บทที่ 4
การผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงและการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม ในการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดง

1. บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ซอสเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปที่ใช้เป็นเครื่องจิ้ม หรือปรุงแต่งรสชาติอาหาร นิยมใช้ควบคู่กับอาหารคาวเพื่อทำให้เกิดรสชาติที่กลมกล่อม และชวนให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น ซอสที่มีจำหน่ายในประเทศมาช้านาน และเป็นที่รู้จักกันดีประเภทหนึ่ง คือ ซอสพริก ใช้ปรุงรสชาติอาหารได้หลายอย่าง เช่น ข้าวผัด หมี่ผัดซอส ฮอทดอก และแฮมเบอร์เกอร์ เป็นต้น เมื่อพฤติกรรมของผู้บริโภคเริ่มหันมาสนใจใช้ผลิตภัณฑ์ซอสพริกเพิ่มขึ้น จึงได้มีผู้พยายามลดการใช้ปริมาณพริกโดยนำวัตถุดิบอื่นๆ เข้ามาผสมหลายอย่าง เช่น มะเขือเทศ มะละกอ และฟักทอง เป็นต้น (จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร และคณะ, 2542) อย่างไรก็ตาม ผักผลไม้เหล่านี้ถูกนำมาผสมในปริมาณที่ไม่มากนักรสชาติและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นซอสพริกที่มีรสเผ็ด เนื่องจากกระเจี๊ยบแดงจัดเป็นพืชสมุนไพรที่เป็นแหล่งของวิตามินและใยอาหารที่สำคัญ ยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ลดความดันโลหิต ต้านการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อรา (นันทวัน บุณยะประภัศรและคณะ, 2541) และที่สำคัญคือกระเจี๊ยบแดงมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Supavita *et al*., 2004) จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีผู้สนใจทำการสกัดสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เครื่องสำอางค์ ยา อาหารเสริม เป็นต้น ซึ่งหลังจากกระบวนการผลิตสารสกัดกระเจี๊ยบแดง พบว่ามีปริมาณกากกระเจี๊ยบแดงหลงเหลืออยู่ในปริมาณมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการนำวัสดุเศษเหลือมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสที่มีคุณค่าสูง รวมถึงเพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ซอส งานวิจัยนี้จึงนำกากกระเจี๊ยบแดงที่ได้ภายหลังจากกระบวนการผลิตสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผง มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดง โดยศึกษากรรมวิธีในการผลิต และหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สำหรับงานวิจัยนี้พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 2.20-2.52 จึงจัดเป็นอาหารประเภทที่มีความเป็นกรดสูง (พีเอชน้อยกว่า 4.0) ซึ่ง Lopez (1981 อ้างโดย สิรินทร์ ขันตี, 2540) กล่าวว่า การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋อง โดยทั่วไปด้วย

การพาสเจอไรซ์ โดยให้อุณหภูมิ ณ จุดร้อนช้าที่สุดเท่ากับ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที หรือ 92 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ก็เพียงพอที่จะยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้อาหารประเภทกรดสูงเสื่อมเสียเจริญเติบโตได้

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อต้องการศึกษาอัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำ, ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน (autoclave) และศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมในการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง
- ทำการศึกษาเปรียบเทียบการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตโดยการนึ่งภายใต้ความดัน และผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตด้วยเครื่องคอลลอยด์มิลล์ (colloidal mill) ด้วยวิธี Scoring and Scaling
- พัฒนาสูตรซอสกระเจี๊ยบแดง และทำการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale
- ทำการศึกษาอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบพาสเจอไรซ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดง

2. การตรวจเอกสาร

2.1 การผลิตซอสกระเจี๊ยบแดง

2.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำซอสกระเจี๊ยบแดง

1. กระเจี๊ยบแดง

กลีบกระเจี๊ยบแดงประกอบด้วยแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีแดง ซึ่งพบว่ากลีบกระเจี๊ยบแดงมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้ นอกจากนี้ยังใช้รักษาโรคหัวใจ โรคหอบหืด ข้อต่ออักเสบ ใช้เป็นยาลดไข้ ยาขับปัสสาวะ รักษาโรคความดันโลหิตสูง และใช้แก้โรคเส้นเลือดอุดตันได้ (Chirunthorn *et al*., 2004; Supavita *et al*., 2004; Heureux-Calix and Badrie, 2004) นอกจากนี้แอนโทไซยานินจะทำให้ซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตได้มีสีแดง และยังพบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงปริมาณ 25 ก. จะให้ปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 0.7 ก. (Heureux-Calix and Badrie, 2004) ปัจจุบันได้มีการนำกระเจี๊ยบแดงมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ แยมกระเจี๊ยบ กระเจี๊ยบเข้มข้น กระเจี๊ยบแช่อิ่ม เมรัยกระเจี๊ยบแดง เป็นต้น นอกจากที่ได้กล่าวมาแล้วยังสามารถนำ

กระเจี๊ยบแดงมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้อีก เช่น เยลลี่ มามาร์เลด เป็นต้น (บุญเทียม ดิษฐ์แย้ม, 2517) สำหรับงานวิจัยส่วนนี้ ทำการศึกษาถึงการพัฒนากระบวนการผลิตซอสจากกระเจี๊ยบแดง โดยเน้นนำส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงที่ได้ภายหลังกระบวนการสกัดสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผง มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นซอส เพื่อสามารถนำวัสดุเศษเหลือมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งยังเน้นคุณสมบัติการคงไว้ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ซอสจากกากกระเจี๊ยบแดง

2. กระเทียม

ศิวาพร ศิวเวชช (2535) รายงานว่ากระเทียมจัดเป็นเครื่องเทศที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ซอสมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ซึ่งพบว่าสารที่ทำให้กระเทียมมีกลิ่น คือสารอัลลิซิน (allicin) (ดวงรัตน์ เชี่ยวชาญวิทย์, 2544) นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากกระเทียมที่สกัดด้วยเมทธานอลยังมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย ซึ่งจากการวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกระเทียมดังกล่าวด้วยวิธี DPPH ที่แสดงค่าในรูปความสามารถที่ยับยั้งอนุมูล DPPH (%) พบว่ามีเท่ากับ 43% (Nuutila *et al*., 2003)

3. พริกชี้ฟ้า

ศิวาพร ศิวเวชช (2535) รายงานว่าพริกชี้ฟ้าจัดเป็นเครื่องเทศที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ซอสมีรสเผ็ด ซึ่งสารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ให้สีและกลิ่นรสเผ็ดในพริก ได้แก่ (1) สารที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสเผ็ดร้อน ประกอบด้วย แคปไซซิน (capsaicin) ปริมาณ 4.28 ก. ในพริกสด 100 ก. (Tiwari *et al*., 2005) และ (2) สารที่ให้สีในพริกประกอบด้วย แคปแซนทิน (capsanthin) และเบตาแคโรทีน (beta-carotene) เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าแคปไซซินยังมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย ซึ่งจากการวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ที่แสดงค่าในรูปความสามารถที่ยับยั้งอนุมูลDPPH (%) พบว่ามีค่าเท่ากับ 60% (Kogure *et al*., 2002)

4. น้ำตาล

เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึกละลายได้ดีในน้ำ และมีรสหวาน จัดอยู่ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซูโครส (sucrose) ชนิดของน้ำตาลทรายที่มีขายตามท้องตลาดและเป็นที่นิยมใช้ของผู้บริโภค คือ น้ำตาลทรายขาวที่ผลิตจากอ้อย น้ำตาลที่ใช้เป็นส่วนผสมในซอสจะทำหน้าที่ ให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์ และเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์โดยที่น้ำตาลทราย 1 ก.จะให้พลังงาน 4 แคลอรี่ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535)

5. เกลือ

เกลือที่นิยมใช้ ได้แก่ เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มีหน้าที่เพิ่มกลิ่นรสของอาหาร และเพิ่มรสชาติให้ดีขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

6. น้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูทำหน้าที่ปรับค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ซอสให้อยู่ในช่วง 3.10-3.60 (USFDA, 2003) และนำมาใช้เป็นเครื่องปรุงรสชนิดหนึ่งในผลิตภัณฑ์ซอสเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกิดรสเปรี้ยว ซึ่งความเปรี้ยวนั้นเกิดจากกรดที่มีอยู่ในน้ำส้ม คือ กรดอะซิติก (acetic acid) นอกจากนี้ยังพบว่ากรดยังมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย โดยกรดจะทำให้อาหารมีค่าพีเอชลดลง ทำให้จุลินทรีย์ที่ไม่ทนกรดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ นอกจากนี้กรดยังสามารถผ่านเข้าไปในผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้เกิดการผิดปกติของการส่งผ่านสารเข้าออกผ่านผนังเซลล์ เซลล์จุลินทรีย์จึงมีความเป็นกรดมากขึ้น ทำให้ภายในเซลล์มีไอออนที่มีประจุบวกมากขึ้นซึ่งเป็นผลให้เซลล์จุลินทรีย์เกิดอันตราย (สุเมธ ตันตระเธียร, 2536; ศิวาพร ศิวเวชช, 2535)

2.1.2 สารให้ความคงตัวที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดง

ผลิตภัณฑ์ซอสที่ได้มาตรฐานจะมีลักษณะข้นและหนืด ซึ่งการที่จะให้ผลิตภัณฑ์ซอสมีความข้นหนืดที่สม่ำเสมอนั้น จึงมีการใช้วัตถุเจือปนอาหารเพื่อช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอส ซึ่งสารให้ความคงตัวที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดง ได้แก่ เพกติน และ แซนแทนกัม

2.1.2.1 เพกติน

สารประกอบเพกติน เป็นกลุ่มของพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบอยู่ในผนังเซลล์พืช โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกันคล้ายเป็นซีเมนต์ สารประกอบเพกติน เป็นกลุ่มของสารประกอบเชิงซ้อน สามารถแบ่งออกได้ดังนี้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

(1) โปรโตเพกติน เป็นสารประกอบเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ และพบมากในผลไม้ดิบ ในโมเลกุลของโปรโตเพกตินมีหมู่คาร์บอกซิลอยู่ประมาณ 9-12% หากเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันอย่างสมบูรณ์ จะมีหมู่เมทอกซิลอยู่ในโมเลกุลของโปรโตเพกตินประมาณ 16% แต่จะไม่เกิดขึ้นในธรรมชาติระหว่างกระบวนการสุกของผลไม้ โปรโตเพกตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์หรืออาจใช้ด่าง ทำให้หมู่เมทิลถูกแยกออกไปบางส่วน ได้เป็นหมู่คาร์บอกซิลอิสระ เรียกว่ากรดเพกตินิก (pectinic acid) เป็นสารประกอบเพกตินที่ละลายในน้ำ

(2) กรดเพกตินิก เป็นพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิก (D-galacturonic acid หรือ alpha-D-galactopyranosyluronic acid) ที่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์เหลืออยู่บางส่วน และเมื่อถูกไฮโดรไลซ์เอาหมู่เมทิลออกจนหมดจะได้เป็นกรดเพกติก (pectic acid)

(3) กรดเพกติก เป็นสารประกอบเพกตินหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแล็ก-ทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์อยู่ในโมเลกุล

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำเพกติน ไปใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ซอส มีรายละเอียดดังนี้

Onweluzo และคณะ (1999) ได้ทำการสกัดกัมจากเมล็ดพืชตระกูลถั่ว (*Detarium microcarpum*) โดยนำเมล็ดถั่วไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 20 นาทีเพื่อให้เปลือกยุ่ย จากนั้นนำเปลือกออก นำเมล็ดถั่วที่ได้ไปอบให้แห้ง และนำเมล็ดถั่วอบแห้งไปบดและกรองผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช ก็จะได้ผงแป้ง ทำการสกัดกัม (Detarium microcarpum gum) จากผงแป้ง โดยนำแป้ง 100 ก. สกัดด้วยไตรคลอโรอะซิติก แอซิด (trichloroacetic acid) ปริมาตร 1 ล. นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,074 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสที่ได้ไปตกตะกอนด้วยอะซิโตนที่ปริมาตรมากเกินพอเพื่อแยกส่วนกัมออก กัมที่ได้ล้างด้วยแอลกอฮอล์และนำไปอบให้แห้ง นำกัมที่ได้ไปใช้เป็นสารให้ความคงตัวในซอสมะเขือเทศ โดยเปรียบเทียบกับเพกตินทางการค้า (high methoxyl pectin, M/S Citrus colloids Ltd, Pomona Place, Hereford, HR4 ODA, USA, Type-8115) นำซอสมะเขือเทศที่เติมสารให้ความคงตัวทั้งสองชนิดคือ กัม และ เพกตินทางการค้า ที่ระดับความเข้มข้น 1 ก./ล. ไปวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง bostwick consistometer และค่าสี (*L a b*) พบว่าซอสมะเขือเทศที่เติมสารให้ความคงตัวทั้งสองชนิด มีค่าความหนืดและค่าสีที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) คือ ซอสมะเขือเทศที่เติมกัมจะมีค่าความหนืดเท่ากับ 6.00 ซม./30วินาที มีค่า *L* เท่ากับ 17.95, ค่า *a* เท่ากับ 12.55 และค่า *b* เท่ากับ 6.55 สำหรับซอสที่เติมเพกตินทางการค้าจะมีค่าความหนืดเท่ากับ 6.00 ซม./30วินาที มีค่า *L* เท่ากับ 16.95, ค่า *a* เท่ากับ 12.97 และค่า *b* เท่ากับ 7.19

Meshabi และคณะ (2006) ได้ทำการสกัดเพกตินจากกากผลบีทที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำตาล โดยนำกากผลบีทที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ไปปั่นให้เป็นผง จากนั้นนำผงกากบีทที่ได้ 30 ก. ผสมน้ำกลั่น 1.5 ล. วางไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ปรับอุณหภูมิเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำส่วนที่ค้างอยู่บนกระดาษกรองไปผสมน้ำกลั่น 1.5 ล. และปรับค่าพีเอชของสารผสมให้มีค่าเท่ากับ 1 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) วางไว้ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จึงนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1. นำของเหลวที่ได้จากการกรองไปปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 3-3.2 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 20%โดยน้ำหนัก จากนั้นนำสารผสมที่ได้ไปผสมกับ ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol) ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร วางสารผสมที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จึงนำไปหมุนเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยใช้ระดับความเร็ว 5000 รอบต่อนาที หมุนเหวี่ยงเป็นเวลา 20 นาที จะได้ส่วนที่ตกตะกอนคือ เพกติน นำเพกตินไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชม. จากนั้นนำเพกตินที่ได้ไปใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอสมะเขือเทศ

โดยเปรียบเทียบกับเพกตินทางการค้า (Serva Feinbiochemica Heidelberg, New York, USA, Lot No. 9000-69-5) นำซอสมะเขือเทศไปวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield พบว่าซอสมะเขือเทศที่ใช้เพกตินทางการค้าเป็นสารให้ความข้นหนืด จะให้ค่าความหนืดสูงกว่าซอสมะเขือเทศที่ใช้เพกตินจากกากผลบีท โดย ซอสมะเขือเทศที่ใช้เพกตินทางการค้าที่ระดับความเข้มข้น 0.3%, 0.5% และ 0.7% จะมีค่าความหนืดเท่ากับ 3,550 4,200 และ 4,400 เซนติพอยซ์ ตามลำดับ และซอสมะเขือเทศที่ใช้เพกตินจากกากผลบีทที่ระดับความเข้มข้น 0.3%, 0.5% และ 0.7% จะมีค่าความหนืดเท่ากับ 3,300 3,800 และ 3,900 เซนติพอยซ์ ตามลำดับ อย่างไรก็ดี Meshabi และคณะ (2006) ยังสรุปว่าเพกตินที่ได้จากกากผลบีทดังกล่าว สามารถใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดชนิดหนึ่งในผลิตภัณฑ์ซอสมะเขือเทศ

2.1.2.2 แซนแทนกัม

แซนแทนกัม เป็นสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ ที่โครงสร้างมีกิ่ง (heteropolysaccharide) ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียสกุล *Xanthanmonas* สร้างขึ้นบริเวณผนังเซลล์ โดยมีลักษณะเป็นแคปซูลห่อหุ้มเซลล์ไว้หลวมๆ ทำให้หลุดลอกออกง่ายเมื่อเขย่าแรงๆ โมเลกุลของแซนแทนกัมประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 3 ชนิด คือ ดี-กลูโคส (D-glucose), ดี-แมนโนส (D-mannose) และ ดี-กลูคูโรนิก แอซิด (D-glucuronic acid) โดยมีหมู่ไพรูวิล (pyruvyl group) และหมู่อะซิทิล (acetyl group) เกาะอยู่ด้วย ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรีย โดยทั่วไปแล้วสารแซนแทนกัมมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี มีความคงตัว แม้สภาพที่อุณหภูมิเปลี่ยนไป จึงใช้เป็นสารผสมเพิ่มความหนืด ช่วยให้เกิดลักษณะเป็นเจล (gelling) หรือเป็นสารรักษาความคงตัวในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เป็นส่วนผสมของสลัด, ไอศครีม และซอส เป็นต้น (บุษราคัม อุดมศักดิ์ และคณะ, 2547)

ศศิธร (2536 อ้างโดย บุษราคัม อุดมศักดิ์ และคณะ, 2547) รายงานว่า แซนแทนกัมเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ ที่มีการย่อยปริมาณน้อยในลำไส้เล็กและช่วยเพิ่มปริมาณกากในลำไส้ใหญ่ ไม่พบความเป็นพิษในระยะสั้น (12 อาทิตย์) และระยะยาว (2 ปี) ในสัตว์ทดลอง (หนูและสุนัข) สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2547) ได้ออกประกาศอนุญาตให้ใช้แซนแทนกัมเป็นวัตถุที่เจือปนในอาหารได้ ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีการนำสารแซนแทนกัมมาใช้ในอุตสากรรมต่างๆ มากมายทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น โยเกิร์ต เนย ไอศครีม แยม เบเกอรี่ เค้ก และซอส เป็นต้น

Ketzbaver (2000) รายงานว่า แซนแทนกัมจัดเป็นสารให้ความคงตัวที่มีประสิทธิภาพชนิดหนึ่ง จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้เป็นสารให้ความคงตัว และสารให้ความข้นหนืด ใน ซอส, น้ำสลัด,

น้ำซอสเกรวี่ เป็นต้น ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่พบว่าแซนแทนกัมจะช่วยปรับปรุงให้เม็ดแป้งเกิดการจับตัวกัน (cohesion) ทำให้รักษาความชื้นของผลิตภัณฑ์ และเพิ่มอายุการเก็บรักษา

Gibinski และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาถึงชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความข้นหนืดในซอสมะเขือเทศ โดยใช้สารให้ความข้นหนืดดังนี้ คือ (1) แป้งข้าวโอ๊ต 3.0% ผสมกับแซนแทนกัม 0.1%, (2) แป้งข้าวโอ๊ต 3.0% ผสมกับแซนแทนกัม 0.2%, (3) แป้งมันฝรั่ง 3.0% ผสมกับแซนแทนกัม 0.1% และ (4) แป้งมันฝรั่ง 3.0% ผสมกับแซนแทนกัม 0.2% นำซอสที่เติมสารให้ความข้นหนืดทั้งสี่ชนิดไปวัดค่าการยึดติด (adhesiveness) และค่าความเหนียว (stringiness) พบว่า ซอสมะเขือเทศที่เติมแป้งข้าวโอ๊ต 3.0% ผสมกับแซนแทนกัม 0.1% เป็นสารให้ความคงตัวจะมีค่าการยึดติด และค่าความเหนียว เท่ากับ 0.81Ns และ 26.28s ตามลำดับ, ซอสมะเขือเทศที่เติมแป้งข้าวโอ๊ต 3.0% ผสมกับแซนแทนกัม 0.2% เป็นสารให้ความคงตัวจะมีค่าการยึดติดและค่าความเหนียวเท่ากับ 1.25Ns และ 28.24s ตามลำดับ สำหรับซอสมะเขือเทศที่เติมแป้งมันฝรั่ง 3.0% ผสมกับแซนแทนกัม 0.1% เป็นสารให้ความคงตัว จะมีค่าการยึดติด และค่าความเหนียวเท่ากับ 0.21Ns และ 17.98s ตามลำดับ และซอสมะเขือเทศที่เติมแป้งมันฝรั่ง 3.0% ผสมกับแซนแทนกัม 0.2% เป็นสารให้ความคงตัว จะมีค่าการยึดติด และค่าความเหนียว เท่ากับ 0.23Ns และ 17.42s ตามลำดับ พบว่าซอสที่เติมแป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวโอ๊ตที่ผสมกับแซนแทนกัมในระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจะมีผลให้ซอสมะเขือเทศมีค่าการยึดติด และค่าความเหนียวเพิ่มขึ้นด้วย

2.2 ภาชนะที่ใช้ในการบรรจุซอสกระเจี๊ยบแดง

ขวดแก้ว

แก้วเป็นวัสดุที่เฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาเคมีมากที่สุด และทนต่อการกัดกร่อนหรือปราศจากปฏิกิริยาเคมีของอาหารจึงทำให้รสชาติของอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซ และกลิ่นได้ดี (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541; กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2545) ความใสและเป็นประกายของแก้วช่วยให้มองเห็นผลิตภัณฑ์และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับได้ดี ด้วยความแข็งของแก้ว รูปทรงและปริมาตรของแก้วจะไม่เปลี่ยนแม้จะบรรจุแบบสุญญากาศหรือความดัน บรรจุภัณฑ์แก้วสามารถบรรจุอาหารขณะที่ร้อนหรือผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงได้ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) แก้วจึงเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติดีเหมาะกับผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากเฉื่อยต่อปฏิกิริยาทั่วๆไป (Siegmund *et al*., 2004) แต่ข้อด้อยของแก้วก็คือ มีน้ำหนักมาก (2.5 ก./ลบ.ซม.) และแตกง่าย (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

ถุงทนความร้อนสูง (retort pouch)

ภาชนะบรรจุแบบอ่อนตัวซึ่งใช้ได้กับรีทอร์ท เป็นภาชนะบรรจุที่มีการเคลือบหรือลามิเนท หลายชั้นมีความทนทานต่อความร้อนคล้ายคลึงกับกระป๋องโลหะ อาหารที่บรรจุในภาชนะเหล่านี้และผ่านการให้ความร้อนจะมีอายุการเก็บรักษานานโดยไม่ต้องแช่เย็น นอกจากนั้นยังสามารถแช่เยือกแข็งได้รวมทั้งอุ่นให้ร้อนในภาชนะได้เลย ตัวอย่างภาชนะบรรจุเหล่านี้ได้แก่ ถุงทนความร้อนสูง ซึ่งโครงสร้างของถุงทนความร้อนสูงประกอบด้วยวัสดุ 3 ชั้น ได้แก่ ฟิล์มโพลิเอสเตอร์ หนา 0.012 มม. ซึ่งลามิเนทด้วยกาวกับอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 0.0089 หรือ 0.018 มม. ซึ่งจะลามิเนทกับฟิล์มโพลิโพรพิลีนหนา 0.076 มม. ฟิล์มโพลิเอสเตอร์มีสมบัติแข็งแรง ทนทาน ต้านทานแรงกระแทกได้ดี ทนต่ออุณหภูมิสูง มีความเหนียว ไม่ฉีกขาดง่าย และสามารถพิมพ์ข้อความหรือภาพกราฟฟิกได้โดยไม่หลุดลอก อลูมิเนียมฟอยล์จะช่วยป้องกันแสงและอากาศเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โพลิโพรพิลีนมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นสูง สามารถปิดผนึกได้ดีและไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร (วิไล รังสาดทอง, 2545)

งานวิจัยนี้เลือกใช้ขวดแก้ว และ ถุงทนความร้อนสูง เป็นภาชนะบรรจุซอสกระเจี๊ยบแดงเนื่องจากเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับซอสกระเจี๊ยบแดง ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน มีผลช่วยในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดง

2.3 การส่งผ่านความร้อนในขวดแก้วและถุงทนความร้อนสูง

พลังงานความร้อนจะไหลไปในทิศทางเดียวกัน จากส่วนที่ร้อนไปยังส่วนที่เย็นจนเกิดความสมดุล แต่ภายในภาชนะบรรจุจะเกิดจุดๆหนึ่งที่ความร้อนจะเข้าถึงได้ช้าที่สุด (cold point) ซึ่งจุดนี้จะเกิดขึ้นในตำแหน่งต่างๆกันไป ขึ้นกับวิธีการส่งผ่านความร้อนว่าจะเป็นการส่งผ่านความร้อนแบบการนำ หรือการส่งผ่านความร้อนแบบการพา หรือเกิดขึ้นทั้งการนำความร้อนและการพาความร้อน สำหรับการถ่ายเทความร้อนในผลิตภัณฑ์ซอส จะเป็นการส่งผ่านความร้อนแบบการนำ ซึ่งจุดที่ความร้อนจะเข้าถึงได้ช้าที่สุดจะอยู่ที่จุดกึ่งกลางภาชนะบรรจุ (คณาจารย์ภาควิชาวิทยา ศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2540; วิไล รังสาดทอง, 2545)

การฆ่าเชื้ออาหารซึ่งบรรจุในขวดแก้วหรือถุงทนความร้อนสูงจะใช้การฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อนภายใต้ความดันสูง บรรจุภัณฑ์แก้วจะหนากว่ากระป๋องโลหะเพื่อเพิ่มความแข็งแรง แก้วยังมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าโลหะ (ค่าการนำไฟฟ้าของแก้วเท่ากับ 0.52 วัตต์/เมตรเคลวิน และค่าการนำไฟฟ้าของโลหะเท่ากับ 45-500 วัตต์/เมตรเคลวิน) การแทรกความร้อนผ่านแก้วจึงช้ากว่าโลหะ ทำให้ต้องใช้เวลาในการให้ความร้อนนานกว่า นอกจากนี้ยังเสี่ยงต่อการแตกร้าวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว สำหรับอาหารที่บรรจุในถุงทนความร้อนสูงจะได้รับความร้อน

เร็วกว่าวัสดุอื่น เนื่องจากบรรจุภัณฑ์มีพื้นที่หน้าตัดที่บางกว่า ทำให้สามารถประหยัดพลังงาน และยังป้องกันผิวหน้าของอาหารไม่ให้ได้รับความร้อนมากเกินไป เครื่องฆ่าเชื้อสำหรับฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในขวดแก้วและถุงทนความร้อนสูง ได้แก่ เครื่องฆ่าเชื้อแบบสเปรย์น้ำร้อน (waterspray retort) (วิไล รังสาดทอง, 2545)

2.3.1 การพาสเจอไรซ์อาหารที่ปรับสภาพกรด (acidified food)

Luh (1980 อ้างโดย วรนงค์ ทองสมบัติ, 2548) รายงานว่า เพียวเร่ฝรั่งบรรจุกระป๋องมีกระบวนการฆ่าเชื้อโดยการให้ความร้อน 2 วิธี ได้แก่ (1) การต้มด้วยหม้อต้มไอน้ำจนอุณหภูมิ ณ จุดร้อนช้าที่สุดเท่ากับ 85.0 องศาเซลเซียส และ (2) การพาสเจอไรซ์แบบ HTST (high temperature short time) ที่เรียกว่าแฟลชพาสเจอไรเซชัน (flash pasteurization) ด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (plate heat exchanger) ซึ่งใช้อุณหภูมิ 90.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที ทำการบรรจุกระป๋องทันที คว่ำเป็นเวลา 3 นาที ทำให้เย็นจนอุณหภูมิลดลงอยู่ในช่วง 37.8-48.9 องศาเซลเซียส ซึ่งวิธีแฟลชพาสเจอไรเซชัน จะทำให้กลิ่นรสของเพียวเร่ฝรั่งสูญเสียไปน้อยกว่าวิธีการต้มด้วยหม้อต้มไอน้ำ

Nath และ Ranganna (1981) ได้ทำการศึกษาการส่งผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์มะละกอบดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง โดยนำมะละกอบดมาบรรจุในกระป๋องขนาด 401 x 411 และเติมน้ำเชื่อมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ปริมาตร 300 มล. ลงไปในกระป๋อง ทำการปิดผนึกกระป๋องและนำไปศึกษาการส่งผ่านความร้อน พบว่าผลิตภัณฑ์มะละกอบดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.8 จะมีค่า $F_{97.4°C}$ เท่ากับ 1.33 นาที (หมายความว่าในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์มะละกอบดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 97.4 องศาเซลเซียส จะต้องใช้เวลา 1.33 นาที) และมีค่า $D_{97.4°C}$ เท่ากับ 0.53 (หมายความว่า การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 97.4 องศาเซลเซียส จะต้องใช้เวลา 0.53 นาที จึงจะสามารถทำลายจุลินทรีย์ 90%) และผลิตภัณฑ์มะละกอบดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.0 จะมีค่า $F_{100.0°C}$ เท่ากับ 1.31 นาที และมีค่า $D_{100.0°C}$ เท่ากับ 0.80

Umme และคณะ (2001) รายงานว่า การผลิตเพียวเร่ทุเรียนเทศสำหรับทางการค้าควรบรรจุในถุงลามิเนทอะลูมิเนียมฟอยล์ โดยพบว่าเมื่อนำเพียวเร่ทุเรียนเทศ (*Annoma muricata* L., soursop puree) ที่เตรียมจากการนำผลทุเรียนเทศมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และนำเมล็ดออก นำส่วนเนื้อทุรียนเทศผสมน้ำในอัตราส่วน 1:2 และนำไปบดด้วยเครื่องบดให้เป็นเนื้อเดียวกันจะได้เพียวเร่ ซึ่งเพียวเร่ทุเรียนเทศที่ได้มีค่าพีเอช เท่ากับ 3.7 และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 6 องศาบริกซ์ นำเพียวเร่ทุเรียนเทศที่ได้ไปบรรจุในถุงลามิเนทอะลูมิเนียมฟอล์ย และนำไปพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 69 วินาที แล้วทดสอบการยอมรับคุณภาพ

ทางประสาทสัมผัสในด้าน สี, กลิ่นรส, รสชาติ, ลักษณะปรากฏ, ความหนืด และคุณลักษณะโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ด้วยวิธี 5-Point Hedonic Scale พบว่าผลิตภัณฑ์เพียวเร่ทุเรียนเทศจะได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี, กลิ่นรส และรสชาติ เท่ากับ 4.11, 2.53 และ 3.47 ตามลำดับ และให้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ, ความหนืด และคุณลักษณะโดยรวม เท่ากับ 4.13, 3.54 และ 3.53 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพียวเร่ทุเรียนเทศบรรจุในถุงลามิเนทอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับในด้านสี, กลิ่นรส และรสชาติ เท่ากับ 3.69, 2.21 และ 2.78 ตามลำดับ และให้คะแนนในด้านลักษณะปรากฏ, ความหนืด และคุณลักษณะโดยรวม เท่ากับ 3.55, 3.26 และ 3.01 ตามลำดับ

Lee และ Coates (2003) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการพาสเจอไรซ์ต่อคุณภาพด้านสี และปริมาณแคโรทีนอยด์ในน้ำส้มคั้น โดยนำผลส้มไปล้างทำความสะอาด และนำไปคั้นน้ำด้วยเครื่องสกัดน้ำผลไม้ นำน้ำส้มคั้นที่ได้กรองผ่านผ้าขาวบาง นำน้ำส้มคั้นที่ผ่านการกรองไปพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที จึงทำให้เย็น แล้วนำไปวัดค่าสี L^*, a^*, b^* และวัดปริมาณแคโรทีนอยด์ด้วยวิธี HPLC ตามวิธีของ Lee และ Castle (2001) เปรียบเทียบกับน้ำส้มคั้นที่ไม่ผ่านการพาสเจอไรซ์ พบว่าน้ำส้มคั้นที่ไม่ผ่านการพาสเจอไรซ์ จะมีค่า L^*, a^* และ b^* เท่ากับ 40.22, -1.75 และ 20.02 ตามลำดับ และมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด เท่ากับ 6.25 มก./ล. สำหรับน้ำส้มคั้นที่ผ่านการพาสเจอไรซ์จะมีค่า L^*, a^* และ b^* เท่ากับ 41.22, -2.64 และ 17.62 ตามลำดับ และมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเท่ากับ 5.70 มก./ล. พบว่าน้ำส้มคั้นที่ผ่านการพาสเจอไรซ์จะมีสีเหลืองกว่า และมีสีแดงกว่าน้ำส้มที่ไม่ผ่านการพาสเจอไรซ์ นอกจากนี้ความร้อนในกระบวนการพาสเจอไรซ์ จะทำให้ปริมาณแคโรทีนทั้งหมดในน้ำส้มที่ผ่านการพาสเจอไรซ์มีค่าลดลง

Caicedo และคณะ (2007) ได้ทำการผลิตเพียวเร่มะม่วงบรรจุถุงทนความร้อนสูงแบบสุญญากาศ (vacuum-pouch)โดยนำผลมะม่วงล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และนำเมล็ดออก จากนั้นนำเนื้อมะม่วงไปบดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.4 มม. นำเพียวเร่มะม่วงที่ได้ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที แล้วทำให้เย็นจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 15 องศาเซลเซียส จึงบรรจุเพียวเร่มะม่วงลงในถุงทนความร้อนสูงแบบสุญญากาศ พบว่าเพียวเร่มะม่วงที่ได้มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.89 และมีอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเท่ากับ 21.6 จากนั้นนำเพียวเร่มะม่วงที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณเบตาแคโรทีน ด้วยวิธี HPLC ตามวิธีของ Marx และคณะ (2000) พบว่าเพียวเร่มะม่วงที่ได้มีปริมาณเบตาแคโรทีนเท่ากับ 361 ไมโครกรัม/100ก. เพียวเร่มะม่วง (เพียวเร่มะม่วงที่

ไม่ผ่านการให้ความร้อนจะมีปริมาณเบตาแคโรทีนเท่ากับ 353 ไมโครกรัม/100ก. เพียวเร่มะม่วง) ซึ่งความร้อนในกระบวนการพาสเจอไรซ์จะส่งผลให้ปริมาณเบตาแคโรทีนของเพียวเร่มะม่วงที่ผ่านการพาสเจอไรซ์มีค่าลดลง

2.3.2 การพาสเจอไรซ์ผลิตภัณฑ์ซอส

จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร (2542) ได้ทำการศึกษากรรมวิธีการผลิตซอสกล้วย โดยนำกล้วยน้ำว้า 20.0 ก., พริกชี้ฟ้าแดงดอง 7.5 ก., กระเทียมดอง 11.5 ก. มาบดให้ละเอียด นำไปผสมกับน้ำตาลทราย 17.5 ก., เกลือ 4.0 ก. และน้ำ 39.5 ก. นำส่วนผสมทั้งหมดไปต้มและกวนอย่างสม่ำเสมอที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำส้มสายชูลงไป 3.0 กรัม บรรจุซอสขณะร้อนในขวด (อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส) ปิดฝาขวด ทำให้เย็นทันทีในอ่างน้ำเย็น แช่ขวดนาน 1 ชม. เช็ดขวดให้แห้ง และเก็บผลิตภัณฑ์ซอสกล้วยที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสกล้วยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม ยีสต์และรา รวมทั้งตรวจไม่พบ Flat sour ชนิด mesophile และชนิด thermophile สำหรับค่าพีเอช, ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีค่าเท่ากับ 3.67, 0.72% และ 31.00องศาบริกซ์ ตามลำดับ (ผลิตภัณฑ์ซอสกล้วยที่อายุการเก็บ 0 วันมีค่าพีเอช ปริมาณกรด และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีค่าเท่ากับ 3.59, 0.76% และ 32.35 องศาบริกซ์ ตามลำดับ)

สุภางค์ เรืองฉาย (2548) ได้ทำการศึกษากรรมวิธีในการผลิตซอสพริกที่ใช้พริกชี้ฟ้าแดงเป็นวัตถุดิบ โดยนำพริกชี้ฟ้าแดงและพริกขี้หนูสวนในอัตราส่วน 90:10 ปริมาณ 18.6% และกระเทียม 5.0% ไปนึ่งเป็นเวลา 30 นาที บดส่วนผสมดังกล่าวให้ละเอียด นำไปผสมกับน้ำส้มสายชู 18.0% และน้ำ 7.0% กรองด้วยผ้าขาวบาง และนำส่วนที่กรองได้ไปผสมกับมะละกอสุกที่บดละเอียด 32.0% นำไปตั้งไฟจนมีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาลทราย 17.0% และเกลือ 2.4% กวนให้เข้ากัน เป็นเวลา 15 นาที บรรจุซอสขณะร้อนลงในขวด (อุณหภูมิ 80-85 องศา-เซลเซียส) ปิดฝา และทำให้เย็นทันที จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ซอสพริกที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี $L^*a^*b^*$, ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้, ค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield และค่าพีเอช พบว่าซอสพริกดังกล่าวมีค่าสี L^*, a^* และ b^* เท่ากับ 32.62, 17.60 และ 35.47 ตามลำดับ ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้, ค่าความหนืด และค่าพีเอช เท่ากับ 30.7 องศาบริกซ์, 610 เซนติพอยซ์ และ 6.5 ตามลำดับ จากการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โคลิฟอร์ม Flat sour spoilage bacteria ได้แก่ *Bacillus acidocaldariu, Bacillus acidoterrestris* และ *Bacillus clyheptanious* (Jay, 1997) ยีสต์และรา พบว่า ตรวจไม่พบ

เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด, Flat sour spoilage bacteria, ยีสต์และรา ในซอสพริก และตรวจพบโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/g

Alexander และ Badrie (2004) ได้ทำการศึกษากรรมวิธีในการผลิตซอสมะเฟืองโดยนำผลมะเฟืองมาล้างทำความสะอาด ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (sodium hypochlorite) ที่ระดับความเข้มข้น 200 ส่วนในล้านส่วน ทำการปอกเปลือกและนำเมล็ดออก จากนั้นตัดให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 1.5 ซม. x 2.0 ซม. x 2.0 ซม. และนำไปแช่ในน้ำเกลือที่ระดับความเข้มข้น 5.0% ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นมะเฟืองมาล้างน้ำเกลือออกด้วยน้ำกลั่น ทำการผลิตเพียวเร่มะเฟือง โดยนำชิ้นมะเฟือง 80.0% และมะละกอ 20.0% ไปปั่นด้วยเครื่องปั่น (ยี่ห้อ New haford, Conn) ที่ความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำเพียวเร่มะเฟืองที่ได้ปริมาณ 50.0% ไปผสมกับน้ำ 25.8%, น้ำตาลทราย 8.0%, พริกไทย 1.6%, พริกชี้ฟ้า 2.2%, น้ำส้มสายชู 10%, ขิง หัวหอม และกระเทียม 2.0% นำส่วนผสมทั้งหมดไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติมกรดซิตริก (citric acid) ปริมาณ 0.1% และโพแทสเซียมซอร์เบท (potassium sorbate) ปริมาณ 0.1%ลงไป บรรจุซอสขณะร้อนลงในขวด (อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส) ปิดฝาขวด และทำให้เย็น เก็บผลิตภัณฑ์ซอสมะเฟืองไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี *L a b*, ค่ากรดในรูปกรดซิตริก, ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้, ค่าความหนืดด้วยเครื่อง Bostwick consistometer และตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าซอสมะเฟืองดังกล่าวมีค่าสีสี *L*, *a* และ *b* เท่ากับ 44.1, -0.8 และ 20.6 ตามลำดับ มีค่ากรด, ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และค่าความหนืด เท่ากับ 10.42%, 0.10 องศาบริกซ์ และ 15 ซม./30วินาที ตามลำดับ จากการตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยทำการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด, *E.coli*, *lactobacilli* spp., ยีสต์และรา พบว่าซอสมะเฟืองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 30 cfu/ml, และมีจำนวน *E.coli*, *lactobacilli* spp., ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 cfu/ml

Heureux-Calix และ Badrie (2004) ได้ทำการศึกษากรรมวิธีในการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดง โดยทำการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบด้วยการนำกลีบกระเจี๊ยบแดง 59.2%, ขิงสด 0.4%, เครื่องเทศต่างๆ และน้ำกลั่น 40.0% ใส่ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที หลังจากนั้นทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมเอนไซม์เพกโตเลสที่ระดับความเข้มข้น 0.4% ลงไป วางไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. นำไปกรองผ่านตะแกรงร่อนขนาด 10 เมช นำส่วนที่กรองได้เติมน้ำตาลทรายให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 39 องศาบริกซ์ นำไปพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

บรรจุซอสขณะร้อนลงในขวด (อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส) ปิดฝาขวด และทำให้เย็น เก็บผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงไว้ในกล่องที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 สัปดาห์ แล้วนำไปวัดค่าสี *L*, *a* และ *b* พบว่ามีค่าเท่ากับ 26.70, 2.27 และ -0.00 ตามลำดับ จากการตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์โดยทำการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด, *lactobacilli* spp., ยีสต์และรา พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด, *lactobacilli* spp., ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 cfu/ml

3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

1. กากกระเจี๊ยบแดง จากกระบวนการผลิตสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ในกระป๋องพลาสติกขนาดบรรจุ 1,000 มล. ปริมาณกระป๋องละ 800 ก.
2. น้ำส้มสายชู
3. เกลือ
4. น้ำตาลทราย
5. พริกชี้ฟ้าแดง
6. กระเทียม
7. ภาชนะบรรจุ ได้แก่ขวดแก้วฝาเกลียวล็อคสีขาว ขนาดความจุ 200 มล. และถุงทนความร้อนสูงขนาดบรรจุ 100 ก.
8. สารให้ความคงตัว ได้แก่ เพกติน และแซนแทนกัม

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง
   - เครื่องปั่น (blender) ยี่ห้อ National ประเทศญี่ปุ่น
   - เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น TP2KS ประเทศสหรัฐอเมริกา
   - หม้อนึ่งภายใต้ความดัน ยี่ห้อ Sanyo รุ่น Labo Autoclave ประเทศญี่ปุ่น
   - เครื่องคอลลอยด์มิลล์ ยี่ห้อ Seven Stars รุ่น JM-FB ประเทศจีน
2. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง
   - เครื่องวัดค่าความหนืด Bostwick consistometer ยี่ห้อ CSC ประเทศแคนนาดา
   - เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดง
   - เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น TP2KS ประเทศสหรัฐอเมริกา
   - เครื่องคอลลอยด์มิลล์ ยี่ห้อ Seven Stars รุ่น JM-FB ประเทศจีน
4. อุปกรณ์ในการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อ
   - เครื่องฆ่าเชื้อแบบ steam water spray automated batch ยี่ห้อ FMC Food Tech ประเทศเบลเยียม
   - เครื่อง potentiometer และบันทึกอุณหภูมิ ยี่ห้อ Ellab ประเทศเดนมาร์ค
   - สายเทอร์โมคัปเปิลจำนวน 6 สาย
   - อุปกรณ์สำหรับประกอบ stuffing box เข้ากับฝาเกลียวล็อค และหัวเข็ม thermocouple เบอร์ 401
5. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ การต้านอนุมูลอิสระ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดง
   - เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB-20 ประเทศเยอรมันนี
   - เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น TP2KS ประเทศสหรัฐอเมริกา
   - เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB204 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
   - เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (hand refractometer) ยี่ห้อ Atago รุ่น N1 Brix 0~32% ประเทศญี่ปุ่น
   - เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex ประเทศสหรัฐอเมริกา
   - เครื่องวัดค่าความหนืด Bostwick consistometer ยี่ห้อ CSC ประเทศแคนนาดา
   - ตู้บ่มปรับอุณหภูมิได้ ยี่ห้อ Memmert รุ่น BE500 ประเทศเยอรมันนี
   - หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ ยี่ห้อ Sanyo รุ่น Labo Autoclave ประเทศญี่ปุ่น
   - เครื่องหมุนเหวี่ยงยี่ห้อ Sorvall รุ่น RC-5B Plus ประเทศสหรัฐอเมริกา
   - เครื่องทำแห้งแบบระเหิดแห้ง ยี่ห้อ Eyela รุ่น FE-1 ประเทศญี่ปุ่น
   - เครื่อง Microplate Reader ยี่ห้อ Biotek รุ่น Power Wave X ประเทศสหรัฐอเมริกา

6. อุปกรณ์สำหรับทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

วิธีการ

1. การศึกษาอัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำ, ระยะเวลาที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน และศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัว ที่เหมาะสมในการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง

1.1 การศึกษาอัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำ และระยะเวลาที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน (autoclave)

1.1.1 นำกากกระเจี๊ยบแดง ที่ได้ภายหลังจากกระบวนการผลิตสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผง โดยใช้อัตราส่วนระหว่างกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำ เท่ากับ 1:5 1:7 และ 1:10 นำไปนึ่งด้วยหม้อนึ่งภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 10 และ 15 นาที ตามลำดับ จากนั้นทำให้เย็น นำไปปั่นให้เป็นเพียวเร่ด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 10 วินาที นำเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ได้ไปศึกษาคุณภาพต่อไป

1.1.2 การศึกษาคุณภาพของเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ได้จากข้อ 1.1.1 เปรียบเทียบ คุณภาพกับผลิตภัณฑ์ซอสพริกทางการค้า คุณภาพที่ตรวจวัด ได้แก่

- ค่าความหนืด ตรวจด้วยเครื่องวัดความหนืด Bostwick consistometer
- ค่าสี *L*a*b** ตรวจด้วยเครื่องวัดค่าสี Hunter Lab

1.2 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัว

1.2.1 ทำการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงตามวิธีในข้อ 1.1.1 โดยใช้อัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำ และระยะเวลาที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน ที่เหมาะสมที่ได้จากผลการทดลองข้อ 1.1 จากนั้นนำไปเติมสารให้ความคงตัวสองชนิด คือ แซนแทนกัม และ เพกติน ที่ระดับความเข้มข้นสามระดับ คือ 0.3%, 0.5% และ 0.7% นำเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ได้ไปศึกษาคุณภาพต่อไป

1.2.2 การศึกษาคุณภาพของเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ได้จากข้อ 1.2.1 เปรียบเทียบคุณภาพกับผลิตภัณฑ์ซอสพริกทางการค้า คุณภาพที่ตรวจวัด ได้แก่

- ค่าความหนืด ตรวจด้วยเครื่องวัดความหนืด Bostwick consistometer
- ค่าสี *L*a*b** ตรวจด้วยเครื่องวัดค่าสี Hunter Lab

1.3 การทดลองข้อ 1.1 และ 1.2 ทำการวางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 2 ซ้ำ การทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบ

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) คัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมที่ให้ค่าความหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ซอสพริกทางการค้า และให้ค่าสีที่ดีที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

2. การผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงโดยใช้หม้อนึ่งภายใต้ความดัน เปรียบเทียบกับเครื่องคอลลอยมิลล์

2.1 การผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงโดยใช้หม้อนึ่งภายใต้ความดัน

ทำการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง โดยใช้อัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำและระยะเวลาที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน จากผลการทดลองที่ได้ในข้อ 1.1 ปริมาณ 73.50% เติมส่วนผสม ได้แก่ พริกชี้ฟ้า 3.00% และ กระเทียม 1.50% นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นเติมสารให้ความคงตัวในปริมาณที่คัดเลือกได้จากผลการทดลองในข้อ 1.2, น้ำตาลทราย 15.00% และเกลือ 1.50% นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำส้มสายชู 3.75% บรรจุซอสกระเจี๊ยบแดงลงในขวดขนาดความจุ 200 มล. ที่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน ปิดฝาขวด ทำให้เย็น ก่อนนำไปทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในข้อ 2.3

2.2 การผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงโดยใช้เครื่องคอลลอยด์มิลล์

นำกากกระเจี๊ยบแดงและน้ำ ในอัตราส่วนที่ได้จากผลการทดลองในข้อ 1.1 นำไปบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน (เพียวเร่) ด้วยเครื่องคอลลอยด์มิลล์ เป็นเวลา 10 นาที นำเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ได้จากเครื่องคอลลอยด์มิลล์ ปริมาณ 73.50% เติมส่วนผสม ได้แก่ พริกชี้ฟ้า 3.00% และ กระเทียม 1.50% นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นเติมสารให้ความคงตัวในปริมาณที่คัดเลือกได้จากผลการทดลองในข้อ 1.2, น้ำตาลทราย 15.00% และเกลือ1.50% นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำส้มสายชู 3.75% บรรจุซอสกระเจี๊ยบแดงลงในขวดขนาดความจุ 200 มล. ที่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน ทำให้เย็น ก่อนนำไปทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในข้อ 2.3

2.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินความชอบของซอสกระเจี๊ยบแดงทั้ง 2 สูตร ด้วยวิธี Scoring and Scaling (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนซอสมะม่วง, 2547 แสดงในภาคผนวก ค) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 10 คน ซึ่งทำการฝึกฝนโดยอธิบายเชิงพรรณนา กำหนดคุณลักษณะของซอสดังนี้ ลักษณะทั่วไป : ต้องละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ข้นหรือเหลวเกินไป, สี : ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ และสม่ำเสมอ, กลิ่นรส : ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ การฝึกฝนใช้ซอสมะเขือเทศเป็นซอสมาตรฐาน โดยแต่ละคุณลักษณะจะมีการให้คะแนนความชอบ 4 ระดับ (Scoring and Scaling) คือ คะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง, คะแนนเท่ากับ 2 หมายถึง พอใช้, คะแนนเท่ากับ 3

หมายถึง ดี และ คะแนนเท่ากับ 4 หมายถึง ดีมาก ทำการเปรียบเทียบผลการประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกวิธีการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดง สำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.4 การทดลองข้อ 2.1 ถึง 2.3 ทำการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) ทดลอง 10 ซ้ำการทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) คัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมที่ให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะสูงที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

3. การปรับปรุงรสชาติของซอสกระเจี๊ยบแดง

3.1 ซอสกระเจี๊ยบแดงที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.3 นำไปปรับปรุงรสชาติโดยใช้ส่วนผสมตามสูตรดังแสดงในตารางที่ 4-1 ประกอบด้วยส่วนผสมได้แก่ เกลือ น้ำตาลทราย และน้ำส้มสายชูในปริมาณที่เหมาะสม (Hare, 1974) และใช้ส่วนผสมหลักคือ เพียวเร่กระเจี๊ยบแดง 73.50% พริกชี้ฟ้า 3.00% และ กระเทียม 1.50% ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที บรรจุซอสกระเจี๊ยบแดงลงในขวดขนาดความจุ 200 ก. ที่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อน ทำให้เย็นก่อนนำไปทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในข้อ 3.2

3.2 ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรขั้นต้น โดยประเมินความชอบของซอสกระเจี๊ยบแดงทั้ง 5 สูตร โดยใช้สเกลแบบ 9 ระดับคะแนน (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545) ใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไป จำนวน 30 คน โดยมีคุณลักษณะในการพิจารณาประกอบด้วย ความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ทำการเปรียบเทียบผลการประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกสูตรซอสกระเจี๊ยบแดง สำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.3 การทดลองข้อ 3.1 และ 3.2 ทำการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) ทดลอง 30 ซ้ำการทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) คัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมที่ให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะสูงที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4-1 สูตรซอสกระเจี๊ยบแดง

Table 4-1 Roselle sauces formulation.

Formulation number	Ingredients (%)		
	Salt	Sugar	Vinegar
1	1.5	15	4
2	1.43	15.98	3.07
3	1.74	16.80	4.10
4	1.74	15.16	3.69
5	1.43	14.96	4.10

4. การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

4.1 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้ว

4.1.1 ติดตั้งส่วน stuffing box เข้ากับฝาขวดแก้วแบบเกลียวล็อคจำนวน 6 ฝา โดยให้ส่วนปลายของ thermocouple อยู่ที่ตำแหน่งจุดร้อนช้าที่สุดของขวดแก้วประมาณ 1/3 เท่าของความสูงของขวดแก้ว วัดจากฝาขวดเกลียวล็อคในลักษณะคว่ำ (ดังแสดงในภาพที่ 4-1) ทำการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สูตรที่เหมาะสมที่สุด ที่ได้จากผลการทดลองในข้อ 3.2 และบรรจุซอสกระเจี๊ยบแดงขณะร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ลงในขวดแก้วปริมาณ 200 ก. จำนวน 6 ขวด ปิดฝาที่ติดตั้ง stuffing box เรียบร้อยแล้วให้แน่นสนิท โดยซอสกระเจี๊ยบแดงมีคุณภาพทางเคมีและกายภาพที่ใช้เป็นเกณฑ์การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ดังแสดงในตารางที่ 4-5

4.1.2 เสียบปลายสายเทอร์โมคัปเปิลจำนวน 6 สาย เข้ากับ stuffing box ที่ส่วนฝาขวด ส่วนสายเทอร์โมคัปเปิลอีก 1 สาย ใช้วัดอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้ออาหาร จัดเรียงขวดแก้วทั้ง 6 ขวด ในลักษณะคว่ำขวดบนตะกร้าของเครื่องฆ่าเชื้อ บรรจุกระป๋องจำลอง (dummy cans) ให้เต็มช่องว่างภายในตะกร้า และใช้แผ่นกั้น (divider plate) วางสลับระหว่างชั้นของกระป๋องจำลองจนเต็มตะกร้า (50ซม. x 54ซม. x 54ซม.) จำนวน 9 ชั้น ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งของสายเทอร์โมคัปเปิลต่อเข้ากับเครื่อง potentiometer และบันทึกอุณหภูมิ ติดตั้งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และใช้โปรแกรมการทำงาน (LOG-TEC, FMC FoodTech, ประเทศเบลเยี่ยม) ของเครื่องฆ่าเชื้อสำหรับฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบพาสเจอไรซ์ในผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดง จึงปิดฝาเครื่องฆ่าเชื้อ เริ่มโปรแกรมการทำงาน บันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที จนกระทั่งซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วทั้ง

6 ขวด มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 85 องศาเซลเซียส เวลานาน 10 นาที (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก, 2549) จึงเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เย็นจนอุณหภูมิของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคลดลงเหลือประมาณ 43 องศาเซลเซียส

4.1.3 ทำการทดลองในข้อ 4.1.2 จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง โดยการทดลองซ้ำที่ 1 ผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงจำนวน 6 ขวดสำหรับหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ (ตามวิธีทดลองข้อ 4.1.1 ถึงข้อ 4.1.2) และการทดลองซ้ำที่ 2 ผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงจำนวน 24 ขวด โดยซอสกระเจี๊ยบแดงจำนวน 6 ขวดสำหรับหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในระหว่างการฆ่าเชื้อ ซอสกระเจี๊ยบแดงจำนวน 6 ขวดสำหรับบ่มเพื่อวิเคราะห์ดังรายละเอียดในข้อ 4.1.4 และข้อ 4.1.5 ซอสกระเจี๊ยบแดงจำนวน 6 ขวดสำหรับบ่มเพื่อวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และจำนวน 6 ขวดสำหรับบ่มเพื่อวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

4.1.4 ตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคหลังการฆ่าเชื้อ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2523) ดังนี้

- sterility test ได้แก่ Flat sour spoilage bacteria ในกลุ่ม Mesophiles และ Thermophiles (USFDA., 2001a)
- Coliform bacteria (USFDA., 2002)
- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (USFDA., 2001b)
- จำนวนยีสต์และราทั้งหมด (USFDA., 2001c)
- *Salmonella* (USFDA., 2001d)
- *Staphylococcus aureus* (USFDA., 2001e)

4.1.5 ตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการต้านอนุมูลอิสระของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้ว ได้แก่

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้
- ค่าพีเอช
- ค่าสี ด้วยเครื่องวัดค่าสี Hunter Lab
- ค่าความหนืด ด้วยเครื่องวัดความหนืด Bostwick consistometer
- กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี free radical scavenging DPPH แสดงค่าเป็น EC_{50} (ดัดแปลงจาก Sanchez-Moreno *et al*., 2006)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด แสดงในรูปกรดแกลลิก

4.1.6 นำข้อมูลอุณหภูมิและเวลาของขวดที่ร้อนช้าที่สุด (แสดงในตารางภาคผนวกที่ ข-1) ที่บันทึกได้ เขียนกราฟแสดงการส่งผ่านความร้อน (heat penetration curve) โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) และเวลา (นาที)

ภาพที่ 4-1 ตำแหน่งจุดร้อนช้าที่สุดของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้ว

Figure 4-1 Coldest point of the roselle sauces in glasses bottle.

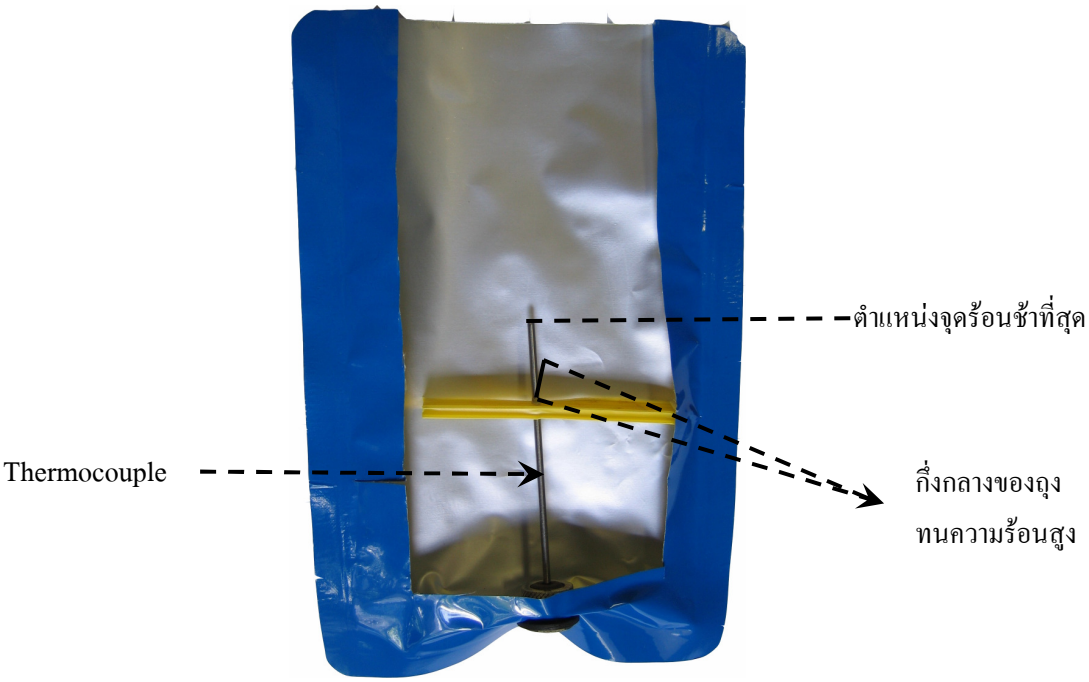
4.2 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง

4.2.1 ติดตั้งส่วน stuffing box เข้ากับถุงทนความร้อนสูงจำนวน 6 ใบ โดยให้ส่วนปลายของ thermocouple อยู่ที่ตำแหน่งจุดร้อนช้าที่สุดซึ่งอยู่ที่ประมาณกึ่งกลางของถุงทนความร้อนสูง (ดังแสดงในภาพที่ 4-2) ทำการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงโดยใช้สูตรที่เหมาะสมที่สุดที่คัดเลือกจากการทดลองในข้อ 3. บรรจุซอสกระเจี๊ยบแดงขณะร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสลงในถุงทนความร้อนสูงปริมาณ 85 ก. จึงทำการปิดผนึกถุงทนความร้อนสูงให้แนบสนิท

4.2.2 เสียบปลายสายเทอร์โมคัปเปิลจำนวน 6 สาย เข้ากับ stuffing box ที่ติดอยู่กับถุงทนความร้อนสูง ส่วนสายเทอร์โมคัปเปิลอีก 1 สาย ใช้วัดอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้ออาหาร จัดเรียงถุงทนความร้อนสูงจำนวน 6 ใบ ในลักษณะวางแนวราบบนตะกร้าของเครื่องฆ่าเชื้อ บรรจุ

กระป๋องจำลอง ให้เต็มช่องว่างแต่ละชั้นในตะกร้า และใช้แผ่นกั้น วางสลับระหว่างชั้นของกระป๋องจำลองจนเต็มตะกร้า จำนวน 9 ชั้น ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งของสายเทอร์โมคัปเปิลต่อเข้ากับเครื่อง potentiometer และบันทึกอุณหภูมิ ติดตั้งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และใช้โปรแกรมการทำงาน (LOG-TEC, FMC FoodTech, ประเทศเบลเยี่ยม) ของเครื่องฆ่าเชื้อสำหรับฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบพาสเจอไรซ์ในผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดง จึงปิดฝาเครื่องฆ่าเชื้อ เริ่มโปรแกรมการทำงาน บันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที จนกระทั่งซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงทั้ง 6 ใบ มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 85 องศาเซลเซียส เวลานาน 10 นาที (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก, 2549) จึงเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เย็น จนอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 43 องศาเซลเซียส

4.2.3 ทำการทดลองในข้อ 4.2.2 จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง โดยการทดลองซ้ำที่ 1 ผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงจำนวน 6 ใบสำหรับหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในระหว่างการฆ่าเชื้อ (ตามวิธีทดลองข้อ 4.2.1 ถึงข้อ 4.2.2) และการทดลองซ้ำที่ 2 ผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงจำนวน 24 ใบ โดยซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงจำนวน 6 ใบสำหรับหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในระหว่างการฆ่าเชื้อ ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงจำนวน 6 ใบสำหรับตรวจวิเคราะห์ดังรายละเอียดในข้อ 4.1.4 และ 4.1.5 ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงจำนวน 6 ใบสำหรับบ่มเพื่อวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และจำนวน 6 ใบสำหรับบ่มเพื่อวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นำข้อมูลอุณหภูมิและเวลาของถุงทนความร้อนสูงที่มีลักษณะการส่งผ่านความร้อนช้าที่สุด (แสดงในตารางภาคผนวกที่ ข-2) ที่บันทึกได้เขียนกราฟแสดงการส่งผ่านความร้อนโดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา (heat penetration curve)



ภาพที่ 4-2 ตำแหน่งจุดร้อนช้าที่สุดของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง

Figure 4-2 Coldest point of the roselle sauces in pouch.

4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาอัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำ, ระยะเวลาที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมในการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง

4.1.1 การศึกษาอัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำ และระยะเวลาที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดัน

ตารางที่ 4-2 คุณภาพของเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่อัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำและระยะเวลาในการนึ่งภายใต้ความดันสูงที่แตกต่างกัน

Table 4-2 Quality determination of roselle puree at various ratios of the residue to water and autoclave times.

The residue to water ratio	Autoclave time (min)	Consistency (cm/30s)	Color measurement		
			L^*	a^*	b^*
1:5	10	8.17 ± 0.26^{c}	7.54 ± 0.12^{c}	32.16 ± 0.14^{ab}	12.85 ± 0.21^{c}
1:7	10	14.96 ± 0.25^{a}	8.10 ± 0.16^{ab}	31.34 ± 0.47^{c}	13.83 ± 0.29^{ab}
1:10	10	undetectable	8.30 ± 0.20^{a}	31.42 ± 0.07^{c}	13.70 ± 0.35^{b}
1:5	15	7.44 ± 0.24^{d}	7.40 ± 0.08^{c}	32.30 ± 0.07^{a}	12.60 ± 0.14^{c}
1:7	15	12.92 ± 0.54^{b}	7.58 ± 0.10^{c}	32.16 ± 0.17^{ab}	12.91 ± 0.17^{c}
1:10	15	undetectable	8.04 ± 0.29^{b}	31.94 ± 0.32^{b}	14.16 ± 0.49^{a}

Remark 1. Mean ± SD within the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

2. Each experiment performed in duplicate, analyzed in triplicate.

3. Commercial chilli sauces had consistency of 7 cm /30 s.

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง ที่ใช้อัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำและระยะเวลาในการนึ่งภายใต้ความดันที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4-2 พบว่าเมื่อใช้อัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำที่ระดับ 1:5 และ1:7 นำไปนึ่งภายใต้ความดันเป็นเวลา 10 นาที จะส่งผลให้เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงมีค่าความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เท่ากับ 8.17 ซม./30วินาที และ 14.96 ซม./30วินาที ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่าที่อัตราส่วนกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำเท่ากับ 1:10 ไม่สามารถวัดค่าความหนืดได้เนื่องจากมีปริมาณน้ำมาก ตัวอย่างจึงกลายเป็นของเหลวที่ไม่สามารถวัดค่าความหนืดได้ และยังพบว่าที่อัตราส่วนกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำที่ระดับเดียวกัน ที่ใช้ระยะเวลาในการนึ่งภายใต้ความดันเท่ากับ 10 และ 15 นาที จะส่งผลให้ เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดย เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้อัตราส่วนกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำ ที่ระดับ 1:5 นำไปนึ่งภายใต้ความดันเท่ากับ 10 และ 15 นาที จะมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นจาก 8.17 ซม./30วินาที เป็น 7.44 ซม./30วินาที ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับซอสพริกทางการค้าวัดค่าความหนืดได้ค่าเท่ากับ 7.00 ซม./30วินาที โครงสร้างผนังเซลล์ของกระเจี๊ยบแดงตามธรรมชาติ ประกอบด้วยสารประกอบเพกตินที่มีคุณสมบัติทั้งละลายน้ำได้ และละลายน้ำไม่ได้ (Heureux-Calix and Badrie, 2004) เมื่อส่วนของกากระเจี๊ยบแดงถูกความร้อนในสภาวะที่กากกระเจี๊ยบมีความเป็นกรดค่าพีเอชประมาณ 2.40 ไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากกรดจะช่วยลดจำนวนประจุลบของหมู่คาร์บอกซิลในโมเลกุลของเพกตินให้น้อยลง ทำให้ลดแรงผลักดันกันระหว่างประจุลบที่หมู่คาร์บอกซิล ทำให้สายของโมเลกุลเพกตินเข้ามาใกล้กันและเกาะรวมตัวกันเป็นตาข่าย มีลักษณะคล้ายเจลซึ่งมีความหนืดมากขึ้นเปรียบเทียบกับโมเลกุลของเพกตินที่ยังไม่เกิดการรวมตัวเป็นเจล (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) นอกจากนี้ แฉล้ม มาศวรรณา และคณะ (2545) รายงานว่ากระเจี๊ยบแดงสด 100 ก. จะประกอบด้วยปริมาณแคลเซียมประมาณ 151 มก. ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างสูง งานวิจัยนี้เมื่อใช้ความร้อนจากการนึ่งภายใต้ความดันเป็นระยะเวลา 10 นาทีและ 15 นาที พบว่า เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงจากการนึ่งโดยใช้เวลา 15 นาที มีค่าความหนืดเท่ากับ 7.44 cm/30s ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าความหนืดของเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่นึ่งเป็นเวลา 10 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเป็นเพราะความร้อนมีผลให้ปริมาณแคลเซียมไอออนถูกปลดปล่อยออกจากผนังเซลล์กากกระเจี๊ยบแดง การให้ความร้อนยิ่งนานเนื้อเยื่อผนังเซลล์จะอ่อนตัวลงและปลดปล่อยแคลเซียมไอออนในสภาพของสารอิเล็กโทรไลต์มากขึ้น ซึ่งปริมาณของแคลเซียมไอออนที่เพิ่มขึ้นในระบบสารละลายของเพกติน จะช่วยทำให้ระบบมีความหนืดเพิ่มขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

นอกจากนี้ยังพบว่า เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้อัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำที่อัตราส่วนเดียวกัน แต่ใช้ระยะเวลาในการนึ่งภายใต้ความดันที่นานขึ้น จะส่งผลให้มีค่า a^*

เพิ่มขึ้นและค่า L^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือ เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้อัตราส่วนกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำที่ระดับ 1:5 และนำไปนึ่งภายใต้ความดันนาน10 และ 15 นาที จะให้ค่า L^*, a^* เท่ากับ 7.54 และ 7.40, 32.16 และ 32.30 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้ระยะเวลาในการนึ่งภายใต้ความดัน 10 นาที จะมีค่าความสว่างมากกว่า เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้ระยะเวลาในการนึ่งภายใต้ความดัน 15 นาที ซึ่ง Tsai และคณะ (2004) รายงานว่า ระยะเวลาในการให้ความร้อน มีผลให้สารสกัดแอนโทไซยานินเกิดการเปลี่ยนสี โดยการให้ความร้อนที่ระยะเวลานานขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินเกิดการเปลี่ยนรูป (thermo degradation) ไปอยู่ในรูปโพลิเมอร์สีน้ำตาล (brown polymer forms) Mazza และ Miati (1993) รายงานว่า โพลิเมอร์สีน้ำตาลที่เกิดจากรงควัตถุแอนโทไซยานินสามารถรวมตัวกับสารโมเลกุลอื่นๆ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล และกรดอินทรีย์ และโมลกุลของแอนโทไซยานินเอง เป็นต้น ได้เป็นสารประกอบที่เรียกว่า โค-พิกเมนท์ (co-pigment) นอกจากนี้ Kim และ Padilla-Zakour (2004) รายงานว่า ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่นานขึ้น จะส่งผลให้แอนโทไซยานินเกิดการเปลี่ยนรูป โดยขั้นแรกจะมีการสลายของพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkage) และเมื่อมีการให้ความร้อนที่นานขึ้นจะส่งผลให้แอนโทไซยานินเปลี่ยนไปอยู่ในรูปชาลโคนที่ไม่มีสี ซึ่งแอนโทไซยานินในรูปนี้จะไม่มีความคงตัว นอกจากนี้ชาลโคนอาจทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (oxidation reaction) ในระหว่างการให้ความร้อน ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบที่มีสีน้ำตาลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

งานทดลองส่วนนี้ คัดเลือกอัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำที่ระดับ 1:5 และใช้ระยะเวลาในการนึ่งภายใต้ความดันเท่ากับ 10 นาที ในการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงสำหรับใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป เนื่องจากเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงสภาวะดังกล่าว ให้ค่าความหนืดใกล้เคียงกับซอสพริกทางการค้า (7 ซม./30วินาที)

4.1.2 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัว

จากการวิเคราะห์คุณภาพของเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง ที่ใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวที่แตกต่างกัน แสดงผลในตารางที่ 4-3 พบว่าเมื่อใช้แซนแทนกัมและเพกตินที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 0.3% 0.5% และ0.7% จะส่งผลให้เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มีค่าความหนืดเท่ากับ 6.21 และ 4.88 ซม./30วินาที, 5.73 และ 3.75 ซม./30วินาที, 4.29 และ 3.30 ซม./30วินาที ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Meshabi และคณะ (2006) ที่รายงานว่าการเติมเพกตินในซอสมะเขือเทศ โดยใช้ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีผลให้ซอสมะเขือเทศมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งแซนแทนกัม และเพกติน จัดเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มโพลีแซ็คคาไรด์ โดยสารละลายที่มีระดับความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวมากขึ้น จะส่งผลให้สารละลายนั้นมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น

เนื่องจากในสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารให้ความคงตัว ในระดับที่น้อยกว่าสายโพลีแซ็คคาไรด์ จะเคลื่อนที่ในสารละลายได้อย่างเป็นอิสระ และจะดูดซับน้ำ ทำให้สายโพลีแซ็คคาไรด์เกิดการพองตัว ทำให้เกิดแรงต้านให้กับระบบ ความหนืดจึงน้อยกว่า เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารให้ความคงตัว ในสารละลายจะมีสายโพลีแซ็คคาไรด์จำนวนมากขึ้น ซึ่งสายโพลีแซ็คคาไรด์จะดูดน้ำมากขึ้น และเนื่องจากในระบบมีสายโพลีแซ็คคาไรด์เป็นจำนวนมาก จึงทำให้สายโพลีแซ็คคาไรด์เกิดการพันกัน ส่งผลให้มีแรงต้านให้กับสารละลายมากขึ้น ความหนืดจึงเพิ่มขึ้น (Fennema, 1985) และจะพบว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้เพกตินเป็นสารให้ความคงตัว จะมีค่าความหนืดมากกว่าเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้แซนแทนกัมเป็นสารให้ความคงตัว ซึ่ง Fennema (1985) รายงานว่าที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันสายโพลีแซ็คคาไรด์ที่มีโครงสร้างเป็นกิ่งมากกว่าจะส่งผลให้สารละลายมีค่าความหนืดน้อยกว่า สายโพลีแซ็คคาไรด์ที่มีโครงสร้างเป็นกิ่งน้อยกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างของแซนแทนกัมและเพกติน พบว่าแซนแทนกัมจะมีโครงสร้างเป็นโซ่กิ่งมากกว่า จึงส่งผลให้เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้แซนแทนกัมเป็นสารให้ความคงตัวมีค่าความหนืดน้อยกว่าเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้เพกตินเป็นสารให้ความคงตัว

นอกจากนี้ยังพบว่าเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้แซนแทนกัม และเพกตินเป็นสารให้ความคงตัว ที่ระดับความเข้มข้น 0.3% 0.5% และ0.7% จะส่งผลให้เพียวเร่กระเจี๊ยบแดง มีค่า a^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เท่ากับ 32.93±1.61 และ 30.73±0.31, 34.27±0.52 และ 32.94±0.22, 36.47±0.17 และ 33.39±0.66 ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Heureux-Calix และ Badrie (2004) ที่รายงานว่าซอสกระเจี๊ยบแดงที่เติมแซนแทนกัมเป็นสารให้ความคงตัวที่ระดับความเข้มข้น 0.3% และ 0.4% ส่งผลให้ซอสกระเจี๊ยบแดงมีค่า a เพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.00 และ 4.00 ตามลำดับ นอกจากนี้ Hubbermann และคณะ (2006) รายงานว่า ความคงตัวของสี (a^*) ของแอนโทไซยานินจะขึ้นกับการจับตัวกันของฟลาวิเลียมแคทไอออนในโมเลกุลของแอนโทไซยานินกับหมู่คาร์บอกซิล (COO^-) ในโมเลกุลของสารให้ความคงตัว ซึ่งในการทดลองนี้ใช้แซนแทนกัมและเพกตินเป็นสารให้ความคงตัว ซึ่งในโมเลกุลของแซนแทนกัมและเพกตินจะมีหมู่คาร์บิกซิลเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุล ในที่ระดับความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นก็จะมีหมู่คาร์บิกซิลเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะไปจับกับฟลาวิเลียมแคทไอออนในโมเลกุลของแอนโทไซยานินได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงมีค่า a^* เพิ่มขึ้น

ดังนั้น จากการพิจารณาค่าความหนืดของเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง พบว่าการใช้แซนแทนกัมเป็นสารให้ความคงตัว ที่ระดับความเข้มข้น 0.3% จะส่งผลให้เพียวเร่กระเจี๊ยบแดงมีค่าความหนืดใกล้เคียงกับความหนืดของซอสพริกทางการค้า การทดลองส่วนนี้เลือกใช้แซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้น 0.3% เป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4-3 คุณภาพของเพียวเร่กระเจี๊ยบแดงที่ใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวที่แตกต่างกัน

Table 4-3 Quality determination of roselle puree using various types and concentrations of stabilizer.

Treatment	Consistency (cm/30s)	Color measurement		
		L^*	a^*	b^*
0.3 % xanthan gum	6.21 ± 1.42[a]	7.48 ± 1.06[c]	32.93 ± 1.61[c]	12.75 ± 1.83[c]
0.3% pectin	4.88 ± 0.08[c]	6.55 ± 0.16[d]	30.73 ± 0.31[d]	11.22 ± 0.31[d]
0.5% xanthan gum	5.73 ± 0.66[b]	8.94 ± 0.35[b]	34.27 ± 0.52[b]	15.25 ± 0.60[b]
0.5% pectin	3.75 ± 0.50[de]	9.29 ± 0.32[b]	32.94 ± 0.22[c]	16.02 ± 1.35[b]
0.7% xanthan gum	4.29 ± 0.36[cd]	10.47 ± 0.17[a]	36.47 ± 0.17[a]	17.90 ± 0.30[a]
0.7% pectin	3.30 ± 0.42[e]	10.14 ± 1.20[a]	33.39 ± 0.66[bc]	16.14 ± 0.80[b]

Remark 1. Mean ± SD within the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

2. Each experiment performed in duplicate, analyzed in triplicate.

3. Commercial chilli sauces had consistency of 7 cm /30 s.

4.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4-4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของซอสกระเจี๊ยบแดงเตรียมจากอัตราส่วนกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำเท่ากับ 1:5 และใช้ 0.3 % xanthan gum เป็นสารให้ความคงตัว

Table 4-4 Sensory evaluation of roselle sauces prepared from ratio of the residue to water of 1:5 and using 0.3 % xanthan gum as a stabilizer.

Sensory attributes	Mean scores of sensory evaluation	
	Autoclaved sauces	Colloidal mill sauces
Color	3.10 ± 0.99^{a}	3.70 ± 0.42^{a}
Odor	2.30 ± 0.82^{b}	3.50 ± 0.71^{a}
Appearance	2.20 ± 1.03^{b}	3.50 ± 0.52^{a}

Remark 1. Mean ± SD within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

2. Using 10 trained panelists.

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสกระเจี๊ยบแดง ที่ผลิตโดยใช้หม้อนึ่งภายใต้ความดัน เปรียบเทียบกับเครื่องคอลลอยด์มิลล์ ดังแสดงในตารางที่ 4-4 ซึ่งทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Scoring and Scaling คุณภาพทางประสาทสัมผัสประกอบด้วยคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และลักษณะปรากฏ โดยแต่ละคุณลักษณะมีการให้คะแนนความชอบ 4 ระดับ คือ คะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง, คะแนนเท่ากับ 2 หมายถึง พอใช้, คะแนนเท่ากับ 3 หมายถึง ดี และ คะแนนเท่ากับ 4 หมายถึง ดีมาก ซึ่งทำการประเมินโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 10 คน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าซอสที่ผลิตด้วยเครื่องคอลลอยด์มิลล์ จะได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะด้านสี มากกว่าซอสที่ผลิตโดยใช้หม้อนึ่งภายใต้ความดันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และซอสที่ผลิตด้วยเครื่องคอลลอยด์มิลล์ จะได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่น และ การยอมรับโดยรวมมากกว่าซอสที่ผลิตโดยใช้หม้อนึ่งภายใต้ความดัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่าซอสที่ผลิตด้วยเครื่องคอลลอยด์มิลล์ จะมีสีแดงกว่าซอสที่ผลิตโดยใช้หม้อนึ่งภายใต้ความดัน จึงทำให้ได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะด้านสีมากกว่า (3.70±0.42) ซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตโดยใช้หม้อนึ่งภายใต้ความดัน (3.10±0.99) เมื่อพิจารณาถึงลักษณะปรากฏของซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตโดยใช้เครื่องคอลลอยด์มิลล์ พบว่าจะมีลักษณะที่เป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าซอสที่ผลิตโดยใช้

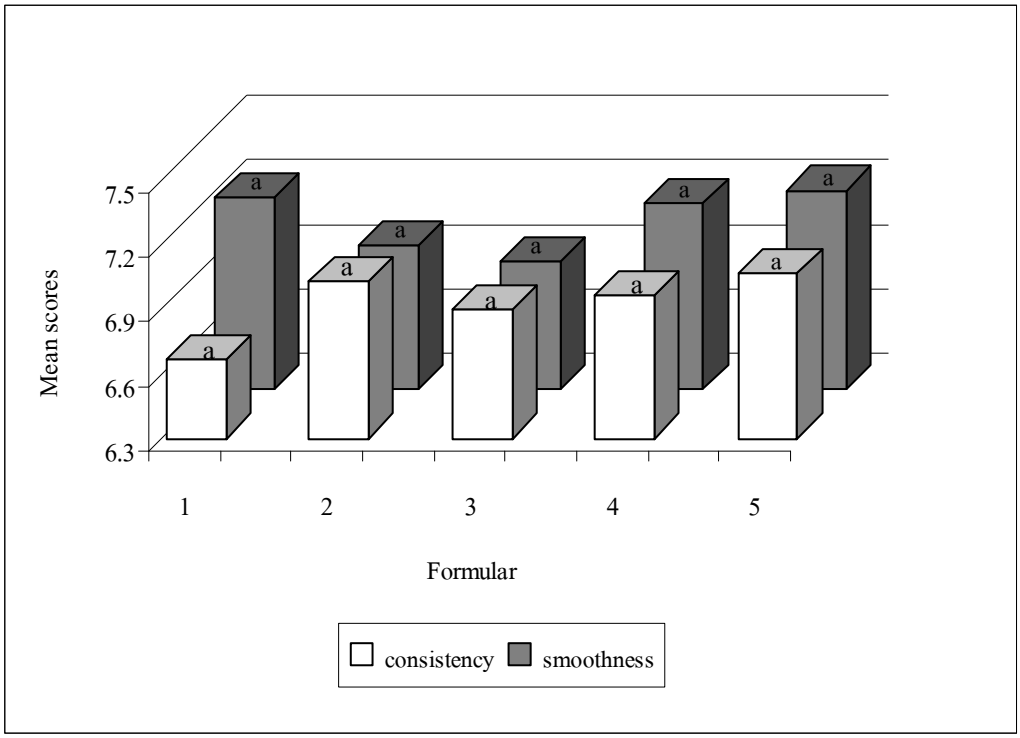
หม้อนึ่งภายใต้ความดัน จึงส่งผลให้ซอสที่ผลิตโดยใช้เครื่องคอลลอยด์มิลล์ได้รับคะแนนความเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏมากกว่า (3.50±0.52) ซอสที่ผลิตโดยใช้หม้อนึ่งภายใต้ความดัน (2.20±1.03)

จากการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความชอบ พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตโดยใช้เครื่องคอลลอยด์มิลล์ จะได้รับคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมากกว่ากว่าซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตโดยใช้หม้อนึ่งภายใต้ความดัน ดังนั้นจึงเลือกซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตโดยใช้เครื่องคอลลอยด์มิลล์ ไปใช้ในการศึกษาเพื่อปรับปรุงรสชาติต่อไป

4.3 การปรับปรุงรสชาติของซอสกระเจี๊ยบแดง

4.3.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสกระเจี๊ยบแดงทั้ง 5 สูตร (แสดงส่วนผสมในตารางที่ 4-1) โดยใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale ดังแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบในภาพที่ 4-3 ถึงภาพที่ 4-5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสประกอบด้วยคุณลักษณะด้านความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ซึ่งถูกประเมินโดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงทั้ง 5 สูตร ได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบในทุกคุณลักษณะที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อาจเนื่องจากการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงจะใช้กากกระเจี๊ยบแดงเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งกากกระเจี๊ยบแดงจะมีรสเปรี้ยวสูง ดังนั้นการเติมเกลือน้ำตาลทราย และน้ำส้มสายชูลงไปในส่วนผสม จึงส่งผลให้ซอสกระเจี๊ยบแดงยังคงมีรสเปรี้ยวเป็นหลัก ทำให้คะแนนเฉลี่ยความชอบที่ได้รับมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าสูตรที่ 5 ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุดในด้านความความข้นหนืด, ความเป็นเนื้อเดียวกัน, กลิ่น, รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ซึ่งได้รับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.23, 7.07, 6.67, 6.83 และ 7.20 ตามลำดับ โดยมีปริมาณเกลือเท่ากับ 1.43%, ปริมาณน้ำตาลทรายเท่ากับ 14.96% และปริมาณน้ำส้มสายชูเท่ากับ 4.10% เป็นส่วนผสมในการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดง อย่างไรก็ดีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับที่ได้โดยพิจารณาจากคุณลักษณะการยอมรับโดยรวม ที่ได้คะแนนการยอมรับสูงที่สุด พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงสูตรที่ 5 มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง งานวิจัยนี้จึงเลือกสูตรที่ 5 เป็นสูตรที่ดีที่สุด เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนการทดลองต่อไป

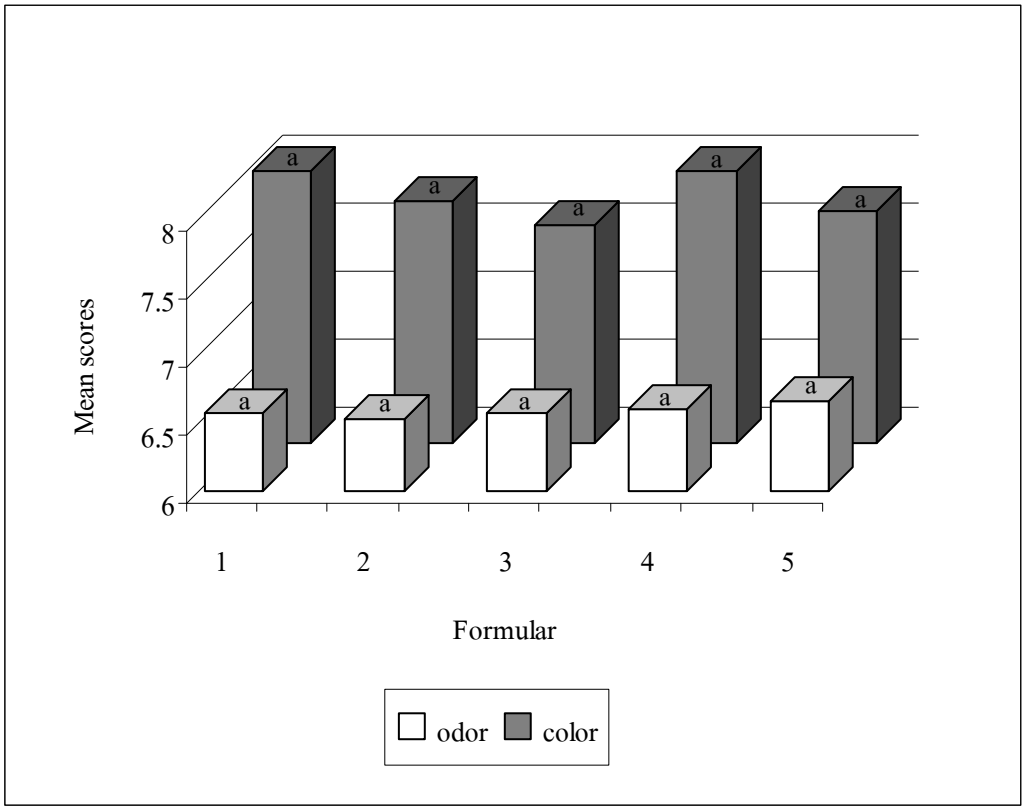


ภาพที่ 4-3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะด้านความข้นหนืดและความเป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยวิธี 9- Point Hedonic Scaleของซอสกระเจี๊ยบแดง

Figure 4-3 Sensory evaluation in consistency and smoothness attribute with 9-Point Hedonic Scale of roselle sauces.

Remark 1. Mean ± SD within the same color of bar with different letters are significantly different ($p<0.05$).

2. Using 30 panelists.

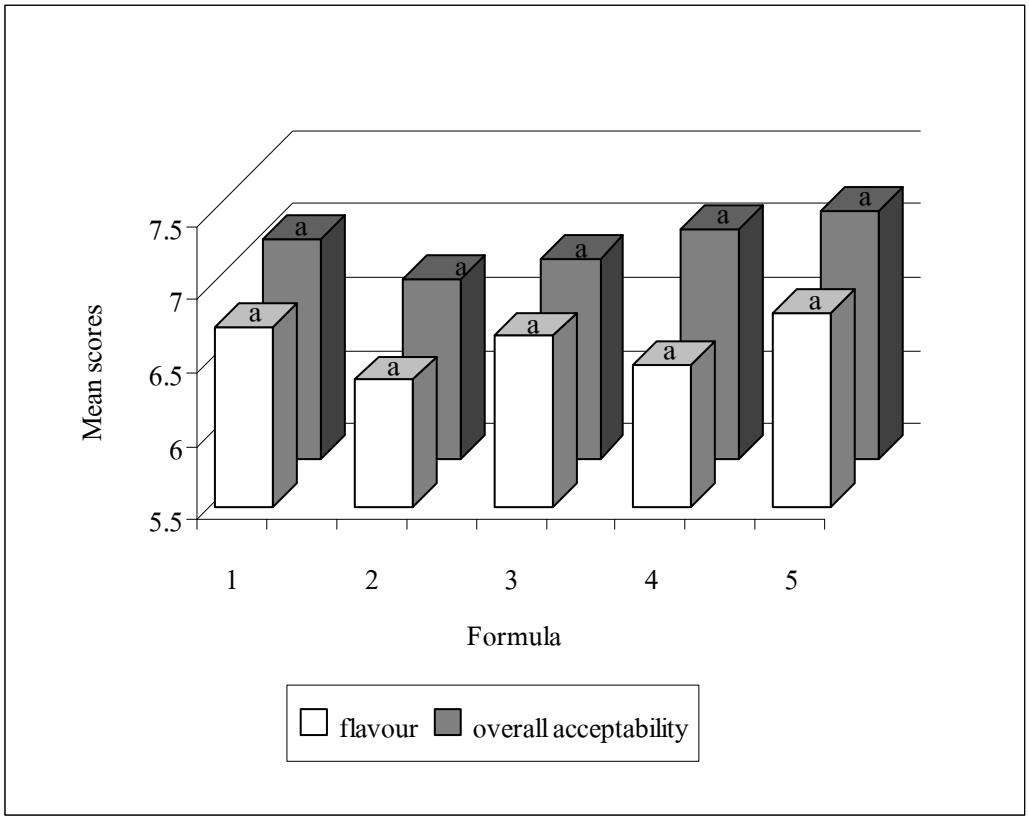


ภาพที่ 4-4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะด้านกลิ่นรสและสี ด้วยวิธี 9- Point Hedonic Scale ของซอสกระเจี๊ยบแดง

Figure 4-4 Sensory evaluation in odor and color attribute with 9-Point Hedonic Scale of roselle sauces.

Remark 1. Mean ± SD within the same color of bar with different letters are significantly different ($p<0.05$).

2. Using 30 panelists.



ภาพที่ 4-5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสคุณลักษณะด้านรสชาติและความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ของซอสกระเจี๊ยบแดง

Figure 4-5 Sensory evaluation in flavour and overall acceptability attribute with 9-Point Hedonic Scale of roselle sauces.

Remark 1. Mean ± SD within the same color of bar with different letters are significantly different ($p<0.05$).

2. Using 30 panelists.

4.4 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อ

4.4.1 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค

ตารางที่ 4-5 คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ ของซอสกระเจี๊ยบแดงก่อนการพาสเจอร์ไรซ์ (เตรียมจากอัตราส่วนกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำเท่ากับ 1:5 และใช้ 0.3 % xanthan gum เป็นสารให้ความคงตัว)

Table 4-5 Chemical and physical properties of roselle sauces before pasteurization (prepared formed roselle residue : water = 1:5 and 0.3% xanthan gum as stabilizer).

Chemical and physical properties	Values
Total soluble solid (º brix)	29.80 ± 0.00
pH	2.52 ± 0.12
*L**	9.93 ± 0.11
*a**	25.64 ± 0.16
*b**	11.28 ± 0.19
Consistency (cm/30s)	7.50 ± 0.22

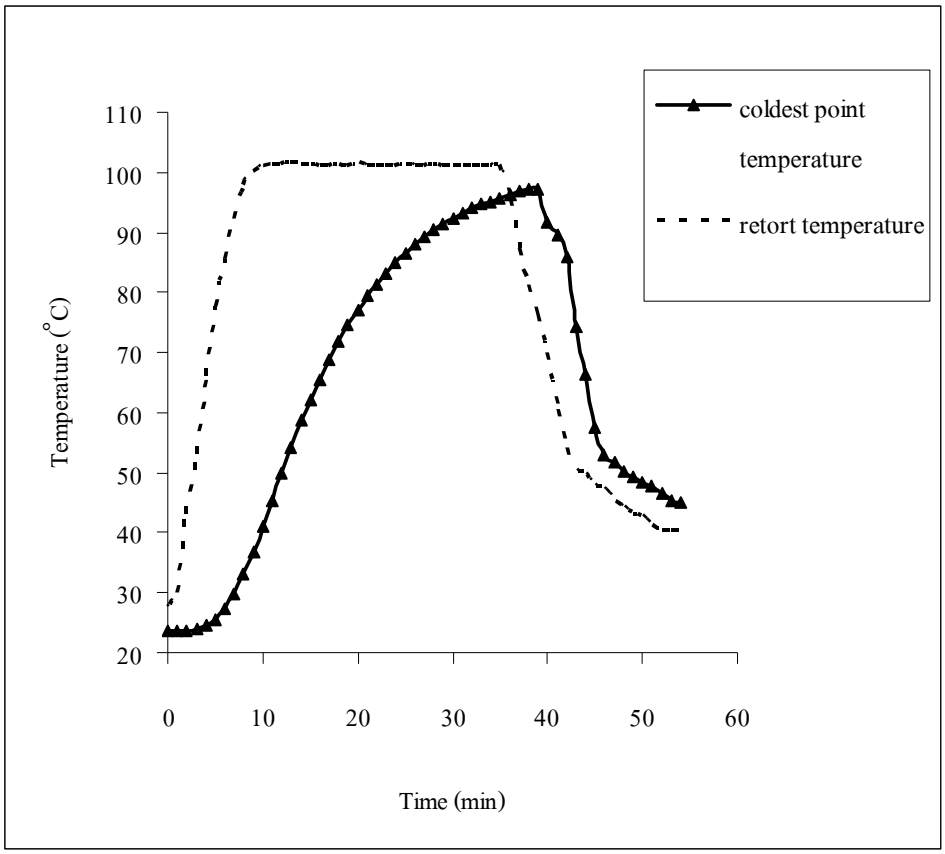
คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของซอสกระเจี๊ยบแดงก่อนการพาสเจอไรซ์ แสดงในตารางที่ 4-4 และผลของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม ในการกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบพาสเจอไรซ์ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค แสดงในตารางที่ 4-5 และกราฟแสดงการส่งผ่านความร้อนของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค แสดงในภาพที่ 4-6 พบว่าก่อนทำการพาสเจอไรซ์ ซอสกระเจี๊ยบแดงมีค่าพีเอชเท่ากับ 2.52 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 29.80 องศาบริกซ์ และค่าความหนืดเท่ากับ 7.50 ซม./30วินาที พบว่า การให้ความร้อนด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ steam water spray automated batch ที่อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อเท่ากับ 101 องศาเซลเซียส นาน 26 นาที เป็นสภาวะที่ทำให้ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วมีอุณหภูมิ ณ จุดร้อนช้าที่สุดเท่ากับ 85 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก, 2549) ซึ่งตามเกณฑ์การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (ค่าพีเอชน้อยกว่าหรือเท่ากับ4) อุณหภูมิ ณ จุดร้อนช้าที่สุดเท่ากับ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เป็นอุณหภูมิและระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารดังกล่าว (USFDA, 2001f) และเมื่อทำการวิเคราะห์ จุลินทรีย์ในซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วโดยทดสอบ sterility test ได้แก่

flat sour spoilage bacteria ในกลุ่ม mesophiles และ thermophiles, จุลินทรีย์ทั้งหมด, ยีสต์และรา, coliform bacteria, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ภายหลังการฆ่าเชื้อพบว่า ตรวจไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ประเภทก่อโรคในตัวอย่างซอสกระเจี๊ยบแดง ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซอส (มอก. 2520) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2549)

ตารางที่ 4-6 อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคความจุ 200 มล.

Table 4-6 Temperature and time for pasteurization of roselle sauces in 200 ml glass bottle.

Pasteurized condition	Values
Initial temperature(°C)	23.6
Come up time(min)	10
Processing temperature (retort, °C)	101
Processing time (retort, min)	26
Coldest point processing temperature(°C)	85
Coldest point processing time(min)	10
Cooling temperature(°C)	40-50
Bottle size (BG, ml)	200
Max. filling weight (g)	220
Net weight (g)	220
Sterility test	Negative
Total microbial count (cfu/g)	< 30
Yeast and mold (cfu/g)	< 30
Coliform (cfu/g)	Negative
Salmonella (cfu/g)	Negative
Staphylococcus aureus (cfu/g)	Negative



ภาพที่ 4-6 การส่งผ่านความร้อนของซอสกระเจี๊ยบบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคความจุ 200 มล.

Figure 4-6 Heat penetration curve of roselle sauces in 200 ml glass bottle.

4.4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการต้านอนุมูลอิสระของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคภายหลังการพาสเจอไรซ์

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการต้านอนุมูลอิสระของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค แสดงผลในตารางที่ 4-6 พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคหลังทำการพาสเจอไรส์ มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้, ค่าพีเอช และค่าความหนืดเท่ากับ 31.50 องศาบริกซ์, 2.50 และ 7.12 ซม./30วินาที ตามลำดับ ค่าสี L^*, a^* และ b^* เท่ากับ 5.33, 15.34 และ 6.35 ตามลำดับ พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงภายหลังการฆ่าเชื้อจะมีค่าสีเปลี่ยนไป โดยที่ซอสกระเจี๊ยบแดงก่อนทำการพาสเจอไรส์มีค่าสี L^*, a^* และ b^* เท่ากับ 9.93, 25.64 และ 11.28 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Lee และ Coates (1999) ที่รายงานว่า น้ำอุ่นแดงก่อนทำการพาสเจอไรซ์ มีค่าสี L^*, a^* และ b^* เท่ากับ 39.01, 0.46 และ 4.04 ตามลำดับ และน้ำอุ่นแดงหลังทำการพาสเจอไรซ์ มีค่าสี L^*, a^* และ b^* เท่ากับ 39.50, 0.28 และ

6.73 ตามลำดับ ซึ่งความร้อนในกระบวนการพาสเจอไรซ์ทำให้น้ำองุ่นมีสีแดงลดลง นอกจากนี้จากตารางที่ 4-6 ยังพบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงที่ได้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 0.90 มก./ก. และมีค่า EC_{50} เท่ากับ 3,123.32 ไมโครกรัม/มล.

ตารางที่ 4-7 คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการต้านอนุมูลอิสระของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคหลังการพาสเจอไรซ์ (0-6 เดือน)

Table 4-7 Chemical physical and antioxidant properties of roselle sauces in bottle after pasteurization processing (0-6 months).

Antioxidant properties	Values
Total soluble solid (º brix)	31.50 ± 0.02
pH	2.50 ± 0.02
*L**	5.33 ± 0.10
*a**	15.34 ± 0.10
*b**	6.35 ± 0.26
Consistency (cm/30s)	7.12 ± 0.14
Total phenolic (mg/g, gallic acid)	0.90 ± 0.15
EC_{50} (µg/ml)	3,123.32 ± 4.50

EC_{50} : the amount of sample needed for 50% decrease of the initial DPPH concentration (µg of sauces/ml of solvent).

4.4.3 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างอุณหภูมิและเวลา ในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง

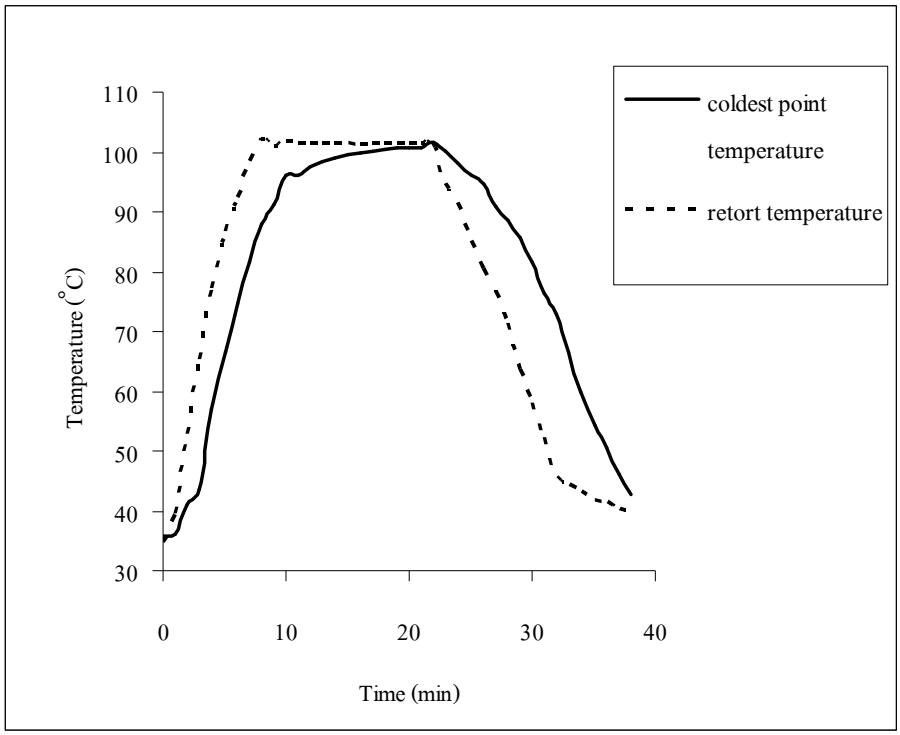
คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ของซอสกระเจี๊ยบแดงก่อนการพาสเจอไรซ์ แสดงในตารางที่ 4-5 และผลของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม ในการกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบพาสเจอไรซ์ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง แสดงในตารางที่ 4-8 และกราฟแสดงการส่งผ่านความร้อนของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง แสดงในภาพที่ 4-7 พบว่าก่อนทำการพาสเจอไรซ์ซอสกระเจี๊ยบแดงมีค่าพีเอชเท่ากับ 2.52 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 29.80 องศาบริกซ์ และค่าความหนืดเท่ากับ 7.50 ซม./30วินาที พบว่า การให้ความร้อนด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ steam water spray automated batch ที่อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อเท่ากับ 101 องศาเซลเซียส นาน 13 นาที เป็นสภาวะที่ทำให้ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง มี

อุณหภูมิ ณ จุดร้อนช้าที่สุดเท่ากับ 85 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก, 2549) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (ค่าพีเอชน้อยกว่าหรือเท่ากับ4) ที่ต้องใช้อุณหภูมิ ณ จุดร้อนช้าที่สุดเท่ากับ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที สำหรับการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารดังกล่าว (USFDA, 2001f) และเมื่อทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงโดยทดสอบ sterility test ได้แก่ flat sour spoilage bacteriaในกลุ่ม mesophiles และ thermophiles, จุลินทรีย์ทั้งหมด, ยีสต์และรา, coliform bacteria, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ภายหลังการฆ่าเชื้อพบว่า ตัวอย่างซอสกระเจี๊ยบแดงตรวจไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ประเภทก่อโรค ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซอส (มอก. 2520) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2549)

ตารางที่ 4-8 อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงความจุ 100 ก.

Table 4-8 Temperature and time for pasteurization of roselle sauces in 100 g pouch.

Pasteurized condition	Values
Initial temperature(°C)	35.7
Come up time(min)	10
Processing temperature (retort,°C)	101
Processing time (retort, min)	13
Coldest point processing temperature(°C)	85
Coldest point processing time(min)	10
Cooling temperature(°C)	40-50
Pouch size (cm)	10x16
Max. filling weight (g)	100
Net weight (g)	85
Sterility test	Negative
Total microbial count (cfu/g)	< 30
Yeast and mold (cfu/g)	< 30
Coliform (cfu/g)	Negative
Salmonella (cfu/g)	Negative
Staphylococcus aureus (cfu/g)	Negative



ภาพที่ 4-7 การส่งผ่านความร้อนของซอสกระเจี๊ยบบรรจุถุงทนความร้อนสูงความจุ 100 ก.

Figure 4-7 Heat penetration curve of roselle sauces in 100 g pouch.

4.4.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการต้านอนุมูลอิสระของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงหลังการพาสเจอไรซ์

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการต้านอนุมูลอิสระของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงภายหลังการพาสเจอไรซ์ แสดงในตารางที่ 4-9 พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้, ค่าพีเอช และค่าความหนืด เท่ากับ 30.50 องศาบริกซ์, 2.50 และ 7.12 ซม./30วินาที ตามลำดับ ค่าสี L^*, a^* และ b^* เท่ากับ 5.17, 14.93 และ 6.32 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคภายหลังการพาสเจอไรซ์ (แสดงผลการทดลองในตารางที่ 4-7) นอกจากนี้ยังพบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงที่ได้ มีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 2.01 มก./ก. ค่า EC_{50} เท่ากับ 2,502.80 ไมโครกรัม/มล. ซึ่งซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลมากกว่า และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่า ซอสกระเจี๊ยบแดงที่บรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค ซึ่งวิไล รังสาดทอง (2545) รายงานว่าอาหารที่บรรจุในถุงทนความร้อนสูง จะได้รับความร้อนเร็วกว่าอาหารที่บรรจุในวัสดุอื่นๆ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์มีหน้าตัดบางกว่า ทำให้ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อน้อยกว่า และยังป้องกันผิวหน้าของอาหารไม่ให้ได้รับความร้อนมากเกินไป นอกจากนี้

Hamama และ Nawar (1991 อ้างโดย อนุพงศ์ ศิริเมืองมูล, 2548) รายงานว่า ระยะเวลาในการพาสเจอไรซ์ที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และแอนโทไซยานิน มีปริมาณลดลง จึงทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลง จากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นสาเหตุให้ซอสกระเจี๊ยบแดงที่บรรจุถุงทนความร้อนสูงที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ มีค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลมากกว่า และมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่า ซอสกระเจี๊ยบแดงที่บรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ ทั้งนี้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในซอสกระเจี๊ยบแดง อาจมาจากส่วนผสมอื่นๆที่ใช้ในการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดง ได้แก่ กระเทียม และพริกชี้ฟ้า เป็นต้น (Kogure *et al*., 2002; Nuutila *et al*., 2003)

ตารางที่ 4-9 คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการต้านอนุมูลอิสระของซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงหลังการพาสเจอไรซ์ (0-6 เดือน)

Table 4-9 Chemical physical and antioxidant properties of roselle sauces in pouch after pasteurization processing (0-6 months).

Antioxidant properties	Values
Total soluble solid (º brix)	30.50 ± 0.06
pH	2.59 ± 0.02
*L**	5.17 ± 0.12
*a**	14.93 ± 0.11
*b**	6.32 ± 0.19
Consistency (cm/30s)	7.16 ± 0.14
Total phenolic (mg/g, gallic acid)	2.01± 0.36
EC_{50} (µg/ml)	2,502.80 ± 5.60

EC_{50} : the amount of sample needed for 50% decrease of the initial DPPH concentration (µg of sauces/ml of solvent).

4.5 การคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคขนาดบรรจุ 200 ก. และผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง ขนาดบรรจุ 85 ก.

จากการประเมินต้นทุนการผลิต (ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ) พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค และผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง พบว่ามีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 12.71 และ 20.30 บาท/หน่วยบรรจุภัณฑ์ ตามลำดับ

5. สรุป

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเพียวเร่กระเจี๊ยบแดง คือ ใช้อัตราส่วนของกากกระเจี๊ยบแดงต่อน้ำเท่ากับ 1:5, ระยะเวลาที่ใช้ในการนึ่งภายใต้ความดันเท่ากับ 10 นาที และใช้แซนแทนกัม ที่ระดับความเข้มข้น 0.3% เป็นสารให้ความคงตัว และพบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตจากเครื่องคอลลอยด์มิลล์ จะได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และลักษณะปรากฏ มากกว่าซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตจากหม้อนึ่งภายใต้ความดัน จากการปรับปรุงรสชาติของซอสกระเจี๊ยบแดง พบว่าซอสกระเจี๊ยบแดงสูตรที่ 5 โดยมีเกลือ 1.43%, น้ำตาลทราย 14.96% และน้ำส้มสายชู 4.10% เป็นส่วนผสมในการผลิต จะได้คะแนนเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะด้านความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม สูงที่สุด

จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมระหว่างอุณหภูมิและเวลา ที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค (200 ก.) และซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง (85 ก.) ก่อนทำการพาสเจอไรซ์ซอสกระเจี๊ยบแดงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 29.80 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเท่ากับ 2.52 มีค่าสี L^*, a^* และ b^* เท่ากับ 9.93, 25.64 และ 11.28 และมีค่าความหนืดเท่ากับ 7.50 ซม./30วินาที ตามลำดับ พบว่าการให้ความร้อนด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ steam water spray automated batch ที่อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อเท่ากับ 101 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 และ 13 นาที เป็นสภาวะที่ทำให้ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้ว และซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง มีอุณหภูมิ ณ จุดร้อนช้าที่สุดเท่ากับ 85 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และเมื่อทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงโดยทดสอบ sterility test ได้แก่ flat sour spoilage bacteria ในกลุ่ม Mesophiles และ Thermophiles, จุลินทรีย์ทั้งหมด, ยีสต์และรา, coliform bacteria, *Salmonella* และ *Staphylococcus aureus* ภายหลังการฆ่าเชื้อพบว่า ตรวจไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ประเภทก่อโรค ในผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อค และผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูง ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซอส (มอก. 2520) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องมาตรฐานอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2549) นอกจากนี้ยัง

พบว่า ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุขวดแก้วฝาเกลียวล็อคที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ซึ่งจะให้ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 0.90±0.15 มก./ก. และค่า EC_{50} เท่ากับ 3,123.32±4.50 ไมโครกรัม/มล. ขณะที่ซอสกระเจี๊ยบแดงบรรจุถุงทนความร้อนสูงที่ผ่านการฆ่าเชื้อจะให้ค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 2.01±0.36 มก./ก. และค่า EC_{50} เท่ากับ 2,502.80±5.60 ไมโครกรัม/มล. ตามลำดับ

6. เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ วัฒนโยธิน. 2544. ซอสพริกไทยผลิตภัณฑ์ใหม่ของเครื่องปรุงรส. กสิกร 74 : 60-62.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2545. ภาชนะบรรจุ. อุตสาหกรรมสาร 45 : 39-51.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนซอสมะม่วง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2540. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร, ธนวรรณ บุญปั้น และ ช่อลัดดา เที่ยงพุก. 2542. การศึกษากรรมวิธีการผลิตซอสกล้วย. อาหาร 29 : 167-179.

ดวงรัตน์ เชี่ยวชาญวิทย์. 2544. กระเทียม. ชีวจิต 55 : 74-75.

นันทวัน บุณยะประภัศร และ อรนุช โชคชัยเจริญพร. 2541. สมุนไพรไม้พื้นบ้าน.คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพมหานคร.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.

บุญเทียม ดิษฐ์แย้ม. 2517. กระเจี๊ยบแดง. กสิกร 47 : 200-204.

บุษราคัม อุดมศักดิ์, ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล และสุณีรัตน์ สีมะเดื่อ. 2547. คัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียสกุล *Xanthomonas* ที่มีประสิทธิภาพสูงในการสร้างแซนแทนกัม กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรุงเทพมหานคร.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. ภาชนะบรรจุอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพมหานคร.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ฉบับที่ 301 (ออนไลน์). 2549. สืบค้นจาก : http//www.fda.moph.go.th/fdanet/html (13 ธันวาคม 2549)

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส. พิมพ์ครั้งที่ 1 คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

มอก. 2520. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซอส (มอก. 306) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับบลิเคชัน. กรุงเทพมหานคร.

วรนงค์ ทองสมบัติ. 2548. การผลิตใยอาหารและน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมใยอาหารจากผลฝรั่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพมหานคร.

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก. 2549. รายงานการศึกษาการส่งผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบ. ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 25 มิถุนายน 2549. 6 หน้า.

สุเมธ ตันตระเธียร. 2536. น้ำส้มสายชู (vinegar). ว. วิทยาศาสตร์ 47 : 79-84.

สิรินทร์ ขันตี. 2540. การผลิตมังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุภางค์ เรืองฉาย. 2548. ลักษณะทางคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อซอสพริกผสม. ว.วิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 25 : 132-150.

อนุพงศ์ ศิริเมืองมูล, ฤดีวรรณ สุขใจ, นภาพร ศิระวัฒนาวงศ์ และวชิระ จิระรัตนรังษี. 2548. ผลของการแปรรูปโดยการใช้ความร้อนต่อคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมะเกี๋ยง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Alexandra, A. and Eadrie, N. 2004. Effects of brining and incorporating papaya on physicochemical and sensory characteristic of low sodium carambola (*Averrhoa carambola* L.) hot sauces. Ph.D. Dissertation. University of the West Indies.

Gibinsiki, M., Kowalski, S., Sady, M., Krawontka, H., Tomasik, P. and Sikora, M. 2006. Thickening of sweet and sour sauces with various polysaccharide combination. J. Food Eng. 75 : 404-414.

Gama, J.J.T. and Sylos, C.M.D. 2007. Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of brazilian Valencia orange juice. Food Chem. 100 : 1686-1690.

Hare, L.B. 1974. Mixture designed applied to food formulation. J. Food Technol. 28 : 50-56.

Heureux-Calic, F.D. and Badrie, N. 2004. Consumer acceptance and physicochemical quality of processed red sorrel/roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) sauces from enzymatic extracted calyces. Food Service Technol. 4 : 141-148.

Hubbermann, E.V., Heins, A.., Stockmann, H. and Schwars, K. 2006. Influent of acids, salt, sugars and hydrocolloids on the colour stability of anthocyanin rich black currant and elderberry concentrates. Eur. Food Res. Technol. 223 : 83-90.

Jay, J.M. (1997). Modern Food Microbiology. International Thomson Publishing. Las Vegus.

Ketzbauer, B.1998. Properties and application of xanthan gum. Polym. Degrad. Stabil. 59 : 81-84.

Kogure, K., Goto, S., Nishimura, M., Yasumoto, M., Abe, K., Ohiwa, C., Sassa, H., Kusumi, T. and Terada, H. 2002. Mechanism of potent antiperoxidative effect of capsaicin. Biochem. Biophys. Acta. 1573 : 84-92.

Lee, H.S. and Coates, G.A. 2003. Thermal pasteurization effects on color of red grapefruit juices. J. Food Sci. 64 : 663-666.

Lee, H.S. and Coates, G.A. 2003. Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. Lebnsm. - Wiss. Technol. 36 : 153-156.

Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. and VanBeek, T.A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medical and aromatic plant extracts. Food Chem. 85 : 231-237.

Meshabi, G., Jamalian, J. and Farahnaky, A. 2005. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. Food Hydrocolloid. 19 : 731-738.

Nath, N. and Ranganna, S. 1981. Determination of thermal process schedule for acidified papaya. J. Food Sci. 46 : 201-211.

Nuutila, A.N., Puupponen-Pimia, R., Aarni, M. and Oksman-Caldentey, K.M. 2003. Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. Food Chem. 81: 485-493.

Onweluzo, J.C., Vijayalakshmi, M.R., Vijayanand, P. and Eipeson, W. E. 1999. Detarium microcarpum polysaccharide as a stabilizer in processed fruit products. Lebnsm. - Wiss. Technol. 32 : 521-526.

Siegmund, B., Derler, K. and Pfannhauser, W. 2004. Chemical and sensory effects of glass and laminated carton packages on fruit juice products-still a controversial topic. Lebnsm. - Wiss. Technol. 37 : 481-488.

Supavita, T., Pinsuwan, S., Ungphaiboon, S., Kummee, S., Sirichote, A., Ratanasuwan, P. and Itharat, A. 2004. Antimicrobial Activity of *Hibiscus sabdariffa. In* The 10th World Congress on Clinical Nutrition. Phuket Thailand. November 30-December 2004. p. 189.

Sanchez-Moreno, C., Plaza, L., Ancos, B.D. and Cano, M.P. 2006. Impact of high-pressure and traditional thermal processing of tomato puree on carotnods, vitamin C and antioxidant activity. J. Sci. Food Agric. 86 : 171-179.

Tee, P.L., Yusoft, S. and Mohamed, S. 2002. Antioxidant properties of Roselle(*Hibiscus sabdariifa* L.) in linoleic acid system. J. Nutr. Food Sci. 32 : 17-20.

Tsai, P.J. and Huang, H.P. 2004. Effect of polymerization on the anitioxidant capacity of anthocyanin in Roselle. Food Res. Int. 37 : 313-318.

Umme, A., Bambang, S.S., Salmah, Y. and Jamilah, B. 2001. Effect of pasteurization on sensory quality of natural soursop puree under different storage conditions. Food Chem. 75 : 293-301.

USFDA. 2001a. Examination of Canned Food *In* Bacteriological Analytical Manual (Online). Available http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-21a.html (24 August 2006.)

USFDA. 2001b. Aerobic Plate Count *In* Bacteriological Analytical Manual (Online). Available http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-3.html (24 August 2006)

USFDA. 2001c. Yeasts molds and Mycotoxins *In* Bacteriological Analytical Manual (Online). Available http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-18.html (24 August 2006)

USFDA. 2001d. Salmonella *In* Bacteriological Analytical Manual (Online). Available http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-5.html (24 August 2006)

USFDA. 2001e. Staphylococcus aureus *In* Bacteriological Analytical Manual (Online). Available http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-12.html (24 August 2006)

USFDA. 2001f. Introduction of pathogens after pasteurization and specialized cooking processes (Online). Available http://www.cfsan.fda.gov/~comm/haccp4r.html (20 February 2006)

USFDA. 2002. Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria *In* Bacteriological Analytical Manual (Online). Available http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-4.html (6 April 2005)

USFDA. 2003. Approximate pH of foods and food products (Online). Available http://www.cfsan.fda.gov/~comm/lacf-phs.html (24 August 2006)

Vasquez-Caicedo, A.L., Schilling, S., Carle, R. and Neidhart, S. 2007. Effect of thermal processing and fruit matrix on ß-carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into puree and nectar. 2007. Food Chem. 102 : 1172-1186.