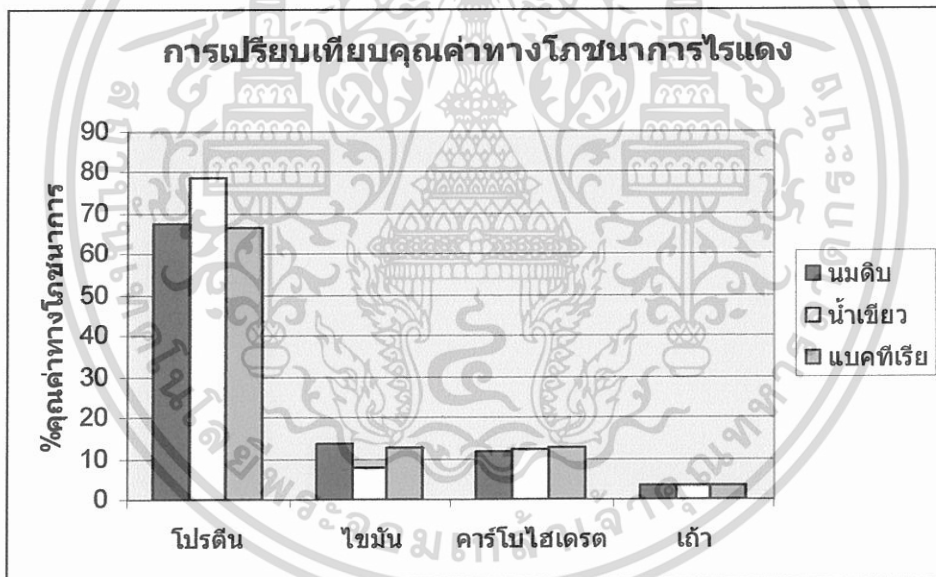


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองเลี้ยงไรแดงด้วยนมดิบ เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิลิตรต่อลิตร ที่ปล่อยพักไว้เป็นเวลา 5 วัน โดยมีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกล็ด เท่ากับ  $67.58 \pm 0.108$ ,  $13.67 \pm 0.333$ ,  $11.62 \pm 0.300$ ,  $3.33 \pm 0.167$  เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบกับไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำเชียวนั้น ไรแดงจะมีคุณค่าทางโภชนาการ เท่ากับ  $78.73 \pm 0.120$ ,  $7.67 \pm 0.333$ ,  $12.10 \pm 0.090$ ,  $3.33 \pm 0.167$  เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และจากการเปรียบเทียบกับไรแดงที่เลี้ยงด้วยแบคทีเรียมานั้น ไรแดงจะมีคุณค่าทางโภชนาการ เท่ากับ  $66.31 \pm 0.147$ ,  $12.76 \pm 0.510$ ,  $12.67 \pm 0.237$ ,  $3.47 \pm 0.019$  เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบ พบว่า ไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำเชียวมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าไรแดงที่เลี้ยงด้วยนมดิบและไรแดงที่เลี้ยงด้วยแบคทีเรีย

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของไรแดง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

จากการทดลองคุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำเขียวมีค่าสูงกว่าคุณค่าทางโภชนาการที่เลี้ยงด้วยน้ำนม เพราะฉะนั้นนมดิบอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาเลี้ยงไรแดง

### ข้อเสนอแนะ

จากที่ได้ทำการทดลองเลี้ยงไรแดงด้วยน้ำนมดิบ การหมักนมดิบจะต้องได้ระยะเวลาที่เหมาะสม สัปดาห์ (2524) กล่าวว่ น้ำที่พบไรแดงเกิดขึ้นหนาแน่นส่วนมาก จะมีสีเหลืองปนน้ำตาล คล้ายสีของต้นฟางหรือน้ำชาแก่ จากที่ได้ทำการหมักนมดิบนั้น มีช่วงเวลาที่สีของน้ำจะมีลักษณะของสีน้ำเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล พบว่าช่วงเวลานั้นไรแดงที่เลี้ยงมีความหนาแน่นมากที่สุด



## เอกสารอ้างอิง

- วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2540. นมและผลิตภัณฑ์นม. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 210 หน้า
- สันทนา ดวงสวัสดิ์ . 2524. ชีวประวัติไรแดง. วารสารประมง ปีที่ 34 ฉบับที่ 1-6. 4 หน้า
- ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, ทวี วิพุกธนาภาค, วีระ วัชรกรโยธินและทัศนีย์ สุขสวัสดิ์. 2532. การเพาะเลี้ยงไรแดง. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 9/2532. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดปทุมธานี. 12 หน้า
- วาสนา เพชรมันคงเจริญ. 2531. อิทธิพลของระดับน้ำต่อผลผลิตไรแดง. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 35 หน้า
- จิราพร ศรีชาติ. 2544. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้นมผงเลี้ยงไรแดง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 40 หน้า
- รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์. 2545. การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงไรแดงด้วยนมผงสำเร็จรูป. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 23 : 1. 24-35 หน้า
- Velu, C.S., Czczuga, B., and Munuswamy, N. 2004. Carotenoprotein complexes in entomostracan crustaceans (*streptocephalus dichotomus* and *Moina micrura*). [Online] Available <http://sciencedirect.com/science? ob=ArticleURL& aset=B-WA-A-A-AV-MsSAYWA-U...>
- Lim, C.L., Dhert, P. and Sorgeloos., 2004. Recent developments in the application of live feeds in the freshwater ornamental fish colture. [Online] Available <http://sciencedirect.com/science? ob=ArticleURL& aset=B-WA-A-A-AV-MsSAYWA-U...>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[www.kanchanapisek.or.th](http://www.kanchanapisek.or.th)

[www.kku.ac.th](http://www.kku.ac.th)

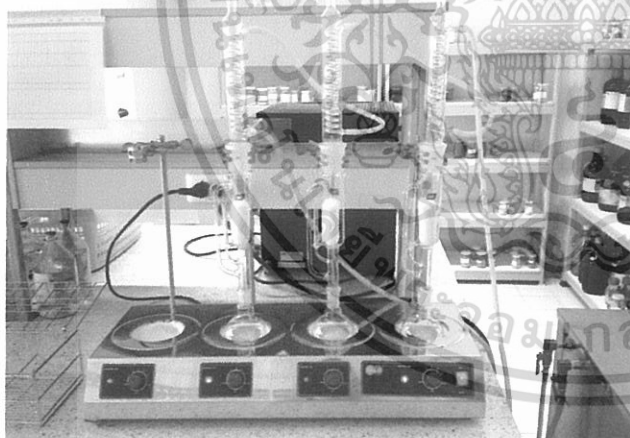


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 เครื่องกลั่น vapodest 2

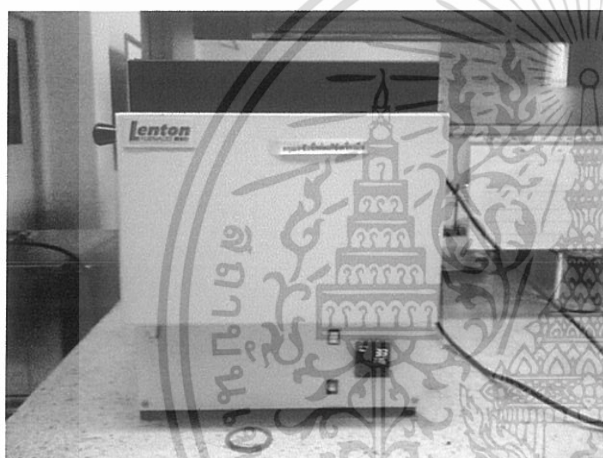


ภาพผนวกที่ 2 เครื่องสกัดไขมันแบบ soxhlet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 3 ตู้อบแห้ง (drying Oven)



ภาพผนวกที่ 4 เตาเผาอุณหภูมิสูง (muffle furnace)



ภาพผนวกที่ 5 เครื่องย่อยหลายหน่วย (kjeldatherm) พร้อมเครื่องดูดควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ 1** น้ำหนักในการวิเคราะห์เถ้า

ลำดับที่	นน. ถ้วยกระเบื้อง (กรัม)	นน. ถ้วยกระเบื้อง+นน. เถ้าหลังเผา (กรัม)
1	35.26	35.33
2	30.12	30.18
3	34.25	34.32

**ตารางผนวกที่ 2** น้ำหนักในการวิเคราะห์ไขมัน

ลำดับที่	นน. ขวดแก้วกันเบน (กรัม)	นน. ขวดแก้วกันเบน+ether extract หลังอบ (กรัม)
1	99.20	99.48
2	102.06	102.32
3	103.44	103.72

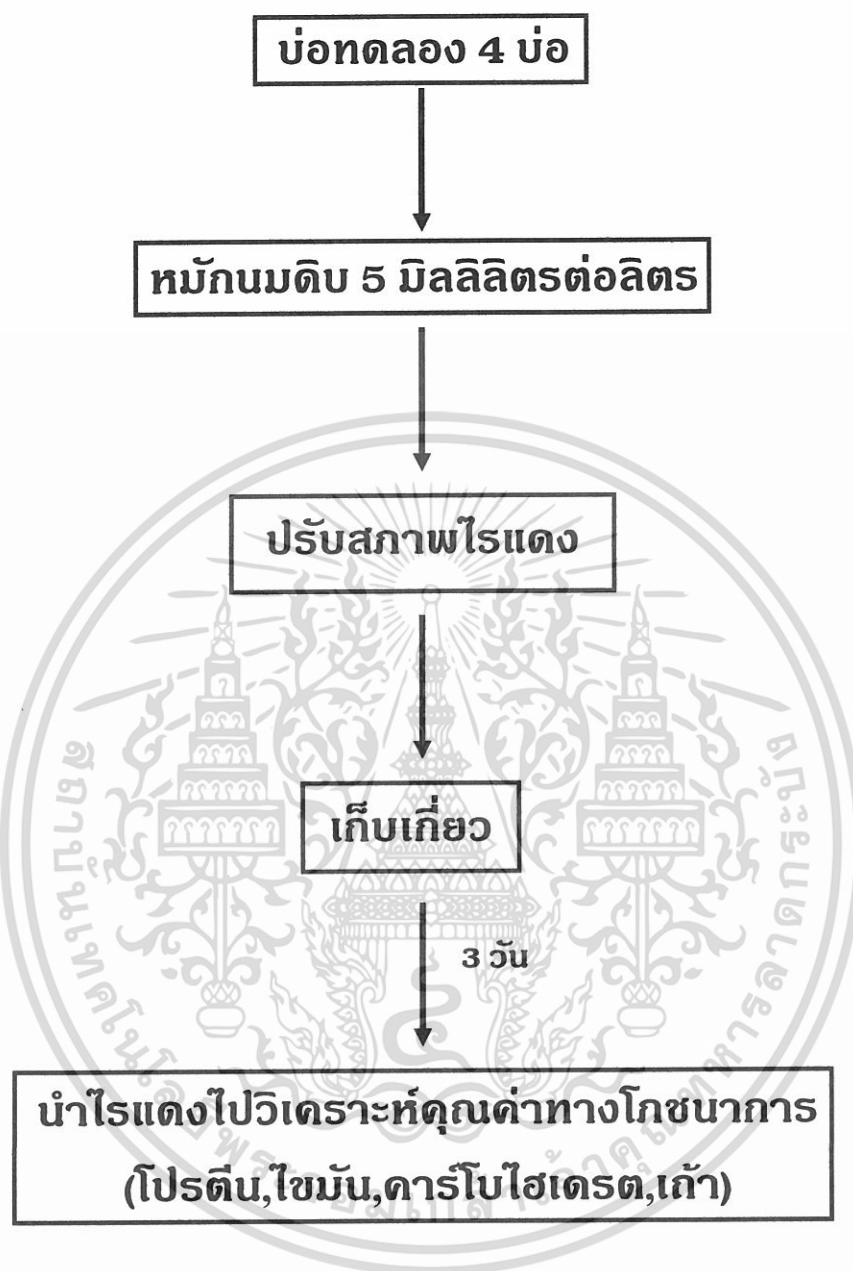
**ตารางผนวกที่ 3** น้ำหนักในการวิเคราะห์โปรตีน

ลำดับที่	ปริมาณของกรดซัลฟูริก 0.1 N ที่ใช้ไตเตรท (มล.)
1	55
2	55.3
3	55.2

**ตารางผนวกที่ 4** น้ำหนักในการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

ลำดับที่	slop	total volumn	OD <sub>485</sub>
1	0.33	1	0.306
2	0.336	1	0.306
3	0.359	1	0.306

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 5 แผนผังการทดลองเลี้ยงไรแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้