



ภาคผนวก

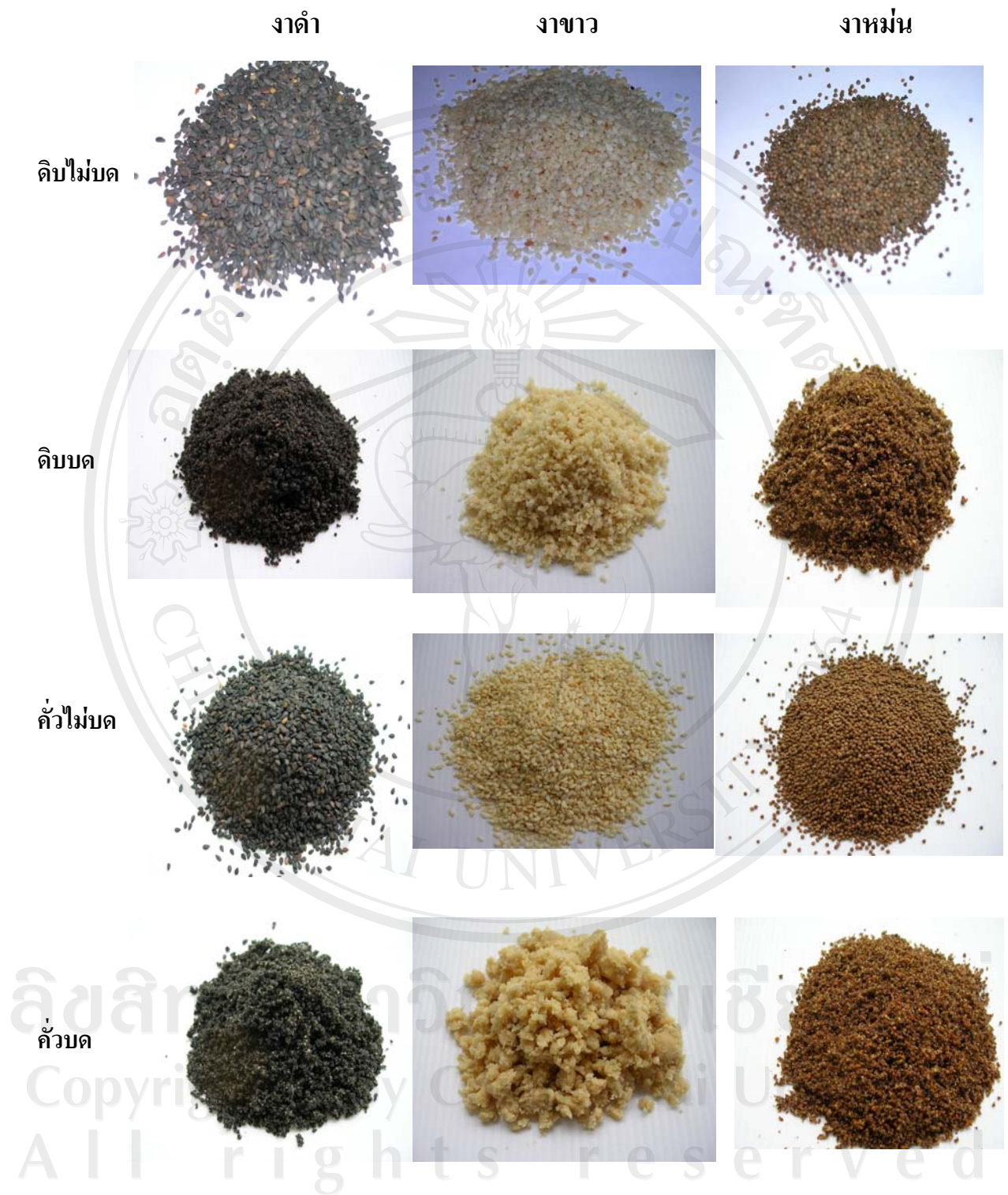
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

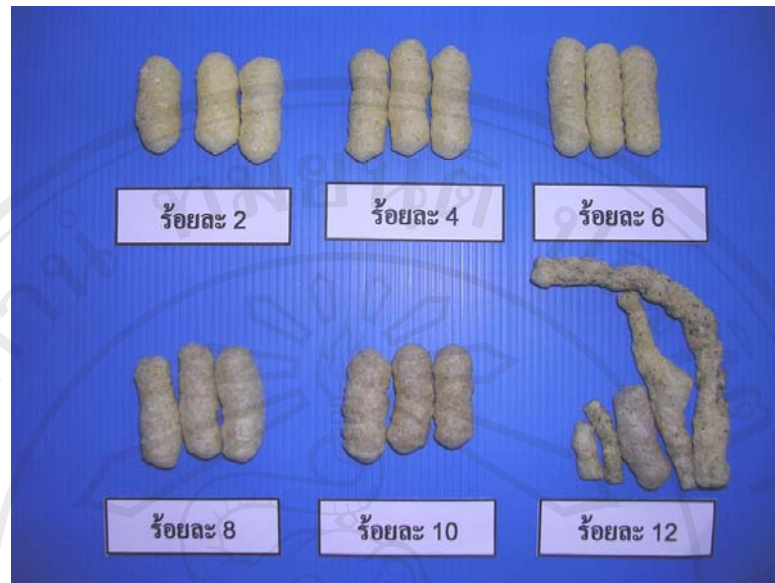
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved



ภาพที่ ก.1 ลักษณะของงาแต่ละชนิดในรูปแบบต่างๆที่ใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริม



ภาพที่ ก.2 เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยวที่ใช้ในการผลิต



ภาพที่ ก.3 ลักษณะของหนอนขบเคี้ยวเสริมงาดำดิบไม่บด ในระดับแตกต่างกัน



ภาพที่ ก.4 ลักษณะของหนอนขบเคี้ยวเสริมงาขาวดิบไม่บดในระดับแตกต่างกัน



ภาพที่ ก.5 ลักษณะของขนมขบเคี้ยวเสริมงาดำดิบไม่บดร้อยละ 6 ที่ผลิตได้ และผลิตภัณฑ์  
ทางการค้า 2 ชนิด



ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมพัล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

ภาคผนวก ข.1 แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวเสริมงา

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

คำชี้แจงในการทดสอบทางประสาทสัมผัส : ให้ผู้ทดสอบ ชิมตัวอย่างขนมขบเคี้ยวเสริมงา (Snack Food Fortified with Sesame) และทดสอบคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้ โดยพิจารณาเป็นระดับคะแนนความชอบตั้งแต่ 1-9 ดังนี้

ระดับคะแนน	ระดับความชอบ
9	ชอบมากที่สุด
8	ชอบมาก
7	ชอบปานกลาง
6	ชอบเล็กน้อย
5	เฉยๆ
4	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	ไม่ชอบปานกลาง
2	ไม่ชอบมาก
1	ไม่ชอบมากที่สุด

โดยให้ผู้ทดสอบกรอกระดับคะแนน 1 - 9 ตามระดับความชอบลงในตาราง

ลักษณะคุณภาพ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์				
	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
1. สี	.....	.....	.....	.....	.....
2. กลิ่น	.....	.....	.....	.....	.....
3. รสชาติ	.....	.....	.....	.....	.....
4. ความกรอบ	.....	.....	.....	.....	.....
5. ความเนียนเนื้อ	.....	.....	.....	.....	.....
6. ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ.....  
.....



ภาคผนวก ข.2 แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวเสริมงา

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

คำชี้แจงในการทดสอบทางประสาทสัมผัส : ให้ผู้ทดสอบ ชิมตัวอย่างขนมขบเคี้ยวเสริมงา (Snack Food Fortified with Sesame) และทดสอบคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้ โดยพิจารณาเป็นระดับคะแนนความชอบตั้งแต่ 1-9 ดังนี้

ระดับคะแนน	ระดับความชอบ
9	ชอบมากที่สุด
8	ชอบมาก
7	ชอบปานกลาง
6	ชอบเล็กน้อย
5	เฉยๆ
4	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	ไม่ชอบปานกลาง
2	ไม่ชอบมาก
1	ไม่ชอบมากที่สุด

โดยให้ผู้ทดสอบกรอกระดับคะแนน 1 - 9 ตามระดับความชอบลงในตาราง

ลักษณะ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์				
	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
1. ความกรอบ	.....	.....	.....	.....	.....
2. ความเนียนเนื้อ	.....	.....	.....	.....	.....
3. ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ.....  
.....

ภาคผนวก ข.3 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ **Ranking test** ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว  
เสริมงาดำปรุงรส โนริสาหร่าย

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

คำชี้แจง โปรดทำการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับคะแนนความชอบต่อ  
ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โดยตัวอย่างที่ท่านชอบมากที่สุดให้ระดับความชอบลำดับแรก และตัวอย่างที่  
ท่านชอบน้อยสุดให้ระดับความชอบลำดับสุดท้าย

โปรดทดสอบชิมตัวอย่างตามลำดับรหัสที่เสนอให้ต่อไปนี้

รหัส .....

ระดับความชอบ

รหัสตัวอย่างผลิตภัณฑ์

ลำดับที่ 1

.....

ลำดับที่ 2

.....

ลำดับที่ 3

.....

ลำดับที่ 4

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ภาคผนวก ข.4 แบบประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยว

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

คำชี้แจงในการทดสอบทางประสาทสัมผัส : ให้ผู้ทดสอบ ชิมตัวอย่างขนมขบเคี้ยวเสริม (Snack Food) และทดสอบคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้ โดยพิจารณาเป็นระดับคะแนน ความชอบตั้งแต่ 1-9 ดังนี้

ระดับคะแนน	ระดับความชอบ
9	ชอบมากที่สุด
8	ชอบมาก
7	ชอบปานกลาง
6	ชอบเล็กน้อย
5	เฉยๆ
4	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	ไม่ชอบปานกลาง
2	ไม่ชอบมาก
1	ไม่ชอบมากที่สุด

โดยให้ผู้ทดสอบกรอกระดับคะแนน 1 - 9 ตามระดับความชอบลงในตาราง

ลักษณะ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์		
	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
1. ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....
2. กลิ่น	.....	.....	.....
3. รสชาติ	.....	.....	.....
4. ความกรอบเมื่อเคี้ยว	.....	.....	.....
5. ความเนียนของเนื้อสัมผัสเนื้อ	.....	.....	.....
6. ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ.....

.....



ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

## ค.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

### ค. 1.1 การวัดสี ระบบ Hunter Lab

การวัดสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter Lab) ทำโดยวัดด้วยเครื่องวัดสี Color Quest II Colorimeter วัดค่าในระบบฮันเตอร์ โดยค่าสี L\* เป็นค่าความสว่าง (lightness) a\* เป็นค่าสีแดงและเขียว (redness/greenness) และ b\* เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness)

เมื่อ L* คือค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100	
a* คือค่าสีแดงและสีเขียว	เมื่อ a* มีค่าเป็นบวก	เป็นสีแดง
	เมื่อ a* มีค่าเป็นลบ	เป็นสีเขียว
	เมื่อ a* มีค่าเป็นศูนย์	เป็นสีเทา
b* คือ ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน	เมื่อ b* มีค่าเป็นบวก	เป็นสีเหลือง
	เมื่อ b* มีค่าเป็นลบ	เป็นสีน้ำเงิน
	เมื่อ b* มีค่าเป็นศูนย์	เป็นสีเทา

ก่อนทำการวัดค่าสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐานและแผ่นสีเทามาตรฐาน แล้วจึงทำการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว โดยนำตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดใส่ลงในเซลล์วัดสี ทำการวัด 3 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### ค. 1.2 การวัดลักษณะทางเนื้อสัมผัส (วัดค่าแรงกดแตก : compression force)

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยว เป็นการวัดค่าแรงกดแตก (compression force) ทำได้โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ใช้หัววัดในลักษณะกดเป็น P50 (50 mm. Dia. Cylinder Aluminum) เพื่อวัดแรงที่กดลงบนขนมขบเคี้ยวแล้วทำให้ขนมขบเคี้ยวนี้แตก ค่าแรงกดแตกจะสัมพันธ์กับค่าความแข็ง (hardness) ของขนมขบเคี้ยวที่วัด

#### สถานะที่กำหนดในการวัด มีดังนี้

ความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ลงก่อนสัมผัส ขนมขบเคี้ยวมีอัตราความเร็ว (pre-test speed) 5.0 มิลลิเมตร/วินาที

ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ลงในเนื้อขนมขบเคี้ยว (test speed) 5.0 มิลลิเมตร/วินาที

ความเร็วของหัววัดและเคลื่อนที่ออกจากขนมขบเคี้ยว (post-test speed) 10.0 มิลลิเมตร/วินาที

ระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ลงในเนื้อขนมขบเคี้ยว 50% stain

ทำการวัด 20 ครั้ง (ในการวัดแต่ละครั้งใช้ขนมขบเคี้ยว จำนวน 1 ชิ้น) (ประชา และ จุฬาลักษณ์, 2542) หาค่าเฉลี่ย พิจารณาค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดที่ตกลงบนขนมขบเคี้ยวแล้วทำให้แตกของแต่ละตัวอย่าง (average maximum peak force) หน่วยเป็นกิโลกรัม

### ค.1.3 การหาความหนาแน่น (bulk density)

การหาค่าความหนาแน่นของขนมขบเคี้ยวทำได้โดยการนำขนมขบเคี้ยวจัดเรียงลงในภาชนะที่รู้ปริมาตรแน่นอน ในระหว่างที่จัดเรียงขนมขบเคี้ยวลงไปในภาชนะนั้น ต้องเคาะภาชนะเป็นระยะเพื่อให้ขนมขบเคี้ยวเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วกัน เมื่อจัดเรียงขนมขบเคี้ยวจนเต็มภาชนะแล้วใช้ไม้บรรทัดสแตนเลสปาดขนมขบเคี้ยวส่วนเกินออกให้เรียบเสมอบนของภาชนะแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ทำการบันทึกปริมาตร และน้ำหนักของขนมขบเคี้ยว ค่าความหนาแน่นคำนวณได้ดังนี้ และการหาค่าทำ 3 ซ้ำ ( 1 ซ้ำ คำนวณมาจากการวัด 8 ครั้งและนำมาหาค่าเฉลี่ย)

$$\text{ค่าความหนาแน่น (กรัม/ลิตร)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่าง} + \text{น้ำหนักภาชนะ}) - (\text{น้ำหนักภาชนะ}) (\text{กรัม})}{\text{ปริมาตรภาชนะ (ลิตร)}}$$

### ค. 1.4 การหาอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio)

การหาอัตราส่วนการพองตัว ทำได้โดยการคำนวณจากเส้นผ่าศูนย์กลางหน้าตัดของขนมขบเคี้ยว ด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางรูปคของหน้าแปลน แต่ละค่าได้จากค่าเฉลี่ยของการวัดตัวอย่าง 10 ตัวอย่าง (ชิ้น) (1 ชิ้น วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 จุด และนำมาหาค่าเฉลี่ย)

## ค. 2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

### ค.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC,2000)

การหาปริมาณความชื้นโดยใช้เตาอบลมร้อน โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใส่ลงใน moisture can ที่ผ่านการอบแห้ง จดน้ำหนักที่แน่นอนเป็นทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วนำไปอบในเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกจากเตาอบและปล่อยให้เย็นในโลแก้วดูความชื้น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำหลายๆ ครั้งจนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้นหน่วยเป็นร้อยละ โดยนำน้ำหนักที่หายไปหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณด้วย 100

### ก.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (AOAC, 2000)

การหาปริมาณโปรตีนโดยชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5-2 กรัม ลงในหลอดเคลดดาห์ล เดิมกะตะลิตร 8 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำเข้าชุดย่อยโปรตีนจนกระทั่งสารละลายใสและปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปต่อกับชุดกลั่นโปรตีน โดยนำขวดแก้วรูปชมพู่ที่มีกรดบอริก 50 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ลงไป 3-5 หยด ทำการกลั่นตัวอย่าง นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสังเกตเป็นสีชมพูปรากฏขึ้น และคำนวณหาปริมาณโปรตีนดังนี้

$$\text{โปรตีน(ร้อยละ)} = \frac{(V_1 - V_2) \times 0.1 \times 1.4007}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เมื่อ  $V_1$  = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)  
 $V_2$  = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)

### ก. 2.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธี Soxhlet (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธี Soxhlet เป็นการสกัดไขมันในตัวอย่างที่สกัดได้โดยตรงด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ตามระยะเวลาที่กำหนด ภายหลังจากสกัด จะระเหยตัวทำละลายอินทรีย์และทำการชั่งน้ำหนักไขมันที่ได้

### ก.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (AOAC, 2000)

การหาปริมาณเส้นใยโดยวิธีการย่อยด้วยสารละลายกรดและด่าง นำส่วนที่เหลือจากการย่อยไปอบและเผา เพื่อหาส่วนที่หายไปหลังจากการเผา ซึ่งก็คือ ปริมาณเส้นใย หรือสิ่งที่เหลือจากการเผาส่วนอบแห้งที่เหลือจากการย่อยตัวอย่างด้วยสารละลายกรดและด่าง

### ก. 2.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าทั้งหมด (AOAC, 2000)

การหาปริมาณเถ้าโดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่ลงถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ผ่านการอบแห้ง จดน้ำหนักที่แน่นอนเป็นทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำไปเผาในตะเกียงให้หมดควัน จากนั้นนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน

3 ชั่วโมง นำออกจากเตาอบและปล่อยให้เย็นลงใน โถแก้วดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และอบซ้ำหลายๆ ครั้งจนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณเถ้า หน่วยเป็นร้อยละ โดยนำน้ำหนักที่หายไปหารด้วย น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณด้วย 100

#### ก. 2.6 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ (AOAC, 2000)

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต หาได้จาก 100 ลบด้วยผลผลรวมระหว่างปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเส้นใยและปริมาณเถ้า

#### ก. 2.7 การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสตามวิธี Iodine blue value (Knutson, 1986)

การหาปริมาณอะไมโลส (amylose content) โดยวิธี Iodine blue value ต้องหากราฟมาตรฐานก่อน เพื่อนำค่าความชันของกราฟมาตรฐานมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณอะไมโลสใน ตัวอย่างแบ่งต่อไป ทำได้ดังนี้

##### การหากราฟมาตรฐาน (standard curve)

การเตรียม blank ทำได้โดยใส่เอทานอล 1 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตรลงไปในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตรจากนั้น เปิดสารละลายมา 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรอีกใบหนึ่งเติมกรดอะซิติก 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปปรับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตรให้เป็นศูนย์

##### สารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส

สารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส ทำได้โดยชั่งโพเตโตอะไมโลส จำนวน 0.0400 กรัม ใส่ลงไปในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอทานอล 1 มิลลิลิตรและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตรลงไป นำไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส ตามตาราง ก.1 และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำสารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และเขียนกราฟมาตรฐาน โดยได้แกนแนวนอนเป็นค่าการดูดกลืนแสง ส่วนแกนแนวตั้ง ค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส (มิลลิกรัม/ลิตร)



ตาราง ก.1 การเจือจางสารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)	8	16	20	32
สารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส (มิลลิลิตร)	1	2	3	4
กรดอะซิติก (มิลลิลิตร)	0.2	0.4	0.6	0.8
สารละลายไอโอดีน (มิลลิลิตร)	2	2	2	2

ที่มา : Knutson (1986)

### การหาปริมาณอะไมโลสของตัวอย่าง

การหาปริมาณอะไมโลสของตัวอย่างแป้ง ทำได้โดยชั่งตัวอย่างแป้งจำนวน 0.1000 กรัม น้ำหนักแห้ง และเติมเอทานอล 1 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตร ลงไปในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรอีกใบหนึ่ง เติมกรดอะซิติก 1 มิลลิลิตรและสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย น้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณอะไมโลสได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร}}{\text{ความชันของกราฟมาตรฐาน}}$$

### ก. 2.8 การวิเคราะห์ปริมาณแป้ง (AOAC, 2000)

วิธีนี้เป็นวิธีการวิเคราะห์สารเชิงซ้อนสีฟ้าที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างอะไมโลสและไอโอดีน โคนไอโอดีนในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์จะให้ peak ของการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร เมื่อไอโอดีนจับกับอะไมโลสในแป้งจะให้สารเชิงซ้อนสีฟ้าเกิดขึ้น ที่มี peak ของการดูดกลืนแสงเปลี่ยนไปที่ความยาวคลื่น 600 ถึง 620 นาโนเมตร วัดสารสีฟ้าที่เกิดขึ้นแล้วนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของแป้ง

### การหากราฟมาตรฐาน (standard curve)

ชั่งแป้ง (soluble starch) 50 มิลลิกรัม ละลายในน้ำ 50 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด 1 นาที ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารละลายมาจำนวน 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 และ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง และปรับปริมาตรแต่ละหลอดให้ได้ 1 มิลลิลิตร โดยเติมน้ำกลั่น เติมกรดอะซิติกเข้มข้น 2 นอร์มอล จำนวน 1.25 มิลลิลิตร

โพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้นร้อยละ 10 จำนวน 0.25 มิลลิลิตร และโพแทสเซียมไอโอเดตเข้มข้น 1/600 โมลาร์ จำนวน 2.5 มิลลิลิตรลงในแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 570 นาโนเมตร โดยเทียบกับสารละลาย blank ซึ่งเตรียมโดยใช้น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตรแทนสารละลายตัวอย่าง นำค่าที่ได้มาเขียนความสัมพันธ์กราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (570 นาโนเมตร) และความเข้มข้นของแป้ง (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม) ในรูปสมการเส้นตรง โดยให้แกนตั้งเป็นค่าการดูดกลืนแสง แกนนอนเป็นค่าความเข้มข้นของน้ำแป้ง

#### การหาปริมาณแป้งของตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการเตรียมกราฟมาตรฐาน ปิเปิดตัวอย่างมาปริมาตร  $v$  มิลลิลิตร (ส่วนมากใช้ 0.2 มิลลิลิตร) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 มิลลิลิตร จากนั้นทำการทดลองเช่นเดียวกับการเตรียมกราฟมาตรฐาน อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ได้โดยหักลบจากค่า blank

#### ค.2.9 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ

วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้เครื่อง AQUA LAB โดยใส่ตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดลงในตลับสำหรับวัดตัวอย่างประมาณ 1 ใน 3 ของตลับ จากนั้นนำไปวางในเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ รอจนกระทั่งเครื่องอ่านค่าปริมาณอิสระ จดบันทึกค่าปริมาณน้ำอิสระที่วัดได้ วัดค่า 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปริมาณน้ำอิสระที่ได้



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

### ง.1 การคำนวณปรับความชื้นของส่วนผสม

เมื่อผสมวัตถุดิบในแต่ละสูตรจนเข้ากันดีแล้ว ให้วัดความชื้นของส่วนผสมโดยใช้เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด (Infrared moisture determination balance) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยร้อยละความชื้นที่ได้ไปคำนวณเพื่อปรับให้ส่วนผสมมีปริมาณความชื้นตามที่ต้องการ จากสมการต่อไปนี้

$$W = \frac{F (M2 - M1)}{100 - M2}$$

เมื่อ	W	=	ปริมาณน้ำที่ต้องเติม (กรัม)
	F	=	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)
	M1	=	ปริมาณความชื้นของส่วนผสมเริ่มต้น (ร้อยละ)
	M2	=	ปริมาณความชื้นของส่วนผสมที่ต้องการ (ร้อยละ)

### ง.2 การคำนวณหาสถานะในการผลิตสำหรับแผนการทดลองแบบ 2<sup>3</sup> Factorial Experiment in Central Composite Design

ในการวางแผนการทดลองแบบ แบบ 2<sup>3</sup> Factorial Experiment ของสถานะการผลิตของเครื่องเอ็กซ์ทราเตอร์ในการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมงา ศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย คือความชื้น ส่วนผสม ความเร็วรอบสกรู และอุณหภูมิสุดท้ายก่อนออกกรุเปิดหน้าแปลน แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ คือระดับต่ำและระดับสูง ดังนี้ ความชื้นส่วนผสม ระดับต่ำ คือ ร้อยละ 13.00 ระดับสูงคือร้อยละ 16.00 ความเร็วรอบสกรู ระดับต่ำ คือ 150 รอบต่อนาที ระดับสูงคือ 250 รอบต่อนาที และอุณหภูมิสุดท้าย ระดับต่ำคือ 160 องศาเซลเซียส ระดับสูงคือ 180 องศาเซลเซียส สำหรับ Central Composite Design จะเป็นการศึกษาปัจจัยให้มีความละเอียดขึ้นเป็น 5 ระดับ โดยกำหนดให้ระดับต่ำในแผนการทดลอง 2<sup>3</sup> Factorial Experiment เป็นปีกซ้าย (ณ. จุด - ∞) ซึ่งจะได้แผนการทดลองที่กำหนดสำหรับสถานะที่เหมาะสมในการผลิตสำหรับการทดลองนี้ (ตาราง ง.1) จากนั้นทำการคำนวณหา ระดับต่อ (ณ.จุด -1) ระดับกลาง (ณ. จุด) และระดับสูง (ณ. จุด+1) เพื่อหาสถานะในการทดลองจริงของแต่ละสถานะ (ตาราง ง.2)

ตาราง ง. 1 แผนการทดลองที่กำหนดสำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสำหรับแผนการทดลองแบบ  $2^3$  Factorial Experiment in Central Composite Design

สิ่งทดลอง	Treatment combination	ปัจจัย A	ปัจจัย B	ปัจจัย C
1	(1)	-1	-1	-1
2	a	+1	-1	-1
3	b	-1	+1	-1
4	ab	+1	+1	-1
5	c	-1	-1	+1
6	ac	+1	-1	+1
7	bc	-1	+1	+1
8	abc	+1	+1	+1
9	$-\infty a$	-1.682	0	0
10	$-\infty a$	+1.682	0	0
11	$-\infty a$	0	-1.682	0
12	$-\infty a$	0	+1.682	0
13	$-\infty a$	0	0	-1.681
14	$-\infty a$	0	0	+1.682
15	Cp1	0	0	0
16	Cp2	0	0	0
17	Cp3	0	0	0
18	Cp4	0	0	0
19	Cp5	0	0	0
20	Cp6	0	0	0

โดยกำหนดให้

ปัจจัย A คือ ความเร็วรอบของสกรู (screw speed)

ปัจจัย B คือ อุณหภูมิสุดท้ายของเครื่อง (temperature in the last section)

ปัจจัย C คือ ความชื้นของส่วนผสม (feed moisture)

### วิธีการคำนวณในขั้นตอนการวางแผนการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัย

จากสูตร 
$$\frac{\text{Delta star}}{\infty} = \frac{\text{Delta factorial}}{1}$$

เมื่อ Delta star = ระยะทางจากจุดกึ่งกลางถึงจุด  $-\infty$  หรือ  $+\infty$

Delta factorial = ระยะทางจากจุดกึ่งกลางถึงจุด -1 หรือ +1

สำหรับจุด  $\infty$  สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร

$$\infty = \pm n^{1/4}$$

เมื่อ n คือจำนวนปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาตั้งแต่ 2 ขึ้นไป

ในการทดลองนี้มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 3 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบสกรู อุณหภูมิสุดท้าย ความชื้น ดังนี้

$$\infty = \pm 2^{3/4}$$

$$\infty = \pm 1.682$$

#### ตัวอย่างการคำนวณ

กำหนดปัจจัย A ได้แก่ ความเร็วรอบสกรู ค่าต่ำสุดและสูงสุด คือ 150 และ 250 รอบต่อนาที เพราะฉะนั้นจะได้ว่า

ปีกซ้ายกำหนดที่ระดับ 150 รอบต่อนาที

ปีกขวา กำหนดที่ระดับ 250 รอบต่อนาที

$$\text{จุดกึ่งกลาง} = (150 + 250) / 2 = 200$$

$$\text{Delta star} = (250 - 200) = 50$$

$$\infty = 1.682$$

### แทนค่าลงในสูตร

$$\text{จากสูตร}(\Delta \text{ star}) / (\infty) = (\Delta \text{ factorial}) / 1$$

$$\text{จะได้ว่า} (50) / (1.682) = (\Delta \text{ factorial}) / 1$$

$$\text{ดังนั้น } \Delta \text{ factorial} = 29.7265$$

เพราะฉะนั้น ระยะทางจากจุดกึ่งกลางถึงจุด -1 หรือ +1 ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 29.7265

ดังนั้น

ระดับความเร็วรอบสกรู ที่จุด -1 (ระดับต่ำ) มีค่าเท่ากับ  $200 - 29.7265 = 170.2735$

ระดับความเร็วรอบสกรู ที่จุด +1 (ระดับสูง) มีค่าเท่ากับ  $200 + 29.7265 = 229.7265$

สำหรับค่าระดับต่างๆ ที่คำนวณได้ของความเร็วรอบสกรู อุณหภูมิสุดท้าย ความชื้น ส่วนผสม แสดงดังภาพ ง. 1 และตาราง ง. 2

**ภาพ ง. 1** การหาค่าที่ระดับต่างๆ ของปัจจัยในการวางแผนการทดลองแบบ  $2^3$  Factorial Experiment in central composite design

จุดตามแผนการทดลอง	-1.682	-1	0	+1	+1.682
Screw speed (rpm)	150	170.27	200	229.73	250
Temperature (C )	160	164.05	170	175.95	180
Feed moisture (%)	13	13.61	14.50	15.39	16.0

ตาราง ง.2 สภาวะในการผลิตที่ได้จากการคำนวณค่าที่ระดับต่างๆ ของปัจจัย

สภาวะ	ความเร็วรอบสกรู		อุณหภูมิสุดท้าย		ความชื้นของส่วนผสม	
	รหัส	ค่าจริง	รหัส	ค่าจริง	รหัส	ค่าจริง
1	-1	170	-1	164	-1	13.61
2	+1	230	-1	164	-1	13.61
3	-1	170	+1	176	-1	13.61
4	+1	230	+1	176	-1	13.61
5	-1	170	-1	164	+1	15.39
6	+1	230	-1	164	+1	15.39
7	-1	170	+1	174	+1	15.39
8	+1	230	+1	174	+1	14.50
9	-1.682	150	0	170	0	14.50
10	+1.682	250	0	170	0	14.50
11	0	200	-1.682	160	0	14.50
12	0	200	+1.682	180	-1.682	13.00
13	0	200	0	170	+1.682	16.00
14	0	200	0	170	0	14.50
15	0	200	0	170	0	14.50
16	0	200	0	170	0	14.50
17	0	200	0	170	0	14.50
18	0	200	0	170	0	14.50
19	0	200	0	170	0	14.50
20	0	200	0	170	0	14.50



ตาราง ง.3 สมการถดถอยเข้ารหัส (coded equation) ของสภาวะการผลิตต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของ ผลิตภัณฑ์

สมการถดถอยเข้ารหัส (coded equation)		R <sup>2</sup>
<b>คุณภาพทางกายภาพ</b>		
ความหนาแน่น	= 98.07 – 8.24 (S) + 8.41 (M)	0.73
อัตราส่วนการพองตัว	= 2.20-9.3×10 <sup>-2</sup> (T) -0.14 (M)	0.66
แรงกดแตก	= 7.37 – 0.57 (S) +0.43 (T)	0.72
<b>คุณภาพทางประสาทสัมผัส</b>		
ความกรอบ	= 7.23+0.47(S)-0.28(M) -0.76(S <sup>2</sup> )-0.29(M <sup>2</sup> ) +0.15(S)(M)	0.91
ความเนียนเนื้อ	= 6.77+0.45(S)+9.00×10 <sup>-2</sup> (T)-0.28(M) -0.36 (M <sup>2</sup> ) +0.19 (S)(T) +0.23(S)(M)	0.96
ความชอบโดยรวม	= 6.95+0.53(S)-0.29(M)-0.15(S <sup>2</sup> ) -0.39 (M <sup>2</sup> ) +0.22(S)(M)	0.93

หมายเหตุ: S หมายถึง ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อนาที)

T หมายถึง อุณหภูมิสุดท้าย (องศาเซลเซียส)

M หมายถึง ความชื้นส่วนผสม (ร้อยละ)

### ง.3 ต้นทุนการผลิต

การคำนวณต้นทุนการผลิตครั้งนี้ ได้คำนวณจากราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต รวมกับค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต ได้แก่ ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า และค่าน้ำ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 ของราคาวัตถุดิบที่ใช้ (ปรับปรุงจากไพโรจน์, 2539) ซึ่งต้นทุนการผลิตนี้ไม่รวมค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ

จากการคำนวณต้นทุนการผลิตของวัตถุดิบพบว่า ต้นทุนส่วนผสมวัตถุดิบ คิดเป็นเงิน 19.55 บาท จากการทดลองพบว่าส่วนผสมวัตถุดิบ 1 กิโลกรัมเมื่อผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ได้ผลผลิต 95% ดังนั้นส่วนผสมวัตถุดิบ 1 กิโลกรัม ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้ 950 กรัม มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 19.55 บาท (ตาราง ง.4) จากการคำนวณต้นทุนในการปรับปรุงรสโดยใช้ผงปรุงรสนิรสาห์ราย พบว่าต้องใช้ปริมาณผงปรุงรสนิรสาห์รายร้อยละ 15 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่มีการพ่นน้ำมันร้อยละ 8 แล้ว ดังนั้นผลิตภัณฑ์ 950 กรัม ต้องใช้ปริมาณผงปรุงรสนิรสาห์ราย 142.5 กรัม และน้ำมันพืช 7.6 กรัม ซึ่งมีราคารวมเท่ากับ 30.93 บาท

ดังนั้นต้นทุนการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมงาดำดิบไม่บด ปรุงรสโนริสาหร่าย 1,157.10 กิโลกรัม เท่ากับ  $19.55+30.93= 50.48$  บาท ถ้ากำหนดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 35 ของ ต้นทุนวัตถุดิบ เท่ากับ 17.67 บาท ดังนั้น ต้นทุนรวมในการผลิตเท่ากับ  $50.48+17.67 = 68.15$  บาท ดังนั้นผลิตภัณฑ์ 1 กิโลกรัม จะมีต้นทุนการผลิตทั้งหมดเท่ากับ 58.90 บาทหรือ 59 บาท ต่อกิโลกรัม

ตาราง ง.4 ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมงาดำดิบไม่บด

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนม ขบเคี้ยวเสริมงาดำดิบไม่บด	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคาวัตถุดิบ ต่อ กิโลกรัม(บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
ข้าวโพดกลัด	470	22	10.34
ปลายข้าวหอมมะลิ	470	7	3.29
งาดำดิบ	60	72	4.32
น้ำตาลทราย	30	17	0.51
น้ำมันพืช	20	32	0.64
แคลเซียมคาร์บอเนต	10	45	0.45
ต้นทุนส่วนผสมวัตถุดิบ 1 กิโลกรัม			19.55
วัตถุดิบที่ใช้ปรับปรุงรส โนริสาหร่าย	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคาวัตถุดิบ ต่อ กิโลกรัม (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
ผงปรุงรสโนริสาหร่าย	142.5	200	28.5
น้ำมันพืช	7.6	32	2.43
ต้นทุนส่วนผสมการปรุงรสโนริสาหร่าย			30.93
ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตร้อยละ 35			17.67
ต้นทุนรวมในการผลิตทั้งหมดต่อ 1 กิโลกรัม			59



ภาคผนวก จ

ตารางเปรียบเทียบ Rank Totals

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

### ตาราง จ ตารางเปรียบเทียบ Rank totals

ลำดับทั้งหมด (Rank totals) ที่ต้องการสำหรับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับร้อยละ 95  
(ลำดับทั้งหมดจะต้องต่ำกว่าค่าแรกหรือมากกว่าค่าที่ 2)

จำนวน ของการ ลำดับ (n)	จำนวนสิ่งทดลอง หรือจำนวนตัวอย่างที่ถูกลำดับ (R)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2											
3				4-14	4-17	4-20	4-23	5-25	5-28	5-31	5-34
4		5-11	5-15	6-18	6-22	7-25	7-29	8-32	8-36	8-39	9-43
5		6-14	7-18	8-22	9-26	9-31	10-35	11-39	12-43	12-48	13-52
6	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36	13-41	14-46	15-51	17-55	18-60
7	8-13	10-18	11-24	12-30	14-35	15-41	17-46	18-52	19-58	21-63	22-69
8	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	18-46	20-52	22-58	24-64	25-71	27-77
9	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	22-50	24-57	26-64	28-71	30-78	32-85
10	12-18	15-25	17-33	20-40	22-48	25-55	27-63	30-70	32-78	35-85	37-93
11	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	28-60	31-68	34-76	36-85	39-93	42-101
12	15-21	18-30	21-39	25-47	28-56	31-65	34-74	38-82	41-91	44-100	47-109
13	16-23	20-32	24-41	27-51	31-60	35-69	38-79	42-88	45-98	49-107	52-117
14	17-25	22-34	26-44	30-54	34-64	38-74	42-84	46-94	50-104	54-114	57-125
15	19-26	23-37	28-47	32-58	37-68	41-79	46-89	50-100	54-111	58-122	63-132
16	20-28	25-39	30-50	35-61	40-72	45-83	49-95	54-106	59-117	63-129	68-140
17	22-29	27-41	32-53	38-64	43-76	48-88	53-100	58-112	63-124	68-136	73-148
18	23-31	29-43	34-56	40-68	46-80	52-92	57-105	62-118	68-130	73-143	79-155
19	24-33	30-46	37-58	43-71	49-84	55-97	61-110	67-123	73-136	78-150	84-163
20	26-34	32-48	39-61	45-95	52-88	58-102	65-115	71-129	77-143	83-157	90-170

ที่มา: Kramer, A, 1960

Copyright by Chiang Mai University  
All rights reserved

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวจตุพร ล้วนเนตรเงิน
วัน เดือน ปีเกิด	7 ตุลาคม 2523
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดโนนทัยพายัพ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2541  สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีการศึกษา 2545
ทุนการศึกษา	ทุนสนับสนุนการทำวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2548

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved