

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

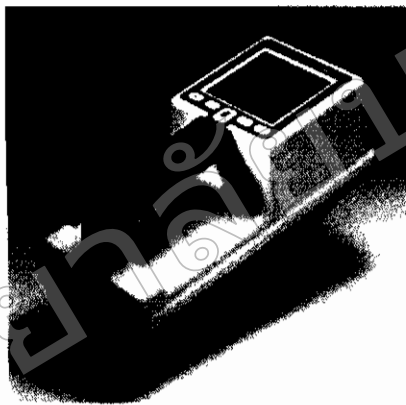
การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ

ก-1 ค่าสี (Color)

วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีอาหาร ดังนี้

ก-1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ



ภาพภาคผนวกที่ ก-1 เครื่องวัดสีอาหาร Miniscan XE plus

1. เครื่องวัดสีอาหาร (Miniscan XE plus, Hunter Lab, USA)
2. จานใส่ตัวอย่าง

ก-1.2 วิธีวิเคราะห์

1. วางตัวอย่างบนจานสำหรับวัดค่าสีให้มีช่องว่างเหลือน้อยที่สุด
2. วัดค่าสี 3 ครั้งต่อหนึ่งการทดลองแล้วหาค่าเฉลี่ย ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
3. วัดค่าสีในค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) โดยที่
 L^* แสดงค่าความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว)
 a^* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว ค่า a^* มีทั้งค่าบวกและค่าลบ ค่า a^* เป็นบวกจะแสดงค่าสีแดง ค่า a^* เป็นลบแสดงค่าสีเขียว

b^* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน ค่า b^* มีทั้งค่าบวกและค่าลบ ค่า b^* เป็นบวกจะแสดงค่าสีเหลือง ค่า b^* เป็นลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน

ก-1.3 วิธีคำนวณ

รายงานค่าสีในค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*)

ก-2 เถ้า (Ash) (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

วิเคราะห์ปริมาณเถ้า โดยวิธี AOAC ข้อ 941.12A (AOAC, 1990)

ก-2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาเผา (Carbolite RWF 1200, England)
2. โถดูดความชื้น (Dascicator)
3. ครุชีเบิล (Crucible)
4. เครื่องกวนและให้ความร้อน (Magnetic stirrer with hot plate) (M 21/1, Framo-

Geratertechnik, Franse)

ก-2.2 วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ลงในครุชีเบิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
2. นำไปเผาบนเครื่องให้ความร้อนจนปราศจากควัน
3. นำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์หึ่ง 550 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์หึ่ง และขมื่นชั้น เป็นเวลา 30 นาที
4. ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์
5. สังเกตว่าเถ้าปราศจากคาร์บอน หากยังมีหลงเหลืออยู่ให้หยดน้ำเล็กน้อยลงในเถ้า นำไประเหยน้ำออก แล้วเผาต่อเป็นเวลา 30 นาที
6. ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักเถ้าพร้อมครุชีเบิลครุชีเบิล

ก-2.3 วิธีคำนวณ

$$\text{เถ้า (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)} = \frac{C - A}{B - A} \times 100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักครุชีเบิลเปล่า

B คือ น้ำหนักรวมของครุชีเบิล และตัวอย่างก่อนเผา

C คือ น้ำหนักรวมของครุชีเบิล และตัวอย่างหลังเผา

ก-3 เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Ash insoluble in acid)

วิเคราะห์ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด โดยวิธี AOAC ข้อ 941.12A และข้อ 941.12C (AOAC, 1990)

ก-3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาเผา (Carbolite RWF 1200, England)
2. โถดูดความชื้น (Dascicator)

3. Crucible (Crucible)

4. เครื่องกวนและให้ความร้อน (Magnetic stirrer with hot plate) (M 21/1, Framo-Geratetechnik, Franse)

5. อุปกรณ์เครื่องแก้ว ได้แก่ บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร กระชอนาฬิกา ปิเปต

6. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 41

ก-3.2 วิธีวิเคราะห์

1. เฝ้าตามวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในภาคผนวก จ-3

2. ละลายเถ้าในกรดไฮโดรคลอริก (เตรียมจากกรดไฮโดรคลอริก 2 ส่วน + น้ำ 5 ส่วน) 25 มิลลิลิตร

2. คัมเป็นเวลา 5 นาที ปิดด้วยกระชอนาฬิกาป้องกันการระเหยของไฮดรอกไซด์

3. กรองด้วยกระดาษกรองปราศจากเถ้า

4. ล้างตะกอนเถ้าบนกระดาษกรองจนหมดกรด

8. นำไปเผาบนเครื่องให้ความร้อนจนปราศจากควัน แล้วเผาต่อที่อุณหภูมิ 550 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

9. ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักเถ้าที่ไม่ละลายในกรดพร้อมครุซิบิล

ก-3.3 วิธีคำนวณ

$$\text{เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)} = \frac{C - A}{B - A} \times 100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักครุซิบิลเปล่า

B คือ น้ำหนักรวมของครุซิบิล และตัวอย่างก่อนเผา

C คือ น้ำหนักรวมของครุซิบิล และตัวอย่างหลังเผา

ก-4 น้ำมันหอมระเหย (Volatile oil)

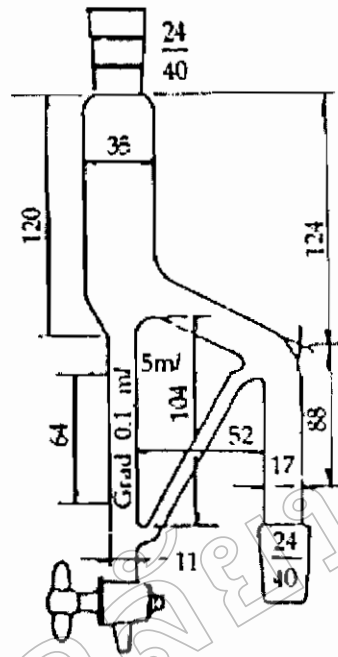
วิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยตามวิธีของ AOAC ข้อ 962.17A และ 962.17B มีรายละเอียดดังนี้

ก-4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วย Clevenger-type (ภาพภาคผนวกที่ ค-2)

Glass Condenser

2. เตาหลุมให้ความร้อนแบบมีระบบกวนสารในตัว (Heating Mantle with Magnetic Stirrer) และแม่เหล็กกวนสารรูปไข่ (Egg-shaped Stirring Bar)



ภาพภาคผนวกที่ ก-2 Clevenger-type Apparatus

ก-4.2 วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดกลั่นขนาด 1000 มิลลิลิตร และใส่แม่เหล็กกวนสารรูปไข่ลงไป

2. ต่อเข้ากับชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหย

3. ให้ความร้อนเตาหลุมให้ความร้อนแบบมีระบบกวนสาร

3. คั้นให้เดือดจนกระทั่งปริมาณน้ำมันหอมระเหยคงที่

4. ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5. ทิ้งให้เกิดการแยกชั้นของน้ำและน้ำมันหอมระเหย

6. บันทึกปริมาตรของน้ำมันหอมระเหย

ก-4.6 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (\%)} = (V/M) \times 100$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ (mL)

M คือ มวลของตัวอย่าง (g)

ก-5 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

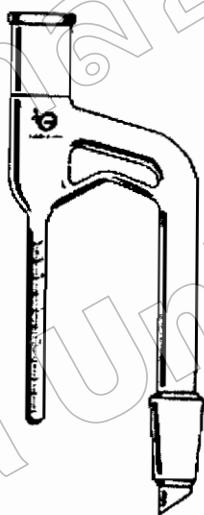
วิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยตามวิธีของ AOAC ข้อ 986.21A 962.17B และ 986.21C มีรายละเอียดดังนี้

ก-5.1 สารเคมี

1. Toluene ($C_6H_5CH_3$) (AR Grade, BDH, England)

ก-5.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดหาปริมาณความชื้น ประกอบด้วย Bidwell-Sterling (ภาพภาคผนวกที่ ก-3) ชุดควบแน่น (Glass Condenser) ขวดกักกลมขนาด 1000 มิลลิลิตร
2. เตาหลุมให้ความร้อน



ภาพภาคผนวกที่ ก-3 Bidwell-Sterling

ก-5.3 วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมโทลูอิน 100 มิลลิลิตร ใส่ลงขวดกักกลมขนาด 1000 มิลลิลิตร
2. ต่อเข้ากับชุดหาปริมาณความชื้น
3. ให้ความร้อนโดยใช้เตาหลุมให้ความร้อน อัตราการกลั่น 2 หยด ต่อนาที
4. เพิ่มอัตราการกลั่น 4 หยด ต่อนาที
5. กลั่นจนกระทั่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงของหยดน้ำเป็นเวลา 15 นาที
6. ใต้น้ำภายในชุดควบแน่น โดยยกชุดควบแน่นขึ้น ค่อย ๆ ชะนำลงด้วยโทลูอิน

4. ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)
6. บันทึกปริมาตรของน้ำ

ก-5.4 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = (V/M) \times 100$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของน้ำที่ได้ (mL)

M คือ มวลของตัวอย่าง (g)

ก-6 เคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด (Total curcuminoids)

สำหรับตัวอย่างขมิ้นชัน วิเคราะห์เคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดดัดแปลงจากวิธีวิธีของ

Subhadhirasakul, Wongvarodom, and Ovatlarnporn (2007)

ก-6.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius, AC211S, Thailand)
2. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath; CB22-20-SB-D, Denmark)
3. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SPECTRONIC GENESYS™ 5, USA)
4. คิวเวอร์ ชนิดควอทซ์ ขนาดช่องแสงผ่าน 10 มิลลิเมตร เซนติเมตร
5. เครื่องเขย่าผสมสาร (Vortex mixer, Heidolph, REAX 2000, Germany)

ก-6.2 สารเคมี

1. เคอร์คูมินอยด์ (Fluka, Switzerland)
2. Tetrahydrofuran (Lab-scan, Thailand)
3. Methanol (Lab-scan, Thailand)

ก-6.3 การเตรียมสารเคมี

การเตรียมสารละลายตัวอย่างจากขมิ้นชันแห้งซึ่งตัวอย่างที่ได้ 300 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรด้วย เตตระไฮโดรฟูราน เป็น 10 มิลลิตร ผสมให้เข้ากันเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การเตรียมสารเคอร์คูมินอยด์มาตรฐาน เป็น Standard curve โดยใช้เคอร์คูมินอยด์ ที่ความเข้มข้น 0.78 1.56 1.95 2.34 และ 3.12 ($\times 10^{-3}$) มิลลิกรัม/มิลลิตร ในเมทานอล วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ใช้เมทานอลเป็น Blank

ก-6.4 วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตส่วนใสของสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอลผสมให้เข้ากัน
2. ปิเปตสารละลายมา 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอลผสมให้เข้ากัน
3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร
4. ใช้เมทานอล แทนตัวอย่างเป็น Blank
5. หาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานเคอร์คูมินอยด์

ก-6.5 วิธีคำนวณ

คำนวณหาเคอร์คูมินอยด์ ในตัวอย่างอาหาร จากกราฟมาตรฐาน คำนวณเป็นปริมาณของเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) แสดงได้ดังภาคผนวกที่ จ-1

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

ข-1. ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic content)

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ของสารสกัดจากจิง ข่า ขมิ้นชันแห้ง โดยดัดแปลงจากวิธีของ ดัดแปลงจากวิธีของ Chan et al. (2008) Chan et al. (2009) และจันทรเพ็ญ มะลิพันธุ์ (2549)

ข-1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius, AC211S, Thailand)
2. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SPECTRONIC GENESYS™ 5, USA)
3. คิวเวอร์ ชนิดควอทซ์ ขนาดช่องแสงผ่าน 10 มิลลิเมตร เซนติเมตร

ข-1.2 สารเคมี

1. ฟอลิน ซีโอแคลทู รีเอเจนต์ (Folin-Ciocalteu's reagent) (Garlo ERBA)
2. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate anhydrous; Na_2CO_3) (Ajax Finechem, Australia)
3. กรดแกลลิก (Gallic acid; $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$) 98+% (Sigma, Germany)

ข-1.3 การเตรียมสารเคมี

สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7.5 % (w/v)

สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7.5 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิตร

สารประกอบฟีนอลมาตรฐาน

สารประกอบฟีนอลมาตรฐาน เป็น Standard curve โดยใช้กรดแกลลิก ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิตร ซึ่งมีการใช้ความเข้มข้นที่ 0.04 0.08 0.12 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัม/มิลลิตร ปิเปตสารประกอบฟีนอลมาตรฐาน 300 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองแทนตัวอย่าง

ข-1.4 วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งสารสกัดตัวอย่าง 0.1 กรัม ละลายในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิตร
2. ปิเปตสารละลายสกัดตัวอย่างจากข้อ 1 0.5 มิลลิตร ปิเปต ฟอลิน ซีโอแคลทู รีเอเจนต์ ปริมาตร 1.5 มิลลิตร (ความเจือจาง 10 เท่า) เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง สารละลายที่มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดอยู่จะให้สีเขียวใส

3. ปิเปตสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 7.5 % (w/v) ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้ววางทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง สารละลายที่ได้จะมีสีน้ำเงิน หากมีปริมาณ ฟีนอลทั้งหมดสูงสารละลายที่ได้มีสีน้ำเงินเข้ม หากมีในปริมาณที่ต่ำสารละลายที่ได้มีสีน้ำเงินอ่อน
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ 765 นาโนเมตร
5. ใช้สารละลายเอทานอล 99.9 เปอร์เซ็นต์ แทนตัวอย่างเป็น Blank

ข-1.5 วิธีคำนวณ

ตัวอย่างวิธีการคำนวณแสดงดังภาคผนวกที่ ข-2

ข-2 การวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• (DPPH Radical-scavenging Activity)

วิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของสารสกัดจากขิง ข่า ขมิ้นชันแห้ง โดยดัดแปลงจากวิธีของ Chan et al. (2008) และ Chan et al. (2009)

ข-2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius, AC211S, Thailand)
2. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath; CB22-20-SB-D, Denmark)
3. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SPECTRONIC GENESYS™ 5, USA)
4. คิวเวอร์ ชนิดควอทซ์ ขนาดช่องแสงผ่าน 10 มิลลิลิตร เซนติเมตร
5. นาฬิกาจับเวลา
6. ออโต้ปิเปต ขนาด 20 – 100 ไมโครลิตร (Gilson, France)
7. เครื่องเขย่าผสมสาร (Vortex mixer, Heidolph, REAX 2000, Germany)

ข-2.2 สารเคมี

1. เอทานอลบริสุทธิ์ (Absolute Ethanol; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) (AR grade, Merck, Germany)
2. 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH, $\text{C}_{18}\text{H}_{12}\text{N}_5\text{O}_6$) 90% (Sigma, Germany)
3. Ascorbic acid (Fluka, Switzerland)

ข-2.3 การเตรียมสารเคมี

2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (MW = 394.33)

ชั่ง DPPH 5.9 มิลลิกรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรสีขา ละลายด้วยเมทานอลปรับ ปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ทำให้ละลายด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic Bath)

Ascorbic acid

เตรียมสารละลาย Ascorbic acid 6 ระดับความเข้มข้น โดยชั่ง Ascorbic acid 1 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 1 mg/mL) ปิเปตสารละลาย Ascorbic acid มาตรฐาน 0 0.1 0.5 1 1.5 และ 3 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ได้สารละลาย Ascorbic acid ความเข้มข้น 0 1 5 10 15 และ 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อทำการฟมาตรฐาน

ข-2.4 การสร้างกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลาย DPPH 2 มิลลิลิตร ด้วยปิเปตใส่หลอดทดลองเก็บในที่มืด
2. ใช้ออโตปิเปต ปิเปตสารละลาย Ascorbic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลาย DPPH ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสมสารเป็นเวลาประมาณ 3 วินาที
3. เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3. แบลงค์ คือ น้ำกลั่น ผสมกับสารละลาย DPPH

ข-2.5 วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลาย DPPH 2 มิลลิลิตร ด้วยปิเปต ใส่หลอดทดลองเก็บในที่มืด
2. ใช้ออโตปิเปต ปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แต่ละตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลาย DPPH ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสมสารเป็นเวลาประมาณ 3 วินาที
3. เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ข-2.6 การคำนวณ

คำนวณร้อยละการยับยั้งดังนี้

$$\text{ร้อยละการยับยั้ง} = [(A_B - A_A) / A_B] \times 100$$

เมื่อ A_B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ Blank (ที่เวลา 0 นาที)

A_A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด (ที่เวลา 30 นาที)

รายงานผลเป็น Ascorbic acid equivalent antioxidant capacity (AEAC) ในหน่วยของ mg Ascorbic acid/ 100 g คำนวณได้ดังนี้

$$\text{AEAC (mg AA/ 100 g)} = (\text{IC}_{50}(\text{ของกรดแอสคอร์บิก}) / \text{IC}_{50}(\text{ของสารสกัดตัวอย่าง})) \times \text{Dilution factor}$$

เมื่อ IC_{50} คือ ความเข้มข้นของสารทดสอบที่ยับยั้งอนุมูล DPPH ได้ร้อยละ 50

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์

การวิเคราะห์สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์

วิเคราะห์สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์โดยวิธี Disc diffusion method โดยดัดแปลงจากวิธีของ Oonmetta-aree (2005) และ Oonmetta-aree et al. (2006)

ก-1 วัสดุดิบ

1. สารสกัดจากขิง ข่า ขมิ้นชัน
2. จุลินทรีย์ในการวิเคราะห์สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ 2 สายพันธุ์ คือ *Staphylococcus aureus* และ *E. coli* จากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เก็บใน Trypticase Soy Agar อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ก-2 อาหารเลี้ยงเชื้อ และสารเคมี

1. Trypticase soy agar (TSA, Difco, USA)
2. Trypticase soy broth (TSA, Difco, USA)
3. Mueller Hinton Agar (MHA, Difco, USA)
4. Agar (Agar, Difco, USA)
5. Ethanol (Lab-scan, Thailand)

ก-3 อุปกรณ์

1. ตู้บ่มเชื้อ (Incubater) (BE600, Mermert, Germany)
2. ตู้กรองอากาศบริสุทธิ์ (Laminar Flow Hoot) (CA-RE6, Clean air, Netherlands)
3. Filter Paper Disc (Ø 6 mm Adventec, Tokgo, Japan)
4. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius, AC211S, Thailand)
5. หม้อนึ่งความดัน (H91 LL, Kokusan, USA)
6. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SPECTRONIC GENESYS™ 5, USA)
7. ออโตปีเปต (Auto pipett)
8. จานเพาะเชื้อ (Plate)
9. หลอดทดลอง ขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร
10. ตะเกียงแอลกอฮอล์

ก-4 การเตรียมสารละลาย McFarland

เตรียมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ (Barium chloride) ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ สารละลายกรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) ความเข้มข้นร้อยละ 1 ผสมสารละลายทั้งสองตามระดับ ความขุ่นที่ต้องการ แสดงได้ดังตารางภาคผนวกที่ ก-1

ตารางภาคผนวกที่ ก-1 ปริมาณของสารผสมสำหรับเตรียมสารละลาย McFarland ที่ความขุ่นระดับ ต่าง ๆ

No.	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1% Barium chloride (ml)	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
1% Sulfuric acid (ml)	9.95	9.9	9.8	9.7	9.6	9.5	9.4	9.3	9.2	9.1	9
Approx. cell density ($\times 10^8$ /ml)	1.5	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30

ก-5 การเตรียมจุลินทรีย์ในการวิเคราะห์

1. นำเชื้อจุลินทรีย์ *S. aureus* และ *E. coli* ในอาหารแข็ง Trypticase Soy Agar มาเลี้ยง ในอาหารเหลว Trypticase soy broth 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง
2. Steak บนอาหารแข็ง Trypticase soy agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง
3. นำโคโลนีเดียว 1 loop ใส่ลงใน Trypticase soy broth 10 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง
4. นำเชื้อที่ได้มาปรับความขุ่นในโซเดียมคลอไรด์ที่ปราศจากเชื้อความเข้มข้น 0.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (%w/v) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จนมีความขุ่นเท่ากับสารละลาย มาตรฐาน Mc farland 0.5 จำนวนจุลินทรีย์โดยประมาณ 10^8 CFU/mL ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติการ ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดต่อไป

ก-6 วิธีวิเคราะห์สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิง ข่า ขมิ้นชันแห้ง

1. เตรียมวุ้นชั้นล่างก่อน โดยเตรียม Agar 2 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อ ด้วยหม้อนึ่งความดัน เทลงบนจานเพาะเชื้อ ปล่อยให้แห้ง
2. นำเชื้อจุลินทรีย์จากข้อ ก-4 3 มิลลิลิตร ผสมลงใน Mueller Hinton Agar ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

3. เทลงบนจานเพาะเชื้อที่มีวุ้นในข้อ 1
4. วาง Filter Paper Disc ที่ผ่านการนำเชื้อลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ
5. เตรียม 2-fold serial dilution ของสารสกัดจากขิง ข่า และขมิ้นชัน ตัวอย่างละ 5 ความ

เข้มข้น

6. ปิเปิดสารสกัดจากขิง ข่า ขมิ้นชันแห้ง 80 ไมโครลิตร ลงบน Filter Paper Disc บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ใช้น้ำกลั่น และเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99.9 เป็นชุดควบคุม สำหรับการทดลองตอนที่ 1 และใช้น้ำกลั่น เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99.9 และกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นชุดควบคุม สำหรับการทดลองตอนที่ 2

6. วัดและบันทึก Inhibition zone เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสที่เกิดขึ้น (รวมเส้นผ่านศูนย์กลางของ Disc (6 มิลลิเมตร)) หน่วยเป็นมิลลิเมตร และอ่านค่า MIC จากวงที่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถให้ inhibition zone

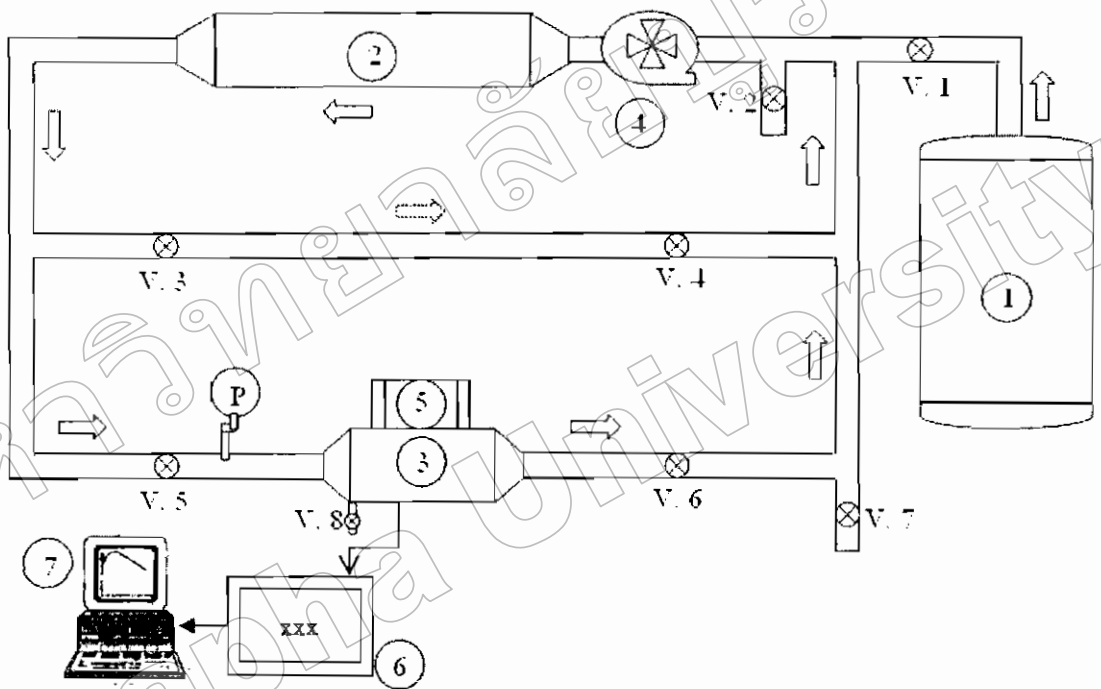
ภาคผนวก ง

เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

ง-1 เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ใช้เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่เป็นห้องทำแห้งแบบงวด (Batch Dryer) มีขนาด $10 \times 20 \times 10 \text{ cm}^3$ โดยลักษณะของระบบเครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีอุปกรณ์หลักแสดงได้ดังภาพภาคผนวกที่ ง-1 และภาพภาคผนวกที่ ง-2



ภาพภาคผนวก ง-1 ระบบเครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (V. หมายถึง วาล์ว P หมายถึง มาตรวัดความดัน)

ง-2 ส่วนประกอบเครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

จากภาพภาคผนวก ก-1 เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้

หมายเลข 1 คือ เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) มีขนาด 30 kW ใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีความดันสูงกว่าบรรยากาศเล็กน้อย สามารถผลิตไอน้ำได้ 45 kg/h ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ

หมายเลข 2 อุปกรณ์ให้ความร้อน (Super Heater) มีขนาด 13.5 kW และควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องควบคุมแบบ PID ที่มีค่าความถูกต้อง ± 2 องศาเซลเซียส

หมายเลข 3 เครื่องทำแห้งแบบงวด (Batch Dryer) เป็นห้องทำแห้งแบบตู้มีขนาด $10 \times 20 \times 10$ cm³ ประกอบไปด้วยถาดใส่ตัวอย่างจำนวน 1 ชั้น

หมายเลข 4 คือ พัดลม (Blower) เป็นแบบแรงเหวี่ยงใบพัดโค้งหลัง ขับด้วยมอเตอร์ขนาด 2.2 kW อัตราการไหลของตัวกลางที่ใช้ทำแห้งควบคุมโดยปรับความเร็วรอบของพัดลม

หมายเลข 5 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Loadcell) มีค่าความถูกต้อง ± 1 กรัม

หมายเลข 6 จอแสดงผลค่าน้ำหนัก (Display) แสดงผลค่าน้ำหนักในหน่วยกรัม

หมายเลข 7 คอมพิวเตอร์ บันทึกน้ำหนักที่สูญเสียที่เวลาต่างๆ ด้วยซอฟต์แวร์ Heat soft สามารถบันทึกผลได้ละเอียดสูงสุดทุก 10 วินาที

ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น มาตรวัดความดัน และวาล์วควบคุม



ภาพภาคผนวก ง-2 เครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

ง-3 การทำงานของเครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

การทำงานของเครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเริ่มต้นด้วยการอุ่นเครื่องโดยใช้พัดลมเป่าอากาศให้ผ่านไปยังอุปกรณ์ให้ความร้อน (Super Heater) จนได้อุณหภูมิที่ต้องการในการทำแห้ง (อุณหภูมิควรสูงกว่า 100 องศาเซลเซียสขึ้นไป) จากนั้นจึงปล่อยไอน้ำอ้อมตัวด้วยเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) ให้ไหลผ่านอุปกรณ์ให้ความร้อน เพื่อให้ไอน้ำอ้อมตัวเป็นไอน้ำร้อนยวดยิ่ง โดย

ควบคุมปริมาณไอน้ำให้คงที่ หลังจากนั้นไอน้ำร้อนจะยิ่งไหลผ่านห้องทำแห้งในแนวนานกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทำแห้ง โดยที่ปริมาณไอน้ำจะถูกนำมาใช้ใหม่เพื่อให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ง-4 วิธีการใช้งานเครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

วิธีการทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (ดูภาพภาคผนวก ง-1 ประกอบ)

1. เปิดวาล์วตัวที่ 2 5 6 และ 7
2. เดินพัดลมที่ใช้หมุนเวียนอากาศและเปิดอุปกรณ์ให้ความร้อน ให้อุณหภูมิภายในตัวเครื่องมากกว่า 100 องศาเซลเซียส
3. เปิดวาล์วตัวที่ 1 เพื่อให้ไอน้ำเข้าสู่ระบบ โดยวาล์วในระบบทุกตัวจะถูกเปิด ยกเว้นวาล์ว 3 4 และวาล์ว 8 อุปกรณ์ให้ความร้อนทำงานจนกระทั่งเห็นไอน้ำออกจากวาล์ว 7 ปิดวาล์ว 2 และเปิดวาล์ว 7 ระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้ไอน้ำไล่อากาศที่ค้างอยู่ในระบบออกไป
4. ปิดวาล์ว 7 และวาล์ว 1
5. เดินพัดลมที่ใช้หมุนเวียนไอน้ำร้อนยวดยิ่งโดยใช้ความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งตามที่กำหนดในการทดลอง
6. ปรับเครื่องให้ความร้อน ให้อุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่งเท่ากับที่กำหนดในการทดลอง
7. เปิดเครื่องเพื่อเป็นการอุ่นเครื่องประมาณ 1 ชั่วโมง
8. เปิดวาล์วตัวที่ 3 และ 4 ปิดวาล์วตัวที่ 5 และ 6
9. นำตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างแล้ววางบนตะแกรง นำเข้าห้องทำแห้ง
10. เปิดวาล์วตัวที่ 5 และ 6 ปิดวาล์วตัวที่ 3 และ 4
12. บันทึกน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้นเมื่อเข้าห้องทำแห้ง และบันทึกน้ำหนักตัวอย่างระหว่างการทำแห้ง โดยซอฟต์แวร์ Heat soft จานกระทั่งได้ความชื้นสุดท้ายที่ต้องการ
13. เปลี่ยนอุณหภูมิสำหรับการทดลองต่างๆ ต่อไป โดยเริ่มจากสภาวะที่ใช้อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งจากน้อยไปหามาก และทำเช่นเดียวกันตั้งแต่ข้อ 8 – 12

วิธีการทำแห้งด้วยอากาศร้อน (ดูภาพภาคผนวก ง-1 ประกอบ)

1. เปิดวาล์วตัวที่ 2 5 6 และ 7
2. เดินพัดลมที่ใช้หมุนเวียนอากาศและเปิดอุปกรณ์ให้ความร้อน
3. เดินพัดลมที่ใช้หมุนเวียนอากาศร้อน โดยใช้ความเร็วของอากาศร้อนตามที่กำหนดในการทดลอง

4. ปรับเครื่องให้ความร้อน ให้อุณหภูมิของอากาศร้อนเท่ากับที่กำหนดในการทดลอง
5. เปิดเครื่องเพื่อเป็นการอุ่นเครื่องประมาณ 1 ชั่วโมง
6. เปิดวาล์วตัวที่ 3 และ 4 ปิดวาล์วตัวที่ 5 และ 6
7. นำตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างแล้ววางบนตะแกรง นำเข้าห้องทำแห้ง
8. เปิดวาล์วตัวที่ 5 และ 6 ปิดวาล์วตัวที่ 3 และ 4
9. บันทึกน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้นเมื่อเข้าห้องทำแห้ง และบันทึกน้ำหนักตัวอย่างระหว่างการทำแห้ง โดยซอฟต์แวร์ Heat soft จนกระทั่งได้ความชื้นสุดท้ายที่ต้องการ
10. เปลี่ยนอุณหภูมิสำหรับการทดลองต่างๆ ค่อยไป โดยเริ่มจากสถานะที่ใช้อุณหภูมิของอากาศร้อนจากน้อยไปหามาก และทำเช่นเดียวกันตั้งแต่ข้อ 6-9

หมายเหตุ หากมีน้ำค้างบริเวณห้องอบแห้ง ให้ระบายน้ำออกโดยเปิดวาล์วที่ 8

ภาคผนวก จ

การคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย

การคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย

จ-1 การคำนวณหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด

จ-1.1 การเตรียมสารละลายเคอร์คูมินอยด์มาตรฐาน

เตรียมสารละลายเคอร์คูมินอยด์มาตรฐานเพื่อเป็น Standard curve โดยใช้สารเคอร์คูมิน (Curcumin) สูตร โมเลกุล $C_{21}H_{20}O_6$ น้ำหนักโมเลกุล 368.39 Assay $\geq 95.0\%$ (TLC)

จ-1.1.1 การเตรียมเคอร์คูมินอยด์มาตรฐาน 1 mg/mL ปริมาตร 100 mL

สารละลายเคอร์คูมินอยด์มาตรฐาน 1 mg/mL ปริมาตร 100 mL หมายความว่า

สารละลาย 1 mL มีเคอร์คูมินอยู่ 1 mg

สารละลาย 100 mL มีเคอร์คูมินอยู่ 1×100 mg

1

เท่ากับ 100 mg หรือ 0.1 g

แต่เคอร์คูมินที่ใช้มี % Assay 95.0 หมายความว่า

เคอร์คูมิน 95 g ได้มาจากเคอร์คูมินในขวด 100 g

เคอร์คูมิน 0.1 g ได้มาจากเคอร์คูมินในขวด $\frac{100 \times 0.1}{95}$ g

95

เท่ากับ 0.105 g

เพราะฉะนั้น ถ้าต้องเตรียมสารละลายเคอร์คูมินอยด์มาตรฐาน 1 mg/mL ปริมาตร 100 mL ต้องชั่งเคอร์คูมินมา 0.105 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลเป็น 100 mL

จ-1.1.2 การเตรียมสารละลายเคอร์คูมินอยด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.78 1.56 1.95 2.34 และ 3.12 ($\times 10^{-3}$) mg/mL ปริมาตร 25 mL จากสารละลายเคอร์คูมินอยด์มาตรฐาน 1 mg/mL

สารละลายเคอร์คูมินอยด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น $0.78 (10^{-3})$ mg/mL ปริมาตร 25 mL หมายความว่า

สารละลายเคอร์คูมินอยด์มาตรฐาน 1 mL มีเคอร์คูมินอยู่ $0.78 (10^{-3})$ mg

สารละลายเคอร์คูมินอยด์มาตรฐาน 25 mL มีเคอร์คูมินอยู่ $0.78 (10^{-3}) \times 25$ mg

1

เท่ากับ $19.5 (10^{-3})$ mg หรือ 19.5 μ g

แต่เกอร์คูมิน 1 mg อยู่ในสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐาน 1 mL
ถ้าเกอร์คูมิน $19.5 (10^{-3})$ mg อยู่ในสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐาน

$$\frac{19.5 (10^{-3}) \times 1 \text{ mL}}{1}$$

1

เท่ากับ 19.5×10^{-3} mL หรือ 19.5 μL

เพราะฉะนั้น ถ้าต้องเตรียมสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น $0.78 (10^{-3})$ mg/mL ปริมาตร 25 mL ต้องปิเปตสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานความเข้มข้น 1 mg/mL มา 19.5 μL ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลเป็น 25 mL โดยสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น 1.56 1.95 2.34 และ $3.12 (x10^{-3})$ mg/mL ปริมาตร 25 mL ก็คำนวณเช่นเดียวกันกับสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น $0.78 (10^{-3})$ mg/mL

หรือ ใช้สูตร $C_1 V_1 = C_2 V_2$ ดังนี้

สารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น $0.78 (10^{-3})$ mg/mL ปริมาตร 25 mL จากสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานความเข้มข้น 1 mg/mL คำนวณโดย

$$\text{จากสูตร } C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$\text{แทนค่า } 1(\text{mg/mL}) V_1 = 0.78 (10^{-3}) (\text{mg/mL}) 25 (\text{mL})$$

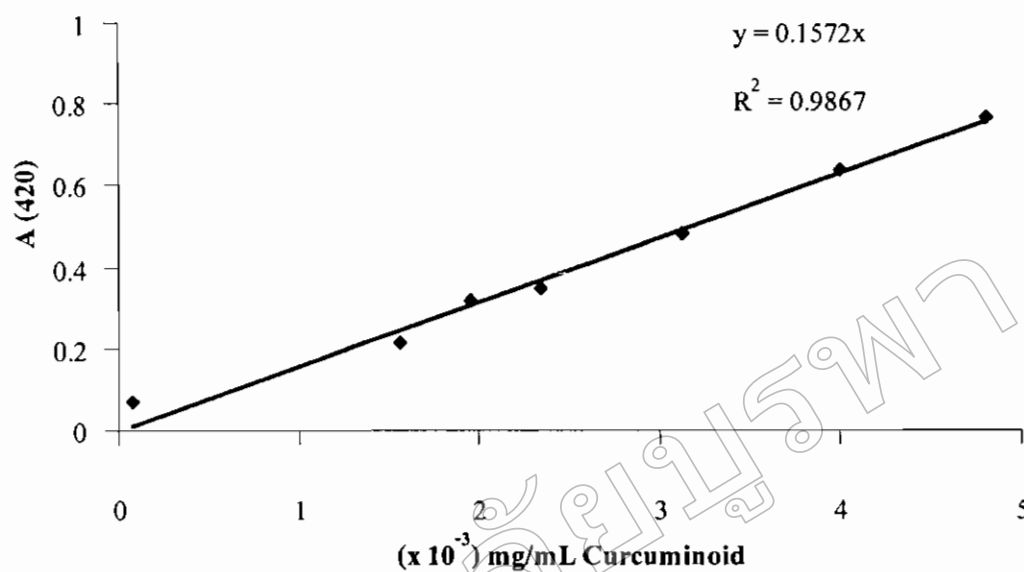
$$V_1 = \frac{0.78 (10^{-3}) (\text{mg/mL}) 25 (\text{mL})}{1(\text{mg/mL})}$$

$$V_1 = 0.0195 \text{ mL หรือ } 19.5 \times 10^{-3} \text{ mL หรือ } 19.5 \mu\text{L}$$

เพราะฉะนั้น ถ้าต้องเตรียมสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น $0.78 (10^{-3})$ mg/mL ปริมาตร 25 mL ต้องปิเปตสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานความเข้มข้น 1 mg/mL มา 19.5 μL ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลเป็น 25 mL โดยสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น 1.56 1.95 2.34 และ $3.12 (x10^{-3})$ mg/mL ปริมาตร 25 mL ก็คำนวณเช่นเดียวกันกับสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น $0.78 (10^{-3})$ mg/mL

จ-1.2 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐาน

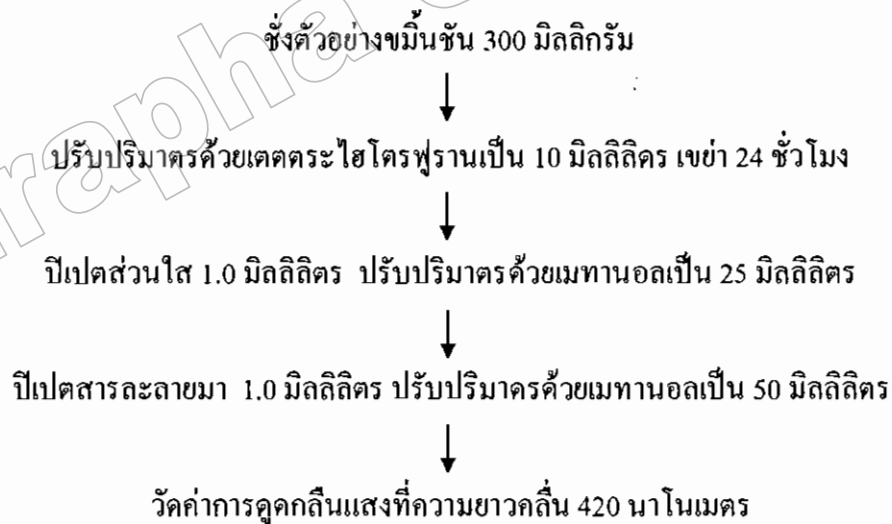
นำสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.78 1.56 1.95 2.34 และ $3.12 (x10^{-3})$ mg/mL วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm โดยใช้เมทานอลเป็น Blank สร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายเกอร์คูมินอยด์มาตรฐาน กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm กราฟมาตรฐานแสดงได้ดัง ภาพภาคผนวกที่ จ-1



ภาพภาคผนวกที่ จ-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายเคอร์คูมินอยด์มาตรฐาน

จ-1.3 การคำนวณหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดในตัวอย่าง

วิธีดำเนินการทดลองการหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดในตัวอย่างโดยสรุปแสดง
ได้ดังภาพภาคผนวกที่ จ-2



ภาพภาคผนวกที่ จ-2 การหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดในตัวอย่างโดยสรุป

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด

ตัวอย่างขมิ้นชัน 0.3000 กรัม วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm มีค่าเท่ากับ 0.650 แทนค่า y ในสมการจากกราฟมาตรฐาน $y = 0.1572x$ ($R^2 = 0.9867$) ดังนี้

$$\text{จากสมการ } y = 0.1572 x$$

$$0.650 = 0.1572 x$$

$$x = 0.650 / 0.1572$$

$$x = 4.1348$$

เพราะฉะนั้นปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐานมีค่าเท่ากับ $4.1348 (x 10^{-3}) \text{ mg/mL}$ ซึ่งหมายความว่า

สารละลายตัวอย่าง 1 mL มีเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด $4.1348 (x 10^{-3}) \text{ mg}$

สารละลายตัวอย่าง 50 mL มีเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด $4.1348 x 10^{-3} x 50 \text{ mg}$

1

เท่ากับ 0.2067 mg

แต่สารละลายตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ได้มาจากการเปิดสารละลายตัวอย่างจากขวดตัวอย่างทั้งหมด 25 mL มา 1 mL หมายความว่า

สารละลายตัวอย่าง 1 mL มีเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด 0.2067 mg

สารละลายตัวอย่าง 25 mL มีเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด $0.2067 x 25 \text{ mg}$

1

เท่ากับ 5.1685 mg

แต่สารละลายตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ได้มาจากการเปิดสารละลายตัวอย่างจากขวดตัวอย่างทั้งหมด 10 mL มา 1 mL หมายความว่า

สารละลายตัวอย่าง 1 mL มีเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด 5.1685 mg

สารละลายตัวอย่าง 10 mL มีเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด $5.1685 x 10 \text{ mg}$

1

เท่ากับ 51.6850 mg

แต่สารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ได้มาจากการชั่งตัวอย่าง 0.3000 กรัม หมายความว่า ขมิ้นชัน 0.3000 กรัม มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด 51.6850 mg คิดใน 1 กรัมตัวอย่างได้ดังนี้

ตัวอย่าง 0.3000 g มีเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด 51.6850 mg

ตัวอย่าง 1 g มีเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด $51.6850 x 1 \text{ mg}$

0.3000

เท่ากับ 172.2833 mg

รายงานปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด เป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง (% w/w) ดังนี้

ขมิ้นชัน 1 กรัม มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด 0.1723 g

ขมิ้นชัน 100 กรัม มีปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมด 0.1723×100 g

1

เท่ากับ 17.22 g

เพราะฉะนั้นปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของตัวอย่างขมิ้นชันมีค่าเท่ากับร้อยละ

17.22 (% w/w)

จ-2 การคำนวณหาปริมาณฟีนอลทั้งหมด

จ-2.1 การเตรียมสารละลายฟีนอลมาตรฐาน

เตรียมสารละลายฟีนอลมาตรฐานเพื่อเป็น Standard curve โดยใช้กรดแกลลิก (Gallic acid monohydrate) สูตรโมเลกุล $C_7H_6O_5 \cdot H_2O$ น้ำหนักโมเลกุล 188.14 Assay 98+ %

จ-2.1.1 การเตรียมกรดแกลลิกมาตรฐาน 1 mg/mL ปริมาตร 100 mL

สารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน 1 mg/mL ปริมาตร 100 mL หมายความว่า

สารละลาย 1 mL มีกรดแกลลิกอยู่ 1 mg

สารละลาย 100 mL มีกรดแกลลิกอยู่ 1×100 mg

1

เท่ากับ 100 mg หรือ 0.1 g

แต่กรดแกลลิกที่ใช้มี % Assay 98 หมายความว่า

กรดแกลลิก 98 g ได้มาจากกรดแกลลิกในขวด 100 g

กรดแกลลิก 0.1 g ได้มาจากกรดแกลลิกในขวด $\frac{100 \times 0.1}{98}$ g

98

เท่ากับ 0.1020 g

เพราะฉะนั้น ถ้าต้องเตรียมสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน 1 mg/mL ปริมาตร 100 mL ต้องชั่งกรดแกลลิกมา 0.102 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 mL

จ-1.1.2 การเตรียมสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.04 0.08 0.12 0.2 และ 0.4 mg/mL ปริมาตร 25 mL จากสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน 1 mg/mL

สารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.04 mg/mL ปริมาตร 25 mL

หมายความว่า

สารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน 1 mL มีกรดแกลลิกอยู่ 0.04 mg

สารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน 25 mL มีกรดแกลลิกอยู่ $\frac{0.04 \times 25}{1}$ mg

1

เท่ากับ 1 mg

แต่กรดแกลลิก 1 mg อยู่ในสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน 1 mL

ถ้ากรดแกลลิก 1 mg อยู่ในสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน

$\frac{1 \times 1}{1}$ mL

1

เท่ากับ 1 mL

เพราะฉะนั้น ถ้าต้องเตรียมสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.04 mg/mL ปริมาตร 25 mL ต้องปิเปตสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานความเข้มข้น 1 mg/mL มา 1 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 mL โดยสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.08 0.12 0.2 และ 0.4 mg/mL ปริมาตร 25 mL ก็คำนวณเช่นเดียวกันกับสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.04 mg/mL

หรือ ใช้สูตร $C_1V_1 = C_2V_2$ ดังนี้

สารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.04 mg/mL ปริมาตร 25 mL จากสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานความเข้มข้น 1 mg/mL คำนวณโดย

$$\text{จากสูตร } C_1V_1 = C_2V_2$$

$$\text{แทนค่า } 1(\text{mg/mL}) V_1 = 0.04 (\text{mg/mL}) 25 (\text{mL})$$

$$V_1 = \frac{0.04 (\text{mg/mL}) 25 (\text{mL})}{1(\text{mg/mL})}$$

$$1(\text{mg/mL})$$

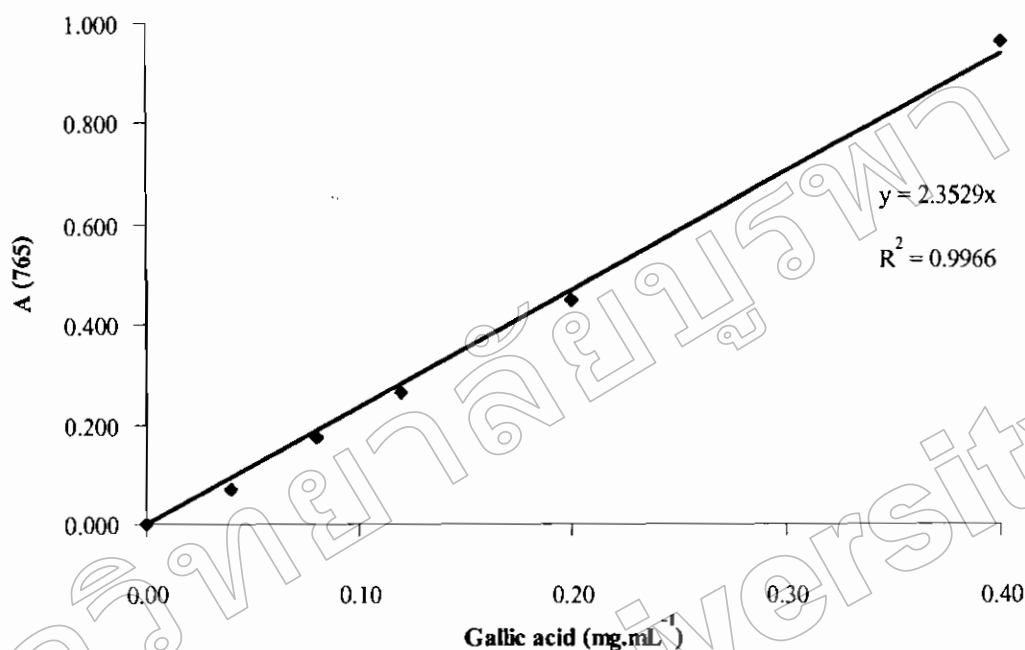
$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

เพราะฉะนั้น ถ้าต้องเตรียมสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.04 mg/mL ปริมาตร 25 mL ต้องปิเปตสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานความเข้มข้น 1 mg/mL มา 1 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 mL โดยสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.08 0.12 0.2 และ 0.4 mg/mL ปริมาตร 25 mL ก็คำนวณเช่นเดียวกันกับสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.04 mg/mL

จ-1.2 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน

นำสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.04 0.08 0.12 0.2 และ 0.4 mg/mL วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น Blank สร้างกราฟ

มาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm กราฟมาตรฐานแสดงได้ดัง ภาพภาคผนวกที่ จ-2



ภาพภาคผนวกที่ จ-2 กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน

จ-1.3 การคำนวณหาปริมาณฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่าง

วิธีดำเนินการทดลองการหาปริมาณฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างโดยสรุปแสดงได้ดัง ภาพภาคผนวกที่ จ-2

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณฟีนอลทั้งหมด

ตัวอย่างจึง 0.1000 กรัม วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm มีค่าเท่ากับ 0.688 แทนค่า y ในสมการจากกราฟมาตรฐาน $y = 2.3529x$ ($R^2 = 0.9966$) ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{จากสมการ } y &= 2.3529x \\
 0.688 &= 2.3529x \\
 x &= 0.688/2.3529 \\
 x &= 0.2924
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นปริมาณฟีนอลทั้งหมดที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.2924 mg/mL ซึ่งหมายความว่า

สารละลายตัวอย่าง 1 mL มีฟีนอลทั้งหมด	0.2924 mg
สารละลายตัวอย่าง 25 mL มีฟีนอลทั้งหมด	$\frac{0.2924 \times 25}{1}$ mg
เท่ากับ	7.31 mg

ชั่งตัวอย่างพืชวงศ์ขิง 10 กรัม

↓
เติมเอทานอล 99 % (v/v) 100 มิลลิลิตร เขย่า 24 ชั่วโมง

↓
กรองและระเหยเอทานอลด้วยเครื่องระเหยแบบสูญญากาศ

↓
ชั่งสารสกัดตัวอย่าง 0.1 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเอทานอล 70 % (v/v) เป็น 25 มิลลิลิตร

↓
ปิเปตสารละลายสกัดตัวอย่างจาก 0.5 มิลลิลิตร ปิเปต ฟอลิน ชิโอแคลทรีเอเจนต์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร (ความเจือจาง 10 เท่า)

↓
เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

↓
ปิเปตสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 7.5 % (w/v) ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร

↓
เขย่าให้เข้ากันแล้ววางทิ้งไว้ 30 นาที

↓
วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

ภาพภาคผนวกที่ จ-2 การหาปริมาณฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างโดยสรุป

แต่สารละลายสารสกัดตัวอย่าง 25 มิลลิกรัม ได้มาจากซึ่งสารสกัดตัวอย่าง 0.1000 กรัม หมายความว่าสารสกัดจากจึง 0.1000 กรัม มีปริมาณฟีนอลทั้งหมด 7.31 mg คิดใน 1 กรัมสารสกัดตัวอย่างได้ดังนี้

สารสกัดตัวอย่าง 0.1000 g มีปริมาณฟีนอลทั้งหมด 7.31 mg

สารสกัดตัวอย่าง 1 g มีปริมาณฟีนอลทั้งหมด $\frac{7.31 \times 1}{0.1000}$ mg

เท่ากับ 73.1 mg

เพราะฉะนั้นปริมาณฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างจึงมีค่าเท่ากับ

73.1 mg of gallic acid/ g extracts

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยิ่งต่อเวลา
การทำแห้งจึงด้วยไอน้ำร้อนขวดยิ่งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	24390.741	3048.843	126.644	0.000*
temp	2	12146.296	6073.148	252.269	0.000*
velocity	2	10046.296	5023.148	208.654	0.000*
temp x velocity	4	2198.148	549.537	22.827	0.000*
Error	18	433.333	24.074		
Total	27	242625.000			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยิ่งต่อเวลา
การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดยิ่งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	28112.963	3514.120	172.511	0.000*
temp	2	16090.741	8045.370	394.955	0.000*
velocity	2	9857.407	4928.704	241.955	0.000*
temp x velocity	4	2164.815	541.204	26.568	0.000*
Error	18	366.667	20.370		
Total	27	291525.000			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ฅ-3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อเวลา
การทำแห้งมันชันด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	10400.000	1300.000	56.160	0.000*
temp	2	7505.556	3752.778	162.120	0.000*
velocity	2	2688.889	1344.444	58.080	0.000*
temp x velocity	4	205.556	51.389	2.220	0.108 ^{ns}
Error	18	416.667	23.148		
Total	27	132825.000			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ฅ-4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อค่าสี
L* ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้น 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	139.254	17.407	2.157	0.084 ^{ns}
temp	2	105.504	52.752	6.536	0.007*
velocity	2	27.305	13.653	1.692	0.212 ^{ns}
temp x velocity	4	6.445	1.611	0.200	0.935 ^{ns}
Error	18	145.279	8.071		
Total	26	284.533			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ฅ-5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อค่าสี
L* ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	36.994	4.624	0.815	0.599 ^{ns}
temp	2	2.165	1.082	0.191	0.828 ^{ns}
velocity	2	32.031	16.016	2.822	0.086 ^{ns}
temp x velocity	4	2.798	0.699	0.123	0.972 ^{ns}
Error	18	102.147	5.675		
Total	26	139.140			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อค้ำสี
L* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	69.623	8.703	1.015	0.459 ^{ns}
temp	2	31.607	15.804	1.843	0.187 ^{ns}
velocity	2	13.000	6.500	0.758	0.483 ^{ns}
temp x velocity	4	25.016	6.254	0.729	0.584 ^{ns}
Error	18	154.361	8.576		
Total	26	223.984			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อค้ำสี
a* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	8.996	1.124	1.914	0.120 ^{ns}
temp	2	4.804	2.402	4.090	0.034*
velocity	2	3.336	1.668	2.840	0.085 ^{ns}
temp x velocity	4	0.855	0.214	0.364	0.831 ^{ns}
Error	18	10.573	0.587		
Total	26	19.569			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อค้ำสี
a* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	8.323	1.040	7.440	0.000*
temp	2	2.856	1.428	10.213	0.001*
velocity	2	3.461	1.730	12.375	0.000*
temp x velocity	4	2.006	0.502	3.587	0.026*
Error	18	2.517	0.140		
Total	26	10.840			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ๙-9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อค่าสี่
a* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	31.126	3.891	0.419	0.895 ^{ns}
temp	2	18.918	9.459	1.019	0.381 ^{ns}
velocity	2	10.459	5.230	0.563	0.579 ^{ns}
temp x velocity	4	1.749	0.437	0.047	0.995 ^{ns}
Error	18	167.147	9.286		
Total	26	198.274			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ๙-10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อค่าสี่
b* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	73.287	9.161	7.010	0.000*
temp	2	71.251	35.626	27.261	0.000*
velocity	2	0.399	0.200	0.153	0.860 ^{ns}
temp x velocity	4	1.636	0.409	0.313	0.866 ^{ns}
Error	18	23.523	1.307		
Total	26	96.810			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ๙-11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อค่าสี่
b* ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	17.742	2.218	4.440	0.004*
temp	2	0.846	0.423	0.846	0.445 ^{ns}
velocity	2	0.373	0.187	0.374	0.693 ^{ns}
temp x velocity	4	16.523	4.131	8.270	0.001*
Error	18	8.991	0.499		
Total	26	26.733			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อคอสต้า
b* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	508.095	63.512	3.610	0.011*
temp	2	253.171	126.585	7.195	0.005*
velocity	2	132.853	66.427	3.776	0.043*
temp x velocity	4	122.071	30.518	1.735	0.186 ^{ns}
Error	18	316.677	17.593		
Total	26	824.772			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อคอสต้า
ปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	1.495	0.187	0.159	0.994 ^{ns}
temp	2	0.095	0.048	0.040	0.960 ^{ns}
velocity	2	1.000	0.500	0.425	0.660 ^{ns}
temp x velocity	4	0.400	0.100	0.085	0.986 ^{ns}
Error	18	21.156	1.175		
Total	26	22.652			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อคอสต้า
ปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	5.850	0.731	0.673	0.709 ^{ns}
temp	2	0.700	0.350	0.322	0.729 ^{ns}
velocity	2	0.584	0.292	0.269	0.767 ^{ns}
temp x velocity	4	4.566	1.142	1.050	0.409 ^{ns}
Error	18	19.561	1.087		
Total	26	25.412			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อ ปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขม้นชั้นแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	1.729	0.216	0.020	1.000 ^{ns}
temp	2	0.105	0.052	0.005	0.995 ^{ns}
velocity	2	1.309	0.654	0.060	0.942 ^{ns}
temp x velocity	4	0.316	0.079	0.007	1.000 ^{ns}
Error	18	197.287	10.960		
Total	26	199.016			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อ ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ขม้นชั้นแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	0.026	0.003	0.638	0.737 ^{ns}
temp	2	0.008	0.004	0.785	0.471 ^{ns}
velocity	2	0.003	0.002	0.348	0.710 ^{ns}
temp x velocity	4	0.014	0.004	0.709	0.596 ^{ns}
Error	18	0.090	0.005		
Total	26	0.116			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อ ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ขม้นชั้นแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	0.249	0.031	0.178	0.991 ^{ns}
temp	2	0.001	0.001	0.004	0.996 ^{ns}
velocity	2	0.038	0.019	0.109	0.897 ^{ns}
temp x velocity	4	0.209	0.052	0.299	0.875 ^{ns}
Error	18	3.149	0.175		
Total	26	3.398			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ ปริมาณเต้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์มันชั้นแห้ง ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	0.004	0.000	0.078	1.000 ^{ns}
temp	2	0.002	0.001	0.145	0.866 ^{ns}
velocity	2	0.001	0.000	0.054	0.948 ^{ns}
temp x velocity	4	0.001	0.000	0.056	0.994 ^{ns}
Error	18	0.113	0.006		
Total	26	0.117			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≥ 0.05)

ตารางที่ จ-19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ ปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	9.125	1.141	19.710	0.000*
temp	2	4.264	2.132	36.840	0.000*
velocity	2	4.056	2.028	35.040	0.000*
temp x velocity	4	0.806	0.201	3.480	0.028*
Error	18	1.042	0.058		
Total	26	10.167			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

ตารางที่ จ-20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ ปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	1.417	0.177	5.100	0.002*
temp	2	0.125	0.063	1.800	0.194 ^{ns}
velocity	2	0.792	0.396	11.400	0.001*
temp x velocity	4	0.500	0.125	3.600	0.025*
Error	18	0.625	0.035		
Total	26	2.042			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≥ 0.05)

ตารางที่ จ-21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ
ปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	17.296	2.162	17.333	0.000*
temp	2	8.456	4.228	33.896	0.000*
velocity	2	7.353	3.677	29.477	0.000*
temp x velocity	4	1.487	0.372	2.980	0.047*
Error	18	2.245	0.125		
Total	26	19.541			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ
ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	40.651	5.081	3.936	0.008*
temp	2	22.342	11.171	8.653	0.002*
velocity	2	2.679	1.339	1.037	0.375 ^{ns}
temp x velocity	4	15.630	3.907	3.027	0.045*
Error	18	23.238	1.291		
Total	26	63.889			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ
ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	98.488	12.311	3.330	0.016*
temp	2	27.622	13.811	3.735	0.044*
velocity	2	10.966	5.483	1.483	0.253 ^{ns}
temp x velocity	4	59.900	14.975	4.050	0.016*
Error	18	66.554	3.697		
Total	26	165.042			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มันชั้นแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	100.433	12.554	6.795	0.000*
temp	2	20.177	10.089	5.461	0.014*
velocity	2	49.056	24.528	13.277	0.000*
temp x velocity	4	31.200	7.800	4.222	0.014*
Error	18	33.254	1.847		
Total	26	133.688			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มันชั้นแห้งความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	70.179	8.772	26.034	0.000*
temp	2	31.828	15.914	47.229	0.000*
velocity	2	34.357	17.179	50.982	0.000*
temp x velocity	4	3.994	0.998	2.963	0.048*
Error	18	6.065	0.337		
Total	26	76.244			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มันชั้นแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	22.558	2.820	9.347	0.000*
temp	2	15.094	7.547	25.018	0.000*
velocity	2	6.450	3.225	10.690	0.001*
temp x velocity	4	1.014	0.253	0.840	0.518 ^{ns}
Error	18	5.430	0.302		
Total	26	27.988			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ ปริมาณปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ข้าวแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	8.254	1.032	2.802	0.033*
temp	2	2.660	1.330	3.612	0.048*
velocity	2	3.532	1.766	4.796	0.021*
temp x velocity	4	2.062	0.516	1.400	0.274 ^{ns}
Error	18	6.628	0.368		
Total	26	14.882			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ ปริมาณปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	172.198	21.525	7.959	0.000*
temp	2	46.695	23.347	8.633	0.002*
velocity	2	86.146	43.073	15.928	0.000*
temp x velocity	4	39.357	9.839	3.638	0.024*
Error	18	48.678	2.704		
Total	26	220.875			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ ความสามารถกำจัดอนุมูล DPPH•ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	289.498	36.187	4.046	0.007*
temp	2	46.295	23.147	2.588	0.103 ^{ns}
velocity	2	163.302	81.651	9.130	0.002*
temp x velocity	4	79.901	19.975	2.233	0.106 ^{ns}
Error	18	160.984	8.944		
Total	26	450.482			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ
ความสามารถกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ข้าแห่ง ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	10382.639	1297.830	0.636	0.738 ^{ns}
temp	2	2546.586	1273.293	0.624	0.547 ^{ns}
velocity	2	4005.906	2002.953	0.981	0.394 ^{ns}
temp x velocity	4	3830.147	957.537	0.469	0.758 ^{ns}
Error	18	36753.648	2041.869		
Total	26	47136.286			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ
ความสามารถกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขม้นชั้นแห่ง
ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	228.387	28.548	7.198	0.000*
temp	2	9.077	4.539	1.144	0.341 ^{ns}
velocity	2	215.256	107.628	27.135	0.000*
temp x velocity	4	4.054	1.013	0.256	0.903 ^{ns}
Error	18	71.395	3.966		
Total	26	299.782			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ
การยับยั้งจุลินทรีย์ *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขิงแห่ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	48.383	6.048	9.506	0.000*
temp	2	12.672	6.336	9.959	0.001*
velocity	2	27.620	13.810	21.707	0.000*
temp x velocity	4	8.092	2.023	3.180	0.038*
Error	18	11.452	0.636		
Total	26	59.835			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ฉ-33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ
การยับยั้งจุลินทรีย์ *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ฆ่าเหียง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	110.602	13.825	77.525	0.000*
temp	2	97.125	48.562	272.313	0.000*
velocity	2	11.315	5.658	31.724	0.000*
temp x velocity	4	2.162	0.540	3.030	0.045*
Error	18	3.210	0.178		
Total	26	113.812			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ฉ-34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ
การยับยั้งจุลินทรีย์ *S. aureus* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	36.225	4.528	30.565	0.000*
temp	2	18.737	9.368	63.237	0.000*
velocity	2	15.412	7.706	52.017	0.000*
temp x velocity	4	2.076	0.519	3.503	0.028*
Error	18	2.667	0.148		
Total	26	38.892			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ฉ-35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนขวดยี่ห้อ
การยับยั้งจุลินทรีย์ *E. coli* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	8	12.666	1.583	1.798	0.143 ^{ns}
temp	2	3.905	1.952	2.218	0.138 ^{ns}
velocity	2	4.070	2.035	2.311	0.128 ^{ns}
temp x velocity	4	4.692	1.173	1.332	0.296 ^{ns}
Error	18	15.846	0.880		
Total	26	1358.240			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อค่าสี L* ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	8820.405	630.029	270.747	0.000*
Method	4	8722.204	2180.551	937.064	0.000*
Coating	2	3.220	1.610	0.692	0.508 ^{ns}
Method x Coating	8	94.981	11.873	5.102	0.000*
Error	30	69.810	2.327		
Total	44	8890.215			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	533.593	38.114	104.745	0.000*
Method	4	521.743	130.436	358.464	0.000*
Coating	2	4.831	2.416	6.639	0.004*
Method x Coating	8	7.019	0.877	2.411	0.038*
Error	30	10.916	0.364		
Total	44	544.509			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	465.314	33.237	3.378	0.003*
Method	4	429.470	107.368	10.912	0.000*
Coating	2	4.977	2.488	0.253	0.778 ^{ns}
Method x Coating	8	30.867	3.858	0.392	0.916 ^{ns}
Error	30	295.174	9.839		
Total	44	760.488			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อค่าสี L* ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	3213.175	229.513	16.735	0.000*
Method	4	2291.185	572.796	41.766	0.000*
Coating	2	570.053	285.027	20.783	0.000*
Method x Coating	8	351.937	43.992	3.208	0.009*
Error	30	411.437	13.715		
Total	44	3624.612			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	302.468	21.605	14.083	0.000*
Method	4	216.458	54.115	35.274	0.000*
Coating	2	17.820	8.910	5.808	0.007*
Method x Coating	8	68.190	8.524	5.556	0.000*
Error	30	46.023	1.534		
Total	44	348.491			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	228.612	16.329	7.235	0.000*
Method	4	87.260	21.815	9.666	0.000*
Coating	2	29.822	14.911	6.607	0.004*
Method x Coating	8	111.531	13.941	6.177	0.000*
Error	30	67.710	2.257		
Total	44	296.322			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อค่าสี L* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	2133.894	152.421	37.080	0.000*
Method	4	2023.601	505.900	123.071	0.000*
Coating	2	21.025	10.512	2.557	0.094 ^{ns}
Method x Coating	8	89.268	11.159	2.715	0.022*
Error	30	123.319	4.111		
Total	44	2257.213			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	208.717	14.908	8.179	0.000*
Method	4	155.807	38.952	21.371	0.000*
Coating	2	12.489	6.245	3.426	0.046*
Method x Coating	8	40.421	5.053	2.772	0.020*
Error	30	54.680	1.823		
Total	44	263.397			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	4224.904	301.779	30.742	0.000*
Method	4	3905.556	976.389	99.463	0.000*
Coating	2	140.913	70.456	7.177	0.003*
Method x Coating	8	178.435	22.304	2.272	0.049*
Error	30	294.498	9.817		
Total	44	4519.402			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	74.069	5.291	23.223	0.000*
Method	4	7.693	1.923	8.442	0.000*
Coating	2	60.883	30.442	133.622	0.000*
Method x Coating	8	5.493	0.687	3.014	0.013*
Error	30	6.835	0.228		
Total	44	80.903			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	176.016	12.573	16.629	0.000*
Method	4	25.344	6.336	8.380	0.000*
Coating	2	136.651	68.326	90.371	0.000*
Method x Coating	8	14.020	1.753	2.318	0.046*
Error	30	22.682	0.756		
Total	44	198.697			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	40.229	2.873	0.515	0.905 ^{ns}
Method	4	12.456	3.114	0.558	0.695 ^{ns}
Coating	2	21.806	10.903	1.953	0.160 ^{ns}
Method x Coating	8	5.967	0.746	0.134	0.997 ^{ns}
Error	30	167.519	5.584		
Total	44	207.748			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	0.141	0.010	1.595	0.138 ^{ns}
Method	4	0.018	0.004	0.696	0.600 ^{ns}
Coating	2	0.088	0.044	6.993	0.003*
Method x Coating	8	0.035	0.004	0.695	0.693 ^{ns}
Error	30	0.189	0.006		
Total	44	0.330			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	13.616	0.973	54.128	0.000*
Method	4	0.904	0.226	12.579	0.000*
Coating	2	12.340	6.170	343.404	0.000*
Method x Coating	8	0.371	0.046	2.584	0.028*
Error	30	0.539	0.018		
Total	44	14.155			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณเถ้าไม่ละลายในกรดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้งความชื้นสุดท้าย
12 % d.b.

Souree	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	0.014	0.001	0.120	1.000 ^{ns}
Method	4	0.002	0.001	0.061	0.993 ^{ns}
Coating	2	0.001	0.000	0.057	0.945 ^{ns}
Method x Coating	8	0.011	0.001	0.164	0.994 ^{ns}
Error	30	0.255	0.009		
Total	44	0.270			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไลโคโดซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	6.078	0.434	2.977	0.006*
Method	4	5.689	1.422	9.752	0.000*
Coating	2	0.019	0.010	0.067	0.936 ^{ns}
Method x Coating	8	0.369	0.046	0.317	0.953 ^{ns}
Error	30	4.375	0.146		
Total	44	10.453			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไลโคโดซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	21.672	1.548	27.561	0.000*
Method	4	21.494	5.374	95.671	0.000*
Coating	2	0.000	0.000	0.001	0.999 ^{ns}
Method x Coating	8	0.178	0.022	0.397	0.914 ^{ns}
Error	30	1.685	0.056		
Total	44	23.357			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไลโคโดซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	21.532	1.538	3.986	0.001*
Method	4	10.534	2.633	6.825	0.000*
Coating	2	3.752	1.876	4.862	0.015*
Method x Coating	8	7.247	0.906	2.348	0.043*
Error	30	11.575	0.386		
Total	44	33.108			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-54 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	76.850	5.489	17.194	0.000*
Method	4	70.883	17.721	55.505	0.000*
Coating	2	0.961	0.481	1.505	0.238 ^{ns}
Method x Coating	8	5.006	0.626	1.960	0.087 ^{ns}
Error	30	9.578	0.319		
Total	44	86.428			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	152.370	10.884	9.389	0.000*
Method	4	142.425	35.606	30.717	0.000*
Coating	2	1.493	0.747	0.644	0.532 ^{ns}
Method x Coating	8	8.452	1.057	0.911	0.520 ^{ns}
Error	30	34.775	1.159		
Total	44	187.145			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-56 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	101.439	7.246	42.108	0.000*
Method	4	100.823	25.206	146.482	0.000*
Coating	2	0.046	0.023	0.133	0.876 ^{ns}
Method x Coating	8	0.570	0.071	0.414	0.903 ^{ns}
Error	30	5.162	0.172		
Total	44	106.601			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโตะซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณเกอร์มินอยด์ผลิตภัณฑ์มันชั้นแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	227.177	16.227	78.836	0.000*
Method	4	201.342	50.335	244.547	0.000*
Coating	2	21.081	10.541	51.210	0.000*
Method x Coating	8	4.754	0.594	2.887	0.016*
Error	30	6.175	0.206		
Total	44	233.352			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ จ-58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโตะซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ชั้นแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	14.423	1.030	1.827	0.081 ^{ns}
Method	4	9.431	2.358	4.182	0.008*
Coating	2	1.711	0.856	1.517	0.236 ^{ns}
Method x Coating	8	3.281	0.410	0.727	0.666 ^{ns}
Error	30	16.914	0.564		
Total	44	31.337			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-59 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโตะซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขำแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	33.504	2.393	4.535	0.000*
Method	4	8.497	2.124	4.025	0.010*
Coating	2	15.263	7.632	14.460	0.000*
Method x Coating	8	9.744	1.218	2.308	0.046*
Error	30	15.833	0.528		
Total	44	49.337			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ฌ-60 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	169.515	12.108	0.775	0.686 ^{ns}
Method	4	15.570	3.893	0.249	0.908 ^{ns}
Coating	2	17.139	8.570	0.548	0.584 ^{ns}
Method x Coating	8	136.806	17.101	1.094	0.394 ^{ns}
Error	30	468.788	15.626		
Total	44	638.304			

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ ฌ-61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้น
สุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	595.413	42.530	1.566	0.148 ^{ns}
Method	4	335.538	83.885	3.088	0.030*
Coating	2	93.278	46.639	1.717	0.197 ^{ns}
Method x Coating	8	166.597	20.825	0.767	0.634 ^{ns}
Error	30	814.938	27.165		
Total	44	1410.351			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-62 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH•ของผลิตภัณฑ์ข่าแห้ง ที่ความชื้นสุดท้าย
12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	190548.610	13610.615	1.740	0.099 ^{ns}
Method	4	102590.307	25647.577	3.279	0.024*
Coating	2	14189.287	7094.643	0.907	0.415 ^{ns}
Method x Coating	8	73769.016	9221.127	1.179	0.344 ^{ns}
Error	30	234677.529	7822.584		
Total	44	425226.139			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-63 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH•ของผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้น
สุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	158.397	11.314	1.475	0.181 ^{ns}
Method	4	36.778	9.195	1.199	0.332 ^{ns}
Coating	2	51.970	25.985	3.387	0.047*
Method x Coating	8	69.649	8.706	1.135	0.369 ^{ns}
Error	30	230.129	7.671		
Total	44	388.526			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ *S. aureus* ของสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ขี้ผึ้ง ที่ความชื้น
สุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	19.710	1.408	64.154	0.000*
Method	4	18.849	4.712	214.737	0.000*
Coating	2	0.829	0.415	18.889	0.000*
Method x Coating	8	0.032	0.004	0.180	0.992 ^{ns}
Error	30	0.658	0.022		
Total	44	20.368			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยโคโคซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ *S. aureus* ของสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ขี้ผึ้ง ที่ความชื้น
สุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	72.970	5.212	22.509	0.000*
Method	4	70.119	17.530	75.704	0.000*
Coating	2	2.569	1.284	5.547	0.009*
Method x Coating	8	0.283	0.035	0.153	0.995 ^a
Error	30	6.947	0.232		
Total	44	79.917			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^a หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-66 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ *S. aureus* ของสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้น
สุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	33.103	2.364	6.252	0.000*
Method	4	18.761	4.690	12.401	0.000*
Coating	2	13.998	6.999	18.506	0.000*
Method x Coating	8	0.343	0.043	0.113	0.998 ^{ns}
Error	30	11.347	0.378		
Total	44	44.449			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ จ-67 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและวิธีการทำแห้ง
ต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ *E. coli* ของสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันแห้ง ที่ความชื้น
สุดท้าย 12 % d.b.

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Treatment	14	24.331	1.738	8.780	0.000*
Method	4	10.133	2.533	12.797	0.000*
Coating	2	8.941	4.471	22.586	0.000*
Method x Coating	8	5.257	0.657	3.320	0.008*
Error	30	5.938	0.198		
Total	44	30.270			

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)