ภาคผนวก ก
ภาพประกอบการวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ ก.1 ลักษณะของรำข้าวบด

ภาพที่ ก.2 ลักษณะของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์

ภาพที่ ก.3 ลักษณะของอาหารเช้าธัญชาติหลังการเสริมรำข้าวบด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ ก.4 ลักษณะของอาหารเช้าธัญชาติเสริมรำข้าวก่อนการเติมผงโกโก้

ภาพที่ ก.5 ลักษณะของอาหารเช้าธัญชาติเสริมรำข้าวหลังการเติมผงโกโก้

ภาพที่ ก.6 ลักษณะของอาหารเช้าธัญชาติเสริมรำข้าวหลังการเคลือบคาราเมล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์อาหารเช้า

ชื่อ..... วันที่..... ชุดที่.....

คำแนะนำ

กรุณาชิมตัวอย่างอาหารเช้าเสริมเส้นใยอาหารจากรำข้าว (Breakfast Cereal Fortified with Rice-bran) และให้คะแนนความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างตามความรู้สึกของท่านลงในตารางที่กำหนดให้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ (กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง)

คำอธิบายความชอบ

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

ตารางการให้คะแนน

ลักษณะ	รหัสตัวอย่าง		
1. ลักษณะปรากฏ			
2. สี			
3. กลิ่น			
4. รสชาติ			
5. ความเนียนเนื้อ			
6. ความกรอบ			
7. ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ค.1.1 การวัดค่าสีระบบ Hunter Lab

การวัดสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter Lab) ทำการวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta colorimeter (CR-300) (Minolta co.,Ltd, Osaka, Japan) วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ โดยวัดสี L* เป็นค่าความสว่าง (lightness) a* เป็นค่าสีแดงและเขียว (redness/greenness) และ b* เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness)

เมื่อ	L*	คือค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100	
	a*	คือค่าสีแดงและเขียว	เมื่อ a* มีค่าเป็นบวก	เป็นสีแดง
			เมื่อ a* มีค่าเป็นลบ	เป็นสีเขียว
			เมื่อ a* มีค่าเป็นศูนย์	เป็นสีเทา
	b*	คือค่าสีเหลืองและน้ำเงิน	เมื่อ b* มีค่าเป็นบวก	เป็นสีเหลือง
			เมื่อ b* มีค่าเป็นลบ	เป็นสีน้ำเงิน
			เมื่อ b* มีค่าเป็นศูนย์	เป็นสีเทา

ก่อนทำการวัดค่าสีทุกครั้งต้องทำการเปรียบเทียบความเที่ยงตรงของค่าสีด้วย Standard Calibration Plate ตั้งค่า illuminant เท่ากับ C ทำการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติ โดยนำตัวอย่างมาบดละเอียดใส่ลงในภาชนะให้มีความสูง 1 เซนติเมตร ใช้หัววัดสีวางทาบลงบนตัวอย่างในแนวตั้งฉาก และอ่านค่า แสดงผลการวัดในระบบ CIELAB (L*, a*, b*) ทำการวัด 5 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค.1.2 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (วัดค่าแรงกดแตก : compression force)

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเช้าธัญชาติ เป็นการวัดค่าแรงกดแตก (compression force) ทำได้โดยการใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ใช้หัววัดในลักษณะกดเป็น P50 (50 mm. Dia. Cylinder Aluminum) เพื่อวัดแรงที่กดลงบนอาหารเช้าธัญชาติแล้วทำให้อาหารเช้าธัญชาตินี้แตก ค่าแรงกดแตกจะสัมพันธ์กับค่าความแข็ง (hardness) ของอาหารเช้าธัญชาติที่วัด

สภาวะที่กำหนดในการวัดมีดังนี้

ความเร็วของหัวที่เคลื่อนที่ลงก่อนสัมผัสอาหารเช้าธัญชาติมีอัตราความเร็ว (pre-test speed) 5.0 มิลลิเมตร/วินาที

ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ลงในเนื้ออาหารเช้าธัญชาติ (test speed) 5.0 มิลลิเมตร/วินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ออกจากอาหารเช้าธัญชาติ (post-test speed) 10.0 มิลลิเมตร/นาที

ระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ลงในเนื้ออาหารเช้าธัญชาติ 50% strain

ทำการวัด 20 ครั้ง (ในการวัดแต่ละครั้งใช้อาหารเช้าธัญชาติจำนวน 3 ชิ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีรูปร่าง และขนาดไม่เท่ากัน ผลการทดลองจะต่างกันมากเมื่อทดสอบทีละ 1 ชิ้น ดังนั้นจึงกำหนดจำนวนชิ้นในการทดสอบแต่ละครั้งเพื่อลดความแตกต่างจากการตรวจทีละชิ้น) (ประชา และจุฬาลักษณ์, 2542) หาค่าเฉลี่ย พิจารณาค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดที่กดลงบนอาหารเช้าธัญชาติแล้วทำให้แตกของแต่ละตัวอย่าง (average maximum peak force) หน่วยเป็นนิวตัน

ค.1.3 การหาความหนาแน่น (bulk density)

การหาความหนาแน่นของอาหารเช้าธัญชาติ ทำได้โดยการนำอาหารเช้าธัญชาติเทลงในภาชนะที่รู้ปริมาตรแน่นอน ในระหว่างที่เทอาหารเช้าธัญชาติลงไปในภาชนะนั้น ต้องเคาะภาชนะเป็นระยะเพื่อให้อาหารเช้าธัญชาติเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอเท่ากัน เมื่อเทอาหารจนเต็มภาชนะแล้วใช้ไม้บรรทัดสแตนเลสปาดอาหารเช้าธัญชาติส่วนเกินออกให้เรียบเสมอขอบบนของภาชนะแล้วทำการเติมทรายแก้วลงไปให้เต็มช่องว่างที่เหลือในภาชนะ จากนั้นเทเอาอาหารเช้าธัญชาติออกไปวัดน้ำหนัก แล้วทรายแก้วที่เหลือในภาชนะก็นำไปวัดปริมาตร ปริมาตรของอาหารเช้าธัญชาติคือปริมาตรของภาชนะ - ปริมาตรทรายแก้วที่เหลือในภาชนะ ดังนั้นความหนาแน่นของอาหารเช้าธัญชาติคำนวณได้ดังนี้ และทำการหาค่า 3 ซ้ำ

$$\text{ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารเช้าธัญชาติ}}{\text{ปริมาตรของอาหารเช้าธัญชาติ}}$$

ค.1.4 การหาอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio)

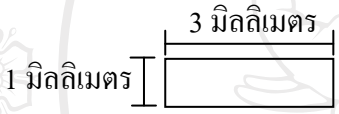
การหาอัตราส่วนการพองตัว ทำได้โดยการนำผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติมาวัดทั้งด้านกว้าง และด้านยาวของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์โดยใช้ดิจิตอล เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ค่าที่ได้นำมาหารด้วยขนาดของรูเปิดหน้าแปลนทั้งด้านกว้าง และด้านยาว ที่มีขนาดด้านกว้าง 1 มิลลิเมตร และขนาดด้านยาว 3 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้ค่าอัตราส่วนการพองตัวด้านกว้าง และอัตราส่วนการพองตัวด้านยาว ส่วนอัตราส่วนการพองตัวของพื้นที่หน้าตัด วัดได้จากการนำค่าด้านกว้างของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์คูณกับค่าด้านยาวแล้วหารด้วยขนาดพื้นที่หน้าตัดของรูเปิดหน้าแปลน (1x3 มิลลิเมตร) ซึ่งแสดงสมการได้ ดังนี้ และแต่ละค่าได้จากค่าเฉลี่ยของการวัดอาหารเช้าธัญชาติ 10 ชิ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

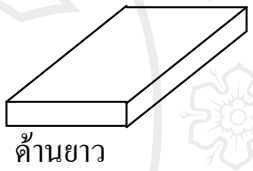
อัตราส่วนการพองตัวด้านกว้าง = ความกว้างของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์ / ความกว้างของรูเปิดหน้าแปลน

อัตราส่วนการพองตัวด้ายยาว = ความยาวของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์ / ความยาวของรูเปิดหน้าแปลน

อัตราส่วนการพองตัวของพื้นที่หน้าตัด = ความกว้าง x ความยาวของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์ / ความกว้าง x ความยาวของรูเปิดหน้าแปลน



ภาพที่ ค.1 ภาพรูเปิดหน้าแปลน



ภาพที่ ค.2 ภาพรูปทรงของผลิตภัณฑ์

ค.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ค.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

การหาปริมาณความชื้นโดยใช้เตาอบลมร้อน โดยอบ Moisture Can และ ฝา ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 $\pm$ 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก Moisture Can และ ฝา โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่อง (Satorius A102S, Germany) ที่ความละเอียด 4 ตำแหน่ง ชั่งน้ำหนักอาหารเช้าธัญชาติประมาณ 3 กรัมใส่ลงใน Moisture Can นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยไม่ปิดฝา Moisture Can เมื่อครบเวลา ปิดฝา Moisture Can แล้วนำไปใส่ไว้ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที นำไปอบต่อ และนำมาชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้นหน่วยเป็นร้อยละ โดยนำน้ำหนักที่หายไปหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณด้วย 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (AOAC, 2000)

การหาปริมาณโปรตีนโดยชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ลงในหลอดเคลดาห์ล เติมคะตะลิตส์ 8 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำเข้าชุดย่อยโปรตีนจนกระทั่งสารละลายใสและปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปต่อกับชุดกลั่นโปรตีน โดยนำขวดแก้วรูปชมพู่ที่มีกรดบอริก 50 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ลงไป 3-5 หยด ทำการกลั่นตัวอย่าง นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสังเกตเห็นสีชมพูปรากฏขึ้นและคำนวณหาปริมาณโปรตีนดังนี้

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

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_2 = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)

ค.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธี Soxlet (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธี Soxlet เป็นการสกัดไขมันในตัวอย่างที่สกัดได้โดยตรงด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ตามระยะเวลาที่กำหนด ภายหลังการสกัดจะระเหยตัวทำละลายอินทรีย์และทำการชั่งน้ำหนักไขมันที่ได้

ค.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยโดยวิธีการย่อยด้วยสารละลายกรดและด่าง นำส่วนที่เหลือจากการย่อยไปอบ และเผาเพื่อหาส่วนที่หายไปหลังจากการเผา ซึ่งก็คือปริมาณเส้นใย หรือสิ่งที่หายไปหลังจากการเผาส่วนอบแห้งที่เหลือจากการย่อยตัวอย่างด้วยสารละลายกรดและด่าง

ค.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าทั้งหมด (AOAC, 2000)

การหาปริมาณเถ้าโดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ผ่านการอบแห้ง จดน้ำหนักที่แน่นอนเป็นทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำไปเผาในตะเกียงให้หมดควัน แล้วนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำออกจากเตาเผา และปล่อยให้เย็นลงในโถแก้วดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และอบซ้ำหลายๆ ครั้งจนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณเถ้า หน่วยเป็นร้อยละ โดยนำน้ำหนักที่หายไปหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณด้วย 100

ค.2.6 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ (AOAC, 2000)

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต หาได้จาก 100 ลบด้วยผลรวมระหว่างปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเส้นใย และปริมาณเถ้า

ค.2.7 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (วอเตอร์แอคติวิตี)

การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้เครื่อง AQUA LAB model series 3 (Decagon Device Inc., Pullman, USA.) เปิดเครื่องไว้เป็นเวลา 30 นาที ก่อนการวิเคราะห์ให้ใส่อาหารเช้าธัญชาติที่บดละเอียดลงในตลับสำหรับวัดตัวอย่างประมาณ 1 ใน 3 ของตลับ จากนั้นนำไปวางในเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ รอจนกระทั่งเครื่องอ่านค่าปริมาณน้ำอิสระ จดบันทึกค่าปริมาณน้ำอิสระที่วัดได้ วัดค่า 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปริมาณน้ำอิสระที่ได้

ค.2.8 การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสตามวิธี Iodine blue value (Knutson, 1986)

การหาปริมาณอะไมโลส (amylose content) โดยวิธี Iodine blue value ต้องหากราฟมาตรฐานก่อน เพื่อนำค่าความชันมาตรฐานมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณอะไมโลสในตัวอย่างแป้งต่อไป ทำได้ดังนี้

การหากราฟมาตรฐาน (standard curve)

การเตรียม blank ทำได้โดยใส่เอทานอล 1 มิลลิลิตรและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตรลงไปในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายมา 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรอีกใบหนึ่ง เติมกรดอะซิตริก 10 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปปรับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตรให้เป็นศูนย์

สารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส

สารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส ทำได้โดยชั่งโพเตโตอะไมโลสจำนวน 0.0400 กรัม ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอทานอล 1 มิลลิลิตรและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตรลงไป นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที และปรับปริมาตรด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายโพเตโตอะไมโลสตามตาราง ค.1 และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำสารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และเขียนกราฟมาตรฐานโดยให้แกนแนวนอนเป็นค่าการดูดกลืนแสง ส่วนแกนแนวตั้งเป็นค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ตาราง ค.1 การเจือจางสารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส

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

ที่มา : Knutson (1986)

การหาปริมาณอะไมโลสของตัวอย่างแป้ง ทำได้โดยชั่งตัวอย่างแป้งจำนวน 0.1000 กรัม น้ำหนักแห้ง เติมเอทานอล 1 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตร ลงไปในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมา 5 มิลลิลิตรใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรอีกใบหนึ่ง เติมกรดอะซิตริก 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณอะไมโลสได้ดังนี้

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค.2.9 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร (AOAC, 2000)

สามารถแบ่งการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารได้ ดังนี้

1) การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber)

การหาปริมาณเส้นใยอาหารต้องเตรียม fritted crucible ก่อน โดยนำ fritted crucible porosity no.2 ไปเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างด้วยน้ำ ทิ้งให้แห้ง บรรจุซีไลท์ 0.5 กรัม และกระจายซีไลท์ให้ทั่วโดยการเขย่าเบาๆ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็น เก็บในโถดูดความชื้นจนกระทั่งนำไปใช้

ในการวิเคราะห์ต้องทำ blank ควบคู่กับการวิเคราะห์ตัวอย่างเสมอ

การวิเคราะห์ทำได้โดยชั่งตัวอย่างบดที่มีขนาด 0.3-0.5 มิลลิเมตรจำนวน 1 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 2 บีกเกอร์ ในแต่ละบีกเกอร์ เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 50 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 1 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปแช่ในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที โดยเขย่าบีกเกอร์เบาๆ ทุก 5 นาที จากนั้นทำให้สารละลายเย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้ววัด และปรับพีเอชให้ได้ 7.5 โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.275 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์โปรตีเอส 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปใช่ในน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที คนตลอดเวลา ทำสารละลายให้เย็น แล้ววัด และปรับพีเอชให้ได้ 4.0-6.0 โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.325 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส 0.3 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปใช่ในน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที คนตลอดเวลา ทำ fritted crucible ที่เตรียมไว้ให้เปียก และกระจายซีไลท์ด้วยน้ำกลั่นปริมาณเล็กน้อย แล้วจึงนำสารละลายในบีกเกอร์มากรอง จากนั้นล้าง residue ด้วยน้ำกลั่น 2 รอบ รอบละ 10 มิลลิลิตร ล้างด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 2 รอบ รอบละ 10 มิลลิลิตร (เก็บของเหลวที่กรองได้ทั้งหมดไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ต่อไป) นำ fritted crucible ที่มี residue ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักของ residue ขูด residue จาก fritted crucible อันแรกเพื่อนำไปหาปริมาณโปรตีน และขูด residue จาก fritted crucible อันที่สองเพื่อนำไปหาปริมาณเถ้า (เผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง) คำนวณหาปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำได้จากสมการ

$$\text{เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนัก residue} - P - A - B}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ น้ำหนัก residue = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก residue ที่ใช้ (มิลลิกรัม)

P = น้ำหนักโปรตีนของ residue จาก fritted crucible อันแรก (มิลลิกรัม)

A = น้ำหนักเถ้าของ residue จาก fritted crucible อันที่สอง (มิลลิกรัม)

B = blank (มิลลิกรัม) ซึ่งคำนวณได้จาก

blank = น้ำหนัก residue ของ blank – ปริมาณโปรตีนของ blank – ปริมาณเถ้าของ blank

น้ำหนักตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิกรัม)

2) การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber)

การหาปริมาณเส้นใยอาหารต้องเตรียม fritted crucible ก่อน โดยนำ fritted crucible porosity no.2 ไปเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างด้วยน้ำ ทิ้งให้แห้ง บรรจุซีไลท์ 0.5 กรัม และกระจายซีไลท์ให้ทั่วโดยการเขย่าเบาๆ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็น เก็บในโถดูดความชื้นจนกระทั่งนำไปใช้

ในการวิเคราะห์ต้องทำ blank ควบคู่กับการวิเคราะห์ตัวอย่างเสมอ

การวิเคราะห์ทำได้โดยนำของเหลวที่กรองได้ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมาปรับน้ำหนักด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 กรัม เติมสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จำนวน 400 มิลลิลิตร ทิ้งให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง ทำ fritted crucible ที่เตรียมไว้ให้เปียก และกระจายซีไลท์ด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 78 แล้วนำของเหลวที่กรองได้หลังปรับน้ำหนักมากรองล้าง residue ด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 78 3 รอบ รอบละ 20 มิลลิลิตร ล้างด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 2 รอบ รอบละ 10 มิลลิลิตร ล้างด้วยอะซิโตน 2 รอบ รอบละ 10 มิลลิลิตร นำ fritted crucible ที่มี residue ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักของ residue ขูด residue จาก fritted crucible อันแรกเพื่อนำไปหาปริมาณโปรตีน และขูด residue จาก fritted crucible อันที่สองเพื่อนำไปหาปริมาณเถ้า (เผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง) คำนวณหาปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้จากสมการ

$$\text{เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนัก residue} - P - A - B}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ น้ำหนัก residue = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก residue ที่ใช้ (มิลลิกรัม)

P = น้ำหนักโปรตีนของ residue จาก fritted crucible อันแรก (มิลลิกรัม)

A = น้ำหนักเถ้าของ residue จาก fritted crucible อันที่สอง (มิลลิกรัม)

B = blank (มิลลิกรัม) ซึ่งคำนวณได้จาก

blank = น้ำหนัก residue ของ blank – ปริมาณโปรตีนของ blank – ปริมาณเถ้าของ blank

น้ำหนักตัวอย่าง = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิกรัม)

3) การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber)

การหาปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด หาได้จาก ผลรวมระหว่างปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ

ค.2.10 การวิเคราะห์ดรรชนีการละลายน้ำ (water Solubility Index, WSI) และดรรชนีการดูดซับน้ำ (water Absorption Index, WAI) (ดัดแปลงจากวิธีของ Anderson *et al*., 1969)

การวิเคราะห์ดรรชนีการละลายน้ำ และดรรชนีการดูดซับน้ำทำได้โดยชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด และผ่านตะแกรงร่อนขนาด 70 เมช 0.8 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำตัวอย่างที่ได้ไปใส่หลอดทดลอง แล้วนำไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 x g เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายใส (supernatant) ที่ได้ทั้งหมดใส่ลงใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำออกจากเตาอบ และปล่อยให้เย็นลงในโถแก้วดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักหาปริมาณ dry solid ส่วนที่เหลือข้างล่างหลอดทดลองคือตะกอน (sediment) นำไปชั่งน้ำหนัก คำนวณค่า WSI และ WAI ได้ดังนี้

$$\text{ค่า WSI} = \frac{\text{น้ำหนักของ dry solid} * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}}$$

$$\text{ค่า WAI} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) (AOAC,2000)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) 23.5 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร นำสารละลายอาหารเลี้ยงเชื้อไปต้ม คนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้มเป็นช่วงๆ ถ่ายอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้มแล้วในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ และฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อเย็นตัว

วิธีวิเคราะห์

บดตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติใส่ลงในถุง polypropylene ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 10 กรัม ใส่ลงในขวดที่มีน้ำ Maximum Recovery Diluents (MRD) แล้ว 90 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ (Dilution ที่ 10^{-1}) ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างขึ้นมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มี MRD 9 มิลลิลิตร ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างขึ้นมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มี MRD 9 มิลลิลิตร (Dilution ที่ 10^{-2}) ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างขึ้นมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มี MRD 9 มิลลิลิตร (Dilution ที่ 10^{-3}) ดูดตัวอย่างจากแต่ละ dilution 10^{-3} มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงจานเพาะเชื้อ จำนวน 3 จาน ดูดตัวอย่างจากแต่ละ dilution 10^{-2} มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงจานเพาะเชื้อ จำนวน 3 จาน ดูดตัวอย่างจากแต่ละ dilution 10^{-1} มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงจานเพาะเชื้อ จำนวน 3 จาน เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และหลอมเหลวแล้ว 10-15 มิลลิลิตร เขย่าจานเพาะเชื้อเบาๆ ให้อาหารเลี้ยงเชื้อรวมกันกับตัวอย่างให้กระจายเข้ากันดี ปล่อยอาหารเลี้ยงเชื้อให้แข็งตัว กลับจานแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องสาเซลเซียส นาน 48-72ชั่วโมง นับจำนวนจุลินทรีย์ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี แสดงผลการคำนวณเป็นจำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัมตัวอย่างอาหาร (CFU/g)

ค.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold count) (AOAC,2000)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) 39.0 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร นำสารละลายอาหารเลี้ยงเชื้อไปต้ม คนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้มเป็นช่วงๆ ถ่ายอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้มแล้วในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ และฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อเย็นตัว เติมกรด tartaric acid ความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาณร้อยละ 0.8 ผสมให้เข้ากัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์

บดตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติใส่ลงในถุง polypropylene ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 10 กรัม ใส่ลงในขวดที่มีน้ำ Maximum Recovery Diluents (MRD) แล้ว 90 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ (Dilution ที่ 10^{-1}) ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างขึ้นมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มี MRD 9 มิลลิลิตร ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างขึ้นมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มี MRD 9 มิลลิลิตร (Dilution ที่ 10^{-2}) ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างขึ้นมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มี MRD 9 มิลลิลิตร (Dilution ที่ 10^{-3}) ดูดตัวอย่างจากแต่ละ dilution 10^{-3} มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงจานเพาะเชื้อ จำนวน 3 จาน ดูดตัวอย่างจากแต่ละ dilution 10^{-2} มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงจานเพาะเชื้อ จำนวน 3 จาน ดูดตัวอย่างจากแต่ละ dilution 10^{-1} มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงจานเพาะเชื้อ จำนวน 3 จาน เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และหลอมเหลวแล้ว 10-15 มิลลิลิตร เขย่าจานเพาะเชื้อเบาๆ ให้อาหารเลี้ยงเชื้อรวมกันกับตัวอย่างให้กระจายเข้ากันดี ปล่อยอาหารเลี้ยงเชื้อให้แข็งตัวกลับจาน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง นับจำนวนจุลินทรีย์ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี แสดงผลการคำนวณเป็นจำนวนยีสต์และราต่อกรัมตัวอย่างอาหาร (CFU/g)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

วิธีการคำนวณและสถิติที่ใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง.1 การคำนวณปริมาณรำข้าวที่ใช้ในการทดลองเมื่อเทียบกับเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ในรำข้าว

ปริมาณเส้นใยอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุ 6 ปีขึ้นไป โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี คือ 25 กรัม (100% Thai RDI)

ถ้าต้องการเส้นใยอาหาร 10% Thai RDI จะเท่ากับ 2.5 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (serving size, 30 กรัม)

รำข้าว 100 กรัม มีปริมาณเส้นใยอาหาร 24.90 กรัม (ภาคผนวก จ)

ดังนั้นถ้าต้องการเส้นใยอาหาร 2.5 กรัม จะต้องใช้รำข้าว 10.04 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) หรือคิดเป็นร้อยละ 33.5 (ประมาณร้อยละ 34)

ง.2 การปรับความชื้นของส่วนผสม

เมื่อผสมวัตถุดิบในแต่ละสูตรจนเข้ากันดีแล้วให้วัดความชื้นส่วนผสมโดยใช้เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟาเรด (Infrared moisture determination balance) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยร้อยละความชื้นที่ได้ไปคำนวณเพื่อปรับให้ส่วนผสมมีปริมาณความชื้นตามที่ต้องการ จากสมการต่อไปนี้

$$W = \frac{F(MC_p - MC_f)}{100 - MC_p}$$

เมื่อ W = ปริมาณน้ำที่ต้องเติม (กรัม)

F = ปริมาณส่วนผสม (กรัม)

MC_p = ปริมาณความชื้นของส่วนผสมที่ต้องการ (ร้อยละ)

MC_f = ปริมาณความชื้นของส่วนผสมเริ่มต้น (ร้อยละ)

ง.3 สภาวะในการผลิตสำหรับแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD)

ในการวางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design ของสภาวะการผลิตของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมรำข้าว ศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัยคือ ความเร็วของการป้อนวัตถุดิบ ความเร็วรอบของสกรู และอุณหภูมิโซน 3 ของบาร์เรล แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับคือ ระดับต่ำและระดับสูง ดังนี้ ความเร็วของการป้อนวัตถุดิบ ระดับต่ำคือ 30 รอบต่อนาที ระดับสูงคือ 60 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของสกรู ระดับต่ำคือ 150 รอบต่อนาที ระดับสูงคือ 250 รอบต่อนาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และอุณหภูมิโซน 3 ของบาร์เรล ระดับต่ำคือ 150 องศาเซลเซียส ระดับสูงคือ 180 องศาเซลเซียส ซึ่งจะได้แผนการทดลองที่กำหนดสำหรับสภาวะที่เหมาะสมและสภาวะจริงในการผลิตสำหรับการทดลองนี้ (ตาราง ง.1)

ตาราง ง.1 แผนการทดลองที่กำหนดสำหรับสภาวะที่เหมาะสมและสภาวะจริงในการผลิตสำหรับแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD)

สภาวะ	ปัจจัย A		ปัจจัย B		ปัจจัย C	
	รหัส	ค่าจริง (รอบต่อนาที)	รหัส	ค่าจริง (รอบต่อนาที)	รหัส	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
1	-1	30	-1	150	-1	150
2	+1	60	-1	150	-1	150
3	-1	30	+1	250	-1	150
4	+1	60	+1	250	-1	150
5	-1	30	-1	150	+1	180
6	+1	60	-1	150	+1	180
7	-1	30	+1	250	+1	180
8	+1	60	+1	250	+1	180
9	0	45	0	200	0	165
10	0	45	0	200	0	165
11	0	45	0	200	0	165

โดยกำหนดให้

ปัจจัย A คือ ความเร็วของการป้อนวัตถุดิบ (feed rate)
ปัจจัย B คือ ความเร็วรอบของสกรู (screw speed)
ปัจจัย C คือ อุณหภูมิโซน 3 ของบาร์เรล (zone 3 temperature)
รหัส -1 คือ ค่าต่ำสุดของแต่ละปัจจัย
รหัส +1 คือ ค่าสูงสุดของแต่ละปัจจัย
รหัส 0 คือ ค่ากลางของแต่ละปัจจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง.4 ต้นทุนการผลิต

การคำนวณต้นทุนการผลิตนี้ได้คำนวณจากราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตรวมกับค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตได้แก่ ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า และค่าน้ำ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30 ของราคาวัตถุดิบที่ใช้ (ปรับปรุงจากไพโรจน์, 2539ข) ซึ่งต้นทุนการผลิตนี้ไม่รวมค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ

ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตปลายข้าวหอมมะลิบด

ปลายข้าวหัก 1 กิโลกรัม ราคา 11 บาท ผลิตเป็นปลายข้าวหอมมะลิบดได้ 800 กรัม ดังนั้นปลายข้าวหอมมะลิบด 1 กิโลกรัม มีราคาเท่ากับ 13.75 บาท

ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 30 ของต้นทุนวัตถุดิบ เท่ากับ 4.125 บาท ดังนั้นต้นทุนการผลิตปลายข้าวหอมมะลิบด 1 กิโลกรัม เท่ากับ 13.75+4.125 = 17.875 บาท

ต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตรำข้าว

รำข้าวหอมมะลิ 1 กิโลกรัม ราคา 7 บาท ผลิตเป็นรำข้าวหอมมะลิที่ผ่านการยับยั้งเอนไซม์ไลเปสได้ 800 กรัม ดังนั้นรำข้าวหอมมะลิที่ผ่านการยับยั้งเอนไซม์ไลเปส 1 กิโลกรัม มีราคาเท่ากับ 8.75 บาท

ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 30 ของต้นทุนวัตถุดิบ เท่ากับ 2.625 บาท ดังนั้นต้นทุนการผลิตรำข้าวหอมมะลิที่ผ่านการยับยั้งเอนไซม์ไลเปส 1 กิโลกรัม เท่ากับ 8.75+2.625 = 11.375 บาท

จากการทดลอง พบว่า ส่วนผสมวัตถุดิบ 1 กิโลกรัมเมื่อผ่านเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ได้ผลผลิตร้อยละ 74.08 ดังนั้นส่วนผสมวัตถุดิบ 1 กิโลกรัม ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้ 800 กรัม และจากการคำนวณต้นทุนการผลิต พบว่า ต้นทุนส่วนผสมวัตถุดิบ 1 กิโลกรัมหรือน้ำหนักผลิตภัณฑ์ 740 กรัม (เฉพาะส่วนที่รับประทานได้) คิดเป็นเงิน 47.18 บาท (ตาราง ง.2 ในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมรำข้าว)

จากการคำนวณต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำคาราเมล พบว่า ต้องใช้คาราเมลในการเคลือบร้อยละ 50 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ 800 กรัม ต้องใช้ปริมาณคาราเมล 260 กรัม (ไม่รวมน้ำหนักน้ำที่ใช้ผสม) ซึ่งมีราคาเท่ากับ 16.76 บาท (ตาราง ง.2 ในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตคาราเมล)

ดังนั้นต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติเสริมรำข้าว 740+260 = 1,000 กรัม เท่ากับ 47.18+16.76 = 63.94 บาท ถ้ากำหนดให้ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 30 ของต้นทุนวัตถุดิบเท่ากับ 19.18 บาท ดังนั้นต้นทุนรวมในการผลิตเท่ากับ 63.94+19.18 = 83.12 หรือประมาณ 84 บาท ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติเสริมรำข้าว 1,000 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง.2 ต้นทุนการผลิตในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมรำข้าว

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมรำข้าว	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคาวัตถุดิบต่อกิโลกรัม (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
แป้งข้าวโพด	272.90	38.00	10.37
ปลายข้าวหอมมะลิ	272.90	17.88	4.88
รำข้าวหอมมะลิ	314.50	11.38	3.58
กัวกัม	64.75	300.00	19.42
ผงโกโก้	37.00	210.00	7.77
น้ำตาล	27.75	18.50	0.51
แคลเซียมคาร์บอเนต	9.25	70.00	0.65
ต้นทุนส่วนผสมวัตถุดิบ 1 กิโลกรัมหรือน้ำหนักผลิตภัณฑ์ 740 กรัม			47.18

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตคาราเมล	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคาวัตถุดิบต่อกิโลกรัม (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
เนยชนิดเค็ม	38.40	330	12.67
น้ำตาล	220	18.50	4.07
เกลือ	1.60	11	0.02
ต้นทุนส่วนผสมคาราเมล 260 กรัมต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ 800 กรัม			16.76

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก จ

ใบรายงานผลการทดสอบจาก

ห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร
Laboratory Center for Food and Agricultural Products : LCFA
สำนักงานสาขาเชียงใหม่ : 164/86 หมู่ที่ 3 ต.ตอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180 ประเทศไทย
Chiangmai Branch : 164/86 Moo 3, Donkaew, Maerim, Chiangmai 50180 Thailand.
Tel : (66) 0 5389 6131 , 0 5389 6133 , 0 5389 6248 Fax : (66) 0 5389 6052
http://www.foodsafety-lcfa.com E-mail:center@foodsafety-lcfa.com

วันที่ออก : 15 มิถุนายน 2550
เลขที่รายงาน : TR (CM) 50/02673
หน้า : 1 / 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	กระบวนการผลิตอาหารเช้า ธัญพืชจากรำข้าว คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร
Laboratory Center for Food and Agricultural Products : LCFA
สำนักงานสาขาเชียงใหม่ : 164/86 หมู่ที่ 3 ต.ตอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180 ประเทศไทย
Chiangmai Branch : 164/86 Moo 3, Donkaew, Maerim, Chiangmai 50180 Thailand.
Tel : (66) 0 5389 6131 , 0 5389 6133 , 0 5389 6248 Fax : (66) 0 5389 6052
http://www.foodsafety-lcfa.com E-mail:center@foodsafety-lcfa.com

วันที่ออก : 15 มิถุนายน 2550
เลขที่รายงาน : TR (CM) 50/02674
หน้า : 1 / 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	กระบวนการผลิตอาหารเช้า ธัญพืชจากรำข้าว คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร
Laboratory Center for Food and Agricultural Products : LCFA
สำนักงานสาขาเชียงใหม่ : 164/86 หมู่ที่ 3 ต.ดอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180 ประเทศไทย
Chiangmai Branch : 164/86 Moo 3, Donkaew, Maerim, Chiangmai 50180 Thailand.
Tel : (66) 0 5389 6131 , 0 5389 6133 , 0 5389 6248 Fax : (66) 0 5389 6052
http://www.foodsafety-lcfa.com E-mail:center@foodsafety-lcfa.com

วันที่ออก : 8 เมษายน 2551
เลขที่รายงาน : TR (CM) 51/03490
หน้า : 1 / 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	กระบวนการผลิตอาหารเช้า ธัญพืชจากรำข้าว ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รายละเอียดตัวอย่าง	อาหารเช้าธัญพืชจากรำข้าว (Breakfast Cereal)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวสิริรัตน์ พันธ์ไชยศรี

วัน เดือน ปี เกิด วันที่ 22 มิถุนายน 2524

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนเรยีนาเชลีวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่
ปีการศึกษา 2542

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ
ปีการศึกษา 2546

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved