ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบเส้นใยจากเปลือกชั้นในของผลส้มโอและคุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ ก-1 เส้นใยอาหารจากเปลือกชั้นในของผลส้มโอ

ภาพที่ ก-2 คุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข-1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

การหาปริมาณความชื้นโดยใช้เตาอบลมร้อน โดยอบ Moisture Can และฝา ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก Moisture Can และฝา โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง (Satorius A102S, Germany) ที่ความละเอียด 4 ตำแหน่ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วประมาณ 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

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{[\,(W_1 - W_2)\,] * 100}{W_1 - W}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของภาชนะใส่ตัวอย่างที่ผ่านการอบแล้ว

W_1 คือ น้ำหนักของภาชนะใส่ตัวอย่างและตัวอย่างก่อนอบ

W_2 คือ น้ำหนักของภาชนะใส่ตัวอย่างและตัวอย่างหลังอบ

ข-2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (AOAC, 2000)

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

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_2 = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ข-3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธี Soxlet (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธี Soxlet เป็นการสกัดไขมันในตัวอย่างที่สกัดได้โดยตรงด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ตามระยะเวลาที่กำหนด ภายหลังจากสกัดจะระเหยตัวทำละลายอินทรีย์และทำการชั่งน้ำหนักไขมันที่ได้

ข-4 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยโดยวิธีการย่อยด้วยสารละลายกรดและด่าง นำส่วนที่เหลือจากการย่อยไปอบ และเผาเพื่อหาส่วนที่หายไปหลังจากการเผา ซึ่งก็คือปริมาณเส้นใย หรือสิ่งที่หายไปหลังจากการเผาส่วนอบแห้งที่เหลือจากการย่อยตัวอย่างด้วยสารละลายกรดและด่าง

ข-5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าทั้งหมด (AOAC, 2000)

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

ข-6 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ (AOAC, 2000)

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต หาได้จาก 100 ลบด้วยผลรวมระหว่างปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเส้นใย และปริมาณเถ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข-7 การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี

การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี โดยใช้เครื่อง AQUA LAB model series 3 (Decagon Device Inc., Pullman, USA.) เปิดเครื่องไว้เป็นเวลา 30 นาที ก่อนการวิเคราะห์ให้ใส่ตัวอย่างที่บดละเอียดในตลับสำหรับวัดตัวอย่างประมาณ 1 ใน 3 ของตลับ จากนั้นนำไปวางในเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี รอจนกระทั่งเครื่องอ่านค่าวอเตอร์แอกทิวิตี จดบันทึกค่าปริมาณน้ำอิสระที่วัดได้วัดค่า 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปริมาณน้ำอิสระที่ได้

ข-8 การวัดค่าสีในระบบ CIE (Minolta Camera Co. Ltd., 1991)

ระบบนี้จะวัดค่าสีในรูป ค่าสี L*, a* และ b* โดย ค่า L* แสดงถึงความมืดสว่าง (Darkness/Lightness) ค่า a* แสดงถึงสีแดงและสีเขียว (Redness/Greenness) และค่า b* แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness) โดยมีการกำหนดความหมายของค่าที่วัดได้ดังนี้

ค่า L*	มีค่าเท่ากับ 0	หมายถึงความมืด (Darkness)
	มีค่าเท่ากับ 100	หมายถึงความสว่าง (Lightness)
ค่า a*	มีค่าเป็นบวก (+)	หมายถึงสีแดง (Redness)
	มีค่าเป็นลบ (–)	หมายถึงสีเขียว (Greenness)
ค่า b*	มีค่าเป็นบวก (+)	หมายถึงสีเหลือง (Yellowness)
	มีค่าเป็นลบ (–)	หมายถึงสีน้ำเงิน (Blueness)

ก่อนการวัดค่าสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) ก่อน โดยใช้แผ่นกระเบื้องสีขาวมาตรฐาน (White blank; L* = 97.67, a* = -0.18 และ b* = 1.84) แล้วจึงทำการวัดค่าสีของตัวอย่าง สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการวัดค่าสีโดยนำตัวอย่างที่ผ่านการบดใส่ลงในภาชนะใส (Petri dish) แล้วรองพื้นด้วยกระดาษขาว ทำการวัดค่าสีทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข-9 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยการปั่นเหวี่ยง ตามวิธีของ Ang (1991)

ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1 กรัม (W_1) ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง เติมน้ำกลั่นลงไป 15 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที รินของเหลวออกแล้วชั่งน้ำหนักของที่เหลือ (W_2) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ดังสมการ

$$\text{ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ} = \frac{W_2 - W_1}{W_1}$$

ข-10 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมันโดยการปั่นเหวี่ยง ตามวิธีของ Ang (1991)

ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1 กรัม (W_1) ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง เติมน้ำมันปาล์มลงไป 15 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที รินของเหลวออกแล้วชั่งน้ำหนักของที่เหลือ (W_2) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ดังสมการ

$$\text{ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน} = \frac{W_2 - W_1}{W_1}$$

ข-11 การวิเคราะห์ปริมาณสตาร์ชทั้งหมด (total starch) ตามวิธีของ AACC (2000)

นำค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาปริมาณสตาร์ชทั้งหมด ดังนี้

$$\text{ปริมาณสตาร์ช (ร้อยละ)} = \Delta A \times F \times \frac{FV}{0.1} \times \frac{1}{1000} \times \frac{100}{W} \times \frac{162}{180}$$

$$= \Delta A \times \frac{F}{W} \times FV \times 0.9$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่ ΔA = ค่าการดูดกลืนแสงเมื่อเทียบกับสารละลายที่เป็น Blank

F =100 (ไมโครกรัมดี-กลูโคส) /ค่าการดูดกลืนแสงของกลูโคส 100 µg

FV = ปริมาตรสุดท้าย

0.1 = ปริมาณตัวที่วิเคราะห์

$\frac{1}{1000}$ = ตัวคูณกลับเพื่อเปลี่ยนหน่วยจาก µg เป็น mg

$\frac{100}{W}$ = ค่าที่แสดงถึงสตาร์ชเมื่อเทียบเป็นร้อยละของน้ำหนักแป้ง

W = น้ำหนักแห้งของแป้งที่วิเคราะห์หน่วยเป็น mg

$\frac{162}{180}$ = การปรับจากดี-กลูโคสเป็นแอนไฮโดรดี-กลูโคส (ที่ปรากฏในสตาร์ช)

ข-12 การวิเคราะห์อัตราการย่อยแป้ง (*in vitro* starch digestibility) ตามวิธีของ Mahasukhonthachat *et al.* (2010)

นำค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาอัตราการย่อยแป้ง ดังนี้

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

เมื่อ G_G = ปริมาตรน้ำตาลกลูโคสที่อ่านได้ (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)

0.9 = stoichiometric constant for starch from glucose contents

V = ปริมาตรของน้ำย่อย (มิลลิลิตร)

S = ปริมาณสตาร์ชทั้งหมดของตัวอย่าง (ร้อยละ น้ำหนักแห้ง)

M = ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง (ร้อยละ)

180 = น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากนั้นนำข้อมูลอัตราการย่อยแป้งมาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการย่อยแป้งตามสมการ the modified first-order kinetic ดังนี้

$$D_t = D_0 + D_{\infty-0}(1-\exp(-kt))$$

โดยที่ค่า D_0 = อัตราการย่อยสตาร์ชที่เวลา $t = 0$

D_∞ = อัตราการย่อยสตาร์ชที่เวลา $t = \infty$

k = อัตราการย่อยต่อนาที

t = เวลา (นาที)

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

ข-13 การวัดค่าความแข็ง ตามวิธีของ รุจิราและคณะ (2543)

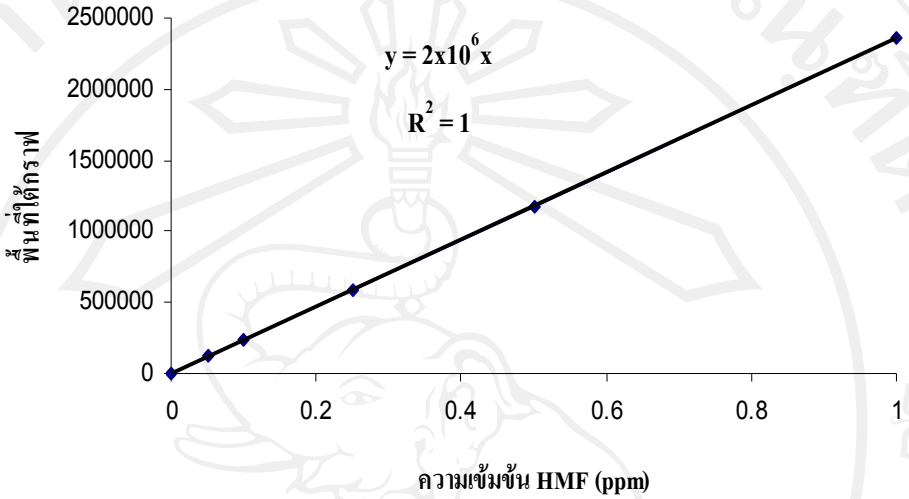
ทำการวัดความแข็งของชิ้นคุกกี้ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture analyzer (TA.XTPlus, Stable Micro Systems, UK) โดยใช้วิธีทดสอบจากแรงกดตามโปรแกรม Return to start ด้วยหัววัดทรงกระบอก (cylinder probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ขนาดโหลดเซลล์ (Load cell) 25 กิโลกรัม การทำงานของเครื่องใช้ความเร็วก่อนและความเร็วหลังทดสอบที่ 2.05 และ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ผ่านผลิตภัณฑ์ 10 มิลลิเมตร แรงกระทบเริ่มต้น 5 กรัม โดยจะทำการวัด 10 ครั้งต่อตัวอย่าง โดยค่า hardness คือ จุดที่วัดแรงกดเป็นบวกสูงที่สุด

ข-14 การวิเคราะห์ปริมาณ hydroxymethylfurfural ตามวิธีการของ Gökmen *et al*. (2008)

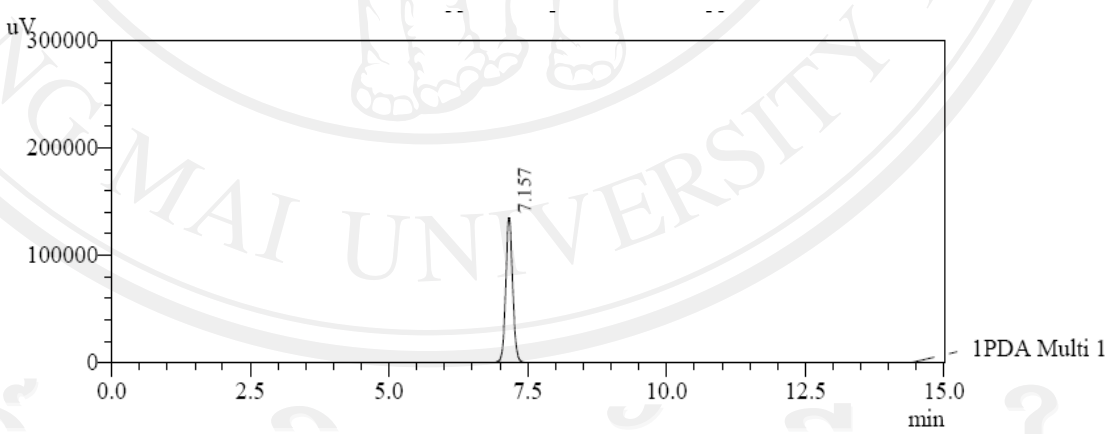
นำตัวอย่างที่บดแล้วเก็บรักษาไว้ในขวด polyethylene ทึบแสง ปิดฝาสนิท มา 1 กรัม ใส่เข้าไปในหลอด centrifuge ที่มีฝาปิด จากนั้นเติมสารละลาย Carrez I 250 µL และ Carrez II 250 µL และปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตรด้วยน้ำ ทำการแยกตัวอย่างโดยการหมุนเหวี่ยงที่ระดับความเร็ว 10,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้ micro-spin centrifuge filters (0.45 µm) นำส่วนที่ใสของสารสกัดไปวิเคราะห์ โดยใช้เครื่อง HPLC Agilent 1100 HPLC system (Waldbronn, Germany) คอลัมภ์ที่ใช้คือ Atlantis dC18 สภาวะในการทดลองคือ ใช้สารละลายกรดอะซีติกร้อยละ 0.1 และอะซิโตรไนไตล์ท (90:10, v/v) ที่ flow rate of 1.0 mL/min ควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซลเซียส ที่ระดับความยาวคลื่น 285 nm นำค่าพื้นที่ของกราฟตัวอย่างที่มีค่า retention time ตรงกับสารมาตรฐาน HMF มาคำนวณในสมการดังภาพที่

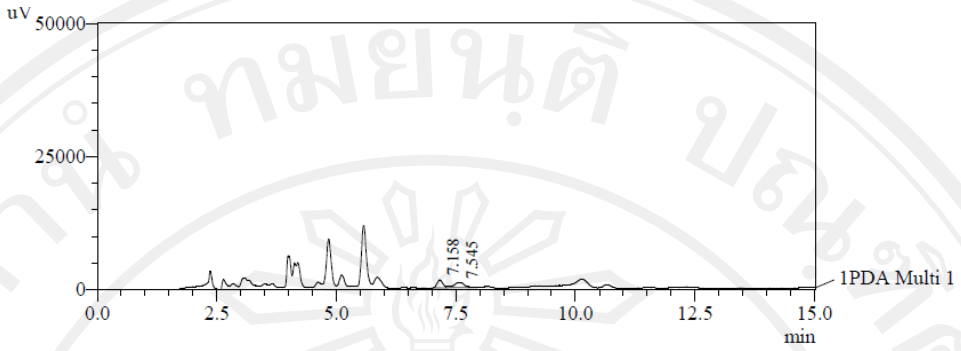


ภาพที่ ข-1 กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณ HMF

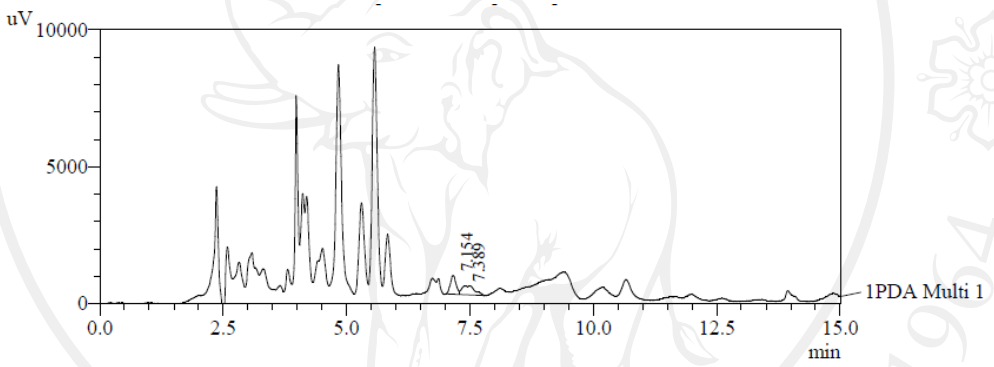


ภาพที่ ข-2 ตัวอย่างกราฟสารมาตรฐาน HMF

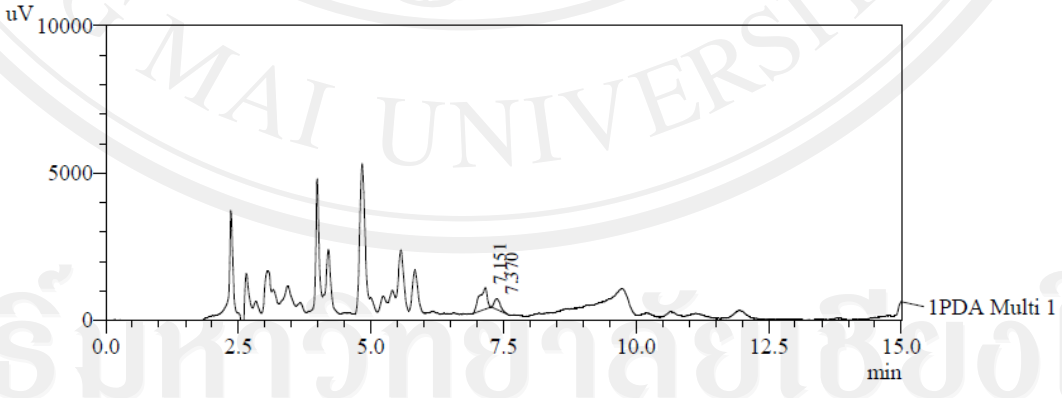
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ ข-3 HMF ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ใช้ซูโครส



ภาพที่ ข-4 HMF ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ใช้มอลติตอล



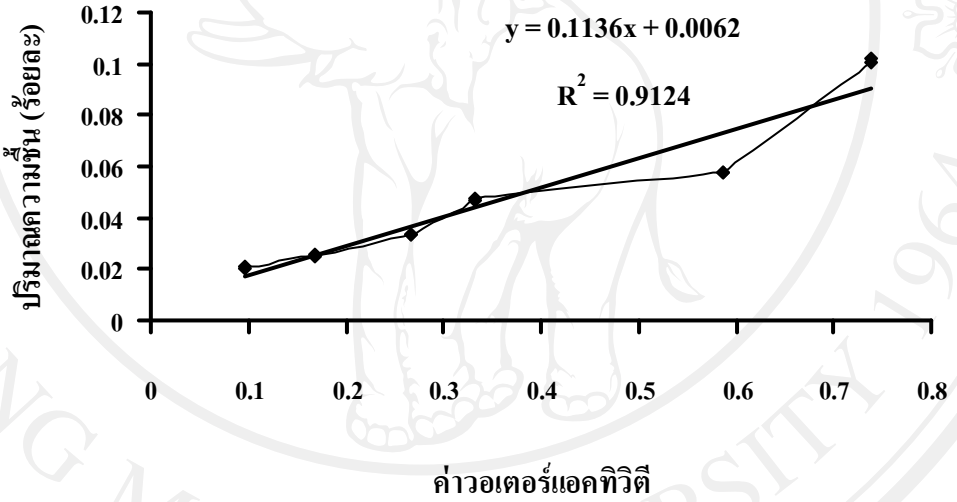
ภาพที่ ข-5 HMF ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ใช้ไซลิทอล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข-15 ตัวอย่างการคำนวณอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

เมื่อนำปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของคุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ ดังภาพที่ ข-6 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นสมการเส้นตรง y = 0.1136x + 0.0062 ค่า R^2 = 0.9124 ทดสอบสมการเส้นตรงที่ได้โดยการวิเคราะห์ linear regression

Y (ปริมาณความชื้น) = 0.1136X+0.0062 (1)



ภาพที่ ข-6 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

สมการที่ใช้ในการทำนายอายุการเก็บรักษาโดยใช้ sorption isotherm (2) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.800 โดยกำหนดให้มีค่าตัวแปรอื่นๆ ดังนี้

- มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 1.98 โดยน้ำหนักแห้ง
- พื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์ เท่ากับ (0.9×0.15) ×2 = 0.027 ตารางเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- อัตราส่วนพื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์ต่อน้ำหนักอาหารแห้ง เท่ากับ 0.027/31.3787 ตารางเมตรต่อกรัม
- ความชื้นวิกฤตเท่ากับร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักแห้ง
- ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate; WVTR) ของพลาสติกชนิด laminate/PE คือ 0.310 ที่สภาวะในการวัดค่า คือ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80

$$\theta_s = \frac{\ln\left[\frac{m_e - m_i}{m_e - m_c}\right]}{\frac{P}{x}\frac{A}{w_s}\frac{p_0}{b}} \qquad (2)$$

โดยที่ m_e = ความชื้นสมดุล (g H_2O/g dry solid)

m_i = ความชื้นเริ่มต้นของอาหาร(g H_2O/g dry solid)

m_c = ความชื้นวิกฤต (g H_2O/g dry solid)

P/x = สัมประสิทธิ์การแพร่ผ่าน (กรัมต่อตางรางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท)

A = พื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์ (ตารางเมตร)

W_s = น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)

p_0 = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ ณ.อุณหภูมิการเก็บรักษา (มิลลิเมตรปรอท)

b = ความชันที่ได้จากสมการเส้นตรงของ moisture sorption isotherm

θ_s = อายุการเก็บรักษา (วัน)

ค่า m_e, p_0, P/x , A/W_s สามารถคำนวณได้จากสมการ (1), (3) และ (4)

$$\ln p_0 = \frac{-5321.66}{T} + 21.03 \qquad (3)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดย T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (องศาเคลวิน, K)

$$(P/x) = \frac{WVTR}{p_0} \qquad (4)$$

โดย WVTR = อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ

A/W_s = อัตราส่วนพื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์ต่อน้ำหนักอาหารแห้ง

$$m_c = (0.1136 \times 0.5) + 0.0062 = 0.063$$

$$m_e = (0.1136 \times 0.8) + 0.0062 = 0.097$$

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

$$p_0 = 50.32$$

p_0 ที่ a_w 0.800 = 42.60*0.8

= 40.26 mm.Hg

ดังนั้น P/x = 0.310/40.26 = 0.007

จากสมการ (1) ทำให้ได้ค่าความชื้นสมดุลและความชื้นวิกฤตจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 เท่ากับ 0.097 และ0.063 ตามลำดับ ค่าความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ ณ อุณหภูมิการเก็บรักษา คำนวณจากสมการ (3) เท่ากับ 34.08 เมื่อใช้ laminate/PE เป็นบรรจุภัณฑ์ ซึ่งให้ค่า WVTR เท่ากับ 0.310 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน (Water vapor permeation analyzer, Model 7000, Illinois Instruments, USA.) ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ผ่านสามารถหาได้จากสมการ (4) เท่ากับ 0.0077 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท คำนวณอายุการเก็บรักษาจากสมการ (2) โดยเป็นอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ เมื่อถูกเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นนำมาหา p_0 ของตัวอย่างได้จาก $\ln p_0 = (- 5321.66 / 35+273) + 21.03$

$$p_0 = 42.60$$

$$p_0 \text{ ที่ } a_w\ 0.800 = 42.60*0.8$$

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

จากนั้นนำค่าทั้งหมดในสมการ (2) เพื่อคำนวณหาอายุการเก็บรักษา

$$\theta s = \frac{\left(\ln \frac{0.097-0.0198}{0.097-0.063} \right)}{0.0077 \times (0.027/31.3787) \times (34.08/0.1136)} = 411.9$$

$$= 411 \text{ วัน}$$

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ เมื่อถูกเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอล์ยที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 0.310 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน จะมีอายุการเก็บรักษา 411 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ **คุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ใช้น้ำตาลต่างชนิด**

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ แล้วให้คะแนนเพื่อแสดงระดับความชอบที่มีต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

กรุณาบ้วนปากก่อนและหลังชิมตัวอย่างทุกครั้ง

ระดับของคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบ 5 = เฉย ๆ

6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

การให้ระดับคะแนนความชอบ

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	**รหัสตัวอย่าง / คะแนนความชอบ**				
สี					
กลิ่นหอมหวาน					
กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์					
ความแข็ง					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ **คุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ**

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ แล้วให้คะแนนเพื่อแสดงระดับความชอบที่มีต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

กรุณาบ้วนปากก่อนและหลังชิมตัวอย่างทุกครั้ง

ระดับของคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบ 5 = เฉย ๆ

6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

การให้ระดับคะแนนความชอบ

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	**รหัสตัวอย่าง / คะแนนความชอบ**				
สี					
กลิ่นหอมหวาน					
กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์					
ความแข็ง					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ **คุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ**

คำอธิบาย: คุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มโอ เป็นคุกกี้ที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีค่า GI ต่ำ จะช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคได้

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ แล้วให้คะแนนเพื่อแสดงระดับความชอบที่มีต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด
กรุณาบ้วนปากก่อนและหลังชิมตัวอย่างทุกครั้ง

ระดับของคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบ 5 = เฉย ๆ
6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

การให้ระดับคะแนนความชอบ

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	**คะแนนความชอบ/การยอมรับ**
สี	
กลิ่นหอมหวาน	
กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์	
ความแข็ง	
ความชอบโดยรวม	
การยอมรับ (ซื้อ/ ไม่ซื้อ)	

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวสุชาดา นกเถื่อน

วัน เดือน ปี เกิด 29 มีนาคม 2529

ประวัติการศึกษา

- มัธยมศึกษา โรงเรียนพุทธชินราชพิทยา
ปีการศึกษา 2546
- วิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
ปีการศึกษา 2550

ประวัติผลงานวิจัยที่เคยตีพิมพ์เผยแพร่

สุชาดา นกเถื่อน และยุทธนา พิมลศิริผล. 2553. คุณภาพและค่าดัชนีน้ำตาลของคุกกี้ปราศจากกลูเตนที่ใช้สารให้ความหวานต่างชนิด. การประชุมวิชาการเกษตรนเรศวรครั้งที่ 8. 28 กรกฎาคม-3 สิงหาคม 2553, มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.

สุชาดา นกเถื่อน และยุทธนา พิมลศิริผล. 2554. การลดปริมาณไขมันและค่าดัชนีน้ำตาลของคุกกี้ปราศจากกลูเตนโดยใช้เส้นใยอาหารจากเปลือกชั้นในของผลส้มโอ. การประชุมวิชาการครั้งที่ 49. 1-4 กุมภาพันธ์ 2554, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved