ภาคผนวก ก
สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารแข็งสูตร Yeast Malt extract สำหรับเก็บรักษาเชื้อ

กลูโคส	10	กรัม
ยีสต์สกัด	3	กรัม
มอลต์สกัด	3	กรัม
เปปโตน	5	กรัม
วุ้นผง	15	กรัม
น้ำกลั่น	1000	กรัม

ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ± 0.2

2. อาหารเหลวสูตร Yeast Malt extract สำหรับเตรียมหัวเชื้อ

กลูโคส	10	กรัม
ยีสต์สกัด	3	กรัม
มอลต์สกัด	3	กรัม
เปปโตน	5	กรัม
น้ำกลั่นปรับให้ได้ปริมาตร	1000	กรัม

ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ± 0.2

3. อาหารเหลวสูตร Roseiro (Roseiro *et al.*, 1992)

กลูโคส	30	กรัม
แอมโมเนียซัลเฟต	3.33	กรัม
กรดบอริค	0.0072	กรัม
เฟอริกคลอไรด์	0.0042	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	7.2	กรัม
แคลเซียมคาร์บอนเนต	0.029	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต	0.24	กรัม
ซิงค์ออกไซด์	0.006	กรัม
กรดซิตริก	2	กรัม
น้ำกลั่นปรับให้ได้ปริมาตร	1000	กรัม

ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ± 0.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. สารละลายสำหรับเจือจาง

โซเดียมคลอไรด์	8.5	กรัม
เปปโตน	1	กรัม
น้ำกลั่นปรับให้ได้ปริมาตร	1000	กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 2000)

หลักการ

เป็นการหาน้ำหนักที่เหลืออยู่หลังจากการระเหยน้ำและสารที่ระเหยได้ออกไปจากผลิตภัณฑ์แล้วภายใต้อุณหภูมิที่กำหนด

วิธีการวิเคราะห์

1. อบ moisture can พร้อมฝาปิดในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W1)
2. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน (2-3 กรัม) ใส่ใน moisture can ที่อบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว (W2)
3. นำ moisture can ที่ใส่ตัวอย่างแล้วไปอบในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาออก อบเป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบโดยปิดฝาทันทีและทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักไว้
5. นำเข้าอบต่ออีกครั้งละ 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ (W3) (น้ำหนักคงที่ หมายความว่าผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม)
6. บันทึกข้อมูลและผลการคำนวณลงในแบบบันทึกผลการวิเคราะห์หาของแข็งทั้งหมด ดังนี้

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

เมื่อ

W1 = น้ำหนักของ moisture can (กรัม)

W2 = น้ำหนักของ moisture can และตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W3 = น้ำหนักของ moisture can และตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2. การวิเคราะห์โปรตีน/ไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธีเจลดาห์ล (AOAC, 2000)

โปรตีนเป็นสารประกอบไนโตรเจน คำนวณได้จากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคูณกับแฟคเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลักการ

ตัวอย่างจะถูกย่อยด้วยกรดซัลฟูริคโดยใช้คอปเปอร์ซัลเฟตและโพแทสเซียมซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเพิ่มอุณหภูมิ ไนโตรเจนจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียและทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริคได้

แอมโมเนียมซัลเฟต ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะระเหยออกไป ดังสมการ

สารประกอบไนโตรเจน + H_2SO_4 ⟶ CO_2 + H2O + $(NH_4)_2SO_4$ + SO_2

เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นด่างแก่ลงไปในแอมโมเนียซัลเฟตและให้ความร้อน แอมโมเนียจะถูกปล่อยออกมาและจะถูกจับในสารละลายกรดบอริค

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow 2NH_3\uparrow + Na_2SO_4 + H_2O$$

$$NH_3 + H_3BO_3 \longrightarrow H_3BO_3NH_3$$

นำสารละลายที่กลั่นได้ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริคเพื่อคำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนปริมาณโปรตีนคำนวณจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคูณกับแฟคเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอนโดยใช้สตูปใส่ตัวอย่าง 0.5-2.0 กรัม และชั่งน้ำหนัก (W1) ถ่ายตัวอย่างลงในฟลาสก์เจลดาห์ล แล้วชั่งน้ำหนักสตูปที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้ว (W2)
2. เติมคอปเปอร์ซัลเฟต จำนวน 0.5 กรัม และโพแทสเซียมซัลเฟต จำนวน 15 กรัม
3. เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 25 มิลลิลิตร โดยเอียงขวดและค่อยๆ รินกรดลงด้านข้างโดยรอบเพื่อให้กรดชะล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ด้านข้างลงไปให้หมด เขย่าเบาๆ ปิดปากฟลาสก์
4. นำไปย่อยในตู้ดูดควัน ปรับความร้อนให้อยู่ที่ระดับ 4 นาน 15 นาที แล้วเพิ่มความร้อนเป็นระดับ 5 ย่อยนาน 1 ชั่วโมง แล้วเพิ่มความร้อนขึ้นอีกครั้งโดยปรับความร้อนที่ระดับ 9 ย่อยต่ออีก 2 ชั่วโมง ปิดไฟ ตั้งไว้ให้เย็นจะได้สารละลายใสสีเขียว
5. นำฟลาสก์เจลดาห์ลที่ย่อยเรียบร้อยแล้วในข้อ 4 ไปกลั่นต่อใน Kjeldahl distillation set โดยปลายอีกด้านหนึ่งจะเป็นสารละลายบอริค 50 มิลลิลิตรที่เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 6-10 หยด (เพื่อดักจับแอมโมเนียที่ได้จากการกลั่น)
6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้มีปริมาณมากเกินพอผ่านทางท่อของ Kjeldahl distillation set กลั่นแอมโมเนียจนสารละลายบอริค เปลี่ยนเป็นสีฟ้าอมเขียว
7. นำสารละลายที่กลั่นได้ในข้อ 6 ไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริคจนได้จุดยุติคือสังเกตเห็นสีชมพูปรากฏขึ้นและสารละลายมีสีเทาอมม่วง
8. ทำ Blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง
9. ให้บันทึกข้อมูล การคำนวณ และผลการคำนวณ ในแบบบันทึกผลการวิเคราะห์โปรตีน/

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไนโตรเจนทั้งหมด

10. วิธีคำนวณปริมาณโปรตีน ทำได้ดังนี้

ปริมาณไนโตรเจน ร้อยละของน้ำหนัก = $\frac{(Vs-Vb) \times NH_2SO_4 \times 1.4007]}{(W1-W2)}$

เมื่อ

Vs = ปริมาณของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริคที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร

Vb = ปริมาณของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริคที่ใช้ในการไตเตรท blank เป็นมิลลิลิตร

NH_2SO_4 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค เป็นนอร์มัล

W1 = น้ำหนักสตูปและตัวอย่างเป็นกรัม

W2 = น้ำหนักสตูปที่ถ่ายตัวอย่างออกแล้วเป็นกรัม

ปริมาณโปรตีน ร้อยละของน้ำหนัก = ปริมาณไนโตรเจน ร้อยละของน้ำหนัก ×แฟคเตอร์

หมายเหตุ: น้ำนมมีค่าแฟคเตอร์เป็น 6.38

3. การวิเคราะห์ไขมันโดยวิธีซอล์กเลต (AOAC, 2000)

เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไขมันในตัวอย่างที่สกัดได้โดยตรงด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

หลักการ

เป็นการสกัดไขมันอย่างต่อเนื่องด้วยน้ำทำละลายอินทรีย์ ตามระยะเวลาที่กำหนด ภายหลังจากการสกัด จะระเหยตัวทำละลายอินทรีย์และทำการชั่งน้ำหนักไขมันที่ได้

วิธีการวิเคราะห์

1. อบขวดแก้วกลมด้วยตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ชั่งน้ำหนัก (W1)
2. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้ว โดยเครื่องชั่งสำหรับงายวิเคราะห์ปริมาณ 2 กรัม (W) ในบิกเกอร์ เทผ่านกรวยกรองลงในทิมเบอร์ที่มีกระดาษกรองรองรับภายใน และวางทิมเบอร์ลงในชุดซอล์กเลต
3. สกัดโดยใช้ไดเอทธิลอีเทอร์ 3 ครั้ง
4. เมื่อทำการสกัดครบตามที่กำหนด ให้ระเหยอีเทอร์ออกจากตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. นำขวดก้นกลมที่มีไขมันเหลืออยู่ไปอังที่เครื่องอังไอน้ำจนอีเทอร์ระเหยหมดแล้วนำไปอบที่ตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 – 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำเย็นในแดซิเคเตอร์ชั่งน้ำหนัก

6. อบต่ออีกครั้งละประมาณ 30 นาที จนน้ำหนักคงที่ (น้ำหนักคงที่คือผลต่างของการชั่งสองครั้งติดต่อกันมีค่าไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) ชั่งน้ำหนัก (W2)

7. วิธีคำนวณปริมาณไขมัน

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

เมื่อ

W1 = น้ำหนักขวดก้นกลมเป็นกรัม

W2 = น้ำหนักขวดก้นกลมและไขมันเป็นกรัม

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

4. ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงและน้ำตาลทั้งหมดใช้วิธีของ Lane and Eynon (AOAC, 2000)

เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในตัวอย่าง

หลักการ

เป็นการหาปริมาณรีดิวส์ซิงในตัวอย่างโดยใช้วิธีการ ให้น้ำตาลรีดิวส์ซิงที่มีอยู่ในตัวอย่างอาหาร ทำปฏิกิริยากับสารประกอบคอปเปอร์ จนได้ตะกอนสีแดงอิฐ และนำปริมาณตัวอย่างที่ไตเตรทได้ไปเทียบกับปริมาณน้ำตาลในตารางมาตรฐาน เพื่อหาปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงที่มีในตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำเวย์ประมาณ 13 กรัม เติม clearing agent คือ สารละลาย Carrez No.1 and No. 2 ลงไป อย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 (Whatman เบอร์ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร) เก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล ดังต่อไปนี้

2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงก่อนการทำอินเวอร์ชัน โดย นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ในบิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย Fehling No.1 และ No.2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ใส่แท่งแม่เหล็ก นำไปตั้งบนเครื่อง Hot plate and magnetic stirrer จนเดือด หยดสารละลายเมทิลีนบลูลงไป 1-2 หยด ไตเตรทกับสารละลายน้ำตาลตัวอย่างจนสีน้ำเงินจางลง ไตเตรทต่อจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือตะกอนสีส้มแดง บันทึกปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ถ้าปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้อยู่ในช่วง 15-50 มิลลิลิตร แสดงว่าสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นเหมาะสม ทำการไตเตรทสารละลายตัวอย่างให้ได้ค่าที่ถูกต้องกับสารละลาย Fehling โดยปล่อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารละลายน้ำตาลจากบิวเรตลงไปทันที โดยใช้ปริมาตรน้อยกว่าที่ใช้ในการไตเตรทครั้งแรกประมาณ 1-2 มิลลิลิตร ปล่อยให้เดือดนาน 2 นาที หยดสารละลายเมทิลีนบลู 1 หยดไตเตรทจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือตะกอนสีส้มแดง บันทึกปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่ใช้ ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำปริมาตรสารละลายน้ำตาลที่ใช้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปเปรียบเทียบหาปริมาณน้ำตาลในสารละลายตัวอย่างจากตารางมาตรฐาน

3. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงภายหลังการทำอินเวอร์ชัน โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 6.34 นอร์มัล ลงไป 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปไฮโดรไลซ์ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath "Gallenkamp", England) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากนั้นนำมาทำให้เย็น แล้วปรับค่าพีเอชให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5 นอร์มัล แล้วปรับปริมาตรสารละลายให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายตัวอย่างนี้ใส่ลงในบิวเรต ทำการไตเตรทกับสารละลาย Fehling เช่นเดียวกับการหาปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ซิงก่อนการทำอินเวอร์ชัน

น้ำตาลซูโครส (%) = $(D_2 - D_1) \times 0.95$

น้ำตาลทั้งหมด (%) = เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส + D_1

เมื่อ D_1 = เปอร์เซ็นต์น้ำตาลก่อนการทำอินเวอร์ชัน

D_2 = เปอร์เซ็นต์น้ำตาลภายหลังการทำอินเวอร์ชัน

5. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter) (AOAC, 2000)

หลักการและวิธีการวิเคราะห์

ตัวอย่างสูตรอาหารที่ผ่านการหมักที่ความถี่ทุก 24 ชั่งโมง วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Consort, Model C 830, Belgium) ซึ่งได้มีการปรับค่ามาตรฐานด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.00 และ 7.00 (Merck, Germany) นำ probe จุ่มลงในตัวอย่างเวย์ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ ทำการวัด 2 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

ปริมาณเถ้า หมายถึง ปริมาณที่เหลือหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 525 – 550 องศาเซลเซียส

หลักการ

เป็นการหาปริมาณสารที่เหลือจากการเผาตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 525 – 550 องศาเซลเซียส ในเตาเผาไฟฟ้า

วิธีการวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบ ในเตาเผาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส (เท่ากับอุณหภูมิที่ใช้เผาตัวอย่าง) นาน 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก (W1) และใส่ตัวอย่างทันที่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ชั่งให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 -3 กรัม (W2)

2. นำไปเผาด้วยไฟอ่อนบนเตาไฟฟ้า โดยเพิ่มความร้อนขึ้นที่ละน้อย จนตัวอย่างไหม้เกรียมและเผาต่อด้วยตะเกียงบุนเซน ให้หมดควัน ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นของเหลวหรือกึ่งแข็งกึ่งเหลวให้นำตัวอย่างไประเหยบนเครื่องอังน้ำก่อนนำไปเผาบนเตาไฟฟ้า

3. นำไปเผาต่อในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส ถึง 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว (ใช้เวลา 2 – 3 ชั่วโมง)

4. ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักไว้

5. ถ้าเถ้าทำได้ไม่ขาว ให้หยดน้ำเล็กน้อยพอเปียกชุ่ม (ระวังอย่าให้เถ้าฟุ้งหรือกระเด็น) นำไประเหยให้แห้ง และทำซ้ำตามข้อ 2-4 โดยใช้เวลาในเตาเผาไฟฟ้าเพียง 1 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักคงที่ หมายถึงผลต่างของการชั่งสองครั้งติดกันมีค่าไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) ชั่งน้ำหนักที่ได้ (W2)

6. บันทึกข้อมูลและผลการคำนวณตามข้อ 7.

7. วิธีคำนวณ

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

เมื่อ

W1 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ เป็นกรัม

W2 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่าง เป็นกรัม

W3 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและเถ้า เป็นเถ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

หลักการ

ความชื้น คือสารที่สูญเสียออกไปจากอาหารเมื่อเพิ่มความร้อนให้แก่อาหารนั้น ความร้อนที่ให้อาหารจะต้องมีอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ หรืออาจปล่อยอาหารทิ้งไว้ในสารดูดความชื้น (dehydrating agent หรือ desiccating agent) หรือให้ความร้อนในสภาพสุญญากาศ น้ำหนักที่สูญหายไปจากอาหาร ซึ่งเข้าใจว่าเป็น "น้ำ" นั้นเป็นความจริงแล้วเป็น "สารที่ระเหยได้ทั้งหมด" (total volatile matter) ที่หายไป ณ. ที่อุณหภูมินั้น ส่วนกากหรือของแข็งแห้งที่เหลืออยู่ภายหลังจากน้ำระเหยออกไปหมดแล้ว เรียกว่า "ของแข็งทั้งหมด" (total solid) ความชื้นในอาหารมีความสำคัญต่ออาหารหลายประการ

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำหรือความชื้นในอาหารมีหลายวิธี ซึ่งจะผันแปรไปตามชนิดของอาหาร มีอยู่หลายวิธี วิธีที่ใช้คือวิธีการอบแห้ง

วิธีการอบแห้ง เป็นวิธีการหาน้ำหนักของตัวอย่างที่หายไป เนื่องจากการระเหยของน้ำที่มีอยู่ในอาหารให้กลายเป็นไอน้ำ ที่อุณหภูมิใกล้จุดเดือดหรือที่จุดเดือดของน้ำ วิธีนี้ให้ผลค่อนข้างแน่นอนแต่ต้องคำนึงเสมอว่าการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำ หรือความชื้น อาจมีพวกน้ำมันระเหย (volatile oil) ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในอาหารตัวอย่างสูญเสียไปด้วย เมื่ออบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำที่สูญเสียไปจะเป็น free water ส่วน bound และ adsorbed water แยกออกจากอาหารได้ยากเพราะมันเกาะตัว (associated) กับโปรตีนที่มีอยู่ในอาหาร โดยเฉพาะพวกธัญพืชและถั่วเมล็ดแห้งต่างๆปริมาณน้ำอิสระ (free water) ที่มีอยู่ในอาหารจะสูญเสียเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นในการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้โดยวิธีการอบแห้งจะต้องทำในสภาวะเดียวกัน

การอบแห้งโดยใช้ตู้อบ ใช้จานโลหะ อาจเป็นจานแพลตตินั่ม หรือ porcelain dish ก็ได้และใช้ได้ทั้งนิดที่มีฝาปิดและไม่มีฝาปิดจานโลหะควรเป็นแบบก้นเรียบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 – 8 เซนติเมตร ต้องอบจานโลหะให้แห้งสนิทในตู้อบประมาณ 20 – 30 นาที ทำให้เย็นใน desiccators แล้วชั่งหาน้ำหนักจานโลหะนั้น

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งอาหารตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในจานโลหะที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักแล้ว ถ้าอาหารมีความหนืดสูง อาจเติมทรายที่อบแห้งและทราบน้ำหนักใส่ลงไปด้วย

2. นำจานโลหะไปอบแห้งในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้แน่นอน ให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 100 – 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง

3. นำออกมาจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์ และชั่งหาน้ำหนักหนัก นำอบซ้ำหลายๆครั้งจนได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งค่าที่ได้จะต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.05 กรัม ชั่งหาน้ำหนักของของแข็งที่เหลืออยู่ คำนวณหาน้ำหนักของน้ำที่หายไป และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์ความชื้นหรือสารระเหยทั้งหมด = $\frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}}$ X 100

8. การวิเคราะห์ปริมาณตะกอนสารแซนแทนกัม (ดัดแปลงมาจากวิธีของ Peters *et al*., 1989)

หลักการ

แยกตะกอนแซนแทนกัมจากน้ำหมัก ด้วยการใช้วิธีทางเคมี โดยใช้วิธีการตกตะกอนด้วยการปรับสภาวะการละลายด้วย เกลือ และ เอธิลแอลกอฮอล์

วิธีการวิเคราะห์

1. นำน้ำหมักที่ได้ จากการเลี้ยงเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ชั่วโมงการเลี้ยงต่างๆ ปั่นแยกเซลออก โดยการเจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ระดับ 4 เท่า ต่อปริมาตรของน้ำหมัก จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อเอาเซลล์ออกที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที 10 นาที
2. นำส่วนใสที่ได้ ไปตกตะกอนแซนแทนกัม ด้วย เอธานอลแอลกอฮอล์ ที่ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ 1 เท่า ต่อปริมาตรของน้ำหมักที่ผ่านการเจือจางและแยกเซลล์จุลินทรีย์ออกแล้ว ร่วมกับเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 3 เปอร์เซ็นต์
3. จากนั้นทำการแยกตะกอนแซนแทนกัม โดยล้างตะกอนที่ได้ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ที่ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำกรองผ่านกระดาษกรองเซลลูโลส ขนาดรูกรองเท่ากับ 0.45 ไมโครเมตร
4. นำกระดาษกรองที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่งโมง
5. นำเข้าโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักตะกอนสารแซนแทนกัม
6. วิธีการคำนวณ

เปอร์เซ็นต์ตะกอนสารแซนแทนกัม = $\frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}}$ X 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค
การใช้เครื่องมือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. วิธีการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูงที่ควบคุมอุณหภูมิได้ ยี่ห้อ Hettich รุ่น Rotina 46K

1. เสียบปลั๊กไฟ

2. ใส่ rotor ในปัจจุบันมี 2 ขนาด

Order No. 4622 Angle rotor ความเร็วสูงสุด 11,000 rpm

Order No. 4624 Swing out rotor 4-times ความเร็วสูงสุด 4,000 rpm

3. กด Power ด้างข้างเครื่อง จาก O ไปเป็น I Power On จะมีสีไฟแดงแสดงที่ปุ่มเปิดฝาเครื่อง และมีตัวเลขแสดงค่าบนจอแสดงผล

4. การตั้งโปรแกรมสามารถ ตั้งได้ 4 โปรแกรม คือ 1 2 3 และ #

- กดปุ่ม Prog 1 ครั้งจากนั้นกดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ไปทางซ้าย 1 ครั้งจะเป็นการตั้งเวลา t/min ให้กดปุ่มลูกศรชี้ขึ้น เพื่อเพิ่มเวลาหรือกดปุ่มลูกศรชี้ลง เพื่อลดเวลา โดยเวลาที่ตั้งจะมีหน่วยเป็นนาที

- กดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ไปทางซ้ายอีก 1 ครั้ง เป็นการตั้งเวลา t/min ในกรณีที่ต้องการหมุนเหวี่ยงระยะเวลาสั้นมากเป็นวินาทีให้ตั้งเวลาปุ่มนี้ ให้กดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ขึ้น เพื่อเพิ่มลดเวลา

- จากนั้นกดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ไปทางซ้าย อีก 1 ครั้ง จะเป็นการตั้งความเร็วรอบ มีหน่วยเป็นรอบ/นาที (round per minutes : rpm) ให้กดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ขึ้น เพื่อเพิ่มความเร็วรอบ หรือกดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ลง เพื่อลดความเร็ว

- จากนั้นกดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ไปทางซ้าย อีก 1 ครั้ง จะเป็นการตั้ง Run up parameter คือ อัตราการเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบที่ตั้งไว้ ตั้งได้ตั้งแต่ 1 ถึง 9 โดย 1 ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และ 9 ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วให้กดปุ่มลูกศรชี้ขึ้น เพื่อเพิ่มหรือกดปุ่มลูกศรชี้ลง เพื่อลด

- จากนั้นกดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ไปทางซ้าย อีก 1 ครั้งจะเป็นการตั้ง Run down parameter คืออัตราการลดลงของความเร็วรอบที่ตั้งไว้ขณะที่เครื่องหมุนเหวี่ยงเสร็จสิ้นแล้ว ตั้งได้ตั้งแต่ 1 ถึง 9 ความเร็วรอบลดลงอย่างช้าๆ และ 9 ความเร็วรอบลดลงอย่างรวดเร็ว (ถ้าให้ความเร็วลดลงอย่างรวดเร็วตะกอนที่หมุนเหวี่ยงอาจจะกระเทื่อนได้ การตั้งให้ผู้ใช้งานสังเกตตามความเหมาะสม) ให้กดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ขึ้น เพื่อเพิ่มหรือกดปุ่มลูกศรชี้ลง กดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ลง เพื่อลด

- จากนั้นกดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ไปทางซ้าย อีก 1 ครั้ง จะเป็นการตั้งอุณหภูมิ ตั้งได้ในช่วง – 20 องศาเซลเซียส จนถึง 40 องศาเซลเซียส ให้กดลูกศรชี้ขึ้นเพื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือกดปุ่มลูกศรชี้ลงเพื่อลดอุณหภูมิ

- จากนั้น กดปุ่มเครื่องหมายลูกศรชี้ไปทางซ้าย อีก 1 ครั้ง หน้าจอจะแสดงคำว่า Prog ให้เลือกว่า จะsave ข้อมูลที่ตั้งไว้ในโปรแกรมใด โดยกดให้กดปุ่มลูกศรชี้ขึ้นหรือกดลูกศรชี้ลงเพื่อเลือกโปรแกรมที่จะsave เมื่อเลือกได้ ให้กดปุ่ม Prog อีก 1 ครั้ง เพื่อเป็นการยอมรับข้อมูลที่ตั้งไว้

- สามารถ save ข้อมูลได้ 4 โปรแกรม เมื่อจะเดินเครื่องให้กดปุ่ม Prog เพื่อเลือกโปรแกรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ตั้งไว้ตามต้องการ แล้วกดปุ่ม Start เครื่องจะเริ่มทำงาน ที่เครื่องหมาย จะมีไฟ สีเขียวติด และเมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้ความเร็วรอบของ rotor ที่หมุนอยู่จะลดลงตาม run Down ที่ตั้งไว้ เมื่อความเร็วลดลงถึง 0 rpm ไฟสีแดงก็จะติดที่รูปสัญญาลักษณ์ฝาเปิด

หมายเหตุ : สามารถดูจาก RCF (Relative centrifuge force) จากค่า rpm ที่ตั้งไว้ โดย กดปุ่ม RCF ที่ pane

- ปุ่ม Impulse เมื่อกดค้างไว้ rotor จะหมุนในอัตราเร็วตามที่โปรแกรมที่เลือกไว้ในขณะนั้น และถ้าปล่อยมือจากปุ่ม rotor ก็จะหยุดหมุน ใช้เพื่อลดอุณหภูมิของ chamber ให้ได้ตามที่เราตั้งไว้ก่อนที่จะเริ่มปฏิบัติงานจริง

2. วิธีการใช้เครื่องวัดความหนืด

1. ปรับระดับลูกน้ำ และปรับน้ำศูนย์ของเครื่อง (autozero) โดยกดปุ่มใดปุ่มหนึ่งบนเครื่อง เครื่องจะปรับศูนย์อัตโนมัติ ซึ่งก่อนที่จะปรับ autozero จะต้องถอด cap และ spindle ออกจาก

2. เตรียมตัวอย่างโดยใช้บีกเกอร์ ขนาดบรรจุ 600 มิลลิลิตร (ทรงเตี้ยเท่านั้น) ใส่สารตัวอย่าง ปริมาณ 500 มิลลิลิตร

3. ใส่หัวเข็มวัดโดยจับ scew ของเครื่องไว้ให้แน่นด้วยมือซ้าย แล้วใส่หัวเข็มวัดด้วยมือขาว หมุนตามเข็มนาฬิกาจนแน่นพอดี

4. จุ่มหัวเข็มวัดลงในตัวอย่างจนถึงระดับ “mark” ของหัวเข็มวัด

5. ป้อนข้อมูลของหัวเข็มวัดโดย

- กดปุ่ม select spindle
- กดปุ่มลูกศรขึ้น-ลงเพื่อเลือกเบอร์รหัสของหัวเข็มวัด
- กดปุ่ม select spindle อีกครั้งเพื่อเป็นการ enter รับข้อมูล ภายในเวลา 3 วินาที

6. เลือกความเร็วรอบในการวัด โดย

- กดปุ่มลูกศรขึ้น-ลงเพื่อเลือกความเร็วรอบที่ต้องการ
- กดปุ่ม select spindle เพื่อเป็นการ enter รับข้อมูล ภายในเวลา 3 วินาที

7. ทำการวัดตัวอย่างโดยกดปุ่ม Motor ON/OFF

8. ถ้าต้องการทราบค่าอื่นๆ คือ Shear Rate และ Shear Stress ให้กดปุ่ม Select Display

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3 วิธีการใช้เครื่องวัดสี

เครื่องวัดสี Minolta CR-300 มีระบบวัดสีแบบ absolute chromaticity 5ระบบ คือ CIE Yxy, L*C*H*, XYZ และ Hunter Lab และมีระบบวัดสีแบบ difference color 4ระบบ คือ (Yxy), (L*a*b*), (L*C*H*) และ Hunter (Lab) การมองเห็นสีได้นั้นต้องอาศัยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ hue, chroma และ lightness ซึ่งเรียกว่า "Tristimulus"

- XYZ Color System เป็นการวัดค่า tristimulus ของวัตถุ ซึ่งค่า XYZ tristimulus นี้ได้มีการนำมาใช้ในปี 1931 โดย CIE และใช้เป็นพื้นฐานการคำนวณในการวัดสีด้วยระบบ CIE-color-coordinate systemsทั้งหมด ค่า X บ่งบอกความเป็นสีแดงของวัตถุ ค่าY บ่งบอกความเป็นสีเขียว และความสว่างของวัตถุ และค่า Z บ่งบอกความเป็นสีน้ำเงินของวัตถุ

- CIE Chromaticity Coordinates หรือ CIE Yxy: ค่า Y คือความสว่าง (lightness) แสดงค่าเป็นเปอร์เซนต์ การสะท้อนของแสง ถ้าแสงสะท้อนได้ทั้งหมด ค่า Y = 100% ค่า x และ y เป็น chromaticity coordinates ของ CIE 1931x, y Chromaticity Diagram

- CIE L*a*b* (CIELAB) เป็นระบบวัดสีที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีลักษณะของ color space เป็นระบบวัดสีที่ใกล้เคียงกับความสามารถ (sensitivity) ในการรับรู้สีกของมนุษย์มากที่สุด โดยกำหนดค่าสีดังนี้

ค่า L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (lightness); ค่า L*= 0 คือ perfect black sample และ L* = 100 คือ perfect white sample

ค่า a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว ค่า a เป็น + แสดงว่า วัตถุมีสีออกแดง และค่า a เป็น – แสดงว่าวัตถุมีสีออกเขียว

ค่า b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน ค่า b เป็น + แสดงว่า วัตถุมีสีออกเหลือง ค่า b เป็น – แสดงว่า วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

วิธีการใช้เครื่องวัดสี Minolta Chrome meter CR-300

1. เสียบสายเชื่อมระหว่างตัวหัววัด (measuring head) กับตัวเครื่องประมวลผล (Data Process) บริเวณด้านหลังของเครื่อง ขันน็อตให้แน่น

2. เสียบ adapter เข้ากับช่อง DC 9 V แล้วเสียบปลั๊กไฟฟ้า

3. เปิดเครื่องวัดสี โดยเลื่อนปุ่มสวิสต์ POWER ไป ON

4. ให้ทำการ calibrate เครื่องวัดสีก่อนการใช้งานเสมอ โดยกดปุ่ม CALIBRATE

5. เปลี่ยน mode การวัดสีให้เป็นหน่วย Y x y โดยกดที่ปุ่ม COLOR SPACE SELECT

6. วางหัวทาบบนผิวหน้าของแผ่น calibrate สีขาว กดที่ปุ่ม MEASURE ให้เครื่องวัดค่าสี เครื่องจะอ่านค่า 3 ครั้ง ห้ามเคลื่อนย้าย หัววัดระหว่างการอ่าน เครื่องวัดค่าสีจะบันทึกข้อมูลของค่าสีขาวบนแผ่น calibrate ไว้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. เปลี่ยน mode การวัดสีให้เป็นหน่วยที่ต้องการ โดยกดที่ปุ่ม COLOR SPACE SELECT ซึ่งการวัดสีแบบ ABS mode จะเปลี่ยนจาก Yxy เป็น L*a*b* เป็น L*C*Ho เป็น XYZ Hunter Lab เป็น Yxy เป็น ENTER เครื่องวัดสีพร้อมที่จะวัดตัวอย่างต่อไป

8. วางหัวทาบบนผิวหน้าของตัวอย่างที่มีผิวหน้าเรียบ กดปุ่ม MEASURE ให้เครื่องวัดอ่านค่าสี และ print ข้อมูลการอ่านค่าสีออกมายัง thermal paper (ในกรณีที่เครื่องไม่ได้ตั้ง mode การ print ไว้ ให้ผู้ปฏิบัติงานจดบันทึกข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอเอง)

9. เครื่องวัดสีสามารถคำนวณค่าทางสถิติ คือ Max., Min., Mean และ ให้ได้ โดยกดที่ปุ่ม STATISTIC → ENTER

10. ก่อนเริ่มต้นวัดตัวอย่างต่อไป ให้ลบข้อมูลที่คำนวณค่าทางสถิติแล้วออกก่อน มิฉะนั้นเครื่องจะนำข้อมูลเดิมจากข้อ 9 มาคำนวณด้วย โดยกดที่ปุ่ม ALL DATA CLEAR →ENTER

11. เมื่อใช้เครื่องวัดเสร็จแล้วเรียบร้อยแล้ว ทำความสะอาดหัววัดด้วยกระดาษทิชชูชุบน้ำพอหมาด เช็ดเบาๆ แล้วเช็ดด้วยกระดาษทิชชูแห้งอีกครั้งก่อนเก็บ

12. ปิดเครื่องวัดสี กดปุ่ม POWER ไปยัง OFF

13. ถอดปลั๊กไปฟ้า ถอดสายเชื่อมระหว่างตัวหัววัดกับตัวเครื่องประมวลผล และสาย adepter บริเวณด้านหลังของเครื่องออก

14. เก็บอุปกรณ์ทุกชิ้นลงในกล่องเก็บเครื่องวัดสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ง-1 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์น้ำหมักที่ใช้แหล่งคาร์บอนจากเวย์รูปแบบต่างๆแทน น้ำตาลกลูโคสในสูตรอาหาร Roseiro ในการเลี้ยงเชื้อ *X. campestris* TISTR 840 ที่ชั่วโมงที่ 120

แหล่งคาร์บอน	ปริมาณเชื้อ(cfu/ml)						ค่าความเป็นกรด-ด่าง						น้ำตาลที่เหลือ (เปอร์เซ็นต์)	แซนแทนกัม (กรัมต่อลิตร)	ความหนืด (เซนติพอยซ์)
	0 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง			
R&Whey	$1.52^{a}\times10^{7}$ $\pm1.83\times10^{6}$	$9.05^{a}\times10^{8}$ $\pm1.06\times10^{8}$	$3.11^{a}\times10^{9}$ $\pm4.90\times10^{8}$	$4.40^{a}\times10^{9}$ $\pm1.55\times10^{9}$	$4.55^{a}\times10^{9}$ $\pm6.36\times10^{9}$	$4.39^{a}\times10^{9}$ $\pm2.14\times10^{9}$	7.10^{a} ±0.01	6.89^{b} ±0.00	6.87^{b} ±0.00	6.92^{b} ±0.01	6.82^{b} ±0.00	6.90^{b} ±0.01	$66.77^{a}\pm0.05$	$6.48^{a}\pm0.04$	$54.82^{a}\pm0.98$
R&Enz	$1.24^{a}\times10^{7}$ $\pm2.82\times10^{5}$	$3.10^{a}\times10^{9}$ $\pm4.24\times10^{8}$	$4.30^{a}\times10^{9}$ $\pm8.48\times10^{8}$	$4.35^{a}\times10^{9}$ $\pm6.36\times10^{8}$	$4.45^{a}\times10^{9}$ $\pm3.35\times10^{8}$	$4.55^{a}\times10^{9}$ $\pm6.36\times10^{8}$	7.06^{a} ±0.00	6.80^{b} ±0.00	6.67^{a} ±0.02	6.76^{a} ±0.00	6.85^{a} ±0.00	6.84^{a} ±0.00	$42.57^{b}\pm0.13$	$10.92^{c}\pm0.08$	$90.32^{c}\pm0.06$
R&Acid	$1.64^{a}\times10^{7}$ $\pm2.40\times10^{6}$	$2.78^{a}\times10^{9}$ $\pm1.41\times10^{8}$	$4.55^{a}\times10^{9}$ $\pm2.33\times10^{8}$	$4.55^{a}\times10^{9}$ $\pm4.94\times10^{8}$	$4.90^{a}\times10^{9}$ $\pm7.07\times10^{8}$	$4.88^{a}\times10^{9}$ $\pm2.71\times10^{9}$	7.05^{a} ±0.00	6.77^{a} ±0.01	6.74^{a} ±0.00	6.66^{a} ±0.00	6.68^{a} ±0.00	6.69^{a} ±0.02	$36.43^{c}\pm0.10$	$11.74^{b}\pm0.13$	$110.20^{b}\pm0.05$
R	$1.45^{a}\times10^{7}$ $\pm1.45\times10^{6}$	$3.90^{a}\times10^{9}$ $\pm1.41\times10^{9}$	$7.00^{a}\times10^{9}$ $\pm1.55\times10^{9}$	$5.60^{a}\times10^{9}$ $\pm1.41\times10^{8}$	$7.65^{a}\times10^{9}$ $\pm1.90\times10^{8}$	$6.20^{a}\times10^{9}$ $\pm1.13\times10^{8}$	6.84^{a} ±0.21	6.98^{a} ±0.03	7.05^{a} ±0.00	6.71^{a} ±0.02	5.80^{a} ±0.00	5.80^{a} ±0.02	$0.21^{d}\pm0.08$	$17.01^{a}\pm0.14$	$259^{a}\pm0.14$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรภาษาอังกฤษกำกับเหนือค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ถ้าต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

โดย

R&Whey = สูตรอาหาร Roseiro เดิม ที่ใช้น้ำเวย์ที่ผ่านการตกตะกอนโปรตีนแล้ว

R&Enz = สูตรอาหาร Roseiro เดิม ที่ใช้น้ำเวย์ย่อยด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้นเป็นแหล่งคาร์บอน

R&Acid = สูตรอาหาร Roseiro เดิม ที่ใช้น้ำเวย์ย่อยด้วยเอนไซม์ β-galactosidase เป็นแหล่งคาร์บอน

R = สูตรอาหาร Roseiro เดิม ที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก จ

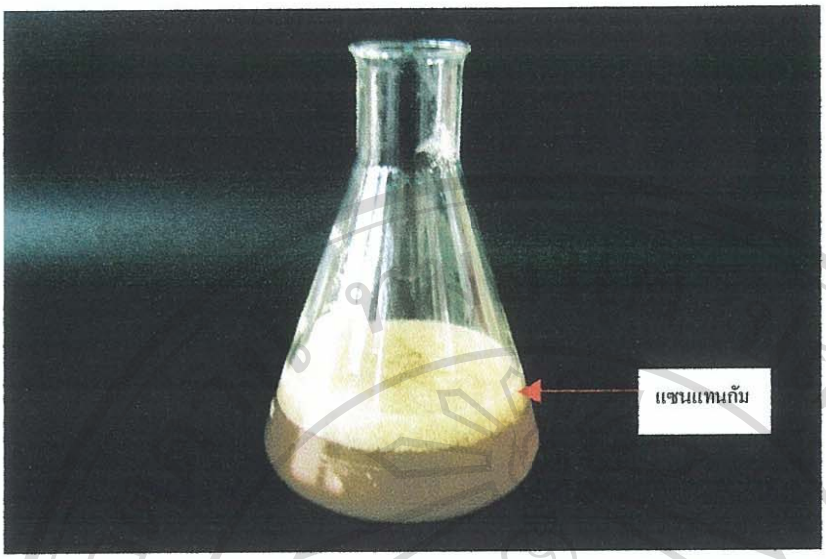
ภาพประกอบผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ จ-1 โคโลนีของ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ YM

ภาพที่ จ-2 ลักษณะเซลล์ของเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 กำลังขยาย 1,000 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ จ-3 น้ำหมักขณะแยกเมือกแซนแทนกัม ที่ใช้เลี้ยงเชื้อ *Xanthomonas campestris* TISTR 840 ที่ชั่วโมงที่ 120

ภาพที่ จ-4 แซนแทนกัมเปียกที่แยกได้จากน้ำหมัก ที่ใช้แหล่งคาร์บอน 2 แหล่ง ที่ชั่วโมงที่ 120 ก่อนการอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ จ-5 แซนแทนกัมผง ที่ได้จาก กระบวนการผลิตทางการค้า สูตรอาหาร Roseiro ปรับปรุง และสูตรอาหาร Roseiro เดิม ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อสกุล	นายณรงค์ ด่านวิเศษกาญจน
วัน เดือน ปีเกิด	8 ธันวาคม 2511
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนศรัทธาสมุทร จังหวัดสมุทรสงคราม 2530 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2537
ประสบการณ์	ปี พ.ศ. 2537-2540 ทำงานในตำแหน่งนักเคมี บริษัท บีเจทีวอเตอร์ จำกัด ปี พ.ศ. 2540-2543 ทำงานในตำแหน่งหัวหน้านักเคมี บริษัท บีเจทีวอเตอร์ จำกัด ปี พ.ศ. 2543-2544 ทำงานในตำแหน่งหัวหน้านักเคมี บริษัท กัสโก จำกัด ปี พ. ศ. 2546-2547 ทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยตรวจประเมินมาตรฐานสถานที่ผลิตอาหารจังหวัดเชียงใหม่ (จีเอ็มพี) สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2547-2548 ทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยนักวิจัยในโครงการ คุณภาพเนยแข็งรสสมุนไพร และการบำบัดน้ำเวย์เพื่อใช้ผลิต แซนแทนกัม และไบโอเซลลูโลส ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved