

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย (Project)

โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2551.....

ส่วนที่ 1 สรุปผลการดำเนินงานโครงการวิจัย (Project)

- 1.1 รหัส ว-ท(ข)2.1.50..... ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไข่ขาวของไข่เป็ด.....
- 1.2 ลักษณะโครงการ ☐ เป็นโครงการวิจัยเดี่ยว
☒ เป็นโครงการย่อยในชุดโครงการวิจัย การใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจาก
 อุตสาหกรรมเกษตรขนาดย่อม
- 1.3 ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ. วรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร.....
- 1.4 หน่วยงานหลักรับผิดชอบ คณะอุตสาหกรรมเกษตร.....
- 1.5 ประเภทโครงการ ☒ โครงการวิจัย 3 สาขา; ☐ เกษตรศาสตร์ ☒ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ☐ สังคมศาสตร์ฯ
☐ โครงการวิจัยสถาบันเพื่อพัฒนาคุณภาพ
☐ โครงการวิจัยและถ่ายทอดงานวิจัยสู่ประชาชน
☐ โครงการเสริมสร้างความเข้มแข็งด้านการวิจัย
☐ โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาหน่วยปฏิบัติการวิจัยเชี่ยวชาญเฉพาะ (SRU)
☐ โครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพเชิงบูรณาการเพื่อการแข่งขันฯ
☐ โครงการวิจัยพัฒนาร่วมภาครัฐและเอกชน
- 1.6 ระยะเวลาดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการ 2 ปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2550 ถึงปีงบประมาณ 2551
- 1.7 สถานที่ดำเนินงานวิจัย/เก็บข้อมูล คณะอุตสาหกรรมเกษตร.....
- 1.8 งบประมาณรวมตลอดโครงการ..... 258,000 บาท ประกอบด้วย
 ปีงบประมาณ 2550 ได้รับ..... 188,000 บาท ปีงบประมาณ 2551 ได้รับ 70,000 บาท
 ปีงบประมาณ..... ได้รับ..... บาท ปีงบประมาณ..... ได้รับ..... บาท
 ปีงบประมาณ..... ได้รับ..... บาท ปีงบประมาณ..... ได้รับ..... บาท
- 1.9 วัตถุประสงค์โครงการวิจัย
- 1.9.1 พัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกพาสเจอร์ไรส์จากไข่ขาวของไข่เป็ดโดยพัฒนากระบวนการผลิตสำหรับผู้
 ประกอบอุตสาหกรรมขนาดย่อม
- 1.9.2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการขึ้นรูปเป็นแผ่นและพัฒนาเป็นอาหาร
- 1.9.3 ออกแบบกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น
- 1.9.4 ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตให้ผู้ประกอบการและผู้สนใจ
- 1.10 เป้าหมายผลงานวิจัยตลอดโครงการ
- ปีที่..... เดือนที่..... ผลงานวิจัยที่คาดว่าจะได้
1. 1-6 ได้ข้อมูลการใช้ องค์ประกอบ ผลของพีเอช และวิธีทำผลิตภัณฑ์อาหารจากไข่ขาวของไข่เป็ด
 7-12 ได้อายุการเก็บรักษาสลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น.....
2. 1-6 ออกแบบกระบวนการผลิตเพื่อถ่ายทอดผู้ประกอบการผลิตขนาดย่อม
 7-12 ประชาสัมพันธ์เทคโนโลยี และ ทดลองผลิตในโรงงานที่สนใจ.....

1.11 สรุปการดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์ (ตามแผน)	เป้าหมาย / ผลที่คาด (ตามแผน)	ผลการดำเนินงาน (ปฏิบัติได้จริง)
1.ข้อมูลไข่ขาว ของไข่เป็ด	1 ได้ข้อมูลประกอบการพัฒนาผลิตภัณฑ์	1 ได้ข้อมูลการใช้ไข่ขาวไข่เป็ดองค์ประกอบและกรดอะมิโนในไข่ขาวไข่เป็ด ผลของพีเอชต่อสมบัติบางประการของไข่ขาว
2 พัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกพาสเจอร์ไรส์จากไข่ขาวของไข่เป็ดและอายุการเก็บรักษา	2 ใช้ถ่ายทอดสู่ผู้ประกอบการผลิตขนาดเล็ก	2 ได้วิธีการผลิตไส้กรอกพาสเจอร์ไรส์จากไข่ขาว และอายุการเก็บรักษา
3 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำแผ่นไข่ขาว	3 พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแผ่นจากไข่ขาว	3. ได้วิธีการผลิตฟิล์มโปรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ดสด เต้าหู้ไข่ขาวอบแห้ง ทองม้วนผสมไข่ขาว และอายุการเก็บรักษา การทำเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมไข่ขาวเพื่อบริโภคสด
4. จัดทำผังกระบวนการผลิต	4. ได้ ผังกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาว และผลิตภัณฑ์ไข่ขาวแบบแผ่น	4. ได้ผังกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากไข่ขาว 4 ชนิด
5. จัดทำโปรแกรมอบรมการทำผลิตภัณฑ์จากไข่ขาว	5. ใช้ถ่ายทอดสู่ผู้ประกอบการผลิตขนาดเล็ก	5. ได้โปรแกรมอบรมการทำผลิตภัณฑ์จากไข่ขาว 4 ชนิด
6. ประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้	6 รวบรวมรายชื่อผู้สนใจรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต	6. ได้ทำการประชาสัมพันธ์และจัดอบรม 2 ครั้ง มีผู้นำไปผลิตจริง 1 ราย

1.12 สรุปผลการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์

☐ บรรลุ.....

☒ บรรลุบางส่วน (ร้อยละ...90.....) เหตุผลผู้ประกอบการที่นำเทคโนโลยีไปผลิตจริงเป็นระดับครัวเรือนจึงไม่มีการผลิตเป็นอุตสาหกรรม ไม่มีการเจรจาธุรกิจตามที่คาดหวัง.....

☐ ไม่บรรลุ เหตุผล.....

1.13 ผลผลิต/ สิ่งที่ได้จากการวิจัย (Outputs) (โปรดระบุรายละเอียด)

☒ องค์ความรู้/ข้อมูลพื้นฐานได้ฝังกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ไข่ขาวจากไข่เป็ดสด.....

☐ สายพันธุ์พืช/สัตว์/จุลินทรีย์.....

☒ ผลิตภัณฑ์ ได้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์ เต้าหู้ไข่ขาวอบแห้ง ทองม้วนผสมไข่ขาว เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมไข่ขาว.....

☒ สิ่งประดิษฐ์ ได้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์และกรรมวิธีการผลิต เต้าหู้ไข่ขาวอบแห้งและกรรมวิธีการผลิต เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากไข่ขาวและกรรมวิธีการผลิต.....

☐ เทคโนโลยี/นวัตกรรม.....

☐ ฐานข้อมูล/ซอฟต์แวร์.....

☐ คู่มือ.....

☐ วิดีทัศน์.....

☐ การสร้างนักวิจัย/สนับสนุนนิสิตปริญญาตรี 6 คน ปริญญาโท 1 คน ปริญญาเอก -คน.....

☐ สนับสนุนการศึกษาปัญหาพิเศษ 3 เรื่อง (ระบุ).....

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทองม้วนผสมไข่ขาว.....

2. กรรมวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวผสมไข่ขาว.....

3. การใช้ไข่ขาวเป็นสารเคลือบปลาสดเค็ม.....

สนับสนุนการศึกษานิพนธ์ 1 เรื่อง (ระบุ)การประยุกต์ไข่ขาวจากไข่เป็ด: กรณีศึกษาการพัฒนาฟาร์มได้และผลิตภัณฑ์อาหาร.....

☐ อื่นๆ (ระบุ).....

1.14 ผลลัพธ์/ผลสำเร็จที่ได้/หรือคาดว่าจะได้จากการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ (Outcomes)

(1) เป้าหมายการนำไปใช้ประโยชน์ (ระบุกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยเชิงปริมาณ/คุณภาพ)

☒ ด้านการศึกษา/เสริมการเรียนรู้การสอน การแปรรูปไข่ขาวเป็นความรู้สำหรับนิสิต และผู้ประกอบด้านการเกษตร.....

☒ ด้านอุตสาหกรรม ผู้แปรรูปขนาดย่อมนำไปทำได้.....

☒ ด้านทรัพยากรธรรมชาติ/สิ่งแวดล้อม ไข่ขาวที่เหลือใช้นำไปทำประโยชน์ได้จะได้ไม่ทิ้งเป็นของเสีย.....

☐ ด้านคุณภาพชีวิต สุขภาพอนามัย.....

☒ ด้านเศรษฐกิจ ทำให้เกิดการสร้างงานใหม่ในชุมชน.....

- ☐ ด้านสังคม.....
- ☐ ด้านการทำนุบำรุงศิลป ศาสนา วัฒนธรรม.....
- ☐ ด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี/ฝึกอบรมแก่กลุ่มเป้าหมาย.....
- ☐ เสนอภาครัฐ เพื่อใช้กำหนดแผน/นโยบาย ฯลฯ
- ☐ นำความรู้ไปวิจัย/พัฒนาต่อไป.....
- ☐ ก่อให้เกิดความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน/การสร้างเครือข่าย.....
- ☐ อื่นๆ (ระบุ).....

(2) สรุปผลการนำผลการวิจัยไปเผยแพร่ / ถ่ายทอด **ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดโครงการ** (ระบุรายละเอียด อยู่ระหว่างดำเนินการส่งตีพิมพ์/ตีพิมพ์แล้วในรูปแบบเอกสารอ้างอิงและแนบสำเนาเป็น

ภาคผนวกของรายงาน)

- ☐ ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการต่างประเทศ..... เรื่อง (ระบุ).....
- ☐ ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในประเทศ..... เรื่อง (ระบุ).....
- ☒ นำเสนอในการประชุม/สัมมนา ต่างประเทศ และตีพิมพ์เรื่องเต็มในProceeding การประชุม

1 เรื่อง **Film forming ability of duck egg white and its water vapor barrier property**

- ☐ นำเสนอในการประชุม/สัมมนา ในประเทศ..... เรื่อง (ระบุ).....
- ☐ นำเสนอทางวิทยุ/โทรทัศน์/Website..... เรื่อง/ครั้ง (ระบุ).....
- ☒ นำเสนอทางนิทรรศการ 1..... เรื่อง/ครั้ง (ระบุ).....

ประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อโทรทัศน์ และสื่อสิ่งพิมพ์ และร่วมจัดนิทรรศการในงานวันเกษตรแห่งชาติ พ.ศ. 2552 เพื่อเผยแพร่วิธีการผลิตและรูปแบบผลิตภัณฑ์ เป็นแนวคิดให้ผู้ที่มิใช่ชาวปศุสัตว์ได้นำไปเพิ่มมูลค่าไข่ขาวที่มีอยู่

- หนังสือพิมพ์รายวัน ไทยรัฐ ฉบับวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2552 คอลัมภ์ ข่าวเกษตร
- หนังสือพิมพ์รายวันมติชนฉบับวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2552 คอลัมภ์ การศึกษาสู่เศรษฐกิจ
- หนังสือพิมพ์รายวันข่าวสดฉบับวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2552 หน้า 29
- นิตยสาร สร้างเงินสร้างงาน ปีที่ 5 ฉบับ 058 มีนาคม 2552
- โทรทัศน์ ช่อง 7 รายการตามทันเกษตร 30 มกราคม และ 2 กุมภาพันธ์ 2552
- บันทึกเทปโทรทัศน์รายการ เกษตรแฟร์ ออกอากาศทาง ไทยคม 5
- นิทรรศการในงานวันเกษตรแห่งชาติ พ.ศ. 2552 ระหว่างวันที่ 30 มกราคม- 7 กุมภาพันธ์ 2552

- ☒ บทความ/เอกสารสิ่งพิมพ์/วิทยุทัศน์..... 6..... เรื่อง/ครั้ง (ระบุ)..... รายละเอียดด้านบน 1-6.....
- ☒ ถ่ายทอด/ฝึกอบรมแก่เกษตรกร/ผู้สนใจ..... 2..... /ครั้ง การทำผลิตภัณฑ์ไข่ขาวจากไข่เป็ด.....
- ☒ ถ่ายทอดสู่ภาคเอกชน/อุตสาหกรรม/ผู้ประกอบการ (ประโยชน์เชิงพาณิชย์)..... 2..... ครั้ง (ระบุ)การทำผลิตภัณฑ์ไข่ขาวจากไข่เป็ด.....
- ☐ ภาครัฐนำไปใช้กำหนดแผน/นโยบาย ฯลฯ (ระบุ).....

☐ มีผู้นำผลงานวิจัยไปอ้างอิง (ระบุ).....

☐ อื่นๆ (ระบุ).....

1.15 การยื่นจด ☐ สิทธิบัตร ☒ อนุสิทธิบัตร ☐ ลิขสิทธิ์

☐ มีศักยภาพที่จะยื่นจด (ระบุ)..... ☐ ยื่นจดแล้ว เมื่อ 14 พย 2551.....

1.16 ผลกระทบ (Impact) ที่เกิดจากการนำผลการวิจัยไปใช้ (ระบุว่าก่อให้เกิดผลกระทบอย่างไร)

☐ ด้านความมั่นคง อาทิ การเมืองการปกครอง กฎหมาย การต่างประเทศ โครงสร้างพื้นฐาน และบริการโทรคมนาคม ฯลฯ (ระบุ).....

☒ ด้านการเศรษฐกิจ อาทิ การพาณิชย์กรรม การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พลังงาน ฯลฯ (ระบุ) ..เพิ่มชนิดผลิตภัณฑ์จากไข่ขาว กระตุ้นการบริโภค ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยง และทำให้เกิดการสร้างงานในชุมชน

☐ ด้านคุณภาพชีวิตและสังคม ศักยภาพของคนและการศึกษา การแพทย์และสาธารณสุข หลักประกันความมั่นคง สวัสดิการสังคม วัฒนธรรม จริยธรรมและค่านิยม ฯลฯ (ระบุ).....

☐ ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ การป้องกันการทำลาย ลดการสูญเสีย การฟื้นฟูทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ฯลฯ

☐ อื่นๆ (ระบุ).....

1.17 ผลการดำเนินงานวิจัยสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ ในด้าน

☒ ยุทธศาสตร์การจัดความยากจน

☐ ยุทธศาสตร์การพัฒนาคนและสังคมที่มีคุณภาพ

☒ ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุล และแข่งขันได้

☐ ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

☐ ยุทธศาสตร์การรักษาความมั่นคงของรัฐ

☐ ยุทธศาสตร์การรองรับการเปลี่ยนแปลงและพลวัตโลก

☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

1.18 ปัญหา อุปสรรค ในการดำเนินงานวิจัยและแนวทางแก้ไข..... ไม่มีการเจรจาธุรกิจ เนื่องจากเป้าหมายเป็นผู้ผลิตรายเล็กๆ

1.19 งานที่จะทำต่อไป/คำชี้แจงเพิ่มเติม.....

1.20 ได้แนบ “รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการ (Project)” ตามหัวข้อ ในส่วนที่ 2 (หน้าถัดไป) มาด้วยแล้ว

ลงชื่อ.....หัวหน้าโครงการ

(รศ.วรรณวิบูลย์ กาญจนบุญชร)

...../...../.....วัน/เดือน/ปี ที่รายงาน

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2550-2551

โครงการวิจัยรหัส ว-ท(ช)2.1.50

การพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไข่ขาวของไข่เป็ด

Development of value added products from duck egg white

โดย

วรรณวิบูลย์ กาญจนกฤษร วราภา มหากาญจนกุล งามทิพย์ ภู่วโรดม

W. Garnjanagoonchorn, W. Mahakanjanakul, N. Poovarodom

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	การพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไข่ขาวของไข่เป็ด	1
	บทคัดย่อ	1
	บทนำ	8
	การตรวจเอกสาร	8
	วิธีวิจัย	17
	เอกสารอ้างอิง	17
2	การศึกษาองค์ประกอบและสมบัติของไข่ขาวจากไข่เป็ด	19
	บทคัดย่อ	19
	บทนำ	19
	วิธีวิจัย	19
	ผลและวิจารณ์	20
	สรุป	24
	เอกสารอ้างอิง	24
3	การเตรียมฟิล์มจากไข่ขาวของไข่เป็ดและการประยุกต์ใช้ในอาหาร	26
	บทคัดย่อ	26
	บทนำ	26
	วิธีวิจัย	27
	ผลและวิจารณ์	29
	สรุป	48
	เอกสารอ้างอิง	48
4	ผลิตภัณฑ์เต้าหู้แผ่นไข่ขาว	52
	บทคัดย่อ	52
	บทนำ	52
	วิธีวิจัย	52
	ผลและวิจารณ์	54
	สรุป	58
	เอกสารอ้างอิง	58
5	การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทองม้วน	59
	บทคัดย่อ	59
	บทนำ	59
	ตรวจเอกสาร	60
	วิธีวิจัย	63

	ผลและวิจารณ์	64
	สรุป	70
	เอกสารอ้างอิง	70
6	ผลิตภัณฑ์ทองม้วนจากไข่ขาวของไข่เป็ด	71
	บทคัดย่อ	71
	บทนำ	71
	วิธีวิจัย	72
	ผลและวิจารณ์	74
	สรุป	77
	เอกสารอ้างอิง	78
7	ศึกษาวิธีทำเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากไข่ขาว	81
	บทคัดย่อ	81
	บทนำ	81
	ตรวจเอกสาร	82
	วิธีวิจัย	86
	ผลและวิจารณ์	89
	สรุป	94
	เอกสารอ้างอิง	94
8	ไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์	97
	บทคัดย่อ	97
	บทนำ	97
	วิธีวิจัย	97
	ผลและวิจารณ์	100
	สรุป	107
	เอกสารอ้างอิง	108
9	กระบวนการผลิตและการจัดหลักสูตรเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี	111
10	บทสรุป	119

การพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไข่ขาวของไข่เป็ด

Development of value added products from duck egg white

วรรณวิบูลย์ กาญจนกฤษ' วราภามหากาญจนกุล¹ งามทิพย์ ภู่วโรดม²

W. Garnjanagoonchorn¹, W. Mahakanjanakul¹, N. Poovarodom²

บทคัดย่อ

ไข่ขาวจากไข่เป็ดพบว่ามีปริมาณการใช้ทำผลิตภัณฑ์ขนมหวานของไทยได้น้อยกว่าไข่แดง ผู้ผลิตรายย่อยจึงทิ้งไข่ขาวหรือขายไปในราคาถูก หรือเลี้ยงมาใช้เนื้อไข่แดงจากโรงงานแยกเนื้อไข่ในการทำขนมหวาน เช่น ทองหยิบ ทองหยอด ฟอยทอง เป็นต้น ในการศึกษาเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ไข่ขาว จึงศึกษาองค์ประกอบและสมบัติบางประการของไข่ขาวสด และจากสมบัติเด่นของไข่ขาวจึงพัฒนาไข่ขาวเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ ได้แก่ ฟิล์มโปรตีนจากไข่ขาวและทดลองใช้เป็นสารเคลือบพลาสติกแข็ง ผลิตภัณฑ์เต้าหู้แผ่นจากไข่ขาว ทองม้วนผสมไข่ขาว กว๊วเตี้ยเสริมโปรตีนไข่ขาว และไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์ ผลการศึกษาพบว่าไข่ขาวจากไข่เป็ดสด มีน้ำ และโปรตีนเท่ากับร้อยละ 85.75 และ 12.15 ตามลำดับ มีไขมันและคาร์โบไฮเดรต รวมกัน ไม่มากกว่าร้อยละ 2 โปรตีนในไข่ขาวประกอบด้วยกรดอะมิโนอย่างน้อย 18 ชนิด โดยมีกรดอะมิโนจำเป็นสำหรับร่างกายครบทุกชนิด การปรับ pH (พีเอช) ของสารละลายไข่ขาวเป็น 2-6 จะทำให้เกิดตะกอนขุ่นขาว ที่ pH 8-11.25 สารละลายไข่ขาวจะใสไม่มีสี แต่ที่ pH 12 จะเป็นเจลและโปร่งแสง เมื่อทดลองศึกษาการขึ้นรูปฟิล์มของไข่ขาวพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำฟิล์มบริโภคนได้ ได้แก่ ความสดไข่ pH ของสารละลาย ชนิดและปริมาณพลาสติกไซเซอร์ ปัจจัยดังกล่าวนี้มีผลต่อการเกิดฟิล์ม และสมบัติของฟิล์ม โดยฟิล์มโปรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ด ควรทำจากไข่สดซึ่งเก็บอุณหภูมิห้อง ($28 \pm 2^{\circ}\text{C}$) ไม่นานกว่า 4 วัน ในการทำฟิล์มจะต้องปรับสารละลายไข่ขาวให้มี pH เท่ากับ 10.5 ใช้โซรบีทอลความเข้มข้นร้อยละ 50 ของปริมาณโปรตีนไข่ขาว เป็นพลาสติกไซเซอร์ แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะใสโปร่งแสง ผิวเรียบ มีความหนาเฉลี่ย 0.113 มิลลิเมตร และมีสมบัติเชิงกล คือ มีค่าการต้านทานแรงดึงขาดเท่ากับ 0.57 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร และ ค่าการยืดตัว 6.92 % มีค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเท่ากับ 0.098 กรัม.มิลลิเมตรต่อตารางเมตร.ชั่วโมง.มิลลิเมตรปรอท ค่าการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 7.04 มิลลิเมตร.มิลลิเมตรต่อตารางเมตร.ชั่วโมง.บรรยากาศ จัดเป็นฟิล์มที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำดีเมื่อเทียบกับฟิล์มโปรตีนชนิดอื่น เช่น เวย์โปรตีน โปรตีนถั่วเหลือง แต่มีสมบัติป้องกันออกซิเจนต่ำกว่าฟิล์ม

⁽¹⁾ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University.

⁽²⁾ ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Packaging Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University.

ดังกล่าว เมื่อทดลองนำสารละลายไข่ขาวซึ่งเตรียมตามสูตรที่ใช้ทำฟิล์มไปเคลือบพลาสติกตากแห้ง พบว่าเคลือบได้ดีเมื่อพลาสติกมีความชื้นประมาณร้อยละ 45 โดยพลาสติกที่เคลือบด้วยไข่ขาว 3 ชั้นจะมีลักษณะเป็นมันวาวกว่าปลาที่ไม่ได้เคลือบ และเมื่อนำไปทอดจะดูดซับน้ำมันน้อยกว่า เนื้อสัมผัสของพลาสติกหลังทอดจะไม่แข็งเท่าปลาที่ไม่ได้เคลือบ แต่พบปัญหาคือขณะเก็บรักษา การวางปลาบนจานหรือบรรจุใส่ถุงพบว่าด้านล่างของปลาจะขึ้น ฟิล์มที่เคลือบกลายเป็นของเหลวขึ้นจากการดูดความชื้นในบรรยากาศ ด้วยเหตุนี้การใช้ฟิล์มไข่ขาวเคลือบพลาสติก จึงไม่ช่วยเรื่องการเก็บรักษาพลาสติกตากแห้ง แต่ได้ประโยชน์เรื่องลดการดูดซับน้ำมันและการเสียน้ำจากเนื้อปลาขณะทอด

ไข่ขาวไข่เป็ดมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก ไขมันและคาร์โบไฮเดรตน้อย เหมาะที่จะเป็นอาหารของคนที่คุณแลรื่องน้ำหนัก เมื่อนำมาพัฒนาเป็นเต้าหู้แผ่นอบแห้งสามารถทำได้หลายรูปแบบ โดยใช้ไข่ขาวล้วนหรือผสมพืชผักเพื่อปรับแต่งกลิ่นรสและคุณค่าทางอาหารใช้ปรุงเป็นแกงจืด หรือปรุงในลักษณะต่างๆ ได้ แต่การเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยามอลาร์ด(maillard) ของกลูโคสและโปรตีนในไข่ขาว ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นในการศึกษาจึงทำการเติมยีสต์ผงแห้ง (baker yeast) ในไข่ขาว ที่ ระดับไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.3 หมักนาน 3 ชั่วโมง จึงนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่น ตัดเป็นเส้นมัดปมเพื่อให้มีรูปแบบที่ดูน่ารับประทาน จากนั้นนำไปทำแห้ง บรรจุถุงโพลีโพรไพลีน ปิดผนึกจะเก็บได้นาน 3 เดือน โดยสีผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงของที่ทำใหม่ เนื่องจากผลิตภัณฑ์นี้มีกระบวนการผลิตไม่ยุ่งยากจึงสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตให้ผู้แปรรูปขนาดย่อมต่อไปได้

จากการที่ไข่แดงมีคอเลสเตอรอลสูงจึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีไข่แดงเป็นส่วนประกอบ นำมาศึกษาเพื่อลดปริมาณไข่แดงโดยใช้ไข่ขาวทดแทนบางส่วน ในการนี้เลือกพัฒนาผลิตภัณฑ์ทองม้วนซึ่งเป็นขนมที่ทำจากแป้งสาลี ไข่ และกะทิ โดยเพิ่มปริมาณสัดส่วนของไข่ขาวในสูตร ในการศึกษากำหนดสัดส่วนไข่รวม:ไข่ขาวในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ไข่รวมร้อยละ 100 ไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 และ 25:75 และไข่ขาวร้อยละ 100 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่าทองม้วนสูตรไข่รวมต่อไข่ขาว 50:50 ได้คะแนนความชอบสูงสุด โดยมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง นำสูตรทองม้วนที่คัดเลือกได้ไปเดิมรสชาติต่างๆ ได้แก่ รสถั่วแดง รสฟักทอง และรสสับปะรด พบว่า ทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด เมื่อนำทองม้วนสูตรไข่รวม100% และสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง มาวิเคราะห์ห่อองค์ประกอบของอาหาร พบว่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.37 และร้อยละ 4.04 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามปริมาณไข่ขาว ส่วนปริมาณโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 12.17 และ 11.47 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโปรตีนลดลงตามปริมาณไข่แดง เมื่อศึกษาผลของระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงความกรอบของทองม้วนสูตรไข่รวมร้อยละ 100 ทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง ทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50ไม่เดิมรส โดยการวางทิ้งไว้ด้านนอกภาชนะบรรจุ พบว่า เนื้อสัมผัสเกิดการ

เปลี่ยนแปลงคือสูญเสียความกรอบเมื่อเวลาผ่านไป 8 10 และ 13 นาที ตามลำดับ ทำการศึกษาเพื่อประเมินอายุการเก็บของทองม้วนโดยใช้ทองม้วนที่ขายทั่วไป พบว่าค่าความชื้นวิกฤตของทองม้วนคือร้อยละ 2.90 ทองม้วนที่บรรจุถุง OPP (oriented polypropylene) มีอายุการเก็บเพียง 5 สัปดาห์ ในขณะที่การบรรจุในซอง OPP/Met.CPP (metalized cast polypropylene) สามารถเพิ่มอายุการเก็บได้เป็น อย่างน้อย 22 สัปดาห์หรือประมาณ 5 เดือน และพบว่าการเสื่อมเสียคุณภาพของทองม้วนขึ้นกับความชื้นมากที่สุด เนื้อสัมผัสหรือความกรอบคือลักษณะคุณภาพที่กำหนดอายุการเก็บของทองม้วน ส่วนกลิ่นหืนหรือการสูญเสียกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยรองลงมา ดังนั้นการเพิ่มอายุการเก็บของทองม้วนจึงต้องเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีมาก จากการศึกษาจึงได้กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ทองม้วนที่ใช้ไข่ขาวในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นโดยลดการใช้ไข่รวมลงมาร้อยละ 50 เพื่อให้ทองม้วนมีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำลงซึ่งเป็นข้อเด่นของผลิตภัณฑ์

จากการที่ไข่ขาวเป็นแหล่งโปรตีนที่มีประโยชน์ มีสีและกลิ่นที่ไม่น่ารังเกียจ ง่ายต่อการผสมเป็นส่วนประกอบในอาหารต่างๆ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้เสริมโปรตีนในเส้นก๋วยเตี๋ยว ทำให้คุณค่าทางอาหารสูงขึ้นและเพิ่มความแข็งแรงให้กับเจลของแป้งในเส้นก๋วยเตี๋ยว การทำเส้นก๋วยเตี๋ยวให้ได้ลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ดี คือ มีลักษณะเป็นเส้นเหนียวนุ่ม และมีความยืดหยุ่นดี สามารถใช้น้ำแป้งที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อน้ำในอัตราส่วนต่างๆ กันดังนี้คือ 40:60 35:65 และ 30:70 ซึ่งลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะมีความยืดหยุ่น และความสามารถในการพองลดลงเมื่อน้ำแป้ง มีปริมาณแป้งในอัตราส่วนที่มากขึ้น ส่วนแรงที่ใช้ในการดึงขาดจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำแป้งมีปริมาณแป้ง ในอัตราส่วนที่มากขึ้น จากการศึกษาผลของสัดส่วนแป้ง : น้ำ : ไข่ขาว ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่โดยให้สัดส่วนของน้ำบวไข่ขาวคงที่เท่ากับร้อยละ 70 โดยน้ำหนักแปรปริมาณไข่ขาวเป็นร้อยละ 0 10 20 30 40 50 พบว่าการเพิ่มปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนที่มากขึ้นจะทำให้สีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีเหลืองมากขึ้น และมีกลิ่นของไข่ขาวมากขึ้น สำหรับความยืดหยุ่น การใช้ปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนเพิ่มขึ้นจะทำให้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้ความยืดหยุ่นของเส้นก๋วยเตี๋ยวค่อยๆ ลดลง ปริมาณไข่ขาวในเส้นก๋วยเตี๋ยวมีผลต่อความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม โดยพบว่าผู้ทดสอบมีความชอบเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการเสริมไข่ขาวร้อยละ 30 ไม่แตกต่างจากเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่มีการเสริมไข่ขาว แต่มีข้อดีคือปริมาณโปรตีนในเส้นจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.53 เป็น 4.80 (น้ำหนักสด) ผลการศึกษาสามารถพัฒนากระบวนการผลิตสำหรับผู้ประกอบการระดับครัวเรือนที่มีไข่ขาวเป็นเศษเหลือ เพื่อผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวขายในชุมชน

ไข่ขาวไข่เป็ดนำมาทำเป็นไส้กรอกไข่ขาวโดยกรอกไข่ลงในไส้คอลลาเจน ผูกเป็นลูกหรือท่อนกลม ต้มสุก ตัด บรรจุถุงชนิดโพลีพรอพิลีนและปิดผนึกภายใต้สภาวะสุญญากาศ พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93 °C นาน 10 นาที มีอายุการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 6±2 °C ได้นาน 90 วัน อีกวิธีคือนำไส้กรอกไข่ขาวบรรจุ

ลงในน้ำทะเล พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C นาน 10 นาที มีอายุการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ ได้นาน 90 วันเช่นกัน ผลิตภัณฑ์นี้เหมาะสำหรับคนที่ต้องการลดน้ำหนัก โดยส่วนประกอบหลักของไส้กรอกไข่ขาวคือน้ำและโปรตีน สำหรับผู้ผลิตระดับครัวเรือนที่ผลิตขายวันต่อวันไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์สำหรับพาสเจอร์ไรซ์ แต่อายุการเก็บรักษาจะสั้นกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์

จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ได้กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากไข่ขาวของไข่เป็ดดังนี้ ไส้กรอกไข่ขาว พาสเจอร์ไรส์ เต้าหู้ไข่ขาวอบแห้ง ทองม้วนผสมไข่ขาว และ เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนไข่ขาว ได้ดำเนินการจดอนุสิทธิบัตรการผลิต 3 ผลิตภัณฑ์คือไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์ เต้าหู้ไข่ขาวอบแห้ง และ เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนไข่ขาว ได้จัดการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี 2 ครั้งให้ผู้สนใจและผู้แปรรูปที่มีไข่ขาวเป็นวัสดุเหลือ ได้เผยแพร่ข้อมูลผ่านสื่อต่างๆทั้งสื่อสิ่งพิมพ์ และสื่อโทรทัศน์ และร่วมแสดงในนิทรรศการของมหาวิทยาลัยด้วย ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีคือมีผู้ผลิตขนมหวานประเภททองหยิบฝอยทอง ในจังหวัดสระแก้ว ได้ทำไส้กรอกไข่ขาว ขายเป็นอาชีพแล้ว 1 ราย แต่ไม่มีการเจรจาธุรกิจเนื่องจากการผลิตระดับครัวเรือนกำลังการผลิตไม่มากนัก และยังไม่เป็นสินค้าอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: ไข่ขาว ไข่เป็ด ผลิตภัณฑ์จากไข่ขาว เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมไข่ขาว ไส้กรอกไข่ขาว เต้าหู้ไข่ขาวอบแห้ง ทองม้วนไข่ขาว อายุการเก็บรักษาทองม้วน ฟิล์มโปรตีนไข่ขาว

หมายเหตุ : ให้ส่งรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ฉบับร่าง) จำนวน 3 ชุด ก่อน โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาจะส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ประเมิน / วิจารณ์ หากไม่มีการแก้ไข จะแจ้งให้ส่งเพิ่ม แต่หากมีความเห็นข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิให้ปรับแก้ไข จะแจ้งให้ดำเนินการแก้ไข และให้ส่งรายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ฉบับจริง) จำนวน 12 ชุด พร้อม Diskette ต่อไป

ABSTRACT

In Thai style dessert manufacturing demand of duck egg white is less than egg yolk therefore duck egg white is sometime thrown away or sold as by product at low price. Some tongyip, tongyod processors use duck egg yolk provide by egg breaking industry. Thus it is the objective of this study to develop value added products from duck egg white. The studies include egg white film and film application, dried egg white tofu, tongmuan with added egg white, rice noodle supplemented with egg white, and egg white sausage. The analysis of fresh duck egg white composition showed 85.75% moisture and 12.15% protein with less than 2% fat plus carbohydrate. It consists of at least 18 amino acids including essential amino acids. Further study showed that adjusting pH of egg white solution to 2-6 increased egg white turbidity and resulted in partial precipitation. However at pH 8-11.25 the solution appears transparent and colorless but at pH 12 it turns to transparent gel. Egg white also show ability to form edible film therefore factors that effect film forming ability were studied. These are egg freshness, pH of solution, type and concentration of plasticizer. The results showed that duck egg white films should be prepared from not more than 4-days-old egg kept at $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ with adjusting pH of solution to 10.5 and adding sorbitol as plasticizer at concentration of 50% of egg white protein. Resulted film is transparent and smooth with average thickness of 0.113 mm. The mechanical properties of films were determined and the results were 0.57 kg/mm^2 tensile strength and 6.92% elongation. The water vapor permeability and oxygen permeability were determined and the results were $0.098 \text{ g.mm./m}^2 \text{ hr. mm. Hg}$ and $7.04 \text{ Cm}^3.\text{mm/m}^2.\text{hr.atm}$, respectively. The experimented duck egg white film is classified as good water vapor barrier when compared with other protein films, such as whey protein film and soy protein film, but poor oxygen barrier when compared with these protein films. The egg white solution prepared according to the experimented formula was used as edible coating to preserve salt and dried pla solid. It was found that moisture of dried fish should be reduced to 45% by weight before coating. Three layers of egg white coated dried fish showed glossy looking product compared to uncoated fish. Also during frying, the egg white coated fish absorbed less oil and retained more moisture compared to uncoated one. However during storage, egg white coated fish absorbed moisture and egg white film liquefied, and shortened the product shelf-life.

As duck egg white composed mainly of protein with small amount of fat and carbohydrate therefore it was developed as weight watch diet. It was formulated as dried egg white sheet or egg white tofu sheet with or without vegetable added. This product can be cooked as soup or any other preferred dishes. During storage, the color of dried egg white tofu sheets appear darker therefore

limit the product shelf-life. This changes caused by maillard reaction of glucose and protein in egg white. Therefore, desugarization of egg white using baker yeast was experimented. The results indicated that the color changes reduced with the addition of 0.3% baker yeast to egg white solution and fermented for 3 hrs followed by sheet formation and cut to small strip then shaping as small knot before hot air drying. The products were packed in polypropylene bag and heat sealed. These products can be kept for 3 months at room temperature with little color differences compared to product that kept at $-10 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

In the formulation of tongmuan, a crispy dessert made from wheat flour, whole egg and coconut milk, duck egg white was used to supplement whole egg. The ratio of whole egg to egg white were 100:0, 50:50, 25:75 and 0:100 (w/w). Sensory evaluation (appearance, texture and overall likeness) of tongmuan indicated that 50:50 formula showed the highest overall likeness score further studies were carried by adjusting tongmuan flavor with the addition of kidney bean, pumpkin or pineapple. The pumpkin flavor showed the highest sensory scores. The analysis of 100:0 formula and 50:50 with pumpkin flavor tongmuan showed 2.37, 4.04% moisture and 12.17, 11.47% protein respectively which means that increasing egg white content effects product moisture in the opposite direction. Leaving tongmuan the 100:0, 50:50 with and without pumpkin formula, in air resulted in crispiness loss at 8, 10 and 13 min, respectively. The separate study on shelf-life evaluation of tongmuan showed that critical moisture of product available in the market is 2.90%. Tongmuan packed in OPP bag and OPP/Met. CPP bag can be kept at room temperature for 5 and 22 weeks respectively. Crispiness loss effects product acceptability which influences product shelf-life more than flavor loss. Therefore packaging film for thogmuan should have very low water vapor permeability to be able to extend product shelf-life

The manufacturing process of rice noodle was developed using different ratios of rice flour to water (40:60, 35:65, 60:70). The results showed good rice noodle with the decreases of elasticity and flexibility when increase rice flour. However, tensile strength increases with increasing rice flour. Today consumer concern more on product's nutrition value therefore this study aims to supplement egg white protein to rice noodle. The ratio 30:70 of rice flour to water were chosen and substituted water by duck egg white at 0, 10, 20, 30, 40, 50% by wt. The color of noodle changes to higher degree of yellowness when adding more egg white and also more egg white odor were detected. Increasing egg white at 0 to 20% showed an increase in noodle elasticity however further increase of the egg white content

seemed to decrease noodle elasticity. The sensory evaluation showed no differences between likeness scores of noodle with 0 and 30% egg white. The protein content increased from 2.53 to 4.80% (wet basis) with the 30% egg white substitution.

Duck egg white sausages were developed by filling egg white solution to collagen casing and tying with thread to get rod shape then heating and cutting as individual short round sausage then packing in polypropylene bag under vacuum package. Pasteurization at 93°C for 10 min can prolong products shelf-life to 90 days at $6 \pm 2^{\circ}\text{C}$ storage. The other form of product was egg white sausage packed in palo flavor soup and also pasteurize at 93°C 10 min. This product can be kept for 90 days at $6 \pm 2^{\circ}\text{C}$. These products consist mainly of water and protein therefore consider as weight watch diet.

Four value added products from duck egg white were obtained from these studies namely : pasteurized egg white sausage, dried egg white tofu, tongmuan with egg white, and rice noodle with egg white supplemented. Programme for training on production of value added products from duck egg white was prepared and used in 2 trainings. The result from both trainings yielded 1 processor who successfully process and sell egg white sausage in Srakawe province.

Key words: egg white, duck egg, egg white product. Rice noodle with egg white supplemented, egg white sausage, egg white tofu, egg white protein film.

บทนำ

ผู้ประกอบการซึ่งทำขนมหวานที่ใช้ไข่แดงจากไข่เป็ดได้แก่ ผู้ผลิตขนมฟอยทอง ทองหยิบ ทองหยอด และเม็ดยนุน จะมีไข่ขาวเหลือใช้จำนวนมาก ถึงแม้จะนำไปทำขนมอื่น ๆ ที่ใช้ไข่ขาวเป็นส่วนผสมได้บ้างก็ตาม ปัจจุบันมีขนมที่ทำจากไข่ขาวของไข่เป็ด ได้แก่ ขนมหม้อแกง สังขยา ฟอยเงิน ขนมเห็ดโคน เป็นต้น ซึ่งความนิยมในการบริโภคยังต่ำกว่าขนมที่ทำจากไข่แดง การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไข่ขาวโดยเน้นประโยชน์ด้านสุขภาพจะเพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์ โดยไข่ขาวซึ่งเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่มีไขมันต่ำมาก เมื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์จะเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับผู้เฝ้าระวังเรื่องน้ำหนักตัว รวมทั้งผู้ที่ต้องการบริโภคไข่แต่ไม่ต้องการบริโภคไข่แดง จากการที่ไข่ขาวมีโปรตีนซึ่งทำให้เกิดโครงสร้างจับตัวกันให้ความยืดหยุ่น จึงเกิดความคิดนำมาขึ้นรูปเป็นแท่งแบบไส้กรอก และ ทำเป็นอาหารแบบแผ่น เพื่อให้ความสะดวกในการบริโภค ส่งผลให้เกิดการนำไข่ขาวไปบริโภคได้หลายวัตถุประสงค์ ส่งเสริมให้เกิดการบริโภคไข่มากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงเป็ดไข่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ ในการศึกษาองค์ประกอบและสมบัติของไข่ขาวจากไข่เป็ด และนำไข่ขาวไข่เป็ดมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ ได้แก่ ฟิล์มโปรตีนจากไข่ขาวและการนำไปใช้ประโยชน์ในอาหารโดยใช้เป็นสารเคลือบพลาสติกเค็ม ผลิตภัณฑ์เต้าหู้แผ่นไข่ขาวอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ทองม้วนซึ่งใช้ไข่ขาวทดแทนไข่รวมบางส่วน เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากไข่ขาว และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์ โดยพัฒนากระบวนการผลิตสำหรับผู้ประกอบอุตสาหกรรมขนาดย่อม และศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

รายงานการศึกษามีทั้งหมดรวม 10 บท จะแยกรายงานแต่ละบทสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยมีบทคัดย่อรวม ในบทที่ 1 และบทสรุปรวมในบทที่ 10

การตรวจเอกสาร

ไข่เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคทั่วครัวเรือน ไข่ที่มีการนำมาบริโภคในประเทศไทยมากคือ ไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกกระทา โดยนำมาบริโภคสดหรือทำเป็นผลิตภัณฑ์ ไข่ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ ไข่ขาว ไข่แดงและเปลือกไข่ ไข่แต่ละชนิดจะมีสัดส่วนเหล่านี้แตกต่างกันเล็กน้อย

คุณค่าทางอาหารของไข่(วรรณวิบูลย์, 2546)

ไข่เป็นอาหารโปรตีนที่บริโภคได้ง่ายและราคาไม่แพง คุณค่าทางอาหารของไข่อาจจำแนกได้ดังนี้

1. โปรตีน เป็นสารอาหารที่มีอยู่มากทั้งในไข่ขาวและไข่แดง เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพและย่อยง่าย

2. ไขมัน มีอยู่มากในไข่แดงประกอบด้วยไขมันชนิดต่าง ๆ คือ ไตรกลีเซอไรด์ร้อยละ 65.5 ฟอสโฟลิพิดร้อยละ 28.3 และคอเลสเตอรอลร้อยละ 5.2 (Stadelman and Cotterill, 1995) ชนิดและปริมาณกรดไขมันในไข่จะเปลี่ยนแปลงได้ตามอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่

3. น้ำ มีอยู่ในทุกส่วนของไข่ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยไข่ขาวจะมีน้ำมากกว่าไข่แดง ปริมาณน้ำที่ต่างกันนี้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากไข่ขาวสู่ไข่แดง เมื่อเก็บไข่ไว้เป็นเวลานาน ไข่แดงจึงแบนและแตกง่าย

4. คาร์โบไฮเดรต มีอยู่เพียงเล็กน้อยในไข่ โดยอยู่ในรูปอิสระ ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และรวมกับโปรตีนในรูปไกลโคโปรตีน

5. แร่ธาตุ ที่สำคัญในไข่ได้แก่ ซัลเฟอร์ โปแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก ปริมาณของแร่ธาตุต่าง ๆ นี้จะเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมของสัตว์ ฤดูกาล อาหารและอายุ

6. วิตามิน มีวิตามินที่ละลายในน้ำทุกชนิด ยกเว้นวิตามินซี และมีวิตามินที่ละลายในไขมันคือ วิตามินเอ ดี อีและเค โดยเฉพาะวิตามินเอและดีซึ่งมีมากในไข่แดง

โปรตีนในไข่ขาว

ไข่ขาวเป็นระบบโปรตีนที่ประกอบด้วยเส้นใยโอโวลูมินละลายอยู่ในสารละลายเอเคเวียสของ โกลบูลาร์โปรตีนหลายชนิด ส่วนประกอบของโปรตีนในชั้นในไข่ขาวใสและไข่ขาวชั้นต่างกัน เฉพาะที่ปริมาณของโอโวลูมิน โปรตีนที่สำคัญของไข่ขาวสามารถแยกลำดับส่วนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต และทำให้บริสุทธิ์โดยใช้เทคนิคของ ion exchange สำหรับโปรตีนแต่ละชนิดที่แยกได้จากไข่ขาวได้แก่

1 โอวัลบูมิน (Ovalbumin)

โอวัลบูมินหรือเรียกว่าโปรตีนจากไข่ขาว (egg albumin) เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดไข่ขาว คือ ประมาณครึ่งหนึ่งของโปรตีนไข่ขาวโดยน้ำหนัก เป็นสารพวกฟอสโฟไกลโคโปรตีน (phosphoglycoprotein) เพราะมีคาร์โบไฮเดรตและหมู่ฟอสเฟตเกาะอยู่กับสายพอลิเพปไทด์โดยแบบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ A₁, A₂ และ A₃ ซึ่งหมายถึง ใน 1 โมเลกุลมีหมู่ฟอสเฟต 2 หมู่ และไม่มีเลย ตามลำดับ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 45 kDa (Mine, 1995) ประกอบด้วยหมู่ซัลไฮดริล (sulfhydryl group) ทั้งหมด 4 หมู่ โดยมีหมู่ซัลไฮดริลอิสระ 1 หมู่ จัดเป็นโปรตีนไข่ขาวเพียงชนิดเดียวที่มีหมู่ซัลไฮดริลอิสระ และมีพันธะไดซัลไฟด์ 1 พันธะ มี pI (Isoelectric point) เท่ากับ 4.5 โปรตีนชนิดนี้สามารถทนความร้อนได้ดี

คาร์โบไฮเดรตในโอวัลบูมินประกอบด้วยน้ำตาลดี-แมนโนส ร้อยละ 2 และ 2-แอมิโน- 2- ดีออกซี- ดี-กลูโคส ร้อยละ 1.2 โปรตีนชนิดนี้สามารถทนความร้อนได้ดี โดยมีอุณหภูมิการเสีสภาพเท่ากับ 84.0 องศาเซลเซียส เมื่อไข่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นโอวัลบูมินจะเปลี่ยนไปเป็นเอส-โอวัลบูมิน (S-ovalbumin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทนความร้อนได้มากกว่า อุณหภูมิในการเสีสภาพเท่ากับ 92.5 องศาเซลเซียส โดยที่องค์ประกอบของกรดแอมิโนในโมเลกุลของโอวัลบูมิน และเอสโอวัลบูมินนั้นไม่แตกต่างกัน (Mine, 1995) นอกจากนี้โอวัลบูมินยังสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงไปได้ง่ายเมื่อทำการเขย่า (shaking) สารละลายโปรตีน (Warner, 1954; Powrie, 1995)

2 โอโวลทรานส์เฟอร์ริน (Ovotransferrin)

โอโวลทรานส์เฟอร์ริน หรือคอนอัลบูมิน (conalbumin) คิดเป็นปริมาณร้อยละ 12 ของโปรตีนไข่ขาวทั้งหมด มีมวลโมเลกุล เท่ากับ 76 kDa และมีค่า pI ประมาณ 6.6 ประกอบด้วยกรดแอมิโน 686 ตัว และมีพันธะไดซัลไฟด์ 15 พันธะ ไม่มีหมู่ฟอสเฟต หรือหมู่ซัลไฮดริลอิสระ (Mine, 1995) จัดเป็นพอลิเพปไทด์สายเดี่ยว ที่เรียกว่า ไกลโคโปรตีน ประกอบด้วยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต โดยมีน้ำตาลเฮกโซส (hexose) ร้อยละ 0.8 และเฮกโซซามีน (hexosamine) ร้อยละ 1.4 โอโวลทรานส์เฟอร์รินเป็นโปรตีนที่แยกได้ง่ายโดยการตกตะกอนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต ทนความร้อนได้น้อยกว่าโอวัลบูมิน อุณหภูมิที่ทำให้เสีสภาพประมาณ 61 องศาเซลเซียส สามารถจับกับอนุมูลโลหะ (chelating agent) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ทนต่อความร้อน โดยอนุมูลโลหะ 2 อะตอมต่อ 1 โมเลกุลของคอนอัลบูมิน จะเกิดสารเชิงซ้อนที่เสถียร โดยเกิดสตามชนิดของอนุมูลโลหะเช่น Fe^{3+} , Al^{3+} , Cu^{2+} หรือ Zn^{2+} ให้สีแดง ไม่มีสี สีเหลือง และไม่มีสี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ต้องการอนุมูลโลหะในการเจริญ (Powrie, 1995)

3 โอโวลมิวคอยด์ (Ovomucoid)

โอโวลมิวคอยด์ เป็นโปรตีนที่มีอยู่ประมาณร้อยละ 10 ของโปรตีนไข่ขาว เป็นสารพวกไกลโคโปรตีนที่ทนต่อความร้อนและทนได้มากกว่าโอโวลทรานส์เฟอร์ริน ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 25 มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 28 kDa มีค่า pI อยู่ในช่วง 3.9 – 4.3 และมีพันธะไดซัลไฟด์ 9 พันธะแต่ไม่มีหมู่ซัลไฮดริลอิสระ สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน (trypsin inhibitor) โดย 1 โมเลกุลของโอโวลมิวคอยด์สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ 1 โมเลกุล ในช่วงความเป็นกรดโอโวลมิวคอยด์จะสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความร้อนได้ดี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี แต่ในสภาวะที่เป็นเบสโอโวลมิวคอยด์จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Mine, 1995) ซึ่งโอโวลมิวคอยด์ที่เปลี่ยนแปลง

ด้วยความร้อนจะสูญเสียความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน และจะถูกย่อยได้ดีขึ้น โดยเอนไซม์ไคโมทริปซิน (chymotrypsin) (Powrie, 1995)

4 โอโวมิวซิน (Ovomucin)

โอโวมิวซิน เป็นไกลโคโปรตีนที่มีหมู่ซัลเฟต ทำให้ไข่ขาวชั้นมีลักษณะเป็นก้อนคล้ายวุ้น โดยพบโอโวมิวซินในไข่ขาวชั้นมากกว่าไข่ขาวใสถึง 4 เท่า มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 5,500-8,300 kDa โครงสร้างของโอโวมิวซินนั้นมีส่วนสำคัญมากในการทดสอบสมบัติเชิงเคมีกาย-ภาพ (physicochemical) ของโปรตีน โอโวมิวซินแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ ชนิดที่มีคาร์โบไฮเดรตมาก (carbohydrate-rich) เรียก β - ovomucin และชนิดที่มีคาร์โบไฮเดรตน้อย (carbohydrate-poor) เรียก α - ovomucin (Mine, 1995) โดยมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตอยู่ถึงร้อยละ 30 และเนื่องจากมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงจึงทำให้ทนต่อความร้อนได้ดี พบว่าสารละลายโอโวมิวซินที่ pH 7.1 - 9.4 นั้นจะไม่เปลี่ยนแปลงความหนืด (viscosity) หรือความทึบแสง (optical density) ระหว่างที่ให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โอโวมิวซินและไลโซไซม์สามารถรวมกันเกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำ โดยแรงกระทำไฟฟ้าสถิตที่มีต่อกัน แต่ที่ pH เกินกว่าช่วง 7.2-10.4 แรงกระทำระหว่างโปรตีนทั้งสองจะลดลง โดยเฉพาะที่ pH เพิ่มขึ้นใกล้ pI ของไลโซไซม์ (pI = 10) เพราะไลโซไซม์จะแยกตัวจากโอโวมิวซิน ทำให้ไข่ขาวใสขึ้นระหว่างการเก็บไข่ และสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของโปรตีนชนิดนี้ คือ เป็นสารช่วยให้เกิดฟองที่คงทนและมีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของไวรัส (viral hemagglutination) (Powrie, 1995)

5 ไลโซไซม์ (Lysozyme)

ไลโซไซม์ หรือที่รู้จักกันใน mucopeptide N-acetylmuramoylhydrolase (EC3.2.1.17) เป็นเอนไซม์ในไข่ขาวที่สามารถทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบซึ่งเป็นโปรตีนโอไกลแคน (proteoglycan) ได้ โดยย่อยสลายพันธะ $\beta(1-4)$ linkages ระหว่าง N-acetylglucosamine และ N-acetylmuramic acid ไลโซไซม์นั้นมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 14.3 kDa มีค่า pI เท่ากับ 10.7 ประกอบด้วยกรดแอมิโน 129 ตัว มีพันธะไดซัลไฟด์ 4 หมู่ แต่ไม่มีหมู่ซัลไฟดริลอิสระ (Mine, 1995) การใช้ความร้อนในการยับยั้งเอนไซม์นี้ขึ้นอยู่กับ pH และอุณหภูมิ โดยไลโซไซม์จะถูกทำลายมากขึ้น ถ้า pH มากกว่า 7 ขึ้นไป และถูกทำลายให้เสียสภาพที่อุณหภูมิประมาณ 70-75 องศาเซลเซียสขึ้นอยู่กับ pH และสถานะของสารละลาย (Mine, 1995; Powrie, 1995)

6 อะวิดิน (Avidin)

อะวิดินเป็นโกลโคโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดแอมิโน 128 ตัว มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 68.3 kDa ค่า pI เท่ากับ 10.0 และมีพันธะไดซัลไฟด์ 1 พันธะ สามารถทนความร้อนได้ดี โดยมีอุณหภูมิเสถียรภาพเท่ากับ 85 องศาเซลเซียส สามารถจับกับไบโอติน (biotin) ซึ่งเป็นวิตามินที่มนุษย์ต้องการ โดยพบว่าอะวิดิน 1 โมเลกุลสามารถจับกับไบโอตินได้ 4 โมเลกุล สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะวิดินและไบโอตินนั้นสามารถทนความร้อนได้ดีที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ดังนั้นการที่จะนำไบโอตินมาใช้ได้นั้นจะต้องให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า 100 องศาเซลเซียส จึงจะเกิดการสลายพันธะระหว่างอะวิดินและไบโอติน นอกจากนี้อะวิดินยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย เนื่องจากอะวิดินสามารถที่จะจับกับแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบได้

(Powrie, 1995)

7 โอโวโกลบูลิน (Ovoglobulin)

โอโวโกลบูลิน มีอยู่ประมาณร้อยละ 4 ของโปรตีนไข่ขาว พบว่า ประกอบด้วยโปรตีน 3 ส่วน คือ G1, G2 และ G3 โดยที่ G1 นั้นต่อมาได้ระบุว่าเป็นไลโซไซม์ ส่วน G2 และ G3 นั้นยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อย เมื่อวิเคราะห์ด้วย Sodium dodecyl-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) นั้นพบว่า G2 และ G3 เป็นสารโกลโคโปรตีน มีค่า pI เท่ากับ 5.5 และ 4.8 ตามลำดับ และพบว่าเป็นสารที่ช่วยในการเกิดฟองได้ดี (foaming agent) ช่วยในการขึ้นฟูในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Mine, 1995; Powrie, 1995)

8 โอโวอินฮิบิเตอร์ (Ovoinhibitor)

โอโวอินฮิบิเตอร์เป็นสารประกอบประเภทโกลโคโปรตีน มีอยู่ร้อยละ 1.5 ของไข่ขาวทั้งหมด ประกอบด้วยเฮกโซสร้อยละ 3.5 และเฮกโซซามีนร้อยละ 2.7 สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน และเอนไซม์ไคโมทริปซินได้ดีพอ ๆ กับเอนไซม์ย่อยโปรตีนของราและแบคทีเรีย (fungal and bacterial protease) (Powrie, 1995)

9 โอโวฟลาโวโปรตีน (Ovoflavoprotein)

โอโวฟลาโวโปรตีน มีอยู่ร้อยละ 0.8 ของโปรตีนไข่ขาว จัดเป็นสารประกอบประเภทฟอสโฟโกลโคโปรตีน มีมวลโมเลกุลประมาณ 32 kDa และมีค่า pI เท่ากับ 4 ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 15 และฟอสฟอรีน มีน้ำตาลแมนโนสร้อยละ 6 กาแลคโตสร้อยละ 1.3 กลูโค-ซามีนร้อยละ 11.2 สามารถจับกับไรโบฟลาวิน (riboflavin) ที่พบในไข่ขาวไว้ทั้งหมดในอัตราส่วน 1 : 1 และทำหน้าที่ในการขนถ่ายไรโบฟลาวินจากน้ำเลือดไปยังไข่ขาว (Powrie, 1995)

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก่ สรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก่

ชนิดโปรตีน	สมบัติเชิงหน้าที่
โอวัลบูมิน	ช่วยในการจับตัวเป็นก้อน
โอโวทรานสเฟอร์ริน	สามารถจับอนุมูลโลหะได้ (chelating agent)
โอโวมิวคอยด์	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน
โอโวมิวซิน	เป็นสารช่วยในการเกิดฟอง
ไลโซไซม์	ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแกรมลบ
อะวิดิน	สามารถจับไบโอติน และแบคทีเรียได้
โอโวไกลบูลิน	เป็นสารช่วยในการขึ้นฟูในผลิตภัณฑ์ขนมอบ
โอโวอินฮิบิเตอร์	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน และไลโมทริปซิน
โอโวฟลาโวโปรตีน	สามารถจับไรโบฟลาวิน

ที่มา : Powrie (1995)

Stadelman and Cotterill (1995) อธิบายถึงผลของความร้อนต่อสมบัติการจับตัวกันของโปรตีนในไข่ขาวไว้ดังนี้ เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนในไข่เป็นผลทำให้สูญเสียความสามารถในการละลายและความข้นหนืด หรือเปลี่ยนจากของเหลวไปเป็นของแข็ง โปรตีนในไข่ขาวประกอบด้วย โอวัลบูมิน (ovalbumin) ร้อยละ 54 คอนแอลบูมิน (conalbumin) ร้อยละ 13 โอโวมิวคอยด์ (ovomucoid) ร้อยละ 11 ไลโซไซม์ (lysozyme) ร้อยละ 3.5 โอโวมิวซิน (ovomucin) ร้อยละ 1.5 โดยโอโวมิวคอยด์ จะไม่จับตัวกันด้วยความร้อน ส่วนคอนแอลบูมินจะไวต่อความร้อน ในไข่แดงพบส่วนประกอบอื่นที่ไม่ใช่โปรตีนด้วย โดยจะมีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 4-10 ฟอสโฟโปรตีน (phosphoprotein) ร้อยละ 4-15 ลิพอโปรตีน (lipoprotein) ร้อยละ 16-18 ไขมันร้อยละ 46 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2 แร่ธาตุร้อยละ 2 และวิตามินเล็กน้อย

การจับตัวกันของไข่ขาวเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 62°C และสิ้นสุดเมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 65°C ที่อุณหภูมิ 70°C ไข่ขาวจะมีลักษณะค่อนข้างแน่นแข็ง (firm) แต่มีความอ่อนนุ่ม (tender) และจะแข็งมากที่อุณหภูมิสูงขึ้น ไข่ขาวจากไข่เป็ดจะจับตัวกันที่อุณหภูมิ 55°C เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที

ผลิตภัณฑ์จากไข่

ไข่ไม่เพียงเป็นอาหารสำคัญของมนุษย์ คุณสมบัติหลายอย่างของไข่ช่วยในการทำอาหารหรือขนมต่างๆทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่น่าดูและน่าบริโภค อาหารที่มีไข่เป็นส่วนผสมจะมีรสชาติดีขึ้นและมีลักษณะนุ่มละเอียด โรงงานทำขนมที่ใช้ไข่เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมเค้ก โดนัท ไอศกรีม น้ำสลัดมายองเนส ขนมพาย พุดดิ้ง ของหวานแบบไทยประเภททองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง ขนมหม้อแกง เป็นต้น

การทำผลิตภัณฑ์จากไข่ทั้งเปลือกนั้นเป็นที่รู้จักกันมานานแล้ว ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ไข่เค็ม ไข่เยี่ยวม้า เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไข่มาเก็บรักษาในรูปของเนื้อไข่ คือ ไข่ขาว ไข่แดงและไข่ขาวผสมไข่แดง (whole egg) วิธีการแปรรูปที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ การแช่เยือกแข็ง และการทำแห้ง เพื่อป้องกันโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร

นอกจากนี้ยังมีการนำไข่มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจได้แก่ ไข่ต้มหลอด (Hard-cook egg roll) ใช้สำหรับเสิร์ฟในสลัดบาร์ตามร้านอาหาร ซึ่งได้รับความนิยมมากเนื่องจากสะดวกต่อการบริโภค ไม่ต้องปอกเปลือก ประหยัดพลังงานในการหุงต้ม และง่ายต่อการบริโภค ผลิตภัณฑ์นี้มีทั้งรูปแบบที่มีและไม่มีไข่แดงอยู่แกนกลาง บรรจุในไส้เทียม ใช้เทคนิคป้องกันการเกิดลิเชียวดำในไข่แดง (Baker, 1994) และยังมีผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น เต้าหู้ไข่หลอด ไข่เยี่ยวแช่เยือกแข็ง ไข่นกกระทาบรรจุกระป๋อง เป็นต้น

จุลินทรีย์ที่พบในไข่

ตามปกติไข่สดจะปราศจากเชื้อ แต่หลังจากออกจากตัวแม่ไก่ได้ไม่นาน เปลือกนอกอาจมีเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดปนเปื้อน และยิ่งถ้าความชื้นสูง ไข่จะเก็บไว้ได้ไม่นาน เนื่องจากจุลินทรีย์เจริญได้ดี และสามารถผ่านรูเปลือกไข่เข้าไปสู่ภายในเนื้อไข่ได้ แม้ว่าจะมีด่านป้องกันที่เปลือกไข่ถึง 3 ด่านก็ตาม เชื่อบุชั้นในเปลือกไข่ถือว่าเป็นด่านป้องกันที่ดีที่สุด แต่ถ้าจุลินทรีย์ผ่านเข้าไปได้ ก็ยังมีสารในไข่ขาวหลายชนิดทำหน้าที่คุ้มกันไข่แดง การเก็บไข่ไว้นาน น้ำที่อยู่ในไข่ขาวจะเคลื่อนย้ายมาอยู่ในไข่แดง ขณะที่บางส่วนระเหยออกไปทางรูเปลือก เป็นผลให้ความหนาของชั้นไข่ขาวลดลง การหดตัวของไข่ขาวและความเหลวของไข่แดงอาจมีผลให้ไข่แดงมีโอกาสดัมผัสกับเยื่อชั้นในของเปลือกไข่ ซึ่งถ้าเกิดการติดเชื้อขึ้น เชื้อก็จะสามารถเข้าทำลายไข่แดงได้ทันที แบคทีเรียจะใช้ไข่แดงเป็นอาหาร เกิดการย่อยสลายสารอาหารในไข่ (สุเมธธา, 2545) ไข่ขาวจะประกอบด้วยสารที่ช่วยป้องกันการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ ได้แก่ เอนไซม์ไลโซไซม์ อะวิดิน คอนอัลบูมิน และความเป็นเบสในไข่ขาว (pH ของไข่ขาวประมาณ 9-10) เป็นต้น

จุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคและอาศัยไข่เป็นพาหะได้แก่ เชื้อโรคไข้ของสัตว์ปีก (*Salmonella Pullorum*) วัณโรคสัตว์ปีก (Avian tuberculosis) เป็นอันตรายในสัตว์ปีก *S. Typhimurium* พบมากในไข่

เปิด สำหรับ *S. Enteritidis* ก็พบมากในไข่เป็ดด้วย เชื้อบางพวกของ *Salmonella* เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (Steele and Galton, 1967) ไข่เป็ดมีเชื้อพวกนี้มาก การใช้ไข่เป็นทำอาหาร เช่น ไอศกรีม น้ำสลัด ซุป ขนมหอย เคยปรากฏว่ามีคนได้รับอันตรายเพราะอาหารเป็นพิษบ่อย ๆ เชื้อที่เป็นอันตรายได้แก่ *S. Enteritidis* ทำให้เกิดอาการท้องร่วง และ *S. Typhimurium* ทำให้เกิดโรคไทฟอยด์ ในไข่ไก่มักจะพบชนิดของเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าไข่เป็ด อาจเนื่องจากไก่นั้นไข่ในที่แห้งและสะอาดกว่าเป็ด (สุวรรณ, 2529)

Salmonella เป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารที่เรียกว่า Salmonellosis อาหารที่มีเชื้อชนิดนี้ปนเปื้อนเพียงเล็กน้อยก็เพียงพอทำให้เกิดอาการของโรค คือ ปวดท้อง ปวดหัวและเป็นไข้ ท้องเสียและอาเจียนภายใน 12 - 24 ชั่วโมงหลังจากรับประทานอาหาร ความรุนแรงอาจก่อให้เกิดชีวิตขึ้นกับสภาพของอาหารและชนิดสายพันธุ์ *Salmonella* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ เคลื่อนที่ได้ ไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ในสภาพที่มีอากาศและไม่มีอากาศ สมบัติที่สำคัญคือไม่ทนต่อความร้อนที่ 55 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นอาหารที่ผ่านความร้อนในระดับนี้จึงสามารถทำลายเซลล์ของแบคทีเรียชนิดนี้ได้ (ปรีชา และ วราภา, 2548)

การพาสเจอร์ไรซ์

การพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C เพื่อยืดอายุของผลิตภัณฑ์อาหาร วิธีนี้สามารถใช้ในการถนอมอาหารได้โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความทนทานต่อความร้อนต่ำ เช่น แบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ ยีสต์และรา และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าของอาหารน้อยที่สุด การพาสเจอร์ไรซ์เป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่แต่ไม่ใช่ทั้งหมดในอาหาร ดังนั้นอาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แล้วต้องใช้ในการถนอมอาหารแบบอื่นควบคู่ หรือต้องเก็บรักษาในสถานะที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (4 - 10°C) เวลาและอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์อาหารขึ้นอยู่กับ ความต้านทานความร้อนของเซลล์จุลินทรีย์ที่ต้องการทำลาย และความไวต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์ (วิล, 2546)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 267 พ.ศ. 2545 ผลิตภัณฑ์นม ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรซ์จะต้องตรวจพบแบคทีเรียไม่เกิน 10,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ณ แหล่งผลิต และไม่เกิน 50,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตลอดระยะเวลาเมื่อออกจากแหล่งผลิตถึงวันหมดอายุการบริโภคที่ระบุบนฉลาก ซึ่งเกณฑ์นี้นำมาเป็นตัวอย่างสำหรับข้อกำหนดจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ในการศึกษานี้

ในการแปรรูปไข่ เริ่มด้วยการตอกไข่ให้แตก แยก และแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าเชิงการค้าหรือเพิ่มอายุการเก็บรักษา ในไข่เหลวอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย จุลินทรีย์เหล่านี้จะเพิ่มจำนวนขึ้นภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมหรืออาจเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนใน

อาหารที่ให้ความร้อนไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องมีการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์ไข่ จุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการทดสอบความสามารถในการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์ไข่ได้แก่ *Salmonella* Typhimurium TM-1 และ *S. Oranienburg* มีรายงานว่า *Salmonella* 14 สายพันธุ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับไข่ถูกทำลายที่ 65°C เป็นเวลา 0.3 นาที (ในผลิตภัณฑ์ไข่เหลว) ซึ่งในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ทั่วไป นิยมให้ความร้อนที่ 60-62°C เป็นเวลา 3.5-4 นาที (Stadelman and Cotterill, 1995)

ไข่เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง การบริโภคเนื้อไข่เป็ด 100 กรัม จะได้โปรตีน ประมาณ 12 กรัม ไขมัน 14.1 กรัม แต่ถ้าวินิจฉัยไข่ขาว 100 กรัม คุณค่าทางอาหารที่ได้ส่วนใหญ่คือโปรตีน และมีคาร์โบไฮเดรต ไขมัน น้อยกว่า 1 กรัม(ตารางที่ 6) ในไข่ขาวไข่เป็ดประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนตามที่ร่างกายต้องการ (Anonymous, 2005)

ตารางที่6 คุณค่าทางโภชนาการของไข่เป็ดทั้งฟอง ไข่ขาว และ ไข่แดง ในส่วนที่รับประทานได้
100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ไข่เป็ดทั้งฟอง	ไข่ขาว	ไข่แดง
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	189.0	50.0	368.0
น้ำ (กรัม)	69.4	87.8	49.9
โปรตีน (กรัม)	12.1	10.7	13.0
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	3.5	0.8	0.8
ไขมัน (กรัม)	14.1	0.1	34.8
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	210.0	0	1120.0
เกลือ (กรัม)	1.1	-	1.5
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	40.0	6.0	166.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	269.0	8.0	360.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	3.1	0	3.8
เรตินอล (ไมโครกรัม)	168.0	17	334.0
เบต้า-แคโรทีน(ไมโครกรัม)	439.0	0	38.0
วิตามินเอรวม (ไมโครกรัม)	205.0	17	337.0
วิตามินอี	-	-	-
โทเคมิน(มิลลิกรัม)	0.29	0	0.87
ไรโบฟลาวิน	0.30	0	0.60
ไนอะซิน(มิลลิกรัม)	0.1	0.2	2.6
วิตามินซี	0	0	-

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีการวิเคราะห์

ที่มา : Institute of Nutrition (2002)

วิธีวิจัย

1. สํารวจข้อมูลการใช้ไข่เป็ดในการทำขนมหวาน โดยเก็บข้อมูลจากเอกสาร และการสัมภาษณ์ผู้ทำขนมทองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง เป็นต้น
2. การศึกษาองค์ประกอบและสมบัติของไข่ขาวจากไข่เป็ด
 - 2.1 ศึกษาองค์ประกอบ ชนิด และ ปริมาณของกรดอะมิโนในไข่ขาวของไข่เป็ด
 - 2.2 ศึกษาผลของ พีเอช ของไข่ขาวต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดและลักษณะปรากฏของไข่ขาวจากไข่เป็ด
3. ศึกษาวิธีการเตรียมฟิล์มโปรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ด และการประยุกต์ใช้เป็นสารเคลือบพลาสติกเค็ม
4. ศึกษาวิธีการทำเต้าหู้แผ่นอบแห้งจากไข่ขาว
5. ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทองม้วน
 6. ศึกษาวิธีทำทองม้วนจากไข่ขาวของไข่เป็ด
 7. ศึกษาวิธีทำเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากไข่ขาว
 8. ศึกษาวิธีการทำไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์
9. จัดทำกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพในการผลิตเชิงการค้า เพื่อถ่ายทอดสู่ผู้ประกอบการที่สนใจ
10. จัดทำหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี และ ดำเนินการฝึกอบรม
11. ติดตามผลเพื่อสำรวจความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นการค้า

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข. 2545. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, ฉบับที่ 267. เรื่องผลิตภัณฑ์ของนม.
- ปรีชา วินุลย์เศรษฐ์ และวราภา มหากาญจนกุล. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชา 052462 กลุ่มปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2546. ไข่และผลิตภัณฑ์, น. 282-299. ใน ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, ผู้รวบรวม. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิไล รังสาทอง. 2546. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลพับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2522. **ไข่และเนื้อไก่**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- Anonymous. 2005. **Easy to find easy to buy?**. Available Source: <http://www.duckeggs.com/duckegg-nutrition-compare.htm>, September 28, 2005.
- Baker, R.C. 1994. Innovative egg products and future trends, pp. 11-23. In J.S. Sim and S. Nakai, eds. **Egg Uses and Processing Technologies New Developments**. CAB International, Wallingford.
- Institute of Nutrition 2000. **Asean Food Composition Tables**, Mahidol University.
- Mine, Y. 1995. Recent advances in the understanding of egg white protein functionality. **Trends in Food Sci & Technol**. 6: 225-232.
- Powrie, W.D. 1995. Chemistry of eggs and egg products, pp.61-90. In W.J. Stadelman, W.J. and O.J. Cotterill, eds. **Egg Science and Technology**. The AVI publishing company, Inc., Westport.
- Stadelman, W.J. and O.J. Cotterill. 1995. **Egg Science and Technology**. 4th ed. Food Produce Press, New York.
- Steele, J.H. and M.M. Galton. 1967. Epidemiology of foodborne salmonellosis. **Health Lab. Sci.** 4: 207-212.
- Warner, R.C. 1954. Egg Protein. In H. Neurath and K. Bailey, eds. **The Proteins**. Academic Press, New York.

บทที่ 2

การศึกษาองค์ประกอบและสมบัติของไข่ขาวจากไข่เป็ด

บทคัดย่อ

ไข่ขาวจากไข่เป็ดสด มีน้ำ และโปรตีนเท่ากับร้อยละ 85.75 และ 12.15 ตามลำดับ มีไขมันและคาร์โบไฮเดรต รวมกัน ไม่มากกว่าร้อยละ 2 โปรตีนในไข่ขาวประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นสำหรับร่างกายครบทุกชนิด การปรับ pH ของสารละลายไข่ขาวเป็น 2-6 จะทำให้เกิดตะกอนขุ่นขาว ที่ pH 8-11.25 สารละลายไข่ขาวจะใสไม่มีสี แต่ที่ pH 12 จะเป็นเจลและโปร่งแสง

บทนำ

คนไทยนิยมบริโภคขนมหวาน้ำจืด ทอหยิบ ทอหยอด ฝอยทองและ เม็ดขนุนที่ใช้ไข่แดงจากไข่เป็ดเป็นส่วนประกอบแต่ขนมที่ทำจากไข่ขาวของไข่เป็ดจะได้รับความนิยมน้อยกว่า การทำขนมเหล่านี้มีอยู่ทุกภูมิภาค ที่มีการผลิตจนเป็นสินค้าที่มีชื่อเสียงของจังหวัดได้แก่ ที่เกาะเกร็ด จ. นนทบุรี จ. ฉะเชิงเทรา จ. เพชรบุรี เป็นต้น การศึกษาเกี่ยวกับไข่เป็ดมีน้อยกว่าไข่ไก่ ดังนั้นในการนำไข่ขาวจากไข่เป็ด มาพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เช่น องค์ประกอบทางเคมี องค์ประกอบของกรดอะมิโน ไข่ขาวประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิด เช่น โอวัลบูมิน โอโวมิวซิน โลโซไซม์ เป็นต้น ในการเก็บรักษาไข่พบว่า pH ของไข่ขาวเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และไข่ขาวข้นเปลี่ยนเป็นไข่ขาวใส (สุวรรณ, 2529) โปรตีนเป็นสารที่มีความไวต่อการเปลี่ยนของ pH ดังนั้นจึงศึกษาผลของพีเอชต่อความหนืด และ ลักษณะปรากฏ ของไข่ขาว ซึ่งจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในการนำไข่ขาวไปแปรรูป และใช้ประโยชน์

วิธีวิจัย

1. สืบหาข้อมูลการใช้ไข่เป็ดในการทำขนมหวาน้ำจืดจากรายชื่อผู้ประกอบการสินค้า OTOP และ จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ
2. ศึกษาสมบัติและองค์ประกอบของไข่ขาว โดยใช้ไข่เป็ดสดจากฟาร์ม

2.1 องค์ประกอบ (AOAC,2000) ชนิด และปริมาณของกรดอะมิโนในไข่ขาวของไข่เป็ด (Petritis et al., 1963)

2.2 ผลของ pH ต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืด และลักษณะปรากฏของไข่ขาวจากไข่เป็ด โดยปรับ pH ของไข่ขาวในช่วง 2-12 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5 นอร์มัล วัดความหนืดของสารละลายด้วย Brookfield Viscometer RVDV III⁺ พร้อมอุปกรณ์เสริม คือ UL Adapter วัดตัวอย่างครั้งละ 16 มิลลิลิตร หัววัดเบอร์ 00 หมุนที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที และรายงานลักษณะปรากฏของสารละลายไข่ขาวที่ pH ต่างๆ

ผลและวิจารณ์

1. สํารวจข้อมูลการใช้ไข่เป็ดในการทำขนมหวาน

จากการสำรวจรายชื่อผู้ผลิตสินค้า OTOP ปี 2547 (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2547) พบว่ามีการผลิตขนมไทย ประเภททองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง เม็ดขนุน ในจังหวัดต่างๆดังนี้ นนทบุรี 3 ราย ปทุมธานี 3 ราย สมุทรสาคร 2 ราย เพชรบุรี 1 ราย และ นครราชสีมา 1 ราย อย่างไรก็ตาม การผลิตมีทั้งรายเล็กและใหญ่ และบางรายไม่ได้ขึ้นทะเบียนเป็นสินค้าOTOP

ทำการสำรวจร้านทำขนมหวานของไทยที่เกาะเกร็ด จ. นนทบุรี 7 ร้าน พบว่า การทำทองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง เม็ดขนุน ทองเอก จำมูกัญ เสน่ห์จันทร์ ใช้ไข่แดงจากไข่เป็ด เป็นส่วนผสม จึงมีไข่ขาวเหลือใช้ ซึ่งผู้ประกอบการรายเล็กๆที่รับทำขนมตามคำสั่งของลูกค้า จะใช้ไข่เป็ดประมาณอย่างต่ำ 100 ฟองต่อวัน (ไข่เป็ด70-100 ฟอง ทำทองหยิบได้ 100 ชิ้น) ในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ จะใช้ไข่มากถึง 500 ฟองต่อวัน รายใหญ่ใช้ประมาณ 1200-1300 ฟองต่อวัน โดยซื้อไข่จากตลาดสด ไข่ขาวเหลือจากทำขนมดังกล่าวข้างต้น อาจใช้ทำขนมหวานอื่น เช่น ขนมหม้อแกง สังขยา ฝอยเงิน ขนมเห็ดโคน เป็นต้น แต่ทำปริมาณไม่มากนัก บางทีนำไข่ขาวมานึ่งรับประทาน หรือให้เพื่อนบ้าน และบ่อยครั้งเททิ้ง ผู้ผลิตรายใหญ่ 1 รายซึ่งผลิตสินค้า OTOP ในเกาะเกร็ดใช้ไข่แดงของบริษัทซีพี จึงไม่มีไข่ขาวเหลือในกระบวนการ ข้อมูลเผยแพร่ทาง internet ระบุว่า ร้านทำขนมขนาดใหญ่ เช่น ร้านขนมไทยเก่าพี่น้องใช้ไข่ 4,000 ฟองต่อวัน ไข่ขาวมีการขายกันในราคา 16 บาท ต่อ กก. (<http://www.siam-handicrafts.com/webboard/question.asp?QID=1446>)

ผลของการสำรวจบ่งชี้ว่ามีการใช้ไข่เป็ดทำขนมไทยประเภททองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง เม็ดขนุนในหลายจังหวัด ทำให้มีไข่ขาวแยกออกมาจำนวนมาก จึงควรหาวิธีทำเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้ไข่ขาว

2. สมบัติและองค์ประกอบของไข่ขาว

2.1 ศึกษาองค์ประกอบ ชนิด และ ปริมาณของกรดอะมิโนในไข่ขาวของไข่เป็ด

ไข่เป็ดมีโปรตีนร้อยละ 12 น้ำร้อยละ 85-86 ถ้า คาร์โบไฮเดรต และ ไขมันเล็กน้อย (ตารางที่ 1) จากรายงานของไข่ขาวจากไข่ไก่ ของ Stadelman and Cotterill (1995) พบว่า ไข่ขาวจากไข่เป็ดมีโปรตีนสูงกว่าไข่ไก่ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีในไข่ขาว

องค์ประกอบ (%)	ไข่เป็ด A	ไข่เป็ด B	ไข่ไก่ C
น้ำ	85.75	86.5	87.87-89.37
โปรตีน	12.15	12.8	9.70-10.60
เกลือแร่	0.63	0.6	0.5 - 0.6
คาร์โบไฮเดรต	1.32	เล็กน้อย	0.4 - 0.9
ไขมัน	0.12	0.1	0.03

A คือ ผลวิเคราะห์ในโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไข่ขาวของไข่เป็ด

B คือ ผลจาก Institute of Nutrition (2000)

C คือ ผลจาก Stadelman and Cotterill (1995)

จากตารางที่ 2 พบว่าไข่ขาวจากไข่เป็ดมีกรดอะมิโนจำเป็นสำหรับเด็กครบทั้ง 10 ตัว กรดอะมิโนในไข่ขาวมีทั้ง แบบมีซัลเฟอร์ และ ไม่มีซัลเฟอร์ โดยมี pI แตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือกลุ่ม pI ต่ำ (2.77-3.22) ปานกลาง (5.07-7.59) และสูง (9.74-10.76) ซึ่งมีผลทำให้ที่ pH ต่างๆ ไข่ขาวจะมีความเป็นประจุแตกต่างกัน

ตารางที่ 2 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในไข่ขาว 100 กรัม

ชนิดกรด	ความมีขั้ว ¹	ค่า pI ^{2,3}	ไข่เป็ด(กรัม) ⁴	ไข่เป็ด(กรัม) ⁵	ไข่ไก่(กรัม) ⁵
อะลานีน	Non-polar	6.0	0.253	0.631	0.696
อาร์จินีน	+	10.76	0.484	0.765	0.749
กรดแอสพาร์ติก	-	2.77	0.937	0.777	1.225
ซีสทีน	Non-polar	5.07	0.384	0.285	0.290
กรดกลูตามิก	-	3.22	0.814	1.789	1.633
ไกลซีน	Non-polar	5.98	0.633	0.422	0.420
ฮิสทีดีน	+	7.59	0.337	0.320	0.296
ไอโซลิวซีน	Non-polar	6.02	0.475	0.598	0.682
ลิวซีน	Non-polar	5.98	0.730	1.097	1.067
ไลซีน	+	9.74	0.592	0.951	0.897
เมไทโอนีน	Non-polar	5.74	0.332	0.576	0.390
เฟนิลอะลานีน	Non-polar	5.48	0.551	0.840	0.664
โพรลีน	Non-polar	6.30	0.369	0.480	0.498
เซอรีน	Non-polar	5.68	0.749	0.963	0.929
ทรีโอนีน	Non-polar	5.68	0.633	0.736	0.600
ทริปโทเฟน	Non-polar	5.89	0.145	0.260	0.152
ไทโรซีน	Non-polar	5.66	0.468	0.613	0.510
วาเลีน	Non-polar	5.96	0.766	0.885	0.761

¹พรงาม (2545)²Li-Chan and Nakai (1989)³Damodaran (1996)⁴ผลจากโครงการวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไข่ขาวของไข่เป็ด

⁵ Anonymous (2005)

2.2 ผลของ pH ต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืด และลักษณะปรากฏของไข่ขาวจากไข่เป็ด

จากตารางที่ 3 พบว่า ไข่ขาวสดมี pH 9.4 ความหนืด 11.94 เซนติพัวส์ มีลักษณะโปร่งใสไม่มีตะกอน ชุ่น เมื่อปรับ pH จาก 2-12 พบว่า ความหนืดของไข่ขาวสูงที่สุดที่ pH 2 และมีสีขาวขุ่น การปรับ pH ทำให้โปรตีนไข่ขาวเสียสภาพแต่เนื่องจากไข่ขาวประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิดที่มีสมบัติต่างกันจึงเกิดการละลายและตกตะกอนมากน้อยต่างกันไปที่แต่ละ pH (Gossett et al., 1984; Mine, 1995) เมื่อนำมาขึ้นรูปฟิล์มที่ทุกระดับ pH จะให้ฟิล์มที่แตกกรอบเปราะ และที่ pH 12 วัดความหนืดไม่ได้เพราะไข่ขาวเกิดเป็นเจลคล้ายแป้งเปียก ดังนั้นในการทำฟิล์มจากไข่ขาวจึงต้องใช้พลาสติกไซเซอร์เพื่อช่วยลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสายโปรตีนที่อยู่ใกล้กันให้อ่อนลง เพื่อให้ได้โครงสร้างที่ยืดหยุ่น (Bechtold et al., 1963) ฟิล์มที่ได้จะมีความยืดหยุ่นไม่แตกง่าย

ตารางที่ 3 ความหนืด และ ลักษณะปรากฏของสารละลายไข่ขาวจากไข่เป็ดที่ pH ต่างๆ

pH สารละลาย	ความหนืด(เซนติพัวส์)	ลักษณะปรากฏของสารละลาย
9.46 (ไข่ขาวสด)	11.94 ± 1.70^d	โปร่งใส ไม่มีตะกอน ชุ่นขาว หนืดเล็กน้อย
2.00	30.25 ± 0.84^e	ขาวขุ่น ช้นหนืดและจับกันเป็นก้อนเล็กๆกระจายทั่วไป
4.00	2.71 ± 0.09^a	ตะกอนขาวขุ่น จับเป็นก้อน ตกตะกอนอยู่ด้านล่าง
6.00	6.53 ± 0.25^b	โปร่งใสมากกว่าที่ pH 4 สีขาวขุ่น ไม่มีตะกอน
8.00	10.11 ± 0.85^c	โปร่งใสมากกว่าที่ pH 6 สีขาวขุ่น ไม่มีตะกอน
10.00	10.83 ± 0.30^{cd}	โปร่งใสมากกว่าที่ pH 8 หนืดมากขึ้น ไม่มีตะกอน
10.50	23.17 ± 1.18^f	โปร่งใสมากกว่าที่ pH 8 หนืดมากขึ้น ไม่มีตะกอน
11.00	22.68 ± 1.18^f	โปร่งใสมากกว่าที่ pH 8 หนืดมากขึ้น ไม่มีตะกอน
11.25	16.88 ± 0.62^c	โปร่งใส ไม่มีตะกอน
12.00	วัดไม่ได้	เป็นเจลคล้ายแป้งเปียก

abc... อักษรที่ต่างกันในแต่ละตัว แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สรุป

ไข่ขาวจากไข่เป็ดมีโปรตีนประมาณร้อยละ 12 (น้ำหนักสด) ที่เหลือส่วนใหญ่คือน้ำมีกรดอะมิโนจำเป็นครบทุกชนิด และไข่เป็ดสดที่ซื้อจากฟาร์มมี pH ประมาณ 9.46 ความหนืด 11.94 เซนติพาส์ การปรับ pH ของไข่ขาวตั้งแต่ 2-12 ทำให้ความหนืดเปลี่ยน โดยเพิ่มและลดเป็นช่วงๆ และไข่ขาวเป็นเจลคล้ายแป้งเปียกเมื่อปรับ pH เท่ากับ 12

เอกสารอ้างอิง

พรงาม ลิ้มตระกูล 2545. ชีวเคมีของกรดนิวคลีอิกและโปรตีน พิมพ์ครั้งที่ 2 อนุชพรินดีง เชียงใหม่

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ 2529. ไข่และเนื้อไก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

Anonymous 2004. ไข่เป็ด-ขนมไทย ความอร่อยที่กำลังจะสูญพันธุ์? Available source:

<http://www.siam-handicrafts.com/webboard/question.asp?QID=1446>, 6/14/2007.

Anonymous 2005. Easy to find easy to buy? Available source:

<http://www.duckeggs.com/duck-egg-nutrition-compare.htm>, September 28, 2005.

AOAC 2000. **Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical**

Chemists. 17 th ed. AOAC, Inc., USA.

Bechtold, D.H., H.J. Seppala, P.W. Spink and W.F. Waychoff. 1963. Plasticizer, pp 394-397, *In*

Modern Plastics Encyclopedia 41(14). Plastic catalogue Corp. Hildreth. Press, Inc.,

Bristol.

- Damodaran, S. 1996. Amino acids, Peptides, and Proteins, pp. 328. In O.R. Fennema, M. Karel, G.W. Sanderson, S.R. Tannenbaum, P. Walstra and J.R. Whitaker. Eds. **Food Chemistry**. 3rd ed. Marcel Dekker. Inc. New York.
- Gossett, P.W., S.S.H. Rizvi and R.C. Banker. 1984. Quantitative analysis of gelation in egg protein systems. **Food Technol.** 38(5): 67-74, 96.
- Institute of Nutrition 2000. **Asean Food Composition Tables**, Mahidol University.
- Li-Chan, E. and S. Nakai. 1989. Biochemical basis for the properties of egg white. **CRC Critical Reviews in Poultry Biology** 2:21-58.
- Mine, Y. 1995. Recent advances in the understanding of egg white protein Functionality. **Trends in Food Sci and Technol.** 6:225-232.
- Petritis, K., C. Elfakir and M. Dreux. 2002. A comparative study of commercial liquid chromatographic detectors for the analysis of underivatized amino acids. **J. Chromatogr. A**, 961: 9–21.
- Stadelman, W.J. and O.J. Cotterill. 1995. **Egg Science and Technology**. 4th ed. Food Produce Press, New York.

บทที่ 3

การเตรียมฟิล์มจากไข่ขาวของไข่เป็ดและการประยุกต์ใช้ในอาหาร

บทคัดย่อ

ไข่ขาวมีโปรตีนสูง จึงศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำฟิล์มบิโกลได้ ได้แก่ ความสดไข่ pH ของสารละลาย ชนิดและปริมาณพลาสติกไซเซอร์ พบว่า ปัจจัยดังกล่าวมีอิทธิพลต่อการทำฟิล์ม และสมบัติของฟิล์ม โดยฟิล์มโปรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ด ควรทำจากไข่สดซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 3^{\circ}\text{C}$) ไม่นานกว่า 4 วัน ปรับสารละลายไข่ขาวให้มี pH เท่ากับ 10.5 เมื่อใช้ซอร์บิทอลความเข้มข้นร้อยละ 50 ของปริมาณโปรตีนไข่ขาว เป็นพลาสติกไซเซอร์ จะให้แผ่นฟิล์มที่มีลักษณะใส โปร่งแสง ผิวเรียบ มีความหนาเฉลี่ย 0.113 มิลลิเมตร และมีสมบัติเชิงกล คือ มีค่าการต้านทานแรงดึงขาดเท่ากับ 0.57 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร และ ค่าการยืดตัวร้อยละ 6.92 มีค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม เท่ากับ 0.098 กรัม.มิลลิเมตรต่อตารางเมตร.ชั่วโมง.มิลลิเมตรปรอท ค่าการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 7.04 มิลลิเมตร.มิลลิเมตรต่อตารางเมตร.ชั่วโมง.บรรยากาศ จัดเป็นฟิล์มที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำดีเมื่อเทียบกับฟิล์มโปรตีนชนิดอื่น เช่น เวย์โปรตีน โปรตีนถั่วเหลือง แต่มีสมบัติป้องกันออกซิเจนต่ำกว่าฟิล์มดังกล่าว เมื่อทดลองนำสารละลายไข่ขาวซึ่งเตรียมตามสูตรที่ใช้ทำฟิล์มไปเคลือบพลาสติกตากแห้ง พบว่าเคลือบได้ดีเมื่อพลาสติกมีความชื้นประมาณร้อยละ 45 โดยพลาสติกที่เคลือบด้วยไข่ขาว 3 ชั้นจะมีลักษณะเป็นมันวาวและสูญเสียน้ำหนักกว่าปลาที่ไม่ได้เคลือบ และเมื่อนำไปทอด จะดูดซับน้ำมันน้อยกว่า เนื้อสัมผัสของพลาสติกหลังทอดจะไม่แข็งเท่าปลาที่ไม่ได้เคลือบ แต่การวางปลาบนจานหรือบรรจุใส่ถุงเพื่อเก็บรักษาพบว่าด้านล่างของปลาจะชื้น ฟิล์มที่เคลือบกลายเป็นของเหลวขึ้นจากการดูดความชื้นในบรรยากาศ จึงไม่สามารถเก็บรักษาได้

บทนำ

จากการที่ความต้องการใช้ไข่ขาวของไข่เป็ดยังจำกัฒนาให้ใช้ได้กว้างขวางยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษาและพัฒนาฟิล์มและสารเคลือบที่บิโกลได้จากโปรตีนชนิดต่างๆ ได้แก่ โปรตีนข้าวสาลี โปรตีนข้าวโพด โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนหางนม และโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก่ ซึ่งฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรง มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไข่ขาวของไข่เป็ดมีองค์ประกอบและชนิดของกรดอะมิโนใกล้เคียงกับไข่ไก่ถึงแม้จะมีความแตกต่างในเชิงปริมาณอยู่บ้างดังปรากฏในผลการ

ทดลองในบทที่ 2 ดังนั้นจึงน่าจะทำได้เช่นเดียวกับไข่ขาวจากไข่ไก่ ด้วยเหตุนี้วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือการหาสภาวะในการเตรียมฟิล์มโปรตีนจากไข่ขาวของไข่เป็ด และทดลองประยุกต์ใช้ในอาหาร

วิธีวิจัย

1. ผลของชนิดและปริมาณพลาสติกไซเซอร์ pH ของสารละลายไข่ขาว ต่อการเตรียมฟิล์มโปรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ด

1.1 การเตรียมสารละลายไข่ขาว

แยกไข่ขาวจากไข่แดง กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ครั้ง วัดค่า pH เติมสารป้องกันการเกิดโฟม(silicone oil) ร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักของโปรตีนไข่ขาว เติมพลาสติกไซเซอร์ (พอลิเอทิลีนไกลคอล-400 หรือ ซอร์บิทอล ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักของโปรตีนไข่ขาว) ปรับ pH ของสารละลายไข่ขาว เป็น 10.5 และ 11.25 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5 นอร์มัล ผสมให้เข้ากันด้วยแท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 5 นาที นำไปใส่ฟองอากาศด้วยเครื่องไล่ฟองอากาศระบบอัลตราโซนิกส์เป็นเวลา 20 นาที ให้ความร้อนกับสารละลายไข่ขาวในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 45° ซ นาน 20 นาที ทิ้งให้สารละลายเย็นที่อุณหภูมิห้อง (ดัดแปลงจากวิธีของ Gennadios et al., 1996)

1.1.1 ศึกษาลักษณะปรากฏของสารละลายไข่ขาว

1.1.2 วัดความหนืดของสารละลายไข่ขาวด้วย Brookfield Viscometer RVDV III⁺ พร้อมอุปกรณ์เสริม คือ UL Adapter วัดตัวอย่างครั้งละ 16 มิลลิลิตร หัววัดเบอร์ 00 หมุนที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที

1.2 การเตรียมฟิล์มโปรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ด

นำสารละลายไข่ขาวปริมาณ 25 มิลลิลิตร นำไปขึ้นรูปฟิล์มบนวัสดุขึ้นรูปฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น(linear low density polyethylene; LLDPE) โดยจึงพลาสติกบนแผ่นกระจกเรียบให้ตั้ง ตั้งความสูงของเครื่องปาด 2 มิลลิเมตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป่าเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำไปแขวนตากควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 เป่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนได้ฟิล์มที่แห้งสนิท ทดสอบสมบัติของฟิล์มดังต่อไปนี้

1.2.1 ความหนา โดยใช้เครื่องวัดความหนา Mitutoyo Digimatic Thickness Gage

1.2.2 การต้านทานแรงดึงขาด และการยืดตัว โดยใช้เครื่อง Testometric Micro 350 ตามมาตรฐาน ASTM D882-91 (ASTM, 1992)

1.2.3 ค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม โดยใช้ชุดทดสอบการสผ่านไอน้ำตามมาตรฐาน ASTM E96-85 (ASTM, 1996)

1.2.4 ค[]การชิมผ[]นค[]ชออกซิเจน โดยใช[]เครื่องวัดอัตราการชิมผ[]นของก[]ชออกซิเจน Illinois Instrument รุ[]น 8500 ตามมาตรฐาน ASTM D1434-82 (ASTM, 1988)

1.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้ปัจจัยในการศึกษาคือพลาสติกไซเซอร 2 ชนิด ที่ความเข้มข้น 2 ระดับ และpH ของสารละลาย 2 ระดับ วางแผนการทดลองแบบ 2x2x2 factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์[]ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของข[]้อมูลทางสถิติโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

2. ผลของความสดใ[] ต่อ การเตรียมฟิล์มโปรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ด

2.1 ความสดของไข่[]เป็ด

2.1.1 การวัดคุณภาพของไข่[]เป็ด

นำไข่[]ที่มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปกติ (28 ± 3 องศาเซลเซียส) เป[]นเวลานาน 4, 11 และ 18 วัน ทำการศึกษาดังนี้

2.1.1.1 วัดความสดของไข่[]โดยไข่[]เครื่องฮอฟ[]ก

2.1.1.2 วัดค[] pH ของไข่[]ขาว

2.1.1.3 วัดค[]ความหนืดของไข่[]ขาว ตามวิธีการในข[]อ 1.1.2

2.2 การเตรียมสารละลายโปรตีนไข่[]ขาวจากไข่[]เป็ด

เตรียมสารละลายไข่[]ขาวที่เหมาะสมจากข[]อ 1.1 โดยไข่[]ไข่[]ที่มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปกติ (28 ± 3 องศาเซลเซียส) เป[]นเวลานาน 4, 11 และ 18 วัน และไข่[]ชอร์[]บิทอลเป[]นพลาสติกไซเซอร[]ที่ระดับความเข[]มข[]นร้อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักโปรตีนไข่[]ขาว ปรับ pH ของสารละลายไข่[]ขาวเท[]กับ 10.5 และ 11.25 ค[]ยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ค[]ความเข[]มข[]น 5 นอร์[]มัล

2.2.1 วัดค[]ความหนืดของสารละลายไข่[]ขาว ตามวิธีการในข[]อ 1.1.2

2.2.2 การเตรียมฟ[]ก[]มโปรตีนไข่[]ขาวจากไข่[]เป็ด

นำสารละลายในข[]อ 2.2 ทำการขึ้นรูปฟ[]ก[]มตามวิธีในข[]อ 1.2

ทดสอบสมบัติของฟ[]ก[]มที่ได้[]ขึ้นเดียวกับข[]อ 1.2

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้ปัจจัยในการศึกษาคือ ไข่[]สดที่มีอายุการเก็บรักษาต่างกัน 3 แบบ พลาสติกไซเซอร 1ชนิด ที่ความเข้มข้น 2 ระดับ และpH ของสารละลายไข่[]ขาว 2 ระดับ วางแผนการทดลองแบบ 3x2x2 factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD)วิเคราะห์[]ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของข[]้อมูลทางสถิติโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3. ศึกษาวิธีการใช้ไข่ขาวเป็นสารเคลือบอาหาร ได้แก่ พลาสติกเค็ม

จากสมบัติและลักษณะของฟิล์มไข่ขาวที่ได้ในข้อ 1 จึงพัฒนามาใช้ประโยชน์ โดยนำสูตรการผสมไข่ขาวและซอร์บิทอลในข้อ 1 และ 2 มาทดลองเคลือบพลาสติกเค็มโดย จุ่มชิ้นปลาในส่วนผสมของไข่ขาวที่เตรียมไว้ ใช้ลมร้อนเป่ารอบๆ ชิ้นปลาจนแห้ง โดยลมร้อนที่สัมผัสชิ้นปลามีอุณหภูมิไม่สูงกว่า 60°C หากต้องการให้ฟิล์มเคลือบหนาขึ้นให้จุ่มไข่ขาวซ้ำหลังการเป่าแห้ง ใช้พลาสติกตัดเป็นชิ้น ตามขวางตัวปลา ขนาดชิ้นกว้างประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว โดยใช้พลาสติกเค็มเดียวที่ซื้อจากตลาดสด นำมาตากแดด 1 2 และ 3 วัน จะได้พลาสติกที่มีความชื้นต่าง ๆ กัน คือ ร้อยละ 78 58 45 และ 29 ตามลำดับ เก็บพลาสติกที่เคลือบไข่ขาวโดยวางบนตะแกรงทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติ 2 วัน สังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ จากนั้น จึงทดสอบความหนาของการเคลือบด้วยไข่ขาวโดยเลือกใช้ปลาที่มีความชื้นร้อยละ 45 เคลือบไข่ขาว 0 1 2 3 4 และ 5 ชั้น เปรียบเทียบลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์

นำพลาสติกเค็มที่อบให้มีความชื้นร้อยละ 45 มาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดย กลุ่มที่ 1 ตัดพลาสติกเป็นชิ้นตามขวางตัวปลาขนาดชิ้นกว้างประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว กลุ่มที่ 2 ใช้พลาสติกเค็มทั้งตัว นำปลาทั้งสองกลุ่มมาเคลือบฟิล์มโปรตีนไข่ขาวจำนวน 3 ชั้น กลุ่มที่ 1 ทำการเก็บรักษาโดยใช้ไม้จิ้มฟันเสียบชิ้นปลาและเสียบไม้กับแผ่นโฟมเพื่อให้มีการถ่ายเทของอากาศรอบชิ้นปลา ไม่มีการระเหยของไอน้ำชื้นปลา เก็บไว้เป็นเวลา 12 วันในห้องที่มีอุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ กลุ่มที่ 2 วางปลาบนจานแบนตั้งไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เปรียบเทียบ ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์

นำพลาสติกเค็มที่เคลือบฟิล์มโปรตีนไข่ขาวและไมเคลือบ ชั่งน้ำหนักพลาสติกก่อนทอด นำไปทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ชั่งน้ำหนักพลาสติกหลังทอด สังเกตลักษณะภายในและภายนอกแล้จำนวนหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไปหลังทอด ทดสอบหาความแตก่างกันเนื้อสัมผัสโดยการทดสอบแบบสามเหลี่ยม (triangle test) ใช้ผู้ทดสอบ 24 คน

ผลและวิจารณ์

1. ผลของชนิดและปริมาณพลาสติกไซเซอร pH ของสารละลายไข่ขาว ต่อการเตรียมฟิล์มโปรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ด

เมื่อนำสารละลายไข่ขาวไปวัดค่าความหนืด (ตารางที่ 1) พบว่าค่า pH ชนิด และความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร นั้นมีผลต่อค่าความหนืดอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับระดับ pH 10.5 และ

11.25 นั้นพบว่า สารละลายไข่ขาวที่ pH 11.25 นั้นจะมีความหนืดที่ต่ำกว่าที่ระดับ pH 10.5 เนื่องจากโปรตีนเกิดการกระจายตัวและละลายได้ดีกว่า โดยสารละลายไข่ขาวที่ระดับ pH 10.5 จะมีค่าความหนืดสูงที่สุด คือ 30.58 ± 1.09 เซนติปาส เมื่อมีการเติมพลาสติกไซเซอร ลงไปค่าความ

หนีดกลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจากพลาสติกไซเซอรที่เติมลงไปนั้นจะไปแทรกตัวระหว่างโมเลกุลของโปรตีน ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโปรตีนนั้นลดลง ยกเว้นสารละลายไซขาวที่ระดับ pH 11.25 เติมซอร์บิทอลเปปไทด์พลาสติกไซเซอรร้อยละ 60 พบว่าค่าความหนืดจะมากกว่าเมื่อไม่เติมซอร์บิทอลอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากการขึ้นรูปฟอัม (ตารางที่ 2) พบว่า ฟอัมที่เตรียมจากสารละลายไซขาวที่ไม่มีการเติมพลาสติกไซเซอรจะไม่สามารถขึ้นรูปเป็นฟอัมได้ ฟอัมที่เตรียมจากสารละลายไซขาวที่มีการเติมพอลิเอทิลีนไกลคอล-400 ทั้งที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักโปรตีนไซขาวไม่สามารถลอกแผ่นฟอัมได้ ฟอัมมีความกรอบเปราะและเกาะติดแน่นกับพลาสติกที่ไซในการขึ้นรูปฟอัม เนื่องจากพอลิเอทิลีนไกลคอล-400 นั้นเป็นพอลิออลที่มีมวลโมเลกุลขนาดใหญ่เป็นสายโซ่การบิดงอ การแทรกตัวระหว่างโมเลกุลของโปรตีนซึ่งเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่เหมือนกันจึงเป็นไปได้ยาก และอาจเกิดการสร้างพันธะกันระหว่างพอลิเอทิลีนไกลคอล-400 กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นที่เป็นวัสดุขึ้นรูปฟิล์ม เนื่องจากมีโมโนเมอร์ใกล้เคียงกัน (Seymour and Carraher, 1992) สโตนซอร์บิทอลนั้นมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า จึงสามารถแทรกตัวและขัดขวางการสร้างพันธะระหว่างโมเลกุลโปรตีนได้ ดีกว่า สโตนผลให้เกิด free volume ขนาดใหญ่และมากกว่า ฟอัมจึงมีความยืดหยุ่นมากกว่า (Cuq *et al.*, 1997) ดังนั้นการไซพอลิเอทิลีนไกลคอล-400 เป็นพลาสติกไซเซอร จึงไม่เหมาะกับการขึ้นรูปฟอัมบนพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น สโตนการทดลองของ Gennadios *et al.* (1996) และ Handa *et al.* (1999a, 1999b) ที่ทำการขึ้นรูปฟอัมโปรตีนไซขาวจากไซไกที่มีการเติมพอลิเอทิลีนไกลคอล-400 เป็นพลาสติกไซเซอรที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักโปรตีน พบว่า สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟอัมได้ โดยให้ร้อยละการยึดตัวที่ดี เนื่องจากในการขึ้นรูปฟอัมของ Gennadios *et al.* (1996) และ Handa *et al.* (1999a, 1999b) นั้นทำการขึ้นรูปฟอัมบนแผ่นกระจกที่เคลือบด้วยเทฟลอนหรือพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (polytetrafluoroethylene; PTFE) ซึ่งเป็นพลาสติกที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมี (chemical inert) มีสมบัติในการต้านแรงยึดเกาะ (anti-adhesive property) และให้ลักษณะพื้นผิวลื่น (Piringer and Baner, 2000) และในการทดลองของ McHugh *et al.* (1994) ที่ทำการขึ้นรูปฟอัมเวย์โปรตีนซึ่งเติมพอลิเอทิลีนไกลคอล-400 เป็นพลาสติกไซเซอรบนเพล็ก

ซิกลาส (Plexiglas; polymethyl-methacrylate (PMMA)) ก็สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟอัมได้ จะเห็นได้ว่าสามารถไซพอลิเอทิลีนไกลคอล-400 เป็นพลาสติกไซเซอรในฟอัมโปรตีนไซขาวจากไซไก หรือฟอัมโปรตีนชนิดอื่นได้ เพียงแต่ต้องเลือกชนิดของวัสดุในการขึ้นรูปฟอัมให้มีความเหมาะสม และเนื่องจากทั้งเทฟลอน และเพล็กซิกลาสมีราคาแพง (Piringer and

Baner, 2000) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเป็ ☐น แะ ☐ระดับใน ☐องปฏิบัติการจึงไม่ ☐สามารถเลือก ☐วัสดุดังกล่าวได้ ☐

☐การใช้ ☐ซอร์ ☐บิทอลเป ☐นพลาสติกไซเซอร ☐ในการขึ้นรูป ☐ล ☐มโปรตีนไซ ☐ขาวจาก ☐ไซ ☐ป ☐คบนพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแ ☐นต่ำเชิงเส ☐น ก็ให้ ☐ฟ ☐ล ☐มที่มีความใส โปร ☐งแสง ☐ผิวหน ☐เรียบทั้ง 2 ค ☐นลอกออกได้ ☐ง ☐ย (ฟิล์มที่ได้แสดงดังภาพที่ 1) ผิวค ☐นที่สัมผัสอากาศสาก ☐ผิวค ☐นที่สัมผัสกับพลาสติกจะมันลื่น น ☐มมือ มีความอ ☐นตัว สามารถพับได้ ☐โดยไม่ ☐แตกหัก ทั้ง ☐ที่ระดับความเข ☐มข ☐นร ☐อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักโปรตีนไซ ☐ขาว เนื่องจากโมเลกุลของซอร์ ☐บิทอลมีขนาดเล็ก สามารถละลายน้ำได้ ☐ดี จึงสามารถแทรกตัวและยึดจับกับโมเลกุลโปรตีนไซ ☐ขาว ทำ ☐ให้ ☐แรงยึดเหนี่ยวระหว ☐งโมเลกุลของโปรตีนพอลิเมอร์ ☐ที่อยู่ ☐กล ☐กัณอ ☐นลงฟ ☐ล ☐มจึงมี ☐ความยืดหยุ ☐น (Beerler and Fenney, 1983) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ค่าความหนืด ลักษณะปรากฏ ของสารละลายไซขาวที่มีการเติมพลาสติกไซเซอร

สารละลาย*	ค ☐ ความหนืด(เซนติป ☐ าส ☐)	ลักษณะปรากฏ
1. ไซ ☐ ขาวสด(pH 9.46)	12.87 ± 0.29a	สารละลายใส สีออกเหลืองเล็กน้อย
2. pH 10.5 ไม ☐ ดิม พลาสติก-ไซเซอร ☐	30.58 ± 1.09h	สารละลายใส ไม ☐ มีตะกอนข ☐ นขาว
3. pH 10.5 เดิมพอลิเอทิลีน ไกลคอล-400 ร ☐ อยละ50	23.23 ± 1.02ef	ไม ☐ แตกต ☐ งจากข ☐ อ2
4. pH 10.5 เดิมพอลิเอทิลีน ไกลคอล-400 ร ☐ อยละ60	24.05 ± 1.52efg	ไม ☐ แตกต ☐ งจากข ☐ อ2
5. pH 10.5 เดิมซอร์ ☐ บิ ทอล ร ☐ อยละ50	20.63 ± 0.71d	ไม ☐ แตกต ☐ งจากข ☐ อ2
6. pH 10.5 เดิมซอร์ ☐ บิ	24.40 ± 1.35fg	ไม ☐ แตกต ☐ งจากข ☐ อ2

ทอล		
ร ☐ ยละ 60		
7. pH 11.25 ไม ☐ ติม		
พลาสติก	22.63 ± 2.91e	ไม ☐ แตกต ☐ ึ่งจากข ☐ 2
ไซเซอร		
8. pH 11.25 เติมพอลิเอทิลีน	16.88 ± 0.62c	ไม ☐ แตกต ☐ ึ่งจากข ☐ 2
ไกลคอล-400 ร ☐ ยละ 50		
9. pH 11.25 เติมพอลิเอทิลีน	14.47 ± 0.70b	ไม ☐ แตกต ☐ ึ่งจากข ☐ 2
ไกลคอล-400 ร ☐ ยละ 60		
10. pH 11.25 เติมซอร์ ☐ บี	25.40 ± 0.77g	ไม ☐ แตกต ☐ ึ่งจากข ☐ 2
ทอล ร ☐ ยละ 50		
11. pH 11.25 เติมซอร์ ☐ บี	24.68 ± 0.82g	ไม ☐ แตกต ☐ ึ่งจากข ☐ 2
ทอล ร ☐ ยละ 60		

ตัวอักษร a, b, c,... ที่ติด ☐ ึ่งกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่าง ☐ ึ่งกันน้อย ☐ ึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์ ☐ เซนต์ ☐

* 1. ไข่ขาวสด คือ ไข่ขาวที่ไม่เติมสารใดๆ และ สารละลาย 2-11 คือ สารละลายที่ปรับ pH ด้วย NaOH 5 N

ตารางที่ 2 ลักษณะปรากฏของฟ ☐ ก ☐ ม โปรตีนไข่ ☐ ขาวจากไข่ ☐ เป ☐ ด

ฟ ☐ ก ☐ ม	ความหนืด (เซนติป ☐ าส ☐)	ลักษณะปรากฏ
1. ไข่ ☐ ขาวสด (pH 9.46)	12.87 ± 0.29a	ไม ☐ สามารถขึ้นรูปเป ☐ นแพ ☐ นฟ ☐ ก ☐ มได้ ☐
2. ไข่ ☐ ขาว ที่ pH 10.5 ไม ☐ บี การเติมพลาสติกไซเซอร ☐	30.58 ± 1.09h	ไม ☐ สามารถขึ้นรูปเป ☐ นแพ ☐ นฟ ☐ ก ☐ มได้ ☐
3. ไข่ ☐ ขาวที่ pH 10.5 เติมพอลิ เอทิลีนไกลคอล-400 ร ☐ ยละ 50	23.23 ± 1.02ef	ฟ ☐ ก ☐ มแตก และเกาะติดแน ☐ นกับพลาสติก ที่ใช้ในการขึ้นรูป

4. ใบข้าวที่ pH 10.5 เดิมพอลิเอทิลีน ไกลคอล-400 ร้อยละ 60	$24.05 \pm 1.52 \text{efg}$	ฟลักซ์แตก และเกาะติดแน่นกับพลาสติกที่ไซในการขึ้นรูป
5. ใบข้าวที่ pH 10.5 เดิมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	$20.63 \pm 0.71 \text{d}$	ใส โปร่งแสง ผิวเรียบ ผิวสัมผัสอากาศ สาก ผิวติดแน่นที่สัมผัสกับพลาสติกนุ่มลื่นมือ
6. ใบข้าวที่ pH 10.5 เดิมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	$24.40 \pm 1.35 \text{fg}$	ไม่แตกตึงจากฟลักซ์ในขบ
7. ใบข้าวที่ pH 11.25 ไม่มีการเติมพลาสติกไซเซอร์	$22.63 \pm 2.91 \text{e}$	ไม่สามารถขึ้นรูปแผ่นฟลักซ์ได้
8. ใบข้าวที่ pH 11.25 เดิมพอลิ-เอทิลีน ไกลคอล-400 ร้อยละ 50	$16.88 \pm 0.62 \text{c}$	ฟลักซ์แตก และเกาะติดแน่นกับพลาสติกในการขึ้นรูป
9. ใบข้าวที่ pH 11.25 เดิมพอลิ-เอทิลีน ไกลคอล-400 ร้อยละ 60	$14.47 \pm 0.70 \text{b}$	ฟลักซ์แตก และเกาะติดแน่นกับพลาสติกในการขึ้นรูป
10. ใบข้าวที่ pH 11.25 เดิมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	$25.40 \pm 0.77 \text{g}$	ไม่แตกตึงจากฟลักซ์ในขบ
11. ใบข้าวที่ pH 11.25 เดิมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	$24.68 \pm 0.82 \text{g}$	ไม่แตกตึงจากฟลักซ์ในขบ

ตัวอักษร a, b, c,... ที่ติดกันในแนวดิ่ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 1 พอลิโพรพิลีนไขขาวจากไขเป็ด

จากการทดสอบสมบัติเชิงกลของฟอสเฟตโปรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ด แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าระดับ pH และระดับความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร์นั้นมีผลต่อสมบัติเชิงกลของฟอสเฟตโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH และความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร์มีผลต่อการยึดตัวของฟอสเฟตโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญ โดยพิจารณาอิทธิพลของ pH พบว่าที่ปริมาณซอร์บิทอลร้อยละ 50 ค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 10.5 เป็น 11.25 ค่าการคานทานแรงดึงขาดจะเพิ่มขึ้นจาก 0.57 เป็น 0.70 กิโลกรัมต่อนตารางมิลลิเมตร และค่าร้อยละการยึดตัวจะเพิ่มขึ้นจาก 6.92 เป็น 12.81 จะเห็นได้ว่าที่ระดับ pH 11.25 ฟอสเฟตโปรตีนมีโครงสร้างที่แข็งแรง

หรือมีการสร้างพันธะระหว่างโมเลกุลโปรตีนมากกว่า เนื่องจากในสถานะที่เปื่อยนุ่มพันธะไดซัลไฟด์จะถูกทำลาย โปรตีนมีความเปื่อยนุ่มประจุลบสูง เกิดการผลักกันระหว่างสายโปรตีนทำให้กระจายตัวได้ดี ดังนั้นที่ pH 11.25 พันธะไดซัลไฟด์จะถูกทำลายกลายเป็นหมู่ซัลไฮดริลไธออนมากกว่า (Hayakawa and Nakai, 1985; Hirose *et al.*, 1986) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gennadios *et al.* (1993c) ที่ขึ้นรูปฟอสเฟตโปรตีนที่ pH ใน

ช่วงต่าง ๆ พบว่าฟอสเฟตโปรตีนที่เตรียมจากสารละลายที่มีค่า pH สูง (9 - 13) จะมีค่าการคานทานแรงดึงขาดสูงกว่า

ฟอสเฟตโปรตีนที่เตรียมจากสารละลายที่มีค่า pH ต่ำ (2 - 4) ถึง 5 เท่า เช่นเดียวกับฟอสเฟตโปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมจากสารละลายที่มีค่า pH ในช่วง 8 - 10 จะให้ค่าการคานทานแรงดึงขาดสูงกว่าฟอสเฟตโปรตีนที่เตรียมจากสารละลายที่มี

ค่า pH ในช่วง 1 - 3 ถึงร้อยละ 80 และให้ผลทำนองเดียวกันในการทดลองของ Handa *et al.* (1999a) ที่ พบ

ว่าเมื่อระดับของ pH เพิ่มขึ้นปริมาณของหมู่ซัลไฮดริลที่ผิวในสารละลายไข่ขาวก็จะเพิ่มขึ้น

เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 10.5 เป็น 11.5 นั้นปริมาณหมู่ซัลไฮดริลที่ผิวจะเพิ่มขึ้นจาก 3.81 เป็น 12.85 ไมโครโมลต่อนกรัมโปรตีน เมื่อทำการขึ้นรูปฟอสเฟตโปรตีนในช่วงของการทำเหมี่ยวหมู่ซัลไฮดริลเหล่านี้จะเกิดการออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ เกิดการสร้างพันธะไดซัลไฟด์ขึ้นมาใหม่ เกิดเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติที่แข็งแรง ฟอสเฟตโปรตีนที่ได้อาจสามารถคานทานแรงดึงขาดได้ดี ค่าการคานทานแรงดึงขาดและร้อยละการยึดตัวของฟอสเฟตโปรตีนจึงสูงกว่า โดยพบว่าเมื่อระดับ pH เพิ่มขึ้นจาก 10.5 เป็น 11.5 ค่าการคานทานแรงดึงขาดจะเพิ่มขึ้นจาก 0.44 เป็น 0.52 กิโลกรัมต่อนตารางเมตร และค่าร้อยละการยึดตัวจะเพิ่มขึ้นจาก 26.4 เป็น 40.6 ซึ่งปริมาณของหมู่ซัลไฮดริลที่ผิวนั้นจะสัมพันธ์กับค่าร้อยละการยึดตัวของฟอสเฟตโปรตีน เมื่อปริมาณ

ของหมู่ไฮดรอกซิลที่ผิวเพิ่มขึ้น สัมประสิทธิ์การยืดตัวของฟลักซ์มีความสามารถที่จะยืดตัว (extensibility) เพิ่มขึ้น ค่าร้อยละการยืดตัวของฟลักซ์จึงสูงขึ้น เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น

ความดันมีผลต่อปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่ผิว จากการทดลองของ Handa *et al.* (1999b) ที่ทำการศึกษาปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลที่ผิวของสารละลายไซยาไนด์ที่ได้อัตราการรับความดัน และไมได้อัตราการรับความดัน พบว่าสารละลายไซยาไนด์ที่ได้อัตราการรับความดันที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะมีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่ผิวเพิ่มขึ้นเป็น 13.16 ไมโครโมลต่อนิกมิลลิเมตรเมื่อเทียบกับสารละลายไซยาไนด์ที่ไม่ได้อัตราการรับความดันซึ่งมีเพียง 6.77 ไมโครโมลต่อนิกมิลลิเมตร และสอดคล้องกับการทดลองของ Handa *et al.* (1999a) ที่พบ

ว่าสารละลายไซยาไนด์จากไซยาไนด์ที่ระดับ pH 10.5 ที่ได้อัตราการรับความดันที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จะมีปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลที่ผิวสูงกว่าสารละลายที่ไม่ได้อัตราการรับความดันอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลของสารละลายที่ไม่ได้อัตราการรับความดันและได้อัตราการรับความดันมีค่าเท่ากับ 3.81 และ 5.07 ไมโครโมลต่อนิกมิลลิเมตร-โปรตีนตามลำดับ และเมื่อนำมาขึ้นรูปฟลักซ์ พบว่าฟลักซ์ที่ได้จากสารละลายที่ได้อัตราการรับความดันจะมีค่าการตกค้างแรงดึงขาด (0.50 กิโลกรัมต่อนิกมิลลิเมตร) สูงกว่าเมื่อเทียบกับฟลักซ์ที่ได้จากสารละลายที่ไม่ได้อัตราการรับความดัน (0.44 กิโลกรัมต่อนิกมิลลิเมตร) (Handa *et al.*, 1999a) จะเห็นได้ว่าฟลักซ์โปรตีนส่วนใหญ่จะมีการเตรียมสารละลายในไซยาไนด์ที่มี pH สูง (Gennadios *et al.*, 1993b)

ผลของระดับความเข้มข้นของซอร์บิทอลซึ่งเป็นพลาสติกไซเซอรที่ต่อการตกค้างแรงดึงขาด และค่าร้อยละการยืดตัวของฟลักซ์ เมื่อปริมาณพลาสติกไซเซอรเพิ่มขึ้น ค่าการตกค้างแรงดึงขาดของฟลักซ์จะลดลง แต่ค่าร้อยละการยืดตัวจะเพิ่มขึ้น ฟลักซ์มีความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น ที่ระดับ pH 10.5 เมื่อปริมาณซอร์บิทอลเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 50 เป็นร้อยละ 60 ค่าการตกค้างแรงดึงขาดจะลดลงจาก 0.57 เป็น 0.40 กิโลกรัมต่อนิกมิลลิเมตร และค่าร้อยละการยืดตัวจะเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.92 เป็น 19.08 ตามลำดับ ซึ่งเหมือนกับที่ pH 11.25 เมื่อปริมาณซอร์บิทอลเพิ่มขึ้น ค่าการตกค้างแรงดึงขาดจะลดลงจาก 0.70 เป็น 0.58 กิโลกรัมต่อนิกมิลลิเมตร และค่าร้อยละการยืดตัวจะเพิ่มขึ้นจาก 12.81 เป็น 22.14 ตามลำดับ เนื่องจากพลาสติกไซเซอรที่เติมลงไปนั้นจะไปจับกับพอลิเมอร์กีดกันระมีซัว หรือพันธะไฮโดรเจน ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนลง เพิ่ม free volume ทำให้ฟลักซ์มีความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น (Paton, 1972; Beerler and Fenney, 1983; Meier, 1990) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gennadios *et al.* (1996) ที่ศึกษาสมบัติเชิงกลของฟลักซ์โปรตีนไซยาไนด์โดยไซยาไนด์ที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธี

พ่นฝอย ปรับ pH ที่ระดับ 11.25 เติมซอร์บิทอลร้อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักโปรตีนไซยาไนด์ พบว่าเมื่อปริมาณซอร์บิทอลเพิ่มมากขึ้น ค่าการตกค้างแรงดึงขาดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

โดยลดลงจาก 0.38 เป็ 0.23 กิโลกรัมต ตารางมิลลิเมตร และค อยละการยืดตัวก็จะเพิ่มขึ้นจา กร อยละ 15.0 เป็ 18.0

เมื่อเทียบค การต านทานแรงดึงขาดระหว างฟ วมโปรตีนไข่ขาวจากไข่ป ดในการศึกษานี้ และ

ฟ วมโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก ของ Gennadios *et al.* (1996) จะเห็นได้ ุ ฟ วมโปรตีนไข่ขาวจากไข่ป ดนั้นมีค การต านทานแรงดึงขาด และค อยละการยืดตัวที่สูงกว าวฟ วมโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก เนื่องจากไข่ขาวของไข่ป ดนั้นมีปริมาณกรดอะมิโนที่มีหมู่ซัลเฟอร์ (เมธิโอนีน) มากกว่าไข่ขาวจากไข่ไก (บทที่ 5 ตารางที่2)

ส ผลิตให้ เกิดการสร างพันธะไดซัลไฟด์ มากขึ้น ซึ่งเป็ พันธะโควาเลนต์ที่มีความแข็งแรงของพันธะสูงที่สุด ฟ วมที่ใด จึงมีโครงสร างที่แข็งแรงกว และทนต ่อการต านทานแรงดึงขาด ฟ วมของไข่ขาวจากไข่ป ดจึงมีค การต านทานแรงดึงขาด และค อยละการยืดตัวที่สูงกว าวฟ วมโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก ที่ระดับ pH 11.25 เดิมชอ บิทอล อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักโปรตีน)

ตารางที่ 3 สมบัติเชิงกลของฟ วมโปรตีนไข่ขาวจากไข่ป ด

ฟ วม	ความหนา (มิลลิเมตร)	ค การต านทานแรงดึง ขาด (กิโลกรัมต ตาราง มิลลิเมตร)	การยืดตัว (ร อยละ)
ไข่ขาวที่ระดับ pH 10.5 เดิมชอ บิทอล ร อย ละ 50	0.113	$0.57 \pm 0.01b$	$6.92 \pm 0.47a$
ไข่ขาวที่ระดับ pH 10.5 เดิมชอ บิทอล ร อย ละ 60	0.116	$0.40 \pm 0.01a$	$19.08 \pm 0.43c$
ไข่ขาวที่ระดับ pH 11.25 เดิมชอ บิทอล ร อย ละ 50	0.121	$0.70 \pm 0.04c$	$12.81 \pm 0.47b$
ไข่ขาวที่ระดับ pH 11.25	0.118	$0.58 \pm 0.01b$	$22.14 \pm 0.95d$

เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60			
-------------------------	--	--	--

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,... ที่ติดกันในแนวดัง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดสอบสมบัติการซึมผ่านไอน้ำของฟล็กมัล พบว่าระดับ pH ระดับความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร์และปฏิสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัย มีผลต่อการซึมผ่านไอน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเมื่อปริมาณพลาสติกไซเซอร์เพิ่มมากขึ้น ค่าการซึมผ่านไอน้ำก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน (ตารางที่ 4) พิจารณาที่ระดับ pH 10.5 พบว่าเมื่อปริมาณซอร์บิทอลเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 50 เป็น 60 ค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟล็กมัลจะเพิ่มขึ้นจาก 0.098 เป็น 0.121 กรัม.มิลลิเมตรต่อตารางเมตร.ชั่วโมง.มิลลิเมตรปรอท ยกเว้นที่ระดับ pH 11.25 พบว่าเมื่อปริมาณซอร์บิทอลเพิ่มมากขึ้น ค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟล็กมัลนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มขึ้นของค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟล็กมัลที่มีระดับความเข้มข้นของซอร์บิทอลเพิ่มขึ้นดังกล่าว สอดคล้องกับการทดลองของ Gennadios *et al.* (1996) ที่พบว่าเมื่อปริมาณพลาสติกไซเซอร์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 50 เป็น 60 ค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟล็กมัลโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก่จะเพิ่มขึ้นจาก 0.027 เป็น 0.032 กรัม.มิลลิเมตรต่อตารางเมตร.ชั่วโมง.มิลลิเมตรปรอท จะเห็นได้ว่าค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟล็กมัลโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก่ในการศึกษานี้แตกต่างจากค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟล็กมัลโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก่ของ Gennadios *et al.* (1996) ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันแม้จะเตรียมในสถานะเดียวกัน คือที่ pH 11.25 เติมซอร์บิทอลความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักโปรตีน แต่ปัจจัยเดียวที่สถานะในการทดสอบที่แตกต่างกันก็จะให้ค่าที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ในการทดลองนี้ทำการทดสอบค่าการซึมผ่านไอน้ำที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ซึ่งเปลี่ยนสถานะจำลองการใช้งานฟล็กมัลภายในประเทศไทย แต่ในการทดลองของ Gennadios *et al.* (1996) ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ซึ่งในสถานะที่ความชื้นสูง ฟล็กมัลโปรตีนมีแนวโน้มที่จะพองตัว (swell) และโครงสร้างของโมเลกุลเกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้การแพร่กระจายของโมเลกุลน้ำนั้นเพิ่มขึ้น ค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟล็กมัลจึงเพิ่มขึ้น (Watt, 1983)

ผลการทดสอบการซึมผ่านของซอร์บิทอลของเครื่องวัดอัตราการซึมผ่านของซอร์บิทอล โดยตัดขนาดของฟล็กมัลเท่ากับขนาดของแผ่นดิสก์แบบ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.2 เซนติเมตร) แต่เนื่องจากฟล็กมัลโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก่อ้นั้นมีความกรอบเปราะค่อนข้างสูง จึงต้องทำการลดพื้นที่ด้วยของฟิล์มที่ใสๆ โดยใช้อลูมิเนียมเทปตัดให้มีขนาดเท่ากับแผ่นดิสก์แบบ เจะเปลี่ยนวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6

เซนติเมตรบริเวณกลางแผ่น ๑๐ ปะทับกับชิ้นด้วย ฟลักซ์ และ จึงทำการวัด (ดัดแปลงจากวิธีของ Gennadios *et al.*, 1993a) ดังตารางที่ 4 พบว่า ระดับของ pH และระดับความเข้มข้นของพลาสติกไฮเซอรอน นั้นมีผลต่อการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนของฟลักซ์โปรตีนไฮโดรเจนจากไฮโดรเจนไดออกไซด์ มีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในการทดสอบฟลักซ์ที่ pH 10.5 และ 11.25 และความเข้มข้นของซอร์บิโตนลดลง 50 และ 60 พบว่า ฟลักซ์ที่ระดับ pH 10.5 เดิมซอร์บิโตนลดลง 50 นั้นจะให้ค่าการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนต่ำที่สุด เท่ากับ 7.04 มิลลิลิตร.มิลลิเมตรต่อนตารางเมตร.ชั่วโมง.บรรยากาศ และฟลักซ์ที่ระดับ pH 11.25 เดิมซอร์บิโตนลดลง 60 จะมีการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนสูงที่สุดเท่ากับ 22.41 มิลลิลิตร.มิลลิเมตรต่อนตารางเมตร.ชั่วโมง.บรรยากาศ เนื่องจากฟลักซ์โปรตีนไฮโดรเจนจากไฮโดรเจนไดออกไซด์ที่ขบ (มีขี้) ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์จึงมีผลต่อการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน ถ้าหากมีการใช้งานกับสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ๆ ที่สามารถรู้

ล่วงหน้า ควรมีการศึกษาข้อมูลเฉพาะที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์นั้น ๆ เนื่องจากสมบัติในการประกอบกันจะเปลี่ยนไป (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2549) เมื่อปริมาณพลาสติกไฮเซอรอน เพิ่มขึ้น ค่าการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนก็จะเพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อความเข้มข้นของซอร์บิโตนเพิ่มขึ้นจากระดับ 50 เป็น 60 ที่ระดับ pH 10.5 ค่าการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นจาก 7.04 เป็น 22.41 มิลลิลิตร.มิลลิเมตรต่อนตารางเมตร.ชั่วโมง.บรรยากาศ เนื่องจากพลาสติกไฮเซอรอนที่เติมลงไปจะไปเพิ่ม free volume ให้กับฟลักซ์ ค่าการซึมผ่านของแก๊สจึงเพิ่มขึ้น (Miller and Krochta, 1997)

ความสามารถในการซึมผ่านนั้นจะพิจารณาจาก 2 กระบวนการ คือ การที่ตัวสารซึมผ่านแทรกผ่านเข้าไปในโครงสร้างพอลิเมอร์ และความสามารถในการแพร่กระจายของตัวสารซึมผ่านในโครงสร้างพอลิ

เมอร์ (Robertson, 1993) ซึ่งการเติมพลาสติกไฮเซอรอนจะไปลดสมบัติในการประกอบกันของฟลักซ์ ทำให้ฟลักซ์ไฮโดรเจนและสารที่ละลายได้สามารถผ่านฟลักซ์ได้มากขึ้น (Banker, 1966) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนของฟลักซ์โปรตีนไฮโดรเจนจากไฮโดรเจนไดออกไซด์นั้นค่อนข้างสูง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วฟลักซ์โปรตีนจะมีความสามารถในการประกอบกันการซึมผ่านของแก๊สไดที่ที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ๆ (Lim *et al.*, 1998) แต่เนื่องจากฟลักซ์โปรตีนไฮโดรเจนจากไฮโดรเจนไดออกไซด์นั้นมีความแข็งแรง และกรอบเปราะ ไม่มีความยืดหยุ่นและขาดการใช้งาน จึงต้องมีการเติมพลาสติกไฮเซอรอนลงไปเพื่อช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับฟลักซ์เป็นปริมาณมาก ซึ่งจะ

ส่งผลให้ฟลักซ์มีการซึมผ่านที่ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ตัวพลาสติกไฮเซอรอนคือซอร์บิโตน ซึ่งเป็นสารที่มีหมู่ไฮดรอกซิลค่อนข้างมาก จึงเกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำในอากาศทำให้ปริมาณน้ำในฟลักซ์เพิ่มสูงขึ้น น้ำก็จัดเป็นพลาสติกไฮเซอรอนชนิดหนึ่งซึ่งจะ

ไปช้ฟรีเพิ่ม free volume ให้กับฟลักซ์ นอกจากนี้ยังมีโอกาสเกิดเป้นหยคน้ำขนาดใหญ่ซึ่งเหมาะสมแก่การละลายของก๊าซออกซิเจน ทำให้เกิดการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้น (Gavara and Hernandez, 1994; Gontard *et al.*, 1996) ดังการทดลองของ Lim *et al.* (1998) ที่ทำการวัดค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟลักซ์โปรตีนไข่ขาวที่ไซลอนไซมูทรานส์กลูตามิเนสเป้นสารเชื่อมขวาง และเติมซอร์บิทอลเป้นพลาสติกไซเซอร์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 35 และ 45 พบว่าที่ระดับความเข้มข้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าร้อยละ 50 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์จะไม่ส่งผลต่อสมบัติการซึม

ผ่านของ ก๊าซออกซิเจนของฟลักซ์ แต่ค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นมากกว่า ร้อยละ 50 ซึ่งที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับก็สูงขึ้น ค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนก็จะเพิ่มมากขึ้น

เช่นเดียวกับการทดลองของ Park and Chinnan (1995) ที่ทำการศึกษาสมบัติการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟลักซ์อื่น และฟลักซ์มัลตูเดน พบว่าปริมาณของพลาสติกไซเซอร์ที่เติมลงไปนั้นมีผลต่อค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟลักซ์ เมื่อปริมาณพลาสติกไซเซอร์เพิ่มมากขึ้น ค่าการซึมผ่านก็จะเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน ฟลักซ์โปรตีนสโวนใหญ่ที่เตรียมจากเซอีน กลูเตน โปรตีนถั่วเหลืองหรือเวย์โปรตีนนั้นจะมีค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนสูงกว่าฟลักซ์โปรตีนที่เตรียมจากคอลลาลาเจน(ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0) เนื่องจากโปรตีนเหล่านี้เป้นโกลบูลาร์โปรตีน ซึ่งจะมีโครงสร้างเป้นเส้นตรงน้อย และมีกรดอะมิโนที่มีหมู่ข้างขนาดใหญ่ทำให้จำนวนพันธะ และแรงที่ยึดเกาะกันของโมเลกุลลดลง เกิดเป้นช่องว่างขนาดใหญ่ทำให้ค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนนั้นสูงขึ้น (Miller and Krochta, 1997) ซึ่งโปรตีนไข่ขาวจัดเป้นโกลบูลาร์โปรตีนเช่นเดียวกัน ซึ่งส่งผลให้ค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟลักซ์โปรตีนไข่ขาวนั้นมีค่าสูง

ตารางที่ 4 สมบัติการซึมผ่านไอน้ำ และก๊าซออกซิเจนของฟิล์มโพรตีนไข่ขาวจากไข่ไก่

ฟิล์ม	ความหนา (มิลลิเมตร)	WVP1/ (กรัม.มิลลิเมตร/ตารางเมตร.ชั่วโมง)	P (O ₂)2/ (มิลลิลิตร.มิลลิเมตร/ตารางเมตร.ชั่วโมง.บรรยากาศ)
ไข่ขาวที่ระดับ pH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	0.113	$0.098 \pm 0.002a$	$7.04 \pm 2.66a$
ไข่ขาวที่ระดับ pH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	0.116	$0.12 \pm 0.003c$	$13.61 \pm 2.48b$
ไข่ขาวที่ระดับ pH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	0.121	$0.115 \pm 0.002b$	$13.90 \pm 4.93b$
ไข่ขาวที่ระดับ pH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	0.118	$0.117 \pm 0.002b$	$22.41 \pm 2.52c$

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,... ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ การซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Permeability; WVP = กรัม.มิลลิเมตร /ตารางเมตร.ชั่วโมง.มิลลิเมตรปรอท)

2/ การซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (Oxygen Permeability = มิลลิลิตร.มิลลิเมตร/ตารางเมตร.ชั่วโมง.บรรยากาศ)

2. ผลของความสดไข่ ต่อ การเตรียมฟิล์มโพรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ด

ผลการศึกษาอิทธิพลชนิดและความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอร และระดับ pH นั้นพบว่า การเติมพอลิเอทิลีนไกลคอล-400 เป้นพลาสติกไซเซอร นั้นไม่พบว่าจะเป้นที่ระดับ pH 10.5 และ 11.25 เมื่อใช้วัสดุขึ้นรูปฟิล์มเป้นพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นนั้น ไม่สามารถขึ้นรูปฟิล์มเป้นแผ่นใด จึงเลือกสูตรที่มีการเติมซอร์บิทอลเป้นพลาสติกไซเซอร

ในการทดลองนี้ โดยทำการขึ้นรูปฟลักซ์จากไข่ที่มีความสดแตกต่างกัน คือไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปกติ (28 ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4, 11 และ 18 วัน ทำการวัดค่าความสดของไข่ด้วยเครื่องฮอฟแกจ (Haugh Gage) ซึ่งเป็นเครื่องมือมาตรฐานสำหรับวัดคุณภาพภายในของไข่ เป็นวิธีที่ยอมรับกันทั่วไป หน่วยที่วัดเรียกว่า ฮอฟยูนิต (Haugh Unit) ซึ่งแบ่งสเกลไว้ตั้งแต่ 0-100 ยูนิต เป็นค่าสำเร็จที่คำนวณออกมาจากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของไข่ขาวกับน้ำหนัก โดยไข่คุณภาพดีจะมีค่าฮอฟยูนิตอยู่ระหว่าง 72 – 100 (สุวรรณ, 2529) แสดงดังตารางที่ 5 และเมื่อทำการขึ้นรูปฟลักซ์ พบว่าลักษณะปรากฏของฟลักซ์นั้นมีความแตกต่างกัน (ดังตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 ค่าฮอฟยูนิต ค่าความหนืด และค่า pH ของไข่เป็ดที่มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ปกติ 4, 11 และ 18 วัน

เวลา (วัน)	ฮอฟยูนิต	ความหนืด (เซนติปาส)	ค่า pH
4	$73.41 \pm 7.49c$	$12.87 \pm 0.29c$	$9.46 \pm 0.03a$
11	$40.70 \pm 12.06b$	$12.02 \pm 0.46b$	$9.97 \pm 0.08b$
18	$28.39 \pm 12.06a$	$7.82 \pm 0.67a$	$10.05 \pm 0.09c$

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการวัดค่าความสดของไข่เป็ดด้วยเครื่องฮอฟแกจนั้น พบว่า ค่าฮอฟยูนิตของไข่ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 4 วันนั้นมีค่าสูงสุด คือ 73.41 และไข่ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 18 วันมีค่าต่ำสุด คือ 28.39 แต่เนื่องจากเครื่องฮอฟแกจนั้นเป็นการออกแบบมาสำหรับไข่ไก่ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าและมีน้ำหนักน้อยกว่า แต่ในการทดลองนี้ไข่เป็ด ซึ่งมีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมากกว่า จึงไม่สามารถถ่วงน้ำหนักจากเครื่องโดยตรง ต่อมาทำการวัดความสูงของไข่ขาวและทำการคำนวณกลับมาเป็นค่าฮอฟยูนิต ค่าที่ตัวเลขยิ่งมากแสดงถึงความสดของไข่ขาวมาก

จากการวัดค่า pH ของสารละลายไข่ขาวที่ได้จากไข่ที่เก็บรักษาเป็นเวลาแตกต่างกันที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อเก็บรักษาไข่นานขึ้น ค่า pH ของสารละลายไข่

ขาวจะเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 6 สาเหตุที่ทำให้ pH ของไข่สูง เนื่องจากการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ โดยตามธรรมชาติโซเดียมไบคาร์บอเนต และโปแตสเซียมไบคาร์บอเนตจะหายไป pH ของไข่เปลี่ยนแปลง แต่เนื่องจากการสูญเสียออกไซด์ที่สูญเสียออกจากไข่ระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ความเข้มข้นของไบคาร์บอเนตต่าง ๆ ของไข่ขาวลดลงไป เหตุให้การคุมกันแบบนี้หมดสภาพไปทำให้ pH ของไข่ขาวเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อถึงจุด ๆ หนึ่ง pH ของไข่ขาวก็จะไม่เพิ่มขึ้นอีกหรือเพิ่มขึ้นน้อยมาก เนื่องจากกรดฟอสฟอริกจากไข่แดงซึมออกมาช่วยรักษาระดับ pH นี้ไว้ (สุวรรณ, 2529)

เมื่อนำสารละลายไข่ขาวที่ได้จากไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลาแตกต่างกันมาวัดความหนืด พบว่า ความหนืดของสารละลายไข่ขาวมีแนวโน้มลดลง คือ ความหนืดลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาไข่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าของฟอสเฟต โดยไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วันจะมีค่าความหนืดมากที่สุดเท่ากับ 12.87 เซนติปาสคัล และไข่ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 18 วัน จะมีค่าความหนืดต่ำที่สุดเท่ากับ 7.82 เซนติปาสคัล (ตารางที่ 5) เนื่องจากไข่ขาวนั้น แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ เยื่อไข่ขาวแดง ไข่ขาวเหลวชั้นใน ไข่ขาวชั้นนอก และไข่ขาวใสชั้นนอก ซึ่งไข่ขาวชั้นนอกประกอบด้วยโปรตีนไมวซิน ทำให้ไข่ขาวชั้นนอกนั้นมีลักษณะเป็นของเหลวชั้นนอก แต่เมื่อไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นค่า pH เพิ่มขึ้นปริมาณโปรตีนไมวซินที่ละลายได้จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนไมวซินนั้นจะละลายในสถานะที่เป็นเบส (สุวรรณ, 2529) นอกจากนี้สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโอโวไมวซินและไลโซไซม์ที่เกิดจากแรงกระทำไฟฟ้าสถิตนั้นก็จะเกิดการแยกตัวออกจากกัน เพราะที่ pH เพิ่มขึ้นค่า pI ของไลโซไซม์ ($\text{pI} = 10$) ไลโซไซม์จะแยกตัวออกจากโอโวไมวซิน ทำให้ไข่ขาวใสขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Stadellman and Cotterill, 1995) การสูญเสียความเหนียวและข้นของไข่ขาวนั้นแสดงให้เห็นว่า ไข่ขาวนั้นเป็นโปรตีน โดยไข่ขาวจะค่อย ๆ หายไป ไข่ขาวส่วนที่จับกับส่วนที่ใสนั้นจะรวมตัวกันเป็นของเหลวที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน เวลาตอกไข่ฟองบนจานแบน จะเห็นไข่ขาวทั้งหมดเป็นน้ำค่อนข่งเหลวมากและกระจายแผ่ออกทุกทิศทาง จะเห็นได้ว่าถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บรักษาไข่ของฟอสเฟต ค่า pH ของไข่ขาว และค่าความหนืดของสารละลายไข่ขาว โดยเมื่อไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น (ไข่ขาว) ค่าของฟอสเฟตจะต่ำ ค่าความหนืดจะลดลง และค่า pH จะเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 5)

เมื่อนำสารละลายไข่ขาวที่ได้จากไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาต่างกัน มาปรับ pH และเติมซอร์บิทอล พบว่า pH ระดับความเข้มข้นของฟอสเฟตและอายุการเก็บรักษาไข่ขาวนั้นมีผลต่อค่าความหนืดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาที่ระดับ pH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50 โดยน้ำหนักโปรตีนไข่ขาว พบว่า เมื่อไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ค่าความหนืดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยจะลดลงจาก 20.63 เป็น 8.77 เซนติปาสคัล เมื่ออายุการเก็บรักษาไข่เพิ่มขึ้นจาก 4 วันเป็น 18 วัน และเมื่อทำการขึ้นรูปฟองไม่ พบว่า ฟอง

ผักที่เตรียมจากสารละลายไข่ขาวที่ใดก็ตามจากไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะมีความกรอบเปราะมากขึ้น และมีรอยแตกบางสโตน สโตนฟอกผักที่เตรียมจากไข่ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 18 วัน เต็มซอร์บิทอลร้อยละ 50 ทั้งที่ระดับ pH 10.5 และ 11.25 จะไม่สามารถลอกออกเปื้อนแผ่นใดที่มีความกรอบเปราะมาก เนื่องจากโปรตีนบางสโตนเกิดการเสียสภาพในช่องของการเก็บรักษา และมีหมู่ซัลไฮดริลเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในช่องของการทำแห้งจึงเกิดการสร้างพันธะไดซัลไฟด์พันธะไฮโดรโฟบิก และพันธะไฮโดรเจนเพิ่มมากขึ้นทำให้โปรตีนจับกันอยู่แข็งแรง ฟอกผักที่ใดก็ตามขาดความยืดหยุ่น จึงมีความกรอบเปราะสูง (Mine, 1992)

ตารางที่ 6 ค่าความหนืด และลักษณะปรากฏของฟอกผักโปรตีนไข่ขาวจากไข่ปลาค็อดที่มีอายุการเก็บ

รักษานาน 4, 11 และ 18 วัน

เวลา (วัน)	ฟอกผัก	ค่าความหนืด (เช่นตีปาส)	ลักษณะปรากฏ
---------------	--------	----------------------------	-------------

4	1. ใบข้าวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50 2. ใบข้าวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60 3. ใบข้าวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50 4. ใบข้าวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	$20.63 \pm 0.71d$ $24.40 \pm 1.35e$ $25.40 \pm 0.77f$ $24.68 \pm 0.82ef$	ใส่ โปร่งแสง ผิวเรียบทั้งสอง ด้าน ผิวด้านที่สัมผัสอากาศสกปรก ผิว ด้าน ที่สัมผัสพลาสติกม้วนขึ้น นุ่มมือ ไม่แตกตกร้างจากฟักมในข ข้อ1. ไม่แตกตกร้างจากฟักม มในขข้อ1. ไม่แตกตกร้างจากฟักมในข ข้อ1.
11	5. ใบข้าวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50 6. ใบข้าวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60 7. ใบข้าวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50 8. ใบข้าวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	$9.45 \pm 0.31b$ $8.77 \pm 0.44ab$ $13.15 \pm 0.52c$ $13.58 \pm 0.31c$	ใส่ โปร่งแสง กรอบเปราะมากกว่า ฟักมในขข้อ1. มีรอยแตกเป ่นบาง ส่น ไม่แตกตกร้างจากฟักมในข ข้อ1. ใส่ โปร่งแสง กรอบเปราะมากกว่า ฟักมในขข้อ5. ใส่ โปร่งแสง กรอบเปราะมากกว่า ฟักมในขข้อ5.

เวลา (วัน)	ฟิล์ม	ค่าความหนืด (เซนติปาส)	ลักษณะปรากฏ
18	9. ไข่ขาวที่ระดับ pH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	8.77 ± 0.47ab	มีความกรอบเปราะมาก ขาดการจับ
	10. ไข่ขาวที่ระดับ pH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	8.72 ± 0.51ab	ใส โปร่งแสง ผิวเรียบทั้งสองด้าน แต่ฟลัมมีความกรอบเปราะมาก กว้างฟลัมในช่อง 5.
	11. ไข่ขาวที่ระดับ pH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	8.80 ± 0.57ab	มีความกรอบเปราะมากขึ้น ขาดการจับ
	12. ไข่ขาวที่ระดับ pH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	8.39 ± 0.48a	ใส โปร่งแสง ผิวเรียบทั้งสองด้าน ลอกออกจากแผ่นพลาสติกยาก กว้างฟลัมในช่อง 6. และ 8.

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าฟลัมที่ได้จากไข่ขาวที่มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 วันนั้น ฟลัมที่ได้จากสารละลายไข่ขาวทั้งที่ระดับ pH 10.5 และ 11.25 ที่มีการเติมซอร์บิทอลความเข้มข้นร้อยละ 50 นั้นไม่สามารถขึ้นรูปแผ่นฟลัมเพื่อนำไปทดสอบสมบัติของฟลัมได้ เนื่องจากไข่ขาวเกิดการเสียสภาพไปแล้วบางส่วนในช่วงของการเก็บรักษา ค่า pH เพิ่มขึ้นถึง 10.05 ทำให้โปรตีนบางส่วนเสียสภาพ เกิดการคลายเกลียว

หั่นคอกหมูไฮโดรฟอบิกออกมา พันธะไดซัลไฟด์ถูกทำลาย ทำให้มีหมู่ซัลไฮดริลเพิ่มมากขึ้น (Fukushima and Van Buren, 1970; Beveridge and Arntfield, 1979; Mine *et al.*, 1990; Damodoran and Paraf, 1997) นอกจากนี้เมื่อไข่มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น เกิดการสูญเสียไนภายในไข่ (สุวรรณ, 2529) แต่ปริมาณโปรตีนมีอยู่เท่าเดิม ซึ่งในการทดลองนี้ไข่ปริมาตรของสารละลายในการขึ้นรูปฟอกมู่กับ 25 มิลลิลิตร จึงทำให้ในส่วนของฟอกมู่ที่ได้ออกจากไข่ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 18 วันนั้นมีปริมาณโปรตีนมาก

กวนไข่ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 4 และ 11 วัน ดังนั้นในขั้นตอนของการทำแห้งจึงเกิดการสร้างพันธะไดซัลไฟด์พันธะไฮโดรฟอบิก และพันธะไฮโดรเจนเพิ่มมากขึ้นระหว่างสายโปรตีน ฟอกมู่จึงมีความกรอบเปราะมากดังนั้นจึงนำฟอกมู่ที่ได้ออกจากไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 และ 11 วัน ทั้งที่ระดับ pH 10.5 และ 11.25 เดิมชอโรบิตอลความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักโปรตีน และนำฟอกมู่ที่ได้ออกจากไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน ที่ระดับ pH 10.5 และ 11.25 เดิมชอโรบิตอลร้อยละ 60 โดยน้ำหนักโปรตีน มาทำการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่า ฟอกมู่ที่ได้ออกจากไข่ที่มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นจาก 4 วันเป็นเวลา 11 วันนั้นจะมีค่าการต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น แต่ค่าร้อยละการยืดตัวจะลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 8) เมื่อเทียบที่ระดับ pH เดียวกัน (pH 10.5) เดิมชอโรบิตอลร้อยละ 60 เมื่อไข่มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นค่าการร้อยละการยืดตัวจะลดต่ำลงโดยฟอกมู่ที่ได้ออกจากไข่ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 4 วันจะมีค่าการร้อยละการยืดตัวเท่ากับ 29.08 แต่เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นเป็นเวลา 11 วัน ค่าการร้อยละการยืดตัวของฟอกมู่จะลดลงถึง 4 เท่า โดยมีค่า

เท่ากับร้อยละ 5.42 ในขณะที่ค่าการต้านทานแรงดึงขาดต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าฟอกมู่มีความกรอบเปราะมากขึ้น เมื่อไข่มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น นอกจากการสร้างพันธะไดซัลไฟด์ที่เพิ่มขึ้นแล้ว อาจเนื่องมาจากความหนาที่แตกต่ากันด้วย ความหนามีผลต่อความแข็งแรงในการยืดเกาะของฟอกมู่ โดยความแข็งแรงของฟอกมู่จะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาเพิ่มขึ้น (Banker, 1966) เช่นเดียวกับการทดลองของ Park *et al.* (1993) ที่พบว่าเมื่อความหนาของฟอกมู่เมทิลเซลลูโลส และฟอกมู่ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้น ค่าการต้านทานแรงดึงขาดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

จากตารางที่ 8 แสดงถึงค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟอกมู่ พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาไข่เพิ่มมากขึ้น ค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟอกมู่ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยฟอกมู่โปรตีนไข่ขาวที่ได้ออกจากไข่ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 11 วัน ที่ระดับ pH 10.5 เดิมชอโรบิตอลร้อยละ 60 นั้นมีค่าการซึมผ่านไอน้ำสูงถึง 0.159 กรัม.มิลลิเมตรต่อตารางเมตร.ชั่วโมง.มิลลิเมตรปรอท ทั้งนี้เนื่องจากฟอกมู่มีความกรอบเปราะอาจเกิดรูรั่ว หรือรอยแตกที่มองไม่เห็น ค่าคายาแปลทำให้ค่าการซึมผ่านไอน้ำมีค่าสูง สอดคล้องกับการซึมผ่านของ

ก. ช. ออกซิเจนนั้น พบว่าฟ.ค.ม.ที่ได้อาจไข.ค.ที่มีอายุการเก็บรักษานาน 11 และ 18 วันนั้น ไม่สามารถวัดค่าการซึมผ่านของก.ช.ออกซิเจนได้ แม้ท.ค.จะทำการลดพื้นที่ตัวอย่างใน การวัดแต่ก็ตาม ฟ.ค.ม.ก็ยังคงเกิดรอยแตกขณะวัด เนื่องจากฟ.ค.ม.มีความกรอบเปราะ ค่อนข้างสูง จึงไม่สามารถวัดค่าการซึมผ่านได้

ตารางที่ 7 สมบัติเชิงกลของฟ.ค.ม.โปรตีนไขขาวจากไขเป็ดที่มีอายุการเก็บรักษานาน 4 11 และ 18 วัน

เวลา (วัน)	ฟ.ค.ม.	ความหนา (มิลลิเมตร)	ค่าการต้านทาน แรงดึงขาด (กิโลกรัมต.จ.ตาราง มิลลิเมตร)	การยืดตัว (ร้อยละ)
4	1. ไขขาวที่ระดับ pH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	0.113	$0.57 \pm 0.01d$	$6.92 \pm 0.47d$
	2. ไขขาวที่ระดับ pH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	0.116	$0.40 \pm 0.01b$	$19.08 \pm 0.43g$
	3. ไขขาวที่ระดับ pH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	0.121	$0.70 \pm 0.04f$	$12.81 \pm 0.47f$

	4. ไช้ขาวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	0.118	$0.58 \pm 0.01d$	$22.14 \pm 0.95h$
11	5. ไช้ขาวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	0.121	$0.62 \pm 0.04e$	$3.41 \pm 0.39b$
	6. ไช้ขาวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	0.124	$0.46 \pm 0.04c$	$5.42 \pm 0.57c$
	7. ไช้ขาวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	0.123	$0.71 \pm 0.04f$	$2.71 \pm 0.26a$
	8. ไช้ขาวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	0.125	$0.56 \pm 0.01d$	$9.28 \pm 0.15e$
18	9. ไช้ขาวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอลร้อยละ 60	0.122	$0.28 \pm 0.01a$	$5.85 \pm 0.35c$
	10. ไช้ขาวที่ระดับ pH11.25 เติมซอร์บิทอลร้อยละ 60	0.122	$0.28 \pm 0.09a$	$9.59 \pm 0.29e$

ตารางที่ 8 สมบัติคุณลักษณะการชิมหวานไอน้ำ และกลูโคสออกซิเจนของฟอสฟอรัสโปรตีนไข่ขาวจากไข่ไก่สดที่ต้ม

อายุการเก็บรักษานาน 4-11 วัน

เวลา (วัน)	ฟลักซ์	ความหนา (มิลลิเมตร)	WVP1/	P(O ₂)2/
4	1. ใบข้าวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	0.113	0.098 ± 0.002a	7.04 ± 2.66a
	2. ใบข้าวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	0.116	0.121 ± 0.002c	13.61 ± 2.48b
	3. ใบข้าวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	0.121	0.115 ± 0.002b	13.90 ± 2.93b
	4. ใบข้าวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	0.118	0.118 ± 0.002b	22.41 ± 2.52c
11	5. ใบข้าวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	0.121	0.118 ± 0.003b	ฟลักซ์ขนาดวัด ไม่ได้
	6. ใบข้าวที่ระดับpH 10.5 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 60	0.124	0.159 ± 0.003e	ฟลักซ์ขนาดวัด ไม่ได้
	7. ใบข้าวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอล ร้อยละ 50	0.123	0.141 ± 0.002d	ฟลักซ์ขนาดวัด ไม่ได้
	8. ใบข้าวที่ระดับpH 11.25 เติมซอร์บิทอลร้อยละ 60	0.125	0.143 ± 0.002d	ฟลักซ์ขนาดวัด ไม่ได้

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c,... ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ การซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Permeability; WVP = กรัม.มิลลิเมตร /ตารางเมตร.
ชั่วโมง.มิลลิเมตรปรอท)

2/ การซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (Oxygen Permeability = มิลลิกรัม.มิลลิเมตร/ตารางเมตร.
ชั่วโมง.บรรยากาศ)

จากผลการทดลองควรเลือกใช้ ☐ ข ☐ ป ☐ ด ที่มีความสด มีอายุการเก็บรักษาใน ☐ ง เวลา 4 วันที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส ปรับ pH ของสารละลาย ☐ ข ☐ ว ที่ระดับ pH 10.5 เดิมชอ ☐ บิ ทอล ที่ระดับความเข ☐ ม ☐ ข ☐ น

ร ☐ อ ยละ 50 ทำการขึ้นรูปฟ ☐ ล ☐ ก ☐ ม บนแผ ☐ น กระจกที่ซึ่งค ☐ ว ยพอลิเอทิลีนชนิดความหนาเน ☐ น ต่ำเชิงเส ☐ น ซึ่งจะให ☐

ฟิล ☐ ม ที่มีความใส โปร ☐ ง แสง มีค ☐ การต ☐ น ทานแรงดึงขาดเท ☐ กับ 0.57 กิโลกรัมต ☐ อ ตารางมิลลิเมตร และค ☐ ร ☐ อ ยละการยืดตัวเท ☐ กับ ร ☐ อ ยละ 6.92 โดยฟ ☐ ล ☐ ก ☐ ม มีค ☐ การซึมผ ☐ น ใอน้ำ และค ☐ ช ออกซิเจนเท ☐ กับ 0.098 กรัม.มิลลิเมตรต ☐ อ ตารางเมตร.ซัวโมง.มิลลิเมตรปรอท และ 7.04 มิลลิตร.มิลลิเมตรต ☐ อ ตารางเมตร.ซัวโมง.บรรยากาศตามลำดับ จากค ☐ ที่ได ☐ จะเห็นได ☐ ะแม ☐ ว ☐ จะมีการเติมพลาสติกไซเซอร ☐ ง ไปในปริมาณที่ค ☐ น ข ☐ ึ่งมาก(ร ☐ อ ยละ 50) ฟ ☐ ล ☐ ก ☐ ม ที่ได ☐ ึ่งคงมีความกรอบเปราะ ขาดความยืดหยุ ☐ น ยากค ☐ การใช ☐ งานในรูปของแผ ☐ น ฟ ☐ ล ☐ ก ☐ ม เพื่อเป ☐ น การแก ☐ ป ☐ ญหาดังกล ☐ ว อาจนำไปใช ☐ น รูปของสารเคลือบบนชิ้นอาหารโดยตรง ซึ่งสามารถลดปริมาณของพลาสติกไซเซอร ☐ ง ได ☐ ทำให ☐ ฟ ☐ ล ☐ ก ☐ ม มีสมบัติในค ☐ น การป ☐ ง กันการซึมผ ☐ น ของค ☐ ช ออกซิเจนที่ดีขึ้น และควรใช ☐ ร ☐ วมกับการเก็บในที่ความชื้นสัมพัทธ ☐ ต่ำ เพื่อให ☐ ฟ ☐ ล ☐ ก ☐ ม คงสมบัติในค ☐ น การป ☐ ง กันการซึม ผ ☐ น ของค ☐ ช ออกซิเจน

2. ศึกษาวิธีการใช้ไข่ขาวเป็นสารเคลือบอาหาร ได้แก่ ปลาสลิดเค็ม

จากสมบัติและลักษณะของฟิล์มไข่ขาวที่ได้ในข้อ 1 จึงพัฒนามาใช้ประโยชน์ โดยนำสูตรการผสมไข่ขาวและชอ ☐ บิ ทอล ในข้อ 1 มาทดลองเคลือบปลาสลิดเค็มโดย จุ่มชิ้นปลาในส่วนผสมของไข่ขาวที่เตรียมไว้ ใช้ลมร้อนเป่ารอบๆ ชิ้นปลาจนแห้งโดยลมร้อนที่สัมผัสชิ้นปลามีอุณหภูมิไม่สูงกว่า 60°C หากต้องการให้ฟิล์มเคลือบหนาขึ้นให้จุ่มไข่ขาวซ้ำหลังการเป่าแห้ง เมื่อใช้พลาสติกตัดเป็นชิ้น ตามขวางตัวปลา ขนาดชิ้นกว้างประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว ที่มีความชื้นต่างๆกัน พบว่า จะเคลือบได้เมื่อพลาสติกมีความชื้นประมาณร้อยละ 45 โดยจะมีลักษณะเป็นมันวาว แห้ง การเคลือบซ้ำหลายๆชิ้นจะให้ความหนาและความมันวาวต่างกันตามจำนวนชิ้นของการเคลือบดังภาพที่ 2 การเคลือบฟ ☐ ล ☐ ก ☐ ม โพรตีน ไข่ ☐ ข ☐ ว จำนวน 3 ชิ้น จะเกิดฟ ☐ ล ☐ ก ☐ ม ที่มีลักษณะใส มีความคงตัว ไม ☐ พ รอยแตกหรือการหลุดร ☐ น ของแผ ☐ น ฟ ☐ ล ☐ ก ☐ ม ดังนั้นจึงนำปลาสลิดเค็มที่อบให้มีความชื้นร้อยละ 45 มาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดย กลุ่มที่ 1 ตัดปลาสลิดเป็นชิ้นตามขวางตัวปลาขนาดชิ้นกว้างประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว กลุ่มที่ 2 ใช้ปลาสลิดเค็มทั้งตัว นำปลาทั้งสองกลุ่มมาเคลือบฟิล์มโพรตีน ไข่ ☐ ข ☐ ว จำนวน 3 ชิ้น กลุ่มที่ 1 ทำการเก็บรักษาโดยใช้ไม้จิ้มฟันเสียบชิ้นปลาและเสียบไม้กับแผ่นโฟม เพื่อให้มีการถ่ายเทของอากาศรอบชิ้นปลา ไม ☐ มีภาชนะบรรจุใดๆห่อหุ้มชิ้นปลา เก็บไว้เป ☐ น เวลา 12 วัน ในห้องที่มีอุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ กลุ่มที่ 2 วางปลาบนจานแบนและตั้งไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ พบว่าปลาในกลุ่มที่ 1 ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า และไม ☐ มีการเจริญของเชื้อราบนชิ้นปลาสลิด

โดยฟลักซ์โปรตีนไข่ขาวนั้นสามารถช่วยลดการสูญเสียความชื้นของพลาสติกได้เมื่อเทียบกับพลาสติกที่ไม่ได้เคลือบไข่ขาวซึ่งเก็บรักษาในลักษณะเดียวกัน สำหรับปลากลุ่มที่ 2 พบว่าการวางปลาบนจานทำให้ด้านล่างของปลาขึ้นฟิล์มที่เคลือบกลายเป็นของเหลวขึ้นจากการดูดความชื้นในบรรยากาศ จึงไม่สามารถเก็บรักษาได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้พบข้อดีของการเคลือบพลาสติกด้วยฟิล์มไข่ขาวกล่าวคือเมื่อนำพลาสติกที่เคลือบไข่ขาวไปทอดในน้ำมันร้อนจัด พบว่าฟลักซ์โปรตีนไข่ขาวสามารถลดการสูญเสียน้ำขณะทอดโดยมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เสียไปหลังทอดเพียง 5 % ทำให้พลาสติกเค็มที่เคลือบฟลักซ์โปรตีนไข่ขาวมีเนื้อสัมผัสนุ่มมากกว่าพลาสติกที่ไม่เคลือบฟลักซ์โปรตีนไข่ขาว เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างแบบสามเหลี่ยม แลค่าจำนวนค่า chi square พบความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือพลาสติกที่เคลือบฟลักซ์โปรตีนไข่ขาวมีเนื้อสัมผัสแตกต่างจากพลาสติกที่ไม่เคลือบโปรตีนไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 9)

จากการทดลองข้างต้นบ่งชี้ว่าสามารถใช้ไข่ขาวทำฟิล์มเคลือบพลาสติกได้ จะช่วยลดการสูญเสียน้ำขณะทอด เนื้อพลาสติกทอดนุ่มกว่าตัวอย่างที่ไม่เคลือบไข่ขาว แต่การเก็บรักษาพลาสติกที่ผ่านการเคลือบไข่ขาวบรรจุในถุงพลาสติกจะเกิดการขึ้นแฉะของฟิล์มที่เคลือบตัวปลา ด้านที่สัมผัสกับแผ่นพลาสติก จึงไม่สามารถเก็บรักษาพลาสติกไว้ได้



ภาพที่ 2 ความมันวาวของพลาสติกที่ไม่เคลือบฟลักซ์, เคลือบ 1 ชั้น 2 ชั้น 3 ชั้น 4 ชั้น และ 5 ชั้น (จากไข่ขาว) ในวันแรกที่เคลือบ

ตารางที่ 9 การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อบอกความแตกต่างของพลาสติกเค็มแบบเคลือบไขขาว 3 ชั้น และแบบไม่เคลือบ หลังทอดในน้ำมัน

พลาสติกเค็ม	%น้ำหนักที่หายไป หลังทอด	ลักษณะของพลาสติกเค็ม		X ²
		ลักษณะภายนอก	ลักษณะภายใน	
ไม่เคลือบโปรตีน ไขขาว	11.92	ผิวมีสีน้ำตาลอมเหลือง	เนื้อปลาค่อนข้างแห้ง	5.40*
เคลือบโปรตีน ไขขาว	5.36	ผิวมีสีน้ำตาลเข้ม	เนื้อปลามีความนุ่ม มากกว่า	

หมายเหตุ: *5.40 คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณทางสถิติเมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบแบบสามเหลี่ยมจากผู้ทดสอบ 24 คน

สรุป

ไข่เป็ดสดเก็บนาน 4 วันที่อุณหภูมิห้องปกติ นำมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้โดยปรับ pH เป็น 10.5 และเติมซอร์บิทอลร้อยละ 50 ของปริมาณโปรตีนไข่ขาว เป็นพลาสติกไซเซอร์ จัดเป็นฟิล์มที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำดีเมื่อเทียบกับฟิล์มโปรตีนชนิดอื่น เช่น เวย์โปรตีน โปรตีนถั่วเหลือง แต่มีสมบัติป้องกันการออกซิเจนต่ำกว่าฟิล์มดังกล่าว สารละลายไข่ขาวซึ่งเตรียมตามสูตรที่ใช้ทำฟิล์มอาจใช้เป็นสารเคลือบอาหารที่มีความชื้นต่ำได้แต่ดูความชื้นจากบรรยากาศได้ทำให้ผิวนอกและจึงจำเป็นต้องใช้สารเคลือบชนิดอื่นร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. ไข่ ☐ และเนื้อไก่ ☐ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ☐ กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ ☐ และเทคโนโลยี ☐ ประเทศไทย. 2549. การบรรจุภัณฑ์ ☐ กาแฟ ชา และ

เครื่องเทศ. แหล่งที่มา: <http://www.tistr-foodprocess.net/tea/tea%201.htm>. March 2, 2006.

American Standard for Testing and Materials. 1988. **Standard Test Method for Determining Gas Permeability Characteristic of Plastics Film and Sheeting, D 1434-82**. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia.

. 1992. **Standard Testing Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM D882-91**. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia.

. 1996. **Standard Testing Method for Water Vapor Transmission of materials, ASTM E96-85**. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia.

Banker, G.S. 1966. Film coating theory and practice. **J, Pharm. Sci.** 55(1): 81-89.

Beerler, A.D. and D.C. Fenney. 1983. Plasticizer, pp. 193-195. *In Modern Plastics Encyclopedia* 59. A McGraw-Hill Publ., New York.

Beveridge, T. and S. Arntfield. 1997. Heat induced changes in sulfhydryl levels in egg white. **J. Can. Inst. Food Sci. Technol.** 12: 173-176.

Cuq, B., N. Gontard, J.L. Cuq and S. Guilbert. 1997. Select functional properties of fish myofibrillar protein-based films as affect by hydrophilic plasticizers. **J. Agric. Food Chem.** 45(3): 622-626.

Damodaran, S. and A. Paraf. 1997. **Food Protein and Their Applications**. Marcel Dekker, Inc., New York.

Fukushima, D. and J. van Buren. 1970. Mechanisms of protein insolubilization during the drying of soy milk. Role of disulfide and hydrophobic bonds. **Cereal Chem.** 47: 687-696.

Gavara, R. and R. J. Hernandez. 1994. The effect of water on the transport of oxygen through nylon-6 films. **J Polym. Sci.** 32: 2375-2382.

Gennadios, A., C.L. Weller and R.F. Testin. 1993a. Temperature effect on oxygen permeability of edible protein-based films. **J. Food Sci.** 58: 212-214.

_____. 1993b. Modification of physical and barrier properties of edible wheat gluten-based films. **Cereal Chem.** 70: 426-429.

Gennadios, A., A.H. Brandenburg, C.L. Weler and R.F. Testin. 1993c. Effect of pH on properties of wheat gluten and soy protein isolate films. **J. Agric. Food Chem.** 41: 1835-1839.

_____, M.A. Hanna and G.W. Froning. 1996. Mechanical and barrier properties of egg albumin films. **J. Food Sci.** 61: 585-589.

Gontard, N., S. Guilbert and J.L. Cuq. 1993. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. **J. Food Sci.** 55(1): 206-211.

Handa, A., A. Gennadios, G.W. Froning, N. Kuroda and M.A. Hanna. 1999a. Tensile, solubility, electrophoretic properties of egg white films as affected by surface sulfhydryl groups. **J. Food Sci.** 64(1): 82-85.

Hayakawa, S. and S. Nakai. 1985. Contribution of hydrophobicity, net charge and sulfhydryl groups to thermal properties of ovalbumin. **J. Can. Inst. Food Sci.** 18: 290-295.

Hirose, M., H. Oe and E. Doi. 1986. Thiol dependent gelation of egg white. **Agric. Biol. Chem.** 50: 59-64.

Lim, L-T., Y. Mine and M.A. Tung. 1998. Transglutaminase cross-linked egg white protein films : tensile properties and oxygen permeability. **J. Agric. Food Chem.** 46: 4022-4029.

McHugh, T.H., J.-F. Aujard and J.M. Krochta. 1994. Plasticized whey protein edible films: water vapor permeability properties. **J Food Sci.** 59: 416-419, 423.

- Meier, L. 1990. Plasticizers, pp. 327-420. *In* R. Gächter and H. Müller, eds. **Plastic Additives**, 8th ed. Hanser Publ., New York.
- Miller, K.S. and J.M. Krochta. 1997. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: review. **Trends Food Sic. & Technol.** 8: 228-237.
- Mine, Y. 1992. Sulfhydryl groups changes in heat-induced soluble egg white aggregates in relation to molecular size. **J. Food Sci.** 58:254-255.
- , T. Noutomi and N. Haga. 1990. Thermally induced changes in egg white proteins. **J. Agric. Food Chem.** 38: 2122-2125.
- Park, H.J. and M. S. Chinnan. 1995. Gas and water vapor barrier properties of edible films from protein and cellulosic materials. **J. Food Eng.** 25: 497-507.
- , C.L. Weller, P.J. Vergano and R.E. Testin. 1993. Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. **J. Food Sci.** 58: 1361-1364, 1370.
- Paton, C. 1972. Theories of plasticizer action, pp. 39-49. *In* P.D. Ritchie, S.W. Critchlet, A. Hill, eds. **Plasticizers, Stabilizers and Fillers**. Zliffe Books, Ltd., London.
- Piringer, O.-G. and A.L. Baner. 2000. **Plastic Packaging Materials for Food**. WILEY-VCH, Weinheim.
- Robertson, G.L. 1993. **Food Packaging: Principles and Practice**. Marcel Dekker, New York.
- Seymour, R.B. and C.E. Carraher, Jr. 1992. **Polymer Chemistry**. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Stadelman, W.J. and O.J. Cotterill. 1995. **Egg Science and Technology**. 4th ed. Food Produce Press, New York.
- Watt, I.C. 1983. The theory of water sorption by biological materials, pp.27-41. *In* R. Jowitt, F.

Escher, B. Hallstrom, H.F.T. Meffert, W.E.L. Spicess and G. Vos, eds. **Physical Properties of Foods**. Appl. Sci. Publ., London.

บทที่ 4

ผลิตภัณฑ์เต้าหู้แผ่นไข่ขาว

บทคัดย่อ

ไข่ขาวไข่เป็ดมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก ไขมันและคาร์โบไฮเดรตน้อย เหมาะที่จะเป็นอาหารของคนทีดูแลเรื่องน้ำหนัก เมื่อนำมาพัฒนาเป็นเต้าหู้แผ่นอบแห้งสามารถทำได้หลายรูปแบบ โดยใช้ไข่ขาวล้วนหรือผสมพืชผักเพื่อปรับแต่งกลิ่นรสและคุณค่าทางอาหาร ใช้ปรุงเป็นแกงจืด หรือปรุงในลักษณะต่างๆ ได้ แต่การเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น ซึ่งการเติมยีสต์ผงแห้ง (baker yeast) ในไข่ขาวที่ระดับไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.3 หมักนาน 3 ชั่วโมง จึงนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่น ตัดเป็นเส้นมัดปมให้ดูน่ารับประทาน จึงนำไปทำแห้ง บรรจุถุงโพรทิลโพรไพลีน ปิดผนึกจะเก็บได้นาน 3 เดือน โดยสีผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงของที่ทำใหม่

บทนำ

เนื่องจากไข่ขาวมีสมบัติในการจับตัวเป็นแผ่นฟิล์ม จึงนำมาทดลองทำเป็นอาหารแผ่นอบแห้งในลักษณะของไข่ขาวล้วนและไข่ขาวปรุงแต่งด้วยพืชผัก เช่น ไข่ขาวหรือผา เพื่อให้ได้แหล่งอาหารโปรตีนสูง เก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้องปกติ แต่เนื่องจากไข่ขาวมีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบอยู่เล็กน้อย เมื่อทำแห้งและเก็บรักษาไข่ขาวจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างกลูโคสกับโปรตีนให้สารสีน้ำตาล ดังนั้นจึงศึกษาวิธีการป้องกันการเกิดสีโดยใช้เบเกอรี่ยีสต์เพื่อกำจัดกลูโคสจากไข่ขาวซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการทำไข่ขาวผงในทางการค้า (Stadelman and Cotterill, 1995)

วิธีวิจัย

1. การพัฒนาการไข่ ☐ ประโยชน์ ☐ จากไข่ ☐ ขาวไข่ ☐ เป็ด ☐ เพื่อทำเป ☐ เต้าหู้แผ่นไข่ขาวอบแห้ง

ทำเต้าหู้แผ่นไข่ขาว 2 แบบ คือ ใช้ไข่ขาวล้วน และ ไข่ขาวผสมไข่ขาวโดยมีวิธีทำดังนี้

ล ☐ ไข่ ☐ น้ำ หรือผา ☐ สะอาด ใส่ ☐ ตะแกรงทิ้งไว้ ☐ ห ☐ สะเด็ดน้ำ การขึ้นรูปเป ☐ ผลิตภัณฑ์

ภัณฑ์ ☐ อาหารแพ ☐ น ไข่ ☐ ไข่ ☐ ขาวเป ☐ ตัวกลางในการขึ้นรูป นำไข่ ☐ น้ำที่ผ ☐ กับการลวกในน้ำเดือด

นาน 3 นาที ทั้งให้ ☐ สะเด็ดน้ำ ผสมกับ ☐ ขาวในอัตรา ☐ 2 : 1 (☐ ขาว : ☐ น้ำ) เดิมฟรีกไทย
ซีอิ๊วขาวตามสูตร คนให้ ☐ เข้ากัน ขึ้นรูปเป็น ☐ แผ่น ☐ ค ☐ ยเครื่องทำทองม ☐ วนที่อุณหภูมิ 150 องศา
เซลเซียส เป ☐ นเวลา 1 นาที ทำการลอกออก ตัดเป ☐ นเส ☐ นขนาดกว ☐ 0.7 เซนติเมตร ยาว 5 – 7
เซนติเมตร นำมาผัดเป ☐ นปม อบแห ☐ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป ☐ นเวลา 3 ชั่วโมง จนแห ☐ ส
นิทเตรียม ☐ ขาวแผ ☐ นที่ไม่ ☐ ติม ☐ ข ☐ น้ำโดยทำตามวิธีดังกล่าว ข ☐ งค ☐ น แต่ ☐ ไม่ ☐ ผสม ☐ ข ☐ น้ำ

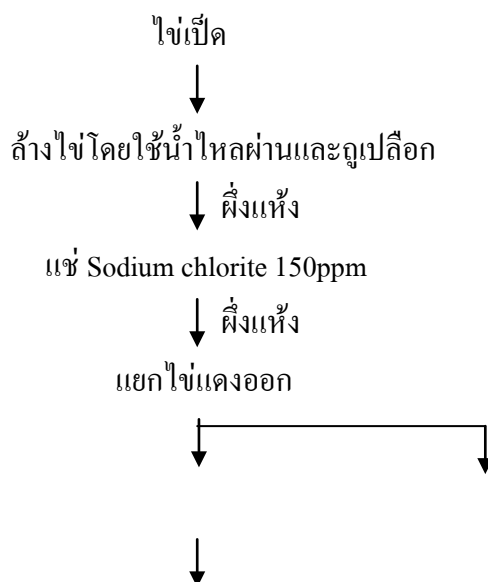
สูตร ☐ ข ☐ าวผสม ☐ ข ☐ น้ำ : ☐ ข ☐ ขาว 100 กรัม ☐ ข ☐ น้ำ 50 กรัม ฟรีกไทย 2.01 กรัม ซีอิ๊วขาว 0.24 กรัม

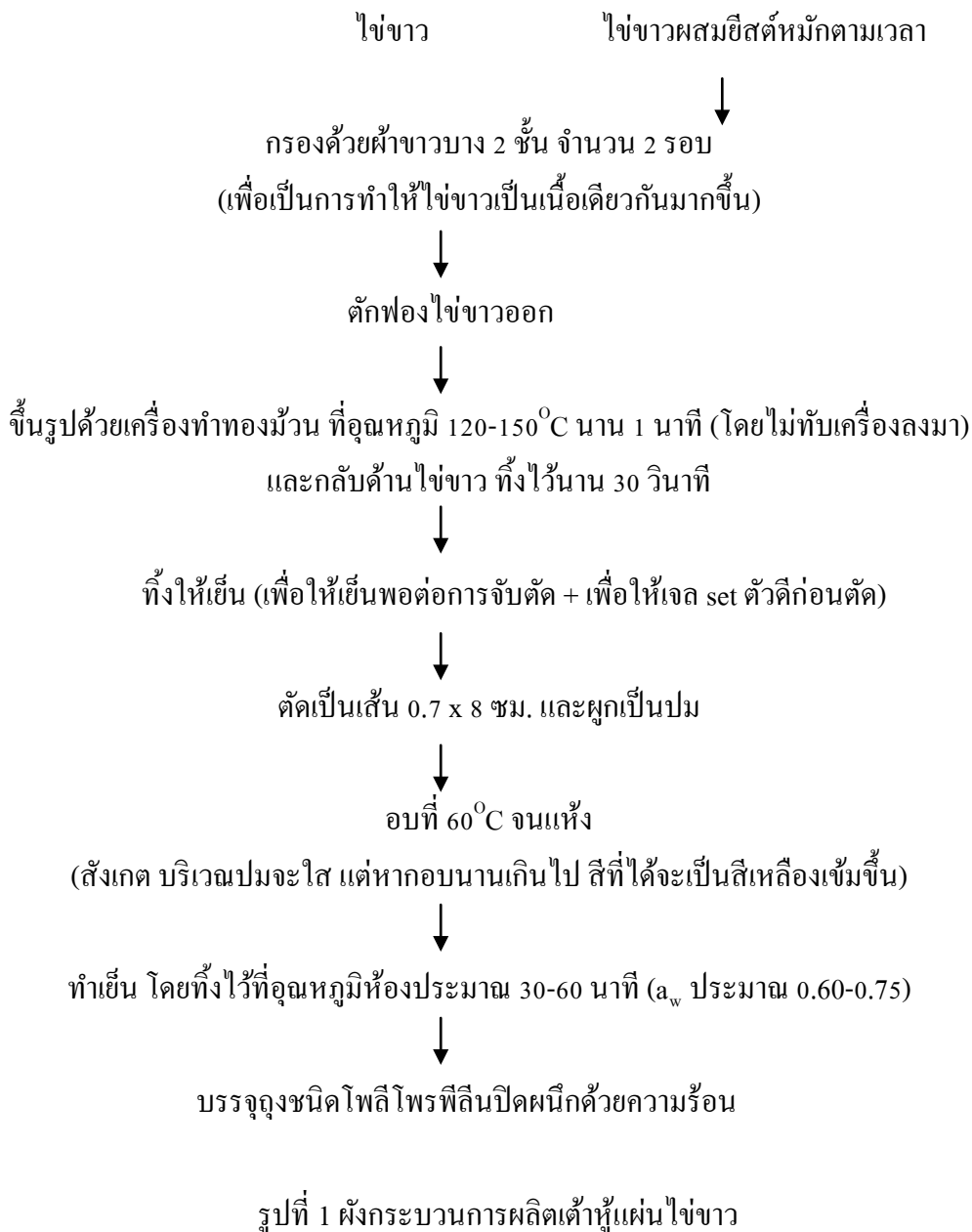
1.1 วิเคราะห์ ☐ องค ☐ ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ☐ อาหารแผ ☐ น ค ☐ ยวิธี AOAC (2000)

1.2 ทดสอบความชอบของผู้ ☐ ชิมที่มีต ☐ อผลิตภัณฑ์ ☐ ข ☐ ขาวที่ไม่ ☐ ผสม ☐ ข ☐ น้ำ และ ☐ ข ☐ ขาวที่
ผสม ☐ ข ☐ น้ำ อบแห ☐ โดยนำมาค ☐ มในน้ำชุบ และเส ☐ ร ☐ พร ☐ ้อมน้ำชุบ ทำการทดสอบค ☐ ยวิธี 9-
point Hedonic Scale คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 = ไม่ ☐ ชอบมากที่สุด วางแผนการทดลอง
แบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 2 ☐ ้า

2. การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในเต้าหู้แผ่น ☐ ขาวอบแห้ง

ทำเต้าหู้แผ่น ☐ ขาวโดยใช้ ☐ ข ☐ ขาวจาก ☐ ไข่เป็ด ผสม เบเกอร์ยีสต์ในปริมาณร้อยละ 0 0.3 และ 0.5
โดยน้ำหนัก คนให้เข้ากัน กรณีที่เติมยีสต์จะทำให้เกิดการหมักที่อุณหภูมิห้องปกติ นาน 2 และ 3 ชั่วโมง
นำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นโดยใช้เครื่องทำทองม ☐ วน ได้แผ่น ☐ ข ☐ ขาวนำไปตัดเป็นเส้นและผูกปม ก่อนอบแห้งจนมี
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ประมาณ 0.60-0.75 วิธีการผลิตแสดงดังผังการผลิตในรูปที่ 1 แบ่งตัวอย่างเป็น 2
ชุด ชุดที่ 1 เก็บแช่เยือกแข็ง ($-10 \pm 2^\circ\text{C}$) เพื่อใช้เป็นตัวอย่างควบคุมในการเปรียบเทียบสี ชุดที่ 2 เก็บที่
อุณหภูมิห้องปกติ ($30 \pm 2^\circ\text{C}$) สุ่มตัวอย่างที่เก็บ 7 วัน วัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w analyzer, Novasina Sprint
TH-500) วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด ยีสต์และรา (BAM, 1995)





ผลและวิจารณ์

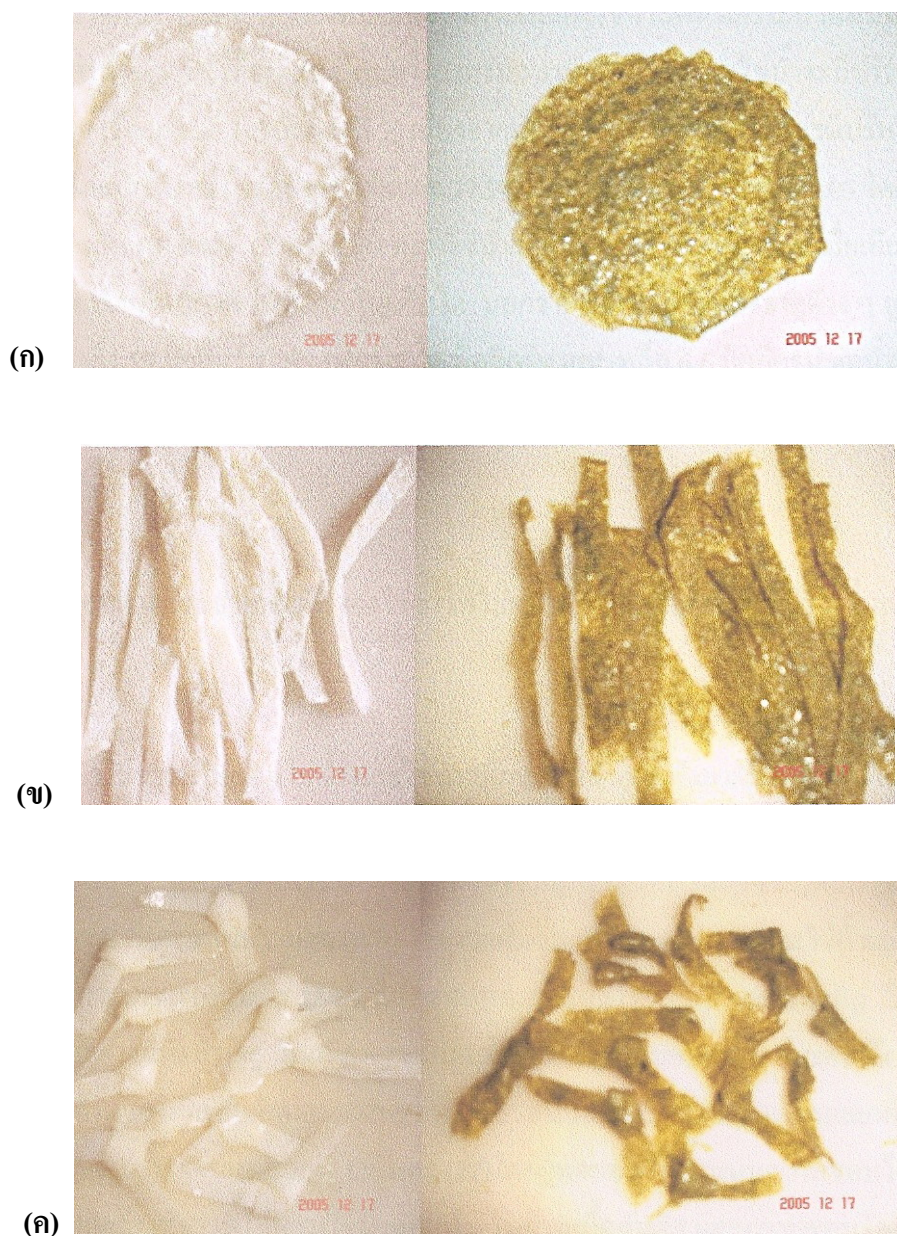
1. ศึกษาวิธีการทำอาหารแผ่นจากใบขาว

1.1 เต้าหู้แผ่นใบขาวอบแห้ง

1.1.1 วิธีทำเต้าหู้แผ่นจากใบขาว

พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแผ่นจากใบขาวโดยใช้ ใบขาวกรองผ่านผ้าขาวบาง นำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นด้วยเครื่องทำทองม้วน ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที นำไปตัดเป็นเส้นขนาดกว้าง 1 ซม ผูกเป็นรูปร่างดังภาพที่ 2 อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมงจนแห้ง จะได้ผลิตภัณฑ์ลักษณะ คล้ายเต้าหู้แผ่น ถ้าเติมผักเช่น ไข่ขาวซึ่งเป็นผักพื้นบ้านทางภาคอีสาน มีวิตามินเอ เบต้าแคโรทีน

โรตีน แคลเซียม และเหล็กสูง (กองโภชนาการกรมอนามัย, 2544) ในอัตราส่วน ไข่ขาวต่อไข่แดง เท่ากับ 2:1 ทำเป็นแผ่นลักษณะเดียวกัน จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสและคุณค่าทางอาหาร ที่มีโปรตีนสูง(ร้อยละ 80 และ 65 ในตัวหุ้แผ่นอบแห้งจากไข่ขาวที่ไม่ผสมและผสมไข่แดงตามลำดับ) นำไปใช้ใส่ในแกงจืดได้ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 ตัวหุ้แผ่นจากไข่ขาวของไข่เป็ด ภาพซ้ายคือไข่ขาวล้วน ภาพขวาไข่ขาวผสมไข่แดง (ก)แผ่นไข่ขาว (ข) ตัดเป็นเส้น (ค) ผูกเป็นปมก่อนอบแห้ง

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของไชน้ำสด ไชขาวที่ไม่ผสมไชน้ำอบแห้ง
และไชขาวที่ผสมไชน้ำอบแห้ง

	ไชน้ำสด ¹	ไชขาวที่ไม่ผสม ไชน้ำอบแห้ง	ไชขาวที่ผสมไชน้ำ อบแห้ง
ความชื้น	97.1	6.18	6.5
เถ้า	0.7	4.12	6.11
โปรตีน	0.6	80.17	65.98
ไขมัน	0.1	0.77	0.48
คาร์โบไฮเดรต	1.5	8.76	20.93

¹ กองโภชนาการกรมอนามัย (2544)

1.1.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเค้าหู้แผ่นไชขาวอบแห้ง

โดยการนำเค้าหู้แผ่นไชขาวอบแห้งที่ไม่ผสมไชน้ำและที่ผสมไชน้ำ มาต้มในน้ำซุ๊ปและให้ผู้ทดสอบที่เป็นนักศึกษาและไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 25 คน ทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ ด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม (ตารางที่ 2) พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติมีค่า 5.82-6.44 ถือชอบเล็กน้อย ซึ่งไม่ต่างกัน ($P>0.05$) ระหว่างผลิตภัณฑ์ไชขาวที่ผสมและไม่ผสมไชน้ำ แต่เมื่อผสมไชน้ำลงในผลิตภัณฑ์จะทำให้ ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงกว่าไชขาวล้วน ($P<0.05$) นั่นคือไชขาวจากไชแป็คสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ โดยไม่ต้องผสมส่วนผสมอื่น แสดงถึงสมบัติการเป็นสารยึดเกาะของไชขาว ผลิตภัณฑ์จะมีสีขาวและกลิ่นคาวไชเล็กน้อย

ตารางที่ 2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเค้าหู้แผ่นไชขาวอบแห้ง

คะแนนความชอบ ¹	เค้าหู้แผ่นไชขาวอบแห้งที่ไม่ ผสมไชน้ำ	เค้าหู้แผ่นไชขาวอบแห้งที่ผสม ไชน้ำ
ลักษณะปรากฏ	5.86 ^{ns}	5.92 ^{ns}
สี	5.82 ^{ns}	5.96 ^{ns}

รสชาติ	6.04 ^{ns}	6.44 ^{ns}
เนื้อสัมผัส	5.06 ^a	6.12 ^b
ความชอบโดยรวม	5.60 ^a	6.40 ^b

^{abc}อักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

¹คะแนนความชอบที่ได้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด

1.1.3 การเก็บรักษาเต้าหู้แผ่นไข่ขาวอบแห้ง

จากการที่ไข่ขาวมีน้ำตาลกลูโคสและ กรดอะมิโนในองค์ประกอบจึงเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยา maillard ดังนั้นจึงศึกษาการกำจัดน้ำตาลกลูโคสในไข่ขาวโดย การเติม baker yeast ผงแห้ง ในไข่ขาว ที่ ระดับร้อยละ 0.3 และ 0.5 โดยน้ำหนัก ทิ้งให้เกิดการหมักที่อุณหภูมิห้อง $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ นาน 2 และ 3 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับ ไข่ขาวที่ไม่เติมยีสต์ โดยไข่ขาวทุกตัวอย่างนำไปทำเป็นแผ่นและผูกปม และอบแห้งตามขั้นตอนการทำในข้อ 1.1.1 บรรจุถุงโพลีโพรไพลีนชนิดหนา หนา 10 กรัม ปิดผนึกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิห้องแช่เยือกแข็ง (ตัวอย่างควบคุม) ทำการวัดสีตัวอย่างด้วยเครื่องมือวัดสี chroma meter พบว่า ตัวอย่างที่ไม่เติมยีสต์และเก็บที่อุณหภูมิห้อง $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหลังเก็บ 10 วัน ขณะที่ตัวอย่างที่เติมยีสต์ร้อยละ 0.3 หมัก 2 ชั่วโมง จะเริ่มมีสีน้ำตาลเล็กน้อยหลังเก็บ 24 วัน ตัวอย่างที่เติมยีสต์ร้อยละ 0.3 หมัก 3 ชั่วโมง และยีสต์ร้อยละ 0.5 หมัก 2 และ 3 ชั่วโมง และเก็บที่อุณหภูมิห้อง $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ นาน 90 วัน ยังคงมีสีไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่เก็บแช่แข็ง (รูปที่ 3) แสดงว่ายีสต์ใช้กลูโคสในไข่ขาวหมดทำให้ไม่มีสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Stadelman and Cotterill, 1995) ดังนั้นในการทำเต้าหู้แผ่นไข่ขาวอบแห้งจะต้องเติมยีสต์ผงแห้งในไข่ขาว ที่ ระดับไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.3 หมักนาน 3 ชั่วโมง จึงนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นต่อไป

คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของเต้าหู้แผ่นไข่ขาวอบแห้งที่ทำเสร็จใหม่ แสดงในตารางที่ 3 พบว่า ค่าแอมเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมยีสต์ และเติมยีสต์ร้อยละ 0.5 หมัก 3 ชม. มีค่าเท่ากับ 0.6-0.627 และ 0.716-0.721 ตามลำดับ การเติมยีสต์จะทำให้ตรวจพบ TPC สูงถึง 2.1×10^8 CFU/g ในบางตัวอย่าง เทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติมยีสต์ ซึ่งพบสูงสุดที่ 1.3×10^4 CFU/g แสดงว่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตเต้าหู้แผ่นไข่ขาวอบแห้งไม่ได้ทำลายเซลล์ยีสต์ที่เติมลงไปในการผลิต



(ก) 0% ยีสต์

(ข) 0.3% ยีสต์หมัก 2 ชม.

(ค) 0.3% ยีสต์หมัก 3 ชม.

รูปที่ 3 สีของผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่อบแห้งเก็บนาน 3 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง ($30\pm 2^{\circ}\text{C}$) ถูงขวามือในรูป และ แช่เยือกแข็ง ($-10\pm 2^{\circ}\text{C}$) ถูงซ้ายมือในรูป

ตารางที่ 3 คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของเต้าหู้แผ่นไข่ขาวอบแห้ง

เต้าหู้แผ่นไข่ขาวอบแห้ง		a_w		TPC (CFU/g)		ยีสต์ รา (CFU/g)	
%baker yeast(w/w)	เวลาหมัก (ชั่วโมง)	รุ่นการ ผลิตที่ 1	รุ่นการ ผลิตที่ 2	รุ่นการ ผลิตที่ 1	รุ่นการ ผลิตที่ 2	รุ่นการ ผลิตที่ 1	รุ่นการ ผลิตที่ 2
0	0	0.6	0.627	2,100	13,000	190	520
0.5	3	0.721	0.716	210,000,000	5,900,000	530	1,800

สรุป

ไข่ขาวไข่เป็ดนำมาทำเป็นเต้าหู้แผ่นอบแห้งได้ โดยใช้ไข่ขาวล้วนหรือผสมพืชผักเพื่อปรับแต่งกลิ่นรสและคุณค่าทางอาหาร จะเก็บได้นาน 3 เดือน โดยสีผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงของที่ทำใหม่ จะต้องเติม baker yeast ลงในไข่ขาว ที่ ระดับไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.3 หมักนาน 3 ชั่วโมง จึงนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นตัดเป็นเส้น ผูกปมและอบแห้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการกรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข. 2544. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. โรงพิมพ์องค์การทหารพลเรือนศึก. กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.**

17 th ed. AOAC, Inc., USA.

BAM. 1995. **Bacteriological analytical manual.** 8th ed. Food and Drug Administration. Published and Distributed by AOAC International. 481 North Frederick Avenue, Suite 500, Gaithersburg. MD

20877, USA.

Stadelman, W.J. and O.J. Cotterill. 1995. **Egg Science and Technology**. 4th ed. Food Produce Press, New York.

บทที่ 5

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทองม้วน

บทคัดย่อ

ผู้บริโภครวม 200 คน ซึ่งเป็นวัยรุ่นและวัยทำงาน อายุ 15-30 ปี รายได้ปานกลาง (10,000-30,000 บาท ต่อเดือน) พบว่าร้อยละ 56 ชอบทองม้วนขนาดเล็กๆ เนื้อแน่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 7 มิลลิเมตรและภายนอก 12 มิลลิเมตร ในขณะที่ผู้บริโภคร้อยละ 44 ชอบทองม้วนขนาดใหญ่หรือพับเป็นแผ่น ทดสอบหาอายุการเก็บโดยใช้ช่องขนาด กว้าง x ยาว 45 x 150 มิลลิเมตร ทำเป็นทรงหมอน โดยใช้ฟิล์ม 2 ชนิด คือ OPP (Oriented polypropylene) และ OPP/Met.CPP (metallized cast polypropylene) จากการวัดชอร์พชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้น (adsorption isotherm) ของทองม้วน พบว่ามีลักษณะเป็น เส้นโค้งรูปตัวเอส (S-shape) ซึ่งค่า a_w จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แบบเอ็กซ์โพเนนเชียลเมื่อ a_w เพิ่มขึ้นสูงกว่า 0.6 จนถึงค่า 0.7 แสดงให้เห็นว่าทองม้วนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ควรเก็บในสถานะที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเท่ากับหรือมากกว่า ร้อยละ 60 การเสื่อมเสียคุณภาพของทองม้วนขึ้นกับความชื้นมากที่สุด เนื้อสัมผัสหรือความกรอบคือลักษณะคุณภาพที่กำหนดอายุการเก็บของทองม้วน ส่วนกลิ่นหืนหรือการสูญเสียกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยรอง ในการเก็บรักษาทองม้วนพบว่ามีค่าความชื้นวิกฤตร้อยละ 2.90 ทองม้วนที่บรรจุถุง OPP มีอายุการเก็บเพียง 5 สัปดาห์ ในขณะที่การบรรจุในช่อง OPP/Met.CPP สามารถเพิ่มอายุการเก็บได้เป็น อย่างน้อย 22 สัปดาห์หรือประมาณ 5 เดือน

บทนำ

ทองม้วนจัดเป็นอาหารขบเคี้ยว มีความชื้นและค่าออกซิเจนแอคติวิตี (water activity, a_w) ต่ำ จึงดูดซับความชื้นจากอากาศได้ง่ายทำให้สูญเสียความกรอบ เกิดกลิ่นเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันกับออกซิเจนในอากาศ สาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้ทองม้วนเสื่อมเสียคุณภาพ คือการแตกหักเนื่องจากแรงกระทำจากภายนอก ซึ่งทำให้ลักษณะปรากฏของไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเป็นการเร่งการสูญเสียความกรอบและการเกิดกลิ่นเหม็นหืนได้อีกทางหนึ่งด้วย เนื่องจากพื้นผิวสัมผัสเพิ่มขึ้น การเลือกใช้วัสดุและภาชนะบรรจุที่เหมาะสม ร่วมกับการการออกแบบผลิตภัณฑ์จึงเป็นแนวทางที่

ใช้ในการเพิ่มอายุการเก็บของทองม้วน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอายุการเก็บของทองม้วน เปรียบเทียบระหว่างวัสดุ 2 ชนิด คือ OPP (oriented polypropylene) ซึ่งเป็นพลาสติกที่นิยมใช้ทำถุงบรรจุทองม้วนที่จำหน่ายทั่วไป เนื่องจากความเหมาะสมด้านราคาและหาซื้อได้ในท้องตลาดทั่วไป และ OPP/Met.CPP (metallized cast polypropylene) ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว เนื่องจากมีสมบัติทางการบรรจุดีกว่า OPP จัดหาได้ง่ายในระดับอุตสาหกรรม แต่ราคาสูงกว่างาน ในวิจัยนี้จะศึกษาหาอายุการเก็บของทองม้วนบรรจุในภาชนะบรรจุรูปทรงแปดเหลี่ยม เป็นซองขนาดเล็ก เพื่อการบริโภคครั้งเดียว โดยไม่รวมการศึกษาปัจจัยของภาชนะบรรจุรูปทรงแปดเหลี่ยมและปัจจัยของการออกแบบกราฟิกบนภาชนะบรรจุ

การตรวจเอกสาร

ทองม้วนจัดเป็นอาหารขบเคี้ยว มีความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) ต่ำ จึงดูดซับความชื้นจากอากาศได้ง่ายทำให้สูญเสียความกรอบ นอกจากนี้ทองม้วนมีพื้นผิวสัมผัสมาก และโครงสร้างเนื้อสัมผัสมีรูพรุน ทำให้การดูดซับความชื้นและการเสื่อมเสียคุณภาพเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ความชื้นที่เพิ่มขึ้นนี้จะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้ทองม้วนมีกลิ่นเหม็นหืนได้เร็วขึ้น การบรรจุทองม้วนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถชะลอการเสื่อมเสียคุณภาพและเพิ่มอายุการเก็บรักษา

นอกเหนือจากการสูญเสียความกรอบเนื่องจากการดูดความชื้นจากสภาวะแวดล้อม และการเกิดกลิ่นเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันกับออกซิเจนในอากาศแล้ว สาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้ทองม้วนเสื่อมเสียคุณภาพ คือการแตกหักเนื่องจากแรงกระทำจากภายนอก ซึ่งทำให้ลักษณะปรากฏของไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเป็นการเร่งการสูญเสียความกรอบและการเกิดกลิ่นเหม็นหืนได้อีกทางหนึ่งด้วย เนื่องจากพื้นผิวสัมผัสเพิ่มขึ้น การเลือกใช้วัสดุและภาชนะบรรจุที่เหมาะสม ร่วมกับการออกแบบผลิตภัณฑ์จึงแนวทางที่ใช้ในการเพิ่มอายุการเก็บของทองม้วน

การออกแบบโครงสร้างของวัสดุและภาชนะบรรจุสำหรับทองม้วน ควรพิจารณาสมบัติทางการบรรจุสำคัญ ดังต่อไปนี้ (งามทิพย์, 2550)

1) วัสดุและภาชนะบรรจุต้องป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี (moisture barrier) ระดับการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำจะแตกต่างกันตามความไวต่อความชื้นของอาหารที่ต้องการบรรจุ รวมทั้งอายุการเก็บของอาหารที่ต้องการ ซึ่งมักพิจารณาจากกราฟซอร์พชันไอโซเทอร์มของความชื้น (moisture sorption isotherm) ของอาหารนั้นๆ และเป็นกราฟที่ต้องศึกษาควบคู่ไปกับการพิจารณาเลือกวัสดุบรรจุ ในบางครั้งการบรรจุอาหารที่มีค่า a_w ต่ำมากๆ อาจต้องใช้วัสดุดูดความชื้น เช่น Silica gel บรรจุใส่ซองเล็กๆ ใส่ในภาชนะบรรจุอาหารด้วย โดยเฉพาะอาหารที่ต้องการอายุการเก็บนานๆ โครงสร้างของวัสดุบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีพอควร ราคาพอสมควร สามารถใช้กับอาหารแห้งที่ต้องการอายุการเก็บประมาณ 2-3 เดือน ได้แก่ OPP/CPP และ OPP/Met.CPP ถ้าต้องการอายุการเก็บมากขึ้นจะใช้วัสดุทึบแสงที่

มีชั้นของอะลูมิเนียมอยู่ด้วย เช่น OPP/PE/Al/PE/EVA, PET/Al/LLDPE (PE-polyethylene; Al-aluminum plated film; EVA-ethylene vinyl acetate; PET- polyethylene terephthalate; LLDPE-linear low density polyethylene) เป็นต้น แต่ราคาจะสูงขึ้นมาก

2) วัสดุและภาชนะบรรจุต้องป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี (oxygen barrier) ทั้งนี้ขึ้นกับอายุการเก็บของอาหารด้วย อาหารที่มีไขมันสูงจะเหม็นหืนได้ง่ายหากสัมผัสกับอากาศเนื่องจากไขมันถูกออกซิไดซ์ การบรรจุอาหารเหล่านี้นอกจากต้องใช้วัสดุที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีแล้ว อาจต้องใช้ระบบการบรรจุเพื่อกำจัดก๊าซออกซิเจนออกไปก่อนปิดผนึกภาชนะบรรจุ ได้แก่ การบรรจุภายใต้สุญญากาศ การบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจน หรือการใช้วัตถุดูดออกซิเจน (oxygen absorber) ซึ่งมีจำหน่ายเป็นซองเล็กๆ สำหรับใส่ในภาชนะบรรจุอาหาร วัสดุบรรจุที่มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนระดับปานกลางใช้กับอาหารที่มีอายุการเก็บประมาณ 2-3 เดือน และใช้กับการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ ได้แก่ OPP/OPP และ OPP/Met.CPP ถ้าต้องการอายุการเก็บสูงขึ้นมักใช้การบรรจุที่มีการกำจัดก๊าซออกซิเจนด้วย จะใช้วัสดุลามิเนตที่มีชั้นของอะลูมิเนียม จึงทึบแสง เช่น OPP/PE/Al/PE/EVA, PET/Al/LLDPE เป็นต้น

3) วัสดุและภาชนะบรรจุต้องป้องกันการซึมผ่านของกลิ่น (odor barrier) โดยทั่วไปไขมันในอาหารจะสามารถดูดกลิ่นจากสิ่งแวดล้อมได้ดี จึงต้องบรรจุในภาชนะบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของกลิ่นหรือสารระเหยได้ดี เพื่อไม่ให้ดูดกลิ่นจากอาหารที่เก็บหรือวางจำหน่ายไว้ด้วยกัน สำหรับอาหารขบเคี้ยวมักมีการแต่งเติมกลิ่นและมีไขมันสูง จะต้องบรรจุในภาชนะที่ป้องกันการปนเปื้อนกลิ่นจากภายนอกได้ดี โครงสร้างวัสดุบรรจุจึงนิยมใช้ PET เป็นฟิล์มลามิเนตชั้นหนึ่ง เนื่องจากป้องกันการซึมผ่านของกลิ่นได้ดี แต่ราคาค่อนข้างสูง การใช้ฟิล์มอาบไอโลหะ (metallized film) เช่น met.CPP จะมีราคาต่ำกว่าและป้องกันการซึมผ่านของกลิ่นได้ดีพอควร แต่ฟิล์มจะทึบแสงทำให้ไม่สามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ได้

4) วัสดุและภาชนะบรรจุควรทึบแสง (opacity) เนื่องจากแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การใช้ภาชนะบรรจุทึบแสงจะช่วยรักษาคุณภาพของทองม้วนได้ดีกว่าภาชนะบรรจุโปร่งแสง แต่ต้องพิจารณาปัจจัยทางการตลาดด้วย ที่ผู้บริโภคอาจต้องการมองเห็นผลิตภัณฑ์ วัสดุบรรจุที่ใช้ป้องกันแสง ได้แก่ แผ่นเปลวอะลูมิเนียม ฟิล์มอาบไอโลหะ กระดาษ ฟิล์มเติมสารทึบแสง เช่น Titanium dioxide (TiO₂) หรือเติมสีทึบแสง ตัวอย่างวัสดุทึบแสงที่นิยมใช้ OPP/Met.CPP, PET/PE/Al/PE, Met.PET/PE, Paper/PE/Al/PE นอกจากนี้ยังใช้ภาชนะบรรจุทรงรูปได้แก่ กระป๋องโลหะและกระป๋องวัสดุหลายชั้น (composite can) หรือการใช้ฉลากและการพิมพ์ช่วยป้องกันแสงบางส่วน

5) วัสดุและภาชนะบรรจุต้องป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดี (grease and oil resistance) เพื่อป้องกันคราบน้ำมันบนภาชนะบรรจุ ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิดว่าเป็นผลิตภัณฑ์เก่า นอกจากนี้ไขมันที่ซึมผ่านออกมาอาจจะละลายหมึกพิมพ์ทำให้ดูสกปรกและอาจทำให้เกิดการลอกชั้นของฟิล์มลามิเนต ทำให้สมบัติด้านป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำและกลิ่นลดลง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะเสื่อมเสียเร็วขึ้น

6) วัสดุและภาชนะบรรจุต้องต้านทานต่อการรอยขีดข่วนได้ดี (abrasion resistance) ทONGม้วนมีเนื้อสัมผัสแข็งและมีมุมแหลมคมที่สามารถขีดข่วนหรือทิ่มทะลุภาชนะบรรจุได้ ทำให้สูญเสียสมบัติด้านป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ และกลิ่น คุณภาพของอาหารอาจเสื่อมเสียเร็วขึ้น แม้ว่าบางกรณีรอยขีดข่วนไม่รุนแรงและไม่ได้ทำให้ภาชนะรั่ว แต่อาจทำให้เป็นรอยจนดูเหมือนเป็นสินค้าเก่า ผู้บริโภคอาจไม่ยอมรับได้ จึงต้องเลือกใช้วัสดุและภาชนะบรรจุที่ต้านทานต่อการรอยขีดข่วนได้ดี

7) ความแข็งแรงเชิงกลสูง (mechanical strength) ทONGม้วนมีลักษณะเป็นม้วนหรือชั้นบาง เมื่อกรอบเปราะทำให้แตกหักและเสียรูปทรงได้ง่าย ภาชนะบรรจุจึงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะป้องกันแรงกระทำต่างๆ ที่เป็นทำให้เกิดการความเสียหาย นอกจากนี้การแตกหักเป็นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสของอาหารกับอากาศ จึงเร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการดูดซับความชื้น ทำให้คุณภาพของทONGม้วนเสื่อมเสียเร็วขึ้น โดยทั่วไปจะใช้การบรรจุด้วยภาชนะทรงรูปเพื่อลดการลดการแตกหัก เช่น กล่องกระดาษ กระป๋องโลหะและกระป๋องวัสดุหลายชั้น หรือใช้การบรรจุในถุงหรือซองที่อัดก๊าซให้โป่งพอง เพื่อลดแรงกระทำต่อทONGม้วน แต่อาจทำให้สิ้นเปลืองวัสดุบรรจุมากขึ้น

8) วัสดุบรรจุควรปิดผนึกด้วยความร้อนได้ง่าย กรณีการเลือกใช้วัสดุอ่อนตัวประเภทถุงและซอง การปิดผนึกด้วยความร้อนเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากสะดวก รวดเร็ว และปิดได้สนิท วัสดุบรรจุที่ใช้มักเป็นวัสดุลามิเนต ต้องเลือกใช้ฟิล์มชั้นในสุดที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ให้สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน เช่น LLDPE LDPE EVA และ Surlyn เป็นต้น

นอกจากการเลือกวัสดุบรรจุให้เหมาะสมแล้ว การออกแบบขนาดและรูปร่างของภาชนะบรรจุให้เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มอายุการเก็บของทONGม้วนได้ ทั้งนี้จะต้องพิจารณาปัจจัยทางการตลาดควบคู่ไปด้วย การประเมินอายุการเก็บของอาหารแห้งโดยใช้หลักการแพร่ของก๊าซผ่านเมมเบรน สามารถทำได้โดยการคำนวณจากสมการดังนี้ (Robertson, 1993)

$$\ln \left[\frac{m_e - m_i}{m_e - m_c} \right] = \frac{Pm}{\ell} \cdot \frac{A}{W_s} \cdot \frac{p_0}{b} \cdot \theta$$

m_i	หมายถึง ค่าความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์อาหาร
m_e	หมายถึง ค่าความชื้นสมดุลของอาหารที่สภาวะการเก็บรักษา
m_c	หมายถึง ค่าความชื้นวิกฤตของผลิตภัณฑ์อาหาร
Pm	ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ
ℓ	ความหนาของวัสดุบรรจุ
A	พื้นที่ของภาชนะบรรจุ
W_s	น้ำหนักแห้งของอาหารที่บรรจุ
P_0	ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเก็บรักษา

- b ค่าความชันของกราฟซอร์พชันไอโซเทอร์มของความชื้นของอาหาร
- θ อายุการเก็บของอาหาร

สำหรับอาหารชนิดหนึ่งๆ ภาชนะบรรจุขนาดใหญ่จะมี ค่า A/Ws จะต่ำกว่าภาชนะบรรจุขนาดเล็ก ดังนั้นการใช้ภาชนะบรรจุขนาดใหญ่จะช่วยเพิ่มอายุการเก็บของอาหารได้ อย่างไรก็ตามการกำหนดขนาดของการบรรจุจะพิจารณาจากความต้องการของผู้บริโภคเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงพบการบรรจุขนาดเป็นหน่วยเล็กๆ เหมาะกับการบริโภคครั้งเดียวและสะดวกในการบริโภคมากขึ้น

วิธีวิจัย

1. สำรวจความเห็นผู้บริโภค เพื่อกำหนดขนาดของถาดและขนาดการบรรจุ

สำรวจความเห็นโดยการสัมภาษณ์ผู้บริโภค 200 คน โดยเน้นกลุ่มเป้าหมายวัยรุ่นและวัยทำงาน เพื่อหาปริมาณการบริโภคเฉลี่ยแต่ละครั้งและขนาดของถาดที่ชอบ เพื่อกำหนดขนาดการบรรจุ

3. ศึกษาสมบัติของถาดและซอร์พชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้น (adsorption isotherm)

นำตัวอย่างถาดมาหาค่าความชื้นเริ่มต้น ตามวิธีการ AOAC (1990) และค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (a_w analyzer, Novasina Sprint TH-500)

นำตัวอย่างถาดไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างในเคชิกเคเตอร์ที่บรรจุซิลิกาเจล เป็นเวลา 1 วัน หาค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างไปเก็บในเคชิกเคเตอร์ที่บรรจุสารละลายเกลืออิ่มตัวของ ลิเทียมคลอไรด์ โพแทสเซียมแอซิเตด แมกนีเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมไนเตรด โพแทสเซียมไอโอไดด์ โซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมซัลเฟต ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 11.3, 21.6, 32.4, 43.2, 51.4, 67.9, 75.1, 83.6 และ 97.0 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทิ้งไว้จนเข้าสู่สมดุลเป็นเวลา 30 วัน นำตัวอย่างมาหาค่าความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content, EMC) ตามวิธีการ AOAC (1990) และวัดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (a_w analyzer, Novasina Sprint TH-500) แล้วนำไปสร้างกราฟซอร์พชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้น

2.1 ทดสอบสมบัติของวัสดุบรรจุ

นำฟิล์มตัวอย่าง OPP และ OPP/Met.CPP ที่ปราศจากรอยคราบ รอยขีดข่วน หรือรอยร้าว มาเก็บที่ 27 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 65 ± 2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำตัวอย่างมาวัดความหนา (Thickness Tester model 49-72 TMI) วัดค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate,

OTR) ตามมาตรฐาน ASTM D 1434-82 (Mocon Ox-Tran model 2/21) และตรวจวัดค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) ตามมาตรฐาน ASTM E96-93

2.2 ศึกษาอายุการเก็บของทองม้วน

ก) การศึกษาหาค่าความชื้นวิกฤตของทองม้วน

นำตัวอย่างทองม้วนขนาดที่ผู้บริโภคชอบมาก มาเก็บในเครื่องที่ปรับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 เก็บที่ 30 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วัดความชื้น และความต้านทานแรงกด (LLOYD instruments, LRX plus) จนกระทั่งผู้ชิมไม่ยอมรับคุณภาพ กำหนดค่าความชื้นสุดท้ายของทองม้วนที่ผู้บริโภคยอมรับคุณภาพเป็นค่าความชื้นวิกฤต

ข) การศึกษาหาอายุการเก็บรักษา

นำตัวอย่างทองม้วนขนาดที่ผู้บริโภคชอบมาก บรรจุของละ 2 ชิ้น โดยแบ่งตัวอย่างเป็น 2 ชุด

- ชุดที่ 1 บรรจุในซอง OPP
- ชุดที่ 2 บรรจุในซอง OPP/Met.CPP

เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างออกมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และวัดความชื้นและความต้านทานแรงกดทุกสัปดาห์ จนกระทั่งผู้ชิมไม่ยอมรับคุณภาพ

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการให้คะแนนจากผู้ทดสอบชิม จำนวน 10 คน และเป็นผู้ทดสอบชุดเดิมตลอดการทดลอง ใช้แบบสอบถาม Hedonic Scale ระดับคะแนนอยู่ในช่วง 1- 9 คะแนน และเกณฑ์คะแนนที่ไม่ยอมรับคุณภาพเท่ากับ 5 หรือต่ำกว่า โดยลักษณะที่ได้กำหนดให้มีการทดสอบ คือ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม

ผลและวิจารณ์

1. การสำรวจความเห็นผู้บริโภค เพื่อกำหนดขนาดทองม้วนและขนาดการบรรจุ

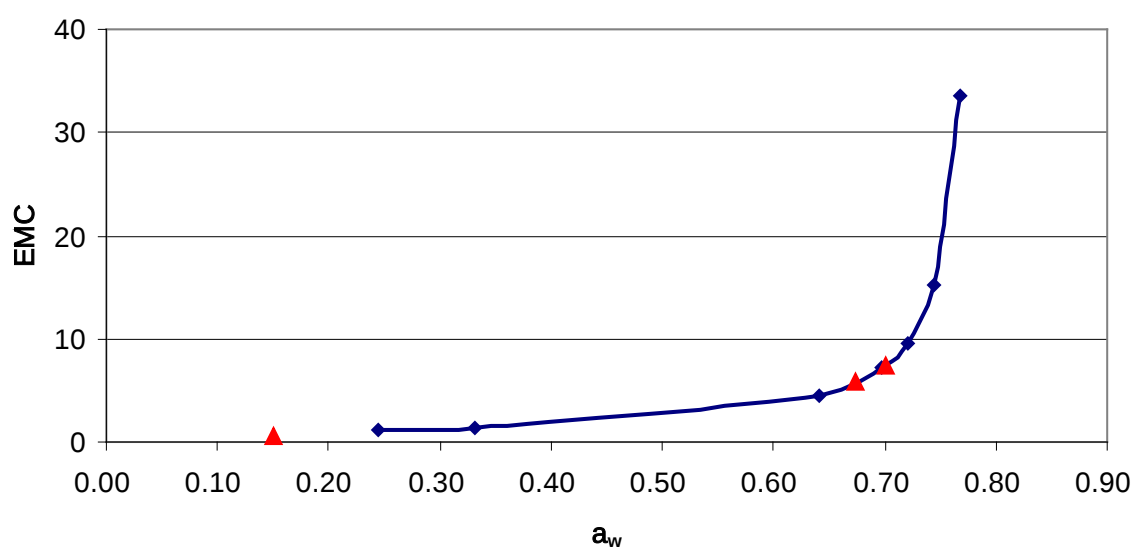
ผลการสำรวจผู้บริโภค 200 คน โดยเน้นกลุ่มเป้าหมายวัยรุ่นและวัยทำงาน อายุ 15-30 ปี รายได้ปานกลาง (10,000-30,000 บาทต่อเดือน) ซึ่งเป็นกลุ่มผู้บริโภคขนาดใหญ่ พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 56 ชอบทองม้วนขนาดเล็กๆ เนื้อแน่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 7 มิลลิเมตรและภายนอก 12 มิลลิเมตร ในขณะที่ผู้บริโภคร้อยละ 44 ชอบทองม้วนขนาดใหญ่หรือพับเป็นแผ่น

ผลการสำรวจปริมาณทองม้วนที่บริโภคแต่ละครั้ง โดยใช้ตัวอย่างทองม้วน ความยาว 11.5 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 7 มิลลิเมตรและภายนอก 12 มิลลิเมตร น้ำหนักชิ้นละ 5.6-6.0 กรัม พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 32.5 บริโภคครั้งละ 1-2 ชิ้น และร้อยละ 26.5 บริโภคครั้งละ 3-4 ชิ้น ส่วนที่เหลือมีความคิดเห็นกระจายและสัดส่วนน้อยกว่า 2 กลุ่มแรกนี้ จึงกำหนดขนาดบรรจุของละ 3 ชิ้น เนื่องจากสอดคล้อง

พฤติกรรมของผู้บริโภคทั้ง 2 กลุ่ม จากผลการสำรวจนี้ ทำให้ตัวอย่างทดสอบหาอายุการเก็บจะใช้ซองขนาดกว้างxยาว 45x150 มิลลิเมตร ทำเป็นทรงหมอน โดยใช้ฟิล์ม 2 ชนิด คือ OPP และ OPP/Met.CPP

2. ศึกษาหาชอร์พชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้น (adsorption isotherm) ของทองม้วน

ทองม้วนที่ใช้ในการศึกษานี้มีความชื้นเริ่มต้น ร้อยละ 1.27 และ a_w 0.28 ผลการศึกษาชอร์พชันไอโซเทอร์มของความชื้นของทองม้วน พบว่ามีลักษณะเป็น S-shape สอดคล้องกับชอร์พชันไอโซเทอร์มของอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต (Robertson, 1993) และพบว่าในช่วง a_w ต่ำกว่า 0.40 การเปลี่ยนแปลงความชื้นมีน้อย แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อ a_w เพิ่มขึ้นจนถึงค่าประมาณ 0.6 และในช่วงดังกล่าวทั้งหมดนี้กราฟใกล้เคียงเส้นตรง เมื่อ a_w เพิ่มขึ้นสูงกว่า 0.6 จนใกล้ค่า 0.7 พบว่าค่า a_w จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แบบเอ็กซ์โพเนนเชียล แสดงให้เห็นว่าทองม้วนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ควรเก็บในสถานะที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงประมาณ ร้อยละ 60 เพราะการดูดความชื้นจะเกิดรวดเร็วมาก ทั้งนี้ต้องนำกราฟไปพิจารณาประกอบกับค่าความชื้นวิกฤตและผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วย



รูปที่ 1 ชอร์พชันไอโซเทอร์มแบบดูดความชื้นของทองม้วน ที่ 30 องศาเซลเซียส

3. สมบัติของวัสดุบรรจุ

สมบัติทางการบรรจุของฟิล์ม OPP และ OPP/Met.CPP ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางการบรรจุของฟิล์ม OPP และ OPP/Met.CPP

ฟิล์ม	สมบัติทางการบรรจุ		
	ความหนา (mm)	OTR (ml/m ² .atm.day)	WVTR (g/m ² .day)
OPP	0.088	858.2	4.54

OPP เป็นพลาสติกที่นิยมใช้ทำถุงบรรจุทองม้วนที่จำหน่ายทั่วไป เนื่องจากใส ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ ราคาไม่สูงและหาซื้อได้ในท้องตลาดทั่วไป แต่สมบัติด้านป้องกันการซึมผ่านทั้งไอน้ำและก๊าซออกซิเจนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ จึงไม่สามารถรักษาคุณภาพของทองม้วนได้ดีเพียงพอ อายุการเก็บที่พบทั่วไปประมาณ 2-3 สัปดาห์เท่านั้น และมักพบว่าการเสื่อมเสียคุณภาพเกิดจากการสูญเสียความกรอบก่อนการเกิดกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งสอดคล้องกับค่า WVTR ที่สูง จึงเลือกศึกษาเปรียบเทียบกับ OPP/Met.CPP ซึ่งเป็นวัสดุที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนดีกว่ามาก นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยวและอาหารแห้ง เนื่องจากจัดหาได้ง่ายในระดับอุตสาหกรรม

4. การศึกษาอายุการเก็บของทองม้วน

ก) การศึกษาหาค่าความชื้นวิกฤตของทองม้วน

ค่าความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Content หรือ CMC) หมายถึงค่าความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบชิมยังยอมรับคุณภาพได้ และจะไม่ยอมรับคุณภาพเมื่อค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงกว่า CMC (กรณีอาหารดูความชื้น) หรือลดลงน้อยกว่า CMC (กรณีอาหารคายความชื้น)

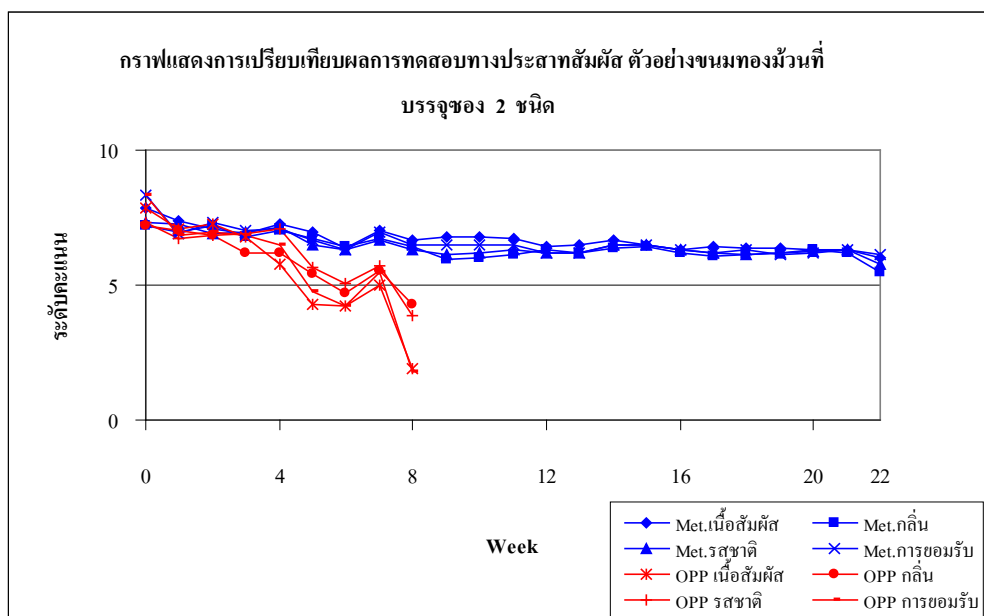
ทองม้วนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดูความชื้นจากอากาศได้รวดเร็วมาก ทำให้สูญเสียความกรอบจนถึงขั้นเนื้อสัมผัสเหนียว จึงศึกษาหาค่า CMC และความต้านทานแรงกดของทองม้วน โดยเก็บตัวอย่างภายใต้สภาวะเร่งความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าทองม้วน มีค่า CMC ร้อยละ 2.90 และค่าความต้านทานแรงกดเท่ากับ 62.82 นิวตัน ดังแสดงในตารางที่ 2 และพบว่าค่าความต้านทานแรงกดของทองม้วนจะเพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น และเมื่อความชื้นของทองม้วนสูงกว่า CMC จะไม่สามารถวัดค่าความต้านทานแรงกดได้เนื่องจากเนื้อสัมผัสเหนียวมาก จากค่า CMC ทำให้ทราบว่าการบรรจุทองม้วนที่ต้องการอายุการเก็บสูง ต้องใช้วัสดุที่มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำมาก

ตารางที่ 2 คุณภาพของทองม้วนระหว่างการเก็บที่ 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 75

เวลา (hr)	ความชื้น (%)	ความต้านทานแรงกด (N)	คะแนนการชิม			
			เนื้อสัมผัส	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับ
0	1.26	49.28	7.86	7.18	7.32	8.32
24	2.90	62.82	4.96	6.03	5.77	4.92
36	3.32	64.66	4.88	5.02	5.16	4.84
48	5.20	วัดไม่ได้	1.71	5.66	4.86	2.59
72	7.02	วัดไม่ได้	ไม่ได้ทดสอบ			

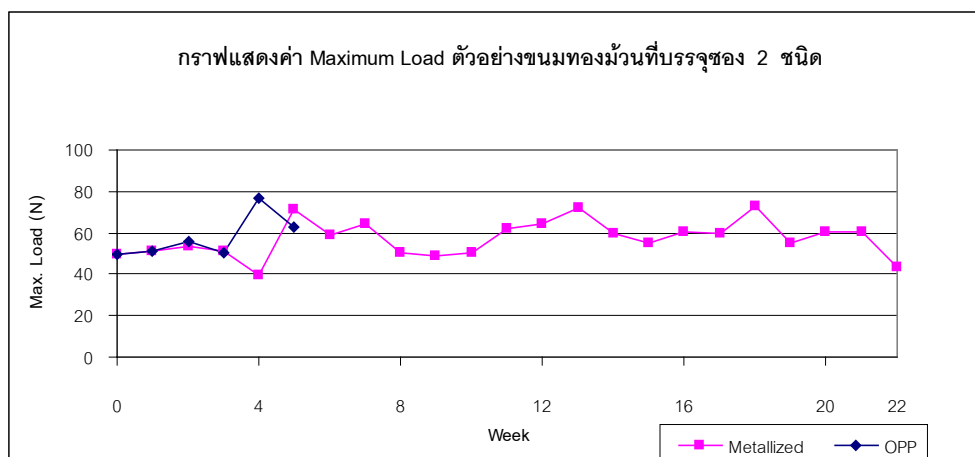
ข) การศึกษาหาอายุการเก็บ

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองม้วน บรรจุในซอง OPP กับซอง OPP/Met.CPP ในระหว่างการเก็บ 22 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง แสดงในภาพที่ 2-5



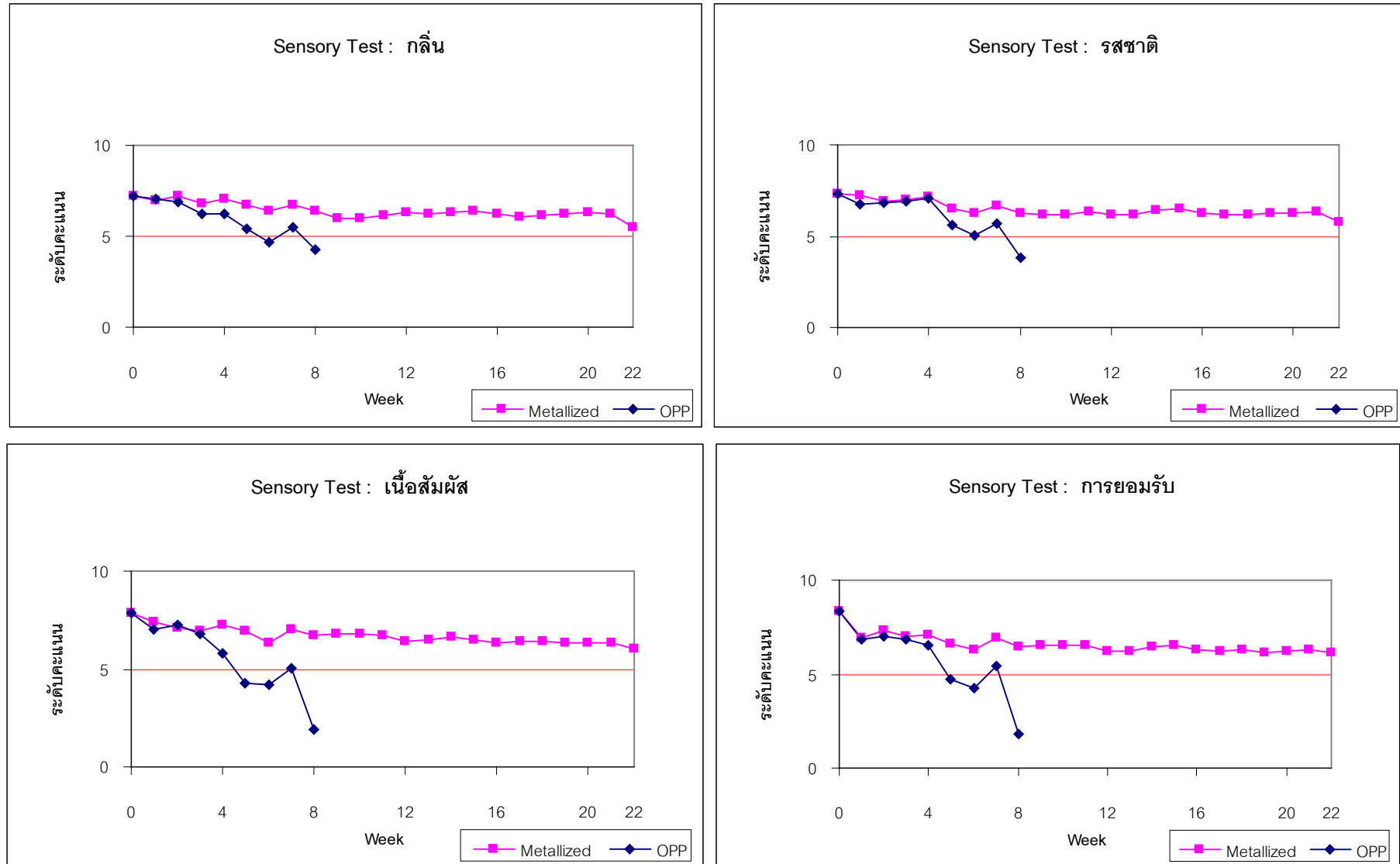
รูปที่ 2

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองม้วน บรรจุในซอง OPP และซอง OPP/Met.CPP (Metallized) ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้อง เวลา 22 สัปดาห์

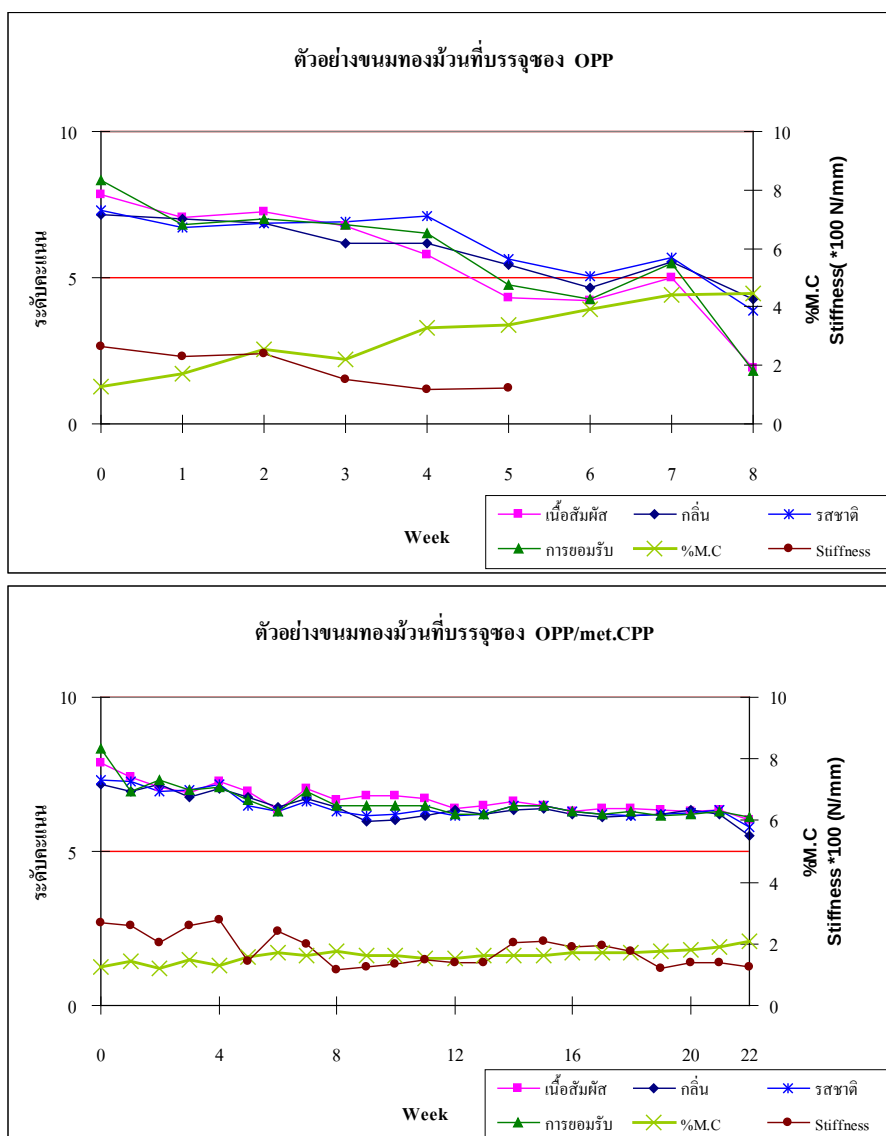


รูปที่ 3

การเปลี่ยนแปลงความต้านทานแรงกดของทองม้วน บรรจุในซอง OPP และซอง OPP/Met.CPP (Metallized.) ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้อง เวลา 22 สัปดาห์



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทอมน้ำมันบรรจุในซอง OPP และซอง OPP/Met.CPP (Metallized)



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชื้นของทงม้วน บรรจุในช่อง OPP และช่อง OPP/Met.CPP

ผลการทดลอง พบว่าในช่วง 3 สัปดาห์แรก คุณภาพทางประสาทสัมผัสของทงม้วน บรรจุในถุง OPP กับถุง OPP/Met.CPP ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นของตัวอย่างที่บรรจุในถุงทั้ง 2 ชนิดมีค่าต่ำกว่า CMC (ร้อยละ 2.90) และสอดคล้องกับค่าความต้านทานแรงกด ดังแสดงในภาพที่ 2-3 อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบการชิมสามารถพบการเปลี่ยนแปลงกลิ่นได้เร็วกว่าลักษณะคุณภาพอื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 4

เกณฑ์การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสกำหนดให้ต้องมีคะแนนไม่ต่ำกว่า 5 คะแนนจากคะแนนเต็ม 9 คะแนน จากภาพที่ 4 พบว่าอายุการเก็บของทงม้วนตัวอย่างในถุง OPP เท่ากับ 5 สัปดาห์ และเนื้อสัมผัสเป็นลักษณะคุณภาพที่กำหนดอายุการเก็บ และพบว่าทงม้วนที่เก็บไว้ 5 สัปดาห์นี้มีค่าความชื้น ร้อยละ 3.39 และค่าความต้านทานแรงกดเท่ากับ 62.66 นิวตัน จากผลการทดลองนี้แสดงอย่างชัดเจนว่าการเสื่อมเสียคุณภาพของทงม้วนขึ้นกับความชื้นมากที่สุด และเนื้อสัมผัสหรือความกรอบคือลักษณะคุณภาพที่กำหนดอายุการเก็บของทงม้วน ส่วนกลิ่นหืนหรือการสูญเสียกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยรองลงมา ดังนั้นการเลือกวัสดุบรรจุจึงต้องให้ความสำคัญกับสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีมาก

ตัวอย่างทองม้วนบรรจุในถุง OPP/Met.CPP ซึ่งมีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 0.54 กรัม/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้ากว่าตัวอย่างที่บรรจุถุง OPP มาก และทุกลักษณะคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับในระดับมากกว่า 6 คะแนน จนถึงสัปดาห์ที่ 22 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสนี้สอดคล้องอย่างยิ่งกับค่าความชื้นและความตึงแข็ง (ค่าที่ได้จากการประมวลผลของเครื่องทดสอบขณะวัดค่าความต้านทานแรงกด) ของตัวอย่างทองม้วน ดังแสดงในภาพที่ 4 และภาพที่ 5

จากผลการทดลองนี้พบว่าการพัฒนาการบรรจุทองม้วนโดยใช้ภาชนะบรรจุปฐมภูมิเป็นของ OPP/met.CPP สามารถยืดอายุการเก็บทองม้วนจากเดิม 5 สัปดาห์ เป็นมากกว่า 22 สัปดาห์

สรุป

การสำรวจความเห็นผู้บริโภคทำให้ทราบว่าส่วนใหญ่ชอบทองม้วนขนาดเล็กๆ เนื้อแน่น และบริโภคครั้งละไม่เกิน 4 ชิ้น สำหรับทองม้วนหนักชิ้นละ 5.6-6.0 กรัม ทองม้วนมีความชื้นเริ่มต้น ร้อยละ 1.27 และ a_w 0.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและ a_w พบว่ามีลักษณะเป็น S-shape สอดคล้องกับชอร์พชันไอโซเทอร์มของอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต

การศึกษาหาอายุการเก็บของทองม้วน พบว่าค่าความชื้นวิกฤตร้อยละ 2.90 ทองม้วนที่บรรจุถุง OPP มีอายุการเก็บเพียง 5 สัปดาห์ ในขณะที่การบรรจุในช่อง OPP/Met.CPP สามารถเพิ่มอายุการเก็บได้เป็น อย่างน้อย 22 สัปดาห์หรือประมาณ 5 เดือน และพบว่าการเสื่อมเสียคุณภาพของทองม้วนขึ้นกับความชื้นมากที่สุด เนื้อสัมผัสหรือความกรอบคือลักษณะคุณภาพที่กำหนดอายุการเก็บของทองม้วน ส่วนกลิ่นหืนหรือการสูญเสียกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยรองลงมา ดังนั้นการเพิ่มอายุการเก็บของทองม้วนต้องเลือกใช้วัสดุบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีมาก

เอกสารอ้างอิง

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. บริษัท เอส.พี.เอ็ม การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

American Society for Testing and Materials. 1988. **Standard Test Methods for Determining Gas**

Permeability Characteristic of Plastic Film and Sheeting, ASTM D 1434-82. Annual Book of ASTM Standard. Philadelphia.

_____. 1994. **Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials**, ASTM E 96-93.

Annual Book of ASTM Standard. Philadelphia.

A.O.A.C. 1990. **Official Methods of Analytical Chemists**, Washington, D.C.

Robertson, G.L. 1993. **Food Packaging: Principles and Practice**. Marcel Dekker, Inc., New York.

บทที่ 6

ผลิตภัณฑ์ทองม้วนจากไข่ขาวของไข่เป็ด

บทคัดย่อ

พัฒนาผลิตภัณฑ์ทองม้วนให้มีไข่ขาวจากไข่เป็ดเป็นส่วนประกอบ โดยการกำหนดสัดส่วนไข่รวม:ไข่ขาวในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ไข่รวมร้อยละ 100 ไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 ไข่รวม:ไข่ขาว 25:75 และไข่ขาวร้อยละ 100 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่าทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 ได้คะแนนความชอบสูงที่สุดโดยมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง นำสูตรทองม้วนที่คัดเลือกได้ไปเติมรสชาติต่างๆ ได้แก่ รสถั่วแดง รสฟักทอง และรสสับปะรด พบว่า ทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด ซึ่งมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ส่วนทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50รสถั่วแดง ได้รับคะแนนความชอบในด้านอื่นๆ ใกล้เคียงกับสูตรฟักทอง ยกเว้นด้านลักษณะปรากฏและมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางเช่นกัน เมื่อนำทองม้วนสูตรไข่รวมร้อยละ 100 และสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง มาวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร พบว่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.37 และ 4.04 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามปริมาณไข่ขาว ส่วนปริมาณโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 12.17 และ 11.47 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโปรตีนลดลงตามปริมาณไข่แดง เมื่อศึกษาผลของระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงความกรอบของทองม้วนสูตรไข่รวมร้อยละ 100 ทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง ทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50ไม่เติมรส โดยการวางทิ้งไว้ด้านนอกภาชนะบรรจุ พบว่า เนื้อสัมผัสเกิดการเปลี่ยนแปลงคือสูญเสียความกรอบเมื่อเวลาผ่านไป 8 10 และ 13 นาที ตามลำดับ

บทนำ

ไข่ขาวจากไข่เป็ดเป็นสิ่งที่เหลือใช้จากการผลิตในอุตสาหกรรมขนมไทย อาทิเช่นทองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง เม็ดขนุน เป็นต้น โดยร้านขนมไทยขนาดใหญ่มีปริมาณการใช้ไข่เป็ดประมาณ 1 หมื่นฟองต่อวัน ส่วนร้านขนาดเล็กมีปริมาณการใช้ไข่เป็ดประมาณ 4,000 ฟองต่อวัน(นิรนาม, 2547) แสดงถึงปริมาณไข่ขาวที่เหลือใช้เป็นจำนวนมาก ในด้านสมบัติของไข่ขาว ไข่ขาวมีสมบัติเป็นตัวยึดเกาะ(binder) ที่ดี สามารถยึดเกาะกับวัตถุดิบอื่นๆได้ดี ส่วนในด้านคุณค่าทางอาหาร ไข่คือแหล่งของโปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบทุกชนิด ไข่ขาวมีไขมันต่ำโปรตีนสูง สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว เช่น ทองม้วนซึ่งปกติใช้ไข่รวม ทำให้มีคอเลสเตอรอลจากไข่แดง การแทนที่ด้วยไข่ขาวบางส่วนจะทำให้ทองม้วนที่ได้มีคอเลสเตอรอลลดลงทำให้มีการบริโภคในกลุ่มผู้บริโภคกว้างขวางขึ้น

วิธีวิจัย

1. ทำทองม้วนจากไข่เป็ด

ใช้ส่วนผสมและขั้นตอนการผลิต ขนมทองม้วนซึ่ง คัดแปลงจากวิธีการของหน่วยบ่มเพาะวิสาหกิจมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย(2547) โดยเปลี่ยนจากไข่ไก่เป็นไข่เป็ดดังนี้

ส่วนผสม

แป้งสาลี 100 กรัม กะทิ 1½ ถ้วย ไข่เป็ด 1 ฟอง งาคั่ว½ ถ้วยตวง น้ำตาลทราย 90 กรัม
เกลือป่น 1 ช้อนชา น้ำมันพืช 1 ถ้วยตวง

ขั้นตอนการทำ

1. นำแป้งสาลีร่อนใส่ภาชนะ
2. กะทิ 1½ ถ้วย
3. นำแป้งสาลีที่ร่อนแล้วและน้ำตาลทรายผสมกันในอ่างผสม ใส่ไข่และเกลือ คนให้เข้ากัน จากนั้นใส่น้ำกะทิและงาคั่วคนให้เข้ากัน
4. เปิดไฟให้ความร้อนพิมพ์ทองม้วน ใช้ไฟอ่อน จนพิมพ์ร้อนจัด ทาน้ำมันพืชให้ทั่วพิมพ์ทั้งสองด้าน ตักแป้งหยอดบนพิมพ์ บีบพิมพ์ให้แน่น อังไฟสักครู่ พลิกกลับอีกด้าน พอเหลือง(สังเกตจากแป้งที่เกาะอยู่นอกพิมพ์)
5. เปิดพิมพ์ใช้ปลายมีดแซะขนมขึ้น ม้วนด้วยไม้กลม ๆ ทันทีขณะที่ยังร้อนอยู่เพราะถ้าเย็นจะแข็งกรอบม้วนไม่ได้ จากนั้นปล่อยให้ทองม้วนเย็น แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติก รัดยางให้แน่น
6. ปรับสูตรขนมให้ทำได้ง่ายและรสกลมกล่อมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป ได้เป็นสูตรใหม่ดังนี้

<u>ส่วนผสม</u>	แป้งสาลีเอนกประสงค์	100 กรัม
	ไข่รวมของไข่เป็ด	54 กรัม
	กะทิ(ยูเอชที บรรจุกล่อง)	90 กรัม
	น้ำตาลทราย	55 กรัม
	เกลือ	1.5 กรัม
	น้ำ	10 กรัม
	เนย	1 ถ้วย

2. การคัดเลือกสูตรขนมทองม้วนที่เหมาะสมซึ่งมีไข่ขาวเป็นส่วนผสม

2.1 กำหนดสัดส่วนของไข่รวมต่อไข่ขาว แตกต่างกัน 4 สัดส่วน ดังนี้

- 1) ไข่รวมร้อยละ 100
- 2) ไข่รวม : ไข่ขาว เท่ากับ 50:50
- 3) ไข่รวม : ไข่ขาว เท่ากับ 25:75
- 4) ไข่ขาวร้อยละ 100

2.2 ทดลองทำขนมทองม้วนทั้ง 4 สูตรที่กำหนดไว้

เตรียมไข่ขาวโดยตอกไข่แล้วแยกไข่ขาวออกจากไข่แดง ส่วนไข่รวมเตรียมโดยตอกไข่ทั้งฟอง ไม่ต้องแยกไข่ขาวออก แล้วชั่งส่วนผสมด้วยเครื่องชั่งลงในภาชนะที่เตรียมไว้ จากนั้นร่อนแป้งสาลีด้วยตะแกรงร่อน และบดน้ำตาลทรายด้วยเครื่องบดจนละเอียด จากนั้นตีไข่ให้เข้ากัน แล้วผสมแป้งทีละน้อยกับกะทิ ตีให้เข้ากัน จนกะทิหมด และเติมน้ำ ตีให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำตาลทรายที่บดแล้ว และเกลือ ตีให้เข้ากัน จนเป็นเนื้อเดียวกัน เปิดเครื่องทำทองม้วน ตั้งอุณหภูมิที่ 170 องศาเซลเซียส นำผ้าขาวบางมามัดทำเป็นที่ทานเย แล้วทานเยลงบนพิมพ์ทั้งด้านบนและล่าง พอเครื่องร้อน ตักหยอดส่วนผสมลงในพิมพ์ทองม้วน แล้วปิดพิมพ์ ให้ความร้อนประมาณ 1 นาที 30 วินาที ขนมจึงสุกมีสีเหลือง นำออกจากพิมพ์เป็นแผ่น หรือม้วนเป็นรูปทรงกระบอก ทั้งให้เย็นแล้วใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงให้สนิท

2.3 นำขนมทองม้วนไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความชอบหรือการยอมรับของผู้ทดสอบ ให้คะแนนแบบ Hedonic Scale ซึ่งเป็นการให้คะแนนตามระดับความชอบ 1-9 คะแนน โดยให้คะแนนความชอบมากที่สุดและความชอบน้อยที่สุดเป็น 9 และ 1 ตามลำดับ กำหนดลักษณะคุณภาพที่ทดสอบ ได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ทำการทดสอบทริทเมนต์จำนวน 2 ซ้ำ โดยใช้นักศึกษาที่เข้าใจวิธีการชิมแต่ไม่ผ่านการฝึกฝนเป็นผู้ทดสอบ จำนวนซ้ำละ 20 คน

2.4 เลือกสูตรขนมทองม้วนจากสัดส่วนไข่รวมต่อไข่ขาว ที่ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคมากที่สุด

3. การพัฒนารสชาติของขนมทองม้วน ในสูตรที่เลือกมาแล้ว

3.1 กำหนดรสชาติของขนมทองม้วน 3 รสชาติ ดังนี้

- 1) ถั่วแดง
- 2) พักทอง
- 3) สับปะรด

3.2 ทดลองทำขนมทองม้วนทั้ง 3 รสชาติ ตามสูตรและวิธีการทำดังที่กล่าวในข้อ 2.2 และ 2.3 โดยเติมถั่วแดง พักทอง หรือสับปะรดลงในสูตร(ข้อ 1) ปริมาณ 40 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม สูตรพักทองจะเติมงาดำที่คั่วแล้วลงไปด้วย และเมื่อผสมแป้ง ไข่ เกลือ น้ำตาลทราย กะทิ และน้ำแล้วจะนำส่วนผสมเหล่านี้ไปบดผสมกับถั่วแดง พักทอง หรือสับปะรดให้เข้ากัน จนเป็นเนื้อเดียวกันก่อนนำไปหยอดลงพิมพ์ของเครื่องทำทองม้วนต่อไป

3.3 นำขนมทองม้วน ทั้ง 3 รสชาติไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตามวิธีในข้อ 2.3

3.4 จัดลำดับคะแนนความชอบขนมทองม้วนทั้ง 3 รสชาติ

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร

วิเคราะห์ ปริมาณความชื้น และโปรตีน โดยใช้วิธีของ AOAC (2000)

5. การศึกษาผลของระยะเวลาที่ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมทองม้วนเปลี่ยนแปลง

นำขนมทองม้วนสูตรไข่รวมร้อยละ 100 สูตรไข่รวมต่อไข่ขาว เท่ากับ 50:50 และสูตรไข่รวมต่อไข่ขาว เท่ากับ 50:50 รสพิททอง ทดสอบระยะเวลาที่ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมทองม้วนเปลี่ยนแปลงไป เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง โดยจับเวลาทดสอบครั้งละ 1 นาที ใช้ผู้ทดสอบ 1 คนในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ทดสอบโดยพิจารณาจากการแตกหักของผลิตภัณฑ์ และความรู้สึกภายในปาก ซึ่งเนื้อสัมผัสจะเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ ไม่กรอบ และเหนียวขึ้น แล้วบันทึกระยะเวลาดังกล่าว

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ การตรวจสอบด้านประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Randomized complete block design ค่าที่ได้นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS Version 10.0 โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์

1. การคัดเลือกสูตรทองม้วนที่เหมาะสมซึ่งมีไข่ขาวเป็นส่วนผสม

การคัดเลือกสูตรทองม้วนโดยกำหนดสูตรไข่รวมและไข่ขาวในสัดส่วนต่างๆ 4 สูตร ได้แก่ ไข่รวม 100% (สูตรปกติ) ไข่รวม : ไข่ขาว 50:50 ไข่รวม : ไข่ขาว 25:75 และไข่ขาวร้อยละ 100 นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบทดสอบความชอบโดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำได้ผลดังตารางที่ 8 พบว่า ในด้านของลักษณะปรากฏ ทองม้วนสูตรไข่รวม : ไข่ขาว 50:50 ได้คะแนนความชอบสูงที่สุด ซึ่งมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย และสูตรไข่ขาวร้อยละ 100 ได้คะแนนความชอบต่ำที่สุด ซึ่งมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ จากการสังเกตพบว่าทองม้วนสูตรไข่ขาว 100% โดยรอบแผ่นมีลักษณะไม่เรียบ ซึ่งผู้ชิมไม่ชอบ ทั้งนี้เนื่องมาจากในสูตรไข่ขาวร้อยละ 100 มีไข่ขาวปริมาณมาก ซึ่งในไข่ขาวมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อให้ความร้อนน้ำจึงระเหยออกไปทางด้านข้าง ทำให้เกิดลักษณะแผ่นทองม้วนที่ไม่เรียบ และเนื้อสัมผัสโปร่งกว่าสูตรอื่นๆ

ตารางที่ 8 คะแนนความชอบที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองม้วนทั้ง 4 สูตร โดย การทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 40 คน

สูตร	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1. ไข่รวม 100%	5.88 ^b	5.05 ^b	5.43 ^c
2. ไข่รวม : ไข่ขาว 50:50	6.93 ^a	6.25 ^a	6.43 ^a
3. ไข่รวม : ไข่ขาว 25:75	5.60 ^b	6.13 ^a	6.03 ^{ab}
4. ไข่ขาว 100%	4.93 ^c	5.95 ^a	5.58 ^{bc}

หมายเหตุ ตัวอักษร a b c ในแนวดิ่งหมายถึงลักษณะนั้นๆมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาด้านเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรไข่รวม100% ได้คะแนนความชอบต่ำที่สุด สูตรอื่นๆได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีระดับคะแนนความชอบอยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย เนื่องจากสูตรไข่รวมร้อยละ 100 มีปริมาณไข่ขาวน้อยที่สุด ส่งผลให้มีน้ำในส่วนผสมน้อย จึงมีเนื้อสัมผัสแน่น ไม่โปร่ง และมีความกรอบน้อยกว่าสูตรอื่นๆ

เมื่อพิจารณาด้านความชอบโดยรวม พบว่า สูตรไข่รวม : ไข่ขาว 50:50 และ 25:75 ได้คะแนนความชอบไม่ต่างกัน โดยมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ดังนั้นสูตรทองม้วนที่ได้รับการคัดเลือก คือ สูตรที่มีปริมาณไข่รวม:ไข่ขาว เท่ากับ 50 :50 เนื่องจากสูตรดังกล่าวเป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

2. การพัฒนารสชาติของผลิตภัณฑ์ทองม้วน

รสชาติของทองม้วนที่ทดลองทำในห้องปฏิบัติการ คือ รสถั่วแดง พักทอง สับปะรด โดยใช้สูตรที่มีปริมาณไข่รวม:ไข่ขาว เท่ากับ 50 :50 นำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบทดสอบ ความชอบโดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ได้ผลดังตารางที่ 9 พบว่า ด้านลักษณะปรากฏ ทองม้วนรสพักทองได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด ซึ่งมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง รสถั่วแดงได้รับคะแนนความชอบต่ำ สังเกตว่าทองม้วนรสถั่วแดงมีเปลือกถั่วแดงบดกระจายอยู่ทั่วแผ่นส่งผลให้ทองม้วนมีสีคล้ำ จึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนทองม้วนรสสับปะรดแม้จะมีสีเหลืองอ่อนใกล้เคียงกับทองม้วนรสพักทองแต่ได้คะแนนความชอบต่ำกว่าเนื่องจากสับปะรดมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ทำให้บริเวณขอบของแผ่นทองม้วนไม่เรียบเนียน สำหรับทองม้วนรสพักทอง มีสีเหลืองทอง มีน้ำตาลกระจายอยู่ทั่วไป แผ่นทองม้วนมีความสม่ำเสมอและเรียบเนียน ทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 9 คะแนนความชอบที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทองม้วนสูตรไข่รวม : ไข่ขาว 50:50 ทั้ง 3 รสชาติ โดยการทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 20 คน

รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
1. รสถั่วแดง	4.90 ^b	6.25 ^a	6.65 ^a	6.50 ^{ab}
2. รสฟักทอง	6.60 ^a	5.90 ^a	6.60 ^a	6.60 ^a
3. รสสับปะรด	5.50 ^b	5.80 ^a	5.90 ^a	5.70 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษร a b c ในแนวดิ่งหมายถึงลักษณะนั้นๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ด้านเนื้อสัมผัส และรสชาติ พบว่ามีระดับคะแนนอยู่ในช่วงเฉลี่ยถึงชอบเล็กน้อย แต่คะแนนความชอบของทั้ง 3 รสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า ทองม้วนรสฟักทอง ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดและไม่ต่างจากทองม้วนรสถั่วแดง ($P>0.05$) โดยมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ส่วนทองม้วนรสสับปะรดได้รับคะแนนความชอบต่ำที่สุด ซึ่งมีระดับคะแนนอยู่ในช่วงเฉลี่ยถึงชอบเล็กน้อย

ดังนั้นความชอบโดยรวมของทองม้วนที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด คือ ทองม้วนรสฟักทอง

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร

การวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบของอาหาร ได้แก่ ความชื้น และโปรตีนของทองม้วนสูตรไข่รวม 100% และสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทองแสดงในตารางที่ 10 พบว่า ทองม้วนสูตรปกติมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 2.37 ส่วนทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทองมีปริมาณความชื้นเฉลี่ย 4.04% เนื่องจากไข่ขาวมีปริมาณความชื้นสูง ทำให้ทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทองซึ่งมีปริมาณไข่ขาวทั้งหมดมากกว่าจึงมีปริมาณความชื้นสูงกว่า แต่ ทองม้วนสูตรไข่รวมร้อยละ 100 มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 12.17 สูงกว่าทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง ซึ่งมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 11.47 ทั้งนี้เพราะไข่รวมมีปริมาณโปรตีนมากกว่าไข่ขาวร้อยละ 12.3 และ 10.7 ตามลำดับ (กองโภชนาการ, 2545) ดังนั้นการลดปริมาณไข่รวมจึงส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในทองม้วนลดลงด้วย

ตารางที่ 10 ปริมาณความชื้นและโปรตีน ของทองม้วนสูตรไข่รวม 100% และสูตรไข่รวม : ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง

สูตร	ความชื้น(%)	โปรตีน(%)
1. ไข่รวม 100%	2.37	12.17
2. ไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง	4.04	11.47

อย่างไรก็ตามมีข้อดี คือไข่ขาวมีปริมาณไขมันน้อยมาก คือ ประมาณร้อยละ 0.1 และไม่มีคอเลสเตอรอลซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหัวใจ และหลอดเลือดอุดตัน ขณะที่ไข่แดงมีคอเลสเตอรอลถึงร้อยละ 1.6 (สุวรรณ 2529) ดังนั้นการลดปริมาณไข่รวมในทองม้วนลงร้อยละ 50 จึงเป็นการลดปริมาณไข่แดงลงด้วยซึ่งทำให้มีคอเลสเตอรอลลดลง นอกจากนี้ฟักทองมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน ซึ่งจะถูกนำไปสังเคราะห์วิตามินเอ (มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทยและสถาบันวิจัยโภชนาการ ,2544) ป้องกันโรคมะเร็ง ให้ไขมันน้อย แคลอรีต่ำ มีธาตุเหล็ก วิตามินซี ตลอดจนในอะซิน วิตามินบี1 และวิตามิน2 (นิตดาและสุภาพรรณ ,2546) เพราะฉะนั้นทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทองจึงมีปริมาณคอเลสเตอรอลลดลงครึ่งหนึ่งจากทองม้วนสูตรไข่รวมร้อยละ 100 และมีสารอาหารต่างๆที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพเพิ่มขึ้น การบริโภคทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทองจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ

5. การศึกษาผลของระยะเวลาต่อเนื้อสัมผัสของทองม้วน

ตารางที่ 11 เวลาที่ขนมทองม้วนสูตรไข่รวม 100% สูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 และสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทองมีเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปจนไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

สูตร	สัดส่วนของไข่ขาว (%)	เวลาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (นาที)
1. ไข่รวม 100%	9.50	8
2. ไข่รวม:ไข่ขาว 50:50	13.40	13
3. ไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง	12.00	10

จากการทดลองนำทองม้วนสูตรไข่รวมร้อยละ 100 สูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 และไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง วางทิ้งไว้ด้านนอกภาชนะบรรจุที่อุณหภูมิห้องและจับเวลาทุกๆ 1 นาที นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยพิจารณาจากการแตกหักของผลิตภัณฑ์ และความรู้สึกภายในปาก โดยเนื้อสัมผัสของทองม้วนจะเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ มีความกรอบลดลง และเหนียวเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 11 พบว่า ทองม้วนสูตรไข่รวมร้อยละ 100 เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสเร็วที่สุด โดยใช้เวลา 8 นาที รองลงมาคือทองม้วนสูตรไข่ขาว 50:50 รสฟักทอง และทองม้วนสูตรไข่รวม:ไข่ขาว 50:50 ซึ่งใช้เวลา 10 และ 13 นาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ไข่ขาวมีส่วนทำให้ทองม้วนคงความกรอบได้นานขึ้น โดยสูตรที่มีไข่ขาวมากที่สุดจะคงความกรอบได้ดีที่สุด

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขนมเค้กจากไข่ขาวของไข่เป็ดสามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์ทองม้วน โดยการเติมไข่ขาวเข้าไปทดแทนไข่รวม ในสัดส่วนต่างๆ โดยสูตรที่ได้รับความนิยมชอบสูงที่สุด คือ ทองม้วนสูตรไข่รวม : ไข่ขาว 50:50 รองลงมา คือ สูตรไข่รวม : ไข่ขาว 75:25 สูตรไข่ขาวร้อยละ 100 และสูตรไข่รวมร้อยละ 100 ตามลำดับ ส่วนรสชาติที่ผู้บริโภคชอบที่สุด ได้แก่ รสฟักทอง รองลงมาคือ รสถั่วแดง และรสลับประด

ตามลำดับ โดยสำหรับรสตัวแดง ถ้าสามารถทำให้ลักษณะปรากฏดูน่ารับประทานยิ่งขึ้น ก็สามารถนำมาผลิตเพื่อจำหน่ายได้เช่นกันเนื่องจากผู้บริโภคให้การยอมรับในด้านอื่นค่อนข้างดีเทียบเท่ากับรสผักทอง

ปริมาณความชื้นของทองม้วน สูตรไข่รวมร้อยละ 100 มีค่ามากกว่าสูตรไข่รวม : ไข่ขาว 50:50 รสผักทอง คือร้อยละ 2.37 และ 4.04 ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีนของทองม้วนสูตรไข่รวมร้อยละ 100 มากกว่าสูตรไข่รวม : ไข่ขาว 50:50 รสผักทอง คือร้อยละ 12.17 และ 11.47 ตามลำดับ

ข้อดีของทองม้วนสูตรไข่รวม : ไข่ขาว 50:50 ในด้านสุขภาพ คือสามารถลดปริมาณไขมันในทองม้วน และลดปริมาณคอเลสเตอรอลลง ส่วนในด้านคุณภาพและการเก็บรักษา คือ สามารถคงความกรอบได้นานกว่าทองม้วนสูตรไข่รวมร้อยละ 100 โดยถ้าเติมผักทองไปในสูตรไข่รวม : ไข่ขาว 50:50 จะทำให้คงความกรอบได้ลดลงเล็กน้อยแต่ยังคงรักษาความกรอบได้ดีกว่าสูตรไข่รวมร้อยละ 100

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ 2545. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย กรมอนามัย กระทรวง

สาธารณสุข

นิดดา หงษ์วิวัฒน์ และ สุภาพรณ เยี่ยมชัยภูมิ 2546. ผักและสุขภาพ. พรรณีการพิมพ์ กรุงเทพฯ.

นิรนาม.2547. ไข่เป็ด-ขนมไทย ความอร่อยที่กำลังจะสูญพันธุ์. แหล่งที่มา : <http://www.siamhandicraft.com/webboard/question.asp?QID=1446> . เข้าถึง 14 มิถุนายน 2550

มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทยและสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2544. มหัศจรรย์ผัก108. พิมพ์ครั้งที่7. โครงการจัดพิมพ์คบไฟ กรุงเทพฯ.

หน่วยบ่มเพาะวิสาหกิจมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. 2547. ขาขนมทองม้วน.แหล่งที่มา : http://crubi.cru.in.th/how_article.php?A_ID=59&CAT_ID=34 เข้าถึง27 มิถุนายน 2550

AOAC 2000. **Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 17 th ed. AOAC, Inc., USA.

ภาคผนวก

ภาพอุปกรณ์และทองม้วน



ภาพที่ 1 เครื่องทำทองม้วน



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์ทองม้วน



ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์ทองม้วนฟักทอง

บทที่ 7

เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากไข่ขาว

บทคัดย่อ

การทำเส้นก๋วยเตี๋ยวให้ได้ลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ดี คือ มีลักษณะเป็นเส้นเหนียวนุ่ม และมีความยืดหยุ่นดี สามารถใช้น้ำแป้งที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อน้ำ 40:60 35:65 และ 30:70 ในการผลิตได้ ซึ่งลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะมีความยืดหยุ่น และความสามารถในการพองลดลงเมื่อน้ำแป้ง มีปริมาณแป้งในอัตราส่วนที่มากขึ้น ส่วนแรงที่ใช้ในการดึงขาดจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำแป้งมีปริมาณแป้ง ในอัตราส่วนที่มากขึ้น

จากการศึกษาผลของสัดส่วนแป้ง : น้ำ : ไข่ขาว ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่โดยให้สัดส่วนของน้ำบวกละไข่ขาวคงที่เท่ากับร้อยละ 70 โดยน้ำหนักแปรปริมาณไข่ขาวเป็นร้อยละ 0 10 20 30 40 50 พบว่าการเพิ่มปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนที่มากขึ้นจะทำให้สีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีเหลืองมากขึ้น และมีกลิ่นของไข่ขาวมากขึ้น สำหรับความยืดหยุ่น การใช้ปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนเพิ่มขึ้นจะทำให้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้ความยืดหยุ่นของเส้นก๋วยเตี๋ยวค่อยๆลดลง

จากการศึกษาผลของปริมาณไข่ขาวในเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีต่อความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม พบว่าผู้ทดสอบมีความชอบเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการเสริมไข่ขาวร้อยละ 30 ไม่แตกต่างจากเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่มีการเสริมไข่ขาว ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการเสริมไข่ขาวร้อยละ 50 ผู้ทดสอบมีความชอบน้อยกว่าก๋วยเตี๋ยวเสริมไข่ขาวร้อยละ 30 และไม่เสริมไข่ขาว เส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีปริมาณความชื้นและโปรตีนเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเสริมไข่ขาวมากขึ้น ซึ่งโปรตีนในเส้นก๋วยเตี๋ยวจะเพิ่มเป็นสองเท่าจากเส้นก๋วยเตี๋ยวปกติเมื่อมีการใส่ไข่ขาวร้อยละ 30 โดยมีโปรตีนเท่ากับร้อยละ 4.80 (น้ำหนักสด)

บทนำ

ก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคมากในปัจจุบัน โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวเจ้า มีราคาถูก ปรุงง่าย สามารถนำมาประกอบเป็นอาหารต่างๆ ได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งข้าวที่เหมาะสมแก่การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวต้องเป็นข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงระหว่างร้อยละ 27-33 เพราะหลังจากที่แป้งสุกตามกระบวนการผลิตและทำให้เย็นลง แป้งสุกจะเกิดภาวะการคืนตัวและจับตัวเชื่อมต่อกันเป็นแผ่นมีลักษณะเหนียวหยุ่น ไม่แฉะติดกัน และต้องเป็นข้าวเก่าที่เก็บไว้อย่างน้อย 4 เดือน (อรอนงค์, 2547) ซึ่งเส้นก๋วยเตี๋ยวให้คุณค่าทางโภชนาการในด้านพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ โดยจากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการใน 100 กรัม ของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่พบว่าให้พลังงาน 135 กิโลแคลอรี โดยมีปริมาณความชื้น 67.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 29.4 กรัม โปรตีน 2.5 กรัม ไขมัน 0.8 กรัม ใยอาหาร 0.1 กรัม และเถ้า 0.1 กรัม (กองโภชนาการ, 2525) คุณค่าทางโภชนาการของเส้นก๋วยเตี๋ยวอาจปรับปรุงได้โดยการเสริมโปรตีน และ/หรือ เติมน้ำมันต่างๆ ลงในส่วนผสมน้ำแป้ง (อรอนงค์, 2547)

ไข่เป็ดมีการใช้ไข่แดงทำเป็นผลิตภัณฑ์ในสัดส่วนที่สูงกว่าไข่ขาว เช่นทำขนมหวานต่างๆ ได้แก่ขนมฟอยทอง ทองหยิบ ทองหยอด และเม็ดยกุน จากการใช้ไข่ขาวมีโปรตีนสูงและเป็นโปรตีนที่มีสมบัติในการเพิ่มความชื้นในอาหาร โอวัลบูมินเป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในไข่ขาว เป็นฟอสโฟไกลโคโปรตีน มีซัลฟ

ไฮดรอลิก 4 กลุ่ม เป็นองค์ประกอบ การจับกันของโปรตีนด้วยพันธะไดซัลไฟด์ ทำให้ได้โปรตีนแมทริกส์ที่มีความแข็งแรง (Handa et al., 1999) สามารถจับตัวกันเป็นแผ่นเมื่อได้รับความร้อน

ดังนั้น จึงมีแนวคิดในการนำไข่ขาวจากไข่เป็ดมาเติมในแป้งข้าวที่ทำเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่เพื่อให้ได้เส้นที่มีสัดส่วนของโปรตีนสูงขึ้น

การตรวจเอกสาร

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากข้าว : การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

จากข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยที่จัดทำโดย กองโภชนาการ กรมอนามัย (2535) ได้วิเคราะห์ปริมาณสารอาหารต่อ 100 กรัมส่วนที่กินได้ของอาหารประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวให้พลังงาน 135 กิโลแคลอรี มีปริมาณ ความชื้น 67.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 29.4 กรัม โปรตีน 2.5 กรัม ไขมัน 0.8 กรัม เส้นใยหยาบ 0.1 กรัม เถ้า 0.1 กรัม แสดงให้เห็นว่าก๋วยเตี๋ยวให้คุณค่าทางโภชนาการในด้านพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการพัฒนาเพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของเส้นก๋วยเตี๋ยวจึงทำได้โดยการเสริมโปรตีนจากแหล่งต่างๆ เช่น แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและพร่องไขมัน (Kanchanapakornchai, 2523; นัทญา, 2530) เนื้อสัตว์ (สุภาพรณ, 2534; มณิรัตน์, 2538) สาหร่ายสาปรูไลนา (กุลกานต์, 2547) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการเติมผัก เช่น พักทอง คื่นช่าย ใบเตย ลงในส่วนผสมน้ำแป้ง เพื่อให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีวิตามินเกลือแร่ และเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น (อรอนงค์, 2550)

กุลกานต์ (2547) ศึกษาการผลิตอาหารเส้นเสริมสาหร่ายสาปรูไลนา โดยใช้ข้าวพันธุ์เหลือง 11 ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวสดใช้ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 35 และสาหร่ายร้อยละ 0.5 ศึกษาผลของการเสริมสาหร่ายสาปรูไลนาต่อองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่า ปริมาณโปรตีนของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดที่เสริมสาหร่ายมีร้อยละ 10.98 ขณะที่เส้นก๋วยเตี๋ยวสดไม่เสริมสาหร่ายมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 4.50 มีปริมาณกรดแอมิโนจำเป็นและกรดแอมิโนไม่จำเป็นมากกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวสดและความเหนียวมากกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวสด โดยเมื่อวัดค่าความเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดและเส้นก๋วยเตี๋ยวสดที่เสริมสาหร่ายด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสได้ค่าความเหนียวเท่ากับ 0.082 นิวตัน และ 0.159 นิวตัน ตามลำดับ เมื่ออบแห้งเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมสาหร่ายที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และเก็บนาน 0 1 2 3 4 5 และ 6 เดือน ในสถานะที่มีแสงและไม่มีการเก็บรักษาพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวเมื่อเก็บนานขึ้นมีความชื้นเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มของอัตราการคืนตัวลดลง มีความเหนียวมากขึ้น และสีเขียวของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมสาหร่ายมีสีจางลง โดยที่ก๋วยเตี๋ยวที่เก็บในสถานะที่ไม่มีแสงเกิดการเปลี่ยนแปลงสีต่ำกว่าก๋วยเตี๋ยวที่เก็บในสถานะที่มีแสง

Kanchanapakornchai (2523) ศึกษาการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและแป้งถั่วเหลืองชนิดสกัดไขมันออก พบว่าการเสริมแป้งถั่วเหลืองก่อให้เกิดการหมักอย่างรวดเร็วในระหว่างการเตรียมน้ำแป้งและก่อให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว ซึ่งแก้ไขปัญหานี้ 2 โดยการเติม

โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 2 นอกจากนี้พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เติมแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มเกิดปัญหาการเกิดกลิ่นหืนเมื่อเก็บนาน 1 สัปดาห์

นัทญา (2530) ศึกษาเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้าและเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากแป้งถั่วเหลืองชนิดสกัดไขมันออก โดยใช้สัดส่วนส่วนผสมแห้งคงที่ที่ร้อยละ 35 พบว่าสามารถใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันจากกองเกษตรเคมีในปริมาณร้อยละ 20 ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวสดและแห้ง ซึ่งทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

มณีนันท์ (2538) ทำการศึกษาก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนด้วยเนื้อสัตว์ พบว่าการเติมเนื้อสัตว์สุกมีผลทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความเหนียวและยืดหยุ่นกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมด้วยเนื้อสัตว์ดิบ และพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมเนื้อไก่สุกร้อยละ 10 ก๋วยเตี๋ยวเสริมเนื้อปลาสุก ก๋วยเตี๋ยวเสริมเนื้อกุ้งสุก และก๋วยเตี๋ยวเสริมเนื้อหมีกสุกที่ร้อยละ 12 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของก๋วยเตี๋ยวข้าวเจ้าล้วน เส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมเนื้อไก่สุก ก๋วยเตี๋ยวเสริมเนื้อปลาสุก ก๋วยเตี๋ยวเสริมเนื้อกุ้งสุก และก๋วยเตี๋ยวเสริมเนื้อหมีกสุก พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.35 9.18 10.57 และ 9.86 ตามลำดับ ส่วนในการศึกษาอายุการเก็บก๋วยเตี๋ยวเสริมเนื้อสัตว์อบแห้งในถุงพอลิโพรพิลีน ระยะเวลา 6 เดือน พบว่าก๋วยเตี๋ยวมีความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ลักษณะด้านคุณภาพมีค่าใกล้เคียงกับเมื่อเริ่มเก็บ

Rosell and Marco (2008) ศึกษาผลการเติมโปรตีนสกัดชนิดต่างๆ ต่อสมบัติด้านวิทยาการระแสของเจลแป้งข้าว โปรตีนสกัดได้แก่ โปรตีนจากถั่วพี โปรตีนจากถั่วเหลือง ไข่ขาว และโปรตีนเวย์ เมื่อตรวจสอบพฤติกรรมด้านการเปลี่ยนแปลงความหนืดของการเติมโปรตีนร้อยละ 5 ของน้ำหนักแป้งผสมโปรตีนและเติมเอนไซม์ ทรานส์กลูตาไมเนสร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้งผสมโปรตีน ด้วยเครื่อง Rapid viscoanalyser (RVA) พบว่าโปรตีนมีผลต่อการเกิดเจลที่ในเซชัน และการเกิดเจลของสตาร์ชข้าว โดยโปรตีนจากถั่วพี โปรตีนถั่วเหลือง ไข่ขาว และโปรตีนเวย์ มีผลลดค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และลดความหนืดสูงสุด (peak viscosity) โดยโปรตีนเวย์มีผลในการลดความหนืดสูงสุด (peak viscosity) มากที่สุด ส่วนผลของการเติมโปรตีนต่อ □ เซตแบค (setback) พบว่าไข่ขาว และโปรตีนเวย์มีผลเพิ่มค่าเซตแบคให้มากขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 728 และ 879 เซนติพอยท์ ตามลำดับ เทียบกับแป้งล้วนที่มีค่าเซตแบคเท่ากับ 505 เซนติพอยท์ ส่วนการศึกษาค่าความหนืดลดลง (breakdown) พบว่า ไข่ขาว และโปรตีนเวย์มีผลทำให้ค่าความหนืดลดลงมีค่าต่ำกว่าแป้งข้าวล้วน โดยค่าความหนืดลดลงของแป้งข้าวล้วน แป้งข้าวเติมไข่ขาว และแป้งข้าวเติมโปรตีนเวย์ มีค่าเท่ากับ 1075 714 และ 689 เซนติพอยท์ ตามลำดับ ผลของการเติมโปรตีนต่อวิทยาการระแสของก้อนโด พบว่าการเติมไข่ขาวและโปรตีนเวย์มีผลลด storage modulus (G') ของโด ส่วนโปรตีนจากถั่วพีและถั่วเหลืองมีผลทำให้โดมีค่า storage modulus (G') เพิ่มขึ้น

ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก กวยจั๊บ และแผ่นโบนึ่งญวน มีกรรมวิธีการแปรรูปคล้ายคลึงกันแตกต่างกันที่การตัดเส้นให้รูปร่างลักษณะต่างกัน โดยก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่สดจะตัดเป็นเส้นขนาดใหญ่มีความชื้นประมาณ 35% ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสด จะต้องลดความชื้นลงมากกว่าและตัดเส้นเล็กลง (อรอนงค์, 2535)

วิธีการผลิต

การปรับความเข้มข้นของน้ำแป้ง

ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมกับแป้ง จะมีผลต่อความแข็งแรงของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยข้าวยิ่งเก่ามากและมีอะมิโลสสูง ต้องใช้น้ำในการหุงสุกมากกว่าข้าวใหม่และมีอะมิโลสต่ำกว่า ถ้าน้ำที่ใช้้น้อยเกินไป เส้นก๋วยเตี๋ยวจะแข็ง ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้น้ำมากเกินไปเส้นก๋วยเตี๋ยวจะนิ่มและขาดง่าย ปริมาณน้ำที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่างร้อยละ 62 – 65 และโดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นของน้ำแป้งในการผลิตก๋วยเตี๋ยวสด ควรมีปริมาณของแข็งร้อยละ 38 – 40 โดยน้ำหนัก หรือประมาณ 16 โบเม (วัดที่ 28 °ซ) สำหรับการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้งความเข้มข้นน้ำแป้งจะ สูงกว่าเส้นสด และมีค่าประมาณ 20 โบเม (วัดที่ 28 °ซ) (ณรงค์, 2538; วิภา, 2541) ซึ่งสามารถปรับความเข้มข้น โดยการคำนวณน้ำแป้งจากสูตรดังนี้

$$\text{น้ำหนักของน้ำแป้ง} = \frac{W (100 - a)}{(100 - b)}$$

ค่า a คือความชื้นของแป้งมีค่าประมาณร้อยละ 12 ค่า b คือความชื้นของน้ำแป้งที่ต้องการ ในขณะที่ทำ ก๋วยเตี๋ยว มีหน่วยเป็นร้อยละ และ W คือน้ำหนักของแป้งที่ใช้ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม จากการคำนวณ ข้าวสาร 1 กิโลกรัม จะได้น้ำหนักของน้ำแป้ง 2.3-2.5 กิโลกรัม (ณรงค์, 2535) การคำนวณโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ร้อยละ 35 ขึ้นไป จะให้ก๋วยเตี๋ยวที่มีลักษณะที่ดีที่สุดเมื่อใช้น้ำแป้งเข้มข้นร้อยละ 40 (เสนอ, 2522)

การทำให้อสุก

เมื่อเตรียมส่วนผสมของน้ำแป้ง และพักน้ำแป้งไว้ แล้วเทน้ำแป้งลงในภาชนะที่นึ่งร้อน และทา น้ำมันไว้ เล็กน้อย เติงภาชนะให้น้ำแป้งกระจายให้ทั่วภาชนะ ปริมาณน้ำแป้งที่เทลงในภาชนะควรให้มาก พอที่จะให้ความหนา 1-2 มิลลิเมตร นึ่งด้วยไฟแรงประมาณ 3 นาที เมื่อแป้งสุกจะให้เจลเหนียวจับตัวกันเป็นแผ่น ถ้าใช้เวลานึ่งน้อยเกินไป จะทำให้แป้งไม่สุกและไม่เกิดเจล (ณรงค์, 2535) การนึ่งเป็นการทำให้น้ำแป้งสุกด้วยไอน้ำโดยความร้อนจากไอน้ำทำให้น้ำแป้งสุก เรียกว่า การเกิดเจลาตินในเซชัน (gelatinization) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 – 2 นาที

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของน้ำแข็งต่อคุณลักษณะของเจลที่ได้

ความเข้มข้นของน้ำแข็ง		
ร้อยละ นน./ปริมาตร	โบเม (28 °ซ)	ลักษณะของเจล
20	7.5	เกิดเจลที่บางมาก ส่วนของแข็งกระจายเป็นจุดๆ ไม่สม่ำเสมอ ผิวหน้าแข็งสากเปื่อยและ ไม่สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้
30	11.4	ผิวหน้าเจลเปื่อยและติดมือเมื่อลอกออกนิกขาง่าย
35	13.0	เจลที่ได้สามารถลอกออกเป็นแผ่น แต่อาจนิกขางบางส่วน
38	14.0	เจลที่ได้มีความเหนียวนุ่ม ผิวหน้าเจลไม่และ สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ง่ายโดยไม่นิกขาง
40	14.6	เจลที่ได้มีความเหนียวนุ่ม ผิวหน้าเจลไม่และ สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ง่ายโดยไม่นิกขาง
42	15.2	เจลที่ได้สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ง่ายโดยไม่นิกขาง เมื่อทิ้งไว้ได้ เจลที่มีความเหนียวหนืดมาก
45	16.0	เจลที่ได้สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ง่ายโดยไม่นิกขาง เมื่อทิ้งไว้ได้ เจลที่มีความเหนียวหนืดมาก

ที่มา : วิภา (2541)

การฝังลม การลดความชื้นและตัดเป็นเส้น

ก๊วยเตี้ยวที่นึ่งสุกจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ ถ้าต้องการบริโภคแบบสด ก็นำไปตัดเป็นเส้น โดยจะมีความชื้นร้อยละ 62 (เสนอ, 2522) แต่ก๊วยเตี้ยวสดจะเก็บได้ไม่นาน ในโรงงานส่วนใหญ่นิยมผลิตเส้นก๊วยเตี้ยวกึ่งแห้ง ให้มีความชื้นร้อยละ 37 – 40 เพื่อให้สะดวกในการใช้เครื่องตัดเส้น โดยนำก๊วยเตี้ยวมาฝังลมไว้ 2 ชั่วโมง การฝังลมเป็นการทำให้แป้งสุกเย็นตัวลง เกิดเป็นเจลที่มีความแข็งแรงและเหนียวมากขึ้น เกาะยึดเป็นแผ่นได้ดี ซึ่งเป็นผลมาจากการรีโทรเกรเดชันของอะมิโลส หรือใช้ตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เมื่อออกจากตู้อบใช้พัดลมเป่าให้เย็น จากนั้นนำมาวางเรียงซ้อนกันและบ่มไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นกระจายเท่ากันทั้งแผ่นก่อนนำมาตัดเป็นเส้น ถ้าต้องการให้ก๊วยเตี้ยวเก็บได้นาน ควรทำเป็นเส้นก๊วยเตี้ยวแห้งโดยนำเส้นก๊วยเตี้ยวกึ่งแห้งมาอบแห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 45 – 48 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นประมาณร้อยละ 11 – 13 (ณรงค์, 2538; วิภา, 2541)

วิธีวิจัย

1. วัตถุประสงค์

แป้งข้าวเจ้า ใช้แป้งข้าวเจ้าชนิดโมเปียก (ตราช้างสามเศียร) จากตลาดสามแยกเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ โดยนำทุกถุงมาผสมรวมกันให้เข้ากันเก็บไว้ใช้เป็นตัวอย่างตลอดการทดลองโดยเก็บในกล่องปิดสนิทกันความชื้น

ไข่ขาวของไข่เป็ด โดยซื้อไข่เป็ดสดจากตลาดสามแยกเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ โดยแยกเฉพาะส่วนไข่ขาวมาทำการกรองผ่านผ้าขาวบางก่อนเพื่อให้ไข่ขาวขึ้นและไข่ขาวใสรวมเป็นเนื้อเดียวกัน

วิธีการ

1. การศึกษาปริมาณและสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับก๊วยเตี๋ยวเส้นใหญ่

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC ,2000) ของแป้งข้าวเจ้าเพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณแป้งและน้ำหนักของน้ำในส่วนผสมที่ใช้ทำเส้นก๊วยเตี๋ยว วิธีการผลิตเส้นก๊วยเตี๋ยวแสดงดังภาพที่ 1 โดยเตรียมน้ำแป้ง เทลงถาด นึ่งจนสุก แช่เย็น แล้วนำมาตัดเป็นเส้น ก่อนอบแห้ง รายละเอียดการผลิตดังปรากฏในข้อ 1.1 และ 1.2

1.1 การเตรียมส่วนผสมน้ำแป้ง การนึ่ง และการตัดเป็นเส้น

1.1.1 ศึกษาปริมาณของน้ำแป้งที่เทลงถาดที่เหมาะสม

ผสมแป้งข้าวเจ้ากับน้ำที่สัดส่วนแป้ง : น้ำ เท่ากับ 40 : 60 คนให้เข้ากัน พักน้ำแป้งทิ้งไว้ 3 ชม. โดยคนเป็นระยะเพื่อไม่ให้แป้งตกตะกอน เทน้ำแป้งปริมาณ 45 50 55 และ 60 กรัมลงถาดสเตนเลส เอียงให้ทั่วถาด

1.1.2 ศึกษาสัดส่วนของแป้ง : น้ำที่เหมาะสม

ผสมแป้งข้าวเจ้ากับน้ำที่สัดส่วนแป้ง : น้ำ เท่ากับ 40 : 60 35 : 65 และ 30 : 70 คนให้เข้ากัน พักน้ำแป้งทิ้งไว้ 3 ชม. โดยคนเป็นระยะเพื่อไม่ให้แป้งตกตะกอน โดยเทน้ำแป้งปริมาณที่เหมาะสม จากข้อ 1.1.1 ลงถาดสเตนเลส เอียงให้ทั่วถาด

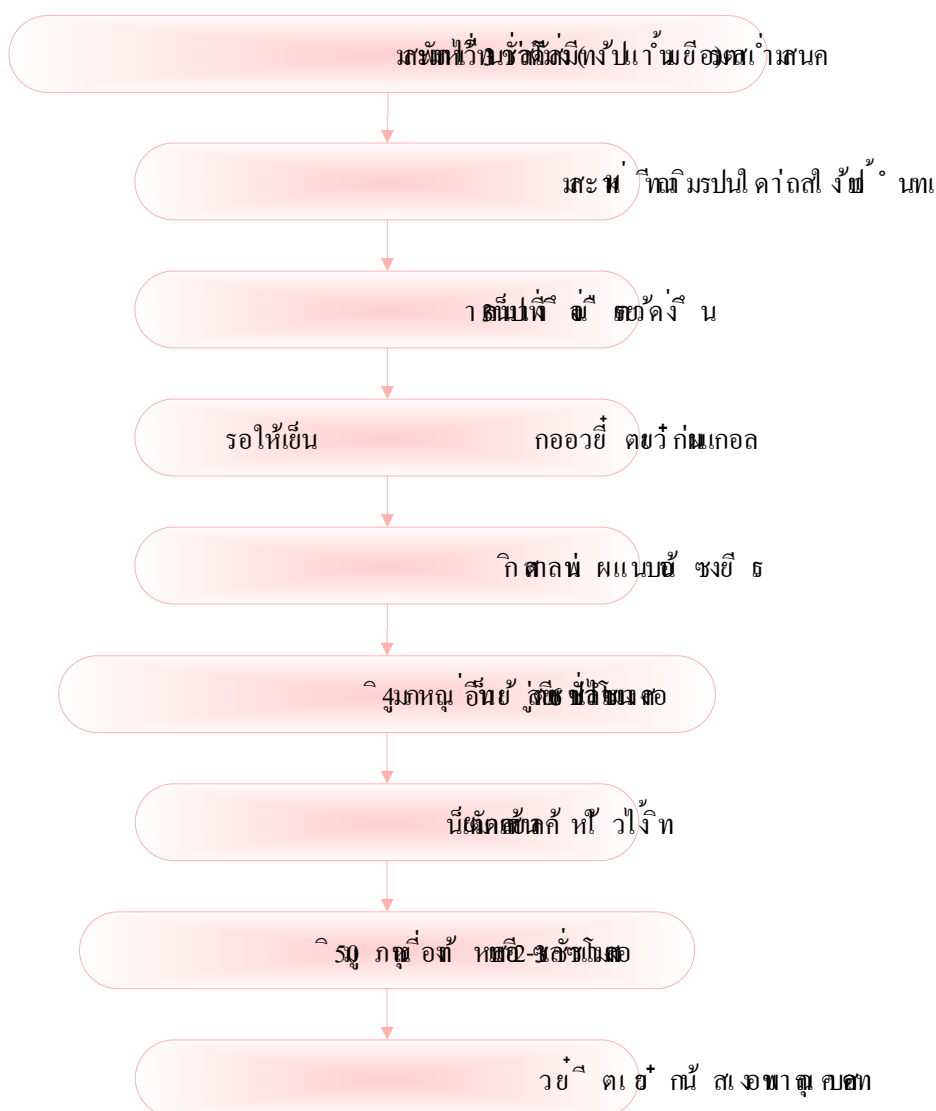
จากนั้นนึ่งด้วยเครื่องนึ่งไฟฟ้าเป็นเวลา 3 นาที ผึ่งพัดลมให้เย็นประมาณ 5-10 นาที ใช้ส้อมปลายกรีดตามขอบถาดแล้วแซะแผ่นแป้งที่สุกออกวางบนแผ่นพลาสติกคลุมไว้ แช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำมาตัดเป็นเส้นกว้างประมาณ 1 นิ้ว

1.2 การทำแห้ง

นำเส้นก๊วยเตี๋ยวมอบให้แห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) โดยใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 – 3 ชั่วโมง

1.3 การตรวจสอบคุณสมบัติของเส้นก๊วยเตี๋ยว

นำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่อบแห้ง มาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 10 นาที ลวกด้วยน้ำร้อน เป็นเวลา 2 – 3 นาที ทำให้เย็นในน้ำ สะเด็ดน้ำให้แห้ง นำมาตรวจสอบความหนาด้วยเวอร์เนียร์ โดยทำตัวอย่างละ 3 เส้น เส้นละ 3 ตำแหน่ง และตรวจสอบคุณสมบัติของเส้น ได้แก่ ความยืดหยุ่น ความนุ่มนวลในการพังอ และแรงในการดึงให้ขาดโดยใช้ประสาทสัมผัส โดยประเมินเป็นความเข้ม เปรียบเทียบภายในกลุ่มทรีทเมนต์ที่ศึกษาในข้อ 1.1.2



รูปที่ 1 แผนผังการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

2. การศึกษาผลของสัดส่วนแป้ง : น้ำ : ไข่ขาว ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่

ใช้วิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวดังภาพที่ 1 โดยใช้ แป้ง:น้ำ เท่ากับ 30:70 ศึกษาสัดส่วนของไข่ขาวโดยลดน้ำจาก 70 แล้วใช้ไข่ขาวแทนในปริมาณ 0 10 20 30 40 50 และ 60 เมื่อได้เส้นก๋วยเตี๋ยวนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และ ความยืดหยุ่นโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างอ้างอิงซึ่งเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ซื้อจากตลาดทำจากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ตรารวงข้าว จ.ฉะเชิงเทรา ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 2 คน โดยให้คะแนนความเข้ม 1 (ต่างจากตัวอย่างอ้างอิงมากที่สุด) ถึง 7 (ไม่ต่างจากตัวอย่างอ้างอิง) ก๋วยเตี๋ยวที่เติมไข่ขาวก่อนเทส่วนผสมน้ำแป้งลงภาชนะจะต้องทาภาชนะด้วยน้ำมันพืชผสมเลซิธในร้อยละ 1.5 (กวนด้วยแท่งแม่เหล็กนาน 30 นาที เพื่อให้ผสมเข้ากันก่อนใช้) เพื่อกันไม่ให้เส้นติดภาชนะหลังนึ่งสุก

3. การศึกษาผลของปริมาณไข่ขาวในเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีต่อความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม

นำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้ไข่ขาวในปริมาณต่างๆ ที่เลือกจากข้อ 2 ทั้งหมด 3 ตัวอย่างโดยรวมเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ใช้แป้งข้าวเจ้าล้วนด้วย มาทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 24 คน คะแนน 1 คือ ชอบน้อยเป็นพิเศษ คะแนน 9 คือ ชอบมากเป็นพิเศษ ซึ่งผู้ทดสอบจะพิจารณาทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของเส้นก๋วยเตี๋ยวเดิมไข่ขาว

4. การศึกษาปริมาณความชื้นและโปรตีนในเส้นก๋วยเตี๋ยว

นำเส้นก๋วยเตี๋ยว 3 ตัวอย่างจากข้อ 3 มาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่อบแห้ง มาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 10 นาที ลวกด้วยน้ำร้อน เป็นเวลา 2 – 3 นาที ทำให้เย็นในน้ำ แล้วสะเด็ดน้ำให้แห้งก่อนทำการวิเคราะห์ความชื้นและโปรตีน AOAC (2000)

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การศึกษาปริมาณและสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ การ ศึกษาผลของสัดส่วนแป้ง : น้ำ : ไข่ขาว ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ รวมทั้งการศึกษาผลของปริมาณไข่ขาวในเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีต่อความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว และใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกในการศึกษาสมบัติทางประสาทสัมผัส นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ผลและวิจารณ์

1. ศึกษาปริมาณและสัดส่วนของส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับก๊วยเตี๋ยวล้วนใหญ่

การทำเส้นก๊วยเตี๋ยวล้วนใหญ่สูตรพื้นฐานใช้สัดส่วนแป้ง : น้ำ เท่ากับ 40 : 60 ปริมาณน้ำแป้ง เท่ากับ 45 50 55 และ 60 กรัม นำไปนึ่งในถาดได้เส้นก๊วยเตี๋ยว 4 ตัวอย่าง นำมาวัดความหนาด้วยเวอร์เนีย โดย ใช้ตัวอย่างละ 3 เส้น เส้นละ 3 ตำแหน่ง นำมาหาค่าเฉลี่ยจะให้ความหนาเฉลี่ยของเส้นก๊วยเตี๋ยวแตกต่างกันดัง ตารางที่ 1 คือความหนาของเส้นก๊วยเตี๋ยวจะเพิ่มขึ้นจาก 1.094 ± 0.143 มิลลิเมตร เป็น 1.108 ± 0.075 มิลลิเมตร 1.136 ± 0.105 มิลลิเมตร และ 1.397 ± 0.322 มิลลิเมตร เมื่อใช้ปริมาณน้ำแป้งเพิ่มขึ้นจาก 45 50 55 และ 60 กรัมตามลำดับ โดยที่ 45 50 และ 55 กรัม มีความหนาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และความหนา แตกต่างกับเส้นก๊วยเตี๋ยวที่ใช้ปริมาณน้ำแป้ง 60 กรัมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณน้ำแป้ง 50 กรัมมาทำการทดลองต่อไป เนื่องจากคำนวณการใช้งานได้ง่าย และความหนาเส้นที่ได้จากการใช้ปริมาณน้ำ แป้ง 50 กรัม มีความเหมาะสมในการทำเป็นเส้นก๊วยเตี๋ยวล้วนใหญ่เนื่องจากความหนาของเส้นใกล้เคียงกับเส้น ก๊วยเตี๋ยวตามท้องตลาดทั่วไป คือประมาณ 1 มิลลิเมตร (ณรงค์, 2535)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเส้นก๊วยเตี๋ยว เมื่อสัดส่วนของแป้ง : น้ำ และน้ำหนักของน้ำแป้งที่เทลงถาด (g) แตกต่าง กัน

สัดส่วนแป้ง:น้ำ	ความหนาเฉลี่ยของเส้นก๊วยเตี๋ยว* (mm)			
	45 g	50 g	55 g	60 g
40 : 60	1.094 ± 0.143^a	1.108 ± 0.075^a	1.136 ± 0.105^a	1.397 ± 0.322^b

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยจากการวัดเส้นก๊วยเตี๋ยว 3 เส้น เส้นละ 3 ตำแหน่ง $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

จากนั้นจึงนำปริมาณน้ำแป้ง 50 กรัม ใช้ในการทดลองหาสัดส่วนของแป้ง : น้ำ ที่เหมาะสม โดยศึกษา ผลของสัดส่วนแป้ง : น้ำ ที่แตกต่างกัน 3 สัดส่วน ได้แก่ 40 : 60 35 : 65 และ 30 : 70 ที่มีต่อคุณสมบัติของเส้น ก๊วยเตี๋ยว เช่น ความยืดหยุ่น ความนุ่ม การฉีกขาด และความหนาของเส้นก๊วยเตี๋ยว พบว่า สัดส่วนแป้ง : น้ำ เป็น 40 : 60 จะได้เส้นก๊วยเตี๋ยวที่จับตัวกันเหนียว มีความยืดหยุ่นและความนุ่มนวลในการพับงอเล็กน้อย ต้องใช้แรงมาก ในการดึงให้ขาด มีความหนาเป็น 1.108 ± 0.075 มิลลิเมตร สำหรับสัดส่วนแป้ง : น้ำ เป็น 35 : 65 จะได้เส้น ก๊วยเตี๋ยวที่มีความยืดหยุ่นและความนุ่มนวลปานกลาง และใช้แรงปานกลางในการดึงให้ขาด มีความหนาเป็น 1.333 ± 0.396 มิลลิเมตร และสัดส่วนแป้ง : น้ำ เป็น 30 : 70 จะได้เส้นก๊วยเตี๋ยวที่มีความยืดหยุ่นมาก เนื่องจากมี ความนุ่มนวลมาก และใช้แรงน้อยในการดึงให้ขาด จะเห็นได้ว่าความหนาเฉลี่ยของเส้นก๊วยเตี๋ยวมีความ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งอธิบายได้ว่าในสัดส่วนของแป้ง : น้ำ ที่

แตกต่างกันจะทำให้ปริมาณเม็ดแป้งแตกต่างกัน เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแป้ง จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวและแตกออก ทำให้อะมิโลสภายในเม็ดแป้งหลุดออกมาเกิดการจับตัวกันเป็นเจล ขึ้น โดยถ้ามีปริมาณอะมิโลสมาก จะจับตัวกันมาก ทำให้ความเหนียวในเส้นก๋วยเตี๋ยวมาก การจับตัวกันของโมเลกุลอะมิโลสจะมีการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ในทางตรงข้ามเส้นก๋วยเตี๋ยวจะไม่เหนียวถ้ามีอะมิโลสจับตัวกันน้อย ในขณะที่เม็ดแป้งที่ยังไม่แตกตัวแต่พองตัวจะทำให้เกิดความนุ่มนวลแก่เส้นก๋วยเตี๋ยว โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีเม็ดแป้งเหลืออยู่มาก และพองตัวมากเจลจะมีความนุ่มนวลมาก แต่ถ้าเม็ดแป้งเหลืออยู่น้อยและพองตัวน้อยเจลจะแข็งกระด้าง (เสนอ, 2522) ดังนั้นปริมาณอะมิโลสที่แตกออกมา ปริมาณเม็ดแป้งที่พองตัวแต่ไม่แตกออก และปริมาณเม็ดแป้งที่ไม่พองตัวหรือพองตัวได้น้อยต้องมีความสมดุลกันเพื่อให้ได้ลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ต้องการ จากเหตุผลดังกล่าวจึงเลือกสัดส่วนแป้ง : น้ำ เท่ากับ 30 : 70 เนื่องจากยังคงคุณสมบัติของเส้นก๋วยเตี๋ยว และความหนาเฉลี่ยของทั้ง 3 สัดส่วนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามสามารถใช้สัดส่วนแป้ง : น้ำ เท่ากับ 40 : 60 และ 35 : 65 ได้ ขึ้นกับความเหนียวที่ต้องการ แต่เลือกใช้สัดส่วนนี้ เพราะสามารถใช้ปริมาณไข่ขาวในส่วนผสมน้ำแป้งได้มากกว่าสัดส่วนอื่นๆ ดังนั้นการศึกษาปริมาณและสัดส่วนของส่วนผสมในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ จะนำสัดส่วนของแป้ง : น้ำ เท่ากับ 30 : 70 และปริมาณน้ำแป้งที่เทลงถาด 50 กรัม ไปใช้ในการทดลองทำเส้นก๋วยเตี๋ยวใส่ไข่ขาวในปริมาณที่แตกต่างกันต่อไป

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเส้นก๋วยเตี๋ยว เมื่อสัดส่วนของแป้ง : น้ำ แตกต่างกัน

สัดส่วน แป้ง:น้ำ	ความหนาเฉลี่ยของเส้น ก๋วยเตี๋ยว* (mm)	ลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยว**		
		ความยืดหยุ่น	ความนุ่มนวลใน การพับงอ	แรงในการดึงให้ขาด
40 : 60	1.108 ± 0.075^a	+	+	+++
35 : 65	1.333 ± 0.396^a	++	++	++
30 : 70	1.272 ± 0.324^a	+++	+++	+

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยจากการวัดเส้นก๋วยเตี๋ยว 3 เส้น เส้นละ 3 ตำแหน่ง ($\bar{x} \pm SD$)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

** +++ คือ มาก
++ คือ ปานกลาง
+ คือ น้อย

2. ศึกษาผลของสัดส่วนแป้ง : น้ำ : ไข่ขาว ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่

ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสัดส่วนของส่วนผสมเมื่อใส่ไข่ขาวในปริมาณที่แตกต่างกัน 6 สัดส่วน ได้แก่ ไม่ใส่ไข่ขาว (0%), ใส่ไข่ขาว 10% 20% 30% 40% 50% และ 60% โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมทั้งหมด ใช้สัดส่วนแป้งคงที่เท่ากับ 30% แต่ปรับลดน้ำโดยปริมาณไข่ขาวบวกน้ำที่เดิมในสูตรเท่ากับ 70% ของส่วนผสมทั้งหมด เปรียบเทียบโดยการให้คะแนนกับเส้นก๋วยเตี๋ยวจากตลาดเป็นตัวอ้างอิง (Reference, R) ทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น และความยืดหยุ่น พบว่าปริมาณไข่ขาวมีผลต่อคุณภาพเส้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 3 กล่าวคือ สีของก๋วยเตี๋ยวที่ไม่ใส่ไข่ขาว ใส่ไข่ขาว 10% และใส่ไข่ขาว 20% ได้คะแนนเฉลี่ย 7 คือไม่ต่างจากตัวอย่างอ้างอิง เมื่อใส่ไข่ขาวในปริมาณที่มากขึ้นก๋วยเตี๋ยวจะมีสีต่างจากตัวอย่างอ้างอิงมากขึ้นตามลำดับ โดยสีของก๋วยเตี๋ยวจะให้สีเหลืองขึ้นเมื่อใส่ปริมาณไข่ขาว 30% และจะมีสีเหลืองมากขึ้นเมื่อใส่ไข่ขาวในปริมาณที่มากขึ้น การที่สีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมียสีออกเหลืองเพิ่มขึ้นอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดโดยส่วนประกอบของไข่ขาว คือกลูโคสและกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากัน หรือเกิดจากเม็ดสีที่มีอยู่ในไข่ขาวคือโอโวฟลาวิน (สุวรรณ, 2529)

ส่วนกลิ่นของก๋วยเตี๋ยวที่ไม่ใส่ไข่ขาวและใส่ไข่ขาว 10% ได้คะแนนเฉลี่ย 7.0 คือไม่ต่างจากตัวอย่างอ้างอิง เมื่อใส่ไข่ขาวในปริมาณมากขึ้นกลิ่นของก๋วยเตี๋ยวจะมีกลิ่นต่างจากตัวอย่างอ้างอิงมากขึ้นตามลำดับ โดยกลิ่นของก๋วยเตี๋ยวจะมีกลิ่นคาวของไข่เมื่อใส่ปริมาณไข่ขาว 20% และจะมีกลิ่นคาวมากขึ้นเมื่อใส่ปริมาณไข่ขาวมากขึ้น

ส่วนความยืดหยุ่นก๋วยเตี๋ยวไม่ใส่ไข่ขาวได้คะแนนเฉลี่ย 5.0 คือต่างจากตัวอย่างอ้างอิงน้อยมาก เมื่อเพิ่มไข่ขาวเป็น 10% และ 20% ได้คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 7.0 คือไม่ต่างจากตัวอย่างอ้างอิง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใส่ไข่ขาวในปริมาณ 10% - 20% จะช่วยเสริมความแข็งแรงกับเส้นก๋วยเตี๋ยวได้ เนื่องจากเกิดการจับตัวกันของโปรตีนในไข่ขาวเป็นเจล ขณะที่อะมิโนสแตกออกจากเม็ดแป้งได้ ทำให้เกิดความเหนียวกับเส้นก๋วยเตี๋ยว แต่เมื่อใส่ไข่ขาวในปริมาณที่มากกว่า 20% จะทำให้ความยืดหยุ่นของเส้นลดลงตามปริมาณไข่ขาวที่มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อไข่ขาวได้รับความร้อน โปรตีนในไข่ขาวที่ละลายน้ำได้ จะตกตะกอนและหุ้มเม็ดแป้งไว้ การดูดน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้งจึงช้าลง โมเลกุลอะมิโนสจึงหลุดออกได้ยาก ทำให้ความเหนียวและความยืดหยุ่นของเส้นก๋วยเตี๋ยวลดลง รวมถึงเจลที่ได้จะมีลักษณะแข็งเนื่องจากแป้งมีการพองตัวน้อย (มณีรัตน์, 2538) นอกจากนี้ไข่ขาวมีน้ำในเนื้อไข่ (bound water) (สุวรรณ, 2529) ที่ไม่ใช่น้ำอิสระรวมอยู่ด้วย เมื่อใส่ไข่ขาวในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำอิสระในส่วนผสมลดน้อยลง ทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งเกิดได้ช้าและน้อยลงเช่นกัน

จากผลของความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในด้านสี กลิ่น และความยืดหยุ่น ได้ทำการเลือกเส้นก๋วยเตี๋ยวใส่ไข่ขาวในปริมาณ 0% 30% และ 50% เพื่อนำไปทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมในการทดลองต่อไป เนื่องจากที่ปริมาณไข่ขาว 0% จะเป็นมาตรฐานสำหรับการทดสอบความชอบเนื่องจากไม่มีการใส่ไข่ขาวลงไปในส่วนผสม สูตรที่ใช้ไข่ขาว 30% ได้คะแนนเฉลี่ยในด้านสี กลิ่น และความยืดหยุ่นประมาณ 4.0 - 5.5 คือ ต่างจากอ้างอิงน้อยมากถึงปานกลาง และเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆชัดเจนเมื่อเทียบกับ 0%, 10% และ 20% และสูตรที่ใช้ไข่ขาว 50% ได้คะแนนเฉลี่ยในด้านสี กลิ่น และความยืดหยุ่นประมาณ 1.5 - 2.0 คือ ต่างจากอ้างอิงมากถึงมากที่สุด ปริมาณไข่ขาวนี้มีผลต่อ

การเปลี่ยนแปลงของเส้นก๋วยเตี๋ยวไปในทางคุณสมบัติที่ไม่ต้องการในเส้นก๋วยเตี๋ยว นอกจากนี้ต้องการใส่ไข่ขาวในปริมาณที่มากที่สุดเพื่อให้ใช้ประโยชน์จากไข่ขาวได้อย่างเต็มที่ จึงทำการเลือก 3 ตัวอย่างดังกล่าวมาทำการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น และความยืดหยุ่นของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีแป้งข้าวเจ้า 30 และน้ำบวกไข่ขาวเท่ากับ 70 % โดยเปรียบเทียบการใช้สัดส่วนไข่ขาวและน้ำในปริมาณต่างๆกัน

ลักษณะปรากฏ	เส้นก๋วยเตี๋ยว จากตลาด*	ปริมาณไข่ขาว (%) ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด**						
		0	10	20	30	40	50	60
สี	7.0	7.0 ^a	7.0 ^a	7.0 ^a	5.5 ^{ab}	3.5 ^{bc}	1.5 ^c	1.5 ^c
กลิ่น	7.0	7.0 ^a	7.0 ^a	6.0 ^{ab}	4.0 ^{bc}	2.5 ^{cd}	2.0 ^{cd}	1.0 ^d
ความยืดหยุ่น	7.0	5.0 ^a	7.0 ^b	7.0 ^b	5.5 ^{ab}	2.0 ^c	1.5 ^c	1.5 ^c

หมายเหตุ * Reference (R) เส้นก๋วยเตี๋ยวจากตลาดมาจากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ตรารวงข้าว จ.

จะเชิงเตรา

** คะแนนเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

คะแนน 7 = ไม่ต่างจาก R คะแนน 6 = ต่างจาก R น้อยที่สุด

คะแนน 5 = ต่างจาก R น้อยมาก คะแนน 4 = ต่างจาก R ปานกลาง

คะแนน 3 = ต่างจาก R มากปานกลาง คะแนน 2 = ต่างจาก R มาก

คะแนน 1 = ต่างจาก R มากที่สุด



รูปที่ 1 ลักษณะเส้นก๋วยเตี๋ยวจากตลาด เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่ใส่ไข่ขาว เส้นก๋วยเตี๋ยวใส่ไข่ขาวร้อยละ 10 20 30 40 50 และ 60 ตามลำดับจากซ้ายไปขวา

3.ศึกษาผลของปริมาณไข่ขาวในเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีต่อความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม

การทดสอบนี้ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 24 คน เพื่อให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เมื่อใช้ก๋วยเตี๋ยวที่มีปริมาณไข่ขาวแตกต่างกัน ได้แก่ร้อยละ 0 30

และ 50 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านสีและกลิ่นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ดังตารางที่ 4 ส่วนคะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม พบว่าเมื่อใส่ไข่ขาวร้อยละ 30 คะแนนเฉลี่ยจะแตกต่างจากสูตรที่ไม่ใส่ไข่ขาวอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ถ้าใส่ไข่ขาวร้อยละ 50 จะทำให้คะแนนเฉลี่ยลดลงและมีความแตกต่างจากสูตรที่ไม่ใส่ไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทำให้สามารถใช้ปริมาณไข่ขาวในปริมาณร้อยละ 30 ในการเสริมโปรตีนในเส้นก๋วยเตี๋ยวจากไข่ขาวได้ เพราะมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย แต่ไม่เลือกใช้ปริมาณไข่ขาวร้อยละ 50 เนื่องจากมีคะแนนความชอบแตกต่างกันกับการไม่เติมไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เฉยๆ เท่านั้น

ตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีปริมาณไข่ขาว 0% 30% และ 50%

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณไข่ขาว (%) ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด*		
	0	30	50
สี	6.42 ^a	6.62 ^a	5.67 ^a
กลิ่น	6.05 ^a	5.79 ^a	5.83 ^a
รสชาติ	6.38 ^a	6.00 ^{ab}	5.29 ^b
เนื้อสัมผัส	6.42 ^a	5.58 ^{ab}	4.50 ^b
ความชอบรวม	6.33 ^a	6.12 ^{ab}	5.12 ^b

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

4. ศึกษาปริมาณความชื้นและโปรตีนในเส้นก๋วยเตี๋ยว

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณความชื้นและโปรตีนจากเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมโปรตีนจากไข่ขาว พบว่าก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ไม่ใส่ไข่ขาวจะมีปริมาณความชื้นและโปรตีนน้อยที่สุด ส่วนก๋วยเตี๋ยวที่ใส่ไข่ขาวเพิ่มขึ้นจะมีปริมาณความชื้นและโปรตีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใส่ไข่ขาวทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น เส้นก๋วยเตี๋ยวจึงดูดน้ำได้มากขึ้น ทำให้มีปริมาณความชื้นมากขึ้น ดังตารางที่ 5 ซึ่งอธิบายได้จากองค์ประกอบของไข่เป็ดทั้งฟองมีความชื้น 70.1 % ไข่เป็ดต้มมีความชื้น 74.6 % (Prapasri, et.al., 2000) แสดงว่าการให้ความร้อนด้วยการต้มในน้ำเดือด ทำให้โปรตีนในไข่เป็ดดูดน้ำได้มากขึ้น นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าก๋วยเตี๋ยวที่ใส่ไข่ขาว 30% มีโปรตีนเท่ากับ 4.80 % ของน้ำหนักสด เพิ่มขึ้นจากก๋วยเตี๋ยวที่ไม่ใส่ไข่ขาวประมาณ 2 เท่า แต่เมื่อใส่ไข่ขาว 50% ปริมาณโปรตีนจะเพิ่มขึ้นจาก 30% ไม่มาก เนื่องจากมีความชื้นมากกว่า

ตารางที่ 5 ปริมาณความชื้นและปริมาณโปรตีนของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีปริมาณไข่ขาว 0% 30% และ 50%

ปริมาณไข่ขาว (%) ของ น้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด	ปริมาณ (%)*		
	ความชื้นของน้ำหนักสด	โปรตีนของน้ำหนักแห้ง	โปรตีนของน้ำหนักสด
0	65.54	7.28	2.53
30	69.64	15.40	4.80
50	74.29	19.07	4.90

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 2 ซ้ำ

สรุป

สามารถเลือกใช้น้ำแป้งที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อน้ำเท่ากับ 40:60 35:65 และ 30:70 ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ซึ่งลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะมีความยืดหยุ่น และความสามารถในการพองลดลงเมื่อน้ำแป้ง มีปริมาณแป้งในอัตราส่วนที่มากขึ้น ส่วนแรงที่ใช้ในการดึงขาดจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำแป้งมีปริมาณแป้ง ในอัตราส่วนที่มากขึ้น

การเสริมไข่ขาวในการทำเส้น พบว่าการเพิ่มปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนที่มากขึ้น(ร้อยละ 0 10 20 30 40 50) จะทำให้สีของเส้นก๋วยเต๋วยมีสีเหลืองมากขึ้น และมีกลิ่นของไข่ขาวมากขึ้น สำหรับความยืดหยุ่น การใช้ปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนเพิ่มขึ้นจะทำให้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนมากกว่า ร้อยละ 20 จะทำให้ความยืดหยุ่นของเส้นก๋วยเต๋วยค่อยๆลดลง

ความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม พบว่าผู้ทดสอบมีความชอบเส้นก๋วยเต๋วยที่มีการเสริมไข่ขาวร้อยละ 30 ไม่แตกต่างจากเส้นก๋วยเต๋วยที่ไม่มีการเสริมไข่ขาว ส่วนเส้นก๋วยเต๋วยที่มีการเสริมไข่ขาวร้อยละ 50 ผู้ทดสอบมีความชอบน้อยกว่าก๋วยเต๋วยเสริมไข่ขาวร้อยละ 30 และไม่เสริมไข่ขาว

จากการศึกษาปริมาณความชื้นและโปรตีนในเส้นก๋วยเต๋วย พบว่าเส้นก๋วยเต๋วยจะมีปริมาณความชื้นและโปรตีนเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเสริมไข่ขาวมากขึ้น ซึ่งโปรตีนในเส้นก๋วยเต๋วยจะเพิ่มเป็นสองเท่าจากเส้นก๋วยเต๋วยปกติเมื่อมีการใส่ไข่ขาวร้อยละ 30 โดยมีโปรตีนเท่ากับร้อยละ 4.80 (น้ำหนักสด)

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2535. เอกสารประกอบการสอนวิชาอาหารจากธัญชาติและพืชหัว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 26 น.

ณรงค์ นิยมวิทย์ และ อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2528. วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 441 น.

นัทธญา จะเรียมพันธ์. 2530. การเสริมโปรตีนในเส้นก๋วยเต๋วยด้วยแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- มณีรัตน์ จงสุขกิจพานิช. 2538. กว๊วยเตี๋ยวเสริมโปรตีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุภาพรรณ บริลเลียนเตศ. 2534. การใช้ประโยชน์จากปลาน้ำจืด (การผลิตเส้นกว๊วยเตี๋ยวปลา). กรมประมง, กรุงเทพฯ. 32 น.
- สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. ไข่และเนื้อไก่. โรงพิมพ์อรรถการพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. 382 น.
- เสนอ ร่วมจิตร. 2522. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของข้าวจ้าวพันธุ์ต่างๆที่มีผลต่อลักษณะเส้นกว๊วยเตี๋ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกว๊วยเตี๋ยว. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 6 น.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. 366 น.
- Juliano, B.O., A.A. Perdon, C.M. Perez and C.B. Capampang. 1974. Molecular and gel properties of starch and texture of rice products. J. of Food Sci. and Technol. 1(3) : 120-126.
- Wristler, R.L., J.N. Bemiller and E.F. Paschall. 1984. Starch. 2nd ed., Academic Press, Sandiago. 718 p.

ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 อุปกรณ์การทำเส้นก๋วยเตี๋ยว ประกอบด้วยที่นึ่ง ถาดสแตนเลส ผ้าขาวบาง ตะแกรงร่อนแป้ง และอุปกรณ์ทำครัวอื่นๆ

บทที่ 8

ไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์

บทคัดย่อ

ไข่ขาวจากไข่ไก่และไข่เป็ดนำมาทำเป็นไส้กรอกไข่ขาวโดยกรอกไข่ลงในไส้คอตลาเจน ผูกเป็นลูกหรือท่อนกลม คัมสุก ตัด บรรจุถุงปิดผนึกภายใต้สภาวะสุญญากาศ พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 93°C นาน 10 นาที มีอายุการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ ได้นาน 90 วัน อีกวิธีคือนำไส้กรอกไข่ขาวบรรจุลงในน้ำพะโล้ พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 93°C นาน 10 นาที มีอายุการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ ได้นาน 90 วันเช่นกัน ผลิตกัณฑ์นี้เหมาะสำหรับคนที่ต้องการลดน้ำหนัก โดยส่วนประกอบหลักของไส้กรอกไข่ขาวคือน้ำและโปรตีน

บทนำ

ไข่เป็นผลิตภัณฑ์ที่บริโภคกันทั่วครัวเรือน เป็นอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วน และราคาไม่แพง นำมาประกอบอาหารได้หลายชนิดทั้งคาวและหวาน ไข่ที่นิยมบริโภคในประเทศไทยได้แก่ ไข่เป็ด ไข่ไก่ ไข่นกกระทา ขนมหวานของไทยหลายชนิดใช้ไข่แดงจากไข่เป็ดเป็นส่วนประกอบเช่น ขนมหองหีบ ทองหยอด ฝอยทอง ขนมหื้อแกง ขนมหื้อทำจากไข่ขาวไม่ได้รับความนิยมมากเท่าไข่แดง จึงทำให้มีปริมาณไข่ขาวเหลือใช้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไข่ขาวของไข่เป็ด และไข่ขาวจากไข่ไก่ โดยนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ ซึ่งมีลักษณะคล้ายไข่ต้มหลอด สามารถนำไปเสิร์ฟในสัปดาห์ตามร้านอาหารหรือใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ไข่พะโล้ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์เพื่อให้เก็บรักษาได้เป็นเวลานานในตู้เย็น

วิธีวิจัย

วัตถุดิบ

1. ไข่ไก่และไข่เป็ดสด
2. ไส้เทียมจากคอตลาเจน
3. เครื่องปรุงพะโล้
4. อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

อุปกรณ์

1. ถัง polypropylene
2. เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ
3. เครื่อง Presica และอุปกรณ์สำหรับติดตามอุณหภูมิ
4. เครื่อง Minolta spectrophotometer รุ่น CM-3500d
5. กรวยพลาสติก

6. ค่ายสำหรับผูกใส่กรอก
7. ผ้าขาวบาง
8. อุปกรณ์ทำครัว

วิธีการ

1. วิธีการผลิตใส่กรอกไข่ขาว

นำไข่มาล้างเปลือกและฟองให้แห้ง จากนั้นทำการแยกไข่ขาวและไข่แดงออกจากกัน กรองไข่ขาวด้วยผ้าขาวบางแล้วนำส่วนที่กรองได้บรรจุใส่ใส่คอลลาเจนเบอร์ 210 มัดให้มีขนาดยาวท่อนละประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วนำไปให้ความร้อนในน้ำอุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิ แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดอีก 5 นาที แช่น้ำเย็น ทำการฟองให้แห้งแล้วตัดแยกใส่กรอกแต่ละลูกออกจากกัน นำไปบรรจุใส่ถุง polypropylene ถุงละ 10 ลูก โดยน้ำหนักรวมของใส่กรอกไข่ขาวต่อ 1 ถุงเท่ากับ 65 กรัม จากนั้นนำไปปิดผนึกแบบสุญญากาศโดยดึงอากาศออกเป็นเวลา 4 วินาที ตั้งระดับการให้ความร้อนเท่ากับ 2.8

2. วิธีการผลิตใส่กรอกไข่ขาวบรรจุในน้ำพะโล้

ผลิตใส่กรอกไข่ขาวตามวิธีในข้อ 1

น้ำพะโล้ประกอบด้วยซุ๊ปไก่ก๊อคนอร์ 1 ก้อน ซิอิ้วดำ 12 กรัม ซิอิ้วขาว 25 กรัม น้ำปลา 20 กรัม น้ำตาล 25 กรัม ผงพะโล้ตราโลโบ้ 12 กรัม น้ำ 1 ลิตร เติมส่วนผสมทั้งหมดแล้วตั้งไฟจนเดือด คนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันดีแล้วกรองน้ำพะโล้ด้วยผ้าขาวบางเพื่อกำจัดตะกอน จากนั้นต้มน้ำพะโล้ที่กรองได้อีกครั้งเพื่อเตรียมบรรจุ

นำใส่กรอกไข่ขาวบรรจุถุง 6 ลูกแล้วเติมน้ำพะโล้ร้อนจัดลงไปถุงละ 90 มิลลิลิตร ปิดผนึกถุงแล้วนำไปทำการพาสเจอร์ไรซ์

3. ศึกษาเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ใส่กรอกไข่ขาวจากไข่ไก่

ติดตามอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์โดยการเสียบ probe สำหรับวัดอุณหภูมิเข้าไปที่กึ่งกลางของผลิตภัณฑ์แล้วใช้เครื่อง Presica และโปรแกรม Presica 2002 สำหรับการติดตามอุณหภูมิ ทำการพาสเจอร์ไรซ์ใส่กรอกไข่ขาวที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 5 และ 10 นาที เลือกเวลาที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์ใส่กรอกไข่ขาวจากไข่ไก่ โดยทำการศึกษาดังนี้

3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของใส่กรอกไข่ในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการเก็บรักษาใส่กรอกที่ผลิตได้ที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสี คุณภาพทางประสาทสัมผัส และปริมาณจุลินทรีย์ ของใส่กรอกไข่ขาวในระหว่างการเก็บรักษา ดังนี้

3.1.1. การเปลี่ยนแปลงสี

นำตัวอย่างไส้กรอกไข่ที่บรรจุถุงมาวัดสีที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง Minolta spectrophotometer รุ่น CM-3500d ใช้ต้นกำเนิดแสง day light มุมมองของแสงเท่ากับ 10 องศา รายงานค่าในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ โดยค่า L^* คือ ค่าความสว่าง $+a^*$ คือ ค่าสีแดง $-a^*$ คือ ค่าสีเขียว, $+b^*$ คือ ค่าสีเหลือง $-b^*$ คือ ค่าสีน้ำเงิน วัดการเปลี่ยนแปลงของสีในวันที่ 0 30 45 60 75 และ 90 สุ่มตัวอย่างจำนวน 6 ถุงอ่านค่าแต่ละถุงและรายงานเป็นค่าเฉลี่ย

3.1.2. การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยผู้ทดสอบที่เป็นนิสิตอายุ 20 – 30 ปีที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 24 คน ลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ ลักษณะปรากฏ (appearance) สี (color) กลิ่น (flavor) รส (taste) เนื้อสัมผัส (texture) และการยอมรับโดยรวม (overall acceptability)

นำไส้กรอกไข่ทั้งถุงลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาทีก่อนนำไปเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบชิม

3.1.3. การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อ *Salmonella* ในไข่ไก่ดิบตามวิธีการของ Bacteriological Analytical Manual (FDA/CFSAN BAM, 2001)

- ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้กรอกไข่ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์โดยสุ่มตรวจในวันที่ 0 30 45 60 75 และ 90 วันของการเก็บรักษา ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตรวจตามวิธีการของ Bacteriological Analytical Manual (FDA/CFSAN BAM, 2001)

- ศึกษาเชื้อ *Salmonella* ในผลิตภัณฑ์หลังการพาสเจอร์ไรซ์ตามวิธีการของ Bacteriological Analytical Manual (FDA/CFSAN BAM, 2001)

สุ่มตัวอย่างครั้งละ 2 ถุง สำหรับการเก็บข้อมูลแต่ละทรีทเมนต์ และรายงานเป็นค่าเฉลี่ย

4. การพาสเจอร์ไรซ์ไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ด และไส้กรอกไข่ขาวบรรจุในน้ำพะโล้

ติดตามอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์โดยการเสียบ probe สำหรับวัดอุณหภูมิ ที่กึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ แล้วใช้เครื่อง Presica และโปรแกรม Presica 2002 สำหรับการติดตาม

อุณหภูมิ ทำการพาสเจอร์ไรซ์ไส้กรอกไข่ขาว ไส้กรอกไข่ขาวพะโล้ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บรักษา ที่ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ ตามวิธีการใน ข้อ 3.1

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จัดการทดลอง 2 ซ้ำในทุกชุดการศึกษา การเปรียบเทียบสี และจุลชีววิทยา ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์โดย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์

1. ไล้กรอกจากไข่ไก่

1.1 การเปลี่ยนแปลงสีของไล้กรอกไข่ขาวจากไข่ไก่ในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อทำการเก็บรักษาไล้กรอกไข่ขาวในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ $6 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสี L^* a^* และ b^* ของไล้กรอกไข่ขาวในวันที่ 0 30 45 60 75 และ 90 วัน พบว่าค่าสีของไล้กรอกไข่ขาวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 90 วัน แสดงดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ค่าสีของไล้กรอกไข่ขาวจากไข่ไก่ ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 5 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $6 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	L^* ¹	a^* ¹	b^* ¹
0	$85.07^a \pm 1.05$	$-3.91^a \pm 0.24$	$10.62^a \pm 0.32$
30	$85.02^a \pm 0.79$	$-3.91^a \pm 0.20$	$10.40^a \pm 1.17$
45	$85.44^a \pm 0.77$	$-3.77^a \pm 0.36$	$10.06^a \pm 1.19$
60	$85.70^a \pm 0.72$	$-3.73^a \pm 0.33$	$10.82^a \pm 0.53$
75	$85.75^a \pm 0.54$	$-3.60^a \pm 0.32$	$10.08^a \pm 0.86$
90	$85.32^a \pm 0.51$	$-3.71^a \pm 0.47$	$10.20^a \pm 1.18$

¹ เปรียบเทียบในแนวดิ่ง ค่าที่มีตัวอักษร a b c กำกับต่างกันจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าสีของไล้กรอกไข่ขาวจากไข่ไก่ ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $6 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	L^* ¹	a^* ¹	b^* ¹
0	$83.84^a \pm 1.04$	$-4.15^a \pm 0.11$	$10.08^a \pm 0.57$
30	$83.34^a \pm 0.34$	$-4.17^a \pm 0.33$	$10.06^a \pm 1.12$
45	$83.74^a \pm 0.38$	$-4.09^a \pm 0.14$	$10.30^a \pm 0.42$
60	$83.66^a \pm 0.47$	$-4.05^a \pm 0.21$	$10.05^a \pm 1.34$
75	$84.30^a \pm 0.85$	$-4.08^a \pm 0.17$	$9.80^a \pm 0.62$
90	$84.00^a \pm 0.94$	$-4.10^a \pm 0.27$	$10.20^a \pm 0.38$

¹ เปรียบเทียบในแนวดิ่ง ค่าที่มีตัวอักษร a b c กำกับต่างกันจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

1.2 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ไก่ในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อทำการเก็บรักษาไส้กรอกไข่ขาวในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิมก่อนและหลังการเก็บรักษา พบว่าไส้กรอกไข่ขาวที่พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที ได้คะแนนการยอมรับในทุกลักษณะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ แสดงว่าการให้ความร้อนในการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิและเวลาดังกล่าว ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน

ตารางที่ 3 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวจากไข่ไก่ ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 5 นาที ก่อนและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ลักษณะปรากฏ ¹	สี ¹	กลิ่น ¹	รส ¹	เนื้อสัมผัส ¹	การยอมรับโดยรวม ¹
0	$6.71^a \pm 1.35$	$6.85^a \pm 1.25$	$6.40^a \pm 1.23$	$6.31^a \pm 1.29$	$6.75^a \pm 1.23$	$6.73^a \pm 1.16$
90	$6.94^a \pm 1.17$	$6.73^a \pm 0.96$	$6.33^a \pm 1.49$	$6.19^a \pm 1.28$	$6.94^a \pm 1.19$	$6.72^a \pm 1.26$

¹ เปรียบเทียบในแนวดิ่ง ค่าที่มีตัวอักษร a b c กำกับต่างกันจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวจากไข่ไก่ ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที ก่อนและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ลักษณะปรากฏ ¹	สี ¹	กลิ่น ¹	รส ¹	เนื้อสัมผัส ¹	การยอมรับโดยรวม ¹
0	$6.83^a \pm 1.24$	$6.90^a \pm 1.13$	$6.33^a \pm 1.14$	$6.54^a \pm 1.18$	$7.00^a \pm 1.05$	$6.69^a \pm 1.13$
90	$6.75^a \pm 1.41$	$6.73^a \pm 1.14$	$6.19^a \pm 1.50$	$6.31^a \pm 1.22$	$7.02^a \pm 1.34$	$6.74^a \pm 1.52$

¹ เปรียบเทียบในแนวดิ่ง ค่าที่มีตัวอักษร a b c กำกับต่างกันจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

1.3 การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ของไส้กรอกไข่ไก่ในระหว่างการเก็บรักษา

จากการตรวจหาเชื้อ *Salmonella* ในไข่ขาวสดจากไข่ไก่ พบเชื้อ *Salmonella* ในตัวอย่าง 25 กรัม หลังจากนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาว โดยผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ไม่พบเชื้อ *Salmonella* ในผลิตภัณฑ์ 25 กรัม แสดงดังตารางที่ 5 แสดงว่าความร้อนในระดับที่ใช้ในการผลิตเพียงพอที่จะทำลายเชื้อดังกล่าวได้

ตารางที่ 5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) และ *Salmonella* ในไข่ไก่สด และไส้กรอกไข่ขาวจากไข่ไก่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 5 และ 10 นาที

ตัวอย่าง	จุลินทรีย์ทั้งหมด(CFU/g)	<i>Salmonella spp.</i>
ไข่ขาวสด	32,000	พบ
ไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์ 5 นาที	32	ไม่พบ
ไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์ 10 นาที	< 10 ^a	ไม่พบ

^aไม่พบที่ระดับเจือจาง 10⁻¹

จากตารางที่ 6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในไข่ไก่สดเท่ากับ 32,000 CFU/g ไส้กรอกไข่ขาวหลังจากพาสเจอร์ไรส์ที่ 93 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ (< 10) แต่ไส้กรอกไข่ขาวที่ทำการพาสเจอร์ไรส์ที่ 93 °ซ เป็นเวลา 5 นาที ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 32 CFU/g เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 6±2 °ซ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และพบว่าวันที่ 90 ไส้กรอกไข่ขาวที่ทำการพาสเจอร์ไรส์ เป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณจุลินทรีย์สูงถึง 90,000 CFU/g ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์กำหนดในผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรส์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 267 พ.ศ. 2545 โดยผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์จะต้องตรวจพบแบคทีเรียไม่เกิน 10,000 CFU/ml ณ แหล่งผลิต และไม่เกิน 50,000 CFU/ml ตลอดระยะเวลาเมื่อออกจากแหล่งผลิตถึงวันหมดอายุการบริโภคที่ระบุบนฉลาก สำหรับไส้กรอกไข่ขาวที่ทำการพาสเจอร์ไรส์ เป็นเวลา 10 นาที เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 90 วัน ยังคงมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า 50,000 CFU/g ในการตัดสินใจอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์ ใช้เกณฑ์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเทียบเท่ากับนมสดพาสเจอร์ไรส์ ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรส์ไส้กรอกไข่ขาวจากไข่ไก่คือ 10 นาที

ตารางที่ 6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในไส้กรอกไข่ขาวจากไข่ไก่ ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 5 และ 10 นาที เก็บรักษาในตู้เย็นซึ่งมีอุณหภูมิ 6±2 °ซ เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	
	ไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ 5 นาที	ไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ 10 นาที
0	32	< 10 ^a
30	110	< 10 ^a
45	380	38
60	2,700	240
75	20,000	6,600
90	90,000	38,000

^a ไม่พบที่ระดับเจือจาง 10⁻¹

2. ไส้กรอกจากไข่เป็ด

2.1 การเปลี่ยนแปลงสีของไส้กรอกไข่เป็ดในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อทำการเก็บรักษาไส้กรอกไข่ขาวในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 6±2 °ซ เป็นเวลา 90 วัน ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสี L* a* และ b* ของไส้กรอกไข่ วันที่ 0 30 45 60 75 และ 90 วัน พบว่าค่าสีของไส้กรอกไข่ขาวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≥ 0.05) ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 90 วัน (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าสีของไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ด ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 10 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±2 °ซ เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	L* ¹	a* ¹	b* ¹
0	78.78 ^a ± 0.40	-3.59 ^a ± 0.08	2.20 ^a ± 0.19
30	79.15 ^a ± 1.77	-3.41 ^a ± 0.15	2.04 ^a ± 0.20
45	78.89 ^a ± 1.49	-3.55 ^a ± 0.11	2.15 ^a ± 0.30
60	77.82 ^a ± 1.75	-3.52 ^a ± 0.28	2.08 ^a ± 0.23
75	79.39 ^a ± 0.56	-3.55 ^a ± 0.18	2.01 ^a ± 0.26
90	79.09 ^a ± 0.55	-3.53 ^a ± 0.10	2.14 ^a ± 0.40

¹ เปรียบเทียบในแนวนอง ค่าที่มีตัวอักษร a b c กำกับต่างกันจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของไส้กรอกไข่พะโล้พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาจะทำให้ค่า L^* ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความสว่างลดลง เป็นลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มถึง 45 วันค่า L^* จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาจะทำให้ค่า a^* ซึ่งคือค่าที่แสดงถึงความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ค่า b^* ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ค่าสีของไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ดบรรจุในน้ำพะโล้ ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที เก็บที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	L^* ¹	a^* ¹	b^* ¹
0	$41.30^b \pm 1.60$	$14.68^a \pm 0.32$	$26.39^a \pm 0.89$
30	$41.12^b \pm 1.91$	$16.06^b \pm 0.54$	$27.15^a \pm 1.56$
45	$38.99^a \pm 0.73$	$16.68^c \pm 0.40$	$26.97^a \pm 1.54$
60	$38.94^a \pm 0.97$	$16.66^c \pm 0.32$	$25.52^a \pm 1.30$

¹ เปรียบเทียบในแนวดิ่ง ค่าที่มีตัวอักษร a b c กำกับต่างกันจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่เป็ดในระหว่างการเก็บรักษา

สำหรับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ดที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที พบว่าหลังจากเก็บรักษาในตู้เย็นซึ่งมีอุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วันนั้นจะได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามคะแนนการยอมรับยังอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก แต่ผู้ทดสอบชิมยังให้คะแนนการยอมรับในลักษณะอื่นคือ สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ด ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ก่อนและหลัง การเก็บรักษาในตู้เย็นซึ่งมีอุณหภูมิ 6±2 °ซ เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลา ในการเก็บ รักษา (วัน)	ลักษณะ ปรากฏ ¹	สี ¹	กลิ่น ¹	รส ¹	เนื้อสัมผัส ¹	การยอมรับ โดยรวม ¹
0	7.54 ^a ± 1.01	7.50 ^a ± 0.88	6.58 ^a ± 1.30	7.19 ^a ± 1.00	7.48 ^a ± 1.05	7.38 ^a ± 0.95
90	7.10 ^b ± 0.93	7.17 ^a ± 0.95	6.52 ^a ± 1.29	6.88 ^a ± 1.08	7.21 ^a ± 1.17	7.03 ^a ± 1.25

¹ เปรียบเทียบในแนวดิ่ง ค่าที่มีตัวอักษร a b c กำกับต่างกันจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

คะแนนการยอมรับในทุกลักษณะของไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ดบรรจุในน้ำพะโล้ ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≥ 0.05) แสดงดังตารางที่ 10 ถึงแม้ผู้ทดสอบจะให้คะแนนการยอมรับในด้านสีของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≥ 0.05) ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส แต่จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดสีจะพบความแตกต่างกันในด้านสีโดยผลิตภัณฑ์มีความสว่างลดลงและความแดงเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บแช่เย็นนาน 90 วัน (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ด บรรจุในน้ำพะโล้ ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ก่อนและหลังการเก็บรักษาในตู้เย็นซึ่งมีอุณหภูมิ 6±2 °ซ เป็นเวลา 90 วัน

ระยะเวลา ในการเก็บ รักษา (วัน)	ลักษณะ ปรากฏ	สี	กลิ่น	รส	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ โดยรวม
0	6.50 ^a ± 1.22	6.92 ^a ± 1.14	6.00 ^a ± 1.32	6.46 ^a ± 0.76	6.58 ^a ± 1.21	6.79 ^a ± 0.82
90	6.58 ^a ± 0.21	7.00 ^a ± 1.25	6.25 ^a ± 1.03	6.43 ^a ± 0.82	6.62 ^a ± 1.41	6.86 ^a ± 1.03

¹ เปรียบเทียบในแนวดิ่ง ค่าที่มีตัวอักษร a b c กำกับต่างกัน จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

2.3 การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ของไส้กรอกไข่เป็ดในระหว่างการเก็บรักษา

จากการตรวจหาเชื้อ *Salmonella* ในไข่แดงสด ไข่ขาวสดของไข่เป็ดนั้นพบเชื้อ *Salmonella* ในตัวอย่าง 25 กรัม แต่หลังจากนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่และผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 10 นาทีแล้วไม่พบเชื้อ *Salmonella* ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาว และไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ดบรรจุในน้ำพะโล้ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ แสดงว่าความร้อนในระดับที่ใช้ในการผลิตเพียงพอที่จะทำลายเชื้อดังกล่าวได้ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อ *Salmonella* ในไข่ขาวจากไข่เป็ดสด ไส้กรอกไข่ขาว และไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ดบรรจุในน้ำพะโล้ ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ก่อนการเก็บรักษา

ตัวอย่าง	จุลินทรีย์ทั้งหมด(CFU/g)	<i>Salmonella</i> spp.
ไข่ขาวสด	5,200	พบ
ไส้กรอกไข่ขาว	< 10 ^a	ไม่พบ
ไส้กรอกไข่ขาวในน้ำพะโล้	< 10 ^a	ไม่พบ

^aไม่พบที่ระดับเจือจาง 10⁻¹

จากตารางที่ 12 ไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ดบรรจุในน้ำพะโล้หลังผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ และเมื่อทำการเก็บรักษาในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 6±2 °ซ เป็นเวลา 90 วัน พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 138 CFU/g แสดงว่าขั้นตอนการผลิตโดยเฉพาะการบรรจุน้ำพะโล้ร้อนจัดลงไป ไส้กรอกไข่ขาว แล้วปิดผนึกถุง สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ดี และการบรรจุไส้กรอกไข่ขาวในน้ำพะโล้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการถ่ายเทความร้อนได้อย่างรวดเร็วในระหว่างการพาสเจอร์ไรส์

ตารางที่ 12 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) ในไส้กรอกไข่ขาวและไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ดบรรจุในน้ำพะโล้ ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 93 °ซ เป็นเวลา 10 นาทีและเก็บรักษาในตู้เย็นซึ่งมีอุณหภูมิ 6±2 °ซ เป็นเวลา 90 วัน

เวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ไส้กรอกไข่ขาว	ไข่พะโล้
0	< 10 ^a	< 10 ^a
30	42	< 10 ^a
45	110	< 10 ^a
60	340	< 10 ^a
75	1,400	< 10 ^a
90	4,700	138

^aไม่พบที่ระดับเจือจาง 10⁻¹

ไข่ขาวจากไข่ไก่และไข่เป็ดนำมากรองให้เป็นเนื้อเดียวกัน กรอกในไส้คอลลาเจน ผูกเป็นท่อนสั้นๆ ต้มสุก ตัดและบรรจุถุงทนความร้อน ปิดผนึกในสภาวะสุญญากาศ พาสเจอร์ไรซ์ที่ อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน หรือบรรจุไส้กรอกไข่ขาวในน้ำพะโล้ นำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่ อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน เช่นกัน เนื่องจากไข่ไข่ขาวเป็นส่วนผสมหลัก ผลิตภัณฑ์นี้จึงมีส่วนประกอบหลักคือน้ำและโปรตีน เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ควบคุมน้ำหนัก ขั้นตอนการผลิตและลักษณะผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพผนวก

การผลิตทุกขั้นตอนต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การปฏิบัติที่ดีของสุขลักษณะการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practices, GMP) อย่างเคร่งครัดเพื่อลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ จึงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค

สรุป

1. ไส้กรอกจากไข่ไก่

- ไส้กรอกไข่ขาวที่ผ่านพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 5 และ 10 นาที เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี และการยอมรับลักษณะทางประสาทสัมผัสซึ่งทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึก จำนวน 24 คน

ไส้กรอกไข่ขาวที่ผ่านพาสเจอร์ไรซ์เป็นเวลา 5 และ 10 นาที เก็บรักษาได้ 75 และ 90 วันตามลำดับ โดยที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดยังคงอยู่ในระดับที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขสำหรับผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรซ์ซึ่งปลอดภัยต่อการบริโภค

2. ไส้กรอกจากไข่เป็ด

- ไส้กรอกไข่ขาวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี และการยอมรับลักษณะทางประสาทสัมผัสซึ่งทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกจำนวน 24 คน และสามารถเก็บรักษาได้ 90 วัน โดยที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดยังคงอยู่ในระดับที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขสำหรับผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรซ์ซึ่งปลอดภัยต่อการบริโภค

- ไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ดบรรจุในน้ำพะโล้ ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาทีและเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงของสีหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 45 วัน เมื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน และในระยะเวลาดังกล่าวปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าปริมาณที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขสำหรับผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรซ์ซึ่งปลอดภัยต่อการบริโภค

3. ผลิตภัณฑ์จากไข่ขาว

ไข่ขาวจากไข่ไก่และไข่เป็ดนำมากรองให้เป็นเนื้อเดียวกัน กรอกในไส้คอลลาเจน ผูกเป็นท่อนสั้นๆ ต้มสุก ตัดและบรรจุถุงทนความร้อน ปิดผนึกในสภาวะสุญญากาศ พาสเจอร์ไรซ์ที่ อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 90 วัน หรือบรรจุไส้กรอกไข่ขาวในน้ำพะโล้

นำไปพาสเจอร์ไรส์ที่ อุณหภูมิ 93^oซ เป็นเวลา 10 นาที สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±2^oซ เป็นเวลา 90 วันเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข. 2545. ประกาศกระทรวง
สาธารณสุข, ฉบับที่ 267. เรื่องผลิตภัณฑ์ของนม.

FDA/CFSAN BAM 2001. WWW.cfsan.fda.gov/~ebam-3.html, Aerobic Plate Count. January, 2001.

FDA/CFSAN BAM 2001. WWW.cfsan.fda.gov/~ebam-5.html, Salmonella. April, 2003;
Updated September, 2005; December, 2005 and June 2006.

FDA/CFSAN BAM 2001. WWW.cfsan.fda.gov/~ebam-18.html, Yeast, molds and mycotoxins.
January, 2001.

ภาคผนวก : กรรมวิธีการทำไส้กรอกไข่ขาว



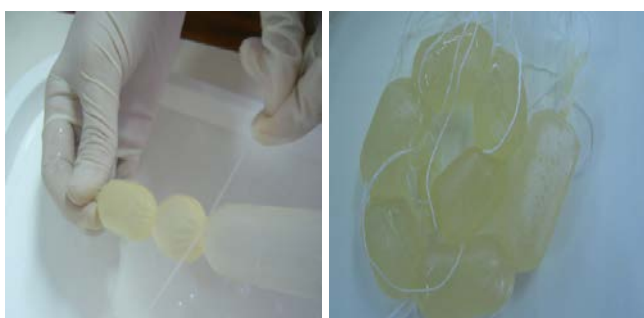
ล้างไข่และผึ่งให้แห้ง แยกไข่แดงและไข่ขาวออกจากกัน



กรองไข่ผ่านผ้าขาวบาง



กรอกไข่ที่ผ่านการกรองลงในไส้คอลลาเจน



มัดไข่ที่บรรจุในไส้ด้วยเชือก



ต้มไข่ในน้ำอุ่น 5 นาทีแล้วทำให้เย็นจากนั้นต้มในน้ำร้อนอีก 5 นาทีแล้วแช่น้ำเย็นอีกครั้ง



ทำการบรรจุในถุงโพลีโพรพีลีนและปิดผนึก



พาสเจอร์ไรซ์โดยให้ความร้อนที่ $95-100^{\circ}\text{C}$ โดยให้ถุงจมน้ำ (อุณหภูมิ 93°C 10 นาที)



(ซ้าย) ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวบรรจุถุงปิดสนิทแบบสุญญากาศผ่านการพาสเจอร์ไรซ์
(ขวา) ไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ดบรรจุในน้ำพะโล้ ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์

บทที่ 9

กระบวนการผลิตและการจัดหลักสูตรเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี

บทนำ

ไข่เป็ดมีน้ำหนักเฉลี่ย 70 กรัมต่อฟอง ประกอบด้วยไข่ขาวประมาณร้อยละ 52.6 ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง (สุวรรณ, 2519) ไข่เป็ดมีโปรตีนร้อยละ 12.81 ซึ่งใกล้เคียงกับไข่ไก่ (www.agrarian.com/homestead/ducks/eggsprimer.html, July 2005) โอวัลบูมินเป็นโปรตีนที่มีอยู่มากที่สุดในไข่ขาวเป็นฟอสโฟไกลโคโปรตีน มีซัลไฟไฮดริล 4 กลุ่ม เป็นองค์ประกอบ การจับกันของโปรตีนด้วยพันธะไดซัลไฟด์จะทำให้ได้โปรตีนแมทริกส์ที่มีความแข็งแรง (Handa et al., 1999) สามารถจับตัวกันเป็นแผ่น โปรตีนโอวัลบูมินมีค่า pI ที่ 4.5-4.6 (Gossett et al., 1984) ดังนั้น pH ของสารละลายไข่ขาวที่ต่างกัน จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพของสารละลายไข่ขาว และไข่ขาวที่ขึ้นรูปเป็นแผ่น

ผลิตภัณฑ์ขนมหวานที่ใช้ไข่แดงจากไข่เป็ดได้แก่ ทองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง เม็ดขนุน ผู้ผลิตจึงมีไข่ขาวเหลือใช้ สามารถนำไปทำขนมอื่นได้แก่ ขนมเค้ก ขนมสาลี่ เป็นต้น ขนมเหล่านี้ทำกันมากในหลายจังหวัด เช่น เพชรบุรี ชลบุรี เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีข้อจำกัดในการบริโภค คือ มีแป้งและน้ำตาลจึงให้พลังงานสูง ไม่เหมาะกับผู้ที่จะระวังเรื่องน้ำหนักตัว แต่ไข่ขาวมีไขมันและคาร์โบไฮเดรตต่ำ ไขมันประกอบด้วยกรดไขมันชนิดต่างๆซึ่งแปรตามอาหารที่เป็ดกิน โปรตีนในไข่ขาวของไข่เป็ดประกอบด้วยกรดอะมิโน 18 ชนิด ในปริมาณใกล้เคียงกับไข่ไก่ (Li-Chan และ Nakai, 1989) ปัจจุบันไข่ขาวใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ลูกกวาด ผลิตภัณฑ์จากซูริมิ (Burgarella et al., 1985a) ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป (ธวัชชัย, 2537) และมีการศึกษาการใช้ไข่ขาวจากไข่ไก่ทำเป็นแผ่นฟิล์มที่บริโภคได้ ผลจากการศึกษาเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากไข่ขาวของไข่เป็ดพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพจะผลิตเป็นการค้าสำหรับผู้ประกอบการขนาดย่อมมี 4 ชนิดคือ ใส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์ เต้าหู้แผ่นไข่ขาวอบแห้ง ทองม้วนผสมไข่ขาว และเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนไข่ขาว จึงจัดทำหลักสูตรอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี และติดตามผลหลังการอบรมเพื่อประเมินผลสำเร็จ

วิธีวิจัย

1. จัดทำผังกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้จากโครงการวิจัย และจัดหลักสูตรอบรมการทำผลิตภัณฑ์
2. ดำเนินการจดอนุสิทธิบัตรกระบวนการผลิตที่พัฒนาได้
3. ประชาสัมพันธ์เทคโนโลยี เพื่อให้ผู้สนใจได้รับทราบข้อมูลการผลิตเบื้องต้น
4. จัดอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี และ รับสมัครผู้ประกอบการที่ต้องการคำปรึกษาเพื่อนำไปผลิตจริง
5. ดำเนินการเจรจาธุรกิจระหว่างผู้ประกอบการกับสำนักงานบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถ้ามี

ผลและวิจารณ์

1. จัดทำผังกระบวนการผลิต และโปรแกรมอบรม

จากการศึกษาพบว่าไข่ขาวจากไข่เป็ดนำมาทำผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ ซึ่งผลงานวิจัยที่พัฒนาได้มีดังนี้

- 1.1 ใส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์
- 1.2 เต้าหู้ไข่ขาวอบแห้ง
- 1.3 เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากไข่ขาว

1.4 ทอแก้วผสมไข่ขาว

กระบวนการผลิต ประกอบด้วยขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน นำไปผลิตได้จริงในกลุ่มผู้แปรรูประดับครัวเรือน ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ผังการผลิตแสดงในรูปที่ 1 2 3 และ 4 ข้างล่างนี้



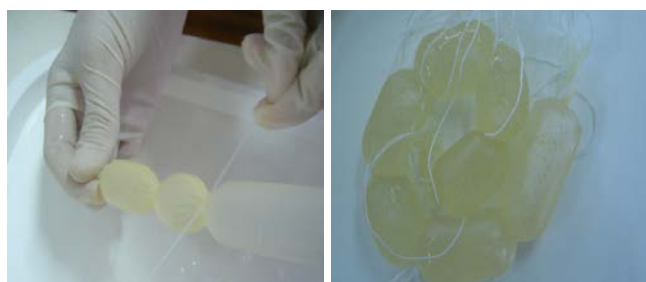
ล้างไข่และผึ่งให้แห้ง แยกไข่แดงและไข่ขาวออกจากกัน



กรองไข่ผ่านผ้าขาวบาง



กรองไข่ที่ผ่านการกรองลงในไส้คอลลาเจน



มัดไข่ที่บรรจุในไส้ด้วยเชือก



ต้มไข่ในน้ำอุ่น 5 นาทีแล้วทำให้เย็นจากนั้นต้มในน้ำร้อนอีก 5 นาทีแล้วแช่น้ำเย็นอีกครั้ง



ทำการบรรจุในถุงโพลีโพรพีลีนและปิดผนึก

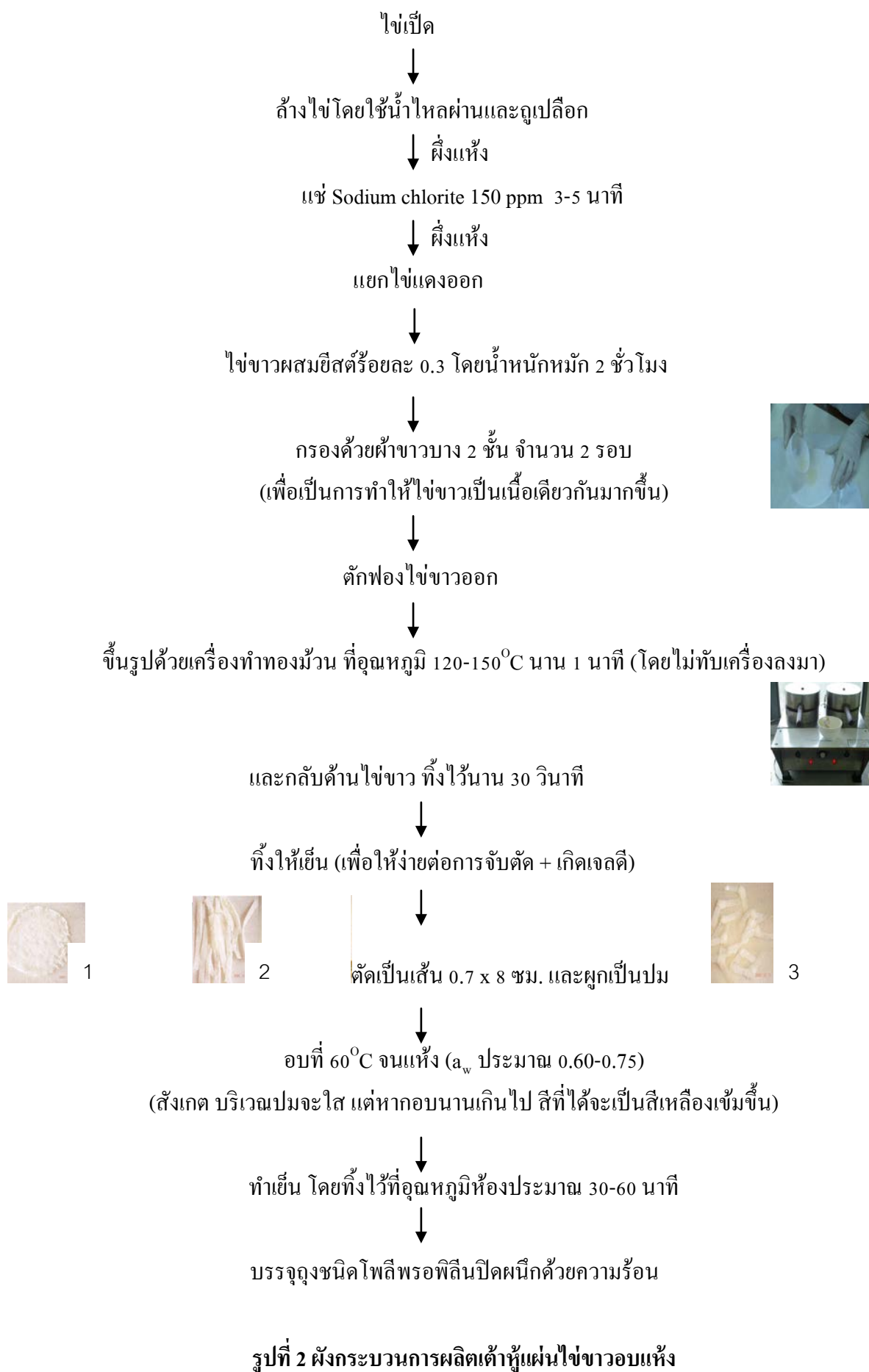


พาสเจอร์ไรซ์โดยให้ความร้อนที่ $95-100^{\circ}\text{C}$ โดยให้ถุงจมน้ำ (อุณหภูมิไข่ 93°C นาน 10 นาที)



(ซ้าย) ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวบรรจุถุงปิดสนิทแบบสุญญากาศผ่านการพาสเจอร์ไรซ์
(ขวา) ไส้กรอกไข่ขาวจากไข่เป็ดบรรจุในน้ำพะโล้ ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์

รูปที่ 1 กรรมวิธีการผลิตไส้กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์



เตรียมน้ำแป้ง (แป้งข้าวเจ้า: ไข่ขาว; น้ำ = 30:30:40)

คนให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอตั้งไว้ 3 ชั่วโมง



เทน้ำแป้งใส่ถาด



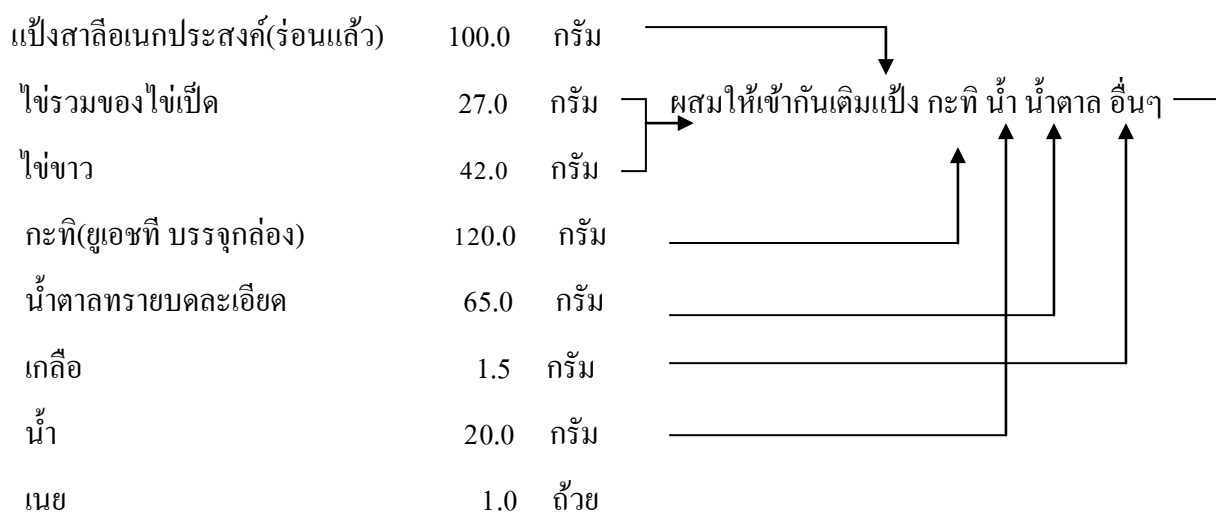
นึ่งนาน 3 นาที



รอให้เย็นจึงลอกแผ่นก้วยเตี๋ย และนำไปตัดเส้น



รูปที่ 3 ผังการผลิต เส้นก้วยเตี๋ยเสริมโปรตีนจากไข่ขาว



เครื่องทำทองม้วน

ทาเนยก่อนเทส่วนผสมลงบนพิมพ์ทองม้วน

รูปที่ 4 ผังการผลิตทองม้วน

โปรแกรมถ่ายทอดเทคโนโลยีดังนี้

เวลา	หัวข้อบรรยาย
9.30-10.30	การแปรรูปไข่ขาวจากไข่เป็ดทำผลิตภัณฑ์ไข่ขาวจากไข่เป็ด
10.30-12.00	ทำผลิตภัณฑ์จากไข่ขาว ได้แก่ ไข่กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์ เต้าหู้ไข่ขาวอบแห้ง เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากไข่ขาว ทองม้วนผสมไข่ขาว
12.00-13.00	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00-14.00	การเลือกภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร
14.00-14.30	พักรับประทานอาหารว่าง
14.30-15.30	การเน่าเสียของไข่
15.30-16.30	การปฏิบัติที่ดีในการผลิตอาหาร

2. การจดอนุสิทธิบัตรกระบวนการผลิต

ในวันที่ 14 พฤศจิกายน 2551 สำนักงานบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ยื่นขออนุสิทธิบัตรผลิตภัณฑ์จากไข่ขาว 3 เรื่อง ดังนี้

- 2.1 เต้าหู้ไข่ขาวอบแห้ง และกรรมวิธีการผลิต เลขที่คำขอ 0803001375
- 2.2 เส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมโปรตีนจากไข่ขาว และกรรมวิธีการผลิต เลขที่คำขอ 0803001374
- 2.3 ไข่กรอกไข่ขาวพาสเจอร์ไรส์ และกรรมวิธีการผลิต เลขที่คำขอ 0803001372

3. ประชาสัมพันธ์เทคโนโลยี

ได้ประชาสัมพันธ์ให้กลุ่มผู้ประกอบการที่เข้าร่วมอบรมในโครงการเทคโนโลยีอาหารสำหรับผู้ประกอบการใหม่ ซึ่งจัดโดยภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2551 โดยมีผู้แจ้งความประสงค์จะเข้ารับการอบรมหลักสูตร การทำผลิตภัณฑ์จากไข่ขาวของไข่เป็ดจำนวน 5 ราย นอกจากนั้นได้ประชาสัมพันธ์ทาง website ของคณะอุตสาหกรรมเกษตร และประชาสัมพันธ์ทางโทรศัพท์โดยติดต่อผู้ผลิตขนมหวานของไทย ทั้งนี้กำหนดจัดอบรมครั้งที่ 1 ในวันที่ 24 มกราคม 2552 และครั้งที่ 2 ในวันที่ 1 พฤษภาคม 2552

รายชื่อผู้เข้ารับการอบรมรุ่นที่ 1

1. นายกนธร จินดารักษ์ ผู้ผลิตเบเกอรี่ จังหวัดพัทลุง
2. นายเกรียงไกร ประการแก้ว ร้านก๋วยเตี๋ยว ไข่กรอก จังหวัด นนทบุรี
3. นส. เฉลิมขวัญ จันตะวงศ์ ผู้ผลิตบะหมี่ กทม.
4. นส. ชนิศรา อยู่พงษ์พิทักษ์ ผู้ผลิตบะหมี่ กทม.

5. นายชำนาญ ผาสุขจิต ผลิตภัณฑ์พื้นเมือง/ไข่เค็ม จังหวัดลำพูน
6. นส. ญาดิภา สืบตระกูล นิสิตปริญญาโท ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ ม.เกษตร
7. นส. ทิพอรุณ บุญเทียม ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ขนมปังกรอบ จังหวัดสมุทรสาคร
8. นส.เพชรรุ่ง นวมทอง ร้านอาหาร จังหวัดสุพรรณบุรี
9. นาย สมชาย ทรวศิริเดช ผลิตภัณฑ์อาหาร กทม.
10. นส. สุวิมล เชื้อชาญวงษ์ ไม่แจ้งอาชีพ
11. นส. บุญศรี บุญแก้ว ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ จังหวัด สมุทรปราการ
12. นส. ปาริชาติ สิทธิธัญนันท์ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ จังหวัด สมุทรปราการ
13. นส. พชรินทร์ ชาติธานี ไม่แจ้งอาชีพ
14. นส. วไลพร สุทธา อาจารย์สอนคหกรรม กทม.
15. นาง อรศรี มาศเสมอ ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลา กทม.

รายชื่อผู้เข้ารับการอบรมรุ่นที่ 2

1. จิตติมา สุขมงคล กลุ่มขนมไทยแม่อุ่นเรือน จังหวัดราชบุรี
2. พิมพ์กมล สุขมงคล กลุ่มขนมไทยแม่อุ่นเรือน จังหวัดราชบุรี
3. ลักขณา ธรรมโชติ กลุ่มขนมไทยบ้านหม้อ จังหวัดเพชรบุรี
4. ธนพุทธิ (ไม่ให้ข้อมูล)
5. สรวรรณ ลาวเนื่อง กลุ่มขนมไทยสามโคก จังหวัดปทุมธานี
6. สร้อยสุดา พิศาลพันธุ์ รสสุคนธ์ขนมไทย จังหวัดสมุทรปราการ
7. รุ่งอรุณ สุขทวี ร้านยุพินเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี
8. นิตยา คงศรีวิไล จังหวัดนนทบุรี
9. จิราภรณ์ อังคเรืองรัตนาร้านขนมบ้านอู่ม จังหวัดฉะเชิงเทรา
10. ลิปภาส กลิ่นนาคชนกร ขนมหม้อแกงแม่สมาน จังหวัดเพชรบุรี
11. เอริน พัฒนัชนวัชชัย ขนมไทยเก๋าน้อง กทม.
12. อรชร สกุลชาติ โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา กทม.
13. แม่ชีสาวิกา ราชสันต์ กทม.
14. มาลัยวรรณ ปูประโคน ขนมไทยเก๋าน้อง กทม.

หลังการอบรมได้ดำเนินการติดตามผลทางโทรศัพท์ พบว่า มีผู้เข้าอบรมรุ่นที่ 1 จำนวน 1 รายที่ได้
นำไปลองทำที่บ้านแต่ยังไม่ได้ทำขาย และรุ่นที่ 2 จำนวน 1 ราย ที่นำไปทำขาย เนื่องจากมีไข่ขาวเหลือทิ้งอยู่
เป็นประจำ โดยเป็นผู้ประกอบกิจการทำขนมทองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง ขนาดครัวเรือน ผลิตภัณฑ์ที่นำไป
ทำขายคือ ไข่กรอบไข่ขาว ซึ่งไม่ได้ทำเป็นผลิตภัณฑ์พาตเจอร์ไรส์ แต่ขายสดในตลาด

นอกจากนั้นได้ประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อโทรทัศน์ และสื่อสิ่งพิมพ์ และร่วมจัดนิทรรศการในงานวัน
เกษตรแห่งชาติ พ.ศ. 2552 เพื่อเผยแพร่วิธีการผลิตและรูปแบบผลิตภัณฑ์ เป็นแนวคิดให้ผู้ที่มีไข่ขาวเป็นวัสดุ
เหลือ ได้นำไปเพิ่มมูลค่าไข่ขาวที่มีอยู่

1. หนังสือพิมพ์รายวัน ไทยรัฐ ฉบับวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2552 คอลัมภ์ ข้าวเกษตร

2. หนังสือพิมพ์รายวันมติชนฉบับวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2552 คอลัมภ์ การศึกษาสู่เศรษฐกิจ
 3. หนังสือพิมพ์รายวันข่าวสดฉบับวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2552 หน้า 29
 4. นิตยสาร สร้างเงินสร้างงาน ปีที่ 5 ฉบับ 058 มีนาคม 2552
 5. โทรทัศน์ ช่อง 7 รายการตามทันเกษตร 30 มกราคม และ 2 กุมภาพันธ์ 2552
 6. บันทึกเทปโทรทัศน์รายการ เกษตรแฟร์ ออกอากาศทาง ไทยคม 5
 7. นิตยสารการในงานวันเกษตรแห่งชาติ พ.ศ. 2552 ระหว่างวันที่ 30 มกราคม- 7 กุมภาพันธ์ 2552
4. การดำเนินการเจรจาธุรกิจเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต
- เนื่องจากผู้ที่ติดต่อทางธุรกิจเป็นผู้ประกอบการผลิตระดับครัวเรือน จึงรับถ่ายทอดเทคโนโลยีไปทำแต่ยังไม่ถึงขั้นผลิตเป็นสินค้าอุตสาหกรรม จึงยังไม่เกิดการเจรจาธุรกิจ

สรุป

1. ได้จัดทำผังกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากโครงการวิจัย
2. ได้โปรแกรมอบรมเรื่องการทำผลิตภัณฑ์จากไข่ขาวของไข่เป็ดเพื่อใช้อบรมผู้ประกอบการ
3. ดำเนินการจดอนุสิทธิบัตร 3 เรื่องเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน 2551
4. มีผู้ประกอบการนำไปผลิตเป็นอาชีพ 1 ราย โดยทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวแต่ไม่ได้ทำการพาสเจอร์ไรส์

เอกสารอ้างอิง

- รัชชัย สุกวิตพัฒนา. 2537. การใช้ไข่ขาวผงในผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2519. ไข่และเนื้อไก่. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- Burgarella,J.C., T.C. Lanier and D.D. Hamann. 1985a. Effect of added egg-white or whey protein concentrate on thermal transitions in rigidity of croaker surimi. J. Food Sci. 50: 1588-1594.
- Gennadios,A., C.L. Weller, M.A. Hanna and G.W. Froning. 1996. Mechanical and barrier properties of egg albumin films. J. Food Sci. 61: 585-589.
- Gosset,P.W., S.S.H. Rizvi and R.C. Baker. 1984. Quantitative analysis of gelatin in egg-white protein systems. Food Technol. 38(5): 67-74, 96.
- Handa,A., A. Gennadios, M.A. Hanna, C.L. Weller and N. Kuroda. 1999. Physical and molecular properties of egg-white lipid films. J. Food Sci. 64: 860-864.
- Li-Chan,E. and S. Nakai. 1989. Biochemical basis for the properties of egg-white. Crit Rev Poult Biol. 8(1): 21-57.
- www.newagrarian.com/homestead/ducks/eggsprimer.html, 27 July 200

บทที่ 10

บทสรุป

1. ไช้ขาวจากไช้เป็ดมีโปรตีนประมาณร้อยละ 12 (โดยน้ำหนักเปียก) ที่เหลือส่วนใหญ่คือน้ำ มีกรดอะมิโนจำเป็นครบทุกชนิด และไช้เป็ดสดที่ซื้อจากฟาร์มมี pH ประมาณ 9.46 ความหนืด 11.94 เซนติพาส์ การปรับ pH ของไช้ขาวตั้งแต่ 2-12 ทำให้ความหนืดเปลี่ยน โดยเพิ่มและลดเป็นช่วงๆ และไช้ขาวเป็นเจลคล้ายแป้งเปียกเมื่อปรับ pH เท่ากับ 12
2. ไช้เป็ดสดเก็บนาน 4 วัน ที่อุณหภูมิห้องปกติ นำมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้โดยปรับ pH เป็น 10.5 และเติมซอร์บิทอลร้อยละ 50 ของปริมาณโปรตีนไช้ขาว เพื่อเป็นพลาสติกไซเซอร์ ให้ฟิล์มที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำดีเมื่อเทียบกับฟิล์มโปรตีนชนิดอื่น เช่น เวย์โปรตีน โปรตีนถั่วเหลือง แต่มีสมบัติป้องกันออกซิเจนต่ำกว่าฟิล์มดังกล่าว สารละลายไช้ขาวซึ่งเตรียมตามสูตร ที่ใช้ทำฟิล์มอาจใช้เป็นสารเคลือบอาหารที่มีความชื้นต่ำได้ แต่ข้อจำกัดคือดูความชื้นจากบรรยากาศ ทำให้ผิวนอกและ จึงจำเป็นต้องใช้สารเคลือบชนิดอื่นร่วมด้วย
3. ไช้ขาวไช้เป็ดนำมาทำเป็นเต้าหู้แผ่นอบแห้งได้ โดยใช้ไช้ขาวล้วนหรือผสมพืชผักเพื่อปรับแต่ง กลิ่นรส และคุณค่าทางอาหาร เก็บได้นาน 3 เดือน โดยลดการเปลี่ยนแปลงของสีผลิตภัณฑ์ด้วยการเติมยีสต์ผงแห้งในไช้ขาวที่ระดับไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.3 หมักนาน 3 ชั่วโมง จึงนำไป ขึ้นรูปเป็นแผ่นต่อไป
4. การศึกษาอายุการเก็บของทองม้วน พบว่าค่าความชื้นวิกฤตของทองม้วนเท่ากับร้อยละ 2.90 ทองม้วนที่บรรจุถุง OPP มีอายุการเก็บเพียง 5 สัปดาห์ ในขณะที่การบรรจุในซอง OPP/Met.CPP สามารถเพิ่มอายุการเก็บได้อย่างน้อย 22 สัปดาห์หรือประมาณ 5 เดือน และพบว่าการเสื่อมเสียคุณภาพของทองม้วนขึ้นกับความชื้นมากที่สุด เนื้อสัมผัสหรือความกรอบคือลักษณะคุณภาพที่กำหนดอายุการเก็บของทองม้วน ส่วนกลิ่นหืนหรือการสูญเสียกลิ่นหอมของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยรองลงมา ดังนั้นการเพิ่มอายุการเก็บของทองม้วนต้องเลือกใช้วัสดุบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีมาก
5. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากไช้ขาวของไช้เป็ดสามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์ทองม้วน โดยการเติมไช้ขาวเข้าไปทดแทนไขมัน ในสัดส่วนต่างๆ โดยสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด คือ ทองม้วนสูตรไช้รวม : ไช้ขาว 50:50 รองลงมา คือ สูตรไช้รวม : ไช้ขาว 75:25 สูตรไช้ขาวร้อยละ 100 และสูตรไช้รวมร้อยละ 100 ตามลำดับ ในการปรับรสชาติทองม้วนโดยเปรียบเทียบรสพิททอง รสถั่วแดง รสสับปะรด พบว่ารสชาติที่ผู้บริโภคชอบตามลำดับจากมากไปน้อยคือ รสพิททอง รสถั่วแดง และรสสับปะรด โดยสำหรับรสถั่วแดง ถ้าสามารถทำให้ลักษณะปรากฏดูน่ารับประทานยิ่งขึ้น ก็สามารถนำมาผลิตเพื่อจำหน่ายได้เช่นกันเนื่องจากผู้บริโภคให้การยอมรับในด้านอื่นค่อนข้างดีเทียบเท่ากับรสพิททอง ปริมาณความชื้นของทองม้วน สูตรไช้รวมร้อยละ 100 มีค่ามากกว่าสูตรไช้รวม : ไช้ขาว 50:50 รสพิททอง โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.37 และ 4.04 ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีนของทองม้วนสูตรไช้รวมร้อยละ 100 มากกว่าสูตรไช้รวม : ไช้ขาว 50:50 รสพิททองโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 12.17 และ 11.47 ตามลำดับ ข้อดีของทองม้วนสูตรไช้รวม : ไช้ขาว 50:50 ในด้านสุขภาพ คือสามารถลดปริมาณไขมันในทองม้วนได้บางส่วน และลดปริมาณคอเลสเตอรอลลงครึ่งหนึ่ง ส่วนในด้านคุณภาพและการเก็บรักษา คือ สามารถคงความกรอบได้นานกว่าทองม้วนสูตรไช้รวมร้อยละ 100 การเติม

พักทองไปในสูตรไข่วรรณ : ไข่ขาว 50:50 จะทำให้คงความกรอบได้น้อยลง แต่ยังคงรักษาความกรอบได้ดีกว่าสูตรไข่วรรณร้อยละ 100

6. การเสริมไข่ขาวในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่าการเพิ่มปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนที่มากขึ้น(ร้อยละ 0 10 20 30 40 50) จะทำให้สีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมืดลงมากขึ้น และมีกลิ่นของไข่ขาวมากขึ้น สำหรับความยืดหยุ่น การใช้ปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวในสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้ความยืดหยุ่นของเส้นก๋วยเตี๋ยวลดลง ในการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม พบว่าผู้ทดสอบมีความชอบเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการเสริมไข่ขาวร้อยละ 30 ไม่แตกต่างจากเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่มีการเสริมไข่ขาว ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการเสริมไข่ขาวร้อยละ 50 ผู้ทดสอบมีความชอบน้อยกว่าก๋วยเตี๋ยวเสริมไข่ขาวร้อยละ 30 และไม่เสริมไข่ขาว เส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีปริมาณความชื้นและโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเสริมไข่ขาวมากขึ้น ซึ่งโปรตีนในเส้นก๋วยเตี๋ยวจะเพิ่มเป็นสองเท่าจากเส้นก๋วยเตี๋ยวปกติเมื่อมีการใส่ไข่ขาวร้อยละ 30 โดยมีโปรตีนเท่ากับร้อยละ 4.80 (น้ำหนักเปียก)

7. การทำให้สุกของไข่ขาว จากไข่ไก่และไข่เป็ดทำได้โดยนำไข่ขาวมากรองผ่านผ้าขาวบางเพื่อให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน กรอกในไส้คอลลาเจน ผูกเป็นท่อนสั้นๆ ต้มสุก ตัดและบรรจุถุงทนความร้อน ปิดผนึกในสภาวะสุญญากาศ นำไปพาสเจอร์ไรส์ที่ อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±2°C เป็นเวลา 90 วัน หรือบรรจุไส้กรอกไข่ขาวในน้ำพะโล้ นำไปพาสเจอร์ไรส์ที่ อุณหภูมิ 93°C เป็นเวลา 10 นาที สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±2°C เป็นเวลา 90 วันเช่นกัน ผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และควบคุมการปฏิบัติถูกสุขลักษณะตาม GMP มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ดีปลอดภัยต่อการบริโภค

8. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต ผลิตภัณฑ์ไข่ขาวจากไข่เป็ด จัดอบรม 2 ครั้ง มีผู้นำไปประกอบธุรกิจเพียง 1 ราย โดยทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวทำขายรายวันในตลาดสด