ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก.1 เมล็ดถั่วเขียวกะเทาะเปลือก : ถั่วซีก

รูป ก.2 แช่ถั่วซีก 30 นาที ก่อนนำไปนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก.3 นึ่งถั่วซีก

รูป ก.4 อบลดความชื้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก.5 บดถั่ว

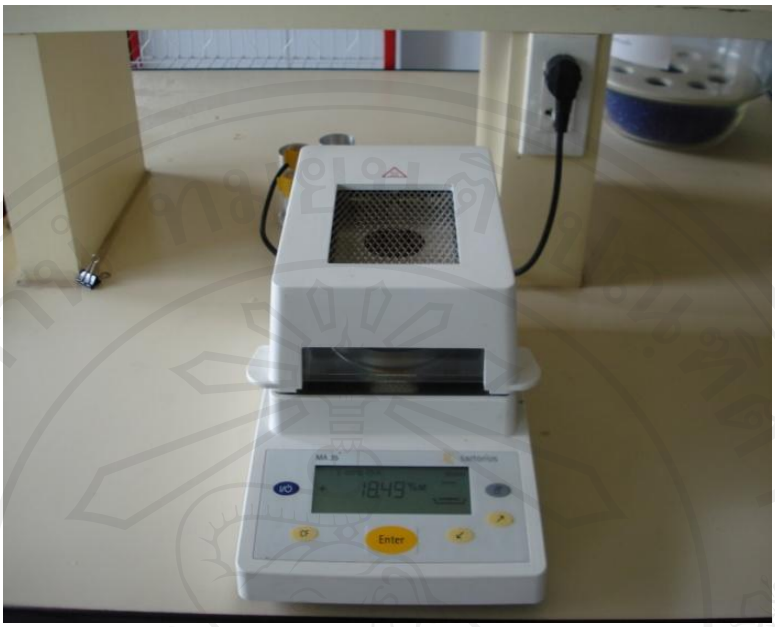
รูป ก.6 ร่อนแยกขนาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก.7 แป้งถั่วเขียว

รูป ก.8 ปรับความชื้นส่วนผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป ก.9 วัดความชื้นส่วนผสม

รูป ก.10 เครื่องเอกทรูเดอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป ก.11 อบลดความชื้นผลิตภัณฑ์

รูป ก.12 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแป้งถั่วเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ข.1.1 การหาความหนาแน่น (bulk density)

ใช้เมล็ดงาขาวปริมาตร 60 มิลลิลิตร ใส่ในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร โดยใส่สลับกับผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวขึ้นรูปซึ่งทราบน้ำหนักแน่นอน (ประมาณ 10 กรัม) ในระหว่างใส่เมล็ดงาขาวและผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวขึ้นรูปลงในกระบอกตวงนั้นต้องเคาะกระบอกตวงเป็นระยะเพื่อให้เมล็ดงาขาวแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวขึ้นรูปทุกชิ้น และให้ผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวขึ้นรูปเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอ เคาะจนปริมาตรไม่มีการเปลี่ยนแปลง แล้วอ่านค่าปริมาตรที่ได้ ทำการบันทึกปริมาตรและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวขึ้นรูป วัดค่า 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวขึ้นรูปดังนี้

ความหนาแน่น(กรัม/มิลลิลิตร) = (น้ำหนักตัวอย่าง)/ (ปริมาตรรวม-ปริมาตรเมล็ดงา)

ข.1.2 การหาอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio)

โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวขึ้นรูปโดยใช้เครื่องดิจิตอลคาลิปเปอร์ วัดตัวอย่างละ 10 ชิ้น คำนวณอัตราการพองตัวจากอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวขึ้นรูปและเส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิดหน้าแปลน (die) ขนาด 3 มิลลิเมตรแล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อัตราการพองตัว = เส้นผ่านศูนย์กลางผลิตภัณฑ์ /เส้นผ่านศูนย์กลางรูเปิดหน้าแปลน

ข.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ข.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

การหาปริมาณความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัมใส่ลงในกระป๋องหาความชื้น ที่ผ่านการอบแห้ง จดน้ำหนักที่แน่นอนเป็นทศนิยม 4 ตำแหน่งแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบลมร้อน ปล่อยให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำหลายๆครั้งจนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้นเป็นหน่วยร้อยละโดยน้ำหนักที่หายไปหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณด้วย 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข.2.2 การหาค่า Water Absorption Index (WAI) และ ค่า Water Solubility Index (WSI)

นำตัวอย่าง มาเข้าเครื่องบดแบบค้อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขาด 100 เมช ชั่งตัวอย่าง(ที่ผ่านการร่อนแล้ว) 0.33 กรัม เทใส่หลอดเซนตริฟิวส์ เติมน้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เทเอาส่วนใส ลงในกระป๋องหาความชื้น นำไปอบในตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก คำนวณค่า WSI ตะกอนส่วนที่เหลือ นำไปชังน้ำหนัก คำนวณค่า WAI ตามสมการต่อไปนี้

$$WSI = \frac{\text{weight of sediment}}{\text{weight of dry solids}} * 100$$

$$WAI = \frac{\text{weight of dry solid in supernatant}}{\text{weight of dry solids}}$$

ข.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลสตามวิธี Iodine blue value (Kuntson, 1986)

วิธีทดสอบหาปริมาณอะไมโลส (amylase content) โดยวิธี Iodine blue value ต้องสร้างกราฟมาตรฐานก่อน เพื่อนำความชันของกราฟมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณอะไมโลสในตัวอย่างแป้ง ทำได้ดังนี้

การสร้างการฟมาตรฐาน (standard curve)

การเตรียม blank ทำได้โดย ใส่เอทานอล 1 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายมา 5 มิลลิลิตรใส่ลงไปในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร อีกใบหนึ่ง เติมกรดอะซิตริก 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เท่ากันตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปปรับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตรให้เป็นศูนย์

สารละลายมาตรฐานโปเตโตอะไมโลส

สารละลายมาตรฐานโปเตโตอะไมโลส ทำได้โดยชั่งโพเตโตอะไมโลสปริมาณ 0.0400 กรัม ใส่ลงไปในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอทานอล 1 มิลลิลิตร และโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตร ลงไป นำไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที และปรับปริมาตรด้วยน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายมาตรฐานโปเตโตอะไมโลสตามตาราง ข.1 และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำสารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตรและเขียนกราฟมาตรฐานโดยให้แกนแนวตั้ง(Y) เป็นค่าการดูดกลืนแสงส่วนแกนนอน (X) เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพเตโตอไมโลส (มิลลิกรัม/ลิตร)

ตาราง ข.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโพเตโตอะไมโลส

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)

การหาปริมาณอะไมโลสของตัวอย่าง

การหาปริมาณอะไมโลสของตัวอย่างของแป้ง ทำได้โดยชั่งตัวอย่างแป้งปริมาณ 0.0100 กรัม น้ำหนักแห้ง และเติมเอทานอล 1 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มิลลิลิตร ลงไป นำไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมา 5 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรอีกใบหนึ่ง เติมกรดอะซิตริก 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณอะไมโลสได้ดังนี้

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข.2.4 การวิเคราะห์หาดัชนีไกลซิมิค starch hydrolysis (Goni *et al.* , 1997)

วิธีวิเคราะห์หาดัชนีไกลซิมิค(GI) โดยวิธี starch hydrolysis เป็นการหาอัตราการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลกลูโคสดังนั้นต้องสร้างกราฟมาตรฐานกลูโคสก่อน เพื่อนำความชันของกราฟมาใช้ในการคำนวณหาอัตราการย่อยแป้ง ทำได้ดังนี้

การสร้างการฟมาตรฐาน (standard curve)

Glucose Oxidase/Peroxidase Reagent ละลายสารในแคปซูลด้วยน้ำกลั่นน้ำกลั่น 39.2 มิลลิลิตร และ O-Dianisidine เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร เพื่อเตรียมเป็น Assay Reagent โดยนำ O-Dianisidine 0.8 มิลลิลิตร เติมลงใน Glucose Oxidase/Peroxidase Reagent 39.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ได้สารละลายกลูโคสมาตรฐานนำไปสร้างกราฟมาตรฐานตามตาราง ข.2

ตาราง ข.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคส

Std.no	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	สารละลายกลูโคสมาตรฐาน (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ลิตร)
Blank	1.00	0	0
Std#1.	0.98	0.02	0.02
Std #2.	0.96	0.04	0.04
Std#3.	0.94	0.06	0.06
Std#4.	0.92	0.08	0.08

นำสารละลายมาตรฐานกลูโคสที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร และเขียนกราฟมาตรฐานโดยให้แกนนอน (X) เป็นเป็นค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกลูโคส (มิลลิกรัม/ลิตร) ส่วนแกนแนวตั้ง(Y) เป็นค่าการดูดกลืนแสง

วิธีเตรียมตัวอย่างแป้งก่อนการวิเคราะห์หาดัชนีไกลซิมิค

นำตัวอย่างแป้งมา 50 มิลลิกรัม ใส่ลงไปในขวดรูปชมพู่ เติม HCl-KCl buffer pH 1.5 10 มิลลิลิตร เขย่า 2 นาที เติม pepsin solution 0.2 มิลลิลิตร วางในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส 60 นาที เติม Tris-malate buffer pH 6.9 15 มิลลิลิตร เติม Tris-malate buffer containing 2.6 IU of α-amylase 5 มิลลิลิตร วางในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างจากแต่ละขวด ทุกๆ 30 นาที ครั้งละ 0.1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (0 , 30 , 60 , 90 ,120 , 150 , 180 นาที)ใส่ตัวอย่างแต่ละช่วงเวลาใน หลอดทดลองและเติม α-amylase วางใน น้ำเดือด 5 นาที เติม0.4 M Sodium-acetate buffer pH 4.75 ปริมาณ 1 มิลลิลิตรและamyloglucosidase 30 ไมโครลิตร วางในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 45 นาทีนำสารละลายตัวอย่างแต่ละช่วงเวลามา 1.0 มิลลิลิตร เติม Assay Reagent 2.0 มิลลิลิตร

เขย่าผสมกัน 30 -60 วินาที นำตัวอย่างไปไว้ใน อ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เติมกรดซัลฟิวริก 12 นอร์มอล 2.0 มิลลิลิตร เขย่าผสมกัน 30 - 60 วินาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน ได้อัตราส่วนร้อยละของการย่อยแป้ง ทั้งหมดในส่วนเวลาต่างๆ (0 30 60 90 120 150 180 นาที) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

Non linear model ที่ถูกสร้างขึ้นมาโดย Goni สามารถอธิบายจลนศาสตร์ของการย่อยแป้งดังสมการ

$$C = C_{\infty} (1-e^{-kt}) \qquad \text{.....(6)}$$

เมื่อ C = อัตราของการย่อยแป้งแต่ละเวลา (%)

C_{∞}= อัตราของการย่อยแป้งหลัง 180 นาที (%)

k = ค่าคงที่ของกลไกการย่อยแป้ง

t = เวลา (นาที)

C_{∞}, k = เป็นพารามิเตอร์ที่ถูกประมาณจากแต่ละสายพันธุ์ของตัวอย่างและแต่ละการทดลอง

Area under the hydrolysis curve (AUC) คำนวณจากสมการ

$$AUC = C_{\infty}(t_f-t_0) - (C_{\infty}/k)[1-\exp[-k(t_f-t_0)]] \qquad \text{.....(7)}$$

เมื่อ t_f = เวลาสุดท้าย 180 นาที

t_0 = เวลาเริ่มต้น 0 นาที

C_{∞}= อัตราของการย่อยแป้งหลัง 180 นาที (%)

k = ค่าคงที่ของกลไกการย่อยแป้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หา Hydrolysis index (HI)

หาได้โดยการหารพื้นพี่ใต้กราฟของการเกิด hydrolysis ของแต่ละตัวอย่าง ส่วนด้วยพื้นที่ใต้กราฟของสารอ้างอิง คือขนมปังสด

$$HI = \frac{\text{AUC for each sample}}{\text{AUsample curve}} \qquad \text{……..(8)}$$

หา Glycimix index (GI) หาได้จากการใช้โมเดลทำนายค่าดังสมการ

$$GI = 39.71 + (0.549 \times HI) \qquad \text{……..(9)}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

การวางแผนการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค.1 การคำนวณหาสภาวะในการผลิตสำหรับแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Experiment in Central Composite Design

ในการวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Experiment ของสภาวะการเดินเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากแป้งถั่วเขียว ศึกษา 3 ปัจจัย คือ ความชื้น อุณหภูมิโซนที่ 2 อุณหภูมิได ความชื้น แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ คือ ระดับต่ำและระดับสูง ดังนี้ อุณหภูมิโซนที่ 2 ระดับต่ำคือ 80 องศาเซลเซียส ระดับสูงคือ 120 องศาเซลเซียส อุณหภูมิได ระดับต่ำคือ 120 องศาเซลเซียส ระดับสูงคือ 160 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้น ระดับต่ำคือ 14 % ระดับสูงคือ 20 % สำหรับ Central Composite Design เป็นการศึกษาปัจจัยให้มีความละเอียดขึ้นเป็น 5 ระดับ โดยกำหนดให้ระดับต่ำในการทดลองเป็นปีกซ้าย (ณ จุด $-\alpha$) และระดับสูง เป็นปีกขวา (ณ จุด $+\alpha$) คำนวณหาระดับต่ำ (ณ จุด-1) ระดับกลาง (ณ จุด 0) ระดับสูง(ณ จุด +1) ซึ่งจะได้แผนการทดลองสำหรับกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง (ตาราง ค.1) จากนั้นหาค่าสภาวะจริงในการทดลอง (ตาราง ค.2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค.1 แผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Experiment in Central Composite Design

สภาวะ	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	$-\alpha$a	-1.682	0	0
10	$+\alpha$a	+1.682	0	0
11	$-\alpha$b	0	-1.682	0
12	$+\alpha$b	0	+1.682	0
13	$-\alpha$c	0	0	-1.682
14	$+\alpha$c	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

หมายเหตุ : A หมายถึง อุณหภูมิโซนที่ 2

B หมายถึง อุณหภูมิโซนที่ 3

C หมายถึง ความชื้นส่วนผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค.2 สภาวะในการการทดลองจากการคำนวณค่าที่ระดับต่างๆ ของการศึกษา 3 ปัจจัย

สภาวะ	อุณหภูมิโซนที่2 รหัส	อุณหภูมิไดรหัส	ความชื้นรหัส	อุณหภูมิโซนที่2 (°C)	อุณหภูมิโซนได (°C)	ความชื้น (%)
1	-1	-1	-1	80	120	14
2	+1	-1	-1	120	120	14
3	-1	+1	-1	80	160	14
4	+1	+1	-1	120	160	14
5	-1	-1	+1	80	120	20
6	+1	-1	+1	120	120	20
7	-1	+1	+1	80	160	20
8	+1	+1	+1	120	160	20
9	-1.682	0	0	66	140	17
10	+1.682	0	0	134	140	17
11	0	-1.682	0	100	106	17
12	0	+1.682	0	100	174	17
13	0	0	-1.682	100	140	12
14	0	0	+1.682	100	140	22
15	0	0	0	100	140	17
16	0	0	0	100	140	17
17	0	0	0	100	140	17
18	0	0	0	100	140	17
19	0	0	0	100	140	17
20	0	0	0	100	140	17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค.2 การคำนวณหาสภาวะในการผลิตสำหรับแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial Experiment in Central Composite Design

ในการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial Experiment ของสภาวะการเดินเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากแป้งถั่วเขียว ศึกษา 2 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบสกรู และอัตราการป้อน แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ ดังนี้ ความเร็วรอบสกรู ระดับต่ำคือ 80 รอบต่อนาที ระดับสูงคือ 120 รอบต่อนาที อัตราการป้อน ระดับต่ำคือ 20 รอบต่อนาที ระดับสูงคือ 50 รอบต่อนาที สำหรับ Central Composite Design ศึกษาปัจจัยให้มีความละเอียดขึ้นเป็น 5 ระดับ โดยกำหนดให้ระดับต่ำในการทดลองเป็นปีกซ้าย (ณ จุด $-\alpha$) และระดับสูง เป็นปีกขวา (ณ จุด $+\alpha$) คำนวณหาระดับต่ำ (ณ จุด -1) ระดับกลาง (ณ จุด 0) ระดับสูง (ณ จุด +1) ซึ่งจะได้แผนการทดลองสำหรับกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง (ตาราง ค.3) จากนั้นหาค่าสภาวะจริงในการทดลอง (ตาราง ค.4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค.3 แผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial Experiment in Central Composite Design

สภาวะ	Treatment combination	ปัจจัย A	ปัจจัย B
1	(1)	-1	-1
2	a	+1	-1
3	b	-1	+1
4	ab	+1	+1
5	$-\alpha$a	-1.414	0
6	$+\alpha$a	+1.414	0
7	$-\alpha$b	0	-1.414
8	$+\alpha$b	0	+1.414
9	Cp1	0	0
10	Cp2	0	0
11	Cp3	0	0
12	Cp4	0	0

หมายเหตุ : A หมายถึง ความเร็วรอบสกรู

B หมายถึง อัตราการป้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ค.4 สภาวะในการการทดลองจากการคำนวณค่าที่ระดับต่างๆ ของการศึกษา 2 ปัจจัย

สภาวะ	ความเร็วรอบสกรู รหัส	อัตราการป้อน รหัส	ความเร็วรอบสกรู รอบ/นาที	อัตราการป้อน รอบ/นาที
1	-1	-1	80	20
2	1	-1	120	20
3	-1	1	80	50
4	1	1	120	50
5	-1.414	0	72	35
6	1.414	0	128	35
7	0	-1.414	100	14
8	0	1.414	100	56
9	0	0	100	35
10	0	0	100	35
11	0	0	100	35
12	0	0	100	35

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง.1ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการนึ่งถั่วเขียวต่อสมบัติทางกายภาพ เคมีและดัชนีไกลซิมิคที่เวลา เวลา 10 20 และ 30 นาที ด้วยโปรแกรม SPSS

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BULK	Between Groups	.077	3	.026	42.704	.000
	Within Groups	.005	8	.001		
	Total	.082	11			
MC	Between Groups	22.934	3	7.645	770.878	.000
	Within Groups	.079	8	.010		
	Total	23.013	11			
WSI	Between Groups	877.857	3	292.619	71.823	.000
	Within Groups	32.593	8	4.074		
	Total	910.450	11			
WAI	Between Groups	2.625	3	.875	54.358	.000
	Within Groups	.129	8	.016		
	Total	2.754	11			
VISCOS	Between Groups	363421.583	3	121140.528	2333.365	.000
	Within Groups	415.333	8	51.917		
	Total	363836.917	11			
GI	Between Groups	58.122	3	19.374	45.946	.000
	Within Groups	3.373	8	.422		
	Total	61.495	11			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Post Hoc Tests
Homogeneous Subsets

BULK

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
30	3	.6467		
20	3	.6633	.6633	
10	3		.7067	
0	3			.8500
Sig.		.429	.062	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

MC

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
30	3	8.8033			
20	3		9.8400		
10	3			11.1100	
0	3				12.4933
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

WAI

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
0	3	2.8433	
20	3		3.8767
10	3		3.9033
30	3		3.9800
Sig.		1.000	.367

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

WSI

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
30	3	13.7200	
20	3	13.8033	
10	3	14.9800	
0	3		33.8867
Sig.		.484	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

VISCOS

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
30	3	171.0000	
20	3	172.3333	
10	3	174.0000	
0	3		574.3333
Sig.		.638	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

GI

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
30	3	60.0333		
20	3		63.0500	
10	3		64.2100	
0	3			66.0967
Sig.		1.000	.060	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PEAK	Between Groups	363421.583	3	121140.528	2333.365	.000
	Within Groups	415.333	8	51.917		
	Total	363836.917	11			
TROUGH	Between Groups	206071.583	3	68690.528	870.419	.000
	Within Groups	631.333	8	78.917		
	Total	206702.917	11			
DOWN	Between Groups	22395.000	3	7465.000	88.518	.000
	Within Groups	674.667	8	84.333		
	Total	23069.667	11			
FINAL	Between Groups	690848.250	3	230282.750	971.657	.000
	Within Groups	1896.000	8	237.000		
	Total	692744.250	11			
SETBACK	Between Groups	143141.667	3	47713.889	284.435	.000
	Within Groups	1342.000	8	167.750		
	Total	144483.667	11			
PT	Between Groups	913.331	3	304.444	1444.345	.000
	Within Groups	1.686	8	.211		
	Total	915.018	11			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Post Hoc Tests
Homogeneous Subsets

PEAK

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
30	3	171.00	
20	3	172.33	
10	3	174.00	
0	3		574.33
Sig.		.638	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

TROUGH

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
10	3	138.67	
20	3	145.00	
30	3	146.67	
0	3		446.00
Sig.		.321	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

BREAK DOWN

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
30	3	24.33	
20	3	27.33	
10	3	35.33	
0	3		128.33
Sig.		.197	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

FINAL

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
20	3	307.67	
30	3	318.67	
10	3	327.00	
0	3		871.67
Sig.		.178	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

SET BACK

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
20	3	162.67		
30	3	172.00	172.00	
10	3		188.33	
0	3			425.67
Sig.		.403	.161	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

PT

Duncan

TIME	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
30	3	70.80			
0	3		78.10		
10	3			81.60	
20	3				94.86
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง.2 สมการถดถอยถอดรหัสของปริมาณความชื้นและอุณหภูมิโซนที่ 2 และอุณหภูมิได

		Final Equation in Terms of Actual Factors:	r-squared	Adj r-squared
SME	=	In this case there are no significant model terms.	-	-
expansion	=	$0.091 + 0.004*Z_2 - 0.018*Z_3 + 0.272*M + 0.0002*Z_3^2 - 0.002*Z_3*M$	0.659	0.538
density	=	In this case there are no significant model terms.	-	-
WAI	=	In this case there are no significant model terms.	-	-
WSI	=	$99.806 - 0.311*Z_2 - 0.576*Z_3 - 3.562*M + 0.001*Z_2^2 + 0.002*Z_3^2 + 0.099*M^2$	0.724	0.596
viscosity	=	$-230.963 - 5.119*Z_2 + 5.578*Z_3 + 4.872*M - 0.029*Z_3^2 - 0.801*M + 0.158*Z_3*M$	0.683	0.536
GI	=	In this case there are no significant model terms.	-	-

หมายเหตุ : Z_2 คือ อุณหภูมิโซนที่ 2 (องศาเซลเซียส)

Z_3 คือ อุณหภูมิโซนได (องศาเซลเซียส)

M คือ ปริมาณความชื้น (%)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง.3 สมการถดถอยถอดรหัสของความเร็วสกรูและอัตราการป้อน

		Final Equation in Terms of Actual Factors:	r-squared	adj r-squared
SME	=	In this case there are no significant model terms.	-	-
expansion	=	$1.152 + 0.028*F - 0.0004*F^2$	0.748	0.697
density	=	$0.727 - 0.004*S - 0.009*F + 8.11x10^{-5}*S*F$	0.793	0.724
WAI	=	In this case there are no significant model terms.	-	-
WSI	=	In this case there are no significant model terms.	-	-
viscosity	=	In this case there are no significant model terms.	-	-
GI	=	In this case there are no significant model terms.	-	-

หมายเหตุ : S คือ ความเร็วสกรู (รอบต่อนาที)

F คือ อัตราการป้อน (รอบต่อนาที)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล นางสาวพิทยาภรณ์ โองอินทร์

วัน เดือน ปีเกิด 29 กุมภาพันธ์ 2527

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนแตลศิริวิทยา จังหวัดสุรินทร์
ปีการศึกษา 2545

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved