ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส
ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ และภาพผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-1

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก

ผู้ประเมิน : _____ วันที่ : _____

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างทีละตัวอย่างตามลำดับการเสนอ เทตัวอย่างลงในชามแล้วตวงนมในแก้วตวงปริมาณ 30 ml ผสมลงในถ้วยที่มีตัวอย่าง แล้วทำให้คะแนนความชอบให้ตรงกับคำอธิบายความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์

(กรุณาบ้วนปากคั่นระหว่างการชิมตัวอย่าง)

9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ทดสอบชิมก่อนผสมนม

คุณลักษณะ	**รหัส**		
สี			
กลิ่นโดยรวม			
รสหวาน			
รสเค็ม			
รสชาติโดยรวม			
ความกรอบ			
เนื้อสัมผัสโดยรวม			
ความชอบโดยรวม			

ทอสอบชิมหลังผสมนม

คุณลักษณะ	**รหัส**		
สี			
กลิ่นโดยรวม			
กลิ่นรสโดยรวม			
เนื้อสัมผัสโดยรวม			
ความชอบโดยรวม			

******ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ******

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบประเมินให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก วันที่ : _____

คำแนะนำ : กรุณาสัมผัสตัวอย่างทีละตัวอย่างตามลำดับการเสนอ แล้วทำให้คะแนนความชอบให้ตรงกับคำอธิบายความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ **(ห้ามดมและชิมตัวอย่าง)** และทำเครื่องหมาย √ ในช่องการยอมรับหรือไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์

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

คุณลักษณะ	**รหัส**							
สี								
ความกรอบ								
ยอมรับ								
ไม่ยอมรับ								

******ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ******

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-2

ค่าไคว์สแควร์ (Chi-square) ที่ต้องการสำหรับความมีนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับระดับความเชื่อมั่นต่างๆ

	Confidence level (alpha)													
df	.99	.98	.95	.90	.80	.70	.50	.30	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	.00016	.00063	.0039	.016	.064	.15	.46	1.07	1.64	2.71	3.84	5.41	6.64	10.83
2	.02	.04	.10	.21	.45	.71	1.39	2.41	3.22	4.60	5.99	7.82	9.21	13.82
3	.12	.18	.35	.58	1.00	1.42	2.37	3.66	4.64	6.25	7.82	9.84	11.34	16.27
4	.30	.43	.71	1.06	1.65	2.20	3.36	4.88	5.99	7.78	9.49	11.67	13.28	18.46
5	.55	.75	1.14	1.61	2.34	3.00	4.35	6.06	7.29	9.24	11.07	13.39	15.09	20.52
6	.87	1.13	1.64	2.20	3.07	3.83	5.35	7.23	8.56	10.64	12.59	15.03	16.81	22.46
7	1.24	1.56	2.17	2.83	3.82	4.67	6.35	8.38	9.80	12.02	14.07	16.62	18.48	24.32
8	1.65	2.03	2.73	3.49	4.59	5.53	7.34	9.52	11.03	13.36	15.51	18.17	20.09	26.12
9	2.09	2.53	3.32	4.17	5.38	6.39	8.34	10.66	12.24	14.68	16.92	19.68	21.67	27.88
10	2.56	3.06	3.94	4.86	6.18	7.27	9.34	11.78	13.44	15.99	18.31	21.16	23.21	29.59
11	3.05	3.61	4.58	5.58	6.99	8.15	10.34	12.90	14.63	17.28	19.68	22.62	24.72	31.26
12	3.57	4.18	5.23	6.30	7.81	9.03	11.34	14.01	15.81	18.55	21.03	24.05	26.22	32.91
13	4.11	4.76	5.89	7.04	8.63	9.93	12.34	15.12	16.98	19.81	22.36	25.47	27.69	34.53
14	4.66	5.37	6.57	7.79	9.47	10.82	13.34	16.22	18.15	21.06	23.68	26.87	29.14	36.12
15	5.23	5.98	7.26	8.55	10.31	11.72	14.34	17.32	19.31	22.31	25.00	28.26	30.58	37.70
16	5.81	6.61	7.96	9.31	11.15	12.62	15.34	18.42	20.46	23.54	26.30	29.63	32.00	39.29
17	6.41	7.26	8.67	10.08	12.00	13.53	16.34	19.51	21.62	24.77	27.59	31.00	33.41	40.75
18	7.02	7.91	9.39	10.86	12.86	14.44	17.34	20.60	22.76	25.99	28.87	32.35	34.80	42.31
19	7.63	8.57	10.12	11.65	13.72	15.35	18.34	21.69	23.90	27.20	30.14	33.69	36.19	43.82
20	8.26	9.24	10.85	12.44	14.58	16.27	19.34	22.78	25.04	28.41	31.41	35.02	37.57	45.32
21	8.90	9.92	11.59	13.24	15.44	17.18	20.34	23.86	26.17	29.62	32.67	36.34	38.93	46.80
22	9.54	10.60	12.34	14.04	16.31	18.10	21.24	24.94	27.30	30.81	33.92	37.66	40.29	48.27
23	10.20	11.29	13.09	14.85	17.19	19.02	22.34	26.02	28.43	32.01	35.17	38.97	41.64	49.73
24	10.86	11.99	13.85	15.66	18.06	19.94	23.34	27.10	29.55	33.20	36.42	40.27	42.98	51.18
25	11.52	12.70	14.61	16.47	18.94	20.87	24.34	28.17	30.68	34.38	37.65	41.57	44.31	52.62
26	12.20	13.41	15.38	17.29	19.82	21.79	25.34	29.25	31.80	35.56	38.88	42.86	45.64	54.05
27	12.88	14.12	16.15	18.11	20.70	22.72	26.34	30.32	32.91	36.74	40.11	44.14	46.96	55.48
28	13.56	14.85	16.93	18.94	21.59	23.65	27.34	31.39	34.03	37.92	41.34	45.42	48.28	56.89
29	14.26	15.57	17.71	19.77	22.48	24.58	28.34	32.46	35.14	39.09	42.56	46.69	49.59	58.30
30	14.95	16.31	18.49	20.60	23.36	25.51	29.34	33.53	36.25	40.26	43.77	47.96	50.89	59.70

ที่มา : http://ecow.engr.wisc.edu/cgi-bin/get/ie/320/vischulis/supplement/chi-squaretable.pdf

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก-3

ภาพผลิตภัณฑ์

ภาพที่ ก.1 ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกที่พัฒนาได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข-1

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ข.1.1 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (วัดค่าแรงกดแตก : compression force)

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเช้าธัญพืช เป็นการวัดค่าแรงกดแตก (compression force) ทำได้โดยการใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) โดยดัดแปลงจาก Holguin-Acuna *et al.* (2008) ใช้ชุดวัดแบบ ottawa เพื่อวัดแรงกดลงบนอาหารเช้าธัญพืชที่ทำให้อาหารเช้าธัญพืชนี้แตกหัก ค่าแรงกดแตกจะสัมพันธ์กับค่าความแข็ง (hardness) ของอาหารเช้าธัญพืชที่วัด โดยมีสภาวะที่กำหนดในการวัดดังนี้

- ความเร็วของหัวที่เคลื่อนที่ลงก่อนสัมผัสอาหารเช้าธัญพืช มีอัตราเร็ว (pre-test speed) 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที
- ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ลงในเนื้ออาหารเช้าธัญพืช (test speed) 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที
- ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ออกจากอาหารธัญพืช (post-test speed) 10.0 มิลลิเมตรต่อนาที
- ระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ลงในเนื้ออาหารเช้าธัญพืชร้อยละ 30 ของแรงกด

ทำการวัด 20 ครั้ง (ในการวัดแต่ละครั้งใช้อาหารเช้าธัญพืชจำนวน 7 กรัม เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีรูปร่าง และขนาดไม่เท่ากัน ผลการทดลองจะแตกต่างกันมากเมื่อทดสอบทีละ 1 ชิ้น ดังนั้นจึงกำหนดจำนวนชิ้นในการทดสอบแต่ละครั้ง เพื่อลดความแตกต่างจากการตรวจทีละชิ้น) (ประชาและจุฬาลักษณ์ 2542) หาค่าเฉลี่ย พิจารณาค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดที่กดลงบนอาหารเช้าธัญพืชแล้วทำให้แตกของแต่ละตัวอย่าง (average maximum peak force) หน่วยเป็นนิวตัน

ข.1.2 การหาค่าความหนาแน่น (bulk density)

การหาค่าความหนาแน่นของอาหารเช้าธัญพืช โดยดัดแปลงจาก Chevanan *et al.* (2007) ทำได้โดยการนำอาหารเช้าธัญพืชเทลงในภาชนะที่รู้ปริมาตรแน่นอน ในระหว่างที่เทอาหารเช้าธัญพืชลงไปในภาชนะนั้น ต้องเคาะภาชนะเป็นระยะเพื่อให้อาหารเช้าธัญพืชเรียงตัวสม่ำเสมอเท่ากัน เมื่อเทอาหารจนเต็มภาชนะแล้วใช้ไม้บรรทัด สแตนเลส ปาดอาหารเช้าธัญพืชส่วนเกินออกให้เรียบเสมอขอบบนของภาชนะ ทำการเติมงาลงไปให้เต็มช่องว่างที่เหลืออยู่ในภาชนะ จากนั้นเทอาหารเช้าธัญพืชออกไปวัดน้ำหนัก แล้วงาที่เหลือในภาชนะก็นำไปวัดปริมาตร

ปริมาตรของอาหารเช้าธัญพืช = ปริมาตรของภาชนะ - ปริมาตรของงาที่เหลือในภาชนะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{ความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารเช้าธัญพืช}}{\text{ปริมาตรของอาหารเช้าธัญพืช}}$$

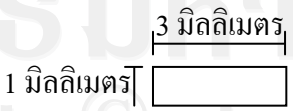
ข.1.3 การหาอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio)

การหาอัตราส่วนการพองตัว โดยดัดแปลงจาก Chevanan *et al.* (2007) ทำได้โดยการนำผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชมาวัดทั้งด้านกว้าง และด้านยาวของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์โดยใช้ดิจิตอล เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ค่าที่ได้นำมาหารด้วยขนาดของรูเปิดหน้าแปลนทั้งด้านกว้าง และด้านยาวที่มีขนาดด้านกว้าง 1 มิลลิเมตร และขนาดด้านยาว 3 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้ค่าอัตราส่วนการพองตัวด้านกว้าง และอัตราส่วนการพองตัวด้านยาว ส่วนอัตราส่วนการพองตัวของพื้นที่หน้าตัด วัดได้จากการนำค่าด้านกว้างของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์คูณกับค่าด้านยาวแล้วหารด้วยขนาดพื้นที่หน้าตัดของของรูเปิดหน้าแปลน (1×3 มิลลิเมตร) แสดงสมการได้ ดังนี้ และแต่ละค่าได้จากค่าเฉลี่ยของการวัดอาหารเช้าธัญพืช 10 ชิ้น

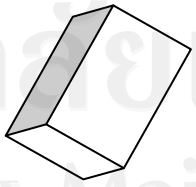
$$\text{อัตราส่วนการพองตัวด้านกว้าง} = \frac{\text{ความกว้างของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์}}{\text{ความกว้างของรูเปิดหน้าแปลน}}$$

$$\text{อัตราส่วนการพองตัวด้านยาว} = \frac{\text{ความยาวของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์}}{\text{ความยาวของรูเปิดหน้าแปลน}}$$

$$\text{อัตราส่วนการพองตัวของพื้นที่หน้าตัด} = \frac{\text{ความกว้าง} \times \text{ความยาวของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์}}{\text{ความกว้าง} \times \text{ความยาวของรูเปิดหน้าแปลน}}$$



ภาพที่ ข.1 ภาพรูเปิดหน้าแปลน

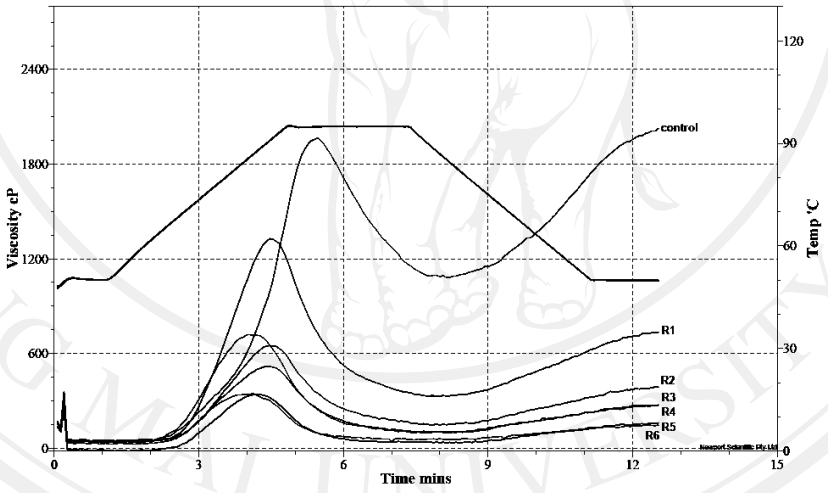


ภาพที่ ข.2 ภาพรูปทรงของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข 1.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง

วิเคราะห์ด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA-4, Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, NSW, Australia) ด้วยวิธีการดัดแปลงจาก Jangchud *et al*. (2003) ชั่งน้ำหนักแป้ง (คำนวณจากความชื้นที่วัดได้) เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ใส่ลงในเครื่อง rapid visco analyzer ซึ่งตั้งโปรแกรมอุณหภูมิและเวลาให้ความร้อนดังนี้ ช่วงแรกเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจาก 50 องศาเซลเซียส ในอัตรา 15 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และคงที่อุณหภูมินี้นาน 15 นาที แล้วค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงในอัตราเดียวกันจนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมินี้นาน 30 นาที บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ วิเคราะห์ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดความหนืด (pasting temperature) ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ค่า breakdown และค่าการคืนตัว (setback) ตัวอย่างดังภาพที่ ข.1



ภาพที่ ข.3 ตัวอย่างกราฟ RVA ของตัวอย่างแป้งข้าวกล้องงอกที่สภาวะการแช่ต่างกัน

ข 1.5 กำลังการพองตัวและร้อยละการละลาย

กำลังการพองตัวและร้อยละการละลาย โดยวิธีการดัดแปลงจาก Schoch (1964) ชั่งตัวอย่างแห้ง 0.1 กรัมใส่หลอดสำหรับนำไปหมุนเหวี่ยง เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร นำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที (เขย่าหลอดที่ความเร็วระดับ 3) นำหลอดไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที นาน 15 นาที หลังจากนั้นดูดสารละลายส่วนใส 1 มิลลิลิตร ใส่ใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว ส่วนแป้งที่เหลือในหลอดนำมาชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักแป้งที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พองตัวแล้ว) นำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนัก moisture can ที่อบแห้งแล้ว (น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ คำนวณหาร้อยละการละลาย และกำลังการพองตัวดังสมการ (1) และ (2)

$$\text{ร้อยละการละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \quad (1)$$

$$\text{กำลังการพองตัว} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่พองตัวแล้ว} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง} \times (100 - \text{ร้อยละการละลาย})} \quad (2)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข-2

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ข.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC 2.2.01, 2000)

การหาปริมาณความชื้นโดยใช้เตาอบลมร้อน โดยอบ Moisture Can และฝา ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก Moisture Can และฝา โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่อง (Sartorius A102S, Germany) ที่ความละเอียด 4 ตำแหน่ง ชั่งน้ำหนักอาหารเช้าธัญพืชประมาณ 3 กรัม ใส่ลงใน Moisture Can นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยไม่ปิดฝา Moisture Can เมื่อครบเวลา ปิดฝา Moisture Can แล้วนำไปใส่ไว้ใน โถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที นำไปอบต่อ และนำมาชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้นหน่วยเป็นร้อยละ โดยนำน้ำหนักที่หายไปหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณด้วย 100

ข.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (AOAC 4.2.05, 2000)

การหาปริมาณโปรตีน โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ลงในหลอดเคลดาห์ล เติมคะตะลิตส์ 8 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำเข้าชุดย่อยโปรตีนจนกระทั่งสารละลายใสและปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปต่อกับชุดกลั่นโปรตีน โดยนำขวดแก้วรูปชมพู่ที่มีกรด-บอริก 50 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ลงไป 3-5 หยด ทำการกลั่นตัวอย่าง นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสังเกตเห็นสีชมพูปรากฏขึ้นและคำนวณหาปริมาณโปรตีนดังนี้

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

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_2 = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC 4.5.01, 2000)

การวิเคราะห์ปราณไขมันตามวิธี Sextet เป็นการสกัดไขมันในตัวอย่างที่สกัดได้โดยตรงด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ตามระยะเวลาที่กำหนด ภายหลังจากสกัดจะระเหยตัวทำละลายอินทรีย์และทำการชั่งน้ำหนักไขมันที่ได้

ข.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (AOAC 4.6.02, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยโดยวิธีการย่อยด้วยสารละลายกรดและด่าง นำส่วนที่เหลือจากการย่อยไปอบ และเผาเพื่อหาส่วนที่หายไปหลังจากการเผา ซึ่งก็คือปริมาณเส้นใย หรือสิ่งที่หายไปหลังจากการเผาส่วนอบแห้งที่เหลือจากการย่อยตัวอย่างด้วยสารละลายกรดและด่าง

ข.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าทั้งหมด (AOAC 33.5.05, 2000)

การหาปริมาณเถ้าโดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ผ่านการอบแห้ง จดน้ำหนักที่แน่นอนเป็นทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำไปเผาด้วยตะเกียง Bunsen ให้หมดควัน แล้วนำมาเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง แล้วนำออกจากเตาเผา และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และอบซ้ำหลายๆครั้งจนน้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณเถ้า หน่วยเป็นร้อยละ โดยชั่งน้ำหนักที่หายไปหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณด้วย 100

ข.2.6 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ (AOAC, 2000)

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต หาได้จาก 100 ลบด้วยผลรวมระหว่างปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเส้นใย และปริมาณเถ้า

ข.2.7 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (วอเตอร์แอกทิวิตี)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้เครื่อง AQUA LAB model series 3 ZDecagon Device Inc., Pullman, USA.) เปิดเครื่องไว้เป็นเวลา 30 นาที ก่อนการวิเคราะห์ให้ใส่อาหารเช้าธัญพืชที่บดละเอียดในตลับสำหรับวัดตัวอย่างประมาณ 1 ใน 3 ของตลับ จากนั้นนำไปวางในเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ รอจนกระทั่งเครื่องอ่านค่าปริมาณน้ำอิสระ จดบันทึกค่าปริมาณน้ำอิสระที่วัดได้วัดค่า 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปริมาณน้ำอิสระที่ได้

ข.2.8 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1

การวิเคราะห์วิตามินบี 1 โดยวิธีการดัดแปลงจาก Yamada and Kawasaki (1980) ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม สกัดด้วย 0.1 N HCl 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5 นำสารละลายที่ได้ปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรด้วย 0.1 N HCl นำไปเจือจางที่ 10 เท่า นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 248 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Model Genesys 10 UV Scaning, USA) หาปริมาณรวมของปริมาณวิตามินบี 1 โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ thiamine และรายงานผลเป็นน้ำหนักมิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งของแป้ง

ข.2.9 การวิเคราะห์ปริมาณ gamma aminobutyric acid (GABA)

การวิเคราะห์ปริมาณ gamma aminobutyric acid (GABA) โดยวิธีการดัดแปลงจาก Sarker *et al*. (1997) ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมัน (defat) 100 มิลลิกรัม สกัดด้วยเอลทานอลร้อยละ 70 จำนวน 25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง homogenized เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนใสกรองด้วย membrane ขนาด 0.45 µm เติมสาร 9-fluorenylmethylchloroformate (Fmoc) จำนวน 200 µl ลงใน 200 µl ของสารละลายส่วนใสที่ได้ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 90 วินาที ทำการปรับ pH โดยการเติม cleavage reagent 120 µl ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3.5 นาที เติม quenching reagent จำนวน 200 µl นำไปเจือจางที่ 10 เท่า กรองด้วย membrane ขนาด 0.45 µm และ 5 µl ของสารละลายที่ได้นำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC หาปริมาณรวมของปริมาณ GABA โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ GABA โดยรายงานผลเป็นน้ำหนักมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่างและคำนวณปริมาณ GABA ดังนี้

$$\text{ปริมาณ GABA (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง)} = \frac{[(1/SD_{std.}) \times A_s) \times 10 \times 2}{W_s}$$

เมื่อ 1 = ปริมาณของสารมาตรฐาน (*u*g/ml)

SD_{std} = ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐานของพื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐาน

A_s = พื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่าง

10 = การเจือจางสารละลาย 10 เท่า

2 = ปริมาณของ Borate buffer (มิลลิลิตร)

W_s = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

ข.2.10. การวิเคราะห์หาปริมาณ total starch

การวิเคราะห์หาปริมาณ total starch ตามวิธีการ AACC (2000) ชั่งตัวอย่างบดละเอียด 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 16×120 มิลลิเมตร เคาะตัวอย่างในอยู่ก้นหลอด เติมเอลทานอล 0.2 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้เครื่องเขย่า (vortex) เติมเอนไซม์แอลฟา-แอมิเลส (α-amylase enzyme) 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มิลลิลิตรทันที นำหลอดทดลองแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที โดยทำการเขย่าหลอดโดยใช้เครื่องเขย่าทุกๆ 2 นาที นำหลอดทดลองมาแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เติมเอนไซม์ แอมิโลกลูโคซิเดส (amyloglucosidase) 0.1 มิลลิลิตร ทำการเขย่า (vortex) และทิ้งไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมินาน 30 นาที จากนั้นเทตัวอย่างลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร โดยผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 4 ทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน แล้วเทตัวอย่างใส่ในหลอดทดลองประมาณครึ่งหลอด นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง (ทำการทดลอง 2 ซ้ำ) เติม glucose determination reagent (GOPOD reagent) 3 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Model Genesys 10 UV Scaning, USA) คำนวณปริมาณ total starch โดยแทนค่าลงในตารางจาก Mega-Cal®

ข.2.11 การวิเคราะห์หาค่าดัชนีน้ำตาล (GI)

วิเคราะห์ in vitro starch digestibility ตามวิธีการของ (Mahasukhonthachat *et al*., 2010) โดยชั่งตัวอย่างบดละเอียด 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพูขนาด 125 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์ artificial saliva 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 15-20 วินาที เติมเอนไซม์ pepsin ใน HCI 0.02 M (pH 2) จำนวน 5 มิลลิลิตร ทันที นำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่า 85 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 30 นาที ทำการปรับ pH ให้เป็นกลางด้วย NaOH 0.02 M จำนวน 5 มิลลิลิตร เติม acetate buffer 25 มิลลิลิตร และเอนไซม์ pancreatin / amyloglucosidase ใน acetate buffer จำนวน 5 มิลลิลิตร นำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่า 85 รอบต่อนาที วัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสด้วย glucometer ทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่นาทีที่ 0-180 นาทีคำนวณหาปริมาณน้ำตาลกลูโคสดังนี้

$$\text{DS (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)} = \frac{0.9 \times G_G \times 180 \times V}{W \times S(100-M)}$$

เมื่อ G_G = ปริมาตรน้ำตาลกลูโคสที่อ่านได้ (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)

0.9 = stoichiometric constant for starch from glucose contents

V = ปริมาตรของน้ำย่อย (มิลลิลิตร)

S = ปริมาณสตาร์ชของตัวอย่าง (ร้อยละน้ำหนักตัวอย่างแห้ง)

M = ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง (ร้อยละ)

180 = น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำข้อมูลอัตราการย่อยแป้งมาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการย่อยแป้งตามสมการ the modified first-order kinetic ดังนี้

$$Dt = D_0 + D_{\alpha-0}(1-exp(-kt))$$

เมื่อ D_0 = อัตราการย่อยสตาร์ชที่เวลา t = 0

D_α = อัตราการย่อยสตาร์ชที่เวลา t = α

k = อัตราการย่อยตาร์ชต่อนาที

t = เวลา (นาที)

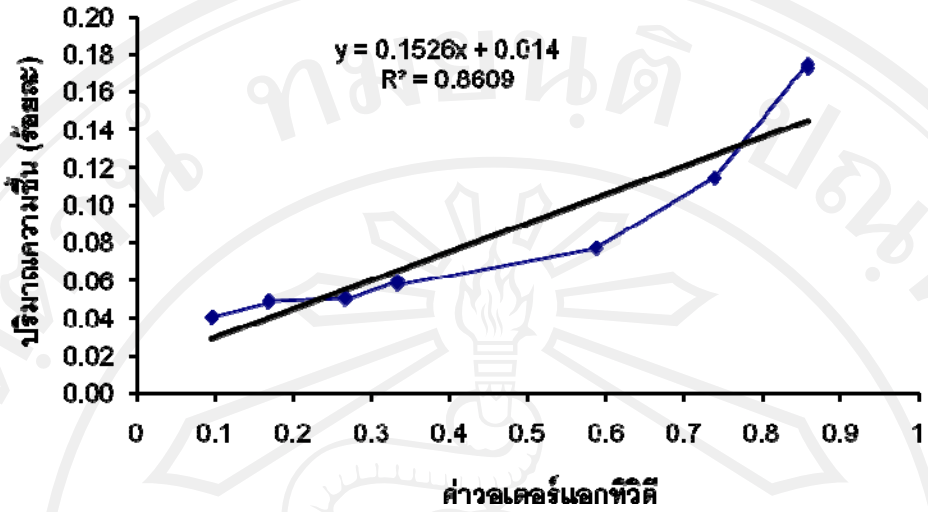
จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าดัชนีน้ำตาลจากสมการ GI = 39.21+(0.803 × H_{90}) ตามวิธีการของ Goni *et al*.(1997)

ข.2.12 ตัวอย่างการคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดลามิเนท (laminated/PE) โดยต้องการหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นี้ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 70 และร้อยละ 80 ตามลำดับ โดยกำหนดให้มีค่าตัวแปรอื่นๆ ดังนี้

- ความชื้นเริ่มต้น (m_i) เท่ากับร้อยละ 0.0495 โดยน้ำหนักแห้ง (dry basis)
- อัตราส่วนพื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์ต่อน้ำหนักอาหารแห้งเท่ากับ 0.027 ตารางเมตรต่อกรัม (m^2/g) คำนวณจากขนาดถุง (A = 0.09 m × 0.15 m × 2)
- Adsorption isotherm มีสมการเส้นตรงคือ $m = 0.1526_{aw} + 0.014$
- ความชื้นที่จุดวิกฤต (m_c) โดยจุดวิกฤตที่ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับ 0.587 โดยคำนวณจากสมการเส้นตรง คือ $m_c = 0.1526(0.587) + 0.014$ เท่ากับ 0.1035
- ค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) ของพลาสติกชนิด (laminated/PE) เท่ากับ 0.310 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ทำการวัดค่าที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 (g/m^2d at 38°C 80%RH)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ ข.4 สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดย —— หมายถึง สมการเส้นตรง และ ▬●▬ หมายถึง ปริมาณความชื้น

โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นสมการเส้นตรงดังสมการ (1) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.86 ทดสอบสมการเส้นตรงที่ได้โดยการวิเคราะห์ linear regression

$$y = 0.1526x + 0.014 \quad (1)$$

หาความชื้นสมดุลจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 ดังสมการ (2)

$$m_e = (0.1526x0.80)+0.014 = 0.1360 \quad (2)$$

หาค่า p_0 ที่สภาวะใช้ในการวัดค่า WVTR ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 ดังสมการ (3) และ (4)

$$\ln p_0 = (- 5321.66 / 38+273) + 21.03 \quad (3)$$

$$p_0 = 42.60$$

$$P_0 \text{ ที่ } a_w\ 0.800 = 42.60*0.800 \quad (4)$$

$$= 34.08 \text{ mm.Hg}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หาค่า P/x

$$P/x = WVTR/P_0 = 0.310/34.08 = 0.009\ g/m^2.d.mm.Hg$$

หาค่า P_0 ที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70

$$P_0 = 73.34 \times 0.7 = 51.34\ mm.Hg$$

หาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70

$$\theta s = \ln \left(\frac{0.1360-0.0495}{0.1360-0.1035} \right) = 477.01 \text{ วัน}$$
$$0.009x0.0009x336.45$$

ดังนั้นด้วยสภาวะนี้ ทำให้อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 477 วัน หรือประมาณ 68 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวศุภนุช ใส่แปง

วัน เดือน ปี เกิด 04 เมษายน 2530

ประวัติการศึกษา - ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนนวมินทราชูทิศ พายัพ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2547
- ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ปีการศึกษา 2550

ประวัติผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

ศุภนุช ใส่แปง นิรมล อุตมอ่าง และยุทธนา พิมลศิริผล (2552). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวกล้องงอก. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 19-25 พฤศจิกายน 2552. เชียงใหม่.

ศุภนุช ใส่แปง นิรมล อุตมอ่าง และยุทธนา พิมลศิริผล (2553). ผลของสภาวะในการแช่ข้าวต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอก. การประชุมวิชาการครั้งที่ 48. 3-6 กุมภาพันธ์ 2553. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศุภนุช ใส่แปง นิรมล อุตมอ่าง กิตติวุฒิ เกษมวงศ์ และยุทธนา พิมลศิริผล (2553). Optimization of breakfast cereal from germinated brown rice flour using extrusion process. การประชุมวิชาการนานาชาติ (CMU-KU). 24-26 สิงหาคม 2553. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ศุภนุช ใส่แปง นิรมล อุตมอ่าง กิตติวุฒิ เกษมวงศ์ และยุทธนา พิมลศิริผล (2554). การพัฒนาสูตรอาหารเช้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสายพันธุ์ KPSKD5 งอก. การประชุมวิชาการครั้งที่ 48. 1-4 กุมภาพันธ์ 2554. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved