ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก
ภาพเครื่องความดันสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ ก.1 เครื่องความดันสูง

MODEL/DRG No.	S-RL-850-9-W/ FP65620YHL
Machine weight	400 kg
Diameter	17 mm
Length	150 mm
Volume	30 ml
MWP	900 MPa
Max working temp.	-20 °C to 90°C
Voltage	415 V
Current	4 A
Frequency	50 Hz
Phases	3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

ภาพน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการเก็บรักษา

ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัปดาห์ที่ 0

สัปดาห์ที่ 2

สัปดาห์ที่ 4

สัปดาห์ที่ 6

สัปดาห์ที่ 8

สัปดาห์ที่ 10

สัปดาห์ที่ 12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ ข.1 น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ˚C ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

สัปดาห์ที่ 0

สัปดาห์ที่ 2

สัปดาห์ที่ 4

สัปดาห์ที่ 6

สัปดาห์ที่ 8

สัปดาห์ที่ 10

สัปดาห์ที่ 12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ ข.2 น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ˚C ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค.1 การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี

เปิดเครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตีอุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที บรรจุตัวอย่างลงในตลับวอเตอร์แอคติวิตีโดยบรรจุในปริมาณหนึ่งในสามของความสูงของตลับวอเตอร์แอคติวิตี วางตลับลงใน chamber แล้วหมุนปุ่มไปยังตำแหน่ง READ ทิ้งไว้จนกระทั่งค่าวอเตอร์แอคติวิตีปรากฏบนหน้าจอ บันทึกค่าที่ได้

ค.2 การวิเคราะห์ค่าสี

นำตัวอย่างบรรจุในภาชนะ เปิดเครื่องวัดสีแล้วทำการ calibrate เครื่องก่อนวัด จากนั้นเลือก mode สี L a* b* นำหัวเครื่องวัดจุ่มลงในตัวอย่าง แล้วกดปุ่มวัด บันทึกค่าที่อ่านได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC, 2000)

นำตัวอย่างปั่นให้ละเอียดแล้วผสมกับน้ำ จากนั้นจุ่มหัว Electrode ของเครื่อง pH meter ที่ทำการ calibrate แล้วลงในตัวอย่าง รอจนกระทั่งตัวเลขหยุดนิ่ง บันทึกค่าที่ได้

ง.2 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดทั้งหมด (AOAC, 1998)

ชั่งตัวอย่างหนัก 10 g แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วย volumetric flask กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปิเปตของเหลวที่ได้มา 10 ml ใส่ลงใน flask ขนาด 125 ml นำไปไตเตรตกับ 0.1 N NaOH โดยใช้ฟีนอฟธาลีน 2 - 3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณกรด (เทียบกับกรด Lactic acid)

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด} = \frac{a.b.c.d. \times 1000}{e.f}$$

โดยที่

a = ปริมาณของ 0.1 N NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต (ml)

b = Volume made up (ml)

c = Equivalent wt. of acid

d = ความเข้มข้นของ NaOH (N)

e = น้ำหนัก (g, ml) ของตัวอย่างอาหารที่ใช้

f = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการไตเตรต (ml)

Equivalent wt. of acid

สารละลาย 0.1 N NaOH จำนวน 1 ml ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับ Lactic acid ($C_3H_6O_3$) 0.009008 g

ง.3 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO (Flurkey และ Jan, 1978)

วิธีการเตรียมสารที่ใช้ในการวิเคราะห์

- บัฟเฟอร์ที่ใช้ คือ 0.2 M phosphate buffer pH 7.0 เตรียมโดยชั่ง Sodium dihydrogen orthophosphate มา 18.72 g ชั่ง di-Sodium hydrogen orthophosphate มา 11.36 g เติมน้ำกลั่น 800 ml คนให้เข้ากัน ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 7.0 แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- สับสเตรตที่ใช้ คือ Catechol 0.5 M เตรียมโดยชั่ง Catechol มา 5.505 g ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วย 0.2 M phosphate buffer pH 7.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO

เติม 0.2 M Phosphate buffer pH 7.0 ลงในหลอดทดลองปริมาตร 4.00 ml และ 0.25 M Catechol 0.80 ml เติมเอนไซม์ที่สกัดได้ 0.20 ml วัด A_{540} ทุกๆ 5 นาที เทียบกับ Blank โดย Blank คือ 0.2 M Phosphate buffer pH 7.0 ปริมาตร 4.00 ml เติม 0.25 M Catechol 0.80 ml เติมน้ำกลั่น 0.20 ml

ง.4 กิจกรรมของเอนไซม์ POD (Flurkey และ Jan, 1978)

วิธีการเตรียมสารที่ใช้ในการวิเคราะห์

- บัฟเฟอร์ที่ใช้ คือ 0.1 M acetic buffer pH 5.5 เตรียมโดยปิเปต acetic acid มา 0.90 ml ชั่ง sodium acetate มา 11.56 g เติมน้ำกลั่น 800 ml คนให้เข้ากัน ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 5.5 แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- สับสเตรตที่ใช้ คือ สารละลาย 0.1 M acetic buffer pH 5.5 ซึ่งประกอบได้ 0.5% guaiacol และ 0.1% H_2O_2 เตรียมโดยปิเปต guaiacol มา 0.50 ml ปิเปต H_2O_2 มา 0.333 ml ปรับปริมาตรด้วยบัฟเฟอร์สำหรับวิเคราะห์เป็น 100 ml

วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ POD

เติมสับสเตรตสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์ POD ลงในหลอดทดลองปริมาตร 4.80 ml และเติมเอนไซม์ที่สกัดได้ 0.20 ml วัด A_{234} ทุกๆ 5 นาที เทียบกับ Blank โดย Blank คือ บัฟเฟอร์สำหรับวิเคราะห์ POD ปริมาตร 4.80 ml และเติมน้ำกลั่น 0.20 ml

ง.5 การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ LOX (Gonkmen *et al.,* 2004 และ Ding *et al.,* 2006)

วิธีการเตรียมสารที่ใช้ในการวิเคราะห์

- บัฟเฟอร์ที่ใช้ คือ 0.1 M phosphate buffer pH 6.0 เตรียมโดยชั่ง sodium dihydrogen orthophosphate มา 14.7 g ชั่ง di-sodium hydrogen orthophosphate มา 0.85 g เติมน้ำกลั่น 800 ml คนให้เข้ากัน ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 6.0 แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- สับสเตรตที่ใช้ คือ linoleic acid ปริมาตร 78.6 µl และ Tween 20 ปริมาตร 78.6 µl เติมน้ำกลั่น 5 ml ผสมให้เข้ากัน เติม 1 นอร์มอล sodium hydroxide 0.5 ml คนให้เข้ากันจนได้สารละลายใส เติมบัฟเฟอร์สำหรับวิเคราะห์เอนไซม์ LOX ลงไป 80 ml ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างจนได้ 6.0 แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยบัฟเฟอร์สำหรับวิเคราะห์เอนไซม์ LOX

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ LOX

เติมสับสเตรตสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์ LOX ลงในหลอดทดลองปริมาตร 4.80 ml และเติมเอนไซม์ที่สกัดได้ 0.20 ml วัด A_{470} ทุกๆ 5 นาที เทียบกับ Blank โดย Blank คือ บัฟเฟอร์สำหรับวิเคราะห์ LOX ปริมาตร 4.80 ml และเติมน้ำกลั่น 0.20 ml

การคำนวณปริมาณร้อยละของเอนไซม์ที่เหลือในระหว่างการเก็บรักษาของน้ำพริกหนุ่มที่แปรรูปด้วยกระบวนการความดันสูงยิ่ง

$$\text{กิจกรรมเอนไซม์ที่เหลือ (\%)} = \frac{\text{กิจกรรมเอนไซม์น้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันสูงยิ่ง}}{\text{กิจกรรมเอนไซม์น้ำพริกหนุ่มชุดควบคุมเริ่มต้น}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก จ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ / วิธีวิเคราะห์ / การตรวจนับจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1 สารละลายบัฟเฟอร์เพปโทนความเข้มข้น 0.1%

เพปโทน (Peptone : Merck, Germany)	1.00	g
น้ำกลั่น (distilled water)	1,000.00	ml

ละลายเพปโทนในน้ำกลั่น ให้เข้ากันดีโดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (hot plate and magnetic stirrer) ปิเปตใส่หลอดทดลองหลอดละ 9 ml สำหรับเจือจางตัวอย่าง (dilution) และใส่ขวดดูแรนขนาด 500 ml ขวดละ 500 ml สำหรับใช้ในการเตรียมตัวอย่าง นำไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 ˚C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

1.2 อาหารวุ้น PCA

อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (Plate Count Agar)	22.50	g
น้ำกลั่น (distilled water)	1,000.00	ml

ละลายอาหารสำเร็จรูปในน้ำกลั่น นำไปต้มทำการคนขณะต้มเพื่อป้องกันวุ้นติดก้นภาชนะ ต้มจนกระทั่งอาหารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งใส่ขวดดูแรนขนาด 500 ml ขวดละ 400 ml นำไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 ˚C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

1.3 อาหารวุ้น PDA

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar)	22.50	g
น้ำกลั่น (distilled water)	1,000.00	ml

ละลายอาหารสำเร็จรูปในน้ำกลั่น นำไปต้มทำการคนขณะต้มเพื่อป้องกันวุ้นติดก้นภาชนะ ต้มจนกระทั่งอาหารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งใส่ขวดดูแรนขนาด 500 ml ขวดละ 400 ml นำไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 ˚C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4 กรดทาทาริก 10% (Tartaric acid)

ชั่งกรดทาทาริก 10 g ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 ml นำไปฆ่าเชื้อในเครื่องนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ใช้ปรับกรดอาหาร PDA

2. วิธีการวิเคราะห์ และตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 gใส่ในถุง stomacher เติมสารละลาย 0.1% peptone water ปริมาณ 225 ml นำเข้าเครื่องตีป่น (stomacher) อย่างน้อย 30 วินาที จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 เท่า (10^{-1})

2. ผสมสารละลายในหลอดทดลองให้เข้ากันโดย เครื่องผสม (vortex) ทำเจือจางอาหารโดยดูดอาหารที่เจือจาง 1:10 (10^{-1}) ปริมาตร 1 ml ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลาย 0.1% peptone water หลอดละ 9 ml เขย่าให้เข้ากันโดยเครื่องผสมจะได้อาหารที่มีความเจือจาง 1:100 (10^{-2}) ทำการเจือจางต่อไปด้วยวิธีการเดียวกันจนได้ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม

3. ปิเปตสารละลาย ที่ระดับความเจือจางที่เหมาะสมจำนวน 3 ระดับความเข้มข้นที่ติดกันใส่ในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 ml ความเจือจางละ 3 จาน (duplicate)

4. เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA หลอมเหลว อุณหภูมิ 44 - 46 °C ประมาณ 12 - 15 ml ใส่ในจานเพาะเชื้อเขย่าจานให้สารละลายอาหารกระจายทั่วจานเพาะเชื้อโดยเขย่าไปข้างหน้า ข้างหลัง หมุนวนตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา ระมัดระวังไม่ให้อาหารเลอะติดฝาจานเลี้ยงเชื้อ

5. ปล่อยให้อาหารวุ้นแข็งตัว คว่ำจานเพาะเชื้อ บ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 35 - 37 °C นาน 48 $\pm$ 3 ชั่วโมง

6. นับจำนวนโคโลนีจากจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25 - 250 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อทั้งสอง รายงานผลการตรวจนับในรูปโคโลนีต่ออาหาร 1 g (cfu/g)

$$\text{สูตรการคำนวณ (cfu/g หรือ cfu/ml)} = \frac{\sum C}{(v_1 n_1 + 0.1 n_2)d}$$

โดยที่ v_1 = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ΣC = ผลรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดจากจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี

n_1 = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นแรก

n_2 = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 25-250 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นที่สอง

d = ระดับความเข้มข้นแรกที่สมารถนับเชื้อได้ในช่วง 25-250 โคโลนี

วิธีการคำนวณเหมือนกับการคำนวณปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่มีหลักการคำนวณเพิ่มเติม ดังนี้

1. กรณีตัวเลขหลักที่ 3 เป็นเลข 6 หรือ สูงกว่านี้ให้ปัดขึ้น เช่น 456 = 460
2. กรณีตัวเลขหลักที่ 3 เป็นเลข 4 หรือ ต่ำกว่านี้ให้ปัดลง เช่น 454 = 450
3. กรณีตัวเลขหลักที่ 3 เป็นเลข 5 ให้พิจารณาตัวเลขหลักที่ 2 ว่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 5 โดยถ้าเลขหลักที่ 2 น้อยกว่า 5 ให้ปัดลง เช่น 445 = 440 แต่ถ้าเลขหลักที่ 2 มากกว่า 5 ให้ปัดขึ้น เช่น 455 = 460
4. กรณีไม่พบโคโลนีของเชื้อขึ้นเลยทุกระดับความเข้มข้น ให้รายงานการพบเชื้อยีสต์และรา น้อยกว่า 1 คูณด้วยระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ใช้

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (AOAC, 2000)

1. ชั่งนำหนักตัวอย่าง 25 g ใส่ในถุง stomacher เติมสารละลาย 0.1% peptone water ปริมาณ 225 ml นำเข้าเครื่องตีป่น (stomacher) อย่างน้อย 30 วินาที จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 เท่า (10^{-1})

2. ผสมสารละลายในหลอดทดลองให้เข้ากันโดย เครื่องผสม (vortex) ทำเจือจางอาหารโดยดูดอาหารที่เจือจาง 1:10 (10^{-1}) ปริมาตร 1 ml ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลาย 0.1% peptone water หลอดละ 9 ml เขย่าให้เข้ากันโดยเครื่องผสมจะได้อาหารที่มีความเจือจาง 1:100 (10^{-2}) ทำการเจือจางต่อไปด้วยวิธีการเดียวกันจนได้ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม

3. ปิเปตสารละลาย ที่ระดับความเจือจางที่เหมาะสมจำนวน 3 ระดับความเข้มข้นที่ติดกัน ใส่ในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 ml ความเจือจางละ 3 จาน (duplicate)

4. เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลอมเหลว อุณหภูมิ 44 - 46 ^{o}C ประมาณ 12 - 15 ml ใส่ในจานเพาะเชื้อเขย่าจานให้สารละลายอาหารกระจายทั่วจานเพาะเชื้อโดยเขย่าไปข้างหน้า ข้างหลัง หมุนวนตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา ระมัดระวังไม่ให้อาหารเลอะติดฝาจานเลี้ยงเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ปล่อยให้อาหารวุ้นแข็งตัว คว่ำจานเพาะเชื้อ บ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 22 - 25 °C เป็นเวลา 5 วัน

6. นับจำนวนโคโลนีจากจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25 - 250 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อทั้งสอง รายงานผลการตรวจนับในรูปโคโลนีต่ออาหาร 1 g (cfu/g)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ฉ

ตารางผลการทดลองการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ฉ.1 ค่าสี L ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดัน 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าสี L	
	ควบคุม	600 MPa, 20 min, 40 °C
0	$48.55^{aA} \pm 1.14$	$50.87^{aA} \pm 1.20$
2	$46.32^{abcA} \pm 0.53$	$49.88^{abB} \pm 2.02$
4	$47.41^{abA} \pm 0.70$	$48.21^{bcA} \pm 0.84$
6	$43.59^{cdA} \pm 0.85$	$44.61^{bcA} \pm 0.64$
8	$44.76^{bcdA} \pm 3.10$	$44.66^{bcA} \pm 1.42$
10	$43.44^{cdA} \pm 1.32$	$44.93^{cA} \pm 1.12$
12	$42.29^{dA} \pm 2.27$	$43.73^{cA} \pm 0.52$

หมายเหตุ : - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแนวตั้งที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับในแนวนอนที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ฉ.2 ค่าสี a* ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าสี a*	
	ควบคุม	600 MPa, 20 min, 40 °C
0	$-1.43^{bcA} \pm 0.66$	$-1.61^{aA} \pm 0.47$
2	$-2.07^{abA} \pm 0.60$	$-2.18^{aA} \pm 0.79$
4	$-2.37^{aA} \pm 0.44$	$-2.01^{aA} \pm 0.07$
6	$-1.56^{abcA} \pm 0.25$	$-2.15^{aA} \pm 0.24$
8	$-1.03^{cdA} \pm 0.23$	$-1.3^{aA} \pm 0.38$
10	$-1.55^{abcA} \pm 0.52$	$-1.26^{aA} \pm 0.65$
12	$-0.49^{dA} \pm 0.25$	$-1.22^{aB} \pm 0.34$

หมายเหตุ : - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแนวตั้งที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับในแนวนอนที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ฉ.3 ค่าสี b* ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่าสี b*	
	ควบคุม	600 MPa, 20 min, 40°C
0	$15.5^{deA} \pm 2.87$	$15.4^{bcA} \pm 1.47$
2	$16.41^{cdeA} \pm 1.02$	$14.12^{cdA} \pm 2.23$
4	$14.55^{eA} \pm 0.67$	$12.26^{dB} \pm 0.84$
6	$17.99^{bcdA} \pm 1.94$	$16.68^{abcA} \pm 1.73$
8	$21.79^{a\ A} \pm 1.13$	$17.79^{abB} \pm 0.81$
10	$19.05^{abcA} \pm 1.17$	$17.05^{abA} \pm 1.49$
12	$19.72^{abA} \pm 1.99$	$18.79^{aA} \pm 1.16$

หมายเหตุ: - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแนวตั้งที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับในแนวนอนที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ฉ.4 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	a_w	
	ควบคุม	600 MPa, 20 min, 40°C
0	$0.749^{aA} \pm 0.002$	$0.751^{bA} \pm 0.004$
2	$0.750^{aA} \pm 0.003$	$0.753^{bB} \pm 0.001$
4	$0.752^{aA} \pm 0.002$	$0.752^{bA} \pm 0.002$
6	$0.753^{aA} \pm 0.001$	$0.758^{aA} \pm 0.002$
8	$0.754^{aA} \pm 0.005$	$0.755^{abA} \pm 0.001$
10	$0.752^{aA} \pm 0.002$	$0.755^{abA} \pm 0.002$
12	$0.751^{aA} \pm 0.002$	$0.759^{aB} \pm 0.003$

หมายเหตุ : - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแนวตั้งที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับในแนวนอนที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ฉ.5 ค่า pH ของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 ˚C เป็นเวลา 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	pH	
	ควบคุม	600 MPa, 20 min, 40 °C
0	$5.32^{aA} \pm 0.02$	$5.32^{aA} \pm 0.01$
2	$5.01^{bA} \pm 0.02$	$5.29^{abB} \pm 0.01$
4	$4.95^{cA} \pm 0.02$	$5.3^{bcB} \pm 0.01$
6	$4.89^{dA} \pm 0.01$	$5.27^{cdB} \pm 0.02$
8	$4.78^{eA} \pm 0.03$	$5.26^{dB} \pm 0.01$
10	$4.65^{fA} \pm 0.02$	$5.21^{eB} \pm 0.01$
12	$4.59^{gA} \pm 0.01$	$5.19^{eB} \pm 0.01$

หมายเหตุ : - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแนวตั้งที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับในแนวนอนที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ฉ.6 ค่าปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 ˚C เป็นเวลา 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณกรดทั้งหมด	
	ควบคุม	600 MPa, 20 min, 40 °C
0	$0.3^{aA} \pm 0.00$	$0.29^{aA} \pm 0.01$
2	$0.4^{aA} \pm 0.01$	$0.32^{abB} \pm 0.02$
4	$0.42^{aA} \pm 0.02$	$0.34^{abB} \pm 0.01$
6	$0.48^{bA} \pm 0.02$	$0.34^{bcB} \pm 0.01$
8	$0.54^{cA} \pm 0.02$	$0.35^{bcB} \pm 0.01$
10	$0.55^{cA} \pm 0.02$	$0.36^{cB} \pm 0.01$
12	$0.58^{dA} \pm 0.02$	$0.37^{dB} \pm 0.01$

หมายเหตุ : - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแนวตั้งที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับในแนวนอนที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ฉ.7 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ที่เหลือในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO (%) ที่เหลือ	
	ควบคุม	600 MPa, 20 min, 40 °C
0	$100^{aA} \pm 7.86$	$86.35^{aB} \pm 7.35$
2	$80.05^{bA} \pm 4.72$	$76.38^{bA} \pm 6.04$
4	$80.57^{bA} \pm 2.89$	$72.7^{bcB} \pm 3.67$
6	$71.39^{abA} \pm 5.77$	$66.4^{bcA} \pm 6.56$
8	$65.88^{cA} \pm 9.45$	$61.94^{bcA} \pm 3.94$
10	$64.3^{cA} \pm 3.15$	$62.73^{cA} \pm 5.77$
12	$61.68^{cA} \pm 5.51$	$60.63^{cA} \pm 4.72$

หมายเหตุ : - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแนวตั้งที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับในแนวนอนที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ฉ.8 ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ที่เหลือในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านความดัน 600 MPa อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD (%) ที่เหลือ	
	ควบคุม	600 MPa, 20min, 40 °C
0	$100^{aA} \pm 8.63$	$87.45^{aA} \pm 12.94$
2	$94.12^{aA} \pm 9.80$	$72.55^{bB} \pm 7.45$
4	$70.59^{bA} \pm 6.27$	$63.14^{bcA} \pm 8.63$
6	$63.14^{bA} \pm 7.05$	$59.60^{bcA} \pm 8.23$
8	$61.18^{bA} \pm 9.41$	$60.39^{bcA} \pm 4.31$
10	$61.96^{bA} \pm 8.63$	$55.68^{cA} \pm 3.53$
12	$56.86^{bA} \pm 3.53$	$52.94^{cA} \pm 9.02$

หมายเหตุ : - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแนวตั้งที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับในแนวนอนที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ฉ.9 กิจกรรมของเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX) ที่เหลือในน้ำพริกหนุ่มชุดควบคุม และน้ำพริกหนุ่มทีผ่านความดันที่ 600 MPa ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็น เวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ LOX (%) ที่เหลือ	
	ควบคุม	600 MPa, 20min, 40 °C
0	$100^{aA} \pm 5.02$	$65.36^{aB} \pm 1.62$
2	$78.50^{bA} \pm 5.83$	$66.91^{aB} \pm 2.44$
4	$67.20^{cA} \pm 5.98$	$56.42^{bA} \pm 3.54$
6	$61.09^{cdA} \pm 6.72$	$54.65^{bA} \pm 1.62$
8	$64.11^{cdA} \pm 3.18$	$51.85^{bB} \pm 2.88$
10	$58.50^{cdA} \pm 5.24$	$53.03^{bA} \pm 2.07$
12	$56.65^{dA} \pm 2.21$	$53.10^{bA} \pm 2.73$

หมายเหตุ: - ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่กำกับในแนวตั้งที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่กำกับในแนวนอนที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ช

ตารางผลการวิเคราะห์ ANOVA

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ช.1 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อค่ากรด-เบส และค่าสีของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง

ปัจจัย	ค่า P จากการวิเคราะห์ ANOVA			
	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสี		
		L	a*	b*
ความดัน	0.010*	0.121	0.003*	0.000*
เวลา	0.003*	0.492	0.596	0.160
อุณหภูมิ	0.001*	0.006*	0.001*	0.000*
ความดัน x เวลา	0.235	0.937	0.079	0.302
ความดัน x อุณหภูมิ	0.926	0.942	0.035*	0.005*
เวลา x อุณหภูมิ	0.174	0.041*	0.075	0.016*
ความดัน x เวลา x อุณหภูมิ	0.779	0.070	0.010*	0.124

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตาราง ช.2 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี และค่ากิจกรรมเอนไซม์ของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง

ปัจจัย	ค่า P จากการวิเคราะห์ ANOVA			
	วอเตอร์แอคติวิตี	กิจกรรมเอนไซม์ (unit/g)		
		PPO	POD	LOX
ความดัน	0.830	0.047*	0.024*	0.049*
เวลา	0.763	0.736	0.050*	0.164
อุณหภูมิ	0.000*	0.441	0.562	0.604
ความดัน x เวลา	0.578	0.756	0.585	0.691
ความดัน x อุณหภูมิ	0.578	0.731	0.451	0.996
เวลา x อุณหภูมิ	0.223	0.902	0.724	0.834
ความดัน x เวลา x อุณหภูมิ	0.637	0.940	0.799	0.614

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ช.3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำพริกหนุ่มที่ผ่านกระบวนการความดันสูงยิ่ง

ปัจจัย	ค่า P จากการวิเคราะห์ ANOVA
	ปริมาณกรดทั้งหมด (%)
ความดัน	0.219
เวลา	1.000
อุณหภูมิ	0.219
ความดัน * เวลา	0.107
ความดัน * อุณหภูมิ	0.675
เวลา * อุณหภูมิ	1.000
ความดัน * เวลา * อุณหภูมิ	1.000

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายอรรถนพ บุญญาคุณากร
วัน เดือน ปี เกิด	15 พฤศจิกายน 2525
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวชิรวิทย์ ปีการศึกษา 2540
	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีวเคมีและชีวเคมีเทคโนโลยี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2544

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved