



ภาคผนวก

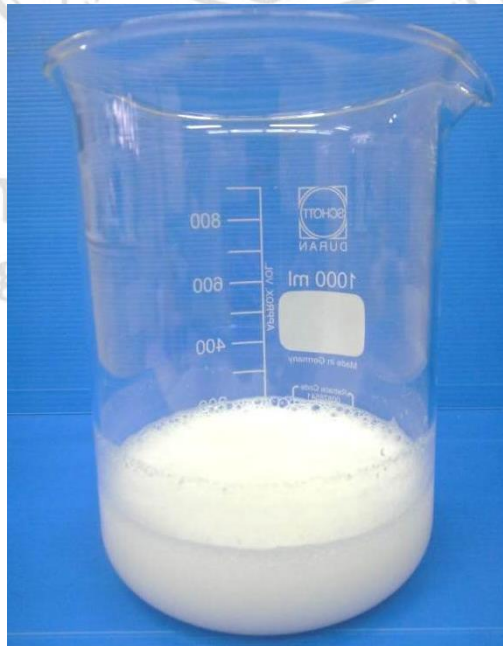
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

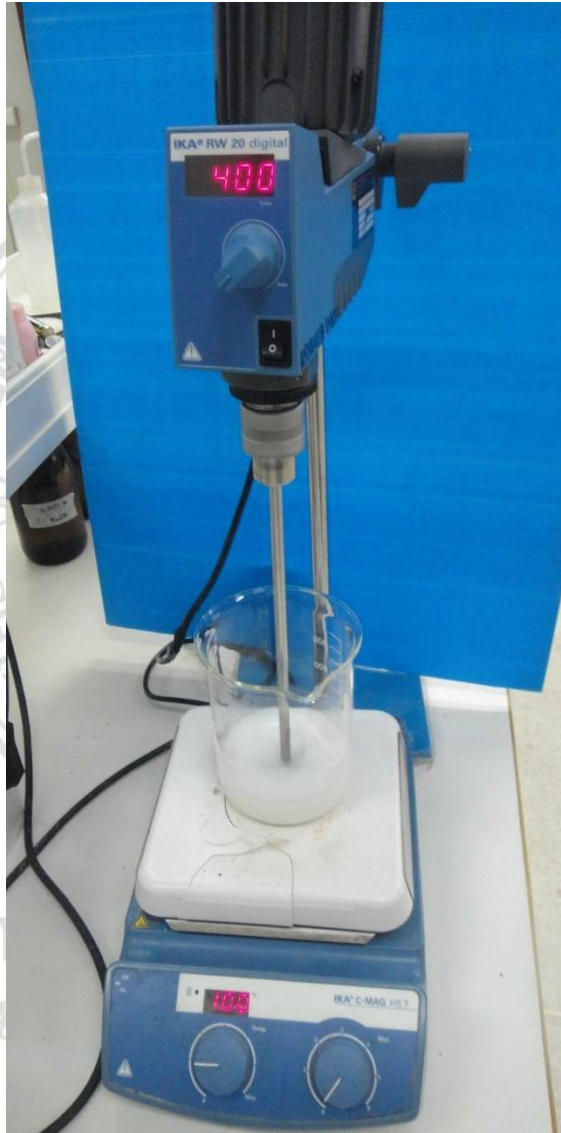
ตัวอย่างแป้งเหลือทิ้งและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตฟิล์มแป้ง



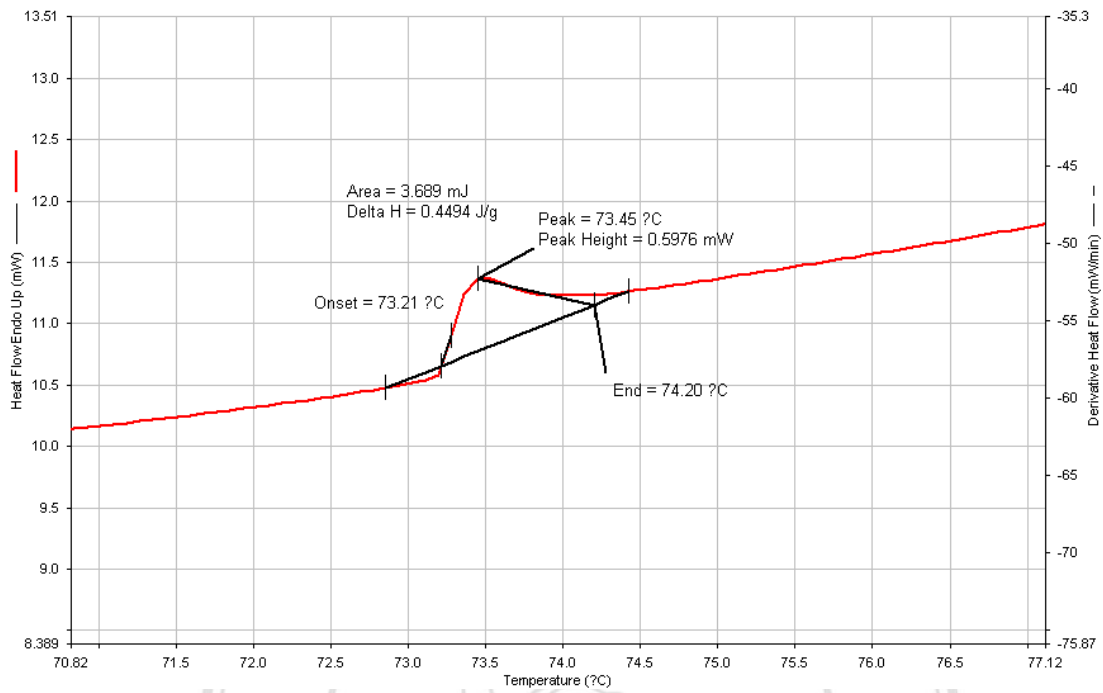
ภาพที่ ก-1 ตัวอย่างแป้งเหลือทิ้งจากขั้นตอนการนึ่งในกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว



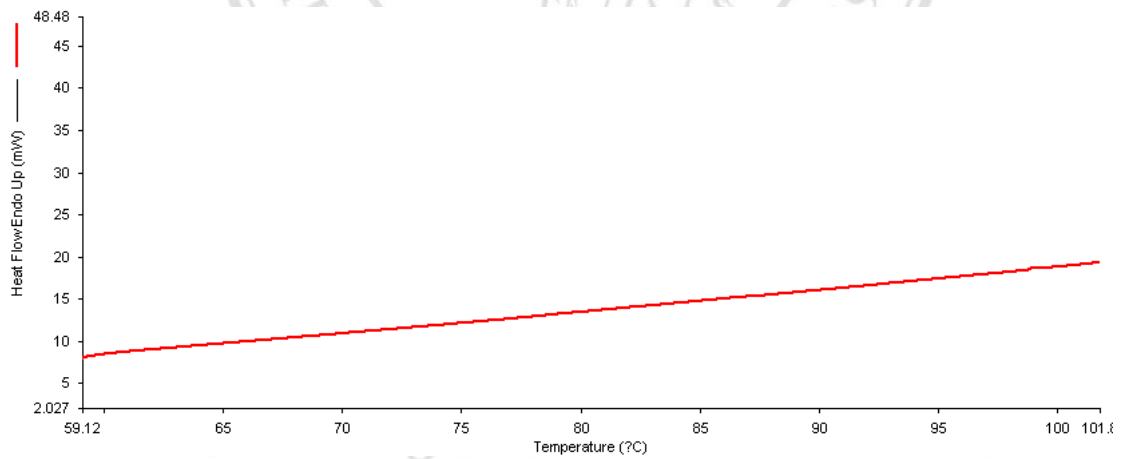
ภาพที่ ก-2 ตัวอย่างน้ำแป้งที่เตรียมสำหรับทำฟิล์มแป้ง



ภาพที่ ก-3 การตม้ น้ำเป้งสำหรั้งการทำฟิล์มเป้ง



ภาพที่ ก-4 กราฟ DSC แสดงอุณหภูมิการเกิดเจลลาติไนซ์ของแป้งข้าว



ภาพที่ ก-5 กราฟ DSC ของแป้งเหลือทิ้ง

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของ แป้งเหลือทิ้ง และการตรวจสอบสมบัติทางความร้อน

ข-1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยใช้ตู้อบไฟฟ้า

วิธีทดลอง

1. นำกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝามาอบในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นใน โถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักของกระป๋องอบความชื้น
2. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 3 กรัม ใส่ในกระป๋องอบความชื้นที่อบมาแล้วจากข้อ 1 และชั่งน้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ
3. นำกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างจากข้อ 2 ไปอบในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (โดยเปิดฝากระป๋องออก)
4. นำกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างจากข้อ 3 ออกจากตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้า และปล่อยให้เย็นใน โถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที และชั่งน้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ
5. นำไปชั่งน้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบจากข้อ 4 มาอบต่ออีก 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักที่คงที่ (ผลต่างของการชั่งน้ำหนักสองครั้งไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) AOAC, 2000)
6. ทำการทดลองวัดปริมาณความชื้น 3 ซ้ำ

Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีคำนวณ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ, มาตรฐานแห้ง) =

$$\frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{ผลต่างระหว่างน้ำหนักรวมของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ} \\ \text{และน้ำหนักรวมของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ} \end{array} \right\}}{\left\{ \begin{array}{l} \text{ผลต่างระหว่างน้ำหนักรวมของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ} \\ \text{และน้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นเปล่า} \end{array} \right\}} \times 100$$

(ข-1)

ข-2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยเครื่องสกัดไขมัน soxhlet extractor (Model 2050, Sweden)

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอนบรรจุลงใน soxhlet flask ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
2. นำตัวอย่างไปผ่านการสกัดจากเครื่องสกัดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที
3. เมื่อสกัดเสร็จนำ soxhlet flask ที่มีปิโตรเลียมอีเทอร์เหลืออยู่และไขมันที่สกัดได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30-60 นาที
4. นำ soxhlet flask ออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็นใน โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง โดยทำทดลองหาปริมาณไขมัน 3 ซ้ำ และคำนวณหาปริมาณไขมัน แล้วหาค่าเฉลี่ยปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{(น้ำหนักรวมของตัวอย่างและ flask หลังสกัด) -} \\ \text{(น้ำหนักรวมของตัวอย่างและ flask ก่อนสกัด)} \end{array} \right\}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง}} \times 100$$

(ข-2)

ข-3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Dumas combustion

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างด้วยน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 0.3 กรัม ใส่ในฟอยล์สำหรับวิเคราะห์
2. วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนด้วยเครื่อง Dumas combustion
3. กำหนดปริมาณโปรตีนโดยคูณร้อยละของไนโตรเจนด้วย 5.95 (AOAC, 2000)
4. ทำทดลองหาปริมาณโปรตีน 3 ซ้ำ

ข-4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

วิธีทดลอง

1. เผาด้วยกระบือเคลือบในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525 ถึง 550 องศาเซลเซียส (เท่ากับอุณหภูมิที่ใช้เผาตัวอย่าง) เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักด้วยกระบือเคลือบ และใส่ตัวอย่างทันทีในด้วยกระบือเคลือบ ชั่งน้ำหนักรวมของกระบือเคลือบและตัวอย่างที่แน่นอนประมาณ 1 กรัม
2. นำไปเผาบนเตาไฟฟ้า โดยเพิ่มความร้อนทีละน้อยจนไหม้เกรียมและรอให้หมดควัน
3. นำไปเผาต่อในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525 ถึง 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว (ใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง)
4. ทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักเถ้าที่ได้
5. ทำซ้ำตามข้อ 3 และ 4 โดยใช้เวลาเผา 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ (ผลต่างของการชั่งสองครั้งติดกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) ชั่งน้ำหนักที่ได้ (W_3) (AOAC, 2000)
6. ทำทดลองหาปริมาณเถ้า 3 ซ้ำ

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \left\{ \frac{\text{(น้ำหนักรวมของด้วยกระบือเคลือบและเถ้า) - (น้ำหนักด้วยกระบือเคลือบ)}}{\text{(น้ำหนักรวมของด้วยกระบือเคลือบและตัวอย่าง) - (น้ำหนักด้วยกระบือเคลือบ)}} \right\} \times 100$$

(ข-3)

ข-5 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ไม่มีไขมัน ไม่เกินร้อยละ 1 หรือตัวอย่างที่สกัดไขมันออกและอบเรียบร้อยแล้ว ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 1 กรัม (W_1) ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. ตวงสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกลงในบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างอยู่ นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าโดยปิดปากบีกเกอร์ด้วยขวดแก้วกลมขนาด 500 มิลลิลิตร บรรจุน้ำ เพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือด จับเวลา 30 นาที
3. กรองทันทีด้วยกรวยบุษเนอรัที่มีกระดาษกรองเบอร์ 4 (W_2) (ที่ผ่านการอบให้แห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน) โดยใช้แรงสุญญากาศผ่านขวดแก้วสำหรับกรองดูด
4. นิดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ด้วยน้ำหลายๆ ครั้ง ลงในกรวยบุษเนอรั
5. ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรอง ด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด ทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส สีน้ำเงินเป็นสีแดง
6. ตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 200 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดบนเตาไฟฟ้า ใส่ในขวดน้ำแล้วนึ่งล้างกากบนกระดาษกรองลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
7. นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าโดยใช้ขวดแก้วกลมปิดปากของบีกเกอร์ให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที
8. กรองทันทีผ่านกรวยบุษเนอรัซึ่งบุด้วยกระดาษกรองเบอร์ 541 ที่ตัดพอดีและนึ่งน้ำให้แนบสนิทกับกรวยบุษเนอรัแล้ว
9. นิดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ ด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้ง ลงในกรวยบุษเนอรั
10. ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรอง ด้วยน้ำร้อนจนหมดค่า ทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสแดงเป็นสีน้ำเงิน
11. นำกระดาษกรองวางบนถ้วยกระเบื้อง (W_3) ไปอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 102 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_4)
12. เผาด้วยกระเบื้องพร้อมกระดาษกรองที่อบเรียบร้อยแล้วในเตาเผา อุณหภูมิ 550 ± 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_5) (AOAC, 2005)
13. ทำทดลองหาปริมาณเส้นใย 3 ซ้ำ

ข-6 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยการคำนวณ

วิธีทดลอง

นำผลวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ในตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ ตามสมการ

คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = $100 - (\text{ร้อยละของความชื้น} + \text{ร้อยละของไขมัน} + \text{ร้อยละของโปรตีน} + \text{ร้อยละของเถ้า})$ (Sullivan and Carpenter (1993))

ข-7 ปริมาณอะมิโลส

วิธีทดลอง

การเตรียมสารละลายมาตรฐานอะมิโลส

1. ชั่งอะมิโลสบริสุทธิ์ 0.040 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ อย่าให้อะมิโลสเกาะผนังขวด
3. เติมน้ำกลั่นไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร
4. กวนสารละลายในขวดด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า นาน 10 นาที
5. นำแท่งเหล็กออกและล้างส่วนที่ติดมากลับไปในขวดด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลายเข้ากัน

การเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นตามขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐานอะมิโลสข้อ 2-5

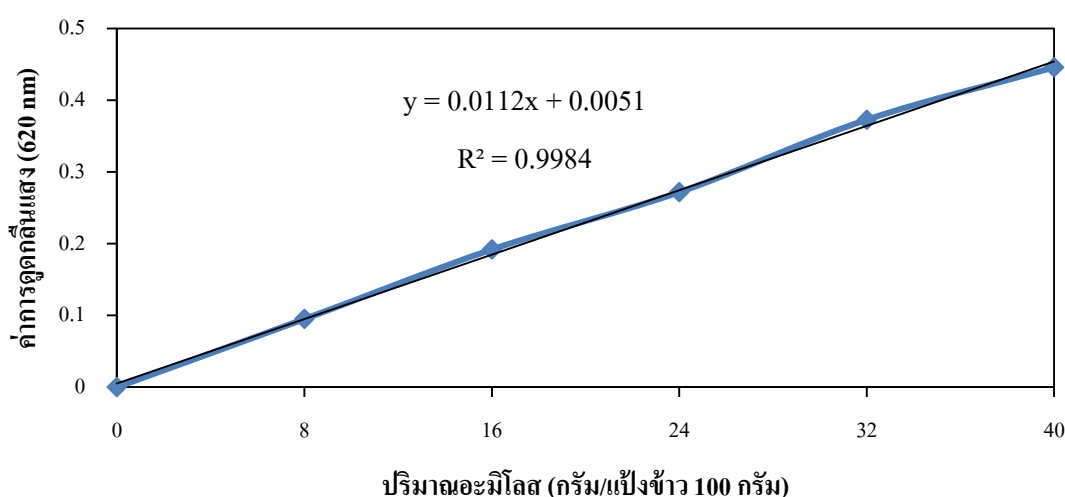
การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ปิเปตสารละลายจากการเตรียม ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร
3. ปิเปตสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร
4. ปิเปตสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร
5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

- ทำแบบลงค์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ไม่ใส่สารตัวอย่าง
- วัดความเข้มสีของสารโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยปรับค่าสารละลายแบบลงค์เท่ากับศูนย์
- นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปหาปริมาณอะมิโลส โดยเทียบจากกราฟมาตรฐาน

การเตรียมกราฟมาตรฐาน

- เปิดสารละลายจากการเตรียมสารละลายมาตรฐานอะมิโลสปริมาตร 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
- เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร
- เปิดสารละลายกรดอะซิติคเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในขวดที่มีสารละลายมาตรฐาน ตามลำดับ
- เปิดสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร
- ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
- วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่มีความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และเขียนกราฟระหว่างปริมาณอะมิโลส (กรัม/แป้งข้าว 100 กรัม) คิดเป็นร้อยละ 8, 16, 24, 32, และ 40 กับค่าดูดกลืนแสง (ภาพที่ ข-1)
- ทำทดลองหาปริมาณอะมิโลส 3 ซ้ำ



ภาพที่ ข-1 กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณอะมิโลส (กรัม/แป้งข้าว 100 กรัม) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

ข-8 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของแป้งเหลือทิ้ง

วิธีทดลอง

1. เตรียมตัวอย่าง โดยใช้ Pellet Method นำสารตัวอย่างที่เป็นของแข็งมาบดผสมกับโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) ที่แห้งในอัตราส่วน 1:100 ให้ละเอียดและผสมให้เข้ากัน
2. นำไปอัดให้ เป็นแผ่นด้วย hydraulic press และนำไปบันทึก spectrum
3. ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยใช้สภาวะดังต่อไปนี้
 - Number of ample scans: 64
 - Number of background scans: 64
 - Resolution: 4.000
 - Sample gain: 8.0
 - Optical velocity: 0.6329
 - Aperture: 100.00

ข-9 การตรวจสอบคุณสมบัติทางความร้อน โดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริเมทรี (Differential scanning calorimetry, DSC)

วิธีทดลอง

1. นำแป้งไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง
2. นำแป้งที่อบแห้งแล้วมาบดละเอียด แล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงความละเอียด 100 เมช
3. ปรับความชื้นของแป้งให้ได้ความชื้นร้อยละ 70 ทั้งไว้ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อปรับสมดุลของแป้ง
4. ทำการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของแป้งโดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริเมทรีภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน โดยชั่งตัวอย่างแป้งประมาณ 5 มิลลิกรัม แล้วบรรจุตัวอย่างแป้งลงใน standard sample pan ที่ทำจากอะลูมิเนียมและมีฝาปิด ใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ตั้งแต่อุณหภูมิ 45-120 องศาเซลเซียส
5. ทำการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของแป้งโดยเทคนิค DSC 3 ซ้ำ

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์สมบัติของฟิล์มแป้ง

ค-1 สีและความแตกต่างของสีทั้งหมด

วิธีทดสอบ

ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) และค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (Total color difference, ΔE^*) คัดแปลงตามวิธีของ Paschoalick *et al.*, (2003).; Sobral (2000); Maria *et al.*, (2009) วัดโดยใช้เครื่องวัดสี (Color Quest XE, Fairfax, USA) ระบบ CIE และค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (Total color difference, ΔE^*) ทำการวัดค่า L^* , a^* และ b^* ของฟิล์มตัวอย่างที่มีการวัดค่าดังกล่าว 9 ซ้ำ จากนั้นคำนวณหาความแตกต่างของสีทั้งหมดได้ ดังสมการ (ค-1)

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{ค-1})$$

เมื่อค่า ΔL^* , Δa^* และ Δb^* คือค่าความแตกต่างของสีตัวอย่างกับแผ่นสีขาวมาตรฐาน

ค-2 ความหนา

วิธีทดสอบ

วัดความหนาโดยใช้เครื่อง micrometer (Mitutoyo, Tokyo, Japan) โดยนำตัวอย่างฟิล์มแต่ละตัวอย่างที่ผลิตได้มาวัดความหนา 15 ซ้ำ

ค-3 ความต้านทานแรงดึง (tensile strength, TS) และการยืดตัว ณ จุดที่ขาด (elongation at break)

วิธีทดสอบ

วัดค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength, TS) และค่าการยืดตัวของฟิล์ม ณ จุดที่ขาด (elongation at break) โดยตัดฟิล์มให้มีขนาดความกว้างเท่ากับ 2.54 เซนติเมตร และด้านยาวเท่ากับ 15 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน ASTM D882-95 ก่อนการทดสอบฟิล์มจะถูกเก็บรักษาโดยวางไว้ในห้องสารละลายโซเดียมโบรไมด์ (NaBr) ที่มีสภาวะอุณหภูมิเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนทดสอบ จะทำการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงและค่า

การยึดตัวของฟิล์ม ณ จุดที่ขาด ด้วยเครื่องทดสอบวัสดุ Universal Testing Machine H1KS (Hounsfield, UK) ที่ค่าโหลดเซลล์ (load cell) 1000 นิวตัน จากนั้นทำการตั้งระยะห่างระหว่างหัวจับขึ้นตัวอย่างฟิล์มเท่ากับ 10 เซนติเมตร โดยตั้งค่าความเร็วของหัวดึงขึ้นฟิล์มตัวอย่างเท่ากับ 25 มิลลิเมตร ต่อนาที ทำการวัดค่าความต้านทานแรงดึงและค่าการยึดตัวของฟิล์ม ณ จุดที่ขาด ของแต่ละตัวอย่างขึ้นฟิล์ม 9 ซ้ำ โดยแสดงการคำนวณหาค่าความต้านทานแรงดึงและค่าการยึดตัวของฟิล์ม ณ จุดที่ขาด ในรูปร้อยละ (% elongation at break) ดังสมการที่ (ค-2) และ (ค-3)

$$\text{ความต้านทานแรงดึง (tensile strength, TS)} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด (maximum force, } F_{\max} \text{)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง}} \quad (\text{ค-2})$$

$$\text{ร้อยละการยึดตัวของฟิล์ม ณ จุดที่ขาด} = \left\{ \begin{array}{l} \text{ผลต่างระหว่างความยาวที่ฟิล์มยึดออก} \\ \text{ณ จุดที่ขาด และความยาวเริ่มต้นของ} \\ \text{แผ่นฟิล์มตัวอย่าง} \end{array} \right\} \times 100$$

$$\text{(% elongation at break)} = \frac{\text{ความยาวเริ่มต้นของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง}}{\text{ความยาวเริ่มต้นของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง}} \quad (\text{ค-3})$$

แสดงตัวอย่างการคำนวณหาค่าความต้านทานแรงดึงและค่าการยึดตัวของฟิล์ม ณ จุดที่ขาด โดยจะยกตัวอย่างการผลิตฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลปริมาณร้อยละ 30 จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 โดยค่าแรงดึงสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.304 นิวตัน ถ้าความหนาของฟิล์มและความกว้างของฟิล์มเท่ากับ 0.074 มิลลิเมตร และ 2.54 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่หน้าตัดของฟิล์มตัวอย่างที่ตั้งฉากกับแรงดึงสูงสุดที่ได้จะเท่ากับ $(0.074 \times 10^{-3} \text{ เมตร}) \times (2.54 \times 10^{-2} \text{ เมตร}) = 0.00000188$ ตารางเมตร ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ความต้านทานแรงดึง (tensile strength, TS)} &= \frac{2.565 \text{ นิวตัน}}{0.00000188 \text{ ตารางเมตร}} \\ &= 1364361.7 \text{ นิวตันต่อตารางเมตร} \\ &= 1.36 \times 10^6 \text{ นิวตันต่อตารางเมตร} \\ \text{หรือ} &= 1.36 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ผลต่างระหว่างความยาวที่ฟิล์มยึดออก ณ จุดที่ขาดและความยาวเริ่มต้นของฟิล์มตัวอย่างเท่ากับ = 41.72 มิลลิเมตร และความยาวเริ่มต้นของฟิล์มตัวอย่างเท่ากับ 10 เซนติเมตร หรือ 100 มิลลิเมตร ดังนั้นจากสมการที่ (ค-3) ร้อยละการยึดของฟิล์ม ณ จุดที่ขาด สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละการยืดตัวของฟิล์ม ณ จุดที่ขาด} &= \frac{41.72 \text{ มิลลิเมตร} \times 100}{100 \text{ มิลลิเมตร}} = 41.72 \\ (\% \text{ elongation at break}) & \end{aligned}$$

ค-4 อัตราการการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate)

วิธีทดสอบ

อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, *WVTR*) ปรับปรุงจากวิธีของ Bustillos และ Krochta (1993) ตามวิธีของกมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ และอดิศักดิ์ เอกโสวรรณ (2547) โดยเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตรลงในภาชนะแก้วปากเรียบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ 4.23 และ 4.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักแก้วและน้ำกลั่น และทำการจดบันทึกน้ำหนักที่ได้ จากนั้นทำการปิดปากแก้วด้วยแผ่นฟิล์มพร้อมปิดเทปกาวให้แนบสนิทและชั่งน้ำหนักที่แน่นอนอีกครั้งก่อนนำไปวางในเดซิเคเตอร์ (RH controller) ที่มีสารละลายลิเทียมคลอไรด์ (LiCl) โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละภายในเดซิเคเตอร์เท่ากับ 70 องศาเซลเซียส และ 15 ตามลำดับ จากนั้นจะทำการบันทึกน้ำหนักฟิล์มทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ข้อมูลของน้ำหนักฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ทำการวัดเวลาจะถูกนำมาใช้เพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลา และทำการหาความชันจากความสัมพันธ์ของน้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลา โดยแต่ละตัวอย่างของฟิล์มจะทำการทดลองหาน้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลา 5 ชั่วโมง การคำนวณค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำทำได้โดยการนำน้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลาหารด้วยพื้นที่ของแผ่นฟิล์ม แสดงได้ดังสมการที่ (ค-4)

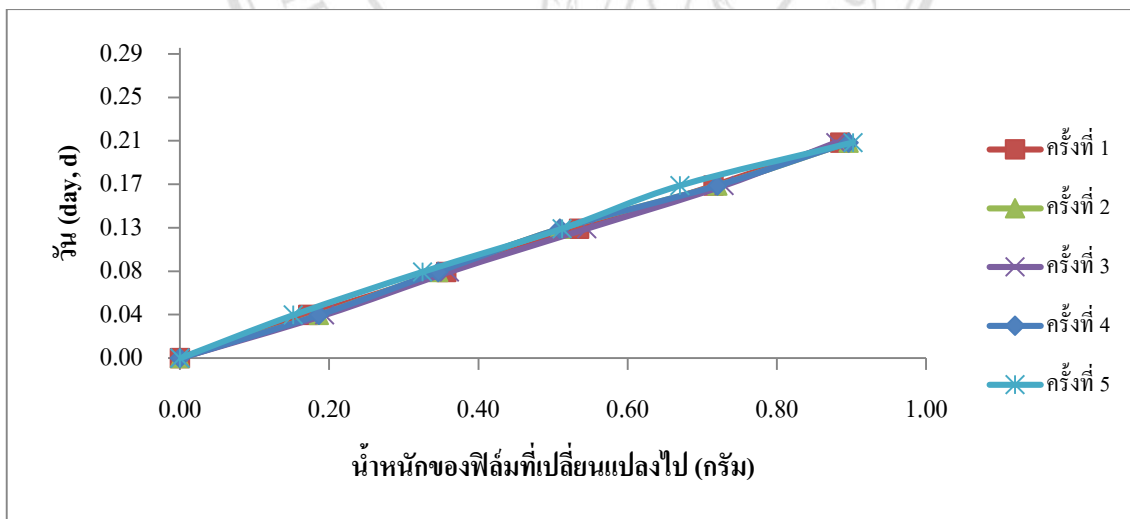
$$\begin{aligned} \text{อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (WVTR, } g \cdot m^{-2} \cdot day^{-1} \text{)} \\ &= \frac{\text{น้ำหนักฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงไป (กรัม)}}{\left\{ \begin{array}{l} \text{พื้นที่ของแผ่นฟิล์ม (ตารางเมตร)} \times \text{(ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก)} \\ \text{ฟิล์ม (วัน)} \end{array} \right\}} \end{aligned} \quad (\text{ค-4})$$

ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม โดยจะยกตัวอย่างการผลิตฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลปริมาณร้อยละ 30 ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.3

ตารางที่ ค-1 น้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงที่ได้ทำการบันทึกน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ชั่วโมง (hr)	วัน (day)	น้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลง (กรัม)				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.042	0.172	0.186	0.194	0.178	0.152
2	0.083	0.357	0.346	0.361	0.362	0.325
3	0.125	0.545	0.509	0.545	0.522	0.512
4	0.167	0.733	0.720	0.729	0.714	0.680
5	0.208	0.905	0.896	0.879	0.899	0.852

จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ของน้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลา แสดงดังภาพที่ ค-1 จากภาพที่ ค-1 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ของน้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลาที่ได้จะเป็นเส้นตรงที่มีจุดตัดอยู่ที่ origin (0, 0) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของฟิล์มต่อเวลาคือค่าความชันของเส้นตรงที่ได้



ภาพที่ ค-1 กราฟความสัมพันธ์ของน้ำหนักของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลง (กรัม) ต่อเวลา (วัน, day)

คำนวณค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ เมื่อพื้นที่ของแผ่นฟิล์ม (ตารางเมตร) หาจากสูตร $[\pi \times (\text{เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของภาชนะแก้วปากเรียบ})^2 / 4]$ จะได้ $(3.14 \times (0.0423)^2 / 4) = 0.001405$ ตาราง

เมตร ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของฟิล์มต่อเวลาหรือค่าความชันของเส้นตรงเมื่อหารด้วยพื้นที่ของแผ่นฟิล์มจะได้ค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ แสดงได้ดังนี้

ครั้งที่ 1 ค่า ความชันมีค่าเท่ากับ $4.2659 \text{ g}\cdot\text{day}^{-1}$ ดังนั้นค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ

$$4.2659/0.001405 = 3037.12 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$$

ครั้งที่ 2 ค่า ความชันมีค่าเท่ากับ $4.2611 \text{ g}\cdot\text{day}^{-1}$ ดังนั้นค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ

$$4.2611/0.001405 = 3063.81 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$$

ครั้งที่ 3 ค่า ความชันมีค่าเท่ากับ $4.3034 \text{ g}\cdot\text{day}^{-1}$ ดังนั้นค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ

$$4.3034/0.001405 = 3033.69 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$$

ครั้งที่ 4 ค่า ความชันมีค่าเท่ากับ $4.2847 \text{ g}\cdot\text{day}^{-1}$ ดังนั้นค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ

$$4.2847/0.001405 = 3050.49 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$$

ครั้งที่ 5 ค่า ความชันมีค่าเท่ากับ $4.1577 \text{ g}\cdot\text{day}^{-1}$ ดังนั้นค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ

$$4.1577/0.001405 = 2960.08 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$$

ดังนั้นอัตราการซึมผ่านไอน้ำเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $(3037.12 + 3063.81 + 3033.69 + 3050.49 + 2960.08)/5 = 3029.04 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$

ค-5 การละลายน้ำของฟิล์ม (film solubility)

วิธีทดสอบ

การละลายน้ำของฟิล์ม Laohakunjit and Noomhorm (2004) ด้วยการนำตัวอย่างฟิล์มหนัก 1 กรัม ใส่ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วกวนด้วยเครื่องกวนสารละลายที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว) นำกระดาษกรองที่ได้ไปอบแห้งในตู้อบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดลองหาค่าการละลายน้ำของแต่ละฟิล์มตัวอย่าง 9 ซ้ำ โดยค่าการละลายน้ำของฟิล์ม (ร้อยละ) หาได้จากสมการที่ (ค-5) ดังนี้

ค่าการละลายน้ำ (ร้อยละ) =

$$\left\{ \frac{\text{ผลต่างระหว่างน้ำหนักฟิล์มก่อนทำการละลายและน้ำหนักฟิล์มที่เหลือบนกระดาษกรองหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักรวมของฟิล์มก่อนทำการละลาย}} \right\} \times 100$$

น้ำหนักรวมของฟิล์มก่อนทำการละลาย

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าการละลายน้ำ โดยจะยกตัวอย่างการผลิตฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลปริมาณร้อยละ 30 ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.3

โดยน้ำหนักฟิล์มก่อนทำการละลาย มีค่าเท่ากับ 1.0031 กรัม น้ำหนักฟิล์มที่เหลือบนกระดาษกรองหลังอบแห้งแล้วมีค่าเท่ากับ 0.6994 กรัม ดังนั้น

$$\text{ค่าการละลายน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{(1.0031 - 0.6994) \times 100}{1.0031} = 30.28$$



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์คุณภาพของสตรอบอรี่

ง-1 สี (L^* , a^* และ b^*)

วิธีทดสอบ

ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ตามวิธีของ Greta *et al.*, (2014) วัดโดยใช้เครื่องวัดสี (Color Quest XE, Fairfax, USA) ระบบ CIE ทำการวัดค่า L^* , a^* และ b^* ของสตรอบอรี่สดที่ทำกรเก็บรักษาตลอดระยะเวลา 9 วัน ทำการทดลอง 10 ซ้ำ

ง-2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล

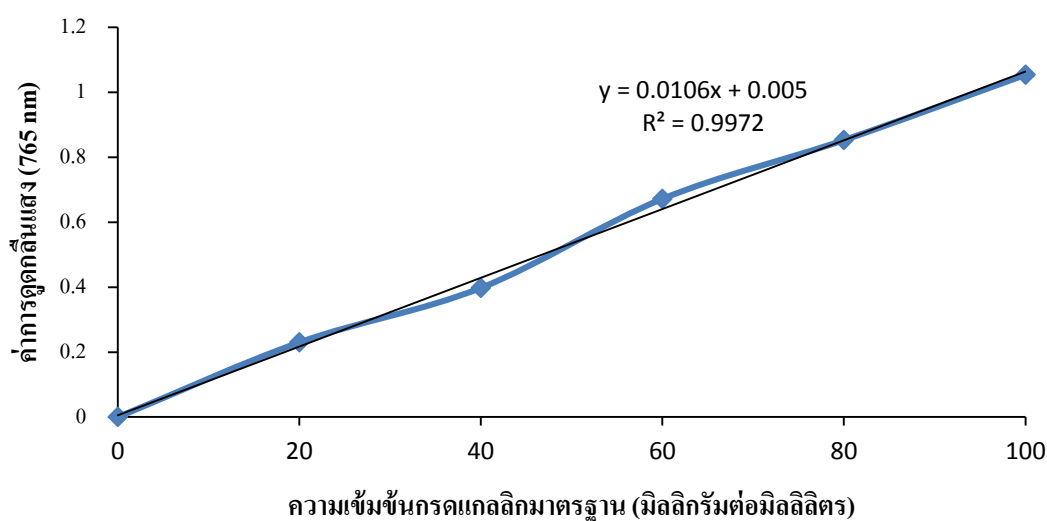
วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียด 3 กรัม ชั่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียด 5 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำของเหลวใสที่ได้ 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ครบ 10 มิลลิลิตร
2. ปิเปตมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมแล้ววางไว้เป็นเวลา 8 นาที
3. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมแล้ววางไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้
5. กำหนดหาปริมาณฟีนอลโดยเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐานมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

การสร้างกราฟสารประกอบฟีนอลมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายกรดแกลลิก ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง

2. เติมสารละลาย Folin – Ciocatea Reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 8 นาที
3. จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 4 มิลลิลิตรลงไป
4. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร
5. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลจากกราฟมาตรฐาน (ภาพที่ ง-1)



ภาพที่ ง-1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน

ง-3 การวิเคราะห์ปริมาณ DPPH (Brand-Williams *et al.*, 1995)

วิธีทดลอง

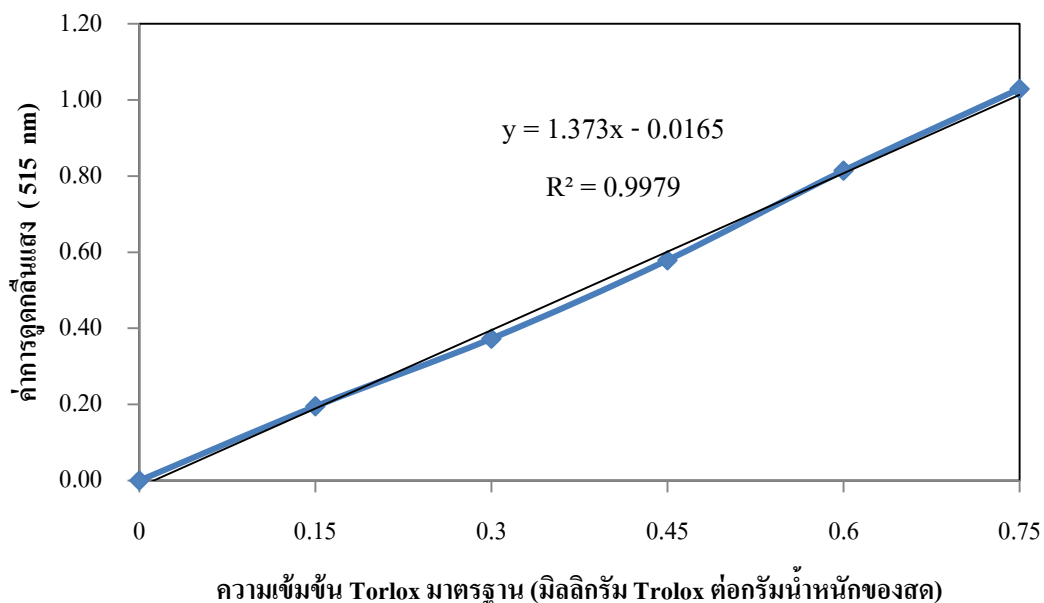
1. ชั่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียด 5 กรัม เติมเมทานอล 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำของเหลวใสที่ได้ 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ครบ 10 มิลลิลิตร
2. เตรียมสารละลาย DPPH โดยใช้ 0.0047 กรัมต่อมิลลิลิตรละลายโดยใช้เมทานอล
3. หลอดควบคุม: ผสมสารละลาย DPPH ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร กับเมทานอล ปริมาตร 5.90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

หลอดทดสอบ : ผสมสารละลาย DPPH ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร กับสารสกัด ปริมาตร 5.90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

4. ตั้งหลอดทดลองทิ้งไว้ในที่มืด เป็นระยะเวลา 30 นาที ณ อุณหภูมิห้อง
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็นแบลนด์
6. กำหนดหาปริมาณ DPPH โดยเปรียบเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐานมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง

การสร้างกราฟสารปริมาณ DPPH

1. เปิดสารละลาย Trolox ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.15, 0.3, 0.45, 0.6 และ 0.75 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
2. ผสมสารละลาย DPPH ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร กับสารละลาย Trolox ความเข้มข้น 0.15, 0.3, 0.45, 0.6 และ 0.75 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 5.90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. ตั้งหลอดทดลองทิ้งไว้ในที่มืด เป็นระยะเวลา 30 นาที ณ อุณหภูมิห้อง
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร



ภาพที่ 2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นสารละลาย Trolox มาตรฐาน

ง-4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids, %) (AOAC, 2000)

วิธีทดลอง

วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ อุณหภูมิขณะวัดเท่ากับ 25 ± 1 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Hand refractometer) ซึ่งมีสเกลวัดค่าได้ระหว่าง ร้อยละ 0-32 ปรับเทียบมาตรฐานโดยใช้น้ำกลั่นปรับให้อ่านได้ 0 ก่อนการใช้วัดตัวอย่างทุกครั้งค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นร้อยละ

ง-5 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

วิธีทดสอบ

เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT plus. (Stable micro system, Surrey, UK) เปรียบเทียบความเที่ยงตรงของแรงขนาด 2 กิโลกรัม ด้วย Load cell 50 กิโลกรัม ใช้หัววัด P/2 (กวีพร, 2555) วิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาแรงสูงสุด (นิเวตัน) ที่ใช้ในการกดตัวอย่าง วิเคราะห์ 10 ซ้ำ ในแต่ละตัวอย่าง

ขั้นตอนการวัด

- เปิดเครื่อง texture analyzer ไว้ประมาณ 30 นาที
- สอบเทียบเครื่องวัดโดยใช้ค่าแรงกด 2,000 กรัม
- ประกอบหัววัด P/2 และฐานรองเข้ากับตัวเครื่อง ตั้งระยะห่างให้พอดีกับตัวอย่าง
- เลือกตัวอย่างสตรอเบอรี่ที่เป็นแผ่นสามารถวางบนฐานได้ วางตัวอย่างบนฐานโดยใช้สตรอเบอรี่ผ่าซีกและหันในเข้าหาหัววัด
- ปรับโปรแกรมให้หัววัดกดตัวอย่างเป็นระยะทาง 7 มิลลิเมตร
- บันทึกแรงที่ใช้ในการกดเป็นหน่วยนิเวตัน
- ทำซ้ำตัวอย่างไม่ต่ำกว่า 10 ซ้ำ

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์

จ-1 วิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ใช้เทคนิค pour plate

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างอาหารแข็ง 25 กรัม ใส่ในถุงตีบคตัวอย่าง เดิมสารละลายเปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จำนวน 225 กรัม นำเข้าเครื่องตีบคอาหาร (stomacher) นาน 1-2 นาที จะได้สารละลายอาหารที่เจือจาง 10^{-1} ทำการเจือจางอาหารในสารละลายเปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 หลอดละ 9 มิลลิลิตร 2 ระดับ คือ 10^{-2} และ 10^{-3}
2. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร คูดสารละลายอาหารจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในงานเพาะเชื้อ โดยทำแต่ละระดับความเข้มข้นละ 2 งาน
3. เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA) อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ประมาณ 10-15 มิลลิลิตร ใส่ในงานเพาะเชื้อ เขย่าเบาๆ ให้สารละลายอาหารกระจายทั่วงานเพาะเชื้อ ปล่อยให้เย็นแข็งตัว
4. คว่ำงานเพาะเชื้อ บ่มในตู้เพาะเชื้ออุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48 ± 3 ชั่วโมง ตรวจสอบโคโลนีจากงานที่ที่จำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี

จ-2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา ใช้เทคนิค pour plate

วิธีทดสอบ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารแข็ง 25 กรัม ใส่ในถุงตีบคตัวอย่าง เดิมสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จำนวน 225 กรัม นำเข้าเครื่องตีบคอาหาร (stomacher) นาน 1-2 นาที จะได้สารละลายอาหารที่เจือจาง 10^{-1} ทำการเจือจางอาหารในสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 หลอดละ 9 มิลลิลิตร 2 ระดับ คือ 10^{-2} และ 10^{-3}
2. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร คูดสารละลายอาหารจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในงานเพาะเชื้อ โดยทำแต่ละระดับความเข้มข้นละ 2 งาน

3. เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Ager (PDA) ที่ปรับพีเอช 3.5 ด้วยกรดทาร์ทาริก เข้มข้นร้อยละ 10 จำนวน 1.3 มิลลิลิตรต่อ 100 มิลลิลิตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เขย่าเบาๆ ให้สารละลายอาหารกระจายทั่วจานเพาะเชื้อ
4. บ่มเพาะเชื้อในที่มีดเชื้อ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน ตรวจสอบนับโคโลนีจากงานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ฉ

วิธีการเตรียมสารละลายเกลืออิมิตัว และปริมาณความชื้น

ฉ-1 วิธีการเตรียมสารละลายเกลืออิมิตัวในการศึกษาไอโซเทอร์มการดูดความชื้น

ชั่งน้ำหนักเกลือ และน้ำกลั่นตามสัดส่วนดังตารางที่ ฉ-1 จากนั้นคนสารละลายให้เข้ากันจนเกลือไม่สามารถละลายได้อีก (สารละลายเกลืออิมิตัว) บรรจุสารละลายที่ได้ลงในโหลแก้วที่มีขอบยางป้องกันความชื้น จากนั้นทำการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของสารละลายเกลืออิมิตัวที่ได้ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี้ โดยเก็บสารละลายเกลือที่บรรจุในโหลแก้วในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 5, 25 และ 45 องศาเซลเซียส (Wolf *et al.*, 1985)

ตารางที่ ฉ-1 ปริมาณเกลือและน้ำกลั่นที่ใช้ในการเตรียมสารละลายเกลืออิมิตัวที่ 25±0.2 องศาเซลเซียส

สารละลายเกลือ	ปริมาณเกลือ (กรัม)	ปริมาณน้ำ (กรัม)	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้
LiCl	75	42	0.112
CH ₃ COOK	200	75	0.226
MgCl ₂ ·6H ₂ O	150	23	0.320
K ₂ CO ₃	200	90	0.438
NaBr	200	80	0.577
NaNO ₂	200	80	0.640
NaCl	200	60	0.753
KCl	200	80	0.843
KNO ₂	200	80	0.946

ตารางที่ ฉ-2 ปริมาณความชื้นสำหรับหาลักษณะซอฟต์แวร์ไอโซเทอมของฟิล์มที่อุณหภูมิต่างๆ ของฟิล์มที่ใช้อัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 2:1 (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)

ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ (กรัมของน้ำ/100 กรัมของแข็งแห้ง)		
	5	25	45
11.2	8.70	6.03	6.64
22.6	8.95	7.56	7.53
32.0	11.49	8.77	8.86
43.8	12.69	9.83	9.93
57.7	15.15	14.12	14.69
64.0	16.36	17.04	17.16
75.3	20.66	22.22	23.83
84.3	31.13	32.46	33.13
94.6	50.57	44.98	45.74

ตารางที่ ฉ-3 ปริมาณความชื้นสำหรับหาลักษณะซอฟต์แวร์ไอโซเทอมของฟิล์มที่อุณหภูมิต่างๆ ของฟิล์มที่ใช้อัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 3:1 (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)

ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ (กรัมของน้ำ/100 กรัมของแข็งแห้ง)		
	5	25	45
11.2	9.70	6.15	6.78
22.6	10.35	7.64	7.27
32.0	12.10	8.47	8.51
43.8	14.43	9.05	9.79
57.7	15.77	14.47	11.45
64.0	17.96	17.42	12.37
75.3	22.80	23.49	18.22
84.3	34.35	32.82	24.50
94.6	56.83	44.53	37.84

ตารางที่ ฉ-4 ปริมาณความชื้นสำหรับหาลักษณะซอฟต์แวร์ไอโซเทอมของฟิล์มที่อุณหภูมิต่างๆ ของฟิล์มที่ใช้อัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล 4:1 (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)

ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ (กรัมของน้ำ/100 กรัมของแข็งแห้ง)		
	5	25	45
11.2	9.24	6.78	6.64
22.6	10.57	7.27	7.53
32.0	12.74	8.51	8.86
43.8	15.69	9.79	9.93
57.7	16.69	11.45	14.69
64.0	17.90	12.37	17.16
75.3	23.72	18.22	23.83
84.3	36.33	24.50	33.13
94.6	61.44	37.84	45.74

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาคผนวก ข

ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติของฟิล์มแข็งระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ช-1 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ฟิล์มแป้งที่เติมอัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล (ร้อยละ โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)								
	2:1			3:1			4:1		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	5	25	45	5	25	45	5	25	45
0	98.09±0.06 ^{Hb}	98.09±0.06 ^{Ib}	98.09±0.06 ^{Ib}	98.57±0.04 ^{Ha}	98.57±0.04 ^{Ha}	98.57±0.04 ^{Ca}	98.56±0.04 ^{Ja}	98.56±0.04 ^{Aa}	98.56±0.04 ^{Ca}
3	98.57±0.02 ^{Af}	98.55±0.02 ^{Bg}	98.52±0.06 ^{Bi}	98.66±0.03 ^{Ec}	98.71±0.13 ^{Aa}	98.60±0.07 ^{Bd}	98.67±0.04 ^{Gb}	98.54±0.06 ^{Bh}	98.58±0.09 ^{Be}
6	98.54±0.02 ^{Bf}	98.44±0.02 ^{Ch}	98.40±0.06 ^{Ei}	98.64±0.03 ^{Fb}	98.63±0.13 ^{CDc}	98.62±0.07 ^{Ad}	98.69±0.04 ^{Ea}	98.51±0.06 ^{Cg}	98.55±0.09 ^{De}
9	98.49±0.05 ^{Cb}	98.45±0.03 ^{Ce}	98.44±0.05 ^{Cf}	98.64±0.04 ^{Fa}	98.63±0.07 ^{CDa}	98.39±0.54 ^{Dg}	98.64±0.04 ^{Ia}	98.46±0.09 ^{Fd}	98.48±0.04 ^{Fc}
12	98.47±0.02 ^{Df}	98.43±0.06 ^{Dg}	98.40±0.10 ^{Eh}	98.65±0.04 ^{Fb}	98.61±0.52 ^{EFc}	98.27±0.05 ^{Ei}	98.67±0.03 ^{Fa}	98.51±0.04 ^{Cd}	98.49±0.09 ^{Ec}
15	98.41±0.02 ^{Gh}	98.68±0.02 ^{Aa}	98.56±0.06 ^{Af}	98.60±0.02 ^{Ge}	98.65±0.07 ^{Bc}	98.13±0.48 ^{Fi}	98.66±0.04 ^{Hb}	98.44±0.06 ^{Gg}	98.62±0.11 ^{Ad}
18	98.46±0.03 ^{Ec}	98.42±0.04 ^{Ef}	98.42±0.07 ^{Df}	98.68±0.04 ^{Db}	98.64±0.09 ^{Cc}	98.13±0.09 ^{Fg}	98.70±0.04 ^{Da}	98.49±0.10 ^{Dd}	98.42±0.03 ^{Gf}
21	98.41±0.05 ^{Gd}	98.36±0.03 ^{Gg}	98.39±0.06 ^{Fc}	98.64±0.02 ^{Fb}	98.61±0.06 ^{EFc}	97.98±0.54 ^{Gb}	98.71±0.07 ^{Ca}	98.39±0.06 ^{Ic}	98.37±0.08 ^{Hf}
24	98.43±0.05 ^{Ff}	98.45±0.08 ^{Cc}	98.34±0.07 ^{Gh}	98.72±0.02 ^{Cb}	98.62±0.03 ^{DEc}	97.80±0.05 ^{Ji}	98.76±0.05 ^{Ba}	98.48±0.06 ^{Ed}	98.35±0.07 ^{Ig}
27	98.42±0.08 ^{FGd}	98.35±0.24 ^{Hf}	98.30±0.09 ^{Hh}	98.74±0.06 ^{Bb}	98.60±0.07 ^{Gc}	97.82±0.53 ^{Hi}	98.78±0.04 ^{Aa}	98.40±0.10 ^{He}	98.32±0.09 ^{Jg}
30	98.43±0.07 ^{Fc}	98.38±0.03 ^{Fd}	98.34±0.08 ^{Gf}	98.78±0.05 ^{Ab}	98.22±0.04 ^h	97.80±0.29 ^{Ii}	98.79±0.06 ^{Aa}	98.36±0.06 ^{Je}	98.31±0.12 ^{Kg}

หมายเหตุ: ^{A-K} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{a-i} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ช-2 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ฟิล์มแป้งที่เติมอัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล (ร้อยละ โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)								
	2:1			3:1			4:1		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	5	25	45	5	25	45	5	25	45
0	0.73±0.01 ^{Cabc}	0.73±0.01 ^{labc}	0.73±0.01 ^{BCabc}	0.74±0.01 ^{Babc}	0.74±0.01 ^{Cab}	0.74±0.01 ^{Bbc}	0.74±0.01 ^{Ca}	0.74±0.01 ^{ABc}	0.74±0.01 ^{Ac}
3	0.75±0.01 ^{Bb}	0.76±0.01 ^{Ba}	0.75±0.02 ^{Ab}	0.74±0.01 ^{ABb}	0.77±0.02 ^{Aa}	0.71±0.01 ^{Cd}	0.76±0.01 ^{Aa}	0.75±0.01 ^{Ab}	0.72±0.02 ^{BCc}
6	0.75±0.01 ^{Babc}	0.73±0.01 ^{Cd}	0.76±0.02 ^{Aa}	0.75±0.01 ^{Aab}	0.74±0.02 ^{Cbc}	0.75±0.01 ^{Aab}	0.75±0.01 ^{ABab}	0.71±0.01 ^{Ce}	0.74±0.02 ^{Ac}
9	0.76±0.01 ^{ABc}	0.75±0.01 ^{Cbc}	0.74±0.01 ^{Bcd}	0.74±0.01 ^{Bcd}	0.77±0.02 ^{Aa}	0.72±0.04 ^{Cc}	0.75±0.08 ^{BCbc}	0.75±0.01 ^{Abc}	0.73±0.01 ^{ABd}
12	0.76±0.01 ^{ABab}	0.77±0.01 ^{Da}	0.75±0.02 ^{Abc}	0.74±0.01 ^{Bd}	0.77±0.04 ^{Aa}	0.68±0.01 ^{DEf}	0.75±0.01 ^{ABbc}	0.74±0.01 ^{Acd}	0.72±0.01 ^{BCe}
15	0.76±0.00 ^{ABa}	0.74±0.02 ^{Abc}	0.73±0.01 ^{BCc}	0.75±0.00 ^{ABab}	0.76±0.01 ^{ABa}	0.69±0.0 ^{De}	0.76±0.01 ^{ABa}	0.74±0.00 ^{ABbc}	0.72±0.02 ^{BCd}
18	0.76±0.01 ^{ABa}	0.75±0.02 ^{Eab}	0.73±0.01 ^{BCc}	0.75±0.01 ^{ABab}	0.75±0.01 ^{BCab}	0.67±0.01 ^{Ec}	0.76±0.01 ^{ABa}	0.74±0.02 ^{Ab}	0.71±0.01 ^{CDd}
21	0.75±0.01 ^{Bab}	0.75±0.01 ^{Gab}	0.72±0.01 ^{CDc}	0.75±0.02 ^{ABab}	0.76±0.01 ^{ABa}	0.68±0.04 ^{DEe}	0.75±0.05 ^{BCab}	0.74±0.01 ^{ABb}	0.70±0.01 ^{Dd}
24	0.76±0.01 ^{ABb}	0.75±0.01 ^{Ce}	0.71±0.01 ^{Dh}	0.75±0.01 ^{ABd}	0.76±0.01 ^{ABa}	0.67±0.01 ^{Ei}	0.75±0.01 ^{BCc}	0.74±0.01 ^{Af}	0.71±0.01 ^{CDg}
27	0.76±0.01 ^{Aa}	0.75±0.02 ^{Hb}	0.71±0.03 ^{Dd}	0.75±0.01 ^{ABb}	0.75±0.01 ^{BCb}	0.69±0.05 ^{Df}	0.74±0.01 ^{Cb}	0.73±0.01 ^{Bc}	0.70±0.01 ^{De}
30	0.75±0.01 ^{Ba}	0.74±0.01 ^{Fab}	0.68±0.00 ^{Ec}	0.74±0.01 ^{Bab}	0.74±0.01 ^{Cab}	0.68±0.05 ^{DEc}	0.75±0.06 ^{BCa}	0.73±0.01 ^{Bb}	0.69±0.2 ^{Ec}

หมายเหตุ: ^{A-K} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{a-i} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ช-3 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ฟิล์มแป้งที่เติมอัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล (ร้อยละ โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)								
	2:1			3:1			4:1		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	5	25	45	5	25	45	5	25	45
0	1.75±0.03 ^{Aabc}	1.75±0.03 ^{Aab}	1.75±0.03 ^{Ga}	1.58±0.01 ^{Abc}	1.58±0.01 ^{Babc}	1.58±0.01 ^{Jab}	2.27±0.04 ^{Ac}	1.58±0.01 ^{Cabc}	1.58±0.01 ^{Habc}
3	1.47±0.01 ^{FGi}	1.55±0.02 ^{Ef}	1.67±0.03 ^{Ib}	1.52±0.04 ^{Bh}	1.53±0.08 ^{Dg}	1.82±0.04 ^{Ia}	2.19±0.05 ^{Be}	1.60±0.03 ^{Bd}	1.66±0.07 ^{Gc}
6	1.46±0.01 ^{Gf}	1.63±0.02 ^{Bc}	1.54±0.03 ^{Jd}	1.51±0.04 ^{Bc}	1.79±0.08 ^{Aa}	1.51±0.04 ^{Ke}	2.15±0.05 ^{Cc}	1.66±0.03 ^{Ab}	1.52±0.07 ^{Ic}
9	1.47±0.01 ^{FGi}	1.57±0.01 ^{Dd}	1.73±0.06 ^{Hc}	1.51±0.01 ^{Bh}	1.52±0.05 ^{Df}	1.88±0.22 ^{Ha}	2.17±0.08 ^{Cg}	1.56±0.08 ^{De}	1.77±0.04 ^{Fb}
12	1.50±0.03 ^{Dh}	1.58±0.05 ^{Cc}	1.80±0.06 ^{Eb}	1.51±0.02 ^{Bg}	1.54±0.22 ^{Cc}	2.12±0.03 ^{Ec}	2.14±0.03 ^{Cf}	1.56±0.02 ^{Dd}	1.80±0.05 ^{Db}
15	1.48±0.02 ^{Fi}	1.53±0.02 ^{Fe}	1.76±0.06 ^{Fc}	1.51±0.02 ^{Bh}	1.52±0.04 ^{Df}	1.91±0.21 ^{Ga}	2.15±0.04 ^{Cg}	1.56±0.06 ^{Dd}	1.78±0.03 ^{Eb}
18	1.47±0.03 ^{FGh}	1.59±0.02 ^{Cd}	1.80±0.05 ^{Ec}	1.48±0.01 ^{Cg}	1.52±0.06 ^{Df}	2.17±0.04 ^{Da}	2.10±0.05 ^{Dg}	1.57±0.07 ^{CDe}	1.86±0.04 ^{Cb}
21	1.49±0.03 ^{Ef}	1.59±0.03 ^{Cd}	1.83±0.06 ^{De}	1.48±0.02 ^{Cf}	1.49±0.04 ^{Ff}	2.01±0.25 ^{Fa}	2.10±0.04 ^{Ef}	1.58±0.06 ^{Cc}	1.88±0.04 ^{Bb}
24	1.44±0.03 ^{Hg}	1.53±0.05 ^{Fd}	1.85±0.04 ^{Cc}	1.46±0.01 ^{Df}	1.50±0.04 ^{Ee}	2.19±0.03 ^{Ca}	2.06±0.05 ^{Ef}	1.53±0.05 ^{Ed}	1.91±0.04 ^{Ab}
27	1.54±0.03 ^{Cd}	1.51±0.07 ^{Gf}	1.87±0.05 ^{Bc}	1.44±0.01 ^{Ei}	1.49±0.06 ^{Fg}	2.20±0.28 ^{Ba}	1.96±0.04 ^{Fh}	1.52±0.08 ^{Fe}	1.91±0.06 ^{Ab}
30	1.56±0.03 ^{Bd}	1.48±0.02 ^{Hf}	1.90±0.05 ^{Ac}	1.42±0.01 ^{Fg}	1.50±0.04 ^{Ee}	2.22±0.20 ^{Aa}	2.00±0.02 ^{Gg}	1.50±0.05 ^{Gc}	1.91±0.01 ^{Ab}

หมายเหตุ: ^{A-K} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{a-i} ตัวอักษรที่ต่างกันแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ช-4 การเปลี่ยนแปลงค่าความแตกต่างของสีทั้งหมด (ΔE^*) ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง

ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ฟิล์มแป้งที่เติมอัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล (ร้อยละ โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)								
	2:1			3:1			4:1		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	5	25	45	5	25	45	5	25	45
0	2.69±0.06 ^{Aab}	2.69±0.06 ^{Aa}	2.69±0.06 ^{Aa}	2.25±0.04 ^{Ab}	2.25±0.04 ^{Bab}	2.25±0.04 ^{Jab}	2.27±0.04 ^{Ab}	2.27±0.04 ^{Eab}	2.27±0.04 ^{lb}
3	2.19±0.02 ^{If}	2.27±0.02 ^{He}	2.36±0.06 ^{Jb}	2.16±0.04 ^{Cg}	2.16±0.13 ^{Fg}	2.63±0.07 ^{Ha}	2.19±0.05 ^{Af}	2.30±0.04 ^{Cd}	2.31±0.10 ^{lc}
6	2.21±0.02 ^{Gf}	2.38±0.02 ^{Cb}	2.36±0.06 ^{Lc}	2.18±0.04 ^{Bh}	2.64±0.13 ^{Aa}	2.19±0.07 ^{Kg}	2.15±0.05 ^{Ai}	2.35±0.04 ^{Bd}	2.25±0.10 ^{Kc}
9	2.24±0.03 ^{Ff}	2.32±0.02 ^{Fd}	2.44±0.07 ^{Gb}	2.16±0.03 ^{Ci}	2.18±0.07 ^{DEg}	2.68±0.49 ^{Ga}	2.17±0.08 ^{Ah}	2.31±0.12 ^{Cc}	2.44±0.05 ^{Gc}
12	2.27±0.03 ^{De}	2.36±0.08 ^{Dd}	2.52±0.11 ^{Eb}	2.16±0.03 ^{Cg}	2.20±0.48 ^{Cf}	3.12±0.05 ^{Ea}	2.14±0.03 ^{Ah}	2.28±0.04 ^{Ec}	2.45±0.10 ^{Fc}
15	2.29±0.02 ^{Cc}	2.15±0.03 ^{Jh}	2.38±0.08 ^{Hb}	2.18±0.01 ^{Bg}	2.18±0.07 ^{DEf}	2.61±0.44 ^{Ia}	2.15±0.04 ^{Ai}	2.31±0.08 ^{Cd}	2.36±0.09 ^{Hc}
18	2.25±0.04 ^{Ebc}	2.35±0.04 ^{Ebc}	2.50±0.08 ^{Fbc}	2.11±0.03 ^{Ec}	2.15±0.10 ^{Gbc}	3.15±0.09 ^{Da}	2.10±0.05 ^{Bd}	2.27±0.11 ^{Ebc}	2.53±0.04 ^{Eb}
21	2.30±0.05 ^{Bf}	2.40±0.02 ^{Bd}	2.54±0.07 ^{Dc}	2.14±0.02 ^{Dh}	2.15±0.06 ^{Gg}	2.83±0.50 ^{Fa}	2.10±0.04 ^{Ai}	2.37±0.08 ^{Ac}	2.58±0.07 ^{Db}
24	2.19±0.05 ^{Hg}	2.30±0.08 ^{Gd}	2.59±0.06 ^{Cc}	2.08±0.02 ^{Ff}	2.19±0.04 ^{De}	3.18±0.06 ^{Ca}	2.06±0.05 ^{ABf}	2.29±0.07 ^{Dd}	2.62±0.04 ^{Cb}
27	2.18±0.08 ^{Jc}	2.32±0.22 ^{Fe}	2.64±0.09 ^{Bb}	2.03±0.04 ^{Gg}	2.17±0.08 ^{EFf}	3.38±0.53 ^{Ba}	1.96±0.04 ^{ABh}	2.27±0.12 ^{De}	2.64±0.10 ^{Bb}
30	2.16±0.06 ^{Kg}	2.23±0.03 ^{Lc}	2.69±0.09 ^{Ab}	2.00±0.04 ^{Hh}	2.18±0.05 ^{DEFf}	3.78±0.33 ^{Aa}	2.00±0.02 ^{ABh}	2.25±0.07 ^{Fd}	2.67±0.11 ^{Ac}

หมายเหตุ: ^{A-K} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{a-i} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ช-5 การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานแรงดึง (MPa) ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ฟิล์มแป้งที่เติมอัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล (ร้อยละ โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)								
	2:1			3:1			4:1		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	5	25	45	5	25	45	5	25	45
0	3.54±0.44 ^{Aa}	3.54±0.44 ^{Aa}	3.54±0.44 ^{Aa}	1.31±0.04 ^{Cb}	1.31±0.04 ^{Fb}	1.31±0.04 ^{Kb}	1.28±0.12 ^{Ec}	1.28±0.12 ^{Gc}	1.28±0.12 ^{lc}
3	1.92±0.31 ^{Cg}	2.10±0.12 ^{Bf}	2.20±0.30 ^{Ce}	1.75±0.40 ^{Ah}	2.61±0.20 ^{Aa}	2.56±0.10 ^{Bb}	1.63±0.08 ^{Ai}	2.57±0.29 ^{Ab}	2.32±0.30 ^{Ac}
6	2.18±0.14 ^{Bc}	1.59±0.46 ^{Cf}	2.53±0.12 ^{Ba}	1.68±0.07 ^{Bc}	1.97±0.34 ^{Bd}	2.15±0.13 ^{Ccd}	1.36±0.23 ^{Dh}	1.45±0.22 ^{Eg}	2.23±0.22 ^{Bb}
9	1.15±0.07 ^{Dg}	1.38±0.10 ^{Ef}	2.08±0.13 ^{Eb}	0.92±0.04 ^{Eh}	0.98±0.14 ^{Kh}	2.81±0.31 ^{Aa}	1.53±0.22 ^{Be}	1.65±0.08 ^{Bd}	2.04±0.15 ^{Fc}
12	0.78±0.08 ^{Ihg}	1.19±0.13 ^{Hf}	2.07±0.14 ^{Fa}	0.74±0.09 ^{Gg}	1.30±0.13 ^{Gc}	1.97±0.22 ^{Eb}	1.40±0.29 ^{Cd}	1.59±0.15 ^{Cc}	2.10±0.36 ^{Ca}
15	0.93±0.02 ^{Gg}	1.35±0.08 ^{Ff}	2.10±0.41 ^{Da}	0.53±0.02 ^{jh}	1.92±0.13 ^{Cb}	1.87±0.23 ^{Fc}	1.62±0.18 ^{Ad}	1.41±0.30 ^{Fe}	1.85±0.02 ^{Dc}
18	1.05±0.13 ^{Ei}	1.38±0.14 ^{Ee}	1.59±0.07 ^{Gb}	1.01±0.13 ^{Di}	1.11±0.14 ^{If}	1.76±0.28 ^{Ga}	1.02±0.17 ^{Fi}	1.48±0.14 ^{Dc}	1.26±0.13 ^{Md}
21	0.93±0.05 ^{Ge}	1.05±0.12 ^{Id}	1.47±0.10 ^{Ib}	0.92±0.14 ^{Ec}	1.48±0.28 ^{Db}	1.64±0.26 ^{Ha}	0.77±0.19 ^{Gf}	0.98±0.13 ^{Je}	1.23±0.27 ^{Ic}
24	0.99±0.11 ^{Ff}	1.28±0.30 ^{Ge}	1.50±0.07 ^{Ha}	0.53±0.08 ^{Ih}	1.46±0.38 ^{Eb}	1.49±0.18 ^{Jab}	0.60±0.06 ^{Hg}	1.26±0.27 ^{Hic}	1.39±0.12 ^{Ed}
27	0.52±0.03 ^{Jj}	1.40±0.24 ^{Dc}	1.59±0.06 ^{Gab}	0.86±0.06 ^{Ff}	1.21±0.03 ^{Ic}	1.63±0.47 ^{Ia}	0.76±0.02 ^{Gi}	1.48±0.06 ^{Db}	1.36±0.43 ^{Fd}
30	0.81±0.18 ^{Hf}	1.06±0.19 ^{Id}	1.19±0.20 ^{Kc}	0.73±0.18 ^{Hi}	1.23±0.14 ^{Hb}	1.97±0.13 ^{Da}	1.00±0.07 ^{Fe}	1.27±0.24 ^{GHb}	1.04±0.14 ^{Idc}

หมายเหตุ: ^{A-K} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{a-j} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ช-6 การเปลี่ยนแปลงค่าการยึดตัว ณ จุดที่ขาด (ร้อยละ) ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ฟิล์มแป้งที่เติมอัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล (ร้อยละ โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)								
	2:1			3:1			4:1		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	5	25	45	5	25	45	5	25	45
0	70.07±8.14 ^{Da}	70.07±8.14 ^{Cb}	70.07±8.14 ^{Dc}	61.48±7.43 ^{Ad}	61.48±7.43 ^{Acd}	61.48±7.43 ^{Acd}	47.56±3.13 ^{Ae}	47.56±3.13 ^{Ae}	47.56±3.13 ^{Ae}
3	85.14±1.76 ^{Aa}	72.31±9.43 ^{Ab}	60.43±10.49 ^{Bc}	47.20±8.45 ^{Be}	54.60±2.60 ^{Bd}	46.21±2.16 ^{Cf}	37.71±3.16 ^{Bh}	37.30±2.22 ^{Ci}	39.53±5.76 ^{Bg}
6	80.70±8.44 ^{Ba}	61.88±33.37 ^{Bc}	65.19±5.46 ^{Ab}	40.59±2.24 ^{Cf}	44.07±10.32 ^{dc}	47.55±5.29 ^{Bd}	36.16±3.40 ^{Ch}	37.96±4.22 ^{Bg}	34.91±0.67 ^{Di}
9	76.62±10.36 ^{Ca}	53.68±13.57 ^{Db}	48.17±6.54 ^{Cc}	40.18±0.73 ^{Df}	45.38±1.09 ^{Cd}	44.812.49 ^{De}	35.75±3.61 ^{Dh}	36.32±2.79 ^{Dg}	34.95±3.62 ^{Ci}
12	69.77±7.06 ^{Ea}	50.72±5.34 ^{Eb}	46.51±1.95 ^{Ec}	37.93±5.25 ^{Ec}	42.33±4.53 ^{Ed}	33.46±4.03 ^{Ff}	32.33±9.23 ^{Fh}	32.60±4.36 ^{Eg}	31.10±7.85 ^{Ei}
15	56.95±7.94 ^{Fa}	42.40±8.24 ^{Eb}	40.87±6.59 ^{Fc}	33.36±2.67 ^{Gg}	38.27±0.87 ^{Fd}	34.44±1.68 ^{Ec}	34.11±6.23 ^{Ef}	31.68±6.01 ^{Fh}	30.18±3.93 ^{Fi}
18	44.65±7.17 ^{Ga}	38.66±8.44 ^{Gb}	36.70±3.34 ^{Gd}	33.88±7.05 ^{Fe}	37.87±6.74 ^{Gc}	27.91±2.24 ^{Gh}	29.96±7.68 ^{Gf}	27.88±2.45 ^{Gi}	28.61±5.80 ^{Gg}
21	39.04±2.54 ^{Ha}	31.95±2.87 ^{Hd}	26.05±2.15 ^{Hf}	32.45±4.85 ^{Hc}	34.82±8.45 ^{Hb}	26.59±2.45 ^{Hc}	24.34±2.66 ^{Ii}	25.32±3.63 ^{Hg}	24.39±3.03 ^{Hh}
24	37.77±1.36 ^{Ia}	22.95±4.84 ^{Ji}	24.60±1.55 ^{Ic}	29.95±7.19 ^{Ic}	31.66±6.40 ^{Ib}	25.16±2.55 ^{Id}	24.25±4.16 ^{Jg}	23.21±2.34 ^{Ih}	24.31±7.64 ^{If}
27	24.64±2.87 ^{Jd}	28.96±2.09 ^{Ia}	20.70±5.88 ^{Kg}	27.97±1.61 ^{Jc}	28.84±1.99 ^{Ib}	22.48±4.36 ^{If}	24.62±1.43 ^{He}	15.84±2.28 ^{Ki}	20.17±9.77 ^{Ih}
30	22.440.16 ^{Kc}	22.52±1.09 ^{Kb}	20.89±0.25 ^{Jf}	26.32±10.80 ^{Ka}	21.68±1.35 ^{Kc}	20.19±3.35 ^{Kg}	21.91±1.56 ^{Kd}	16.39±1.20 ^{Ih}	15.04±2.04 ^{Ki}

หมายเหตุ: ^{A-K} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{a-i} ตัวอักษรที่ต่างกันแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ช-7 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$) ระหว่างการเก็บรักษาของฟิล์มแป้ง

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ฟิล์มแป้งที่เติมอัตราส่วนกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอล (ร้อยละ โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของแป้ง)								
	2:1			3:1			4:1		
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	5	25	45	5	25	45	5	25	45
0	3840.21±107.57 ^{Cd}	3937.32±238.01 ^{Ac}	3935.97±58.82 ^{Ac}	4074.54±146.64 ^{Ab}	3917.84±203.73 ^{Ac}	3826.73±36.25 ^{Ad}	4203.28±102.45 ^{Aa}	3930.82±48.72 ^{Bc}	4198.61±49.0 ^{Aa}
3	3740.97±154.21 ^{Ec}	3788.81±282.80 ^{Bdc}	3679.45±203.67 ^{Bf}	3901.08±300.43 ^{Cb}	3795.36±487.02 ^{Bd}	3684.44±141.63 ^{Bf}	3986.92±234.94 ^{Cab}	4056.29±299.27 ^{Aa}	3861.31±253.45 ^{Bc}
6	3883.55±58.02 ^{Ac}	3656.67±209.10 ^{Cg}	3649.84±60.31 ^{Dh}	3953.90±172.33 ^{Bb}	3707.22±121.62 ^{Cc}	3671.15±53.81 ^{Cr}	4065.73±80.93 ^{Ba}	3702.73±74.44 ^{Cc}	3811.38±110.74 ^{Bd}
9	3773.60±131.57 ^{Dba}	3609.87±109.62 ^{Ff}	3660.40±136.39 ^{Cc}	3724.71±278.25 ^{Ec}	3651.36±88.70 ^{Ec}	3609.26±311.90 ^{Df}	3761.92±113.57 ^{Db}	3493.28±190.27 ^{Fa}	3659.04±215.95 ^{Cd}
12	3876.73±102.89 ^{Ba}	3628.41±179.49 ^{Ec}	3492.23±237.83 ^{Ef}	3763.34±73.05 ^{Db}	3654.30±193.06 ^{Dc}	3452.36±183.25 ^{Fi}	3654.30±67.74 ^{Ec}	3632.54±130.92 ^{Dd}	3638.26±111.29 ^{Cd}
15	3662.89±36.99 ^{Eb}	3639.06±257.59 ^{Dc}	3350.70±137.96 ^{Gh}	3670.03±96.29 ^{Gb}	3402.24±145.90 ^{Ge}	3484.57±24.77 ^{Ef}	3560.68±49.33 ^{Fd}	3702.73±74.44 ^{Ca}	3522.68±16.69 ^{Dc}
18	3445.44±137.49 ^{Hd}	3425.86±65.35 ^{Ge}	3451.61±142.18 ^{Fc}	3682.87±263.50 ^{Fa}	3441.19±127.43 ^{Fdc}	3395.79±3.45 ^{Gf}	3448.14±216.87 ^{Gd}	3559.66±67.25 ^{Eb}	3503.37±0.53 ^{DEc}
21	3349.11±145.25 ^{Id}	3318.19±19.73 ^{Hf}	3132.27±186.40 ^{Ii}	3040.22±0.90 ^{Hj}	3323.00±219.11 ^{Hc}	3393.96±126.23 ^{Hc}	3396.36±188.75 ^{Hc}	3493.28±190.27 ^{Fa}	3424.10±95.45 ^{Eb}
24	3450.43±180.38 ^{Ga}	3277.48±36.39 ^{If}	3133.60±43.27 ^{Ik}	3177.84±156.24 ^{Ji}	3305.21±52.66 ^{Ic}	3229.00±57.79 ^{Ii}	3381.95±317.01 ^{Ib}	3318.3±90.27 ^{Id}	3347.78±173.48 ^{Fc}
27	3429.04±78.43 ^{Ia}	3207.45±38.25 ^{Jf}	3143.24±115.20 ^{Hj}	2436.48±104.36 ^{Ik}	3280.38±22.07 ^{Jc}	3195.87±102.23 ^{Ji}	3306.04±80.01 ^{Jc}	3348.09±57.59 ^{Gb}	3286.34±68.06 ^{Id}
30	3169.01±125.52 ^{Kb}	2847.07±29.39 ^{Ki}	2975.48±56.49 ^{Kf}	2436.48±135.53 ^{Kj}	2992.87±204.88 ^{Kc}	2975.48±56.49 ^{Kf}	3081.11±245.02 ^{Kd}	3129.35±52.20 ^{Hc}	3227.74±44.23 ^{Ia}

หมายเหตุ: ^{A-K} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

^{a-i} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวชนิตา นวลคำ
วัน เดือน ปี เกิด	27 เมษายน 2529
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2552 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออก ปีการศึกษา 2547 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย เชียงราย จังหวัดเชียงราย
ทุนการศึกษา	ปีการศึกษา 2555 ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผลงานตีพิมพ์	Nuankham, C. and Muangrat, R. 2013. Utilization of Waste Flour during Noodle Production for Biodegradable Film Production. Publication in special Issue of Journal of Interdisciplinary Network (JIN). International Conference on Interdisciplinary Research and Development in ASEAN Universities. 8-10 August, 2013. At Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ht© by Chiang Mai University
rights reserved