การพัฒนากรรมวิธีผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุในรีทอร์ทเพาช์

Process Development of Fried Rice with Shrimp in Retortable Pouch

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีพื้นฐานเศรษฐกิจทางเกษตรกรรม และมีข้าวเจ้าเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้ประเทศอย่างมาก สามารถแบ่งการใช้ประโยชน์จากข้าวเจ้าออกเป็น 4 ส่วนคือ การบริโภคโดยตรงในประเทศ การใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป การส่งออก และการเก็บไว้ทำพันธุ์ (ไพบูลย์และคณะ, 2537) แต่ปัจจุบันมีปัญหาราคาข้าวตกต่ำอันเนื่องจากมีปริมาณข้าวส่วนเกินสูง และได้มีการศึกษาของสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทยในปี 1995 ชี้ให้เห็นว่าปัญหาดังกล่าวเกิดจากลักษณะการดำเนินชีวิตของประชากรที่เปลี่ยนไป การเพิ่มขึ้นของรายได้ การขยายตัวของชุมชนเมือง และการแข่งขันในตลาดโลกที่สูงขึ้น ต่อมาในปี 1997 สถานการณ์ข้าวดีขึ้นแต่ยังควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อให้มีความหลากหลายของการใช้ประโยชน์และช่วยให้ข้าวมีมูลค่าสูงขึ้น เช่นเดียวกับกุ้งที่มีปัญหาเรื่องสารตกค้างพวก Chloramphenicol เข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ผู้บริโภคไม่มั่นใจที่นำไปรับประทาน และปัญหาการถูกกีดกันทางการค้า จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาข้าวเจ้าให้อยู่ในรูปของสินค้าอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูปที่ใช้ระยะเวลาในการเตรียมก่อนบริโภคน้อย เก็บรักษาได้นาน มีคุณค่าทางอาหารครบถ้วน ประกอบกับในปัจจุบันอาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์กำลังได้รับความนิยมในหมู่ผู้บริโภคแทบทุกประเภท โดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และประเทศทางแถบยุโรป เนื่องจากความสะดวกในการเตรียมเพื่อบริโภค ส่วนประเทศไทยมีการส่งออกอาหารเพื่อใช้เป็นอาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์อื่นๆ เป็นส่วนใหญ่ แต่การผลิตอาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ของไทยยังมีการกระจายออกสู่ตลาดเพียงเล็กน้อยโดยผู้ผลิตที่มีอยู่น้อยราย เนื่องจากความไม่พร้อมในด้านของวัสดุอุปกรณ์ การผลิตในการเก็บรักษาและการเตรียมก่อนการบริโภค เช่นหม้อฆ่าเชื้อที่มีขนาดใหญ่พอ เตาอบไมโครเวฟ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ดีพอ ประกอบกับการขาดการส่งเสริมการตลาด ทำให้อาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ในประเทศไทยยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งในรีทอร์ทเพาช์ (Retort pouch) เนื่องจากการนำเทคโนโลยีการสเตอริไลซ์สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ให้เกิดช้าลงหรือยับยั้งไม่ให้เกิดขึ้นได้ เนื่องจากในกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารจะต้องให้ความร้อนเท่าที่จำเป็นสำหรับการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยมีการทำลายรสชาติอาหารน้อยที่สุด การทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ในอาหารกระป๋อง กำหนดให้ใช้เวลาการให้

ความร้อนที่ 250 °ฟ (121.1°ซ) ที่เรียกว่าค่า F_0 มากกว่า 3 นาที (Sharma *et al*., 2000) แต่อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของอาหาร ทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาได้นาน ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะนึ่งฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยคำนึงถึงรสชาติ เนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไปจากการให้ความร้อน นอกจากนี้ยังสนใจศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอาหารภายหลังการเก็บอาจเนื่องมาจากอากาศในรีทอร์ทเพาช์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภครวมทั้งรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์

2. ศึกษาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์

3. ศึกษาผลของการลวกข้าว และการลวกกุ้ง ต่อคุณภาพของข้าวผัดกุ้งในรีทอร์ทเพาช์

4. ศึกษาสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์

5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศออกจากภาชนะบรรจุ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศในระหว่างการเก็บรักษา

การตรวจเอกสาร

ปัจจุบันอาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์เริ่มเข้ามามีบทบาทในประเทศไทยตามการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากประชาชนมีกำลังซื้อและมีเทคโนโลยีเข้ามาอำนวยความสะดวกเช่น เตาอบไมโครเวฟ หรือกระทะแบบไม่ใช้น้ำมันประเภทเทฟล่อน รวมทั้งหม้อนึ่งความดัน ทำให้ผู้บริโภคได้รับความสะดวกสบายในการบริโภคมากขึ้น ทำให้ประเทศไทยมีความพร้อมสำหรับการแข่งขันในธุรกิจอาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์มากขึ้นตามลำดับ (ศูนย์พาณิชยกรรมแฟรงเฟิร์ต, 2536)

1. อาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์

การสเตอริไลเซชั่นเป็นกระบวนการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและเวลานานเพียงพอที่จะทำให้อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและทำลายจุลินทรีย์หรือสปอร์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเน่าเสียซึ่งสามารถเจริญในอาหารได้ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาตามปกติ การใช้ความร้อนที่รุนแรงระหว่างการสเตอริไลเซชั่นอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท (hermetical seal) ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพทางโภชนาการและประสาทสัมผัสอาหาร จึงจำเป็นที่ต้องมีหลักเกณฑ์ในการเลือกอุณหภูมิและเวลาให้เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในระดับนี้เรียกว่า การฆ่าเชื้อทางการค้า (commercial sterilization) ซึ่งเพียงพอที่จะทำลายเชื้อและสปอร์ของ *Clostridium botulinum* จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคทุกชนิด จุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษ จุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ซึ่งทนความร้อนรวมถึงจุลินทรีย์ซึ่งก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารภายใต้สภาพดำเนินการและเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ (USFDA, 1997)

ในการทำผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิทจำเป็นต้องศึกษาด้านต่างๆ ดังนี้

1.1 ความเป็นกรดด่างของอาหาร

ในทางวิทยาศาสตร์การอาหารวิธีการถนอมรักษาอาหารไว้ในภาชนะบรรจุปิดสนิทขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรดด่างของอาหาร ซึ่งสามารถแบ่งอาหารตามลักษณะค่าความเป็นกรดด่าง ออกเป็น 2 กลุ่ม (Kautter *et al.*, 1992) คือ

อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid foods) หมายถึง อาหารที่มีค่าความเป็นกรดด่างมากกว่า 4.5 ขึ้นไปและจะมีค่า water activity มากกว่า 0.85 ยกเว้นในผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศและเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์บางชนิด

อาหารที่มีความเป็นกรด (acid foods) หมายถึง อาหารที่มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.5 หรือน้อยกว่าซึ่งส่วนใหญ่จะได้แก่อาหารหมักดอง ผลไม้และน้ำผลไม้ชนิดต่างๆ

การให้ความร้อนที่อุณหภูมิร่วมกับเวลาแตกต่างกันนั้น ขึ้นกับความเป็นกรดด่างของอาหารเนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ไม่สามารถเจริญได้ที่ความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 3.7 การให้ความร้อนแก่อาหารที่เป็นกรดสูงจึงเป็นเพียงทำลายจุลินทรีย์ที่เจริญได้ และก่อให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ยีสต์และรา ส่วนอาหารที่มีความเป็นกรดด่างประมาณ 4.5 จำเป็นต้องพิจารณาถึงปริมาณความร้อนที่สามารถทำลายแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ และก่อให้เกิดอันตรายเมื่อบริโภค (Sikorski, 1990)

1.2 การไล่อากาศออกจากภาชนะบรรจุ

อาหารที่บรรจุกระป๋องก่อนการปิดผนึกต้องผ่านการไล่อากาศเพื่อลดปริมาณออกซิเจนในอาหารและภาชนะบรรจุที่อยู่ในส่วน headspace (ช่องว่างระหว่างฝากระป๋องกับอาหาร) ถ้าปริมาณอากาศที่อยู่ใน headspace มีมากเกินไป อาจทำให้กระป๋องบวม เนื่องจากอากาศเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวในระหว่างการฆ่าเชื้อ เนื่องจากอากาศตรง headspace และอาหารเกิดการขยายตัวพร้อมๆกัน ถ้าฝากระป๋องไม่สามารถทนแรงดันที่เกิดขึ้นได้ก็จะทำให้บวม หรือ ระเบิดได้ในขณะฆ่าเชื้อ นอกจากนั้นเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอาหาร เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างออกซิเจนที่เหลืออยู่ภายในกระป๋องกับไขมันที่อยู่ภายในอาหาร ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ (Aurand and Woods, 1973) ซึ่งการไล่อากาศออกจากผลิตภัณฑ์สามารถทำได้หลายวิธีเช่น บรรจุอาหารในขณะที่อาหารร้อนจัด วิธีดูดอากาศออกจากอาหารด้วยปั๊มดูดอากาศ หรือวิธีนึ่งอาหารที่บรรจุในกระป๋องแล้วเพื่อใช้ไอน้ำไล่อากาศภายในภาชนะบรรจุออกไปด้วยวิธีไล่อากาศด้วยไอน้ำ (Fellows, 2000)

1.3 กระบวนการให้ความร้อนขั้นต่ำ (minimum thermal process)

ในการฆ่าเชื้อบางครั้งไม่สามารถใช้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร เนื่องจากความร้อนจะรุนแรงมากจนทำให้คุณภาพของอาหารเสียไป โดยมีลักษณะปรากฏและกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้กระบวนการให้ความร้อนขั้นต่ำ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ การให้ความร้อนเช่นนี้เรียกว่าเป็นสภาวะการให้ความร้อนกับอาหารในสภาพปลอดเชื้อเชิงการค้า (commercial sterilization) ซึ่งหมายถึง การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปอาหารที่สามารถทำลายเชื้อและสปอร์ของ *Clostridium botulinum* จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค จุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษ จุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ซึ่งทนความร้อน รวมถึงจุลินทรีย์ซึ่งก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารภายใต้สภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (USFDA, 1997)

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในอาหารที่สำคัญ คือ อัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยังจุดที่ร้อนช้าสุดในอาหารและคุณสมบัติในการทนทานต่อความร้อนของสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร (ประภาศรี, 2547)

อัตราเร็วของปริมาณความร้อนที่แทรกผ่านไปยังจุดร้อนช้าที่สุดในอาหาร ทำให้ทราบว่า ต้องใช้เวลาเท่าไรที่ทำให้อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าและภาชนะมีอุณหภูมิสูงเท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการผลิตจริง ซึ่งในการทดลองต้องใช้สภาวะที่เลวร้ายในการผลิต เช่น น้ำหนักบรรจุมากที่สุด อัตราส่วนผสมที่มีความเข้มข้นมากที่สุด เป็นต้น

คุณสมบัติการทนทานต่อความร้อนของสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารทำให้ทราบถึงอุณหภูมิและปริมาณความร้อนที่ต้องการทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร เช่น *C. botulinum* และการทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบนั้นๆ อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำบางครั้งอาจใช้กระบวนการฆ่าเชื้อ โดยมีเป้าหมายเพื่อทำลายสปอร์ของแบคทีเรียตัวอื่นที่ทนความร้อนได้มากกว่า *C. botulinum* ที่สำคัญคือ *Bacillus stearothermophilus* (FS 1518) สปอร์ของแบคทีเรียตัวนี้จะทนความร้อนสูงมากกว่าสปอร์ของ *C. botulinum* ถึง 20 เท่า

การแปรรูปอาหารสเตอริไลซ์เพื่อให้ปลอดภัยสำหรับการบริโภค ต้องมีการทดสอบเกี่ยวกับการกระจายความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (temperature distribution test, TD) เพื่อกำหนดกระบวนการไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อ หรือขั้นตอนการฆ่าเชื้อและศึกษาการแทรกผ่านความ

ร้อนในอาหาร (heat penetration test, HP) และกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำจะต้องถูกกำหนดให้ได้รับความร้อนอย่างน้อยในสภาพปลอดเชื้อเชิงการค้า

1.4 อัตราการส่งผ่านความร้อน (rate of heat penetration)

การถ่ายเทความร้อนของอาหารแต่ละชนิดจะไม่เท่ากันโดยอาหารที่มีลักษณะเป็นของแข็งจะมีการส่งผ่านความร้อนแบบการนำความร้อน (conduction) ส่วนการพาความร้อน (convection) เกิดจากการเคลื่อนที่ของของเหลวที่อยู่ในอาหารซึ่งเกิดได้เร็วกว่าอาหารแข็ง ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหารเป็นสำคัญ

Holdsworth (1997) กล่าวว่า ปัจจัยที่สำคัญของการส่งผ่านความร้อนเข้าไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหาร ได้แก่

1.4.1 ส่วนประกอบของอาหารที่มีน้ำมันหรือน้ำตาลเป็นองค์ประกอบจะส่งผ่านความร้อนช้ากว่าอาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ

1.4.2 ขนาดของชิ้นอาหาร ชิ้นอาหารขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนานกว่าชิ้นเล็ก

1.4.3 ขนาดและรูปร่างภาชนะบรรจุ ที่มีขนาดใหญ่จะใช้เวลานานต่อการที่จะให้ความร้อนส่งผ่านเข้าสู่จุดกึ่งกลางของภาชนะบรรจุ

1.4.4 อุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอาหารและตัวกลางให้ความร้อนที่สูงกว่าจะให้การส่งผ่านความร้อนที่เร็วกว่า

1.4.5 น้ำหนักอาหารในภาชนะบรรจุที่มากเกินไปมีผลทำให้อัตราการส่งผ่านความร้อนลดลง

1.4.6 สุญญากาศและช่องว่างเหนืออาหาร ผลิตภัณฑ์ที่มีช่องว่างเหนืออาหารไม่เพียงพอ อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสภาวะการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ

1.4.7 วัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ อัตราการส่งผ่านของความร้อนผ่านภาชนะบรรจุที่ทำจากโลหะจะเร็วกว่าภาชนะบรรจุที่ทำจากแก้วหรือพลาสติก

1.5 ความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ (heat resistance of microorganisms)

โดยทั่วไปจุลินทรีย์จะมีความทนทานต่อความร้อนในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำมากกว่าในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ *C. botulinum* สามารถเจริญและผลิตสารเอ็กโซทอกซิน (exotoxin) ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท ส่วนอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (ค่าความเป็นกรดด่างน้อยกว่า 3.7) แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ไม่สามารถเจริญ จึงสามารถใช้จุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น ยีสต์ หรือเอนไซม์ที่ทนความร้อนเป็นตัวกำหนดเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อน ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีสภาพความเป็นกรดด่างต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีความเป็นกรดด่างต่างๆ

ชนิดของอาหารและแบคทีเรีย	D_{250} (นาที)	Z (^{0}F)
Low-acid and medium-acid (pH>4.5)		
Thermophiles (spores)		
Flat-sour (*B. stearothermophilus*)	4.0-5.0	14-22
Gaseous-spoilage (*C. thermosaccharolyticum*)	3.0-4.0	16-22
Sulfide stinkers (*C. nigrificans*)	2.0-3.0	16-22
Mesophiles (spores)		
Putrefactive anaerobes		
C. botulinum (type A and B)	0.1-0.2	14-18
C. sporogenes (including P.A.3679)	0.1-1.5	14-18
Acid-foods (pH 4.0-4.5)		
Thermophiles (spores)		
B. coagulans (Facultative mesophile)	0.01-0.07	14-18
Mesophiles (spore)	D_{212} (นาที)	Z (^{0}F)
B. polymyxa and *B. macerans*	0.1-0.5	12-16
Butyric anaerobes (*C. pasterianum*)	0.1-0.5	12-16
High-acid foods (pH≤4.0)		
Mesophilic non-spore forming	D_{150} (นาที)	Z (^{0}F)
Lactobacillus spp., *Leuconostoc* spp., and yeasts and molds	0.5-1.0	8-10

ที่มา: Stumbo (1973)

ค่าที่เกี่ยวข้องในการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนมีดังนี้

1.5.1 ค่า D (decimal reduction time หรือ death rate constant)

หมายถึง เวลา (นาที) ที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ไปร้อยละ 90 ของปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิม ณ อุณหภูมิหนึ่ง ข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟความอยู่รอด (survivor cure) บนกระดาษเซมิล็อกโดยพลอทระหว่าง $\log_{10}$ ของจำนวนเชื้อที่อยู่รอด (survivor) บนแกนล็อก (แกนY)

และเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิหนึ่งๆ บนแกนธรรมดา (แกนX) กราฟที่ได้จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง จุลินทรีย์ที่มีค่า D สูงจะทนทานต่อความร้อนสูงกว่าจุลินทรีย์ที่มีค่า D ต่ำ ซึ่งค่า D หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$D = \frac{t}{Log\ N_0 - Log\ N_t}$$

เมื่อ t = เวลา (นาที)

N_0 = ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น

N_t = ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t นาที

Pflug *et al.* (1981) ได้กำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ กับค่าD ดังนี้

จุลินทรีย์ทนทานต่อความร้อนสูงมาก (extremely high heat resistance) เช่น *B. stearothermophilus* ค่า $D_{250} > 1.0$

จุลินทรีย์ทนทานต่อความร้อนสูง (high heat resistance) เช่น *C. botulinum* ค่า $D_{250} > 0.1$

จุลินทรีย์ที่ทนทานต่อความร้อน (heat resistance) เช่น *B. coagulans* ค่า $D_{250} > 0.01$

จุลินทรีย์ที่ไม่ทนทานต่อความร้อน (not heat resistance) ค่า $D_{250} \leq 0.01$

1.5.2 ค่า Z (Z value)

หมายถึง จำนวนองศาเซลเซียส (^{o}ซ) หรือองศาฟาเรนไฮท์ (^{o}ฟ) ที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 1 วงจรล็อก หรือ 10 เท่า ค่า Z ได้จากการสร้างกราฟเวลาที่ทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนโดยพลอทระหว่างค่า D ของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง (บนแกนล็อก) กับอุณหภูมิต่างๆ ที่ใช้ฆ่าเชื้อ (บนแกนธรรมดา) จะได้กราฟเป็นเส้นตรงเรียกว่า thermal death time curve (TDT)

1.5.3 ค่า F (sterilizing value)

หมายถึง ระยะเวลาเป็นนาทีที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนด การใช้ค่า F จำเป็นต้องระบุอุณหภูมิ (process temperature) ที่ใช้และค่า Z ของจุลินทรีย์ที่เป็นเป้าหมาย โดยปกติจะใช้สัญลักษณ์ย่อเป็น F_0 อุณหภูมิที่ใช้อ้างอิงมาตรฐาน คือ 250 องศาฟาเรนไฮท์ หรือ 121.1 องศาเซลเซียส ค่า Z มีค่าเท่ากับ 18 องศาฟาเรนไฮท์ หรือ 10 องศาเซลเซียส ซึ่ง F_0 มีค่าเท่ากับ 2.52 นาที คือ เวลาที่ต้องการลดสปอร์ *C. botulinum* จาก 10^{12} ให้เหลือ 10^0 หรือเรียกว่า 12D คอนเสพท์ (concept) ค่า F มักเรียกว่า process lethality เมื่อต้องการเปรียบเทียบกระบวนการให้ความร้อนที่แตกต่างกันสามารถแสดงค่าอุณหภูมิอื่นเป็นค่า F ที่อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐานเช่น 250 องศาฟาเรนไฮท์

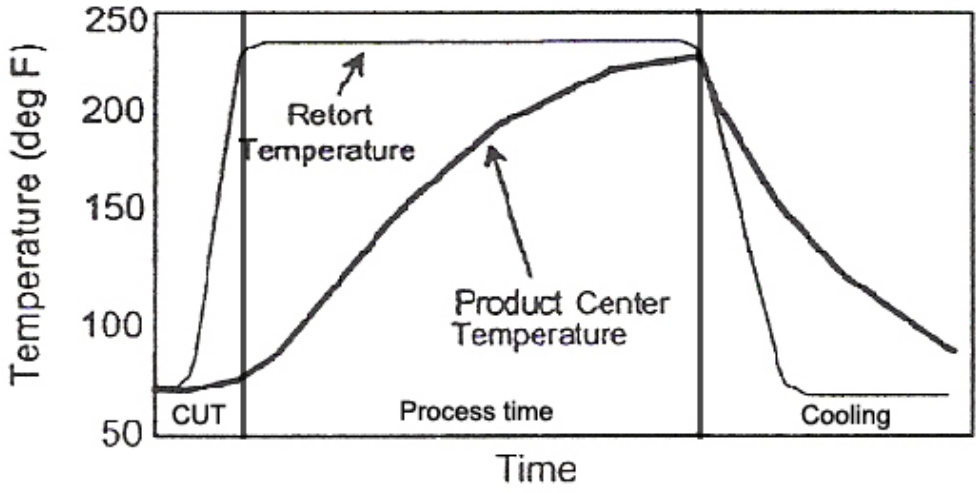
$$\text{Lethal Rate} = 10^{(CT-250)/Z}$$

เมื่อ CT = อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดในภาชนะบรรจุ

การคำนวณค่า F_0 ต้องใช้ข้อมูลของอุณหภูมิและเวลาที่ได้จากการถ่ายเทความร้อนที่จุดร้อนช้าที่สุด ขั้นตอนการดำเนินการและปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีดังนี้ คือ

1.5.3.1 การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิขณะฆ่าเชื้อ โดยนำชิ้นอาหารมาเสียบกับเทอร์โมคับเบิล ที่มีสายต่อเข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ วัดอุณหภูมิภายในภาชนะบรรจุให้ตรงกับจุดร้อนช้าที่สุด ถ้าในภาชนะบรรจุที่เป็นถุงที่วางในแนวนอน จุดร้อนช้าที่สุดเป็นบริเวณกึ่งกลางความหนาของถุง

1.5.3.2 การเปลี่ยนแปลงขณะฆ่าเชื้อ ในสภาวะการฆ่าเชื้อในเครื่องฆ่าเชื้อประกอบไปด้วย ช่วงของการเพิ่มอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อ (come up time, CUT) ช่วงการให้ความร้อน (process time) และช่วงของการทำให้อาหารเย็น (cooling) ซึ่งผลของการติดตามอุณหภูมิในผลิตภัณฑ์และเครื่องฆ่าเชื้อ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์และเครื่องฆ่าเชื้อ
ที่มา: Larousse and Brown (1997)

1.5.3.2.1 ช่วงเวลาจากเริ่มให้ความร้อนแก่น้ำร้อนจนถึงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อสูงถึงอุณหภูมิที่กำหนดเรียกว่า come up time การควบคุมแรงดัน เพื่อไม่ให้น้ำร้อนเปลี่ยนแปลงไปเป็นไอน้ำเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการควบคุมการทำงานในหม้อฆ่าเชื้อชนิด hot water spray ความดันที่ใช้ควบคุมแรงดัน จะมาจากแรงดันลมจากภายนอก

1.5.3.2.2 ช่วงการให้ความร้อน เป็นช่วงของการควบคุมอุณหภูมิ และเวลาให้เป็นไปตามที่กำหนด โดยการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบหลอดแก้ว (M.I.G. thermometer) ตลอดการฆ่าเชื้อ เวลาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมได้จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน (heat penetration test) และการคำนวณ

1.5.3.2.3 การทำให้อาหารเย็น หลังจากปิดน้ำร้อนเข้าเครื่องฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ภายหลังการฆ่าเชื้อ ควรถูกทำให้เย็นลงทันที เพื่อให้เกิด microbial shock ทำให้สปอร์ของจุลินทรีย์เสื่อมความสามารถในการเจริญ และรักษาคุณภาพของอาหารไม่ให้อาหารสุกเกินไป ระหว่างนี้ความดันในถุงอาหารจะสูงกว่าภายนอก จึงยังต้องใช้แรงดันลมจากภายนอกเพื่อควบคุมไม่ให้ถุงอาหารพองจนแตกได้

1.6 การคำนวณเวลาในการให้ความร้อน (thermal process calculations for canned foods)

การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและคำนวณ F_0 สามารถคำนวณได้หลายวิธี

วิธีหนึ่งคือ การนำข้อมูลที่ได้จากกราฟเวลาที่ทำลายเชื้อด้วยความร้อน (TDT curve) และข้อมูลการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในภาชนะบรรจุ (heat penetration data) ในแต่ละช่วงเวลาให้ความร้อนมาคำนวณหาอัตราการทำลาย (lethal rate) แล้วนำไปพลอทกับเวลาของกระบวนการฆ่าเชื้อ การคำนวณหาค่า F_0 ทำได้โดยการอินทิเกรทพื้นที่ใต้กราฟตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการฆ่าเชื้อ (Ball and Olson, 1957) ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูป มาใช้เพื่อหาค่า F_0

$$\text{Lethal Rate} = 10^{(CT-250)/Z}$$

$$F_0 = \Sigma\,(t_{CT}\,10^{(CT-250)/Z})$$

เมื่อ CT = อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดในภาชนะบรรจุ

t_{CT} = ช่วงเวลาที่อาหารมีอุณหภูมิที่ CT

วิธีที่สองคือ นำข้อมูลอุณหภูมิและเวลามาใช้คำนวณตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความร้อน ซึ่งนำไปใช้คำนวณหาค่า F_0 หรือ processing time ภายใต้สมมุติฐานที่กำหนดไว้ แม้ว่า heat penetration curve ของอาหารไม่สม่ำเสมอมีลักษณะเป็น broken heating curve ก็สามารถพัฒนาปรับปรุงข้อมูล broken heating curve ให้เป็นสมการเส้นตรงในกราฟ semi log แล้วนำค่าต่างๆ ที่ได้ไปคำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิตที่ควรจะเป็น การเปลี่ยนแปลง processing temperature หรือขนาดของภาชนะบรรจุนั้นสามารถคำนวณ processing time ที่เหมาะสมใหม่ได้ โดยไม่ต้องทำการทดลองใหม่ทุกครั้ง

วิธีที่สามคือ เป็นวิธีที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว และใช้เมื่ออาหารในบรรจุภัณฑ์นั้นมี heat penetration curve เป็นเส้นตรง วิธีเหล่านี้หาเวลาในการฆ่าเชื้อได้โดยผู้ใช้จำเป็นต้องรู้ค่าเฉพาะบางอย่าง เช่น ค่าของ z ในเส้น กราฟของการทำลายด้วยความร้อนถ้าเป็นเชื้อ *C. botulinum* จะมีค่าเท่ากับ 18 องศาฟาเรนไฮท์

1.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารสเตอริไลซ์

อาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงและเวลานานมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของอาหารซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสารอาหารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1.7.1 สีของผลิตภัณฑ์ ความร้อนส่งผลโดยตรงต่อเม็ดสีในอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อบรรจุกระป๋อง oxymyoglobin จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลของ metmyoglobin เมื่อถูกความร้อนในส่วนผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง สีของคลอโรฟิลด์จะถูกเปลี่ยนเป็น phaeophytin ทำให้สีของผักผลไม้มีสีเขียวคล้ำขึ้น (Pearson and Dutson, 1997)

1.7.2 กลิ่นรสและรสชาติของอาหารที่ผ่านความร้อนจะเกิดปฏิกิริยา เช่น pyrolysis, deamination และ decarboxylation ของกรดแอมิโน และการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ ได้แก่ เมลลาร์ด (Maillard) เมื่อน้ำตาลแอลโดส หรือ คีโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ได้รับความร้อนในภาวะที่มีน้ำ (a_w > 0.2) กับเอมีนจะทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ มากมายหลายชนิด ซึ่งมีผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของอาหาร และอาจเป็นสิ่งที่พึงประสงค์หรือไม่พึงประสงค์ก็ได้ ปฏิกิริยาเหล่านี้จะเกิดขณะทอด อบ ปิ้ง ย่าง หรือระหว่างการเก็บรักษาอาหาร น้ำตาลรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับหมู่แอมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดแอมิโน และโปรตีนได้เป็นไกลโคซิลเอมีน (N-substituted glycosylamine) และจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล เรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Shallenberger, 1974) และการเกิดคาราเมไลเซชัน (caramelization) เป็นการใช้ความร้อนสูงสลายโมเลกุลของน้ำตาลให้แยกออก (thermolysis) และเกิดพอลิเมอไรเซชันของสารประกอบคาร์บอนได้สารสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้สารเริ่มต้นจะเป็นน้ำตาลเท่านั้น (Sapers, 1993) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่น และรสชาติที่ผิดไปจากปกติ (George and Milton, 1983)

1.7.3 คุณภาพของเนื้อสัมผัสและความข้นหนืด ความร้อนจะส่งผลกระทบต่อการเสียสภาพของโปรตีน โดยโปรตีนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นเองตามธรรมชาติ และมีโมเลกุลขนาดใหญ่ ทำให้มีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างได้ง่าย เมื่ออยู่ในสภาวะที่เปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติ หรือสัมผัสกับสารเคมีต่างๆ ดังนั้นสมบัติของโปรตีนที่เปลี่ยนไปจึงเป็นตัวบ่งชี้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนไปจากธรรมชาติ ซึ่งโปรตีนที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ เรียกว่า โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ (denatured protein) สมบัติของโปรตีนที่เปลี่ยนไป เช่น การละลาย การรวมตัวกัน และการตกตะกอนของโปรตีน และความสามารถในการยึดเกาะน้ำของโปรตีน กระบวนการที่เกิดเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า การเสียสภาพธรรมชาติ (denaturation) ซึ่งอาจทำให้คืนกลับเหมือนเดิม

ได้ (reversible denaturation) หรือคืนกลับเหมือนเดิมไม่ได้ (irreversible denaturation) (Damodaran, 1996) รวมถึงสูญเสียคุณค่าของสารอาหารบางชนิด เช่น กรดแอมิโน thiamine และ pantothenic acid เป็นต้น (Pigott and Tucker, 1990)

1.7.4 การหืน (rancidity) การหืนเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมัน ทำให้มีกลิ่นผิดปกติและสมบัติทางเคมีและกายภาพเปลี่ยนไป การหืนอาจเกิดจากการเกิดออกซิเดชัน (oxidation) เป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอิสระหรือที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในลิพิดหรืออาหารที่มีลิพิด ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ (deterioration) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อลิพิดหรืออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free-radical chain reaction) (Aurand and Woods, 1973)

1.7.5 การเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ มีสาเหตุดังนี้

1.7.5.1 เกิดจากอาหารมีการเน่าเสียก่อนที่จะนำไปเข้าหม้อฆ่าเชื้อ การเสียชนิดนี้ถุงจะมีลักษณะปกติ แต่เนื้ออาหารข้างในมีลักษณะผิดปกติ

1.7.5.2 การปล่อยให้อาหารอยู่ในภาชนะบรรจุนานเกินไปก่อนนำไปให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ

1.7.5.3 เนื่องจากให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ

1.7.5.4 เนื่องจากภาชนะบรรจุรั่ว ทำให้จุลินทรีย์จากภายนอกปนเปื้อนเข้าไป

โดยปกติภายหลังการฆ่าเชื้ออาหารแล้วจะต้องตรวจสอบคุณภาพอาหารทางด้านจุลินทรีย์เพื่อหาปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียและก่อให้เกิดโรคในอาหารกระป๋อง (ประภาศรี, 2547) ซึ่งมีอยู่ 3 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

กลุ่มของ Thermophilic facultative anaerobic bacteria สปอร์ของแบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถเจริญหรือชอบเจริญในที่ที่มีอุณหภูมิสูง ภายใต้สภาพกึ่งมีอากาศและไม่มีอากาศ ตัวอย่างของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ได้แก่ *Bacillus stearothermophilus*

กลุ่มของ Thermophilic anaerobic bacteria สปอร์ของแบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถเจริญได้ในสภาพที่ไม่มีอากาศและอุณหภูมิสูง ได้แก่ สปอร์แบคทีเรีย *Closteridium thermosaccharolyticum*

กลุ่มของ Mesophilic anaerobic bacteria สปอร์ของแบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถเจริญได้ในสภาพที่ไม่มีอากาศ แต่ชอบเจริญในช่วงอุณหภูมิปานกลาง ตัวอย่างของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ได้แก่ *Closteridium sporogenes*, *Closteridium butyricum*, *Closteridium pasteurianum* และ *Closteridium botulinum* ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ *Closteridium botulinum* เป็นสาเหตุของโรค botulism ที่สามารถทำให้ผู้บริโภคตายได้ ดังนั้นจึงใช้เป็นเชื้อที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพในการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง ความสามารถในการทนต่อความร้อนสูงของแบคทีเรีย ประเมินได้จากค่า D value ที่อุณหภูมิอ้างอิง 121 ^{O}ซ (Kautter *et al.,*1992 และ Hutchison, 1995)

2. <u>ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปรีทอร์ทเพาช์ (retort pouch)</u>

รีทอร์ทเพาช์ หมายถึง บรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (flexible package) ซึ่งประกอบด้วยวัสดุ เช่น พลาสติก อะลูมิเนียม วัสดุเชื่อมประสานตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป เพื่อใช้ในการบรรจุอาหารและสามารถทนความร้อนและความดันในระหว่างการฆ่าเชื้อได้เช่นเดียวกับกระป๋อง อีกทั้งสามารถเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้นานตั้งแต่ 6 เดือน จนถึง 2 ปี (มยุรี, 2541)

การพัฒนาเทคโนโลยี การผลิตภัณฑ์อาหารในซองพลาสติกทนความร้อนสูง เนื่องมาจากการบรรจุอาหารชนิดอ่อนตัวแบบลามิเนตที่สามารถทนต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นภาชนะที่สามารถเก็บอาหารไว้ได้นานที่อุณหภูมิปกติ ในขณะที่มีการรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณค่าของอาหารได้ดี เป็นภาชนะที่มีน้ำหนักเบา สะดวกในการเก็บและขนย้าย ซึ่งจัดว่าเป็นภาชนะบรรจุแบบใหม่ที่จะเข้ามาแทนที่กระป๋องโลหะและขวดแก้วในอุตสาหกรรมการแปรรูปด้วยความร้อน (Griffin, 1987)

ข้อดีของรีทอร์ทเพาช์

1) ถุงหรือซองที่มีความหนาด้านข้างที่น้อยกว่ากระป๋องทำให้ลดเวลาในการฆ่าเชื้อลงไป เป็นผลให้อาหารภายในมีลักษณะสี และเนื้อสัมผัสที่ดี การสูญเสียคุณค่าทางอาหารที่น้อยลง

2) การเปิดถุงเพื่อนำอาหารออกมาทำได้ง่ายกว่าการเปิดกระป๋องโลหะ โดยเฉพาะถ้าถุงนั้นมีรอยตัดเพื่อช่วยในการเปิด โดยสามารถเปิดถุงด้วยมือเปล่า โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ใดๆ มาช่วยเลย

3) ฉลากที่ติดมาบนชั้นของพลาสติกเป็นฉลากในตัวซึ่งเป็นแบบถาวรไม่หลุดลอกง่าย

4) ประหยัดพื้นที่และสะดวกในการขนส่งถุงหรือซอง เพราะมีน้ำหนักเบา

ข้อเสียของรีทอร์ทเพาช์

1) มีการลงทุนเบื้องต้นค่อนข้างสูง เช่นเครื่องฆ่าเชื้อ (retort)

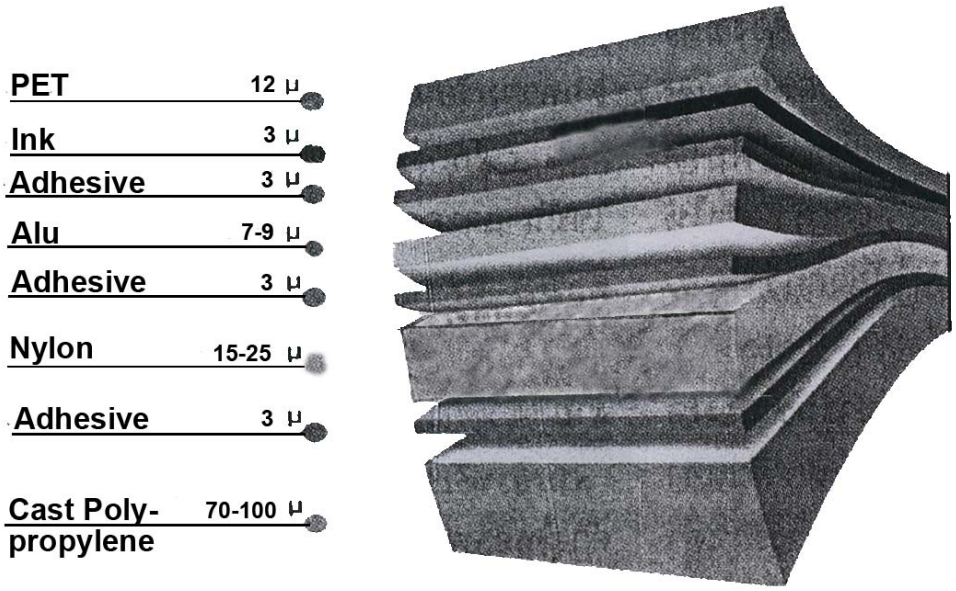
2) การควบคุมกระบวนการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจะยุ่งยากซับซ้อนกว่า เช่น จำเป็นต้องควบคุมปริมาณอากาศที่เหลืออยู่ในซองหรือถุง ความหนาด้านข้างของซอง ส่วนผสมของไอน้ำและอากาศในเครื่องฆ่าเชื้อ ตลอดจนชั้นวางแบบพิเศษภายในเครื่องฆ่าเชื้อ ที่จะต้องเอื้ออำนวยต่อการหมุนเวียนและกระจายความร้อนภายในเครื่องดังกล่าว

3) ซองหรือถุงมักจะถูกทิ่มแทงหรือทำให้ฉีกขาดได้ง่าย จำเป็นจะต้องอาศัยการปกป้องจากภาชนะบรรจุชั้นนอก เช่น กล่องกระดาษอีกชั้นหนึ่งเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในระหว่างการขนส่ง

4) จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ทดสอบการทะลุ (burst tester) หรือทดสอบแรงดึง (tensile tester) เพื่อประเมินผลและควบคุมคุณภาพของภาชนะบรรจุชนิดซองหรือถุง (Griffin, 1987)

2.1 โครงสร้างของรีทอร์ทเพาช์

กฤษณา (2544) ได้ทำการศึกษาโครงสร้างของแต่ละชั้นของรีทอร์ทเพาช์ ซึ่งมีลักษณะของแต่ละชั้นที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างของรีทอร์ทเพาช์
ที่มา: กฤษณา (2544)

รีทอร์ทเพาช์จะประกอบไปด้วยวัสดุ 4 ชั้นได้แก่

2.1.1 Polyethylene terephthalates (PET) ซึ่งเป็นชั้นนอกสุดมีความหนา 12 ไมครอน และมีคุณสมบัติดังนี้ มีลักษณะใส ไม่ละลายน้ำ กรด ด่าง แอลกอฮอล์ น้ำมัน และไขมัน ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำได้ดี ทนต่ออุณหภูมิสูงสุดที่ 200 ^{0}ซ และทนอุณหภูมิต่ำสุดได้ที่ -40 ^{0}ซ มีความแข็งแรงไม่ฉีกขาดง่าย สามารถใช้ในการพิมพ์ภาพกราฟฟิกได้ดี

2.1.2 Nylon (polyamide หรือ PA) มีความหนา 15-25 ไมครอน และมีคุณสมบัติดังนี้ คือ มีลักษณะใส ไม่ละลายน้ำ น้ำมัน และไขมัน แต่ละลายในกรดและแอลกอฮอล์ได้ง่าย ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี แต่ป้องกันไอน้ำได้ปานกลาง แข็งแรง ไม่ฉีกขาดง่าย และทนทานต่อรอยขูดขีดที่อาจเกิดขึ้นได้ มีการเชื่อมประสานด้วยความร้อน (sealability) ต่ำ

2.1.3 Aluminium foil (ALU FOIL) ความหนา 7-9 ไมครอน และมีคุณสมบัติ ดังนี้ ป้องกันแสง อากาศ เชื้อจุลินทรีย์ และกลิ่นได้ดี ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้ดี เหนียว และทนทานต่อการฉีกขาดได้ดี

2.1.4 Polypropylene (PP) เป็นชั้นที่อยู่ในสุดของซอง มีความหนา 70-100 ไมครอน และมีคุณสมบัติดังนี้ มีลักษณะใส ไม่ละลายน้ำ กรด ด่าง และแอลกอฮอล์ แต่ละลายในน้ำมันและไขมันได้ปานกลาง ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ปานกลาง แต่ป้องกันความชื้นหรือไอน้ำได้ดีมาก สามารถซีลปิดปากถุงด้วยความร้อนได้ดี (high sealability) มีความยืดหยุ่นสูง (high flexibility) และไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารที่อยู่ในซอง

2.1.5 Adhesive compounds หรือกาวที่ทำหน้าที่เชื่อมพลาสติกในแต่ละชั้นให้ติดกัน ควรจะมีความหนาอย่างน้อย 3 ไมครอน ในแต่ละชั้น เพื่อให้แน่ใจว่าการยึดติดมีความแข็งแรงเพียงพอ (Paine and Paine, 1992)

2.2 การตรวจสอบคุณสมบัติการใช้งานของรีทอร์ทเพาช์

โดยทั่วไปสามารถทำการตรวจสอบคุณสมบัติการใช้งานของถุง ได้ดังนี้

2.2.1 การทดสอบตรวจค่าความคงทนต่อแรงดันที่ทำให้ถุงแตก (static load burst) วางซองลงระหว่าง plate แล้วทำการกดทับ (Lampi *et al.,* 1976)

2.2.2 การทดสอบการทนต่อแรงดันภายใน (internal burst test) โดยสอดเข็มเข้าไปเพื่อให้อากาศจนถุงแตก (Lampi *et al.,* 1976)

2.2.3 การทดสอบการทนต่อแรงดึง (tensile test) เป็นการตรวจหาค่าความแข็งแรงของเนื้อวัสดุที่ใช้ทำถุงรีทอร์ทเพาช์ และความแข็งแรงของรอยผนึก (Feliú-Báez, 2001)

อนุกูลและทวิพัฒน์ (2549) ได้ทดสอบความแข็งแรงของถุงรีทอร์ทเพาช์ทั้งชนิดทึบแสงและชนิดใส พบว่า ใช้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 125 $^{\circ}$ซ กับถุงทนความร้อนและความดันสูงชนิดนี้ได้ โดยไม่ทำให้ถุงชำรุดเสียหาย ในการทดลองครั้งนี้ใช้ความดัน 2.5 kgf / cm^2 (gage pressure) ไปกดทับถุงและเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าความสามารถต้านแรงกดทับ (compressive burst strength) ของถุงมาก แต่หลังจากการให้ความร้อนความแข็งแรงของรอยผนึกลดลงแต่ยังอยู่ในช่วงของมาตรฐาน จึงเชื่อได้ว่าถุงจะสามารถใช้งานได้ในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อประเภท hot water spray นี้ได้อย่างปลอดภัย

นอกจากนี้ มยุรี (2534) ได้มีการศึกษาข้อกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติของรีทอร์ทเพาช์ และได้มีการนำออกมาเป็นมาตรฐานดังแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดของคุณสมบัติของทอร์ทเพาช์

คุณสมบัติ	เกณฑ์กำหนด	
	S.I.	British
ความคงทนระหว่างชั้นที่เชื่อมยึด (laminate strength)	400-750 g/15 mm width	0.8-2.8 psi
ความแข็งแรงของรอยผนึก (seal strength)	4-5 kg/15 mm width	15-20 psi at 77 ^{0}F
อุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมผนึก (heat sealing range)	150-230 ^{0}C	320-500 ^{0}F
ความคงทนต่อแรงดันทะลุ (burst strength)	3.5-7.0 kg/cm^2	28-35 psi, 30 seconds
การต้านแรงฉีกขาด (tear resistance)	50-90 g/mil	-
ความคงทนต่อการยืดตัว (elongation)	80-110%	-
ความคงทนต่อแรงดึง (tensile strength)	5-11 kg/15 mm width	-
thickness tolerance	$\pm$ 0.5 g/100 sq in	$\pm$ 0.0001/in (10%)
อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (O_2 transmission rate)	0-118 cc/sq m/day/atm at 27 ^{0}C, 65% RH	0-0.9 cc/sq in/24 hr/atm, at $\pm$ 72 ^{0}F
อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapour transmission rate)	0-3 g/sq m/day, at 38 ^{0}C 90% RH	0-0.5/100 sq in/24 hr,at 100 ^{0}F 100% RH
อุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้	120-135 ^{0}C	240-300 ^{0}F

ที่มา: มยุรี (2534)

3. <u>ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุก</u>

แม้มาตรฐานข้าวไทยมิได้รวมถึงคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน แต่ผู้บริโภคข้าวทั่วไปมักจะเลือกซื้อข้าวที่มีคุณภาพข้าวสุกตามที่ตนชอบ เช่น ข้าวนุ่มเหนียว หรือ ข้าวร่วนขึ้น-หม้อ คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

3.1 ปริมาณแอมิโลส (apparent amylose content) ถึงแม้ข้าวมีแอมิโลเปคติน (amylopectin) เป็นองค์ประกอบหลัก และแอมิโลสเป็นส่วนรอง แต่โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยใช้ปริมาณแอมิโลสเป็นหลัก Sanjiva Rao *et al.* (1952) พบว่าข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงในระหว่างการหุงต้มจะดูดน้ำได้มากกว่าข้าวที่มีแอมิโลสต่ำกว่า และเนื่องจากแอมิโลสเมื่อต้มให้สุกแล้ว มีคุณสมบัติการคืนตัว (retrogradation) เปลี่ยนแปลงจากสภาพละลายน้ำได้เป็นของแข็ง ด้วยเหตุนี้ข้าวที่มีแอมิโลสสูง เมื่อหุงต้มสุกจึงร่วนกว่าและแข็งกว่าข้าวที่มีแอมิโลสต่ำ การที่ข้าวไม่เหนียวเกาะติดกัน จึงทำให้ข้าวฟู มีช่องอากาศมาก จึงเห็นว่าเป็นการขยายปริมาตรของข้าวสุก (ขึ้นหม้อ) ดีกว่า ได้มีการจัดแบ่งข้าวตามปริมาณแอมิโลสดังตารางที่ 3 (งามชื่น, 2533)

Roberts *et al.* (1954) ตรวจสอบผลของสภาวะที่ใช้ในกระบวนการทำข้าวนึ่งต่อการขยายปริมาณ สี และสตาร์ชที่ละลายในน้ำ พบว่า เมื่อสกัดสตาร์ชจากแป้งข้าวสารนึ่งด้วยน้ำอุ่น หลังให้ทำปฏิกิริยากับไอโอดีนเปรียบเทียบสีน้ำเงินที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างข้าวนึ่งกับข้าวสารปกติ โดยข้าวสารปกติจะให้สีน้ำเงินของไอโอดีนเข้มกว่าในข้าวนึ่ง แสดงว่าข้าวสารปกติมีปริมาณแอมิโลสที่สูงกว่าข้าวนึ่งจึงให้ได้เนื้อสัมผัสที่แข็ง และร่วนกว่าข้าวนึ่ง

ในปัจจุบันมีเครื่องมือหลายชนิดที่ช่วยในการวิเคราะห์โครงสร้างของสตาร์ชทั้งในส่วนของแอมิโลส และแอมิโลเพกทินได้ เช่น เครื่องเจลเพอร์มิเอชัน โครมาโทรกราฟี (gel permeation chromatography) ทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ว่า ความแตกต่างของเนื้อสัมผัสข้าวหุงสุกในพันธุ์ข้าวแต่ละสายพันธุ์ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของสัดส่วนโมเลกุลสายตรงที่ยาวของทั้งแอมิโลส และแอมิโลเพกทินในสตาร์ช ถ้ามีมากจะทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวนั้นแข็งขึ้น และร่วนมาก (Bhattacharya *et al.,* 1982)

ตารางที่ 3 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณแอมิโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณแอมิโลส (ร้อยละ)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวแอมิโลสต่ำ	10-19	เหนียว
ข้าวแอมิโลสปานกลาง	20-25	เหนียวเล็กน้อย
ข้าวแอมิโลสสูง	25-34	ร่วน ค่อนข้างแข็ง

ที่มา: งามชื่น (2533)

ข้าวที่มีแอมิโลสสูงดูดน้ำได้มากในระหว่างการหุงต้มและเมื่อสุกแล้วจะร่วนฟูทำให้ข้าวสุกขยายปริมาตรมาก หรือเป็นข้าวขึ้นหม้อ ส่วนข้าวแอมิโลสต่ำต้องการน้ำน้อย มีลักษณะเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อนจึงไม่ขึ้นหม้อ และหากใส่น้ำมากจะได้ข้าวที่แฉะเละ แต่สำหรับข้าวแอมิโลสสูง หากใส่น้ำขนาดเดียวกับข้าวแอมิโลสต่ำจะได้ข้าวที่แข็งกระด้างมาก สามารถกำหนดปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มข้าวตามปริมาณแอมิโลสได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สัดส่วนของข้าวต่อน้ำที่มีปริมาณแอมิโลสต่างกัน

ชนิดของข้าว	น้ำต่อข้าว (โดยน้ำหนัก)
ข้าวแอมิโลสต่ำ	1.6-1.8 ต่อ 1
ข้าวแอมิโลสปานกลาง	1.9-2.0 ต่อ 1
ข้าวแอมิโลสสูง	2.0-2.2 ต่อ 1

ที่มา: งามชื่น (2533)

3.2 ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1972 โดย Cagampang *et al.* (1973) เพื่อหาความแตกต่างของข้าวที่มีแอมิโลสสูงใกล้เคียงกัน แต่มีผลของความหนืดที่วัดจากเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบบราเบนเดอร์ (brabender viscograph) แตกต่างกัน แม้ปริมาณแอมิโลสที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุก แต่แอมิโลสไม่ใช่ปัจจัยผูกขาดที่มีผลต่อความแข็งของข้าวสุกเพียงอย่างเดียว ข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสเท่ากันอาจมีความแข็งของข้าวสุกแตกต่างกันทั้งนี้ เนื่องจากแป้งสุกมีความคงตัวไม่เท่ากัน ความคงตัวของแป้งสุกมีคุณภาพแตกต่าง

กันขึ้นกับอัตราเร็วของปฏิกิริยาการคืนตัวของแป้งสุกเมื่อทำให้เย็น ทำให้แป้งแข็งตัวและกระทบกระเทือนความนุ่มของข้าวสุก ดังนั้นจึงสามารถใช้ความคงตัวของแป้งสุกในการคาดคะเนคุณสมบัติของข้าวสุกได้ โดยข้าวที่มีแอมิโลสสูง และมีแป้งสุกแข็งจะมีความแข็งกระด้างกว่าข้าวพันธุ์ที่มีแป้งสุกอ่อน การวิเคราะห์ค่าความคงตัวของแป้งสุกวัดได้จากระยะทางที่แป้งสุกเย็นไหล และจัดแบ่งประเภทข้าวเป็น 3 ประเภท (งามชื่น, 2533) แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การแบ่งประเภทแป้งสุกตามระยะทางที่แป้งไหล

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร) (แป้ง 100 มิลลิกรัม ใน KOH 0.2 N 2 มิลลิลิตร)
แป้งสุกแข็ง	25-40
แป้งสุกปานกลาง	42-60
แป้งสุกอ่อน	61-100

ที่มา: งามชื่น (2533)

3.3 ระยะเวลาในการหุงต้ม (cooking time) หาได้จากการต้มเมล็ดข้าวให้สุก เมล็ดข้าวสุกต้องไม่มีไตของแป้งดิบในเมล็ดข้าว ระยะเวลานี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจลและเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส โดยมีผู้ทำการทดสอบระยะเวลาในการหุงต้มของข้าวเหลืองประทิว 123 ขาวตาแห้ง 17 และปทุมธานี 60 มีระยะเวลาในการหุงต้มเท่ากับ 21, 21 และ 20 นาที ตามลำดับ (งามชื่น, 2533)

3.4 ค่าการสลายเมล็ดข้าวสารในด่าง (alkali test) ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก และสามารถตรวจสอบตัวอย่างได้ครั้งละเป็นจำนวนมาก วิธีการ คือ นำเมล็ดข้าวสาร 10 เมล็ดแช่ในสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.7 ตั้งทิ้งไว้นาน 23 ชั่วโมง แล้วจึงอ่านค่าการกระจายของเมล็ดที่ปรากฏ ซึ่งค่าการกระจายนี้สามารถแบ่งประเภทข้าวได้ตามระดับอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภท (งามชื่น, 2533) ดังตารางที่ 6 อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้มข้าวที่มีค่าการสลายเมล็ดในด่างต่ำเป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูง ต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ การวิเคราะห์คุณสมบัตินี้อาจใช้วิธีหาอุณหภูมิที่ทำให้ความหนืด (viscosity) ของน้ำแป้งเพิ่มขึ้น โดยใช้ เครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบบราเบนเดอร์ หรือหาอุณหภูมิที่น้ำแป้งใสโดยวัดค่าการให้แสงผ่านในขณะที่ต้มน้ำแป้ง หรือสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผลึกแป้ง

ที่อุณหภูมิที่น้ำแป้งใส โดยการวัดค่าการให้แสงผ่านในขณะที่ต้มน้ำแป้ง หรือสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผลึกแป้งขณะที่แป้งเพิ่มอุณหภูมิ โดยส่องกล้องจุลทรรศน์ด้วย polarized light ซึ่งวิธีการเหล่านี้ต้องใช้เวลานาน

Akhtar *et al.* (1996) ตรวจสอบลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวหอมมะลิ 105 และ ข้าวบาสมาติ ในด้านอุณหภูมิเจลาทิไนซ์ของแป้งข้าว โดยใช้ค่าการสลายเมล็ดข้าวสารในด่างตรวจสอบหาอุณหภูมิเจลาทิไนซ์ของข้าว ผลปรากฏว่า ในข้าวบาสมาติมีอุณหภูมิเจลาทิไนซ์ปานกลาง คืออยู่ในช่วงอุณหภูมิ 70-74 ^{0}ซ ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีอุณหภูมิเจลาทิไนซ์ต่ำ คืออยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 70 ^{0}ซ

ตารางที่ 6 การแบ่งประเภทของอุณหภูมิแป้งสุกตามการสลายเมล็ดในด่าง

อุณหภูมิแป้งสุก (^{0}ซ)	ระดับ	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง
ต่ำกว่า 70	ต่ำ	6-7
70-74	ปานกลาง	4-5
มากกว่า 75	สูง	1-3

ที่มา: งามชื่น (2533)

3.5 ปริมาณโปรตีน (protein content) ข้าวมีโปรตีนประมาณร้อยละ 7-9 โดยปกติโปรตีนจะไม่มีผู้อ้างถึงเมื่อกล่าวถึงคุณภาพข้าวสุกแต่มีบางรายงานพบว่า โปรตีนที่อยู่ส่วนนอกของเมล็ดมีส่วนทำให้ระยะเวลาในการหุงต้มเมล็ดข้าวสุกนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการซึมน้ำเข้าไปในเมล็ด ข้าวที่มีโปรตีนสูงเมล็ดจะแกร่งทำให้ระดับการขัดสีต่ำ ทำให้ข้าวสุกเหนียวน้อยลง (งามชื่น, 2531)

Cagampang *et al.* (1996) สกัดโปรตีนจากข้าว 3 สายพันธุ์ (ซึ่งมีโปรตีนประมาณ 6.8-8.5%) พบว่าประกอบด้วยโปรตีนที่ละลายในน้ำ หรือ แอลบิวมิน (albumin) ประมาณ 3.8-8.8% ของโปรตีนทั้งหมด โปรตีนที่ละลายในเกลือ หรือ โกลบิวลิน (globulin) ประมาณ 9.6-10% โปรตีนที่ละลายในแอลกอฮอล์ หรือโพรลามิน (prolamin) ประมาณ 1.9-4.2% หรือออริซานิน (oryzanin) ประมาณ 66.1-78.0% ซึ่งเป็นโปรตีนหลักที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนสะสม (storage protein) เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของกลูเทลิน (glutelin) หรือเรียกอีกอย่างว่าออริซานิน มีกรดแอมิโน

หลายชนิดในปริมาณที่สมดุล จึงเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีกว่าโปรตีนในธัญชาติอื่น ซึ่งมีโพรลามินในโปรตีนสะสมเป็นหลัก ทำให้มีปริมาณไลซีน และทริปโทเฟนน้อยกว่าข้าว เพราะในโครงสร้างโมเลกุลของโพลามิน มีกรดแอมิโนทั้งสองชนิดนี้น้อยกว่ากลูเทลิน

โมเลกุลของโปรตีนที่รวมตัวกันเป็นรูปร่างโปรตีน (protein bodies) ซึ่งมีกลูเทลินเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ภายในนั้นจะมี 3 รูปแบบ คือ แบบผลึก (crystalline) แบบรูปร่างกลมขนาดเล็ก และรูปร่างกลมขนาดใหญ่ ซึ่งโปรตีนที่กระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเมล็ดจะเป็นโปรตีนรูปร่างกลมขนาดเล็ก

ส่วนโปรตีนรูปร่างกลมขนาดใหญ่มีปริมาณน้อยกว่า และจะมีมากในส่วนใจกลางเมล็ดเท่านั้นโดยในองค์ประกอบของโปรตีนจะเป็นโพรลามิน ร่วมกับกลูเทลิน สำหรับร่างแหโปรตีน (protein matrix) จะพบน้อยมาก หรือไม่พบเลยในเนื้อเมล็ดของข้าวซึ่งต่างจากธัญชาติอื่น ถ้าพบก็จะมีลักษณะเชื่อมโยงเป็นเส้นใยโปรตีน (protein fibrils) ระหว่างโปรตีนที่มีรูปร่าง เนื่องจากโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดจะแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ช และโปรตีนที่เชื่อมโยงกับเม็ดสตาร์ช อาจมีผลต่อการเกิดเจลาทิไนซ์ของเม็ดสตาร์ช โดยทำให้การพองตัวของเม็ดสตาร์ชไม่เสียรูปร่างได้ง่าย และทำให้โมเลกุลของแอมิโลสไม่ซึมผ่านออกไป มีผลต่อลักษณะความอ่อน หรือแข็งของเจลเมื่อเย็นลง ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกที่มีลักษณะนุ่ม เหนียว หรือร่วน Chrastil (1990) ทดลองหาอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างโปรตีน (ออริซานิน) กับสตาร์ชของข้าวในขณะเก็บรักษา พบว่าความเหนียวของข้าวหุงสุกมีผลมาจากการเกาะเกี่ยวกันของออริซานินกับโมเลกุลสตาร์ชทั้งในส่วนของแอมิโลส และแอมิโลเพกทิน โดยทดลองในลักษณะระบบของแบบจำลอง (model system) จากการสกัดสตาร์ช แอมิโลส และสตาร์ชที่ปราศจากออริซานิน แล้วเติมออริซานินเปรียบเทียบลักษณะที่เติม และไม่เติมเปรียบเทียบกับข้าวปกติที่เก็บรักษาไว้ที่ 4 ^{0}ซ และ 40 ^{0}ซ พบว่า มีความสัมพันธ์ของโปรตีนต่อความเหนียวของข้าว โดยในโครงสร้างของโปรตีนส่วนที่มีพันธะซัลไฟด์คู่คือซีสทีน ที่เกาะเกี่ยวกับเม็ดสตาร์ช จะขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ช ทำให้ความหนืดต่ำ ความเหนียวลดลง นอกจากนั้นยังพบว่าโปรตีนอาจมีผลในการขัดขวางการดูดซับน้ำของสตาร์ชลดลง จึงมีผลให้เนื้อสัมผัสของข้าวร่วนขึ้นได้ (Hamaker, 1994; Ramesh *et al.,* 2000)

อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถสรุปผลเด่นชัดว่าโปรตีนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการควบคุมลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวโดยตรง จึงจำเป็นต้องทำงานวิจัยในด้านนี้ต่อไป เพื่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของข้าว (Hamaker, 1994)

4. <u>กรรมวิธีการผลิตข้าวสเตอริไลซ์</u>

Roberts *et al*. (1953) ได้พัฒนากรรมวิธีการแปรรูปข้าวหุงสุกกระป๋อง โดยนำข้าวสารมาล้าง และแช่ในน้ำเย็น 30-45 นาที แล้วต้มเป็นเวลา 2-4 นาที จนข้าวมีความชื้นเป็น 55% นำข้าวลงกระป๋องปิดฝาภายใต้สุญญากาศ โดยฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115.6 ^{0}ซ เวลา 55 นาที เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ก่อนบริโภคต้องนำข้าวกระป๋องมาต้มในน้ำเดือด จะได้ข้าวหุงสุกที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีไม่เหนียวและแฉะเกินไปหลังจากการฆ่าเชื้อ หลังจากนั้นมีกลุ่มนักวิจัยทำการปรับปรุงกรรมวิธีให้ดีขึ้นหลายวิธีการ เช่น การแช่ข้าวในสารละลายกรด pH 5.0-5.5 เพื่อให้ข้าวขาว และแช่ข้าวในน้ำมันและอีมัลซิไฟเออร์ เพื่อลดการเกาะติดกัน และแฉะ (Ferrel *et al*., 1960; Sripathy *et al*., 1960)

Gerdes and Burns (1982) ได้ทำการทดลองโดยใช้การเตรียมข้าวก่อนการฆ่าเชื้อทั้ง 4 วิธี ได้แก่ 1) ข้าวสารนึ่ง พรมด้วยน้ำเย็น ให้ความร้อนโดยการลวก เป็นเวลา 10 นาที บรรจุกระป๋อง ปิดฝา 2) ข้าวสารนึ่ง ให้ความร้อนโดยการลวก เป็นเวลา 10 นาที บรรจุกระป๋อง ปิดฝา 3) ข้าวสารดิบพรมด้วยน้ำเย็น ให้ความร้อนโดยการลวก เป็นเวลา 10 นาที บรรจุกระป๋อง ปิดฝา และ 4) ข้าวสารดิบ ให้ความร้อนโดยการลวก เป็นเวลา 10 นาที บรรจุกระป๋อง ปิดฝา โดยทั้งหมดทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115.5 ^{0}ซ เวลา 40 นาที ทำการเปรียบเทียบกับข้าวหุงสุกใหม่ โดยพบว่า ข้าวสารนึ่ง พรมด้วยน้ำเย็น ให้ความร้อนโดยการลวก เป็นเวลา 10 นาที จนมีความชื้นของข้าวเป็น 73.4-74.3% บรรจุกระป๋อง และทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115.5 ^{0}ซ เวลา 40 นาที จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวหลังการฆ่าเชื้อเหมือนปกติไม่แฉะ และไม่เกาะติดกัน และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้งทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมอยู่ในระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งใกล้เคียงกับข้าวหุงสุกที่นำมาทำการทดสอบที่สุด

Rutledge *et al*. (1974) ปรับปรุงลักษณะเมล็ดข้าวสุกให้ดีขึ้นด้วยการนำข้าวสาร มาทำปฏิกิริยากับอีพิคอลรอไฮดริน (epichlorohydrin) หรือข้าวสารนึ่งทำปฏิกิริยากับอีพิคลอรอไฮดริน โซเดียม ไทรเมตาฟอสเฟต (sodium trimetaphosphate) หรือฟอสฟอรัส ออกซิคลอไรด์ (phosphorous oxychloride) เพื่อให้เกิดพันธะข้าม (cross-linking) ทำให้เมล็ดข้าวมีความคงตัวทนต่อการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนดีขึ้น โดยฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115.6 ^{0}ซ เวลา 60 นาที หรือที่ 121.1 ^{0}ซ เวลาน้อยกว่า 60 นาที ข้าวหุงสุกกระป๋องที่ได้มีอายุการเก็บรักษาที่ 25 ^{0}ซ เป็นเวลา 6 เดือน โดยข้าวจะไม่เละ และแฉะเกาะติดกันเป็นก้อน

อรอนงค์ (2545) ได้จดอนุสิทธิบัตร กรรมวิธีการผลิตข้าวเหนียวสำเร็จรูปในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว โดยมีขั้นตอนดังนี้ นำข้าวเหนียวมาต้มในน้ำเดือด ฉีดพ่นสารเคลือบ จากนั้นบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว ทำการไล่อากาศออกก่อนปิดผนึก ปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ให้สนิท ทำการฆ่าเชื้อด้วยระบบฆ่าเชื้อชนิดใช้น้ำ ทำให้เย็นในสภาวะที่ควบคุมความดัน จะได้ข้าวเหนียวสำเร็จรูปในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวพร้อมบริโภคที่มีความนุ่มเหนียว และสีขาว เก็บได้อย่างน้อย 6 เดือน และสามารถอุ่นในน้ำเดือดทั้งบรรจุภัณฑ์ก่อนบริโภค (เลขที่อนุสิทธิบัตร 867 วันที่ออกอนุสิทธิบัตร 19/11/2545 หรือ ค.ศ.2002 หมดอายุเมื่อครบกำหนด 5 ปี)

5. <u>การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร</u>

การปรับปรุงคุณภาพเป็นเป้าหมายสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาหาร การประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) นับว่ามีบทบาทในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์เพราะเป็นเครื่องมือที่แสดงออกโดยทางอ้อมได้ชัดเจน เช่นรสชาติ กลิ่น สี และลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อมีการบริโภคอาหาร ความรู้สึกที่ซับซ้อนที่เกิดเนื่องจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้ อาจทำการประเมินโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวนมากหรือจำนวนน้อย ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมินนั้นๆ แบบการประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสนำมาใช้เพื่อปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยใช้เพื่อประเมินความรู้สึกในการหาความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนา การประเมินทางประสาทสัมผัสนี้อาจจะกระทำในลักษณะที่เป็นแบบแผนโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว หรือบางทีอาจจะใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วก็ได้ เช่น การทดสอบผู้บริโภค เป็นต้น (ไพโรจน์, 2545)

5.1 ประเภทผู้ทดสอบ

โดยทั่วไปผู้ทดสอบชิม หรือผู้ประเมินทางด้านประสาทสัมผัสสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ ผู้ทดสอบชิมในระดับห้องปฏิบัติการ (laboratory panel) และผู้ทดสอบบริโภค (consumer panel) (Girardot, 1952)

5.1.1 ผู้ทดสอบบริโภค (consumer panel) ผู้ประเมินจำนวนมากที่ถูกคัดเลือกโดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างอย่างดี นับว่ามีประโยชน์อย่างมากในการทดสอบผู้บริโภค จำนวนผู้บริโภคที่ต้องการเพื่อให้ได้ผลที่น่าเชื่อถือโดยปกติมักจะมีจำนวนมากกว่า100 คน (Caul and Raymond, 1965) สำหรับผู้ทดสอบบริโภค ผู้ประเมินดังกล่าวจะไม่ได้รับการฝึกฝน (Martin, 1973) ดังนั้น

อาจจะเกิดปัญหาเรื่องภาษาปกติที่ใช้ และระบบของการสื่อสารที่สัมพันธ์กับการเข้าใจของผู้บริโภคของตัวผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้การทดสอบผู้บริโภคโดยปกติจะถูกจำกัด เฉพาะเป็นการทดสอบความชอบ (preference) ในกรณีส่วนใหญ่การเห็นครั้งแรกของผู้บริโภคหรือระดับของความชอบมักจะเป็นข้อมูลที่ได้รับโดยตรงมาจากการทดสอบผู้บริโภคการจำแนกลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือการหาความแตกต่างในลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์มักจะไม่ถามกับผู้ทดสอบบริโภค ดังนั้นโดยทั่วไปการทดสอบผู้บริโภคจึงมักใช้ประโยชน์จากการวัดการยอมรับผลิตภัณฑ์หรือความชอบผลิตภัณฑ์เป็นหลัก (acceptability or preference) (Gatchalian, 1981)

5.1.2 ผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการ (laboratory panel) ส่วนใหญ่การใช้ผู้บริโภคในห้องปฏิบัติการนั้นจะใช้ในงานที่มีลักษณะเป็นงานวิจัย หรือการควบคุมคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสายงานด้านอาหารพบว่าจะมีประโยชน์อย่างมากในงานการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร รวมทั้งการสร้างระดับของคุณภาพ โดยพื้นฐานแล้วกลุ่มผู้ทดสอบชิมกลุ่มนี้จะมีความแตกต่างจากกลุ่มผู้ทดสอบชิมที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในแง่จำนวนของผู้ทดสอบชิมที่ต้องการใช้ และธรรมชาติของข้อมูลที่ต้องการได้รับจากผู้ประเมิน ดังนั้นในขณะที่ผู้ทดสอบบริโภคถูกจำกัดด้วยการทดสอบหลักเป็นการวัด ความชอบหรือ การยอมรับผลิตภัณฑ์ ส่วนผู้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ นับว่ามีบทบาทที่สำคัญในการทดสอบหาความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ (Bressan and Behling, 1977) และเป็นการจำแนกของลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เป็นต้น (Girardot, 1952)

5.2 วิธีการทดสอบ

วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปจะใช้ทั้งผู้ทดสอบบริโภค และผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการ ซึ่งวิธีการทดสอบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ผู้ทดสอบในห้องปฏิบัติการที่ผ่านการฝึกฝน มีดังนี้

5.2.1 เทคนิคเค้าโครงสัดส่วน (ratio profile technique)

เทคนิคเค้าโครงสัดส่วนเป็นการทดสอบดูเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วนหรือเรโช นับเป็นวิธีการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาทางประสาทสัมผัสวิธีหนึ่ง วิธีการจะประกอบด้วยการฝึกฝนผู้ทดสอบชิมให้สามารถแยกจำแนกคุณสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ลักษณะที่ปรากฏให้เห็น (appearance) จนถึงเมื่อบริโภคผลิตภัณฑ์ (aftertaste) ซึ่งขนาดของผู้-

ทดสอบชิมจะขึ้นกับความเหมาะสมในแต่ละการทดลอง จากนั้นก็จะให้ผู้ทดสอบชิมประเมินค่าตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่ให้ทดสอบไปตามคุณสมบัติต่างๆ โดยการใช้สเกลเพื่อให้ผู้ทดสอบชิมแสดงความมากน้อยของลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสเกลที่ใช้ได้ดี คือ horizontal line scale การวิเคราะห์ผลการทดสอบ จะทำได้โดยการวัดระยะทางจากซ้ายมือสุดของสเกลไปจนถึงจุดที่ผู้ทดสอบชิมทำเครื่องหมายไว้ว่าเป็นของผลิตภัณฑ์ ค่าคะแนนที่ผู้ทดสอบชิมแต่ละคนให้กับลักษณะแต่ละอย่างจะถูกหารด้วยค่าคะแนนที่ถูกกำหนดว่าดีเลิศ หรือ ค่าในอุดมคติ (Ideal) หรือ คะแนนที่พอเหมาะพอดีกับที่ผู้บริโภคต้องการ และค่าสัดส่วนที่ได้จากผู้ทดสอบชิมแต่ละคนจะถูกนำมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนผู้ทดสอบชิม จะได้ค่าค่าเฉลี่ยสัดส่วน (mean ratio score) สำหรับแต่ละตัวอย่างในแต่ละลักษณะค่าเฉลี่ยที่ได้สามารถนำมาเปรียบเทียบโดยตรงกับเค้าโครงลักษณะที่ต้องการ (ซึ่งจะมีค่าสัดส่วนหรือค่าเรโช เท่ากับ 1.00) ภาพรวมของค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะนี้เรียกว่า Numerical product profile นอกจากนี้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยดังกล่าวสามารถจะแสดงเป็นรูปคล้ายใยแมงมุมเรียกว่า Graphical product profile บางครั้งอาจจะแสดงในรูปเค้าโครงที่เรียกว่า Plain product profile (ไพโรจน์, 2545)

5.2.2 การวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ (quantitative descriptive analysis; QDA)

เทคนิคการวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณถูกคิดขึ้นเพื่อความมุ่งหมายของลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้รับจากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในเทอมของปริมาณ โดยมีความหวังในการเสนอการปรับปรุงเพิ่มขึ้นจากการทดสอบทางสเกลที่ใช้สเกลในลักษณะเป็นช่วงหรือเป็นการแบ่งขั้นที่ยึดกับค่าค่าหนึ่งในนิยาม หรือวลีของการพรรณนาที่กำหนดขณะที่การวิเคราะห์การพรรณนาเชิงปริมาณได้ มีการกำหนดสำหรับการอภิปรายในการพัฒนาของเทอมที่ใช้ในการอธิบาย ซึ่งมีความต้องการสภาวะแต่ละส่วนที่สามารถควบคุมได้อย่างเข้มงวดระหว่างการประเมินจริงของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ค่าในเชิงปริมาณสามารถถูกประเมินอย่างแท้จริงโดยใช้ผู้ประเมินที่สัมพันธ์กับแนวความคิดของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ผลการทดสอบจึงเป็นไปในเชิงปริมาณ แม้ว่าการอธิบายลักษณะซึ่งไกลจากวัตถุประสงค์หลักในการใช้การทดสอบทางเค้าโครง ขณะที่การทดสอบนี้เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมที่สามารถประยุกต์ในการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ได้ในทางปฏิบัติวิธีการทั่วไปในการใช้การวิเคราะห์ประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณมีดังนี้ (1) การคัดเลือกและฝึกฝนผู้ทดสอบชิม (2) การพัฒนาภาษาที่ใช้ (3) การประเมิน และ (4) การวิเคราะห์ผลการทดสอบและการแปลผล (ไพโรจน์, 2545)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 ข้าวสารพันธุ์เหลืองประทิว 123, ขาวตาแห้ง 17 และปทุมธานี 60 จากตลาด อตก.

1.2 กุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งจากแมคโคร ขนาดน้ำหนัก 90 ตัวต่อกิโลกรัม ลักษณะของกุ้งที่ใช้คือกุ้งสดแช่เยือกแข็งไว้หาง ผ่าหลัง ไม่ปลอกเปลือก

1.3 ต้นหอม

1.4 แครอท

1.5 น้ำมันรำข้าว ตราคิง

1.6 เครื่องปรุงข้าวผัดกุ้ง ได้แก่ เกลือป่น น้ำตาล น้ำมันงา

2. อุปกรณ์

2.1 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันสูงชนิด Water Spray Retort ของบริษัท HISAKA WORKS จำกัด รุ่น ASR – 100/20

2.2 รีทอร์ทเพาช์ ชนิดทึบแสง ประเภท standing pouch ขนาด 120 x 170 x 35 มม. ของบริษัท TPN FlexPak จำกัด โดยวัสดุที่ใช้ทำภาชนะอ่อนตัวประกอบด้วย Polyester 12 micron, Aluminium Foil 9 micron, Biaxially Oriented Nylon 25 micron และ Cast Polypropylene 100 micron

2.3 เครื่องปิดผนึก (Seal) ของบริษัท ริชเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

2.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและคำนวณค่า F_0 ของ Presica 2002

2.5 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง Yamato unicell model VC-100

2.6 Wig L Bug Amalgamator

2.7 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิคู่ควบ (Thermocouple) type K

2.8 เครื่องบรรจุแบบสุญญากาศ Multivac Type A 300/16 บริษัท Sepp Haggenmuller KG

2.9 เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) Minolta CM-3500d ของบริษัท Minolta

2.10 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ver.11

2.11 ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 35 และ 45 องศาเซลเซียส

2.12 เครื่องย่อยโปรตีน Buchi 435

2.13 เครื่องกลั่นโปรตีน Buchi 323 distillation unit

2.14 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน Soxtex system HT 1043 extraction unit

2.15 เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace) Phoenix furnace model beta 5

2.16 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Ohaus 6010H

2.17 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) Cybercan 100

2.18 หลอดแก้วมีฝาเกลียวบุด้วยเทฟลอนขนาด OD 20 มม. x 150 มม.

2.19 สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น UV-160 ของบริษัท Shimadzu

3. <u>สารเคมี</u>

3.1 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณกรดไทโอบาร์บิธูริก (ดัดแปลงจาก Kirk and Sawyer, 1991) ได้แก่ Thiobarbituric acid reagent (TBA reagent) กรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 90 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 4 โมลาร์

3.2 สารเคมีวิเคราะห์โปรตีน ได้แก่ กรดซัลฟิวริกเข้มข้น คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$ $5H_2O$) โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 32 สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก 0.1 นอร์มัล (0.05 โมลาร์) สารละลายกรดบอริกร้อยละ 2 อินดิเคเตอร์ (0.02 g. methyl red + 0.1 g. bromocresol green ใน ethanol 100 ml.)

3.3 สารเคมีวิเคราะห์ไขมัน ได้แก่ Petroleum ether

3.4 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์เยื่อใย ได้แก่ สารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 0.255 นอร์มัล สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.313 นอร์มัล แอลกอฮอล์มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 95

3.5 การวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสแบบเร็ว ได้แก่ เอทธิลแอลกอฮอล์ สารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ 2 นอร์มัล กรดเกลเซียลอะซิติก 1 นอร์มัล ไอโอดีน โปแตสเซียสไอโอไดด์ โปเตโต-แอมิโลสบริสุทธิ์ สารละลายไอโอดีน

3.6 การวิเคราะห์ความคงตัวของแป้งสุก ได้แก่ Ethanol เข้มข้นร้อยละ 95 ที่มี Thymol Blue เข้มข้นร้อยละ 0.025 สารละลาย KOH เข้มข้น 0.2 นอร์มัล 12.88 ในน้ำ 1000 มิลลิลิตร

3.7 การวิเคราะห์การสลายเมล็ดในด่าง ได้แก่ สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ร้อยละ 1.7 Working Solution เข้มข้นร้อยละ 1.7 KOH phenolphthalein

วิธีการ

1. การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากผู้บริโภคในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งในรีทอร์ทเพาช์

เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ข) กับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายคือ ผู้บริโภคทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 120 คน (ทำการทดลองในห้างสรรพสินค้าเซ็ลทรัล ปิ่นเกล้า) เพื่อหาแนวความคิด (Product Idea) ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งในรีทอร์ทเพาช์ ความชอบและพฤติกรรมในการบริโภค ด้านข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ และรายได้ เป็นต้น ในด้านพฤติกรรมการบริโภคและทัศนคติของผู้บริโภค ได้แก่ ความถี่ในการรับประทานข้าวผัดกุ้ง สถานที่ในการรับประทาน เหตุผลในการเลือกซื้อ เป็นต้น รวมทั้งข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ ได้แก่ ชนิดของข้าวผัดกุ้งที่ผู้บริโภคต้องการ ผักที่ควรมีในข้าวผัดกุ้ง และราคาที่เหมาะสม เป็นต้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

2. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวจากกลุ่มข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสใกล้เคียงกัน

คัดเลือกพันธุ์ข้าวจากกลุ่มข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสใกล้เคียงกันทั้งหมด 3 พันธุ์ คือ เหลืองประทิว 123 ขาวตาแห้ง 17 และปทุมธานี 60 เป็นตัวแทนของข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงที่เหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาเป็นข้าวผัดกุ้งในรีทอร์ทเพาช์ โดยทำการทดลองดังต่อไปนี้

2.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ปัจจัยคุณภาพที่ศึกษา ได้แก่

- ความชื้น (A.O.A.C., 1995)
- ปริมาณแอมิโลส (Juliano, 1971)
- การสลายเมล็ดในด่าง (Little *et al.,* 1958)
- ความคงตัวของแป้งสุก (Cagampang *et al.,* 1973)
- ระยะเวลาในการหุงต้ม (Azeeze and Shafi, 1996)
- ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 1995)

2.2 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสใกล้เคียงกัน

ต้มข้าวทั้ง 3 พันธุ์ โดยใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้า โดยใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ คือ 1 : 2.2 ซึ่งเหมาะสำหรับพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูง (งามชื่น, 2533) ใช้เวลาการหุงตามการทดลองที่ 2.1 แล้วนำข้าวไปผัดตามสูตรในตารางที่ 7 นำข้าวผัดที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ratio Profile Test (RPT) ใช้สเกลยาว 150 มิลลิเมตร (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข) โดยผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 10 ท่าน ฝึกฝนผู้ทดสอบเบื้องต้นโดยให้ผู้ทดสอบกำหนดคำนิยามของลักษณะข้าวที่ทำการทดสอบเกี่ยวกับลักษณะที่ดีของข้าวผัดที่ควรนำมาพิจารณา และฝึกฝนผู้ทดสอบให้ทราบว่าลักษณะที่ดีของข้าวที่เหมาะสมสำหรับนำมาทำข้าวผัด ทำการฝึกฝนจนกระทั่งผู้ทดสอบมีความชำนาญ แล้วกำหนดข้าวผัดในอุดมคติ ซึ่งลักษณะปัจจัยที่นำมาพิจารณา คือ ความร่วนของเมล็ด ความแข็งของเมล็ด ปริมาณข้าวที่แตกบาน ปริมาณข้าวเมล็ดเต็ม และความยาวของเมล็ด โดย

ความร่วนของเมล็ด : ข้าวที่เหมาะจะนำมาทำข้าวผัดต้องมีความร่วนไม่เกาะกันเป็นก้อน
ความแข็งของเมล็ด : ข้าวที่เหมาะจะนำมาทำข้าวผัดต้องมีความแข็งพอเหมาะ ไม่นิ่ม เละ หรือแข็งกระด้างจนเกินไป
ปริมาณข้าวที่แตกบาน : ข้าวที่เหมาะจะนำมาทำข้าวผัด ไม่ควรมีปริมาณข้าวที่แตกบานมาก เนื่องจากเมื่อนำไปผ่านการผัด จะทำให้ได้ข้าวผัดที่มีลักษณะไม่ดี เกาะตัวกัน และเมล็ดแตกหัก
ปริมาณข้าวเมล็ดเต็ม : ข้าวที่เหมาะจะนำมาทำข้าวผัด ต้องมีข้าวที่เต็มเมล็ดมากกว่าร้อยละ 90
ความยาวของเมล็ด : ข้าวที่เหมาะจะนำมาทำข้าวผัด ต้องเป็นข้าวเมล็ดยาวประมาณ 1 เซนติเมตร

นำตัวอย่างข้าวผัดที่ได้จากข้าวแต่พันธุ์มาทดสอบทางประสาทสัมผัสและเปรียบเทียบกับข้าวผัดในอุดมคติ จากนั้นคัดเลือกตัวอย่างข้าวผัดจากพันธุ์ข้าวที่มีความใกล้เคียงกับข้าวผัดในอุดมคติไปทดลองในขั้นต่อไป

3. <u>การศึกษาผลของการลวกข้าว และการลวกกุ้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์</u>

3.1 ศึกษาผลของการลวกข้าว

นำข้าวที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2 มาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปลวกในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5, 3.5 และ 4.5 นาที ตามลำดับ (ดัดแปลงจาก Roberts *et al*., 1953) เทลงกระชอน พักไว้ ให้สะเด็ดน้ำ ผัดข้าวกับส่วนผสมทั้งหมดดังตารางที่ 7 จากนั้นนำกุ้งที่ผ่านการลวก 1 นาที มาผัดคลุกเคล้าให้เข้ากันประมาณ 2 นาที นำข้าวผัดกุ้งที่ได้ไปบรรจุถุงละ 130 กรัม แล้วบรรจุน้ำลงถุง ชั่งน้ำหนักสุทธิในแต่ละถุง ปิดผนึกรีทอร์ทเพาช์โดยไล่อากาศตรวจสอบสภาพตะเข็บถุงให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์และนำผลิตภัณฑ์ไปฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงจาก Rutledge *et al*., 1974) F_0 5 นาที ในหม้อหม้อฆ่าเชื้อที่สภาวะความดัน 0.15 MPa นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามข้อ 3.3 คัดเลือกสภาวะที่ตัวอย่างผลิตภัณฑ์มีความชอบโดยรวมมากที่สุด นำไปทดลองในข้อ 3.2

<u>ตารางที่ 7</u> สูตรพื้นฐานการผลิตข้าวผัดกุ้ง

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
ข้าวสารดิบ	70
กุ้งกุลาดำลวก	30
น้ำตาลทราย	1.8
เกลือป่น	2.0
น้ำมันรำข้าว	10
น้ำมันงา	2
แครอท	8
ก้านต้นหอม	6
น้ำ	50 (ลวก 2.5 นาที), 30 (ลวก 3.5 นาที), 30 (ลวก 4.5 นาที)

ที่มา: ดัดแปลงสูตรอาหารจาก นิรนาม (2549)

3.2 ศึกษาผลของการลวกกุ้ง

นำกุ้งแช่เยือกแข็งมาหลอมละลาย ปอกเปลือกกุ้ง และหางกุ้ง ล้างให้สะอาด หั่นเป็นท่อนประมาณท่อนละ 1.5 ซม. แล้วนำไปลวกในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 1, 2 และ 3 นาที ตามลำดับ เทลงกระชอน พักไว้ ให้สะเด็ดน้ำ มาผัดคลุกเคล้ากับข้าวที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2 ไปลวกในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ตามสภาวะที่ได้จากข้อ 3.1 ผัดข้าวกับส่วน ผสมทั้งหมดดังตารางที่ 7 ให้เข้ากันประมาณ 2 นาที นำข้าวผัดกุ้งที่ได้ไปบรรจุถุงละ 130 กรัม แล้วบรรจุน้ำลงถุง ชั่งน้ำหนักสุทธิในแต่ละถุง ปิดผนึกรีทอร์ทเพาช์โดยไล่อากาศ ตรวจสอบสภาพตะเข็บถุงให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ และนำผลิตภัณฑ์ไปฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงจาก Rutledge *et al*., 1974) F_0 5 นาที ในหม้อฆ่าเชื้อที่สภาวะความดัน 0.15 MPa นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามข้อ 3.3 คัดเลือกสภาวะที่ตัวอย่างผลิตภัณฑ์มีความชอบโดยรวมมากที่สุด นำไปทดลองในข้อ 4

3.3 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์

3.3.1 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ภายหลังการฆ่าเชื้อ ใช้ผู้ทดสอบที่คุ้นเคยกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้ hedonic scale 9 ระดับ ให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด คะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข)

3.3.2 ประเมินคุณภาพทางกายภาพของเนื้อกุ้ง และข้าวก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ โดยวัดค่าสีในระบบ L* a* b* (Minolta CM-3500d)

3.4 การประเมินผลทางสถิติ

วิเคราะห์ประเมินผลทางสถิติ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

4. <u>การศึกษาสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์</u>

ศึกษาการให้ความร้อนของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์เพาช์ขนาด 120 x 170 x 35 มม. จากสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากข้อ 3 ที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส โดยแปร F_0 เป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 นาที มีขั้นตอนดังนี้

4.1 เจาะรีทอร์ทเพาช์ ให้เป็นรูเพื่อที่จะนำเข็มวัดอุณหภูมิ (thermocouple) ไปวางในตำแหน่งที่จุดกึ่งกลางรีทอร์ทเพาช์

4.2 บรรจุข้าวผัดกุ้งในรีทอร์ทเพาช์ ที่ติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิ ให้ปลายของเข็มวัดเสียบที่จุดร้อนช้าที่สุดของอาหาร

4.3 นำรีทอร์ทเพาช์แรกที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ มาตรวจสอบอุณหภูมิกลางถุงพร้อมทั้งนำรีทอร์ทเพาช์ทั้งหมดเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ

4.4 ติดตั้งระบบวัดการแทรกผ่านความร้อน โดยการต่อสายสัญญาณวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ เปิดเครื่องวัดอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพที่พร้อมทำงาน

4.5 กำหนดสภาวะในการให้ความร้อนที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิโดยใช้สภาวะในการฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส F_0 เป็น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 นาที บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที

4.6 ประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ ตามข้อ 3.3

4.7 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งในรีทอร์ทเพาช์ โดยใช้สภาวะการให้ความร้อนที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด จากข้อ 4.6 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 100 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งในรีทอร์ทเพาช์ โดยใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (ภาคผนวก ข)

4.8 วิเคราะห์ประเมินผลทางสถิติ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

4.9 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) ดังภาคผนวก ค

4.10 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ Total plate count, Flat sour, Thermophilic anaerobes, Mesophilic anaerobes และ Sulfide spoilage (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2531) โดยส่งวิเคราะห์ที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. <u>ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศออกจากภาชนะบรรจุในระหว่างการเก็บรักษา</u>

ผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ โดยใช้สภาวะการให้ความร้อนที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากข้อ 4 แล้วนำมาเก็บรักษาดูการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 3 เดือน วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial Experimental Design โดยปัจจัยที่ 1 คือ วิธีการบรรจุ 2 รูปแบบ ได้แก่ การปิดผนึกโดยไล่อากาศและการปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษา 3 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง(25) 35 และ 45 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่างระหว่างเก็บรักษา ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 3 เดือน มาวัดค่าสีตามข้อ 5.1 ตรวจสอบทางเคมีตามข้อ 5.2 และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามข้อ 5.3

5.1 การตรวจสอบทางกายภาพ ได้แก่

วัดสีผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเครื่อง Spectrophotometer CM-3500 Minolta โดยวัดค่าสีเป็น L* a* b*

5.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่

วิเคราะห์ปริมาณกรดไธโอบาร์บิธูริก (Thiobarbituric acid, TBA) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Kirk and Sawyer (1991) ดังภาคผนวก ค

5.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยวิธีการทดสอบพรรณนาเชิงปริมาณ (quantitative descriptive analysis; QDA) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนจำนวน 10 คน ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และให้คำอธิบายลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ แล้วอภิปรายเพื่อสรุปคำอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์ จากนั้นทดสอบความเข้ม (intensity) ตามคำอธิบายลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยทำการฝึกฝนผู้ทดสอบและปรับมาตรฐานการรับรู้ลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ด้วยการอธิบายความหมายของคำอธิบายลักษณะนั้นๆ และให้ตัวอย่างอ้างอิง (reference) ของแต่ละลักษณะ ให้คะแนนความเข้มโดยใช้เส้นสเกลยาว 150 มิลลิเมตร จากน้อยไปถึงมาก (ดัดแปลงจากวิธีของ Lewless and Heymann, 1999) (แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข)

5.4 วิเคราะห์ประเมินผลทางสถิติ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

6. <u>คำนวณต้นทุนและผลตอบแทน</u>

คำนวณต้นทุนในการผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ โดยพิจารณาจากราคากุ้ง ค่าภาชนะบรรจุภัณฑ์ และราคาส่วนประกอบอาหาร โดยไม่รวมค่าใช้จ่ายในการผลิต

ผลและวิจารณ์

1. การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากผู้บริโภคในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์

สำรวจความต้องการของผู้บริโภคโดยออกแบบสอบถามผู้บริโภคเพื่อหาเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ชนิดของข้าวผัด ผัก รสชาติ โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 120 คน แบ่งตาม เพศ และอายุ เป็นเพศชาย 60 คน และหญิง 60 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50 อายุ 20-25 ปี 26-30 ปี 31-35 ปี 36-40 ปี 41-45 ปี และมากกว่า 45 ปี ช่วงอายุละ 20 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7 สอบถามข้อมูลทั่วไป เช่น ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ เป็นต้น และข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ เช่น ลักษณะของข้าวผัดกุ้งที่ต้องการให้พัฒนา ชนิดของผักที่ต้องการให้ใส่ลงในข้าวผัดกุ้ง ความรู้เกี่ยวกับอาหารสำเร็จรูปในรีทอร์ทเพาช์ ราคาของผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ แสดงผลการสำรวจ ดังนี้

1.1 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค

ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภคแสดงดังตารางที่ 8 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับต่ำปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ10 การศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 35 ปริญญาโทร้อยละ 45.8 และสูงกว่าปริญญาโทร้อยละ 9.2 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอาชีพค้าขายและธุรกิจส่วนตัวคิดเป็นร้อยละ 37.5 เป็นนักศึกษาร้อยละ 22.5 เป็นพนักงานบริษัทเอกชนร้อยละ 20 เป็นข้าราชการและรัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 12.5 และมีอาชีพรับจ้างร้อยละ 7.5 และมีรายได้ต่อเดือน15,001-20,000 บาทคิดเป็นร้อยละ 45.8 มีรายได้ต่อเดือนสูงกว่า 20,000 บาทร้อยละ 22.5 รายได้ 5,000-10,000 บาทร้อยละ 22.5 และ รายได้ 10,001-15,000 บาทร้อยละ 9.2

1.2 การสำรวจพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภค

ผลการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคแสดงในตารางที่ 9 พบว่าผู้บริโภคทั้งหมดเคยรับประทานข้าวผัดกุ้ง โดยผู้บริโภคร้อยละ 95.8 ชอบรับประทานข้าวผัดกุ้ง และร้อยละ 4.2 ไม่ชอบรับประทานข้าวผัดกุ้ง ซึ่งผู้บริโภคที่รับประทานข้าวผัดกุ้งเป็นประจำคิดเป็นร้อยละ 13.4 กล่าวคือ ร้อยละ 31.3 ของผู้บริโภคที่รับประทานข้าวผัดกุ้งเป็นประจำรับประทานสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง ร้อยละ 50 รับประทานสัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง ร้อยละ 18.7 รับประทานสัปดาห์ละ 3-4 ครั้ง ผู้บริโภคร้อยละ 20 รับประทานข้าวผัดกุ้งเป็นครั้งคราว กล่าวคือ ร้อยละ 16.5 ของผู้บริโภคที่

รับประทานข้าวผัดกุ้งเป็นครั้งคราวรับประทานสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ร้อยละ 21 รับประทานเดือนละ 2-3 ครั้ง และร้อยละ 62.5 รับประทานเดือนละ 1 ครั้ง และผู้บริโภคร้อยละ 66.6 รับประทานข้าวผัดกุ้งนานๆ ครั้ง เมื่อสอบถามเกี่ยวกับสถานที่รับประทานข้าวผัดกุ้ง พบว่า ร้อยละ 43.5 รับประทานที่บ้าน ร้อยละ 38.4 รับประทานที่ร้านอาหารหรือภัตตาคาร ร้อยละ 17.6 รับประทานที่ฟาสต์ฟู้ด และร้อยละ 0.5 รับประทานที่อื่น เช่น บ้านเพื่อน ผู้บริโภคให้เหตุผลในการเลือกซื้อข้าวผัดกุ้ง ดังนี้ ผู้บริโภคร้อยละ 41.7 ให้ความสำคัญต่อรสชาติมากที่สุด ร้อยละ 32.5 ให้ความสำคัญกับความสะดวกในการบริโภค ร้อยละ 17.5 ให้ความสำคัญในด้านคุณค่าทางอาหาร และร้อยละ 8.3 ให้ความสำคัญในด้านราคา

ตารางที่ 8 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
เพศ	
ชาย	50
หญิง	50
อายุ	
20-25 ปี	16.7
26-30 ปี	16.7
31-35 ปี	16.7
36-40 ปี	16.7
41-45 ปี	16.7
46 ปีขึ้นไป	16.7

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
การศึกษา	
ต่ำกว่าปริญญาตรี	10.0
ปริญญาตรี	35.0
ปริญญาโท	45.8
สูงกว่าปริญญาโท	9.2
อาชีพ	
ข้าราชการและรัฐวิสาหกิจ	12.5
พนักงานบริษัทเอกชน	20.0
ค้าขายและธุรกิจส่วนตัว	37.5
รับจ้าง	7.5
นักศึกษา	22.5
รายได้	
5,000-10,000 บาท	22.5
10,001-15,000 บาท	9.2
15,001-20,000 บาท	45.8
สูงกว่า 20,000 บาท	22.5

ตารางที่ 9 พฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคต่อข้าวผัดกุ้ง

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
เคยรับประทานข้าวผัดกุ้ง	
เคย	100
ไม่เคย	0
ชอบรับประทานข้าวผัดกุ้ง	
ชอบ	95.8
ไม่ชอบ	4.2
ความถี่ในการรับประทาน	
ประจำ	13.4
สัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง	31.3
สัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง	50
สัปดาห์ละ 3-4 ครั้ง	18.7
มากกว่าสัปดาห์ละ 4 ครั้ง	0
ครั้งคราว	20
สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	16.5
เดือนละ 2-3 ครั้ง	21
เดือนละ 1 ครั้ง	62.5
นานๆครั้ง	66.6
สถานที่ในการรับประทาน	
ทำทานเองที่บ้าน	43.5
ร้านอาหาร/ภัตตาคาร	38.4
ฟาสต์ฟู้ด	17.6
อื่นๆ	0.5

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
ลำดับความสำคัญของเหตุผลในการซื้อข้าวผัดกุ้ง	
รสชาติ	41.7
ความสะดวกในการบริโภค	32.5
คุณค่าทางอาหาร	17.5
ราคา	8.3

1.3 พฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์

ผลการสำรวจพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ แสดงในตารางที่ 10 ในเรื่องความถี่ของการบริโภค พบว่า มีผู้รับประทานนานๆ ครั้งถึงร้อยละ 68.4 และผู้รับประทานเป็นครั้งคราวร้อยละ 16.6 ในกลุ่มนี้จะรับประทานสัปดาห์ละ 1 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 34.9 ของผู้บริโภคที่รับประทานเป็นครั้งคราว รับประทานเดือนละ 2-3 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 15.1 รับประทานเดือนละ 1 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 50 และมีผู้รับประทานเป็นประจำร้อยละ 15 โดยรับประทานสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง ร้อยละ 50 รับประทานสัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง ร้อยละ 38.7 รับประทานสัปดาห์ละ 3-4 ครั้ง ร้อยละ 11.3 ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์จำเป็นต้องใช้ไมโครเวฟในการคืนรูปประกอบกับเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาค่อนข้างสูง และเมื่อสอบถามในส่วนของค่าใช้จ่ายในการซื้อต่อครั้ง พบว่า ผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ ครั้งละ 30-35 บาท ร้อยละ 24.2 ซื้อครั้งละ 36-40 บาท ร้อยละ 15.8 ซื้อครั้งละ 41-45 บาท ร้อยละ 32.5 ซื้อครั้งละ 46-50 บาท ร้อยละ 25 และซื้อครั้งละ 51 บาทขึ้นไป ร้อยละ 2.5 เมื่อสอบถามเกี่ยวกับสถานที่ที่ผู้บริโภคซื้อ พบว่า ซื้อที่ซุปเปอร์มาร์เก็ต ร้อยละ 66.7 ร้านขายของชำ ร้อยละ 9.2 สหกรณ์ร้อยละ 5 และร้านสินค้าสะดวกซื้อร้อยละ 19.2 เมื่อกล่าวถึงอาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ผู้บริโภคคำนึงถึงความรสชาติและความสะดวกรวดเร็วในการบริโภคมากที่สุด คิดเป็นร้อยละที่เท่ากัน คือ 24.9 และนึกถึงความทันสมัย คุณค่าทางอาหาร การเตรียมด้วยไมโครเวฟ และอื่นๆ ร้อยละ 17.2, 16.9, 15.5 และ 0.5 ตามลำดับ ในส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ พบว่า ผู้บริโภคเลือกซื้ออาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ เนื่องจากความสะดวกในการบริโภคมากที่สุดร้อยละ 27.6 ให้ความสำคัญต่อรสชาติร้อยละ 25.5 ให้ความสำคัญต่อ

ราคาร้อยละ 22 ให้ความสำคัญต่อคุณค่าทางโภชนาการร้อยละ 18.8 และให้ความสำคัญต่อภาชนะบรรจุร้อยละ 6.1 นั่นคืออาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ควรจะให้ความสะดวกในการบริโภค เตรียมง่าย แต่ต้องมีรสชาติอร่อยและมีคุณค่าทางโภชนาการด้วย

1.4 ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปสเตอริไลซ์

ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปสเตอริไลซ์แสดงดัง ตารางที่ 11 พบว่า ชนิดของข้าวผัดกุ้งที่ผู้บริโภคต้องการ คือ ข้าวผัดไม่ใส่ซีอิ๊วดำ ไม่ใส่ซอสมะเขือเทศ และไม่ใส่ไข่ คิดเป็นร้อยละ 33.7 ในส่วนของชนิดผักที่ผู้บริโภคต้องการให้ใส่ในผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้ใส่ต้นหอมและแครอทมากกว่าผักชนิดอื่น คือ ร้อยละ 21.1 และ 23.9 ตามลำดับ ในส่วนของราคาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปสเตอริไลซ์หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ที่ใช้ระยะเวลาในการเตรียมน้อย มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน ผู้บริโภคเห็นว่าข้าวผัดกุ้งสเตอริไลซ์สำเร็จรูปควรมีราคา 41-45 บาท ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละที่มากที่สุด คือ ร้อยละ 31.7 รองลงมาควรมีราคา 30-35 บาท 46-50 บาท 36-40 บาท และ 51 บาทขึ้นไป โดยคิดเป็นร้อยละ 25.8, 25, 15 และ 2.5 ตามลำดับ

ดังนั้น จากการทดสอบความต้องการของผู้บริโภคจากกลุ่มผู้บริโภคในวัยทำงาน ซึ่งมีกำลังซื้อ และต้องการความสะดวกในการบริโภค ซึ่งได้เค้าโครงของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูป คือ เป็นข้าวผัดกุ้งไม่ใส่ซีอิ๊วดำ ไม่ใส่ซอสมะเขือเทศ และไม่ใส่ไข่ ต้องการให้ใส่แครอท และต้นหอม นอกจากนี้ผู้บริโภคยังให้ความสำคัญด้านรสชาติและความสะดวกในการบริโภคด้วย และผลิตภัณฑ์สุดท้ายควรมีราคา 41-45 บาท ผลิตภัณฑ์จึงมีแนวโน้มที่จะผลิตได้จริง และสามารถจัดจำหน่ายได้ โดยนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับตามความต้องการของผู้บริโภค

ตารางที่ 10 พฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
เมื่อกล่าวถึงอาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์นึกถึง	
รสชาติ	24.9
ความสะดวกในการบริโภค	24.9
ความทันสมัย	17.2
คุณค่าทางอาหาร	16.9
การเตรียมด้วยไมโครเวฟ	15.5
อื่นๆ	0.6
สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป	
ซุปเปอร์มาร์เก็ต	66.7
ร้านขายของชำ	9.2
สหกรณ์	5.0
ร้านค้าสะดวกซื้อ	19.2
เหตุผลในการเลือกซื้ออาหารสำเร็จรูปสเตอริไลซ์	
ความสะดวกในการบริโภค	27.6
รสชาติ	25.5
ราคา	22.0
คุณค่าทางโภชนาการ	18.8
ภาชนะบรรจุ	6.1

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
ความถี่ในการบริโภค	
ประจำ	15
สัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง	50
สัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง	38.7
สัปดาห์ละ 3-4 ครั้ง	11.3
มากกว่าสัปดาห์ละ 4 ครั้ง	0
ครั้งคราว	16.6
สัปดาห์ละ 1 ครั้ง	34.9
เดือนละ 2-3 ครั้ง	15.1
เดือนละ 1 ครั้ง	50
นานๆครั้ง	68.4
ค่าใช้จ่ายในการซื้อครั้งต่อไป	
30-35 บาท	24.2
36-40 บาท	15.8
41-45 บาท	32.5
46-50 บาท	25.0
51 บาทขึ้นไป	2.5

ตารางที่ 11 ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปสเตอริไลซ์

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
ชนิดของข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปสเตอริไลซ์	
ข้าวผัดซอสมะเขือเทศ	8.3
ข้าวผัดซอสมะเขือเทศใส่ไข่	7.9
ข้าวผัดใส่ซีอิ๊วดำ	7.5
ข้าวผัดใส่ซีอิ๊วดำใส่ไข่	6.8
ข้าวผัดไข่	17.9
ข้าวผัดอเมริกัน	17.9
ข้าวผัดไม่ใส่ซีอิ๊วดำ ไม่ใส่ซอสมะเขือเทศ และไม่ใส่ไข่	33.7
ชนิดของผักที่ควรมีในข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปสเตอริไลซ์	
คะน้า	3.9
หน่อไม้ฝรั่ง	4.3
ผักชี	8.5
ต้นหอม	21.1
แครอท	23.9
หอมหัวใหญ่	9.9
แตงกวา	12.4
ถั่วลันเตา	6.9
มะเขือเทศ	8.9
อื่นๆ	0.2
ราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งสำเร็จรูปสเตอริไลซ์	
30-35 บาท	25.0
36-40 บาท	15.0
41-45 บาท	31.7
46-50 บาท	25.8
51 บาทขึ้นไป	2.5

2. <u>การศึกษาคุณภาพของข้าว และคัดเลือกพันธุ์ข้าวเพื่อพัฒนาเป็นข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์</u>

2.1 การคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่เหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาเป็นข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์จากกลุ่มข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสใกล้เคียงกัน

ทำการคัดเลือกวัตถุดิบจากข้าวขาวที่มีคุณภาพทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน โดยใช้ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ขาวตาแห้ง 17 และ ปทุมธานี 60 ซึ่งข้าวที่ใช้นำมาจากสถานีวิจัยพันธุ์ข้าวจังหวัดปทุมธานี แต่ข้าวแต่ละพันธุ์อาจให้คุณลักษณะที่แตกต่างกัน จึงต้องนำข้าวทั้ง 3 พันธุ์มาคัดเลือก โดยทำการทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส แสดงผลการทดลอง ดังนี้

2.1.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ขาวตาแห้ง 17 และปทุมธานี 60 แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 12 พบว่า ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ขาวตาแห้ง 17 และ ปทุมธานี 60 มีความชื้นร้อยละ 14.2, 14.3 และ 14.2 ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณความชื้นของข้าวสามารถบ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษาข้าว หรือบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการเก็บรักษาให้ข้าวมีคุณภาพดี โดยข้าวที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมเสียเร็วกว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ ซึ่งการตากข้าวเปลือก เพื่อลดความชื้นลงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา (ความชื้นไม่สูงกว่า 14%) จนถึงเวลาการสีข้าวเปลือกที่มีความชื้นเหมาะสม ก็จะทำให้ข้าวเต็มเมล็ดสูง และข้าวหักน้อย (Juliano, 1985) ดังนั้นข้าวที่นำมาศึกษาจึงมีความเหมาะสม เพราะมีความชื้นอยู่ในช่วงที่กำหนด

จากการหาปริมาณแอมิโลส พบว่า ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ขาวตาแห้ง 17 และ ปทุมธานี 60 มีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 27.7, 26.3 และ 26.9 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแอมิ-โลสจะมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสของข้าวโดยข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูง จะให้เนื้อสัมผัสที่แข็งและร่วนกว่าข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ (Sanjiva Rao *et al.*, 1952) โดยทั่วไปแล้วข้าวแบ่งออกตามปริมาณแอมิโลส จัดลำดับไว้คือ ข้าวแอมิโลสต่ำมีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 10-19 ข้าวแอมิโลสปานกลางมีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 20-25 และข้าวแอมิโลสสูงมีปริมาณแอมิโลส ร้อยละ 25-34 (งามชื่น, 2533) ดังนั้นข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ขาวตาแห้ง 17 และ ปทุมธานี 60 จึงจัดอยู่ในกลุ่มข้าวแอมิโลสสูง

การหาอุณหภูมิแป้งสุก สามารถพิจารณาได้จากค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่างตามวิธีของ Little *et al.* (1958) ค่าการสลายเมล็ดในด่างนี้จะสามารถประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสุกหรือการเกิดเจลาทิไนเซชันได้ 3 ช่วง คือ ค่าการกระจายเมล็ดในด่าง 6-7 จัดเป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ซึ่งมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส ค่าการกระจายเมล็ดในด่าง 4-5 จัดเป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง คือ มีอุณหภูมิแป้งสุก 70-74 องศาเซลเซียส และค่าการกระจายเมล็ดในด่างเป็น 1-3 จะมีอุณหภูมิแป้งสุกสูง คือ มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงกว่า 74 องศาเซลเซียส ถ้าข้าวที่มีอุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนเซชันสูงต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนเซชันต่ำ จากผลการทดลอง พบว่า ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ขาวตาแห้ง 17 และ ปทุมธานี 60 มีค่าการสลายเมล็ดในด่างเป็น 5.0, 6.0 และ 6.0 ตามลำดับ ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 จึงจัดเป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง คือ มีอุณหภูมิแป้งสุก 70-74 องศาเซลเซียส ส่วนข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 และ ปทุมธานี 60 จัดเป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ คือ มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส

จากการหาค่าความคงตัวของแป้งสุกที่อ่านจากระยะทางการไหลของแป้งสุกในด่างและแอลกอฮอล์ พบว่า ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ขาวตาแห้ง 17 และ ปทุมธานี 60 มีค่าความคงตัวของแป้งสุก 56.7, 92.7 และ 64.0 มิลลิเมตร Cagampang *et al.* (1973) จัดลำดับตามระยะทางการไหลของแป้งสุก ได้ว่าระยะทางไหลของแป้งสุก 25-40 มิลลิเมตร ถือว่าแป้งสุกแข็ง เมื่อนำข้าวไปหุงจะแข็งและร่วน ถ้าระยะการไหล 41-60 มิลลิเมตร ถือว่า แป้งสุกแข็งปานกลาง และถ้าระยะการไหล 60-100 มิลิเมตร ถือว่า แป้งสุกอ่อน เมื่อนำข้าวไปหุงจะได้ข้าวที่มีเนื้อนุ่ม จากการทดลองแสดงให้ทราบว่า ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 จัดเป็นข้าวที่มีค่าความคงตัวของแป้งสุกแข็งปานกลาง ในขณะที่ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 และ ปทุมธานี 60 เป็นข้าวที่มีแป้งสุกอ่อน ซึ่งจะให้ข้าวสุกที่มีความนุ่มกว่าข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 โดยข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 จะให้ข้าวสุกที่มีความนุ่มมากที่สุด

จากการหาระยะเวลาการหุงข้าวให้สุก พบว่า ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ขาวตาแห้ง 17 และ ปทุมธานี 60 มีระยะเวลาการหุงต้ม 23.0, 21.0 และ 22.0 นาที ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการหาอุณหภูมิแป้งสุกโดยพิจารณาจากค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง โดยที่ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 และปทุมธานี 60 จัดเป็นข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 (อุณหภูมิแป้งสุก 70-74 องศาเซลเซียส) จึงทำให้ข้าวขาวตาแห้ง 17 และ ปทุมธานี 60 มีระยะเวลาการหุงต้มที่สั้นกว่าข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123

จากการหาปริมาณโปรตีน พบว่า ข้าวขาวตาแห้ง 17 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 และ ปทุมธานี 60 โดยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.6, 7.1 และ 6.0 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโปรตีนมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกที่มีลักษณะนุ่ม เหนียว หรือร่วน เนื่องจากโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดจะแทรกอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ช โดยในโครงสร้างของโปรตีนส่วนที่มีพันธะซัลไฟด์คู่คือซีสทีน ที่เกาะเกี่ยวกับเม็ดสตาร์ช จะขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ช ทำให้ความหนืดต่ำ ความเหนียวลดลง อาจมีผลต่อการเกิดเจลาทิไนซ์ของเม็ดสตาร์ช โดยทำให้การพองตัวของเม็ดสตาร์ชไม่เสียรูปร่างได้ง่าย และทำให้โมเลกุลของแอมิโลสไม่ซึมผ่านออกไป มีผลต่อลักษณะความอ่อน หรือแข็งของเจลเมื่อเย็นลง (Hamaker, 1994) นอกจากนั้นยังเกี่ยวกับโปรตีนออริซานิน (oryzanin) ซึ่งเป็นชนิดของโปรตีนที่พบมากในข้าว ประมาณร้อยละ 70-90 ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด (Lásztity, 1995) โดยโปรตีนชนิดนี้จะเกาะเกี่ยวกันกับโมเลกุลของสตาร์ชทั้งในส่วนของแอมิโลส และแอมิโลเพกทินในระหว่างการหุงต้ม ทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำของสตาร์ชลดลง จึงมีผลให้เนื้อสัมผัสของข้าวร่วนขึ้นได้ (Hamaker, 1994; Ramesh *et al.,* 2000) อาจมีผลให้ข้าวขาวตาแห้ง 17 มีความร่วนมากกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ

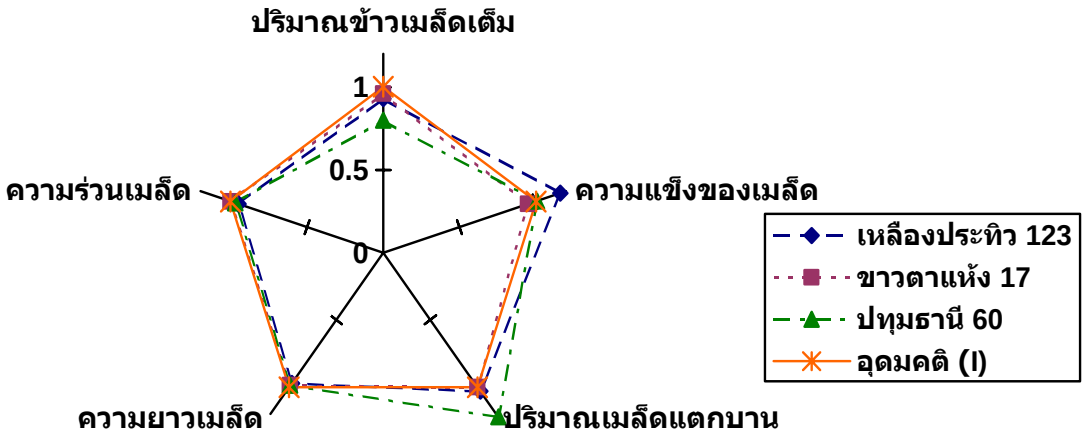
ตารางที่ 12 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของข้าวแอมิโลสสูงทั้ง 3 พันธุ์

ค่าคุณภาพ	เหลืองประทิว 123	ขาวตาแห้ง 17	ปทุมธานี 60
ความชื้น (ร้อยละ)	14.22 ± 0.16	14.26 ± 0.20	14.23 ± 0.10
แอมิโลส (ร้อยละ)	27.71 ± 0.08	26.27 ± 0.10	26.86 ± 0.14
ค่าการสลายเมล็ดในด่าง	5 ± 0.00	6 ± 0.00	6 ± 0.00
ค่าความคงตัวของแป้งสุก (มม.)	56.70 ± 0.30	92.73 ± 0.25	63.97 ± 0.15
ระยะเวลาการหุงต้ม (นาที)	23 ± 0.00	21 ± 0.00	22 ± 0.00
ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	6.58 ± 0.20	7.05 ± 0.25	6.01 ± 0.06

2.1.2 การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสใกล้เคียงกัน

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยนำข้าวผัดจากทั้ง 3 พันธุ์ มาเปรียบเทียบกับข้าวผัดในอุดมคติ โดยวิธี ratio profile test (RPT) ใช้สเกลยาว 150 มิลลิเมตร ใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 10 คน พิจารณาคุณลักษณะด้านความร่วนของเมล็ด ความแข็งของเมล็ด ปริมาณเมล็ดข้าวที่แตกบาน ความยาวเมล็ด และปริมาณข้าวเมล็ดเต็ม ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 3 พบว่าข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 มีค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงข้าวผัดกุ้ง

ในอุดมคติมากที่สุด โดยมีลักษณะนุ่มกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ และมีความร่วนเหมาะสม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการทดสอบค่าความคงของแป้งสุกและปริมาณโปรตีน โดยข้าวขาวตาแห้ง 17 จะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกต่ำ จึงส่งผลให้ข้าวมีความนุ่ม นอกจากนั้นยังมีปริมาณโปรตีนสูงทำให้ข้าวมีความร่วนอีกด้วย ในขณะที่ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 มีความแข็งเกินไป ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบปริมาณแอมิโลส โดยข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 มีปริมาณแอมิโลสสูงจึงอาจส่งผลให้ข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 มีความแข็งมากกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ ส่วนข้าวปทุมธานี 60 พบว่า มีปริมาณข้าวเมล็ดเต็มน้อยที่สุด อาจเนื่องจากข้าวปทุมธานี 60 มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวต่ำที่สุด จึงสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่าในระหว่างการหุงต้มทำให้ข้าวสุกแตกบาน จึงทำให้ข้าวสุกที่ได้มีลักษณะไม่เหมาะต่อการทำข้าวผัด ส่วนลักษณะความร่วนของเมล็ดข้าวและความยาวของเมล็ดข้าวที่สุกแล้ว มีผลตามอุดมคติไม่แตกต่างกันมาก



ภาพที่ 3 คุณค่าทางประสาทสัมผัสของข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสใกล้เคียงกัน

ดังนั้นในการทดลองนี้จึงคัดเลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ซึ่งให้ลักษณะใกล้เคียงกับข้าวผัดในอุดมคติมากที่สุด คือ มีปริมาณข้าวเมล็ดเต็มสูง มีความยาวเมล็ดเหมาะสม มีความร่วนของเมล็ด แต่ไม่แข็งจนเกินไป มาเป็นวัตถุดิบในการพัฒนาข้าวผัดกุ้งต่อไป

3. <u>ศึกษาผลของการลวกข้าว และการลวกกุ้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์</u>

3.1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสภาวะการลวกข้าว

การลวกข้าวเป็นวิธีเพิ่มความชื้นให้แก่เมล็ดข้าวให้พอเหมาะสำหรับการผลิตข้าวหุงสุกกระป๋อง หากความชื้นไม่เพียงพอก็อาจใช้วิธีเติมน้ำเพิ่มลงไปในกระป๋อง นอกจากนี้การลวกข้าวทำให้ผิวด้านนอกของข้าวเกิดการสุกตัวเป็นเจล ซึ่งอาจเพิ่มความสามารถในการดูดซับสารปรุงแต่งที่ใช้ทำข้าวผัด ส่วนการผัดข้าวด้วยน้ำมันนั้น คาดว่าจะช่วยในการป้องกันไม่ให้ข้าวเกาะติดกันแน่นเป็นก้อน ซึ่งในการทดลองนั้นมีระดับการลวกข้าวที่ระดับเวลาแตกต่างกัน ข้าวที่ได้จึงมีความชื้นที่ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องทำการเติมน้ำที่ระดับต่างๆ ให้กับข้าวก่อนการฆ่าเชื้อเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นประมาณ 58%

จากการศึกษาผลของการลวกข้าวนำข้าวที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2 มาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 2.5, 3.5 และ 4.5 นาที ตามลำดับ หลังสะเด็ดน้ำ ผัดข้าวกับกุ้งที่ผ่านการลวก 1 นาที และนำส่วนผสมทั้งหมดมาผัดคลุกเคล้าให้เข้ากันประมาณ 2 นาที นำข้าวผัดกุ้งที่ได้ไปบรรจุถุงละ 130 กรัม แล้วเติมน้ำเปล่าลงถุง ปิดผนึกรีทอร์ทเพาช์โดยไล่อากาศแล้วนำผลิตภัณฑ์ไปฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส จนได้ F_0 5 นาที หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณภาพทางกายภาพ

เมื่อนำข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสข้าว และความชอบรวม ด้วยวิธี Hedonic scale 9 ระดับ สภาวะการลวกที่ดีจะต้องมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมมากกว่า 6

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 13 (ตารางผนวกที่ ง1) พบว่า ที่สภาวะการลวกข้าวระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นรส และรสชาติ ($P>0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสข้าว และความชอบรวม ($P\leq0.05$) โดยที่สภาวะการลวกข้าวเป็นเวลา 4.5 นาที มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสข้าวและความชอบรวมสูงที่สุด เนื่องจากผู้บริโภคมักให้ความสนใจในสีของผลิตภัณฑ์มาก จึงวัดค่าสีของข้าวผัดกุ้ง ได้แสดงผลดังตารางที่ 14 (ตารางผนวกที่ ง2) จากการศึกษาพบว่า ก่อนการฆ่าเชื้อสภาวะการลวกข้าวไม่มีผลต่อค่า L*(ซึ่งแสดงความสว่างของสีมีค่าตั้งแต่ 0-สีดำ ถึง 100

–สีขาว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่หลังจากการฆ่าเชื้อสภาวะการลวกข้าวมีผลต่อค่า L*a*b* (ค่า a* แปรค่าจาก -100(สีเขียว) ไปจนถึง +100(สีแดง); ค่า b* -100(สีน้ำเงิน) ไปจนถึง +100(สีเหลือง)) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) โดยสภาวะการลวกข้าวเป็นเวลา 4.5 นาที จะมีค่า L* สูงกว่าสภาวะการลวกข้าวเป็นเวลา 2.5 และ 3.5 นาที ตามลำดับ แสดงว่าการลวกข้าว 4.5 นาทีก่อนการฆ่าเชื้อจะทำให้ข้าวหลังการฆ่าเชื้อมีความสว่างมากกว่า และเมื่อพิจารณาค่า a* และ b* พบว่า การลวกข้าวเป็นเวลา 4.5 นาที มีค่า a* และ b* ต่ำกว่าการลวกข้าวเป็นเวลา 2.5 และ 3.5 นาที ตามลำดับ แสดงให้ทราบว่า การลวกข้าวเป็นเวลา 4.5 นาที ก่อนการฆ่าเชื้อจะทำให้ข้าวหลังการฆ่าเชื้อมีสีแดงและเหลืองน้อยกว่า หรือมีสีน้ำตาลน้อยกว่า ดังนั้น การใช้สภาวะการลวกข้าวในน้ำเดือดนานขึ้น จะทำให้ข้าวหลังการฆ่าเชื้อมีความสว่างขึ้น และมีสีน้ำตาลต่ำ

ตารางที่ 13 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ ที่แปรสภาวะการลวกข้าวหลังการฆ่าเชื้อ

ลักษณะทดสอบ	สภาวะการลวกข้าว (นาที)	คะแนนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สภาวะหลังการฆ่าเชื้อ
ลักษณะปรากฏ	2.5	6.20 ± 0.76^{b}
	3.5	6.63 ± 0.89^{a}
	4.5	6.67 ± 0.84^{a}
สี	2.5	6.17 ± 0.95^{ns}
	3.5	6.60 ± 0.86^{ns}
	4.5	6.57 ± 0.82^{ns}
กลิ่นรส	2.5	6.30 ± 0.88^{ns}
	3.5	6.40 ± 0.89^{ns}
	4.5	6.40 ± 0.93^{ns}
รสชาติ	2.5	6.47 ± 0.86^{ns}
	3.5	6.37 ± 0.76^{ns}
	4.5	6.50 ± 0.73^{ns}
เนื้อสัมผัสข้าว	2.5	6.33 ± 1.09^{b}
	3.5	6.27 ± 0.94^{b}
	4.5	6.87 ± 0.68^{a}
ความชอบรวม	2.5	6.30 ± 0.84^{b}
	3.5	6.30 ± 0.84^{b}
	4.5	6.93 ± 0.64^{a}

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

^{ab} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยค่าสีข้าว L*a*b* ของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ที่แปรสภาวะการลวกข้าวหลังการฆ่าเชื้อ

ลักษณะทดสอบ		สภาวะการลวกข้าว (นาที)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
			สภาวะการฆ่าเชื้อ	
			ก่อนการฆ่าเชื้อ	หลังการฆ่าเชื้อ
ค่าสี	L*	2.5	73.54 ± 0.79^{ns}	67.01 ± 0.02^{b}
		3.5	73.27 ± 0.03^{ns}	70.49 ± 0.04^{a}
		4.5	73.76 ± 0.02^{ns}	70.37 ± 0.13^{a}
	a*	2.5	-0.42 ± 0.41^{a}	0.46 ± 0.01^{a}
		3.5	-1.15 ± 0.01^{b}	0.00 ± 0.01^{b}
		4.5	-1.43 ± 0.01^{b}	-0.98 ± 0.01^{c}
	b*	2.5	14.02 ± 0.40^{a}	15.92 ± 0.02^{a}
		3.5	12.48 ± 0.02^{b}	14.84 ± 0.02^{b}
		4.5	11.77 ± 0.04^{c}	14.14 ± 0.01^{c}

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

^{ab} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าสีร่วมกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีข้าวที่ลวก 4.5 นาทีมากที่สุด อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.57 คะแนน) ซึ่งที่สภาวะนี้ข้าวหลังการฆ่าเชื้อจะมีความสว่างมากที่สุด และมีความเป็นสีน้ำตาลต่ำ แสดงว่าผู้ทดสอบชอบข้าวหลังการฆ่าเชื้อที่มีสีไม่เข้มมากนัก นอกจากนี้ผู้ทดสอบยังให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสข้าว และความชอบรวม ของระดับการลวกข้าว 4.5 นาที สูงที่สุด อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6-7 คะแนน) ดังนั้น จึงใช้สภาวะการลวกข้าวที่ระดับเวลา 4.5 นาที ไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.2 การประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสภาวะการลวกกุ้ง

การลวกกุ้งคาดว่าส่งผลให้เนื้อกุ้งสุกเป็นบางส่วน ทำให้เนื้อภายนอกกุ้งรัดตัวอาจช่วยป้องกันไม่ให้น้ำในกุ้งสูญเสียไปในระหว่างการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้การลวกกุ้งอาจมีผลต่อการเปลี่ยนสีของกุ้งสุกซึ่งปกติจะมีสีแดงเพิ่มมากขึ้น

จากการนำกุ้งไปลวกในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2 และ 3 นาที ตามลำดับ แล้วผัดผสมกับข้าวที่ลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 4.5 นาที และส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส F_0 5 นาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณภาพทางกายภาพ แสดงผลดังนี้

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสกุ้ง และความชอบรวม ด้วยวิธี Hedonic scale 9 ระดับ สภาวะการลวกที่ดีจะต้องมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมมากกว่า 6 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 15 (ตารางผนวกที่ ง3) พบว่า หลังจากการฆ่าเชื้อที่สภาวะการลวกกุ้งระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวม ($P>0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัสกุ้ง ($P\leq0.05$) โดยการลวกกุ้งเป็นเวลา 1 นาที จะได้รับคะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัสกุ้งสูงที่สุด อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (คะแนน 6.9) ผู้ทดสอบชอบเนื้อสัมผัสของกุ้งที่ระดับการลวกกุ้ง 2 และ 3 นาที น้อยกว่า เพราะกุ้งที่ได้มีลักษณะลักษณะที่นิ่ม และเละ

ผลการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 16 (ตารางผนวกที่ ง4) พบว่า ก่อนการฆ่าเชื้อสภาวะการลวกกุ้งไม่มีผลต่อค่า L* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่หลังจากการฆ่าเชื้อสภาวะการลวกกุ้งมีผลต่อค่า L*a*b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยสภาวะการลวกกุ้งที่ 1 นาที ให้ค่า L*a*b* มากกว่าสภาวะการลวกกุ้งที่ 2 และ 3 นาที ตามลำดับ กล่าวคือสภาวะหลังการฆ่าเชื้อ การลวกกุ้งที่ 1 นาที เนื้อกุ้งมีสีที่สว่างกว่า มีสีแดง และสีเหลืองมากกว่า เนื่องจากกุ้งได้รับความร้อนน้อยกว่าจึงมีการเปลี่ยนแปลงสีของรงควัตถุในกุ้งได้น้อยกว่า Anonymous (1989) ทำการลวกกุ้งในน้ำอุณหภูมิ 90-100 ^{o}ซ เป็นเวลา 20-40 วินาที พบว่า กุ้งเปลี่ยนเป็นสีชมพูอมแดง

ตารางที่ 15 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ ที่แปรสภาวะการลวกกุ้งหลังการฆ่าเชื้อ

ลักษณะทดสอบ	สภาวะการลวกกุ้ง (นาที)	คะแนนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สภาวะหลังการฆ่าเชื้อ
ลักษณะปรากฏ	1	6.60 ± 0.62^{ns}
	2	6.87 ± 0.73^{ns}
	3	6.73 ± 0.87^{ns}
สี	1	6.53 ± 0.82^{ns}
	2	6.77 ± 0.73^{ns}
	3	6.70 ± 0.75^{ns}
กลิ่นรส	1	6.70 ± 0.65^{ns}
	2	6.70 ± 0.79^{ns}
	3	6.73 ± 0.64^{ns}
รสชาติ	1	6.77 ± 0.63^{ns}
	2	6.67 ± 0.55^{ns}
	3	6.70 ± 0.70^{ns}
เนื้อสัมผัสกุ้ง	1	6.90 ± 0.61^{a}
	2	6.43 ± 0.82^{b}
	3	6.37 ± 1.13^{b}
ความชอบรวม	1	6.87 ± 0.68^{ns}
	2	6.73 ± 0.74^{ns}
	3	6.50 ± 0.73^{ns}

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

^{ab} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยค่าสีกุ้ง L*a*b* ของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ที่แปรสภาวะการลวกกุ้งหลังการฆ่าเชื้อ

ลักษณะทดสอบ		สภาวะการลวกกุ้ง (นาที)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
			สภาวะการฆ่าเชื้อ	
			ก่อนการฆ่าเชื้อ	หลังการฆ่าเชื้อ
ค่าสี	L*	1	54.42 ± 0.42^{ns}	45.95 ± 0.27^{a}
		2	54.86 ± 0.06^{ns}	43.18 ± 0.17^{b}
		3	54.65 ± 0.39^{ns}	41.28 ± 0.12^{c}
	a*	1	11.12 ± 0.03^{a}	18.82 ± 0.12^{a}
		2	10.82 ± 0.16^{b}	17.70 ± 0.07^{b}
		3	9.24 ± 0.04^{c}	15.58 ± 0.39^{c}
	b*	1	18.38 ± 0.04^{a}	26.38 ± 0.30^{ab}
		2	14.53 ± 0.36^{b}	26.04 ± 0.24^{a}
		3	14.38 ± 0.04^{b}	25.63 ± 0.12^{b}

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

^{ab} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

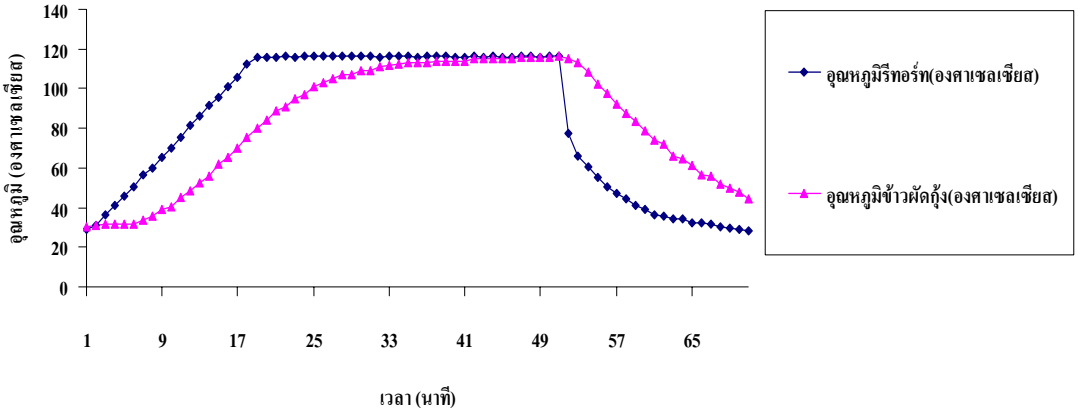
จากการทดลองดังกล่าวพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบระดับการลวกกุ้ง 1 นาที ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสกุ้ง มากกว่าระดับการลวกกุ้ง 2 และ 3 นาที ($P\leq0.05$) ดังนั้น จึงใช้สภาวะการลวกกุ้งที่ระดับเวลา 1 นาที ไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

4. <u>การศึกษาสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์</u>

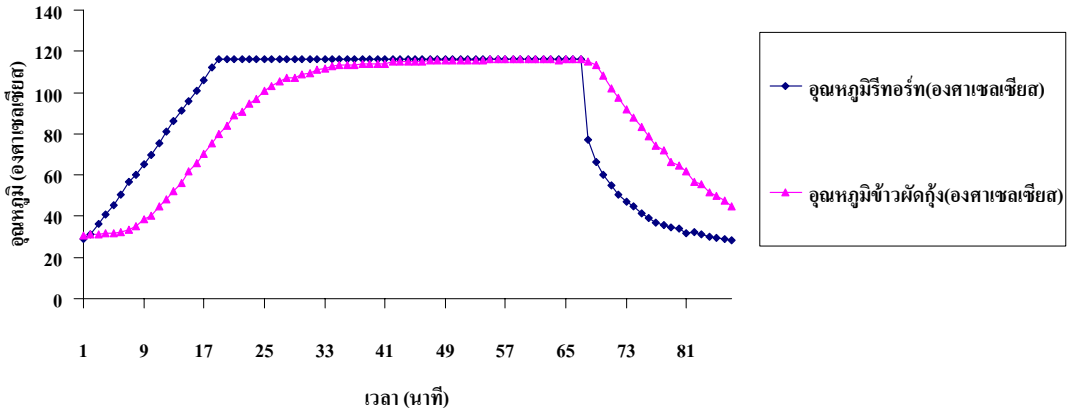
4.1 ศึกษากระบวนการให้ความร้อนในผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์

จากการผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ ตามกรรมวิธีการผลิตที่ได้จากข้อ 3 ซึ่งสภาวะที่คัดเลือกมาผลิตคือ ลวกข้าวในน้ำเดือดเป็นเวลา 4.5 นาที ลวกกุ้งในน้ำเดือดที่เวลา 1 นาที ก่อนนำมาผัด แล้วนำผลิตภัณฑ์ไปฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อ โดยกำหนดเวลาการให้ความร้อนค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อ (come up time) เป็นเวลา 18 นาที และกำหนดเวลาที่ต้องการฆ่าเชื้อ (process

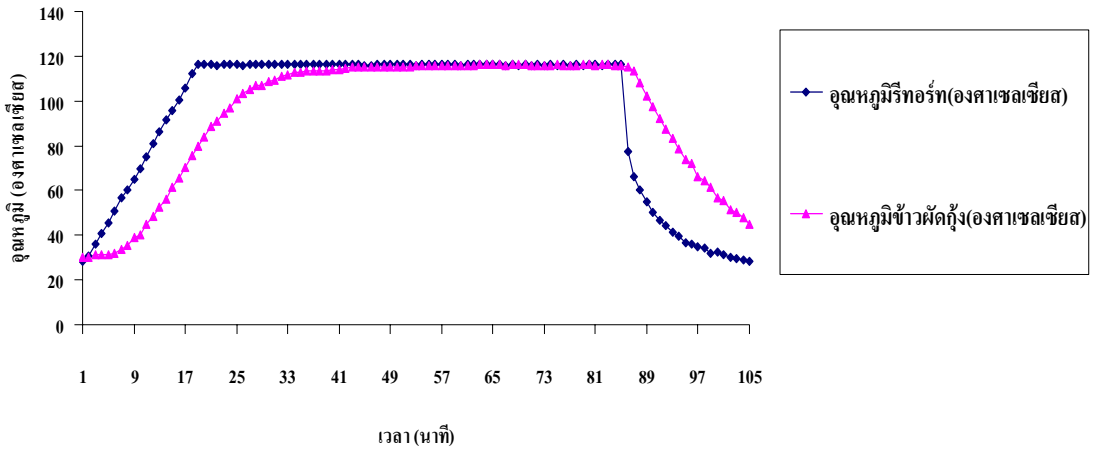
time) ที่ 116 องศาเซลเซียส คือ 33, 49 และ 67 นาที เพื่อให้ได้ F_0 ประมาณ 5, 10 และ 15 นาที ตามลำดับ เวลาการระบายความร้อน (cooling time) คือ 20 นาที ผลของอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิอาหารภายในรีทอร์ทเพาช์ที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 33 นาที แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ และอุณหภูมิภายในรีทอร์ทเพาช์ ของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ท-เพาช์ฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส เวลา 33 นาที



ภาพที่ 5 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ และอุณหภูมิภายในรีทอร์ทเพาช์ ของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ท-เพาช์ฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส เวลา 49 นาที



ภาพที่ 6 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ และอุณหภูมิภายในรีทอร์ทเพาช์ ของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ท-เพาช์ฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส เวลา 67 นาที

ผลการคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและคำนวณค่า F_O (presica 2002) โดยวิธี general method พบว่า การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 33 นาที ซึ่งมีอุณหภูมิกลางรีทอร์ทเพาช์เริ่มต้นเป็น 30.5 องศาเซลเซียส มีค่า F_0 เท่ากับ 5.1 นาที ส่วนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 49 นาที (ภาพที่ 5) ซึ่งมีอุณหภูมิกลางรีทอร์ทเพาช์เริ่มต้นเป็น 30.5 องศาเซลเซียส มีค่า F_0 เท่ากับ 10.0 นาที และ การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 67 นาที (ภาพที่ 6) ซึ่งมีอุณหภูมิกลางรีทอร์ทเพาช์เริ่มต้นเป็น 30.0 องศาเซลเซียส มีค่า F_0 เท่ากับ 15.2 นาที ซึ่งเพียงพอในการทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ที่ก่อให้เกิดโรคและสร้างสารพิษโดยเฉพาะ *C. botulinum* (George, 1990) และกำหนดระดับ F_0 ไม่น้อยกว่า 3 นาที สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Sharma *et al*., 2000)

4.2 การประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสภาวะการฆ่าเชื้อ

จากการนำข้าวผัดกุ้งที่บรรจุรีทอร์ทเพาช์มาปิดผนึกโดยไล่อากาศ และฆ่าเชื้อให้ได้ F_0 ประมาณ 5, 10 และ 15 นาที ณ. อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 116 องศาเซลเซียส เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสข้าว เนื้อสัมผัสกุ้ง และความชอบรวม ด้วยวิธี Hedonic scale 9 ระดับ โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 17 (ตารางผนวกที่ ง5) พบว่า เมื่อเวลาในการฆ่าเชื้อแตกต่างกัน มีผลทำให้ระดับความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส-ข้าว เนื้อสัมผัสกุ้ง และความชอบรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยที่สภาวะการฆ่า-

เชื้อที่ F_0 5 นาที ผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสข้าว เนื้อสัมผัสกุ้ง และความชอบรวมสูงกว่าที่ F_0 10 และ 15 นาที เนื่องจากสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงเวลานานจะเร่งให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น อันเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน (Pearson and Dutson, 1997) และในสภาวะการฆ่าเชื้อที่ระดับอุณหภูมิสูงเวลาสั้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่นำมาแปรรูปมีคุณภาพดี เนื่องจากช่วยลดระดับความร้อนในผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส (George, 1990) ซึ่งการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสีจะสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าสี L*a*b* ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงในตารางที่ 18 และ 19 (ตารางผนวกที่ ง6 และ ง7) โดยพบว่า เมื่อระดับ F_0 เพิ่มสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีค่า L* ลดลง ส่วนค่า a*b* เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) คือ เมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำขึ้น ส่งผลให้ผู้บริโภคมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ลดลง

ตารางที่ 17 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ปิดผนึกโดยไล่อากาศที่แปรสภาวะการฆ่าเชื้อที่ F_0 5 10 และ 15 นาที

ลักษณะทดสอบ	สภาวะการฆ่าเชื้อ F_0 (นาที)	คะแนนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สภาวะหลังการฆ่าเชื้อ
ลักษณะปรากฏ	5	$7.00 + 0.64^{a}$
	10	$7.13 + 0.57^{a}$
	15	$5.20 + 0.76^{b}$
สี	5	7.13 ± 0.63^{a}
	10	6.43 ± 0.50^{b}
	15	5.40 ± 0.97^{c}
กลิ่นรส	5	7.30 ± 0.47^{a}
	10	6.63 ± 0.49^{b}
	15	6.30 ± 0.47^{c}
รสชาติ	5	7.20 ± 0.48^{a}
	10	7.33 ± 0.55^{a}
	15	5.00 ± 0.95^{b}
เนื้อสัมผัสข้าว	5	7.27 ± 0.45^{a}
	10	6.47 ± 0.51^{b}
	15	5.57 ± 0.50^{c}
เนื้อสัมผัสกุ้ง	5	7.23 ± 0.57^{a}
	10	6.43 ± 0.57^{b}
	15	5.73 ± 0.74^{c}
ความชอบรวม	5	7.47 ± 0.51^{a}
	10	6.70 ± 0.53^{b}
	15	5.93 ± 0.52^{c}

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

^{ab} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยค่าสีของข้าว L*a*b* ของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ปิดผนึกโดยไล่อากาศที่แปรสภาวะการฆ่าเชื้อที่ F_0 5, 10 และ 15 นาที

ลักษณะทดสอบ		สภาวะการฆ่าเชื้อ F_0 (นาที)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
			สภาวะการฆ่าเชื้อของข้าว	
			ก่อนการฆ่าเชื้อ	หลังการฆ่าเชื้อ
ค่าสี	L*	5	73.31 ± 0.05^{ns}	70.40 ± 0.41^{a}
		10	73.46 ± 0.26^{ns}	66.16 ± 0.02^{b}
		15	73.51 ± 0.80^{ns}	63.35 ± 0.08^{c}
	a*	5	-1.21 ± 0.13^{ns}	0.37 ± 0.10^{c}
		10	-1.27 ± 0.21^{ns}	1.53 ± 0.07^{b}
		15	-1.34 ± 0.16^{ns}	1.80 ± 0.02^{a}
	b*	5	12.48 ± 0.02^{a}	15.98 ± 0.18^{c}
		10	11.70 ± 0.19^{b}	18.14 ± 0.03^{b}
		15	11.58 ± 0.17^{b}	19.71 ± 0.03^{a}

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

^{ab} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยค่าสีของกุ้ง L*a*b* ของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ปิดผนึกโดยไล่อากาศที่แปรสภาวะการฆ่าเชื้อที่ F_0 5 10 และ 15 นาที

ลักษณะทดสอบ		สภาวะการฆ่าเชื้อ (นาที)	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
			สภาวะการฆ่าเชื้อของกุ้ง	
			ก่อนการฆ่าเชื้อ	หลังการฆ่าเชื้อ
ค่าสี	L*	5	54.42 ± 0.42^{ns}	46.16 ± 0.02^{a}
		10	54.85 ± 0.04^{ns}	42.28 ± 0.09^{b}
		15	54.46 ± 0.40^{ns}	40.07 ± 0.02^{c}
	a*	5	11.12 ± 0.03^{c}	18.76 ± 0.12^{c}
		10	11.30 ± 0.04^{b}	20.26 ± 0.09^{b}
		15	11.38 ± 0.04^{a}	21.17 ± 0.07^{a}
	b*	5	18.54 ± 0.32^{ns}	26.48 ± 0.02^{c}
		10	18.49 ± 0.36^{ns}	28.36 ± 0.08^{b}
		15	18.55 ± 0.26^{ns}	28.82 ± 0.08^{a}

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

^{ab} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสข้าว เนื้อสัมผัสกุ้ง และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะ F_0 5 นาที มากที่สุด ดังนั้น จึงคัดเลือกสภาวะการฆ่าเชื้อ F_0 5 นาที ไปศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งที่บรรจุรีทอร์ท-เพาช์ที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศต่อไป

4.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งที่บรรจุรีทอร์ทเพาช์ที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ

ทำการทดสอบผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 100 คน เพศชาย 50 คน และเพศหญิง 50 คน โดยให้ผู้บริโภคชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์แล้วตอบคำถามในแบบสอบถาม ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 20

จากการสำรวจ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุในช่วงอายุ 26-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมามีอายุในช่วง 20-25 ปี และ 31-35 ปี คิดเป็น ร้อยละ 29 และ 25 ตามลำดับ มีการศึกษาในระดับปริญญาโท และระดับปริญญาตรี ร้อยละ 41 และ 39 ตามลำดับ มีอาชีพเป็นนักศึกษาร้อยละ 59 และมีรายได้ต่อเดือน 15,001-20,000 บาท ร้อยละ 43 จากการสอบถามการยอมรับผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 96 ยอมรับในผลิตภัณฑ์นี้ โดยที่ผู้บริโภคร้อยละ 78 ยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 45 บาท ต่อ 160 กรัม

จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อปัจจัยคุณภาพต่างๆ แสดงผลดังตารางที่ 21 ผู้บริโภคมีความชอบในลักษณะปรากฏ ปริมาณข้าวเมล็ดเต็ม กลิ่นรส และความสะดวกในการเตรียม อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และมีความชอบในรสเค็ม รสหวาน ความนุ่มของเมล็ดข้าว และความชอบรวม อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก จากผลการสำรวจจากผู้บริโภคจากกลุ่มผู้บริโภคในวัยทำงาน ซึ่งมีกำลังซื้อ และต้องการความสะดวกในการบริโภค จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์นี้มีแนวโน้มที่จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและผลิตภัณฑ์สุดท้ายควรมีราคา 45 บาท ต่อ 160 กรัม ซึ่งผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะผลิตได้จริง และสามารถจัดจำหน่ายได้

ตารางที่ 20 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
เพศ	
ชาย	50
หญิง	50
อายุ	
20-25 ปี	29
26-30 ปี	40
31-35 ปี	25
36-40 ปี	2
41-45 ปี	3
45 ปีขึ้นไป	1
การศึกษา	
ต่ำกว่าปริญญาตรี	10
ปริญญาตรี	39
ปริญญาโท	41
สูงกว่าปริญญาโท	10
อาชีพ	
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	12
พนักงานบริษัทเอกชน	12
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	12
รับจ้าง	5
นักศึกษา	59
รายได้ต่อเดือน	
5,000-10,000 บาท	26
10,001-15,000 บาท	8
15,001-20,000 บาท	43
สูงกว่า 20,000 บาท	23

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ข้อมูลการสำรวจ	ร้อยละ
การยอมรับผลิตภัณฑ์	
ยอมรับ	96
ซื้อผลิตภัณฑ์ราคา 45 บาทต่อ 1 บรรจุภัณฑ์	78
ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ราคา 45 บาทต่อ 1 บรรจุภัณฑ์	22
ไม่ยอมรับ	4

ตารางที่ 21 ระดับความชอบของผู้บริโภคจำนวน 100 คนต่อปัจจัยคุณภาพต่างๆในผลิตภัณฑ์

ระดับความชอบ	ลักษณะปรากฏ		ปริมาณข้าวเมล็ดเต็ม		กลิ่นรส	
	ความถี่ (คน)	รวมคะแนนระดับความชอบ	ความถี่ (คน)	รวมคะแนนระดับความชอบ	ความถี่ (คน)	รวมคะแนนระดับความชอบ
1=ไม่ชอบมากที่สุด	0	0	0	0	0	0
2=ไม่ชอบมาก	0	0	0	0	0	0
3=ไม่ชอบปานกลาง	0	0	0	0	0	0
4=ไม่ชอบเล็กน้อย	5	20	2	8	11	44
5=เฉยๆ	21	105	6	30	9	45
6=ชอบเล็กน้อย	12	72	19	114	20	120
7=ชอบปานกลาง	46	322	48	336	48	336
8=ชอบมาก	12	96	22	176	11	88
9=ชอบมากที่สุด	4	36	3	27	1	9
รวม	100	651	100	691	100	642
ระดับความชอบเฉลี่ย		6.51		6.91		6.42

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ระดับความชอบ	รสเค็ม		รสหวาน		ความสะดวกในการเตรียม	
	ความถี่ (คน)	รวมคะแนนระดับความชอบ	ความถี่ (คน)	รวมคะแนนระดับความชอบ	ความถี่ (คน)	รวมคะแนนระดับความชอบ
1=ไม่ชอบมากที่สุด	0	0	0	0	0	0
2=ไม่ชอบมาก	0	0	0	0	0	0
3=ไม่ชอบปานกลาง	0	0	0	0	0	0
4=ไม่ชอบเล็กน้อย	0	0	0	0	0	0
5=เฉยๆ	0	0	0	0	8	40
6=ชอบเล็กน้อย	8	48	13	78	16	96
7=ชอบปานกลาง	58	406	72	504	53	371
8=ชอบมาก	30	240	11	88	19	152
9=ชอบมากที่สุด	4	36	4	36	4	36
รวม	100	730	100	706	100	695
ระดับความชอบเฉลี่ย		7.30		7.06		6.95

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ระดับความชอบ	ความนุ่มของเมล็ดข้าว		ความชอบรวม	
	ความถี่ (คน)	รวมคะแนนระดับความชอบ	ความถี่ (คน)	รวมคะแนนระดับความชอบ
1=ไม่ชอบมากที่สุด	0	0	0	0
2=ไม่ชอบมาก	0	0	0	0
3=ไม่ชอบปานกลาง	0	0	0	0
4=ไม่ชอบเล็กน้อย	0	0	0	0
5=เฉยๆ	0	0	4	20
6=ชอบเล็กน้อย	27	162	15	90
7=ชอบปานกลาง	42	294	48	336
8=ชอบมาก	27	216	27	216
9=ชอบมากที่สุด	4	36	6	54
รวม	100	708	100	716
ระดับความชอบเฉลี่ย		7.08		7.16

4.4 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ ที่นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่าตรวจไม่พบ Total plate count, Flat sour spoilage, Thermophilic anaerobes, Mesophilic anaerobes และ Sulfide spoilage แสดงว่าสภาวะความร้อนดังกล่าวเพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย จึงปลอดภัยต่อการบริโภค ตามมาตรฐานการผลิตอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำบรรจุกระป๋อง (Kautter *et al.,* 1992) แสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์

คุณภาพทางจุลินทรีย์	ปริมาณจุลินทรีย์
Total plate count, cfu/g	ไม่พบ
Flat sour spoilage - mesophiles	ไม่พบ
- thermophiles	ไม่พบ
Thermophilic anaerobes	ไม่พบ
Mesophilic anaerobes	ไม่พบ
Sulfide spoilage	ไม่พบ

4.4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพองค์ประกอบทางเคมี

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณแสดงผลดังตารางที่ 23 พบว่าผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 58.1 โปรตีนร้อยละ 10.9 ไขมันร้อยละ 6.6 เถ้าร้อยละ 3.4 เยื่อใยร้อยละ 0.3 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 20.7

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณสารอาหาร ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)
ความชื้น	58.06 ± 0.37
โปรตีน	10.92 ± 0.20
ไขมัน	6.59 ± 0.20
เถ้า	3.35 ± 0.02
เยื่อใย	0.33 ± 0.06
คาร์โบไฮเดรต*	20.75 ± 0.36

* ได้จากการหักลบองค์ประกอบอาหารจากค่าเต็ม 100%

5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศออกจากภาชนะบรรจุในระหว่างการเก็บรักษา

ตัวอย่างข้าวผัดกุ้งที่เก็บรักษาในถุงรีทอร์ทเพาช์ชนิดทึบแสงที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศและปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 25 องศาเซลเซียส ส่วนการเก็บรักษาอีก 2 ระดับอุณหภูมิ คือ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ทำการเก็บไว้ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ ทำการสุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน โดยแต่ละตัวอย่างใช้สัญลักษณ์ดังนี้

VAC25 แทน ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง

VAC35 แทน ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ (35 องศาเซลเซียส)

VAC45 แทน ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ (45 องศาเซลเซียส)

OXY25 แทน ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง

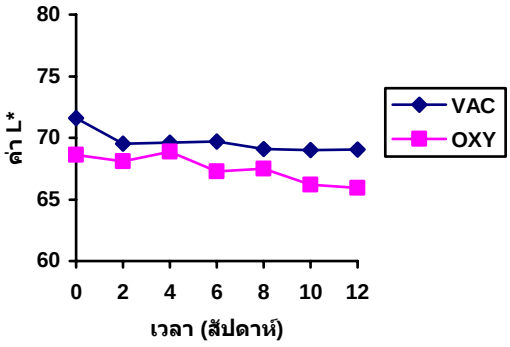
OXY35 แทน ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ (35 องศาเซลเซียส)

OXY45 แทน ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ (45 องศา-เซลเซียส)

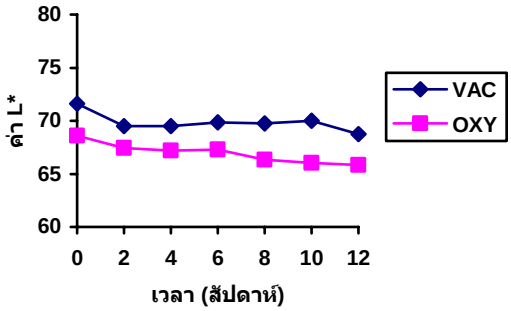
5.1 ผลของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาทำการวัดค่าสี L* a* และ b* ของผลิตภัณฑ์ โดยดูการเปลี่ยนแปลงสีของข้าวและกุ้งระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งแสดงผลดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าสี L* (ซึ่งแสดงความสว่างของสีมีค่าตั้งแต่ 0-สีดำ ถึง 100-สีขาว) ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศและปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ แสดงในภาพที่ 7 และ 8 (ตารางผนวกที่ ง8 และ ง9) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบรรจุระหว่างการปิดผนึกโดยไล่อากาศและปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ พบว่า ค่าสี L* ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศจะสูงกว่าข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าสี L* ของข้าวผัดกุ้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มีแนวโน้มลดลงจากเริ่มต้น แสดงว่าค่าความสว่างของข้าวผัดกุ้งลดลง หรือมีสีคล้ำขึ้น เมื่อพิจารณาอุณหภูมิการเก็บรักษา พบว่า ข้าวผัดกุ้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่าสี L* ต่ำกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 35 องศาเซลเซียส ($P\leq0.05$) อาจมีสาเหตุมาจากความร้อนทำให้แอสตาแซนทีนซึ่งเป็นรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์เกิดการเสื่อมสลาย จึงทำให้กุ้งมีสีคล้ำมากขึ้น (Clydesdale, 1998)

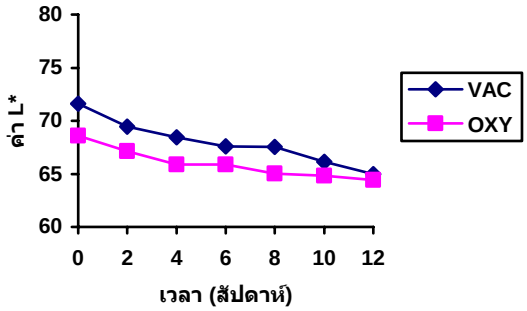
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส

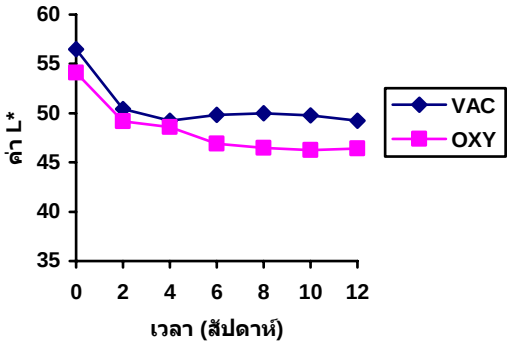


c) 45 องศาเซลเซียส

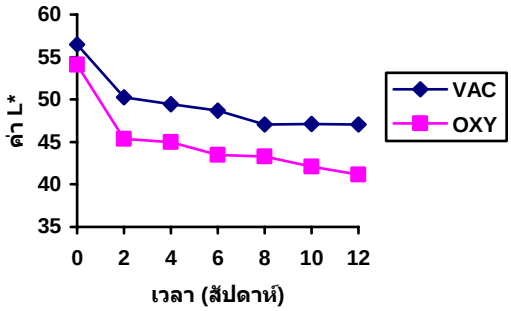


ภาพที่ 7 ค่าความสว่างของสีข้าว (ค่าL*) ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

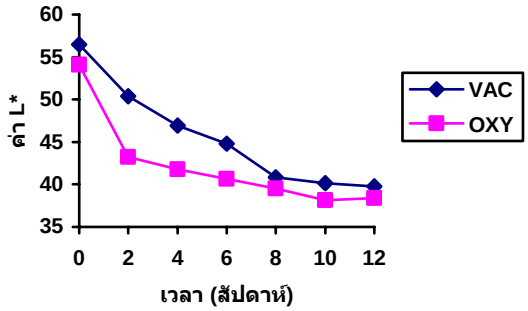
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



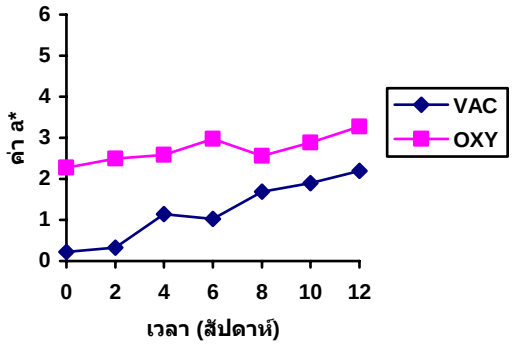
c) 45 องศาเซลเซียส



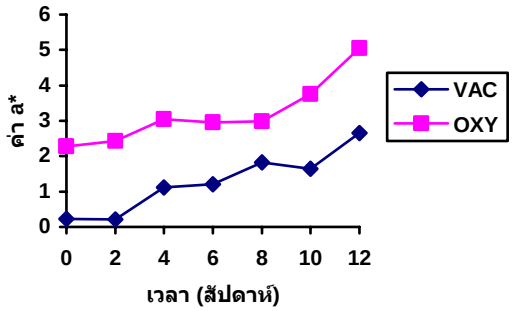
ภาพที่ 8 ค่าความสว่างของสีกุ้ง (ค่าL*) ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

ค่าสี a* (ค่า a* แปรค่าจาก -100(สีเขียว) ไปจนถึง +100(สีแดง)) ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 9 และ 10 (ตารางผนวกที่ ง8 และ ง9) ผลการวัดค่าสี a* ของข้าว และกุ้งที่อุณหภูมิห้อง 35 และ 45 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบรรจุที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ พบว่าค่าสี a* ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศจะต่ำกว่าข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ค่าสี a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นในทุกอุณหภูมิ แสดงว่าข้าวผัดกุ้งมีสีแดงเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาอุณหภูมิการเก็บรักษา พบว่า ข้าวผัดกุ้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่าสี a* สูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 35 องศาเซลเซียส ($P \leq 0.05$) แสดงให้ทราบว่าถ้าเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิสูงข้าวผัดกุ้งจะมีสีแดงเข้มขึ้น

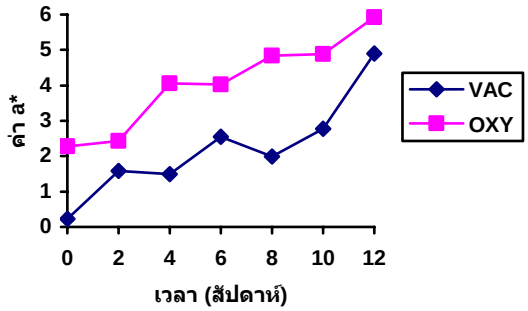
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส

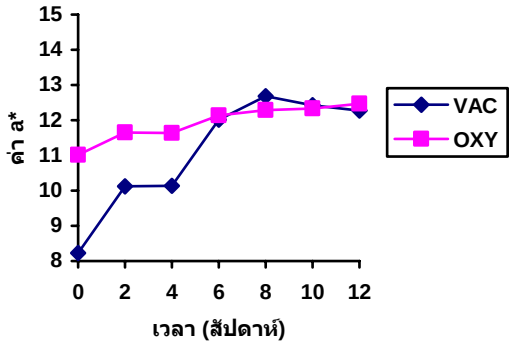


c) 45 องศาเซลเซียส

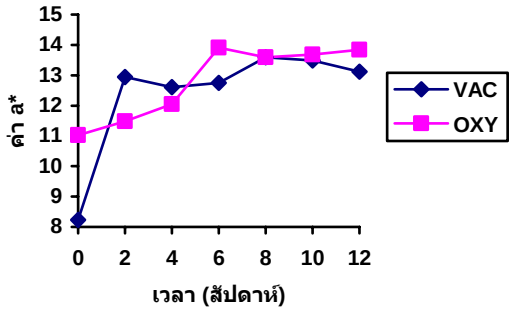


ภาพที่ 9 ค่าสีแดงของเมล็ดข้าว (ค่าa*) ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

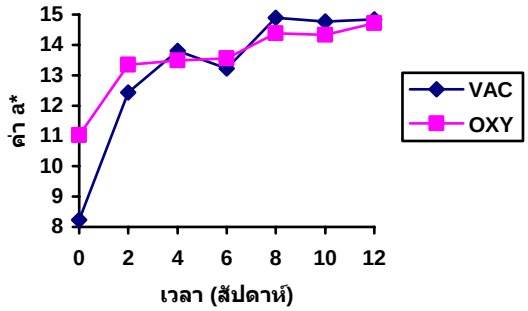
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



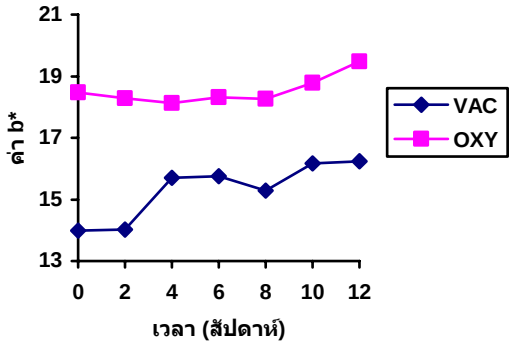
c) 45 องศาเซลเซียส



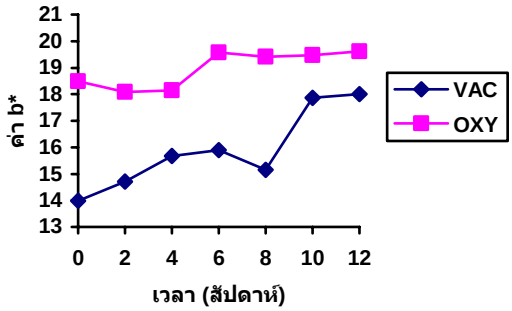
ภาพที่ 10 ค่าสีแดงของตัวกุ้ง (ค่าa*) ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

ส่วนค่าสี b* (ค่า b* -100(สีน้ำเงิน) ไปจนถึง +100(สีเหลือง)) ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 11 และ 12 (ตารางผนวกที่ ง8 และ ง9) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบรรจุที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ พบว่า ค่าสี b* ของข้าวและกุ้งของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศจะมีค่าต่ำกว่าข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสี b* ของข้าวผัดกุ้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี a* แสดงว่าเมื่อเก็บข้าวผัดกุ้งไว้นานขึ้น ข้าวผัดกุ้งจะสีเหลืองและสีแดงเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาอุณหภูมิการเก็บรักษา พบว่า ข้าวผัดกุ้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่าสี b* สูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 35 องศาเซลเซียส ($P \leq 0.05$) แสดงให้ทราบว่าถ้าเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิสูงข้าวผัดกุ้งจะมีสีเหลืองเข้มขึ้น

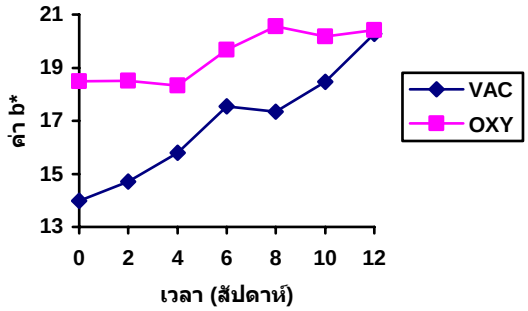
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



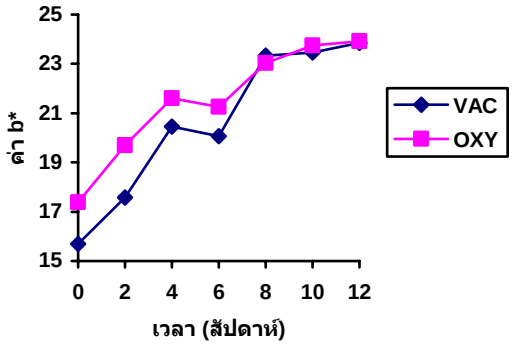
c) 45 องศาเซลเซียส



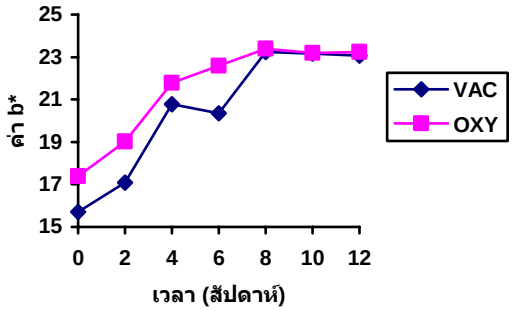
ภาพที่ 11 ค่าสีเหลืองของเมล็ดข้าว (ค่าb*) ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

จากการทดลองศึกษาผลการปิดผนึกโดยไล่อากาศออกจากภาชนะบรรจุหลังจากการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีที่ดีกว่าหรือสีคล้ำของผลิตภัณฑ์ที่ต่ำกว่าการปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ และเมื่อระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสีของข้าวผัดกุ้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้น และผลของการเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง (45 องศาเซลเซียส) มีแนวโน้มสีที่เข้มขึ้นสูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 35 องศาเซลเซียส ($P \leq 0.05$) แสดงให้ทราบว่าถ้าเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิสูงข้าวผัดกุ้งจะมีสีเข้มขึ้น

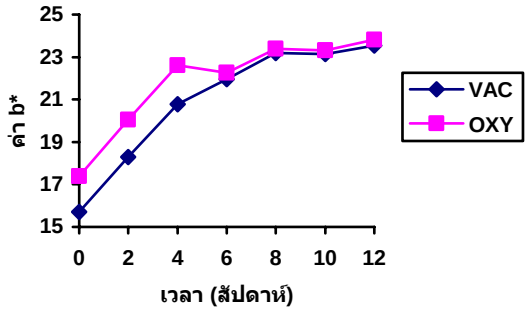
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



c) 45 องศาเซลเซียส



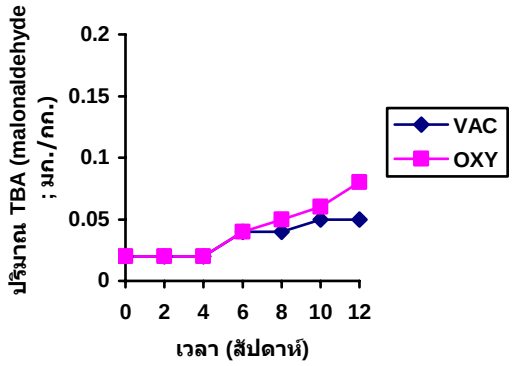
ภาพที่ 12 ค่าสีเหลืองของตัวกุ้ง (ค่าb*) ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

5.2 ผลของการศึกษาปริมาณกรดไธโอบาร์บิธูริก ซึ่งแสดงผลดังนี้

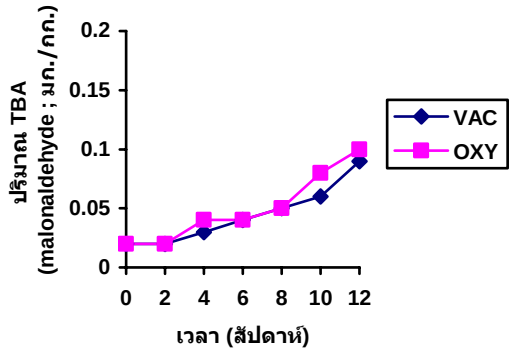
จากการทดสอบหาปริมาณกรดไธโอบาร์บิธูริก ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความหืนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ เนื่องจากทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ (Willich *et al.*, 1954) โดยผลการวัดค่าปริมาณกรดไธโอบาร์บิธูริกของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงในภาพที่ 13 (ตารางผนวกที่ ง10) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบรรจุระหว่างการปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ พบว่า ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ มีปริมาณกรดไธโอบาร์บิธูริกต่ำกว่าข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ จะมีปริมาณออกซิเจนอยู่ภายในภาชนะบรรจุต่ำ ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดได้ช้ากว่า ส่งผลให้เกิดการเหม็นหืนได้น้อยกว่าการปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับปริมาณกรดไธโอบาร์บิธูริกที่

วิเคราะห์ได้ ซึ่งข้าวผัดกุ้งที่เก็บรักษาทั้ง 6 สภาวะ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไธโอ-บาร์บิธูริกเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (oxidative rancidity) (Mitchell and Henrick, 1996) อย่างไรก็ตามปริมาณกรดไธโอบาร์บิธู-ริกของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 0.02-0.16 ยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม malonaldehyde ต่อกิโลกรัม สำหรับอาหารทั่วไป (Shamberger *et al*., 1971) เมื่อพิจารณาอุณหภูมิการเก็บรักษา พบว่า ข้าวผัดกุ้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดไธโอบาร์บิธู-ริกสูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง และ 35 องศาเซลเซียส ($P \leq 0.05$) แสดงให้ทราบว่าถ้าเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิสูง ข้าวผัดกุ้งจะหืนขึ้น

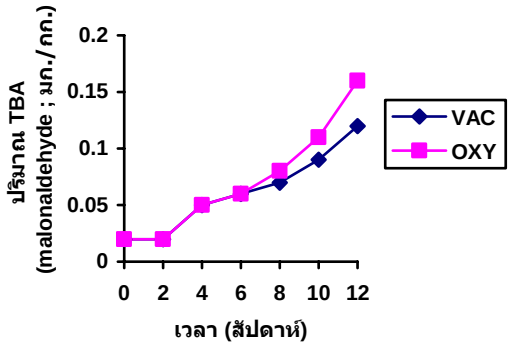
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



c) 45 องศาเซลเซียส

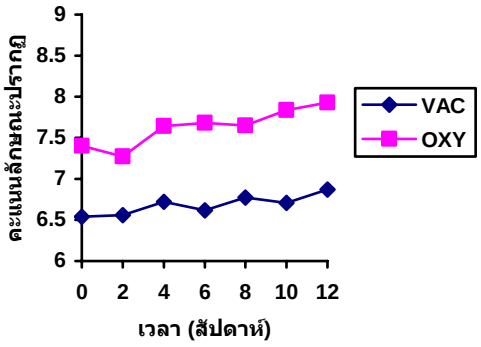


ภาพที่ 13 ปริมาณกรดไธโอบาร์บิธูริก (มิลลิกรัม malonaldehyde ต่อกิโลกรัม) ของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

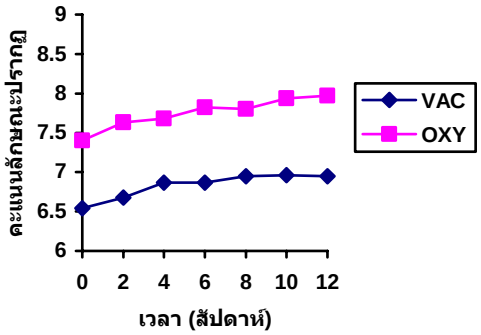
5.3 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งแสดงผลดังนี้

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้วิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ให้ระดับความเข้ม (intensity)ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส กลิ่นรสผิดปกติ กลิ่นหืน รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยใช้สเกลยาว 150 มิลลิเมตร ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 14 , 15, 16, 17, 18 และ 19 (ตารางผนวกที่ ง11) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบรรจุที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มของลักษณะปรากฏที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศจะสูงกว่าการปิดผนึกโดยไล่อากาศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาร่วมกับการวัดสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ค่าของสี a* (สีแดง) และค่าของสี b* (สีเหลือง) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศมีสีที่เข้มกว่า แต่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

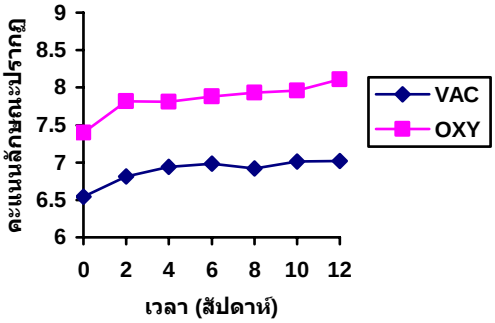
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



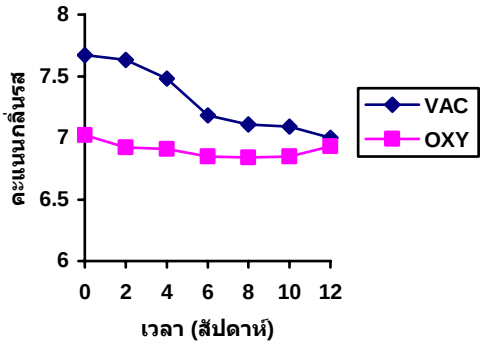
c) 45 องศาเซลเซียส



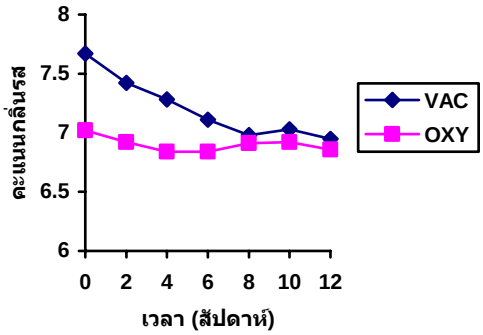
ภาพที่ 14 คะแนนลักษณะปรากฏของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรส พบว่า ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ข้าวผัดกุ้งข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศมีกลิ่นรสที่ดีกว่า ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ซึ่งค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรสมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

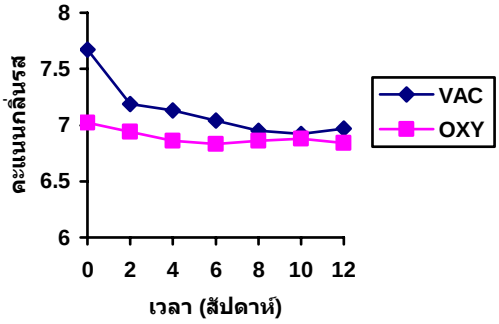
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



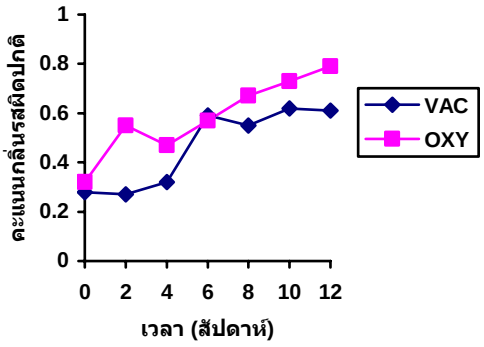
c) 45 องศาเซลเซียส



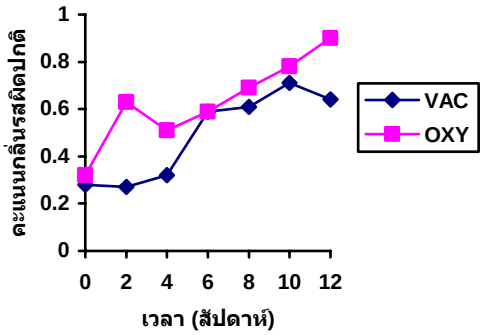
ภาพที่ 15 คะแนนกลิ่นรสของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งที่อุณหภูมิห้อง 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรสผิดปกติของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ข้าวผัดกุ้งข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ มีกลิ่นรสผิดปกติที่ต่ำกว่าข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ แต่ทั้งสองมีปริมาณกลิ่นรสที่ผิดปกติน้อยมาก ซึ่งค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรสผิดปกติมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

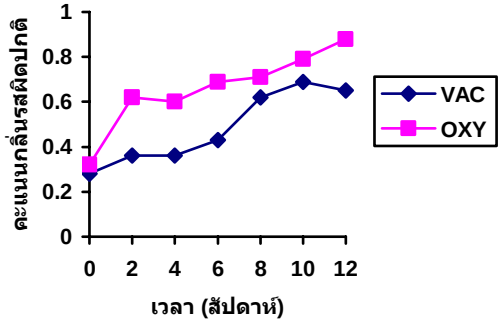
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



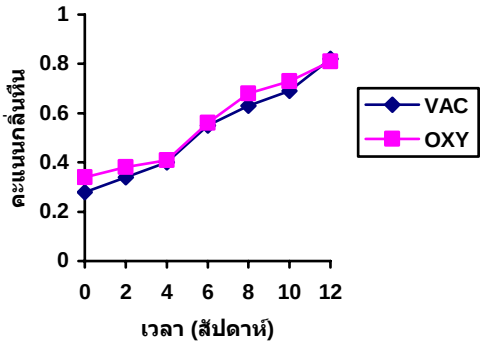
c) 45 องศาเซลเซียส



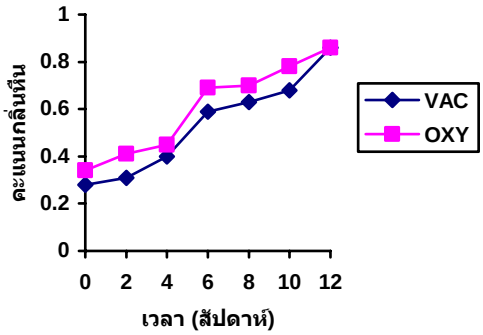
ภาพที่ 16 คะแนนกลิ่นรสผิดปกติของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งที่อุณหภูมิห้อง 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นหืนที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยข้าวผัดกุ้งข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ มีกลิ่นหืนที่ต่ำกว่าข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ แต่ทั้งสองมีปริมาณกลิ่นหืนน้อยมาก ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณกรดไธโอบาร์บิธูริกที่ตรวจพบปริมาณต่ำ โดยค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นหืนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

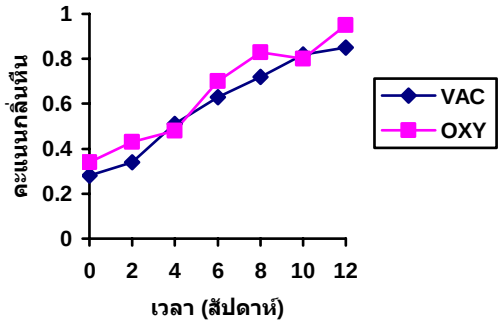
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



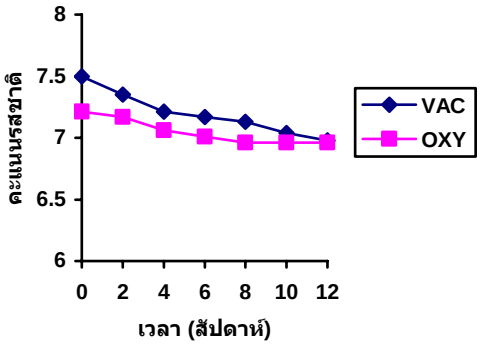
c) 45 องศาเซลเซียส



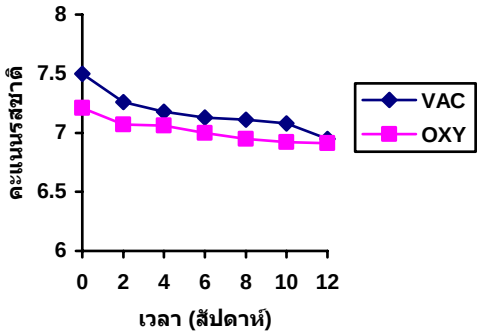
ภาพที่ 17 คะแนนกลิ่นหืนของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งที่อุณหภูมิห้อง 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มของรสชาติที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ข้าวผัดกุ้งข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ มีรสชาติที่ดีกว่า ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ โดยค่าเฉลี่ยความเข้มของรสชาติมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

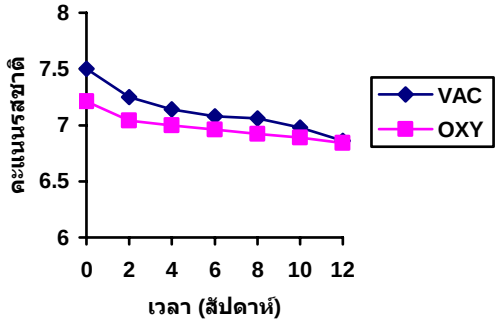
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



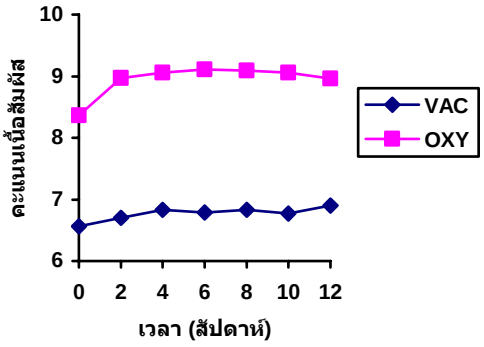
c) 45 องศาเซลเซียส



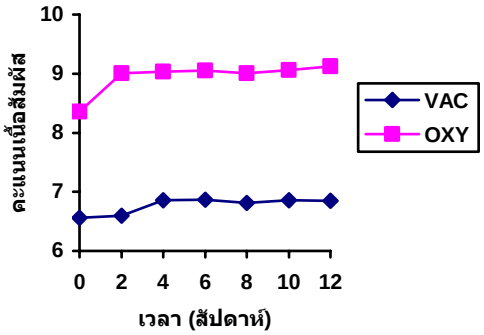
ภาพที่ 18 คะแนนรสชาติของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งที่อุณหภูมิห้อง 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งของเนื้อสัมผัสที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ข้าวผัดกุ้งข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มจนเกินไป ส่วนข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศมีลักษณะที่แข็งร่วนจนเกินไป ซึ่งค่าเฉลี่ยความแข็งของเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ความแข็งของเมล็ดข้าวระหว่างการเก็บรักษาอาจเกิดจากรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) (Smith, 1979)

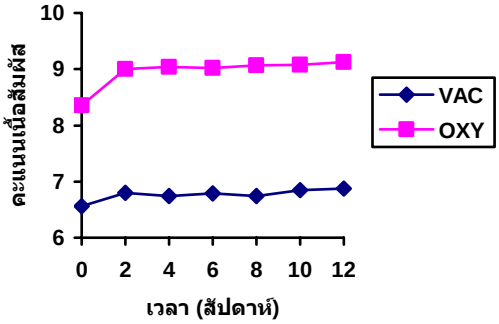
a) อุณหภูมิห้อง



b) 35 องศาเซลเซียส



c) 45 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 19 คะแนนเนื้อสัมผัสของข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ที่เก็บรักษาที่ a) อุณหภูมิห้อง b) 35 องศาเซลเซียส และ c) 45 องศาเซลเซียส

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบรรจุที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ และปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ พบว่า ลักษณะปรากฏหรือสีของผลิตภัณฑ์ ที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศจะเข้มกว่าการปิดผนึกโดยไล่อากาศ ซึ่งค่าสีที่วัดได้จากผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มตามระยะเวลาการเก็บรักษา และอุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรส และรสชาติ พบว่า ข้าวผัดกุ้งข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศมีกลิ่นรสและรสชาติที่ดีกว่า ข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ซึ่งค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรสและรสชาติมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และอุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรสผิดปกติ และกลิ่นหืน พบว่าข้าวผัดกุ้งข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ มีกลิ่นรสผิดปกติ และกลิ่นหืนที่ต่ำกว่าข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณกรดไธโอบาร์บิธูริกที่ตรวจพบปริมาณต่ำ โดยค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นหืนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และอุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้น และค่าเฉลี่ยความแข็งของเนื้อสัมผัส พบว่า ข้าวผัดกุ้งข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไล่อากาศ มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม

จนเกินไป ส่วนข้าวผัดกุ้งที่ปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศมีลักษณะที่แข็งร่วนจนเกินไป ซึ่งค่าเฉลี่ยความแข็งของเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และอุณหภูมิการเก็บรักษาที่เพิ่มสูงขึ้น

6. <u>การคำนวณต้นทุนการผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์</u>

ในการผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ วัตถุดิบหลักที่ใช้ ได้แก่ กุ้ง ซึ่งจะพบปัญหาว่ากุ้งมีปัญหาการส่งออกไปยังต่างประเทศ การนำกุ้งมาใช้แปรรูปจึงต้องมีการแช่เยือกแข็งกุ้งเพื่อรักษาคุณภาพกุ้งไว้ นอกจากกุ้งเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญที่สุดแล้ว ข้าว ยังเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ โดยปัญหาที่พบกับข้าว คือ เมื่อมีการเก็บรักษาเป็นเวลานานจะทำให้เกิดความชื้น ทำให้วัตถุดิบไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบ แต่ในกระบวนการผลิตสามารถปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าวจากการใช้ความร้อนร่วมกับความดันในการแปรรูป เพื่อรักษาคุณภาพของวัตถุดิบ และเกิดผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าภายหลังการแปรรูป

ผลการคำนวณต้นทุนในการผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ แสดงดังตารางที่ 24 ประกอบไปด้วย ราคาวัตถุดิบ 11.40 บาท และราคาบรรจุภัณฑ์ 3.41 บาท ดังนั้นข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ น้ำหนักบรรจุ 160 กรัม มีราคาวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ เท่ากับ 14.81 บาท โดยไม่รวมค่าผลิต

ตารางที่ 24 ต้นทุนราคาวัตถุดิบในการผลิตข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณการใช้ต่อ 1 ถุง (กรัม)	ปริมาณการใช้ (ร้อยละ)	ราคาต่อ 1 ถุง (บาท)
ข้าวสาร	18	70	43.81	1.26
กุ้งกุลาดำ	300	30	18.77	9
น้ำตาลทราย	20	1.8	1.13	0.036
เกลือป่น	10	2	1.25	0.02
น้ำมันรำข้าว	29	10	6.26	0.29
น้ำมันงา	100	2	1.25	0.2
แครอท	40	8	5.01	0.32
ต้นหอม	40	6	3.75	0.24
น้ำ	1	30	18.77	0.03
รวม		159.8	100	11.40
รีทอร์ทเพาช์	-	-	-	3.41
รวมราคาวัตถุดิบ				14.81

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การสำรวจความต้องการของผู้บริโภคเพื่อหาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคต้องการผลิตภัณฑ์เป็นข้าวผัดกุ้ง ไม่ใส่ซีอิ๊วดำ ไม่ใส่ซอสมะเขือเทศ และไม่ใส่ไข่ มีแครอท และต้นหอมเป็นวัตถุดิบประกอบ

2. วัตถุดิบหลักที่ใช้ คือ ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง17 ซึ่งเป็นข้าวแอมิโลสสูง เนื่องจากให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏและคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุด

3. การลวกข้าวที่ 4.5 นาที และการลวกกุ้งที่ 1 นาที ก่อนบรรจุลงถุงเป็นสภาวะที่เหมาะสมเพื่อผลิตเป็นข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ และสภาวะความร้อนที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 33 นาที (ไม่รวมช่วงทำความเย็น) ที่ระดับ F_o 5 นาที

4. จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบในลักษณะปรากฏ ปริมาณข้าวเมล็ดเต็ม กลิ่นรส และความสะดวกในการเตรียม อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และมีความชอบในรสเค็ม รสหวาน ความนุ่มของเมล็ดข้าว และความชอบรวม อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ผู้บริโภคร้อยละ 96 ให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์นี้ และผู้บริโภคร้อยละ 78 ยอมรับที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ในราคา 45 บาท ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์ (160 กรัม)

5. ผลการทดสอบอายุการเก็บรักษา พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุรีทอร์ทเพาช์ที่อุณหภูมิห้อง 35 และ 45 องศาเซลเซียส โดยข้าวผัดกุ้งที่มีการปิดผนึกโดยไล่อากาศมีคุณภาพดีกว่าการปิดผนึกโดยไม่ไล่อากาศ ผลิตภัณฑ์ไม่มีการเสื่อมเสียตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

6. ต้นทุนวัตถุดิบทั้งหมดของข้าวผัดกุ้งบรรจุรีทอร์ทเพาช์ ต่อน้ำหนักสุทธิ 160 กรัม มีราคาเท่ากับ 14.81 บาท

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาในเรื่องของความหลากหลายในรสชาติ โดยอาศัยพื้นฐานการผลิตข้าวสำเร็จรูปจากงานวิจัยนี้ และเพิ่มชนิดของข้าวปรุงรสสำเร็จรูปในรูปแบบอื่นๆ

2. ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ให้นานกว่า 3 เดือน เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุรีทอร์ทเพาช์เก็บรักษาได้เป็นเวลานาน จึงควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสให้นานกว่า 3 เดือน

3. เมื่อจะผลิตผลิตภัณฑ์ในเชิงการค้าควรมีการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย