บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. ในการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิค Ideal ratio profile กำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์พลับกึ่งแห้งที่ผู้ทดสอบชิมกำหนดมี 5 ลักษณะ คือ สีปรากฏของพลับ กลิ่นพลับ รสหวาน ความเหนียว และการยอมรับรวม

2. ปัจจัยที่มีความสำคัญหรือเรียกว่าปัจจัยหลักในการต้านการเกิดสีน้ำตาล จากการวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman (N=8) คือ 4-เฮกซิลเรโซซินอล กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริค โซเดียมอีริทอร์เบท ส่วนโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตเป็นปัจจัยรอง จึงกำหนดให้ใช้โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟตระดับต่ำคือ ร้อยละ 0.5 ตลอดการทดลอง

3. การหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยหลัก 4 ปัจจัย โดยศึกษาระดับการใช้ที่เหมาะสมครั้งละ 2 ปัจจัยโดยศึกษาระดับที่เหมาะสมของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิคก่อนวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment รวมกับการทดลองที่จุดกึ่งกลาง 2 ซ้ำ และหาระดับที่เหมาะสมของกรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบท วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment รวมกับการทดลองที่จุดกึ่งกลาง 2 ซ้ำ จากผลการทดลองสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนี้

ผลของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิคต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ค่าสี L $= 18.867 + 3.218(AS) + 0.403(4\text{-HR}) - 0.002(4\text{-HR})^2$ $R^2 = 0.9900$

สีปรากฏ $= 1.349 - 0.002(4\text{-HR})$ $R^2 = 0.7770$

เมื่อ : 4-HR หมายถึง ปริมาณของ 4-เฮกซิลเรโซซินอล (ส่วนในล้านส่วน)

AS หมายถึง ปริมาณของกรดแอสคอร์บิค (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการความสัมพันธ์ที่ได้สามารถสรุปได้ว่าความเข้มข้นของ 4-เฮกซิลเรโซซินอลและกรดแอสคอร์บิคที่เหมาะสม คือ 100 ส่วนในล้านส่วนและร้อยละ 2.0 ตามลำดับ

ผลของกรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ความเป็นกรด-ด่าง = 4.728-0.275(CA) $R^2 = 0.7130$

สีปรากฏ = 1.257–0.188(CA) $R^2 = 0.8810$

เมื่อ : CA หมายถึง ปริมาณของกรดซิตริค (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร)

สมการความสัมพันธ์ที่ได้สามารถสรุปได้ว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดซิตริคเพียงชนิดเดียว จึงเลือกใช้กรดซิตริคและโซเดียมอีริทอร์เบทร้อยละ 1.7

4. การศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการแช่พลับในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาล วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with central composite design สามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

ความเหนียว = 0.6327 - 0.0078(temp) + 0.004(time) $R^2 = 0.7680$

การยอมรับรวม = -0.1076+ 0.0291(temp) +0.0265(time) -0.0003(temp) (time) – $0.0003(temp)^2$-$0.0003(time)^2$ $R^2 = 0.9620$

เมื่อ : Temp หมายถึง อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
Time หมายถึง เวลา (นาที)

เมื่อพิจารณาจากสมการความสัมพันธ์สามารถสรุปอุณหภูมิและเวลาในการแช่พลับในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสมได้ คือแช่พลับในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่มีอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การศึกษาวิธีการทำแห้งที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบวิธีการทำแห้ง 2 วิธี คือ การทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด และเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ จากการหาเวลาในการทำแห้งเพื่อให้พลับมีปริมาณน้ำเหลือร้อยละ 30 พบว่าเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศใช้เวลาทั้งหมด 48 ชั่วโมง น้อยกว่าเครื่องทำแห้งแบบถาดที่ใช้เวลา 67 ชั่วโมง 5 นาที ซึ่งจะประหยัดเวลาในการทำแห้งและลดจำนวนครั้งของการทำสมดุลน้ำและบีบนวดพลับลง นอกจากนี้พลับที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศจะให้ค่าสี L (ความสว่าง) และค่าสี b* (สีเหลือง) ที่มากกว่าพลับที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด จึงเลือกการทำแห้งพลับด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

6. การศึกษาวิธีการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาพลับกึ่งแห้ง โดยบรรจุในบรรยากาศปกติ และบรรจุในสภาวะสุญญากาศ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 10 และ 30 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ในวันเริ่มต้น สัปดาห์ที่ 2, 4, 8, 16 และ 24 รวมระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อค่าสี L (ความสว่าง) ค่าสี b* (สีเหลือง) ค่าสี a* (สีแดง) ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซิง โดยจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ 0 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 10 และ 30 องศาเซลเซียสเป็นสภาวะที่มีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทำให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ลดลง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว สำหรับวิธีการบรรจุมีผลต่อค่าสี b* (สีเหลือง) เท่านั้น โดยพลับที่บรรจุในถุงพลาสติก (เป็นถุงสามชั้น ชั้นในเป็นโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นเชิงเส้นต่ำ ชั้นกลางเป็นกาว และชั้นนอกเป็นไนลอน) ในบรรยากาศปกติมีค่าสีเหลืองที่มากกว่าการบรรจุในสภาวะสุญญากาศ

ผลการศึกษาการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ที่สภาวะการเก็บรักษาต่างๆ ดังกล่าว โดยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีปรากฏเป็นดัชนีบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพ สามารถสร้างสมการคาดคะเนอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงการยอมรับด้านสีปรากฏที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อบรรจุพลับกึ่งแห้งในบรรยากาศปกติคือ

$$k = 0.3409 - 92.21\ (1/T) \qquad R^2 = 0.9773$$

และบรรจุในสภาวะสุญญากาศ คือ

$$k = 0.2613 - 68.94\ (1/T) \qquad R^2 = 0.9641$$

เมื่อ k คือ อัตราเร็วของปฏิกิริยา และ T คือ อุณหภูมิ (องศาเคลวิน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า k ที่ได้จากสมการสามารถนำมาใช้คาดคะเนอายุการเก็บรักษาได้ โดยใช้สมการของ Arrhenius จากผลการทดลองพบว่า การเก็บรักษาพลับกึ่งแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นกว่า และอายุการเก็บรักษาพลับกึ่งแห้งที่บรรจุในบรรยากาศปกติมีมากกว่าการบรรจุในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 0 และ 10 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองมากกว่าสำหรับการเก็บพลับกึ่งแห้งที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นสภาวะการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในตลาดทั่วไปมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 5 เดือนเมื่อบรรจุในบรรยากาศปกติ และ 5 เดือนครึ่ง เมื่อบรรจุในสภาวะสุญญากาศ

7. เมื่อคำนวณต้นทุนการผลิตพลับกึ่งแห้งที่ใช้สารต้านการเกิดสีน้ำตาล พบว่าผลิตภัณฑ์มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 109.58 บาท ต่อหน่วยบรรจุ (250 กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อเสนอแนะ

1. พลับพันธุ์นูชินเป็นผลไม้ตามฤดูกาล ให้ผลผลิตตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงตุลาคม ดังนั้นในการทดลองต้องซื้อมาในปริมาณมากและเก็บรักษาในห้องเย็น (4 องศาเซลเซียส) ทำให้มีปัญหาเมื่อนำพลับที่เก็บในห้องเย็นมาบรรจุในบรรยากาศของคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้พลับมีความสุกร้อยละ 80 เนื่องจากเปลือกผิวของพลับจะแตกทำให้เกิดการเสื่อมเสียระหว่างการบ่ม วิธีการแก้ปัญหาคือนำพลับที่ออกจากห้องเย็นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิปกติประมาณ 6 ชั่วโมง เพื่อให้ความเย็นในพลับลดลงไป หลังจากนั้นจึงนำไปลดความฝาดโดยวิธีการบรรจุพลับในบรรยากาศของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2. สารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้ในการแช่พลับ มีต้นทุนค่อนข้างสูง เนื่องจาก 4-เฮกซิลเรโซซินอล เป็นสารต้านการเกิดสีน้ำตาลที่มีราคาแพง ดังนั้นจึงควรศึกษาวิธีการนำมากลับมาใช้อีก หรือมีการแช่ซ้ำ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ McEvily J. (1991) ที่ศึกษาการป้องกันการเกิดจุดสีดำในกุ้งโดยใช้ 4-เฮกซิลเรโซซินอลทดแทนซัลไฟต์ และมีการทดสอบจำนวนครั้งของการแช่ที่สารละลายยังคงประสิทธิภาพอยู่ ดังนั้นต้องศึกษาเพิ่มเติมถึงประสิทธิภาพของสารละลายสารต้านการเกิดสีน้ำตาลและดัชนีที่จะใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

3. การแช่พลับในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 นาที เนื้อเยื่อของพลับจะยุ่ยเล็กน้อย จำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังในการนำพลับขึ้นมาจากสารละลาย ดังนั้นในการนำไปประยุกต์ใช้และความสะดวกในการใช้งาน ต้องมีการออกแบบเครื่องมือที่สามารถบรรจุพลับลงไปในตะแกรงแล้วจุ่มลงไปในถังที่บรรจุสารละลาย เมื่อครบกำหนดเวลาก็ยกตะแกรงขึ้น ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ จึงนำเข้าเครื่องอบแห้ง

4. ความแก่-อ่อนของวัตถุดิบ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของพลับกึ่งแห้ง เนื่องจากพลับที่นำมาผลิตเป็นพลับกึ่งแห้งจะใช้ที่ระดับความสุกร้อยละ 80 หรือมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 17 หรือ 18 องศาบริกซ์ ซึ่งถือว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูง ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ได้ง่าย ดังนั้นเมื่อใช้พลับที่สุกร้อยละ 75 หรือมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 15-16 องศาบริกซ์ น่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลลดลง เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อย อีกทั้งเมื่อแช่พลับในสารละลายต้านการเกิดสีน้ำตาลเนื้อเยื่อของพลับจะไม่เละจนเกินไป และมีความสะดวกในการผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การนำเนื้อพลับที่ผ่านการลดความฝาดมาแล้ว มาตีป่นเป็นเนื้อเดียวกัน เติมสารต้านการเกิดสีน้ำตาลลงไปเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล นำไปขึ้นรูปตามลักษณะที่ต้องการ และอบเป็นพลับกึ่งแห้ง เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พลับให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อลดปัญหาขนาดของพลับที่ไม่เท่ากัน ความไม่สม่ำเสมอของสี และการบีบนวดพลับระหว่างการทำสมดุลน้ำเพื่อให้พลับมีลักษณะที่ลีบแบนลง ทำให้ลดแรงงานในกระบวนการผลิตลง และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอและมีคุณภาพดี

6. ระยะเวลาในทำพลับกึ่งแห้งจากการทดลอง เป็นเพียงแนวทางในการนำไปปฏิบัติจริง เพราะในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ต้องคำนึงถึงขนาดของเครื่องอบแห้ง ปริมาณพลับที่นำเข้าไปอบ และการวางเรียงพลับในเครื่องอบแห้ง เทคนิคในการทำสมดุลน้ำและการบีบนวดเป็นสิ่งสำคัญ เพราะทำให้พลับมีการระเหยน้ำได้เร็ว และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างสวย ผิวไม่แข็งกระด้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved