ภาคผนวก

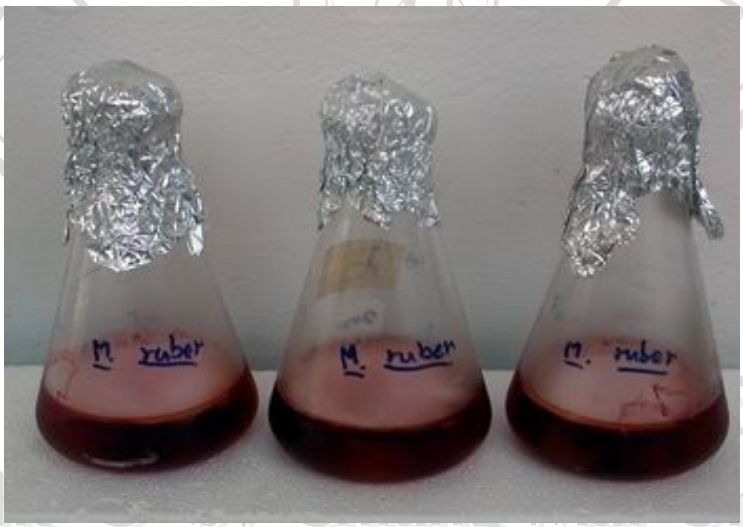
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

รูปภาพประกอบในการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ก-1 เชื้อรา *Monascus purpureus* FTCMU บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่ 30^{O}ซ นาน 8 วัน



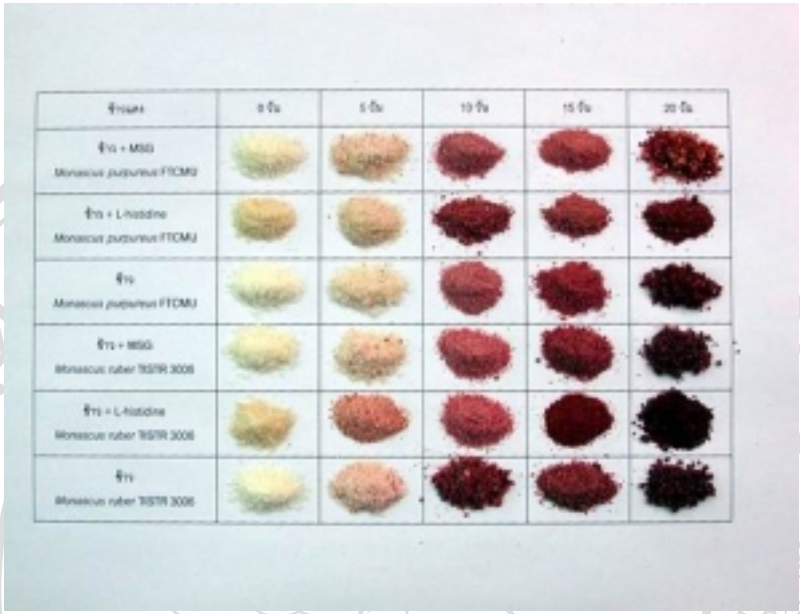
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ก-2 อาหารเหลวสังเคราะห์ อ้างอิงจาก Blanc และคณะ (1995a) โดยเชื้อรา *Monascus ruber* TISTR 3006 เขย่า 300 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 วัน

รูปที่ ก-3 ข้าวแดงสูตร 3 หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU ที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 วัน

รูปที่ ก-4 ข้าวแดงสูตร 6 หมักโดยเชื้อรา *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ก-5 ข้าวแดง 6 สูตร หมักที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

รูปที่ ก-6 เครื่อง Automatic TLC Sampler III Version 2.72 (CAMAG, Switzerland)

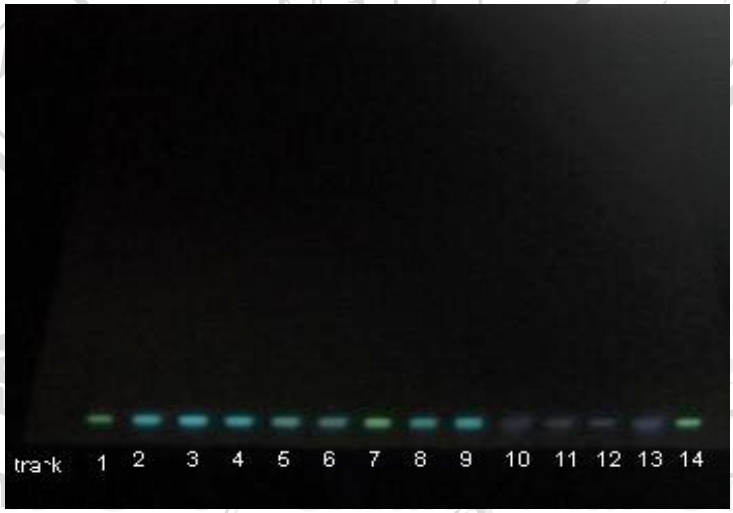
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ก-7 เครื่องควบคุมการไหลของน้ำยาบนแผ่น TLC อัตโนมัติ (Automatic Development Chamber ADC 20x20, Switzerland)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

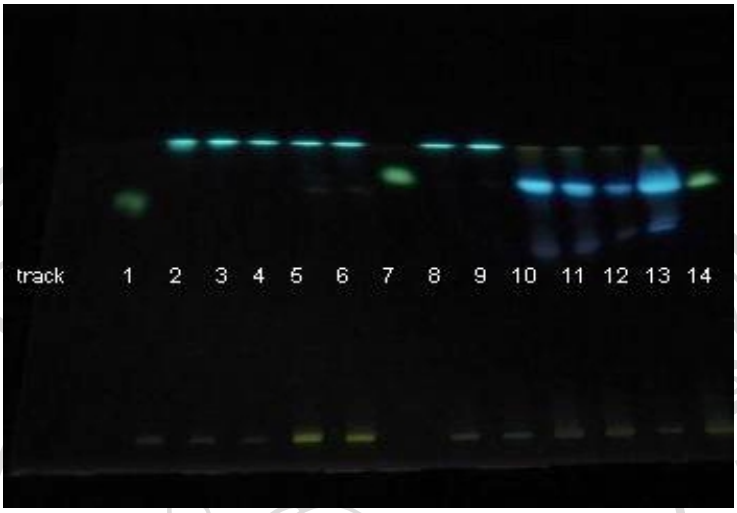
รูปที่ ก-8 เครื่อง Scanner 3 (CAMAG, Switzerland)

รูปที่ ก-9 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่อง Scanner 3 (CAMAG, Switzerland)

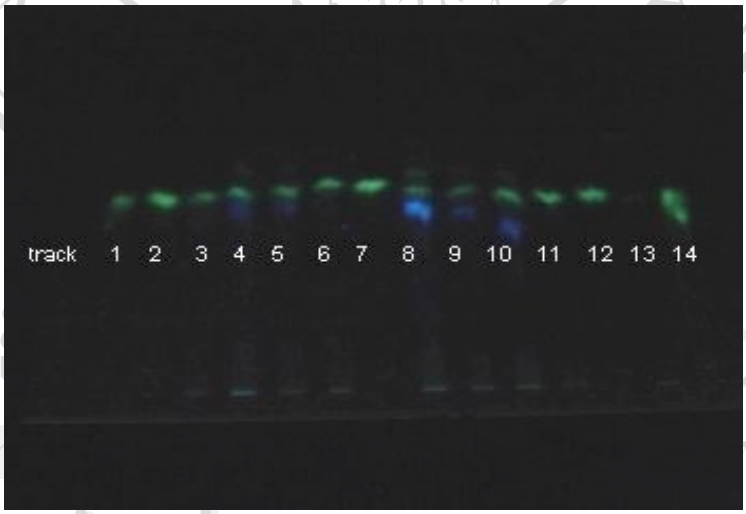


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ก-10 TLC ที่จุดซิตรินินมาตรฐานและตัวอย่าง ภายใต้แสงยูวี 365 นาโนเมตร ก่อนการแยกด้วยเครื่องควบคุมการไหลของน้ำยาบนแผ่น TLC อัตโนมัติ : track 1, 7 และ 14 คือตำแหน่งของซิตรินินมาตรฐาน, track 2-6 และ 8-13 คือตำแหน่งของตัวอย่าง

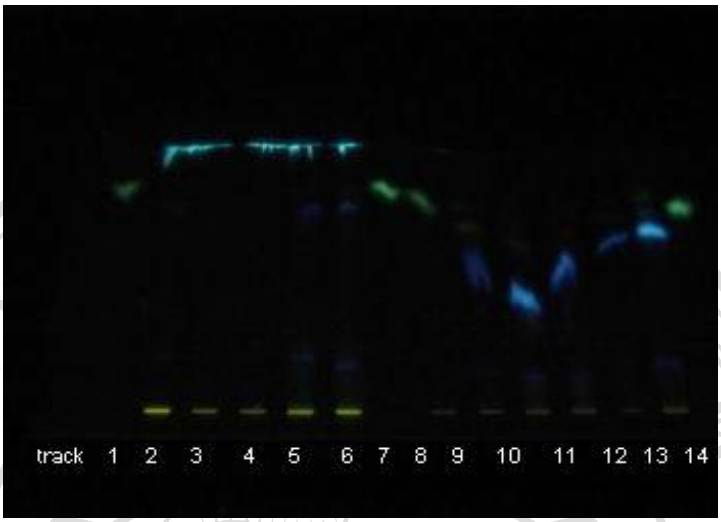


รูปที่ ก-11 TLC ที่จุดซิตรินินมาตรฐานและตัวอย่าง ภายใต้แสงยูวี 365 นาโนเมตร ภายหลังการแยกด้วยเครื่องควบคุมการไหลของน้ำยาบนแผ่น TLC อัตโนมัติ สำหรับอาหารเหลวสังเคราะห์ : track 1, 7 และ 14 คือตำแหน่งของ ซิตรินินมาตรฐาน, track 2-6 และ 8-9 คือตัวอย่างอาหารเหลวสังเคราะห์ และ track 10-13 คือตัวอย่างข้าว

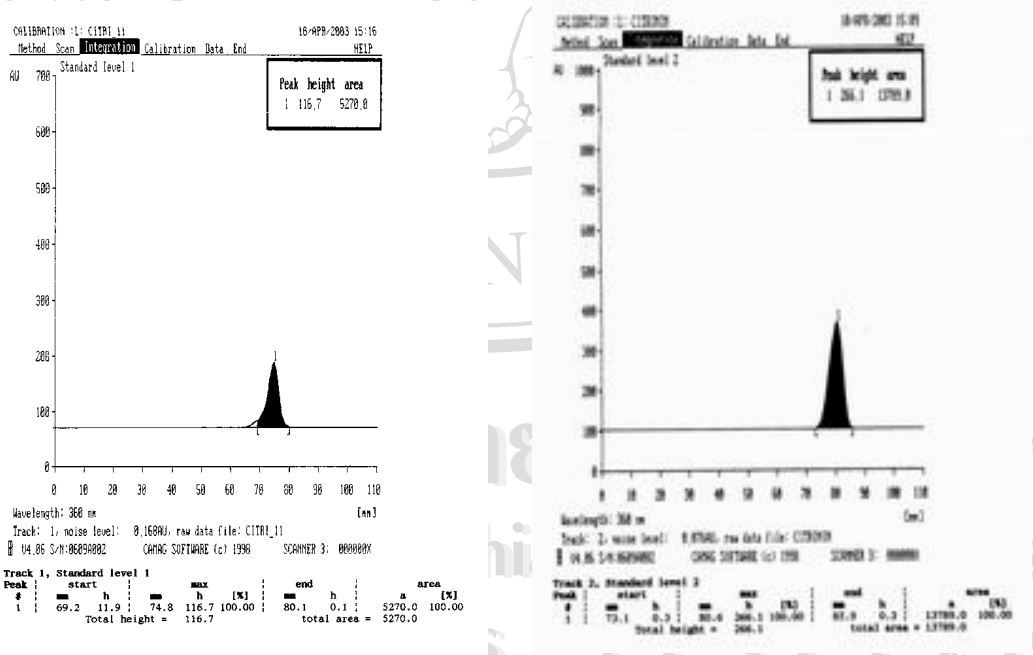


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ก-12 TLC ที่จุดซิตรินินมาตรฐานและตัวอย่าง ภายใต้แสงยูวี 365 นาโนเมตร ภายหลังการแยก: track 1, 7 และ 14 คือตำแหน่งของซิตรินินมาตรฐาน, track 2-6 และ 8-13 คือตำแหน่งของตัวอย่างด้วยเครื่องควบคุมการไหลของน้ำยาบนแผ่น TLC อัตโนมัติสำหรับตัวอย่างที่มีการเติมซิตรินินมาตรฐาน โดยวิธีการ spike



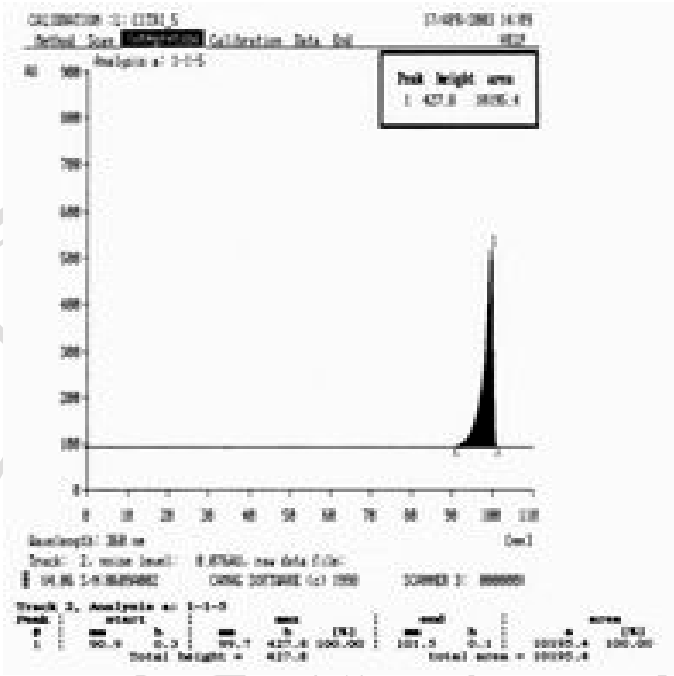
รูปที่ ก-13 TLC ที่จุดซิตรินินมาตรฐานและตัวอย่าง ภายใต้แสงยูวี 365 นาโนเมตร ภายหลังการแยกด้วยเครื่องควบคุมการไหลของน้ำยาบนแผ่น TLC อัตโนมัติ สำหรับสภาวะการแยกที่ไม่เหมาะสม : track 1, 7 และ 14 คือตำแหน่งของซิตรินินมาตรฐาน, track 2-6 และ 8-13 คือตำแหน่งของตัวอย่าง



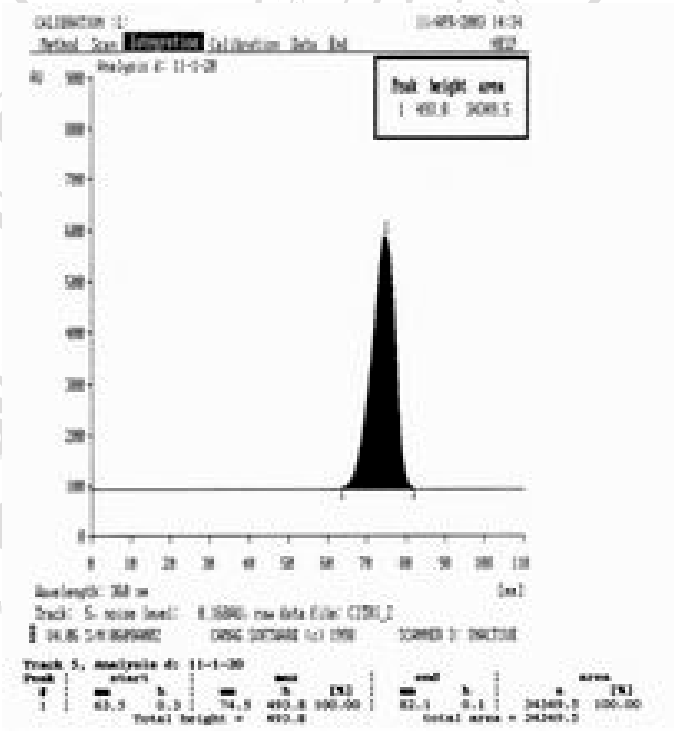
(ก) **(ข)**

รูปที่ ก-14 ตำแหน่งการเกิด peak ของซิตรินินมาตรฐานปริมาณต่างๆ กัน ผ่านเครื่อง Scanner 3 (CAMAG, Switzerland) (ก) ซิตรินินมาตรฐาน 50 มิลลิกรัม (ข) ซิตรินินมาตรฐาน 100 มิลลิกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ก-15 ตำแหน่งการเกิด peak ของอาหารเหลวสังเคราะห์ ผ่านเครื่อง Scanner 3 (CAMAG, Switzerland)



รูปที่ ก-16 ตำแหน่งการเกิด peak ของข้าวแดง ผ่านเครื่อง Scanner 3 (CAMAG, Switzerland)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นโดยวิธีการใช้ตู้อบไฟฟ้า (AOAC, 1995)

1. อุปกรณ์

1.1 กระป๋องอบความชื้น (Moisture Can)

1.2 ที่คีบกระป๋อง (Tong)

1.3 ช้อนตักสาร (Spatula)

1.4 โถดูดความชื้น (Desiccater) ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล

2. เครื่องมือ

2.1 เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ (Analytical Balance)

2.2 ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า (Hot Air Oven)

3. วิธีวิเคราะห์

3.1 อบกระป๋องอบความชื้นพร้อมฝา (1.1) ที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100±2^{O}ซ นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (1.4) นาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก (W1)

3.2 ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (2-3 กรัม) ใส่ในกระป๋องอบความชื้นที่อบเรียบร้อยแล้ว และชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว (W2)

3.3 กระป๋องอบความชื้นพร้อมฝาโดยเปิดฝาออกไปอบที่ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2^{O}ซ นาน 3 ชั่วโมง

3.4 นำกระป๋องอบความชื้นออกจากตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า โดยปิดฝาทันที และทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

3.5 นำไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่คงที่หมายความว่าผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) (W3)

4. บันทึกข้อมูลและผลการคำนวณลงในตาราง

5. วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W1 - W3) \times 100}{W2 - W1}$$

เมื่อ

W1 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้น เป็นกรัม

W2 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ เป็นกรัม

W3 = น้ำหนักของกระป๋องอบความชื้นและตัวอย่างหลังอบ เป็นกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ไขมันโดยวิธีซอล์กเลต (AOAC, 1995)

1. อุปกรณ์

1.1 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร

1.2 ขวดก้นกลม (Beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.3 ทิมเบอร์กระดาษ (Cellulose Thimble)

1.4 กระดาษกรอง เบอร์ 42

1.5 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50 มิลลิลิตร

1.6 เดซิเคเตอร์ (Desiccater) ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล

2. เครื่องมือ

2.1 เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ (Analytical Balance)

2.2 ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า (Hot Air Oven)

2.3 ตู้ดูดควัน (Hood)

1.4 เครื่องอังไอน้ำ (Water bath)

1.5 ชุดสกัดซอล์กเลต (Soxhlet extraction apparatus)

3. สารเคมี

ไดเอทิล อีเทอร์ (Diethyl Ether)

4. วิธีวิเคราะห์

4.1 อบขวดก้นกลมด้วยตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100±2 ^{O}ซ นาน 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W1)

4.2 ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้ว โดยใช้เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ปริมาณ 2 กรัม (W) ใส่ในบีกเกอร์ เทผ่านกรวยกรองลงในทิมเบอร์ที่มีกระดาษกรองรองรับภายใน แล้ววางทิมเบอร์ลงในชุดซอล์กเลต

4.3 สกัดโดยใช้ไดเอทธิลอีเทอร์ ตามเวลาที่กำหนด (ขึ้นกับปริมาณไขมันในตัวอย่าง)

4.4 เมื่อทำการสกัดครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว ให้ระเหยอีเทอร์ออกจากตัวอย่าง

4.5 นำขวดก้นกลมที่มีไขมันเหลืออยู่ไปอังที่เครื่องอังไอน้ำจนอีเทอร์ระเหยหมด แล้วนำไปอบที่ตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2^{O}ซ นาน 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ชั่งน้ำหนัก

4.6 อบต่ออีกครั้งละประมาณ 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักคงที่คือผลต่างของการชั่งสองครั้งติดต่อกันมีค่าไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) ชั่งน้ำหนัก (W2)

5. การบันทึกข้อมูล

6. วิธีการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{ปริมาณไขมัน ร้อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W2 - W1) \times 100}{W}$$

เมื่อ

W1 = น้ำหนักขวดก้นกลม เป็นกรัม

W2 = น้ำหนักขวดก้นกลมและไขมัน เป็นกรัม

W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

การวิเคราะห์โปรตีน/ไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธีเคลดาห์ล (Kjeldahl Method) (AOAC, 1995)

1. อุปกรณ์
   - 1.1 ขวดเคลดาห์ (Kjeldahl Method) ขนาด 250 มิลลิลิตร
   - 1.2 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร
   - 1.3 บิวเรตชนิด A (Class A) ขนาด 50 มิลลิลิตร
   - 1.4 กระบอกตวง (Cylender) ขนาด 100 มิลลิลิตร
   - 1.5 ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle) ขนาด 250 มิลลิลิตร
   - 1.6 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เครื่องมือ
   - 2.1 ชุดกลั่นโปรตีน (Distillation Apparatus)
   - 2.2 ชุดย่อยโปรตีน (Digestion Unit)
   - 2.3 เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ (Analytical Balance)
   - 2.4 ตู้ดูดควัน (Hood)
3. สารเคมี
   - 3.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Sulfuric acid;H_2SO_4) ความเข้มข้น 98%(w/v)
   - 1.2 คะตะลิตส์ผสมประกอบด้วย โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate;Na_2SO_4) ปราศจากไนโตรเจน 96% คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate;$CuSO_4.5H_2O$) ปราศจากไนโตรเจน 3.5% ซิลิเนียมไดออกไซด์ (Selenium dioxide;SeO_2) ปราศจากไนโตรเจน 0.5%
   - 1.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide;NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 40 (w/v)
   - 1.4 กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid;H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.1 N มีอายุการเก็บรักษา 1 เดือน หากครบกำหนดเวลาดังกล่าวให้นำสารละลายไปหาความเข้มข้นที่แน่นอนใหม่ (restandardize)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5 อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator) ประกอบด้วยเมทิลเรด (Methyl red) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (w/v) ในแอลกอฮอล์ ผสมกับโบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (w/v) ในแอลกอฮอล์ อัตราส่วน 1:5

1.6 กรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 4 (w/v)

4. วิธีวิเคราะห์

4.1 ชั่งตัวอย่างน้ำหนักที่แน่นอนโดยใช้บิกเกอร์ (1.2) ใส่ตัวอย่าง 0.5-2.0 กรัม และชั่งน้ำหนัก ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดเคลดาห์ล (1.1) แล้วชั่งน้ำหนักบิกเกอร์ที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว ทำ Blank ควบคู่ไปด้วย

4.2 เติมคะตะลิตส์ผสม จำนวน 8 กรัม

1.3 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (3.1) 20 มิลลิลิตร โดยเอียงขวดและค่อยๆ รินกรดลงข้างๆ หลอดเพื่อล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ข้างหลอดให้หมด และค่อยๆ เขย่าตัวอย่างเบาๆ

1.4 นำไปย่อยที่ชุดย่อยโปรตีน (2.2) ในตู้ควัน (2.4) โดยใช้ความร้อนระดับ 5 ประมาณ 1 ชั่วโมงแล้วจึงเพิ่มเป็นความร้อนระดับ 10 อีกประมาณ 2 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งสารละลายใสจึงปิดชุดย่อย รอจนกระทั่งสารละลายเย็นลงในอุณหภูมิห้อง ห้ามนำหลอดย่อยไปทำให้เย็นด้วยน้ำเพราะจะทำให้หลอดย่อยแตกได้

1.5 นำสารละลายที่ได้ต่อกับเครื่องกลั่นโปรตีน (2.1) โดยนำขวดรูปชมพู่ (1.6) ที่มีกรดบอริกจำนวน 50 มิลลิลิตรและหยดอินดิเคเตอร์ผสม (3.7) ลงไป 3-5 หยด

1.6 อัตราการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (2.5) ให้มีปริมาณมากเกินพอ (ประมาณ 60 มิลลิลิตร)

1.7 เปิดเครื่องเริ่มทำการกลั่น โดยให้ทำ Blank ก่อนตัวอย่างจึงทำการกลั่นตัวอย่าง

1.8 นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก (3.6) จนได้จุดยุติ คือสังเกตสีชมพูปรากฏขึ้นและสารละลายสีเทาอมม่วง

1.9 คำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาปริมาณเส้นใย (AOAC, 1995)

วิธีการ :

1. ชั่งตัวอย่างที่ไขมันไม่เกิน 1% หรือตัวอย่างที่สกัดไขมันออกและอบเรียบร้อยแล้วให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน โดยใช้บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร ใส่ตัวอย่าง 1 กรัมและชั่งน้ำหนัก ถ่ายตัวอย่างลงในบีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ที่ถ่ายตัวอย่างออกเรียบร้อยแล้ว

2. ตวงสารละลายกรดซัลฟูริกจำนวน 200 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวง ถ่ายใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มบนเตาไฟฟ้า โดยปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา

3. เมื่อสารละลายซัลฟูริคเริ่มเดือดจึงถ่ายลงในบีกเกอร์ในข้อ (1.1)โดยการหมุนบีกเกอร์แล้วใช้กรดซัลฟูริคค่อยๆ ล้างตัวอย่างที่ติดข้างบีกเกอร์ออก

4. นำไปต้มบนเตาไฟฟ้า โดยใช้ขวดก้นกลมปิดปากของบีกเกอร์ให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที (ถ้าปริมาณสารละลายกรดลดลงให้เติมน้ำร้อนเพิ่มจนได้ปริมาณเท่าเดิม)

5. กรองทันทีด้วยกรวยบุชเนอร์ ที่มีผ้ากรอง โดยใช้แรงสุญญากาศ

6. ฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ ด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้ง ลงในกรวยบุชเนอร์

7. ล้างสิ่งตกค้างบนผ้ากรอง ด้วยน้ำร้อนจนกรดหมด ทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีการดาษลิตมัส สีน้ำเงินเป็นแดง

8. ตวงสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 200 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ที่ใช้ต้มด่าง นำไปต้มให้เดือดบนเตาไฟฟ้า แล้วล้างกากบนผ้ากรองลงในบีกเกอร์ใบเดิมให้หมด (ควรตั้งบีกเกอร์ด่างบนเตาไฟฟ้าเมื่อเริ่มทำการกรองในข้อ 6)

9. นำไปต้มบนเตาไฟฟ้า โดยใช้ขวดก้นกลมปิดปากของบีกเกอร์ให้สนิทเพื่อป้องกันการระเหยของสารละลาย เมื่อเริ่มเดือดจับเวลา 30 นาที (ถ้าปริมาณสารละลายด่างลดลง ให้เติมน้ำร้อนเพิ่มจนได้ปริมาณเท่าเดิม)

10. กรองทันทีผ่านกรวยบุชเนอร์ซึ่งบุด้วยกระดาษกรองที่ผ่านการล้าง จากข้อ 7 ที่ตัดพอดีและฉีดน้ำให้แนบสนิทกับกรวยบุชเนอร์แล้ว

11. ฉีดล้างสิ่งที่เหลือบนบีกเกอร์ ด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้ง ลงในกรวยบุชเนอร์

12.ล้างสิ่งที่ตกค้างบนกระดาษกรอง ด้วยน้ำร้อนจนหมดด่าง ทดสอบด้วยสารละลายที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส แดงเป็นสีน้ำเงิน

13. ถ่ายกากใส่ถ้วยกระเบื้องที่ทนร้อน ด้วยน้ำร้อนจนหมดกาก นำไประเหยน้ำออกโดยใช้อ่างน้ำร้อนจนแห้ง

14. นำไปอบที่ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 102 ± 2^{O}ซ นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

15. เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมกากที่อบเรียบร้อยแล้วในเตาเผา อุณหภูมิ 550 ± 25^{O}ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาปริมาณเถ้า (AOAC, 1995)

วิธีการ :

1.นำ Crucible ที่สะอาด และเผาในเตาเผา (Muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 500-550^{O}ซ เป็นเวลา 0.5-1 ชั่วโมง ทำให้เย็น และชั่งจนทราบน้ำหนัก

2.ชั่งตัวอย่างอาหาร 5 กรัม ใส่ลงใน Crucible สำหรับหาเถ้าที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักแล้ว เผาไหม้อาหารดังกล่าวด้วยตะเกียงบุนเสนจนไม่มีควันดำ จึงนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 500-550^{O}ซ จนกระทั่งได้เถ้าสีเทาปนขาว

3.นำไปทำให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักเถ้า คำนวณค่าร้อยละของเถ้าทั้งหมดในอาหารตัวอย่าง

การวัดค่าพีเอช (pH) (อรัญและคณะ, 2530)

- อาหารเหลวสังเคราะห์ นำตัวอย่างวัดค่าพีเอช (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ซึ่งมีการปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละตัวอย่างด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.00 และ 4.00 ตามลำดับ ทำการวัดค่าพีเอชตัวอย่างละ 2 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

- ข้าวแดง นำตัวอย่างข้าวแดง 2 กรัม บดด้วยโกร่งให้ละเอียด ใส่ในบิกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นทำการกวนด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 3 นาที นำตัวอย่างวัดค่าพีเอช (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ซึ่งมีการปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละตัวอย่างด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.00 และ 4.00 ตามลำดับ ทำการวัดค่าพีเอชตัวอย่างละ 2 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

วิธีวิเคราะห์มวลชีวภาพ (biomass) (อ้างอิง Petra J. และคณะ, 1994)

นำอาหารเหลวที่ต้องการวิเคราะห์กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ที่ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนไว้แล้ว อบกระดาษกรองหลังจากกรองเสร็จ ที่อุณหภูมิ 37^{O}ซ จนน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักที่ได้คำนวณเป็น กรัม/100 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล ด้วยวิธี DNS Method (Miller G.L., 1959)

อาหารเหลว

การเตรียมสาร

- การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (standard glucose)

สารละลายกลูโคส เข้มข้น 10 กรัม/ลิตร (stock glucose) โดยชั่งกลูโคส 1 กรัม ละลายน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายกลูโคส 1 กรัม/100มิลลิลิตร จากนั้นทำ

การเจือจางสารละลายกลูโคสให้ได้ความเข้มข้นดังต่อไปนี้

กลูโคส ใช้ stock solution 2, 4, 6 , 8 และ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ได้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 0.2, 0.4, ,0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

- การเตรียม DNS reagent

กรดไดไนโตรซาลิไซลิก (Dinitrosalicylic acid)	10 กรัม
ฟีนอล (Phenol)	2 กรัม
โซเดียมซัลไฟต์ (Sodium sulfite)	0.5 กรัม
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)	10 กรัม
น้ำกลั่น	ปรับปริมาณ 1000 มิลลิลิตร

- การเตรียมสารละลายโปแตสเซียมโซเดียมตาร์เตรต (potassium sodium tartrate) ความเข้มข้น 40% (Rochelle salt)

ชั่งโปแตสเซียมโซเดียมตาร์เตรต 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่าง 3 มิลลิลิตร (ตัวอย่างควรมี กลูโคส 1 กรัม/ลิตร ถ้ามากกว่าให้เจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น) ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด เติม DNS reagent 3 มิลลิลิตร
2. นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 95^{O}ซ นาน 5-15 นาที ทำให้เย็น
3. เติมสารละลายโปแตสเซียมโซเดียมตาร์เตรต ความเข้มข้น 40% ปริมาณ 1 มิลลิลิตร เพื่อทำให้สีคงตัว
4. นำไปวัดความค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 575 นาโนเมตร
5. สำหรับสารละลายมาตรฐาน ทำเหมือนกับตัวอย่างทุกประการ

ข้าวแดง

การเตรียมสาร

- การเตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคส (Stock glucose solution) ที่มีความเข้มข้น 15 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร
- DNS Reagent (ละลาย DNS 10 กรัม ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 M ปริมาณ 200 มิลลิลิตร จากนั้นละลายโซเดียมโปแตสเซียมตาร์เตรต (sodium potassium tartrate) 300 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ผสมกัน ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- 1.5 M กรดซัลฟูริก (เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 37% ปริมาณ 40 มิลลิลิตร ลงน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร)

- 10% โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร)

วิธีการทดลอง

- <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

ชั่งข้าวที่บดจนเป็นผงละเอียดประมาณ 0.1-0.2 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.5 M ปริมาณ 10 มิลลิลิตร นำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ นาน 20 นาที เขย่าหลอดเพื่อให้ตัวอย่างถูกย่อยได้ดีขึ้น ทำให้เย็น แล้วค่อยเติม 10% โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 12 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายในหลอดให้เข้ากัน กรองลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร โดยผ่านกระดาษกรอง ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

- <u>การเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน</u>

เจือจางสารละลายกลูโคส (stock glucose) เข้มข้น 15 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ให้ได้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 0.25, 0.5, 1.0, 1.25 และ 1.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

- <u>การวัดปริมาณกลูโคส</u>

- สารละลายกลูโคสมาตรฐาน ปิเปตน้ำกลั่น 1.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เพื่อเป็น blank ปิเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่เตรียมไว้ (0.25-1.5 มิลลิกรัม) ใส่ลงในหลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร เติม DNS reagent 1.0 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นอีก 2 มิลลิลิตร

- ตัวอย่าง ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ย่อยแล้ว 1.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดลอง เติม DNS reagent 1.0 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นอีก 2 มิลลิลิตร

- นำสารละลายกลูโคสมาตรฐาน และตัวอย่างที่เตรียมได้ ต้มให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ นาน 5 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างกลูโคสกับ DNS ทำให้เย็น จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายให้ครบ 20 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้า นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

วิธีวัดค่าการละลายของออกซิเจนในอาหารเหลว

นำตัวอย่างวัดค่าออกซิเจน โดยใช้เครื่อง Dissolved Oxygen Meter 9300 (Jenway) ซึ่งมีการปรับค่ามาตรฐานในการวัดตัวอย่างด้วยสารละลายมาตรฐาน zero solution [โซเดียมซัลไฟต์ (sodium sulphite) 2 กรัม ละลายน้ำกลั่น ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร] โดยใช้สารละลาย ปรับค่า DO_2 = 0% ทำการวัดค่าการละลายของออกซิเจน (%) จำนวน 2 ครั้ง จากนั้นนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีวิเคราะห์ปริมาณสีแดง โดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

- **อาหารแบบเหลว** (อ้างอิง Petra J. และคณะ, 1994)

นำตัวอย่างในฟลาสก์ไปปั่นในเครื่องปั่นให้เข้ากัน แล้วใช้ตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร นำไปละลายในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% จำนวน 9 มิลลิลิตร เขย่า 30 วินาที เพื่อสกัดสี กรองเอาเฉพาะส่วนใสแล้วนำเอาเฉพาะส่วนใสไปวัดการดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่น 400, 470 และ 500 นาโนเมตร คำนวณ เป็น ยูนิต/100 มิลลิลิตร

- **ข้าวแดง** (อ้างอิง Petra J. และคณะ, 1994)

ชั่งข้าวแดง 0.1 กรัม ใส่หลอดฝาเกลียว ใช้แท่งแก้วคนบดข้าวแดงให้มีขนาดเล็กลง แล้วเติมสารสกัด 10 มิลลิลิตร ประกอบด้วย เกลือแกง 1% และแอลกอฮอล์ 95% อัตราส่วน 1:1 ปิดฝาหลอด เขย่าอย่างแรง 5 นาที นำไปปั่นด้วยความเร็ว 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำเอาเฉพาะส่วนใสไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 400, 470 และ 500 นาโนเมตร คำนวณเป็น ยูนิต/กรัม (น้ำหนักแห้ง)

การวัดค่าสี (ระบบ Hunter Lab)

การ calibrate เครื่องวัดสี

ก่อนการใช้งานต้องทำการ calibrate เครื่องวัดสีก่อน โดยตั้งค่าระบบตรวจเช็คการวัดสีให้เป็นแบบ R-sin (สำหรับตัวอย่างทึบแสง) และ tran (สำหรับตัวอย่างโปร่งแสง) แล้วคลิกที่ปุ่ม calibrate หลังจากนั้นวางแผ่นสีมาตรฐานลงในช่องวัดสีตามที่ระบบคอมพิวเตอร์สั่งการ

อาหารเหลวสังเคราะห์

นำตัวอย่างใส่ลงในเซลล์วัดสี จากนั้นวัดสีด้วยเครื่อง ColorQuest II โดยวัดค่า L (lightness) , ค่า a (redness) และค่า b (yellowness)

ข้าวแดง

เตรียมตัวอย่างข้าวแดง โดยการใส่ตัวอย่างข้าวแดงลงในเซลล์วัดสีจากนั้นวัดสีด้วยเครื่อง ColorQuest II โดยวัดค่า L (lightness), ค่า a (redness) และค่า b (yellowness) โดยก่อนใช้เครื่องต้องปรับมาตรฐานของเครื่องวัดสี

โดย ค่า L กำหนดค่าความสว่าง เมื่อ ค่า L=0 วัตถุมีสีดำ , L=100 วัตถุมีสีขาว

ค่า a กำหนดสีแดงหรือเขียว เมื่อ a เป็น + วัตถุสีแดง , a เป็น - วัตถุสีเขียว

ค่า b กำหนดสีเหลืองหรือน้ำเงิน เมื่อ b เป็น + วัตถุสีเหลือง, b เป็น – วัตถุสีน้ำเงิน

hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุว่าสีมีตำแหน่งที่ใดในกราฟในหน่วยองศา

โดย $h = \tan^{-1}(b/a)$, $C = (a^2+b^2)^{1/2}$

ถ้า hue = 0^O (สีแดง), hue = 90^O (สีเหลือง), hue = 180^O (เขียว), hue = 270^O (สีน้ำเงิน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

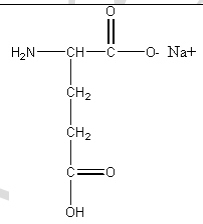
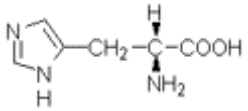
ผลการวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบ และตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้าวพันธุ์ชัยนาท

คุณภาพ	ข้าวดิบ	ข้าวสุก
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	8.56	58.81
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	0.30	0.04
ปริมาณโปรตีน (Nx5.95, ร้อยละ)	7.75	4.13
ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	0.39	0.71
ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)	0.40	0.33
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	82.60	35.98

ตารางที่ ค-2 ส่วนประกอบสำหรับอาหารเหลวสังเคราะห์

	สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล (กรัม)	คาร์บอน (กรัม)	ไนโตรเจน (กรัม)
แหล่งคาร์บอน	กลูโคส	198.17	72.07	
	แลคโตส	342.30	144.13	
แหล่งไนโตรเจน	โมโนโซเดียมกลูตาเมท 	187.14	60.06	28.01
	ฮีสติดีน (L-histidine) 	155.16	72.07	42.02
สารประกอบพื้นฐาน	K_2HPO_4	174.18		
	KH_2PO_4	136.09		
	$MgSO_4.7H_2O$	246.47		
	$FeSO_4.7H_2O$	278.01		
	$ZnSO_4.7H_2O$	287.54		
	$MnSO_4.4H_2O$	223.06		
	$CaCl_2.2H_2O$	147.02		
	$CuCl_2.2H_2O$	170.48		
	H_3BO_3	61.83		
	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	1235.86		84.04

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-3 แสดงการคำนวณสัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน แต่ละสูตรอาหาร

อาหารเหลวสังเคราะห์		ปริมาณ กรัม/ลิตร	คาร์บอน กรัม/ลิตร	ไนโตรเจน กรัม/ลิตร	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ กรัม/ลิตร	คาร์บอนรวม กรัม/ลิตร	ไนโตรเจนรวม กรัม/ลิตร	C/N ratio
สูตร 1	กลูโคส	20	7.27			11.28		6.03
	โมโนโซเดียมกลูตาเมท	12.5	4.011	1.87	0.00034		1.87	
สูตร 2	กลูโคส	20	7.27			13.08		3.86
	ฮีสติดีน	12.5	5.80	3.38	0.00034		3.39	
สูตร 3	แลคโตส	45	18.97			22.98		12.29
	โมโนโซเดียมกลูตาเมท	12.5	4.01	1.87	0.00034		1.87	
สูตร 4	แลคโตส	45	18.97			22.98		7.31
	ฮีสติดีน	12.5	5.80	3.38	0.00034		3.39	
สูตร 5	กลูโคส	20	7.27			19.71		10.53
	แลคโตส	20	8.42					
	โมโนโซเดียมกลูตาเมท	12.5	4.01	1.87	0.00034		1.87	
สูตร 6	กลูโคส	20	7.27			21.50		6.35
	แลคโตส	20	8.42					
	ฮีสติดีน	12.5	5.80	3.38	0.00034		3.39	
สูตร 7	กลูโคส	45	16.36			20.38		10.89
	โมโนโซเดียมกลูตาเมท	12.5	4.01	1.87	0.00034		1.87	
สูตร 8	กลูโคส	45	16.36			22.17		6.55
	ฮีสติดีน	12.5	5.80	3.38	0.00034		3.39	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-4 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณซิตรินินของอาหารเหลวสังเคราะห์

อาหารเหลว	เวลา (วัน)	ครั้งที่	จำนวน peak (s)	Start (mm)	Max (mm)	End (mm)	area	ซิตรินิน (ppm)	สารเรืองแสงอื่น
สูตร 1	5	1	1	90.90	99.70	101.50	10,195.40	ไม่พบ	พบ
กลูโคส 20 กรัม/ลิตร		2	1	92.00	99.70	101.10	9,027.00	ไม่พบ	พบ
โมโนโซเดียม-	10	1	1	92.50	100.00	101.30	3,949.00	ไม่พบ	พบ
กลูตาเมท		2	1	92.20	99.50	100.90	5,864.60	ไม่พบ	พบ
12.5 กรัม/ลิตร	15	1	1	93.70	99.30	100.70	3,777.60	ไม่พบ	พบ
M. purpureus		2	1	92.50	98.60	100.10	3,400.90	ไม่พบ	พบ
FTCMU	20	1	1	89.20	98.20	100.00	10,991.30	ไม่พบ	พบ
		2	1	90.40	98.30	99.80	5,099.50	ไม่พบ	พบ
สูตร 2	5	1	1	6.50	9.30	12.30	12,388.20	ไม่พบ	พบ
กลูโคส 20 กรัม/ลิตร		2	1	91.80	97.10	98.80	1,421.10	ไม่พบ	พบ
ฮีสติดีน	10	1	1	7.20	9.10	11.70	6,280.40	ไม่พบ	พบ
12.5 กรัม/ลิตร			2	37.90	41.20	42.10	637.10	ไม่พบ	พบ
M. purpureus			3	94.50	98.60	100.70	1,300.00	ไม่พบ	พบ
FTCMU		2	1	89.80	94.90	96.70	2,674.60	ไม่พบ	พบ
	15	1	1	91.30	95.90	97.60	2,992.00	ไม่พบ	พบ
		2	1	93.10	96.80	98.20	3,041.10	ไม่พบ	พบ
	20	1	1	91.50	99.50	101.00	6,015.90	ไม่พบ	พบ
		2	1	91.50	99.36	100.70	3,989.40	ไม่พบ	พบ
สูตร 3	5	1	1	93.10	98.60	100.10	3,290.00	ไม่พบ	พบ
แลคโตส		2	1	90.00	98.20	100.00	10,770.70	ไม่พบ	พบ
45 กรัม/ลิตร	10	1	1	90.80	98.30	99.80	4,902.70	ไม่พบ	พบ
โมโนโซเดียม-		2	1	94.60	97.70	99.30	645.30	ไม่พบ	พบ
กลูตาเมท	15	1	1	91.80	97.10	98.80	1,406.40	ไม่พบ	พบ
12.5 กรัม/ลิตร		2	1	95.10	98.60	100.50	759.30	ไม่พบ	พบ
M. purpureus	20	1	1	96.30	100.70	102.30	7,995.60	ไม่พบ	พบ
FTCMU		2	1	97.20	100.30	101.70	6,290.60	ไม่พบ	พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-4 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณซิตรินินของอาหารเหลวสังเคราะห์ (ต่อ)

อาหารเหลว	เวลา (วัน)	ครั้งที่	จำนวน peak (s)	Start (mm)	Max (mm)	End (mm)	area	ซิตรินิน (ppm)	สารเรืองแสงอื่น
สูตร 4	5	1	1	97.90	100.00	101.40	725.70	ไม่พบ	พบ
แลคโตส 45 กรัม/ลิตร		2	1	97.80	100.00	101.20	1,011.50	ไม่พบ	พบ
ยีสติดีน	15	1	1	92.80	98.20	100.20	5,406.30	ไม่พบ	พบ
12.5 กรัม/ลิตร		2	1	89.70	96.70	99.90	3,934.10	ไม่พบ	พบ
M. purpureus	20	1	1	91.70	97.90	100.20	6,821.00	ไม่พบ	พบ
FTCMU		2	1	94.40	98.40	100.10	3,956.60	ไม่พบ	พบ
	10	1	1	97.10	99.30	100.90	1,626.50	ไม่พบ	พบ
		2	1	95.40	98.90	100.30	1,511.80	ไม่พบ	พบ
สูตร 5	5	1	1	86.30	99.60	101.10	13,903.40	ไม่พบ	พบ
กลูโคส 20 กรัม/ลิตร		2	1	87.10	100.00	101.60	13,914.50	ไม่พบ	พบ
แลคโตส 20 กรัม/ลิตร	10	1	1	95.30	100.70	101.70	7,459.00	ไม่พบ	พบ
โมโนโซเดียม-		2	1	96.10	100.50	102.10	8,650.50	ไม่พบ	พบ
กลูตาเมท	15	1	1	95.50	100.60	101.70	7,940.10	ไม่พบ	พบ
12.5 กรัม/ลิตร		2	1	96.90	100.40	101.50	5,263.20	ไม่พบ	พบ
M. purpureus	20	1	1	96.10	103.50	102.10	8,668.40	ไม่พบ	พบ
FTCMU		2	1	94.50	100.80	111.70	7,645.70	ไม่พบ	พบ
สูตร 6	5	1	1	96.00	101.20	103.10	15,348.60	ไม่พบ	พบ
กลูโคส 20 กรัม/ลิตร		2	1	97.10	103.00	104.80	7,981.30	ไม่พบ	พบ
โมโนโซเดียม-	10	1	1	98.70	102.70	104.80	9,107.40	ไม่พบ	พบ
กลูตาเมท		2	1	99.40	102.20	104.20	5,377.10	ไม่พบ	พบ
12.5 กรัม/ลิตร	15	1	1	98.70	101.60	103.90	5,083.30	ไม่พบ	พบ
M. purpureus		2	1	98.70	101.00	102.50	4,170.00	ไม่พบ	พบ
FTCMU	20	1	1	96.30	100.10	101.40	3,802.90	ไม่พบ	พบ
		2	1	96.20	99.60	102.10	6,500.50	ไม่พบ	พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-4 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณซิตรินินของอาหารเหลวสังเคราะห์ (ต่อ)

อาหารเหลว	เวลา (วัน)	ครั้งที่	จำนวน peak (s)	Start (mm)	Max (mm)	End (mm)	area	ซิตรินิน (ppm)	สารเรืองแสงอื่น
สูตร 7	5	1	1	97.20	101.00	104.20	1,352.40	ไม่พบ	พบ
กลูโคส		2	1	86.20	88.90	89.60	713.80	ไม่พบ	พบ
20 กรัม/ลิตร			2	89.60	100.60	103.00	37,008.30	ไม่พบ	พบ
โมโนโซเดียม-	10	1	1	97.70	99.80	102.30	680.00	ไม่พบ	พบ
กลูตาเมท		2	1	97.70	99.20	99.80	254.90	ไม่พบ	พบ
12.5 กรัม/ลิตร			2	99.80	100.50	102.10	242.30	ไม่พบ	พบ
M. ruber	15	1	1	67.80	72.80	74.80	1,771.60	ไม่พบ	พบ
TISTR 3006		2	1	78.00	79.90	82.10	1,091.10	ไม่พบ	พบ
			2	83.10	83.90	86.80	352.40	ไม่พบ	พบ
	20	1	1	47.60	51.60	54.70	1,403.80	ไม่พบ	พบ
			2	89.70	93.30	98.00	3,098.00	ไม่พบ	พบ
		2	1	76.60	91.90	95.90	36,336.70	ไม่พบ	พบ
สูตร 8	5	1	1	76.90	87.90	94.20	46,217.50	ไม่พบ	พบ
กลูโคส		2	1	77.30	90.10	93.90	46,445.30	ไม่พบ	พบ
45 กรัม/ลิตร	10	1	1	7.80	9.30	12.00	1,800.70	ไม่พบ	พบ
ฮีสติดีน			2	17.30	19.20	23.20	2,061.30	ไม่พบ	พบ
12.5 กรัม/ลิตร			3	53.90	65.30	73.40	34,778.60	ไม่พบ	พบ
M. ruber		2	1	21.70	24.40	29.00	576.20	ไม่พบ	พบ
TISTR 3006			2	68.30	74.60	79.10	906.80	ไม่พบ	พบ
			3	90.10	96.80	1001.10	11,628.50	ไม่พบ	พบ
	15	1	1	7.00	8.90	11.30	852.20	ไม่พบ	พบ
			2	94.90	98.10	100.50	1,367.50	ไม่พบ	พบ
		2	1	7.00	9.00	9.80	731.20	ไม่พบ	พบ
			3	93.50	97.80	99.50	10,393.60	ไม่พบ	พบ
	20	1	1	7.00	9.00	13.40	1,660.80	ไม่พบ	พบ
			2	70.00	74.30	79.40	1,282.40	ไม่พบ	พบ
		2	1	7.00	9.10	12.20	1,862.20	ไม่พบ	พบ
			2	70.50	75.10	78.90	1,362.40	ไม่พบ	พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-5 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณซิตรินินของข้าวแดง

ข้าว	เวลา (วัน)	ครั้งที่	Start (mm)	Max (mm)	End (mm)	area	ซิตรินิน (ppm)	สารเรืองแสงอื่น
สูตร 1	5	1	77.4	82.2	86.2	486.3	50	ไม่พบ
ข้าวเติมโมโนโซเดียม-		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
กลูตาเมท	10	1	77.3	79.6	81.5	201.9	50	ไม่พบ
12.5 กรัม/กิโลกรัม		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
M. purpureus FTCMU	15	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
	20	1	53.1	59.2	65.8	440.8	90	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
สูตร 2	5	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
ข้าวเติมฮีสติดีน		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
12.5 กรัม/กิโลกรัม	10	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
M. purpureus FTCMU		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
	15	1	66.8	69.4	73	9,868.4	210	ไม่พบ
		2	75.4	84.3	92.8	4,114.4	100	ไม่พบ
	20	1	68.8	71.1	71.9	18,769.1	450	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
สูตร 3	5	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
ข้าว		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
M. purpureus FTCMU	10	1	50.1	56.6	61.8	4,226.1	150	ไม่พบ
		2	67.5	73.2	77.8	2,626.8	100	ไม่พบ
	15	1	62.2	68.4	72.6	71,763.7	1570	ไม่พบ
		2	63.6	73.9	81.4	36,194.5	800	ไม่พบ
	20	1	63.5	74.5	82.1	34,349.5	930	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-5 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณซิตรินินของข้าวแดง (ต่อ)

ข้าว	เวลา (วัน)	ครั้งที่	Start (mm)	Max (mm)	End (mm)	area	ซิตรินิน (ppm)	สารเรืองแสงอื่น
สูตร 4	5	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
ข้าวเติมโมโนโซเดียม-		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
กลูตาเมท	10	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
12.5 กรัม/กิโลกรัม		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
M. ruber TISTR 3006	15	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
	20	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
สูตร 5	5	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
ข้าวเติมฮีสติดีน		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
12.5 กรัม/กิโลกรัม	10	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
M. ruber TISTR 3006		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
	15	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
	20	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
สูตร 6	5	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
ข้าว		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
M. ruber TISTR 3006	10	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
	15	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
	20	1	-	-	-	-	<50	ไม่พบ
		2	-	-	-	-	<50	ไม่พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-6 การเปรียบเทียบค่าพีเอชของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

อาหารเหลว	ค่า pH				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	6.50	6.33^{bc}±0.01	6.10^{d}±0.04	6.10^{e}±0.01	6.17^{c}±0.01
สูตร 2	6.50	6.41^{ab}±0.01	6.25^{c}±0.01	6.23^{d}±0.02	6.03^{e}±0.04
สูตร 3	6.50	6.38^{b}±0.01	6.43^{a}±0.00	6.46^{a}±0.01	6.55^{a}±0.02
สูตร 4	6.50	6.49^{a}±0.02	6.35^{b}±0.01	6.37^{b}±0.01	6.26^{b}±0.01
สูตร 5	6.50	6.22^{d}±0.01	6.01^{e}±0.03	6.26^{c}±0.01	6.24^{b}±0.01
สูตร 6	6.50	6.32^{bc}±0.11	6.21^{c}±0.01	6.11^{e}±0.01	5.98^{e}±0.03
สูตร 7	6.50	6.24^{cd}±0.01	6.18^{c}±0.08	6.01^{f}±0.01	6.11^{d}±0.00
สูตร 8	6.50	6.27^{cd}±0.01	6.01^{e}±0.01	5.94^{g}±0.01	5.47^{f}±0.03

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค-7 การเปรียบเทียบค่ามวลชีวภาพ (biomass) ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่หมักโดยเชื้อรา *M.purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

อาหารเหลว	มวลชีวภาพ (biomass) (กรัม/ 100 มิลลิลิตร)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	0.000	0.1176^{e}±0.0067	0.1520^{d}±0.0095	0.2643^{e}±0.0063	0.3418^{d}±0.0850
สูตร 2	0.000	0.1159^{e}±0.0135	0.1710^{cd}±0.0204	0.1598^{f}±0.0082	0.4723^{d}±0.0681
สูตร 3	0.000	0.2033^{b}±0.0164	1.4551^{b}±0.0057	1.4336^{b}±0.0380	1.3738^{b}±0.0103
สูตร 4	0.000	0.1819^{c}±0.0006	0.2398^{cd}±0.0056	0.3160^{e}±0.0077	1.4086^{b}±0.0204
สูตร 5	0.000	0.2673^{a}±0.0020	1.8397^{a}±0.2430	1.5543^{a}±0.0897	1.6091^{a}±0.0661
สูตร 6	0.000	0.1641^{cd}±0.0074	0.2110^{cd}±0.0221	0.4883^{d}±0.0445	0.4080^{d}±0.0699
สูตร 7	0.000	0.1468^{d}±0.0078	0.3896^{c}±0.0481	1.1779^{c}±0.0075	1.3304^{b}±0.1544
สูตร 8	0.000	0.1656^{cd}±0.0070	0.3838^{c}±0.0254	0.2971^{e}±0.0686	0.9019^{c}±0.0613

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-8 การเปรียบเทียบค่าการละลายของออกซิเจน (Dissolve Oxygen) ของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

อาหารเหลว	ค่าการละลายของออกซิเจน (Dissolve oxygen) (%)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	$86^{a}\pm3$	$85^{a}\pm2$	$82^{a}\pm2$	$85^{a}\pm5$	$81^{a}\pm9$
สูตร 2	$48^{d}\pm3$	$61^{b}\pm1$	$57^{d}\pm5$	$58^{c}\pm10$	$62^{cd}\pm2$
สูตร 3	$83^{a}\pm3$	$82^{a}\pm3$	$83^{a}\pm1$	$86^{a}\pm5$	$80^{a}\pm1$
สูตร 4	$60^{bc}\pm1$	$54^{c}\pm1$	$63^{bc}\pm1$	$65^{bc}\pm4$	$74^{ab}\pm1$
สูตร 5	$83^{a}\pm4$	$84^{a}\pm2$	$81^{a}\pm1$	$86^{a}\pm2$	$80^{a}\pm3$
สูตร 6	$63^{bc}\pm1$	$64^{b}\pm1$	$66^{b}\pm1$	$65^{bc}\pm3$	$56^{d}\pm3$
สูตร 7	$64^{b}\pm1$	$63^{b}\pm1$	$63^{bc}\pm2$	$71^{b}\pm2$	$67^{bc}\pm3$
สูตร 8	$57^{c}\pm1$	$61^{b}\pm1$	$59^{cd}\pm3$	$62^{bc}\pm4$	$65^{cd}\pm1$

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ ค-9 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลในอาหารเหลวสังเคราะห์ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

อาหารเหลว	ปริมาณน้ำตาล (กรัม/ลิตร)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	$21.25^{e}\pm2.37$	$20.67^{f}\pm0.87$	$1.60^{g}\pm0.07$	$0.34^{d}\pm0.01$	$0.56^{f}\pm0.34$
สูตร 2	$22.28^{e}\pm0.44$	$20.86^{f}\pm0.47$	$19.75^{f}\pm0.02$	$17.95^{c}\pm0.66$	$6.58^{e}\pm0.71$
สูตร 3	$57.41^{b}\pm4.45$	$59.44^{a}\pm2.84$	$51.11^{b}\pm0.54$	$56.71^{a}\pm0.47$	$59.24^{a}\pm0.75$
สูตร 4	$65.54^{a}\pm1.21$	$56.51^{ab}\pm1.56$	$54.05^{a}\pm0.04$	$52.44^{a}\pm0.19$	$54.42^{b}\pm0.46$
สูตร 5	$31.45^{d}\pm1.23$	$49.26^{d}\pm3.47$	$29.04^{e}\pm2.53$	$17.71^{c}\pm15.57$	$0.00^{f}\pm0.00$
สูตร 6	$49.43^{c}\pm1.16$	$43.93^{e}\pm0.49$	$39.89^{c}\pm0.17$	$33.62^{b}\pm0.30$	$31.89^{c}\pm0.39$
สูตร 7	$51.02^{c}\pm0.61$	$50.90^{cd}\pm1.41$	$41.22^{c}\pm0.35$	$25.03^{bc}\pm3.47$	$0.62^{f}\pm0.01$
สูตร 8	$59.42^{d}\pm2.23$	$54.10^{bc}\pm0.06$	$35.66^{d}\pm0.23$	$48.09^{a}\pm0.01$	$20.75^{d}\pm0.96$

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-10 การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

อาหารเหลว	ปริมาณไนโตรเจน (กรัม/ลิตร)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	1.10^{b}±0.00	1.00^{a}±0.00	1.00^{c}±0.01	0.40±0.00	0.30^{d}±0.01
สูตร 2	1.10^{b}±0.00	1.00^{a}±0.01	1.00^{c}±0.01	1.70^{a}±0.02	1.50^{a}±0.04
สูตร 3	0.90^{c}±0.00	0.40±0.01	0.30^{d}±0.01	0.20±0.00	0.30^{d}±0.01
สูตร 4	0.90^{c}±0.00	1.00^{a}±0.01	1.50^{b}±0.01	1.70^{a}±0.01	1.60^{a}±0.02
สูตร 5	1.30^{a}±0.00	0.20±0.00	0.30^{d}±0.01	0.20±0.00	0.20^{d}±0.00
สูตร 6	1.30^{a}±0.01	1.10^{a}±0.00	1.50^{b}±0.01	1.60^{a}±0.00	1.40^{ab}±0.01
สูตร 7	1.10^{b}±0.00	0.30±0.01	0.30^{d}±0.00	1.20^{a}±0.08	0.70^{c}±0.00
สูตร 8	1.20^{ab}±0.01	1.50^{a}±0.06	1.90^{a}±0.03	1.90^{a}±0.02	1.00^{bc}±0.00

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค-11 การเปรียบเทียบสัดส่วน คาร์บอน/ไนโตรเจน ของอาหารเหลวสังเคราะห์ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

อาหารเหลว	สัดส่วน คาร์บอน/ไนโตรเจน				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	8.10^{d}±0.90	8.27±0.35	0.67±0.01	0.31^{c}±0.01	0.71±0.04
สูตร 2	8.16^{d}±0.16	8.44±0.53	8.16±1.56	4.48^{bc}±0.73	1.85±0.19
สูตร 3	26.30^{a}±2.04	74.24^{b}±9.72	73.78^{a}±10.56	105.86^{a}±17.11	88.47^{a}±25.02
สูตร 4	28.75^{a}±0.53	22.59±3.25	14.90±0.11	12.28^{bc}±0.74	14.49±2.09
สูตร 5	13.78^{d}±1.04	57.18^{a}±7.11	48.12^{b}±19.78	29.25^{b}±24.65	0.00±0.00
สูตร 6	16.13^{c}±0.92	15.92±0.06	11.00±0.71	8.37^{bc}±0.16	9.73±0.35
สูตร 7	18.78^{b}±0.22	76.07^{b}±8.80	62.47^{ab}±0.92	10.42^{bc}±5.47	0.36±0.04
สูตร 8	21.21^{b}±1.74	16.67±7.50	7.68±1.29	10.59^{bc}±1.12	8.24±0.33

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-12 การเปรียบเทียบค่าสีแดงของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

อาหารเหลว	ค่าสีแดง (ยูนิต/มิลลิลิตร)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	0.018±0.002	0.017^{ab}±0.004	0.002^{cd}±0.002	-0.002^{e}±0.001	0.006^{c}±0.006
สูตร 2	0.003±0.001	0.007^{b}±0.006	0.019^{b}±0.004	0.024^{b}±0.001	0.054^{a}±0.002
สูตร 3	0.020±0.025	-0.005^{b}±0.001	-0.004^{cd}±0.002	-0.007^{e}±0.001	0.001^{c}±0.008
สูตร 4	0.003±0.001	-0.002^{b}±0.011	0.004^{c}±0.007	0.016^{c}±0.001	0.005^{c}±0.001
สูตร 5	0.022±0.037	-0.005^{b}±0.001	-0.004^{d}±0.000	-0.007^{e}±0.001	-0.005^{c}±0.001
สูตร 6	0.003±0.000	0.024^{a}±0.016	0.015^{b}±0.001	0.088^{a}±0.006	0.059^{a}±0.000
สูตร 7	0.024±0.035	-0.002^{b}±0.004	-0.001^{cd}±0.002	0.007^{d}±0.001	0.036^{b}±0.013
สูตร 8	-0.007±0.001	-0.001^{b}±0.016	0.131^{a}±0.001	0.015^{c}±0.000	0.051^{ab}±0.011

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค-13 การเปรียบเทียบค่าสี L (ความสว่าง) ของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

อาหารเหลว	ค่าสี L (ความสว่าง)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	68.33^{a}±0.01	69.21^{a}±0.66	64.17^{a}±5.69	65.67^{a}±2.00	75.36^{a}±3.71
สูตร 2	18.55^{c}±0.28	18.27^{g}±0.45	9.73^{f}±0.08	5.02^{d}±0.07	4.10^{e}±0.16
สูตร 3	66.72^{a}±0.02	61.58^{b}±0.47	59.81^{ab}±0.36	65.31^{a}±0.67	65.94^{b}±0.93
สูตร 4	39.85^{b}±0.33	40.16^{e}±0.21	34.13^{d}±0.74	26.42^{c}±0.00	22.93^{d}±0.00
สูตร 5	67.85^{a}±0.33	56.79^{c}±0.18	58.71^{b}±0.35	66.90^{a}±0.94	67.82^{b}±0.37
สูตร 6	19.53^{c}±2.56	32.31^{f}±0.35	16.12^{e}±0.21	4.98^{d}±0.40	3.29^{e}±0.33
สูตร 7	69.31^{a}±1.10	55.54^{d}±0.44	42.58^{c}±0.41	50.36^{b}±1.54	43.99^{c}±0.21
สูตร 8	12.65^{d}±1.17	12.62^{h}±0.68	4.12^{g}±0.28	2.02^{e}±0.54	1.22^{e}±0.12

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-14 การเปรียบเทียบค่าสี a ของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

อาหารเหลว	ค่าสี a (แดง-เขียว)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	-0.96^{c}±0.04	-0.62^{f}±0.40	4.22^{f}±0.57	3.86^{d}±0.29	0.26^{f}±1.43
สูตร 2	15.36^{b}±3.53	19.25^{b}±0.40	15.28^{c}±0.04	9.33^{b}±0.29	7.73^{c}±0.08
สูตร 3	-0.81^{c}±0.04	1.98^{e}±0.34	4.83^{f}±0.25	4.93^{ed}±0.03	3.76^{e}±0.61
สูตร 4	24.21^{a}±1.32	19.12^{b}±0.16	25.15^{a}±0.87	25.72^{a}±0.09	25.65^{b}±0.18
สูตร 5	-0.46^{c}±0.37	6.17^{d}±0.19	5.25^{d}±0.50	6.35^{c}±0.59	6.10^{d}±0.18
สูตร 6	15.57^{b}±4.53	23.18^{a}±0.84	21.19^{ef}±0.91	8.49^{b}±0.20	6.04^{d}±0.08
สูตร 7	-0.70^{c}±0.13	7.93^{c}±0.23	10.39^{d}±2.05	24.40^{a}±2.07	30.41^{a}±0.45
สูตร 8	16.08^{b}±0.57	18.59^{b}±0.08	7.24^{e}±0.42	3.38^{d}±0.42	1.49^{f}±0.06

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค-15 การเปรียบเทียบค่าสี b ของอาหารเหลวสังเคราะห์ ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

อาหารเหลว	ค่าสี b (เหลือง-น้ำเงิน)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	15.80^{bc}±0.13	17.19^{d} ± 1.19	23.62^{c}±2.20	24.15^{d}±0.01	22.77^{c}±0.19
สูตร 2	13.59^{c}±2.27	11.82^{e} ±0.62	6.33^{f}±0.36	2.67^{f}±0.05	2.07^{e}±0.12
สูตร 3	19.00^{ab} ±0.19	24.21^{b}± 0.20	25.96^{ab}±0.08	28.93^{c}±0.08	30.01^{a}±0.08
สูตร 4	21.16^{a}±3.05	24.28^{b}±0.11	21.48^{d}±0.09	16.64^{e}±0.54	14.35^{d}±0.54
สูตร 5	18.55^{ab}±0.91	27.09^{a}±0.07	26.85^{a}±0.16	32.31^{a}±0.67	30.43^{a}±0.30
สูตร 6	14.20^{c}±0.77	20.38^{c}±0.18	10.48^{e}±0.23	2.51^{f}±0.07	1.31^{f}±0.06
สูตร 7	18.32^{ab}±0.45	27.81^{a}±0.02	24.47^{bc}±1.07	30.92^{b}±0.73	28.24^{b}±0.13
สูตร 8	7.11^{d}±0.61	7.52^{f}±0.03	2.48^{g}±0.09	0.16^{g}±0.07	-0.54^{g}±0.08

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-16 การเปรียบเทียบค่าพีเอชของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

ข้าว	ค่า pH				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	$7.34^{b}\pm0.07$	$7.35^{a}\pm0.13$	$6.97^{a}\pm0.10$	$7.50^{a}\pm0.30$	$7.85^{a}\pm0.35$
สูตร 2	$6.67^{c}\pm0.00$	$6.68^{b}\pm0.01$	$5.66^{c}\pm0.01$	$5.44^{e}\pm0.01$	$6.70^{b}\pm0.01$
สูตร 3	$7.50^{a}\pm0.01$	$7.27^{a}\pm0.04$	$6.34^{b}\pm0.39$	$6.99^{a}\pm0.01$	$6.71^{b}\pm0.01$
สูตร 4	$7.34^{b}\pm0.07$	$7.40^{a}\pm0.07$	$6.99^{a}\pm0.01$	$6.89^{a}\pm0.05$	$6.97^{b}\pm0.04$
สูตร 5	$6.67^{c}\pm0.00$	$6.60^{bc}\pm0.01$	$6.65^{ab}\pm0.01$	$5.76^{bc}\pm0.01$	$5.92^{c}\pm0.02$
สูตร 6	$6.71^{c}\pm0.02$	$6.45^{c}\pm0.02$	$6.31^{b}\pm0.04$	$6.23^{b}\pm0.08$	$5.85^{c}\pm0.06$

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ ค-17 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรต (as glucose) ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

ข้าว	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	$56.89^{c}\pm1.99$	$54.10^{b}\pm3.66$	$56.26^{bc}\pm1.05$	$45.91^{b}\pm1.90$	$25.19^{f}\pm6.94$
สูตร 2	$76.79^{a}\pm0.16$	$79.53^{a}\pm3.92$	$63.72^{b}\pm1.49$	$74.55^{a}\pm4.30$	$57.60^{b}\pm0.10$
สูตร 3	$62.23^{b}\pm0.04$	$56.26^{b}\pm4.18$	$58.36^{b}\pm5.07$	$46.31^{b}\pm0.64$	$33.05^{e}\pm0.07$
สูตร 4	$56.89^{c}\pm1.99$	$58.01^{b}\pm5.54$	$63.83^{b}\pm4.83$	$56.25^{b}\pm11.26$	$48.26^{c}\pm0.68$
สูตร 5	$76.79^{a}\pm0.16$	$82.36^{a}\pm0.97$	$80.62^{a}\pm1.49$	$82.04^{a}\pm3.51$	$76.68^{a}\pm0.42$
สูตร 6	$62.23^{b}\pm0.02$	$51.76^{b}\pm8.15$	$47.81^{c}\pm4.29$	$48.40^{b}\pm10.07$	$40.78^{d}\pm2.08$

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-18 การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

ข้าว	ปริมาณไนโตรเจน (%)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	1.49^{b}±0.01	1.51^{b}±0.10	1.89^{b}±0.40	2.33^{c}±0.09	3.17^{b}±0.46
สูตร 2	1.98^{a}±0.11	2.09^{a}±0.16	4.45^{a}±1.92	3.96^{a}±0.19	5.13^{a}±0.28
สูตร 3	1.34^{b}±0.00	1.40^{b}±0.01	1.67^{b}±0.11	2.26^{c}±0.07	3.28^{b}±0.00
สูตร 4	1.49^{b}±0.01	1.55^{b}±0.04	1.58^{b}±0.02	1.65^{d}±0.12	1.73^{d}±0.04
สูตร 5	1.98^{a}±0.11	2.06^{a}±0.06	2.26^{b}±0.06	2.99^{b}±0.11	2.42^{c}±0.16
สูตร 6	1.44^{b}±0.00	1.41^{b}±0.01	1.46^{b}±0.02	1.41^{d}±0.00	1.38^{d}±0.07

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค-19 การเปรียบเทียบสัดส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจนของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

ข้าว	สัดส่วน คาร์บอน/ไนโตรเจน				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	13.89^{b}±0.56	14.41±1.95	12.23±2.81	7.92^{b}±0.65	3.28±1.36
สูตร 2	14.10^{b}±1.05	15.27±0.39	6.29^{a}±2.58	7.56^{b}±0.80	4.50±0.25
สูตร 3	16.28^{a}±0.01	16.06±1.34	14.03±2.14	8.20^{b}±0.14	4.03±0.01
สูตร 4	13.89^{b}±0.56	14.97±1.05	16.25±1.43	13.83^{a}±3.75	11.18^{a}±0.39
สูตร 5	14.10^{b}±1.05	16.01±0.25	14.28±0.11	10.99^{ab}±0.88	12.74^{a}±0.77
สูตร 6	16.28^{a}±0.01	14.75±2.41	13.13±0.96	13.76^{a}±2.85	11.84^{a}±1.16

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-20 การเปรียบเทียบค่าสีแดงของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

ข้าว	ค่าสีแดง (ยูนิต/กรัม)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	1.190±3.494	1.285^{bc}±1.160	12.521^{bc}±11.055	28.513^{d}±1.923	126.500^{c}±1.181
สูตร 2	1.178±3.461	2.742^{b}±0.880	54.051^{a}±1.192	150.450^{b}±6.702	139.331^{c}±11.253
สูตร 3	1.171±3.379	0.328^{bc}±2.018	23.908^{b}±5.415	58.950^{c}±0.588	207.846^{b}±1.414
สูตร 4	1.148±3.370	-0.824^{c}±0.276	7.408^{c}±6.482	8.177^{e}±1.453	46.711^{d}±3.985
สูตร 5	1.377±4.043	13.836^{a}±0.629	54.051^{a}±1.192	187.646^{a}±10.435	314.757^{a}±5.216
สูตร 6	1.181±3.392	-0.856^{c}±0.942	6.792^{c}±1.550	5.331^{e}±0.590	43.977^{d}±9.937

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ ค-21 การเปรียบเทียบค่าสี L (ความสว่าง) ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

ข้าว	ค่าสี L (ความสว่าง)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	79.19^{a}±1.34	68.97±3.63	52.64^{a}±9.21	47.93^{a}±0.00	33.43^{ab}±4.31
สูตร 2	64.81^{b}±0.00	68.19±1.61	40.34^{ab}±0.40	45.52^{ab}±0.02	36.45^{a}±0.66
สูตร 3	81.00^{a}±0.56	70.93±1.15	44.80^{ab}±3.14	43.13^{bc}±1.15	32.38^{ab}±0.08
สูตร 4	80.08^{a}±1.06	67.15±4.70	42.72^{ab}±9.53	41.05^{c}±1.55	32.25^{ab}±0.66
สูตร 5	53.79^{c}±0.32	52.34^{a}±1.06	34.44^{b}±1.29	31.90^{d}±0.57	31.14^{b}±0.86
สูตร 6	79.23^{a}±0.83	66.75±1.17	39.92^{ab}±1.11	43.35^{bc}±2.86	33.52^{ab}±0.10

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-22 การเปรียบเทียบค่าสี a ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

ข้าว	ค่าสี a (แดง-เขียว)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	$0.62^{c}\pm0.08$	$5.41^{cd}\pm1.39$	11.42±1.63	$15.19^{a}\pm0.01$	$13.06^{a}\pm1.25$
สูตร 2	$3.52^{b}\pm0.06$	$5.35^{cd}\pm0.08$	12.55±0.05	$13.83^{a}\pm0.07$	$11.42^{a}\pm0.41$
สูตร 3	$-0.10^{e}\pm0.06$	$4.41^{d}\pm0.04$	13.79±0.87	$15.03^{a}\pm0.06$	$11.88^{a}\pm0.91$
สูตร 4	$0.44^{d}\pm0.06$	$6.56^{c}\pm0.64$	11.97±3.06	$11.78^{b}\pm0.20$	$6.72^{b}\pm0.62$
สูตร 5	$4.31^{a}\pm0.06$	$11.89^{a}\pm0.18$	9.44±2.21	$5.90^{c}\pm1.03$	$6.69^{b}\pm0.59$
สูตร 6	$0.44^{d}\pm0.08$	$8.31^{b}\pm0.34$	9.70±1.01	$11.27^{b}\pm1.63$	$6.52^{b}\pm0.40$

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ ค-23 การเปรียบเทียบค่าสี b ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

ข้าว	ค่าสี b (เหลือง-น้ำเงิน)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	$12.00^{c}\pm0.89$	9.25±1.14	$6.40^{a}\pm0.11$	$6.51^{a}\pm0.06$	$3.57^{ab}\pm2.19$
สูตร 2	$14.86^{a}\pm0.11$	9.61±1.33	$5.10^{ab}\pm0.06$	$6.60^{a}\pm0.01$	$5.36^{a}\pm0.45$
สูตร 3	$10.75^{d}\pm0.43$	10.17±0.25	$5.38^{ab}\pm0.18$	$5.76^{a}\pm0.03$	$1.90^{b}\pm0.31$
สูตร 4	$12.06^{c}\pm0.37$	9.18±0.59	$4.38^{ab}\pm1.65$	$4.33^{b}\pm0.29$	$2.00^{b}\pm0.12$
สูตร 5	$13.65^{b}\pm0.13$	9.71±0.27	$3.64^{b}\pm1.00$	$2.15^{c}\pm0.40$	$2.63^{b}\pm0.40$
สูตร 6	$11.85^{c}\pm0.23$	8.54±0.22	$3.65^{b}\pm0.40$	$4.66^{b}\pm0.67$	$1.99^{b}\pm0.17$

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค-24 การเปรียบเทียบค่าสี Hue ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

ข้าว	ค่า Hue (องศา)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	$87.07^{c}\pm0.16$	$59.54^{ab}\pm9.43$	$29.49^{a}\pm3.94$	$23.20^{b}\pm0.16$	$18.86^{bc}\pm0.14$
สูตร 2	$76.69^{d}\pm0.33$	$60.71^{ab}\pm3.77$	22.11 ± 0.33	$25.51^{a}\pm0.07$	$25.17^{a}\pm2.65$
สูตร 3	$87.52^{a}\pm0.36$	$66.59^{a}\pm0.71$	21.36 ± 1.90	$20.98^{c}\pm0.01$	$9.06^{d}\pm0.78$
สูตร 4	$87.92^{b}\pm0.21$	$54.44^{bc}\pm4.41$	19.77 ± 2.31	$20.14^{c}\pm0.93$	$16.55^{c}\pm0.45$
สูตร 5	$72.48^{e}\pm0.10$	$39.25^{d}\pm0.36$	21.00 ± 0.82	$20.03^{c}\pm0.19$	$21.42^{b}\pm1.23$
สูตร 6	$87.90^{b}\pm0.34$	$45.77^{cd}\pm0.42$	20.60 ± 0.12	$22.43^{b}\pm0.01$	$16.93^{c}\pm0.40$

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ ค-25 การเปรียบเทียบค่าสี Chroma ของข้าวแดง 6 สูตร ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU และ *M. ruber* TISTR 3006 ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 20 วัน

ข้าว	ค่าสี Chroma				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน	20 วัน
สูตร 1	$12.02^{b}\pm0.90$	10.79 ± 0.28	13.10 ± 1.36	$16.52^{a}\pm0.04$	$6.40^{b}\pm0.18$
สูตร 2	$15.27^{a}\pm0.09$	11.01 ± 1.12	13.54 ± 0.03	$15.32^{a}\pm0.07$	$12.63^{a}\pm0.18$
สูตร 3	$10.75^{c}\pm0.43$	11.09 ± 0.22	14.80 ± 0.74	$16.09^{a}\pm0.07$	$12.03^{a}\pm0.95$
สูตร 4	$12.07^{b}\pm0.37$	11.30 ± 0.11	12.74 ± 3.44	$12.55^{b}\pm0.29$	$7.00^{b}\pm0.62$
สูตร 5	$14.32^{a}\pm0.12$	$15.35^{a}\pm0.30$	10.12 ± 2.43	$6.28^{c}\pm1.10$	$7.19^{b}\pm0.69$
สูตร 6	$11.86^{b}\pm0.23$	11.91 ± 0.40	10.36 ± 1.09	$12.20^{b}\pm1.76$	$6.81^{b}\pm0.42$

หมายเหตุ 1. ตัวเลขที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวศศิธร ใบผ่อง	
วัน เดือน ปีเกิด	24 กุมภาพันธ์ 2516	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2534 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนดาราวิทยาลัย เชียงใหม่	
	พ.ศ. 2538 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	
ประสบการณ์	พ.ศ.2538-40	เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ บริษัท ภูพิงค์แดรี่โปรดักส์ จำกัด
	พ.ศ.2540-41	รักษาการณ์ผู้จัดการแผนกควบคุมคุณภาพ บริษัท ภูพิงค์แดรี่โปรดักส์ จำกัด
	พ.ศ.2541-43	ผู้จัดการแผนกควบคุมคุณภาพ บริษัท ภูพิงค์แดรี่โปรดักส์ จำกัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved