

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิจัยประเภทการพัฒนาทดลอง (experimental development) เพื่อศึกษากระบวนการหมักน้ำส้มสายชูด้วยเทคนิคการหมักน้ำส้มสายชูแบบถาด (rapid-tray-culture method) ใช้กล้วยน้ำว้าสุกเป็นวัตถุดิบแล้ว นำน้ำส้มสายชูที่ได้ไปเป็นส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดและแซนวิชสเปรด ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเอกสารงานวิจัย ตำรา และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการวิจัย ตามลำดับหัวข้อต่อดังต่อไปนี้

1. กล้วยน้ำว้า
2. น้ำส้มสายชูหมัก
3. น้ำสลัดและแซนวิชสเปรด
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. กล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L.) เป็นพืชล้มลุกในสกุล *Musa* วงศ์ *Musaceae* มีลำต้นอยู่ใต้ดิน เรียกว่า เหง้า (rhizome) และมีตา (bud) ที่จะเจริญเป็นหน่อ หรือลำต้นส่วนที่พ้นพื้นดิน (ลำต้นเทียม) ที่เกิดจากกาบใบหุ้มซ้อนกันแน่น กาบด้านนอกมีสีเขียวอ่อน และมีสีดำประปรายอยู่ทั่วไป กาบใบจะชูก้านใบ ใบกล้วยมีลักษณะเป็นแผ่นใบขนาดใหญ่ ปลายใบมน กว้างประมาณ 70-90 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1.7-2.5 เมตร กล้วยออกดอกเป็นช่อแดงอมม่วง เรียกว่า ปลี มีกาบหุ้มดอกเป็นกลีบประดับ เมื่อติดผลจะเรียกว่า เครือ ช่อย่อยเรียกว่า หวี เครือหนึ่งมี 7-10 หวี หนึ่งหวีมีผลกล้วย 10-16 ผล ผลมีลักษณะกลมยาว กว้าง 3-4 เซนติเมตร มีเหลี่ยม ก้านผลยาว เมื่อสุกเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อสีขาวครีม รสหวาน แขนกลางหรือไส้กลางมีสีเหลืองชมพู หรือขาว ซึ่งทำให้แบ่งกล้วยน้ำว้าออกได้เป็น กล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง และกล้วยน้ำว้าขาว (เบญจมาศ ศิลัยย่อย, 2545; มูลนิธิโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, ม.ป.ป.: เว็บไซต์)

ระยะการสุกของกล้วยสามารถแบ่งตามสีเปลือกของกล้วย ดังนี้ (CSIRO, 1972 อ้างถึงใน อัครเดช ไหมนา, 2551)

ระยะที่ 1 เปลือกมีสีเขียว ผลแข็ง ปอกเปลือกยาก เนื้อกล้วยมีสีขาว ไม่มีการสุกและไม่มีการเปลี่ยนสีกล้วย

ระยะที่ 2 เปลือกมีสีเขียว และมีสีเหลืองปนเล็กน้อย ผลแข็ง ปอกเปลือกยาก เนื้อกล้วยจะมีสีขาว และไม่มีการเปลี่ยนสีกล้วย

ระยะที่ 3 เปลือกมีเขียวมากกว่าสีเหลือง เนื้อนิ่ม เนื้อกล้วยยังเป็นสีขาวและไม่มีการเปลี่ยนสีกล้วย

ระยะที่ 4 เปลือกมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว เนื้อกล้วยนิ่ม เริ่มจะสามารถปอกเปลือกได้ง่าย เนื้อกล้วยมีสีเหลืองอ่อนแต่ยังไม่มีการสุก และไม่มีการเปลี่ยนสีกล้วย

ระยะที่ 5 เปลือกมีสีเหลืองแต่ปลายยังเป็นสีเขียว และเริ่มมีการเปลี่ยนสีกล้วย

ระยะที่ 6 เปลือกมีสีเหลืองทั้งผล ผลกล้วยมีเนื้อแน่น

ระยะที่ 7 เปลือกมีสีเหลือง และเริ่มมีจุดน้ำตาลเกิดขึ้น เนื้อกล้วยอ่อนตัวลง สุกเต็มที่ และมีกลิ่นหอม  
ระยะที่ 8 เปลือกมีสีเหลืองและมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น กล้วยสุกมากเกินไป เนื้อเริ่มอ่อนตัวมาก และมี  
กลิ่นกล้วยแรง

กล้วยน้ำว้าจัดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศไทย เนื่องจากเป็นผลไม้ที่ให้ผลผลิตจำนวนมากตลอดทั้งปี เพาะปลูกได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ทั้งปลูกเพื่อรับประทานในครัวเรือนและปลูกเป็นสวนเพื่อการค้า มีการขายกล้วยน้ำว้าในรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในประเทศไทย การบริโภคกล้วยน้ำว้าส่วนใหญ่เป็นแบบบริโภคผลสด แต่ก็มีผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกล้วยน้ำว้า การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น กล้วยตาก กล้วยกวน กล้วยทอด กล้วยฉาบ เป็นต้น สำหรับการส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น กล้วยกระป๋องในน้ำเชื่อม กล้วยบวชชี กล้วยผสมกับผลไม้อื่น ๆ หรือที่เรียกว่า ฟรุตสลัด

การบริโภคกล้วยสดนิยมบริโภคผลกล้วยที่สุกเต็มที่ โดยกล้วยจัดเป็นผลไม้ที่บ่มสุกได้ (Climacteric fruit) เกษตรกรนิยมเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้าเมื่อผลแก่จัด ซึ่งสังเกตจากเหลืองกล้วยจะหายไป ผลอวบกลมมากขึ้น แต่เปลือกยังคงเป็นสีเขียวอยู่ แล้วนำมาบ่ม เปลือกกล้วยจะเริ่มมีสีเหลืองหลังจากถึงจุดที่มีการหายใจสูงสุด (climacteric peak) การเปลี่ยนสีเมื่อกล้วยสุก คลอโรฟิลล์ในเปลือกกล้วยจะสลายตัว ทำให้สีเหลืองของแคโรทีนอยด์ปรากฏให้เห็น กล้วยจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเซลล์ โดยกล้วยที่ผลแก่จัดเต็มที่จะมีรสหวานกว่ากล้วยที่ยังไม่แก่เต็มที่ เพราะมีการเปลี่ยนสสารเป็นน้ำตาลมากขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลมากขึ้น เหมาะสมต่อการบริโภค (สายชล เกตุษา, 2528) ทั้งนี้ ปริมาณคุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้าสุกในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณคุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้าสุกในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณคุณค่าทางอาหาร
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	122
โปรตีน (กรัม)	1.2
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	26.1
ไขมัน (กรัม)	0.3
วิตามินเอ (หน่วยสากล, IU)	37.5
วิตามินบีหนึ่ง (มิลลิกรัม)	0.03
วิตามินบีสอง (มิลลิกรัม)	0.04
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	14
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	12
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	32
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.8

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย (2530)

กล้วยน้ำว้าระยะสุกงอม ราคาผลสดมักถูกลง เมื่อทิ้งไว้นานก่อให้เกิดการเน่าเสีย เสียมูลค่า ส่วนใหญ่มักนำไปแปรรูปเป็นกล้วยตาก หรือกล้วยกวน เนื่องจากผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าแปรรูป ประเภทอื่น ๆ จะต้องใช้ กล้วยที่สุกน้อยกว่านี้ มีงานวิจัยการนำกล้วยน้ำว้าสุกงอมมาแปรรูปเป็น ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ซอส ไวน์ น้ำส้มสายชูหมัก เป็นต้น

ปัจจุบัน พบการนำกล้วยน้ำว้ามาหมักเป็นน้ำส้มสายชู เช่น โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศรได้แนะนำวิธีการหมักน้ำส้มสายชูจากเนื้อกล้วยน้ำว้าสุก (ช่วยคิดช่วยทำ, 2556: เว็บไซต์) และ เว็บไซต์ไทยเกษตรศาสตร์ได้แนะนำวิธีการหมักน้ำส้มสายชูจากเปลือกกล้วย เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์ จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (ไทยเกษตรศาสตร์, 2554: เว็บไซต์)

## 2. น้ำส้มสายชูหมัก

น้ำส้มสายชู (vinegar) เป็นเครื่องปรุงรสอาหารที่ใช้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นที่รู้จักกัน มาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยแรกเริ่มพบว่าเป็นลักษณะการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ประเภทไวน์ คือไวน์มี รสเปรี้ยว เนื่องจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Acetobacter* ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก (acetic acid) ในสภาพที่มีออกซิเจน ดังนั้น จึงเรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่า vinaigre ซึ่งเป็นภาษาฝรั่งเศสที่หมายถึงไวน์เปรี้ยว (sour wine) โดยคำว่า vin แปลว่าไวน์ และ aigre แปลว่าเปรี้ยว (ดุชนี ธนะบริพัตน์, 2546)

### 2.1 ประเภทของน้ำส้มสายชู

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู แบ่ง น้ำส้มสายชูออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

(1) น้ำส้มสายชูหมัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำธัญพืช ผลไม้ หรือน้ำตาลมาหมักเพื่อ เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยใช้ยีสต์ แล้วนำไปหมักต่อด้วยเชื้อน้ำส้มสายชูเพื่อเปลี่ยน แอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูหมักตามกรรมวิธีธรรมชาติจะได้น้ำส้มสายชูที่มีกลิ่น หอมและรสชาติดี กลิ่นหอมของน้ำส้มสายชูหมักได้จากสารบางชนิดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก น้ำส้มสายชูหมักส่วนใหญ่จะมีสีเหลืองอ่อน หรือสีตามธรรมชาติของวัตถุดิบที่ใช้หมัก มีรสหวานของ น้ำตาลที่หมักไม่หมด ความแตกต่างในด้านกลิ่นรสขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก และกลิ่น รสจะดียิ่งขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน ๆ น้ำส้มสายชูหมักมักมีตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

(2) น้ำส้มสายชูกลั่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์กลั่นเจือจาง มาหมักกับ เชื้อน้ำส้มสายชูโดยมีการเติมแร่ธาตุและอาหารเสริมที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อน้ำส้มสายชู นอกจากกรรมวิธีนี้ น้ำส้มสายชูกลั่นยังได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่นอีกครั้งหนึ่ง ทำให้น้ำ ส้มสายชูกลั่นที่ได้มีลักษณะใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน และขาดกลิ่นรสบางอย่างที่พบในน้ำส้มสายชู หมัก

(3) น้ำส้มสายชูเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากรดอะซิติก (กรดน้ำส้ม) ที่ได้จาก สังเคราะห์ขึ้นทางเคมี มาเจือจางให้มีความเปรี้ยวเหมือนน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น โดย กรดน้ำส้มที่นำมาเจือจางจะต้องมีความบริสุทธิ์สูงเหมาะสมที่จะนำมาเป็นอาหารได้ และน้ำที่ใช้เจือ จางต้องเหมาะสมที่จะใช้ดื่มได้ น้ำส้มสายชูเทียมจะมีลักษณะใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฯ กำหนดมาตรฐานของปริมาณกรดน้ำส้มในน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น ให้มีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4% และสำหรับน้ำส้มสายชูเทียมให้มีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4% แต่ไม่เกิน 7% รวมถึงกำหนดให้ตรวจพบสารปนเปื้อนต่าง ๆ ได้แก่ สารหนู ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และเหล็ก ได้ไม่เกินปริมาณที่กำหนดตามมาตรฐาน และต้องไม่พบกรดกำมะถัน หรือกรดแอสซอร์อย่างอื่น เป็นต้น

## 2.2 กระบวนการหมักน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมัก 2 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนแรกเป็นการหมักน้ำตาล ( $C_6H_{12}O_6$ ) ให้กลายเป็นเอธิลแอลกอฮอล์ ( $C_2H_5OH$ ) โดยใช้ยีสต์ในสกุล *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งเป็นกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน จากนั้น ในขั้นตอนที่สองเอธิลแอลกอฮอล์จะถูกหมักต่อให้เป็นกรดน้ำส้ม หรือกรดอะซิติก (acetic acid;  $CH_3COOH$ ) โดยแบคทีเรียผลิตกรดน้ำส้มสายชู (acetic acid bacteria) ในสภาพที่มีออกซิเจน

ในระหว่างกระบวนการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ สภาพแวดล้อมต่อการเจริญของยีสต์ อัตราการหมักแอลกอฮอล์ และผลผลิตที่ได้จากการหมัก ได้แก่ อุณหภูมิในการหมัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของน้ำตาล และแหล่งไนโตรเจน ดังต่อไปนี้ (ปิยะรัชช กุลเมธี, ม.ป.ป.: เวิร์บไซต์)

(1) อุณหภูมิในการหมักมีผลต่อการเจริญของยีสต์ โดยยีสต์ที่มีสายพันธุ์แตกต่างกันตอบสนองต่ออุณหภูมิในการหมักแตกต่างกัน โดยทั่วไป อุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักแอลกอฮอล์คือ 18-20 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ในระหว่างการหมักจะมีพลังงานความร้อนเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการหมัก ซึ่งอุณหภูมิที่สูงมากเกินไปจะชะลอการเจริญของยีสต์ ทำให้อัตราการผลิตแอลกอฮอล์ต่ำกว่าที่อุณหภูมิการหมักปกติ แต่การหมักที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้การผลิตแอลกอฮอล์ลดลง และมีการผลิตสารเอสเทอร์ ได้แก่ isoamyl acetate, isobutyl acetate และ ethyl acetate ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสมากขึ้น ซึ่งอาจเหมาะกับการผลิตไวน์บางชนิด แต่ไม่จำเป็นต่อการหมักแอลกอฮอล์เพื่อนำไปหมักน้ำส้มสายชูต่อไป

(2) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญของยีสต์ และช่วยควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ โดยค่า pH ที่เหมาะสม คือ 3.5-4.0 โดยที่ค่า pH น้อยกว่า 3.5 อัตราการเจริญของยีสต์จะลดลง

(3) ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหมัก น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนซึ่งเป็นธาตุอาหารที่สำคัญในการเจริญของยีสต์ ความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 20-24 ถ้าสูงกว่านี้ยีสต์อาจตายได้ เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำตาลที่ระดับสูง จะมีแรงดันออสโมติกสูง ส่งผลทำให้น้ำจากเซลล์เคลื่อนที่ออกมายังสารละลายจนทำให้เซลล์เหี่ยว เสียสภาพ

(4) แหล่งไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารสำคัญที่ส่งเสริมการเจริญของยีสต์ รองลงมาจากแหล่งคาร์บอน มีงานวิจัยพบว่า การเติมไนโตรเจนลงในถังหมักจะช่วยเพิ่มอัตราการผลิตเอทานอลและลดระยะเวลาการหมัก (Arrizon และ Gschaedler, 2002) ช่วยลดปัญหาการหมักหยุดชะงักก่อนถึงระยะเวลาที่เหมาะสม โดยทั่วไป มีสารที่นิยมเติมลงในน้ำหมักเพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจน ได้แก่

แอมโมเนียมซัลเฟต หรือ แอมโมเนียมฟอสเฟต 0.05-0.1% (0.5-1.0 กรัมต่อน้ำหมัก 1 ลิตร) หรือ อาจเติมเนื้อองุ่นหรือเนื้อสับปรดสับซึ่งเป็นผลไม้ที่มีแหล่งอาหารของยีสต์สูงลงไปด้วย

การหมักน้ำส้มสายชูในระดับอุตสาหกรรม ต้องใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์การหมักจาก ต่างประเทศที่มีราคาแพง และใช้เอธิลแอลกอฮอล์เป็นวัตถุดิบ (ดุชนี ธนะบริพัฒน์, 2546) ในขณะที่ การหมักน้ำส้มสายชูในระดับครัวเรือนมักเป็นการหมักตามวิถีธรรมชาติ ใช้เวลาในการหมักนาน 3-4 เดือน เนื่องจากไม่มีการควบคุมปัจจัยและสภาวะในการหมัก จึงทำให้คุณภาพของน้ำส้มสายชูที่ได้มี ความไม่สม่ำเสมอ และส่วนใหญ่มีปริมาณกรดอะซิติกน้อยกว่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวง สาธารณสุข (วริชชนม์ นิลนนท์ และกุลพร พุทธิ, 2553; จิรภัทร ชันคล้าย, 2556)

ทีมนักวิจัยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ พัฒนาวิธีการหมักน้ำส้มสายชูด้วยเทคนิคการหมักน้ำส้มสายชูแบบ rapid-tray-culture method (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2552: เร็บไซต์) โดยใช้ถาดสเตนเลสเป็น อุปกรณ์ในการหมักแทนถังหมักในการผลิตน้ำส้มสายชูระดับอุตสาหกรรม สามารถทำได้ง่ายในระดับ ครัวเรือน โดยสามารถผลิตน้ำส้มสายชูที่มีปริมาณกรดอะซิติกเป็นไปตามมาตรฐานน้ำส้มสายชู นอกจากนี้ ใช้เวลาในการหมักเร็วขึ้นกว่าการหมักน้ำส้มสายชูแบบพื้นบ้าน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการหมัก ในถาด ได้แก่ ปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ที่ใช้หมักต้องไม่น้อยกว่า ร้อยละ 10 ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ น้ำส้มสายชูที่ผลิตได้มีปริมาณกรดอะซิติกสูงเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด นอกจากนี้ วริชชนม์ นิลนนท์ และกุลพร พุทธิ (2553) ศึกษาพบว่า ระดับความสูงของน้ำหมักในถาดมีผลต่อปริมาณ กรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูที่ผลิตได้ เนื่องจากแบคทีเรียผลิตกรดน้ำส้มสายชูต้องการออกซิเจนในการ หมัก ซึ่งที่ระดับความสูงของน้ำหมักที่สูงขึ้น แบคทีเรียในส่วนที่อยู่ลึกลงไปไม่ค่อยเจริญเติบโต จึงทำ ให้ปริมาณกรดอะซิติกที่ได้น้อยกว่าที่ควร

### 2.3 ประโยชน์ของน้ำส้มสายชู

น้ำส้มสายชูนอกจากใช้ปรุงรสเปรี้ยวให้อาหารแล้ว สามารถใช้ในการหมักดองอาหารเพื่อ ยืดอายุการเก็บรักษาได้ เช่น ใช้ดองผัก ผลไม้ พริกดองน้ำส้ม หรือใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร อื่น ๆ เช่น น้ำซอส น้ำจิ้ม น้ำยำ ในอุตสาหกรรมอาหารมีการนำน้ำส้มสายชูมาใช้ในการผลิตอาหาร น้ำสลัด ซอสมะเขือเทศ ซอสพริก และอาหารกระป๋อง เป็นต้น

นอกจากนี้ น้ำส้มสายชูยังมีประโยชน์เชิงสุขภาพด้วย โดยมีการศึกษาพบว่ากรดอะซิติกมีส่วน ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด ลดความดันโลหิต ส่งเสริมการดูดซึมของแคลเซียม (Xu *et al.*, 2007) ช่วยลดระดับการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลกลูโคสและอินซูลินหลังการรับประทานอาหาร ทำให้ความเสี่ยง ต่อการเกิดโรคเบาหวานลดลง (Johnston *et al.*, 2004) ช่วยระบบการย่อยอาหารได้ดีขึ้น เนื่องจาก น้ำส้มสายชูเป็นกรด ดังนั้นเมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะช่วยให้กระเพาะและลำไส้เป็นกรดอ่อน ๆ ทำ ให้การย่อยอาหารมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ช่วยให้ระบบขับถ่ายเป็นไปอย่างปกติ ทำให้ผู้บริโภคมิ ีผิวพรรณผ่องใส ไม่เป็นสิ่วฝ้า โมเลกุลของกรดอะซิติกมีขนาดเล็กกว่าน้ำตาล ทำให้ร่างกายสามารถดูด ซึมได้ดี และทำให้ไม่รู้สึกหิว เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดอาหารเพื่อลดความอ้วน (วิฑูรย์, 2527 อ้างถึงใน ปราณี นิมิบุตร, 2552) และยังมีรายงานว่า น้ำส้มสายชูมีผลต่อการลดน้ำหนัก เนื่องจาก

ช่วยลดความอยากอาหาร และช่วยลดระดับของคอเลสเตอรอลในเลือดของหนูทดลอง (Ostman *et al.*, 2005; Fushimi *et al.*, 2006)

สำหรับน้ำส้มสายชูหมักนั้น นอกจากกรดอะซิติกแล้วยังอุดมไปด้วยสารต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเชิงสุขภาพ ได้แก่ วิตามิน เกลือแร่ กรดอะมิโน รวมทั้งสารพฤกษเคมีอื่น ๆ ที่ได้จากวัตถุดิบชนิดต่างๆ เช่น สารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้ถูกสกัดออกมาจากวัตถุดิบในระหว่างการหมัก Pinsiroadom *et al.* (2008) รายงานว่าน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ขาว ไวน์แดง มอลต์ ข้าว แอปเปิ้ล เชอร์รี่ และองุ่น มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงกว่าน้ำส้มสายชูกลั่นมาก โดยน้ำส้มสายชูหมักที่มีสีเข้มจะมีแนวโน้มของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านออกซิเดชันสูงกว่าน้ำส้มสายชูที่มีสีอ่อนกว่า

### 3. น้ำสลัดและแซนวิชสเปรด

น้ำสลัด เป็นผลิตภัณฑ์อิมัลชัน (emulsion) ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีปริมาณน้ำมันแตกต่างกันตั้งแต่ร้อยละ 20-60 รวมถึงมีความหนืดที่แตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของน้ำสลัด (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538) เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับงานวิจัยเรื่องนี้ ในหัวข้อนี้ได้อธิบายเกี่ยวกับอิมัลชันในเชิงวิทยาศาสตร์การอาหาร ดังต่อไปนี้

#### 3.1 อิมัลชัน (emulsion)

อิมัลชัน หมายถึง ระบบคอลลอยด์ (colloid) ที่ประกอบด้วยของเหลวตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งปกติไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากแรงตึงผิวของแต่ละของเหลวทำให้เกิดการแยกชั้น เช่น น้ำกับน้ำมัน ผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้โดยไม่แยกชั้น โดยของเหลวชนิดหนึ่งแตกตัวเป็นหยดเล็ก ๆ เรียกว่า วัฏภาคภายใน หรือวัฏภาคที่กระจายตัว (internal or dispersed phase) ซึ่งจะกระจายตัวแทรกอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า วัฏภาคภายนอก หรือวัฏภาคต่อเนื่อง (external or continuous phase) (อัมพวัน ตันสกุล, 2551; McClements และ Decker, 2000 อ้างถึงใน มาสิริ มโนมัยวจี, 2555)

อิมัลชันแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

(1) อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion, O/W) มีน้ำมันเป็นวัฏภาคภายใน และน้ำเป็นวัฏภาคภายนอก เช่น นํ้ามัน นํ้าสลัด และมายองเนส

(2) อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (water-in-oil emulsion, W/O) มีน้ำเป็นวัฏภาคภายใน และน้ำมันเป็นวัฏภาคภายนอก เช่น เนย และมาการีน

กลไกการเกิดอิมัลชัน สามารถทำได้ด้วยการใช้แรงกล เช่น การปั่นผสม (blending) การโฮโมจีไนซ์ (homogenization) เป็นต้น เพื่อทำให้ของเหลวที่เป็นวัฏภาคภายในกระจายตัวเป็นหยดขนาดเล็ก ๆ กระจายทั่วของเหลวที่เป็นวัฏภาคภายนอก ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เสถียร เนื่องจากแรงตึงผิวระหว่างของเหลว (interfacial tension) จะพยายามดึงอนุภาคของของเหลวรวมตัวเข้าหากัน และแยกตัวออกจากของเหลวอีกชนิดหนึ่ง เพื่อให้มีพื้นที่ผิวน้อยลง เมื่อของเหลวรวมตัวกันมากขึ้นจะเกิดการแยกชั้นขึ้น โดยของเหลวที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า จะลอยอยู่ชั้นบนของของเหลวที่มีความ

หนาแน่นมากกว่า ดังนั้น เพื่อไม่ให้เกิดการแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ จึงต้องทำให้อิมัลชันคงตัวด้วยการลดแรงตึงผิวของของเหลวทั้งสองส่วน โดยการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier)

สารอิมัลซิไฟเออร์ คือ สารที่ใช้ลดแรงตึงผิว (surface tension) ของของเหลว โดยช่วยป้องกันอิมัลชันไม่ให้แยกเป็นชั้น ซึ่งในโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์ มีทั้งส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) โดยจะหันส่วนที่ชอบน้ำเข้าหาน้ำ และหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำเข้าหาน้ำมัน เกิดเป็นฟิล์มหุ้มส่วนที่เป็นวัฏภาคภายในไว้

กรณีผลิตภัณฑ์น้ำสลัดซึ่งมีส่วนผสมของของเหลวที่ปกติไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน คือ น้ำมันพืช และน้ำจากน้ำส้มสายชูหรือน้ำมะนาว ของเหลวเหล่านี้รวมกันได้จากการตีปั่นอย่างรวดเร็ว ทำให้อิมัลชันของน้ำมันกระจายตัวเป็นหยดเล็ก ๆ ในส่วนของน้ำ โดยมีไข่แดงเป็นอิมัลซิไฟเออร์ช่วยทำให้น้ำสลัดมีลักษณะชั้นเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่แยกเป็นชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ (หนูเดือน สารบรรณ, 2552) นอกจากนี้ น้ำสลัดบางสูตรอาจจะใส่มีสตาร์ดช่วยเพิ่มรสชาติด้วย ซึ่งมีสตาร์ดมีคุณสมบัติที่ช่วยให้ไขมันรวมตัวกับน้ำได้ดี (ทัศนีย์ ปิ่นแก้ว และรามราช หมิ่นศรีธาราม, 2553) จึงทำให้อิมัลชันของน้ำสลัดสามารถคงตัวอยู่ได้ ซึ่งน้ำสลัดที่ดีควรมีความคงตัวของอิมัลชันสูง

### 3.2 น้ำสลัด (salad dressing)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.672/2547) ให้ความหมายของ “น้ำสลัด” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำส้มสายชูกับเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำมะนาว ตีผสมให้เข้ากันดี อาจเติมน้ำมันสลัด น้ำมันพืช แป้งสาลี ผลิตภัณฑ์จากนม เช่น นมสด นมข้นหวาน และอาจเติมผัก ผลไม้ ไข่ไก่ สมุนไพร เครื่องเทศ เช่น พริกไทย กระเทียม

น้ำสลัด แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

(1) น้ำสลัดสุก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไข่ไก่ที่อาจทำให้สุกก่อนหรือหลังการผสมกับน้ำส้มสายชู เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำมะนาว ตีผสมให้เข้ากันดี เติมน้ำมันสลัด น้ำมันพืช อาจเติมแป้งสาลี ผลิตภัณฑ์จากนม เช่น นมสด นมข้นหวาน และอาจเติมผัก ผลไม้ สมุนไพร เครื่องเทศ เช่น พริกไทย กระเทียม

(2) น้ำสลัดชั้น หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไข่ไก่ดิบ น้ำส้มสายชู เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำมะนาว ตีผสมให้เข้ากันดี เติมน้ำมันสลัด น้ำมันพืช อาจเติมแป้งสาลี ผลิตภัณฑ์จากนม เช่น นมสด นมข้นหวาน และอาจเติมผัก ผลไม้ สมุนไพร เครื่องเทศ เช่น พริกไทย กระเทียม

(3) น้ำสลัดใส หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำส้มสายชู เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำมะนาว ตีผสมให้เข้ากันดี อาจเติมน้ำ+มันสลัด น้ำมันพืช และอาจเติมผัก ผลไม้ สมุนไพร เครื่องเทศ เช่น พริกไทย กระเทียม

#### 3.2.1 ส่วนประกอบหลักในการผลิตน้ำสลัด

(1) น้ำมัน เป็นส่วนผสมที่ทำให้น้ำสลัดข้นหนืด และให้ความรู้สึกในปากที่เป็นลักษณะเฉพาะของน้ำสลัด น้ำมันที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำสลัด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันเมล็ดทานตะวัน และน้ำมันข้าวโพด หรือน้ำมันดังกล่าวผสมกัน น้ำมันที่ใช้ควรผ่านกระบวนการ winterization เสียก่อน เพื่อแยกเอาไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูงออกไป เหลือน้ำมันที่มี

จุดหลอมเหลวต่ำ สามารถเก็บในตู้เย็นได้โดยไม่แยกชั้น และยังทำให้มีกลิ่นที่มีความคงตัวดีถึงแม้จะมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงขณะนำออกมาใช้งาน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

(2) น้ำส้มสายชู นอกจากให้รสเปรี้ยวแล้ว ยังช่วยป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ น้ำสลัดโดยทั่วไปนิยมใช้น้ำส้มสายชูกลั่นเนื่องจากมีราคาถูกกว่าน้ำส้มสายชูหมัก ปริมาณที่ใช้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 4.5-10.0 การเติมในปริมาณไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.5 จะทำให้เชื้อซาลโมเนลลาที่ปนเปื้อนมาต้านทานความร้อนได้น้อยลง แต่จะทำให้คุณสมบัติด้านอิมัลซิไฟเออร์ของไข่แดงลดลงในระหว่างการฆ่าเชื้อ (ศิวาพร, 2535 อ้างถึงใน อรพิน คนเที่ยง, 2554) น้ำสลัดบางสูตรใช้น้ำมันมะนาวแทนน้ำส้มสายชูบางส่วน เพื่อให้ได้กลิ่นรสเฉพาะตัวของมะนาว

(3) ไข่ไก่ ในการทำน้ำสลัดสูตรดั้งเดิมจะใช้ไข่แดงเพื่อทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในน้ำสลัด โดยในไข่แดงจะมีสารเลซิทินซึ่งเป็นไลโปโปรตีน (lipoprotein) มีส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำอยู่ในโมเลกุลเดียวกัน รวมถึงมีฟอสโฟลิปิด (phospholipids) และคอเลสเตอรอลในช่วงแรกของการเกิดอิมัลชัน ไลโปโปรตีนจะเข้าไปอุดซับที่ผิวของอนุภาคของไขมัน และจัดเรียงโมเลกุลใหม่ทำให้ลดแรงตึงผิวของผิวสัมผัสระหว่างน้ำและไขมัน ส่งผลให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น (หนูเดือน สาระบุตร, 2552) น้ำสลัดบางสูตรมีการใช้ไข่ไก่ทั้งฟอง ซึ่งจะได้ในส่วนของน้ำและโปรตีนเพิ่มขึ้นจากไข่ขาว แต่ก็ทำให้มีกลิ่นคาวในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ สีของไข่แดงมีผลต่อความเข้มสีของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดด้วย

เนื่องจากไข่แดงมีคอเลสเตอรอลสูง ทำให้มีการนำเต้าหู้จากถั่วเหลืองมาใช้แทนไข่ไก่ในการทำน้ำสลัดชนิดข้น ซึ่งมีงานวิจัยพบว่า ปริมาณเต้าหู้ที่เพิ่มขึ้นทำให้ความข้นหนืดของน้ำสลัดลดลง (พจนีย์ บุญนา และคณะ, 2553) จึงอาจจำเป็นต้องใส่สารเพิ่มความข้นหนืดเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำสลัดที่ปราศจากไข่

(4) มัสตาร์ด (mustard) เป็นเครื่องเทศชนิดหนึ่ง มีสีเหลือง และรสเผ็ด ใช้เป็นเครื่องปรุงรสในน้ำสลัด ซึ่งนอกจากให้กลิ่นรสเฉพาะตัวแล้ว มัสตาร์ดยังมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ช่วยให้ไขมันรวมตัวกับน้ำได้ดีขึ้น โดยเฉพาะสูตรที่ใช้ไข่น้อย มัสตาร์ดจะช่วยให้น้ำสลัดมีความคงตัวที่ดีได้

(5) น้ำตาลทราย ให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ และมีส่วนช่วยในเรื่องเนื้อสัมผัส หรือความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์ น้ำตาลช่วยแต่งเติมรสชาติให้กับอาหาร แต่การบริโภคอาหารที่มีน้ำตาลในปริมาณมากจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ จึงมีการพัฒนาน้ำสลัดเพื่อสุขภาพโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล เช่น น้ำตาลฟรุคโตส หรือน้ำตาลแอลกอฮอล์ เช่น ซอร์บิทอล แมนนิทอล ที่ให้พลังงานน้อยกว่าน้ำตาลทรายที่ความหวานเท่ากัน หรือใช้สารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น แอสปาแทม แซคคาริน เป็นต้น น้ำสลัดบางสูตรใช้หมักข้นหวานแทนน้ำตาลบางส่วน ซึ่งอาจมีส่วนช่วยให้มีน้ำสลัดมีความข้นขึ้น

(6) เกลือ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มเพิ่มขึ้น อาจใช้เกลือเสริมไอโอดีนเพื่อเพิ่มธาตุอาหาร นอกจากนี้ การเติมเกลือช่วยปรับปรุงลักษณะของอิมัลชันของน้ำสลัดได้ด้วย เนื่องจากเกลือช่วยในการกระจายตัวของไข่แดงและทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้น ช่วยทำให้ประจุของโปรตีนเป็นกลางซึ่งทำให้โปรตีนดูดซับหยดย่น้ำมันมากขึ้น และการทำให้ประจุเป็นกลางทำให้หยดย่นน้ำมันเกิดปฏิกิริยาที่แข็งแรงขึ้น นั่นหมายถึงว่าเกลือช่วยขยายช่วงของ pH ให้ต่างจากค่า pI ในทางตรงข้ามเกลือที่มาก



เกินไปจะทำให้โปรตีนในไข่แดงตกตะกอนมากกว่าที่จะเคลือบอยู่ที่หยดน้ำมัน (หนูเดือน สาระบุตร, 2552)

(7) เครื่องเทศและสมุนไพร อาจมีการใช้เครื่องเทศและสมุนไพรเพื่อปรุงรส เช่น พริกไทย หอม กระเทียม อบเชย ออริกาโน โหระพา สะระแหน่ เป็นต้น

(8) สารเสริมคุณภาพ เช่น สารเพิ่มความข้นหนืด อิมัลซิไฟเออร์ วัตถุกันเสีย สารป้องกันการหืน สารให้ความหวานแทนน้ำตาล เป็นต้น

### 3.2.2 กรรมวิธีการผลิตน้ำสลัด

แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การผสมส่วนผสม และการพาสเจอร์ไรส์ (อรพิน คนเที่ยง, 2554) โดยในขั้นตอนการผสม มีวิธีการผสม 3 วิธี ได้แก่

(1) การผสมกรดกับไข่แดงและเครื่องเทศเข้าด้วยกันก่อนใส่น้ำมัน วิธีนี้เป็นที่นิยมมากเพราะเกิดอิมัลชันได้รวดเร็ว และสามารถเติมน้ำมันได้มากในระยะแรก แต่การกระจายของไขมันมีลักษณะเม็ดใหญ่เมื่อเทียบกับการผสมแบบอื่น การที่น้ำมันรวมตัวเป็นเม็ดขนาดใหญ่ขึ้นจึงทำให้สลัดครีมเหลวขึ้น โดยในการผสม 2-3 ครั้งแรกจะต้องใช้น้ำมันน้อย ๆ ก่อน และการเติมน้ำมันแต่ละครั้งจะต้องตีให้น้ำมันรวมตัวเป็นอิมัลชันแล้วจึงเติมน้ำมันครั้งต่อไป หลังจากนั้นค่อยเพิ่มปริมาณน้ำมันมากขึ้น และน้ำมันที่เติมครั้งต่อไปไม่ควรมากกว่าอิมัลชันที่เกิดขึ้นแล้ว การตีอย่างรุนแรงและทั่วถึงหลังจากเติมน้ำมันครั้งแรกมีความสำคัญมาก เพราะจะทำให้ น้ำสลัดเหนียวข้นและไม่แตกตัว การตีอาจอย่างต่อเนื่องหรือหยุดเป็นครั้งคราวก็ได้ การหยุดตีเป็นครั้งคราวจะทำให้เม็ดน้ำมันมีโอกาสสัมผัสกับสารช่วยกระจายไขมันมากขึ้น

(2) การผสมโดยใส่กรดกับน้ำมันสลักกันลงไปในส่วนผสมอื่น วิธีนี้ผสมไข่กับส่วนผสมแห้งให้เข้ากันก่อน แล้วจึงเติมน้ำมันอย่างช้า ๆ สลับกับกรด ถ้าใส่น้ำมันเร็วเกินไปจะทำให้ น้ำมันจับตัวกันและเกิดการแตกตัว น้ำสลัดที่ได้มีลักษณะค่อนข้างเหลว เนื่องจากส่วนผสมเหลวเกินไปไม่สามารถทำให้น้ำมันกระจายเป็นเม็ดเล็ก ๆ และอยู่ตัวได้

(3) การผสมโดยใส่กรดหลังจากตีน้ำมันกับไข่แดงแล้ว วิธีนี้เป็นการปรับปรุงให้ได้ความข้นของน้ำสลัดที่ดีขึ้น โดยเริ่มจากการผสมน้ำมันกับไข่แดงก่อนแล้วจึงใส่กรดลงไป น้ำสลัดที่ได้มีลักษณะข้นกว่าวิธีการผสมแบบที่ 2 ในการผสมจะต้องใส่น้ำมันน้อย ๆ ในระยะแรก และเมื่อตีเข้ากันดีแล้วจึงใสให้มากขึ้น ไม่ควรปล่อยให้ส่วนผสมแข็งตัว จะต้องตีน้ำมันให้รวมตัวก่อนที่จะใส่น้ำมันลงไปอีก หลังจากใส่น้ำมันจนหมดแล้วจึงเริ่มใส่กรด ปริมาณกรดที่ใส่แต่ละครั้งจะไม่มีผลต่อคุณภาพของน้ำสลัดมากนัก อย่างไรก็ตาม ไม่ควรใส่กรดจนมากเกินไป การผลิตแบบนี้ให้น้ำสลัดที่ข้นมาก แต่ถ้าต้องการลดความข้นให้น้อยลงให้เปลี่ยนมาใช้วิธีผสมแบบใส่กรดสลับกับน้ำมันบ้างในระหว่างการผสม ถ้าน้ำสลัดมีลักษณะเหนียวข้นมากให้เติมกรดน้ำส้มลงไปเล็กน้อย

การพาสเจอร์ไรส์น้ำสลัด เป็นกระบวนการใช้ความร้อนที่ต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำในการทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งหมด ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และรา และมีผลในการทำลายแบคทีเรียที่ไม่ก่อโรคได้ร้อยละ 95-99 ความร้อนระดับนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางอาหารน้อย โดยทั่วไป กระบวนการพาสเจอร์ไรส์ใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส ถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจะลดลง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร ได้แก่ ความเป็น

กรด-ต่างของอาหาร กรดและต่างจะทำให้โปรตีนแข็งตัว จึงลดความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ และส่วนประกอบของอาหารถ้าเป็นโปรตีนและไขมันจะทำให้จุลินทรีย์ทนร้อนได้ดีขึ้น เพราะจะทำให้เกิดแผ่นฟิล์มบาง ๆ ล้อมรอบจุลินทรีย์เอาไว้ จึงต้องใช้อุณหภูมิในการทำลายสูงขึ้น รวมทั้งน้ำตาลที่ใช้ ทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จึงทำให้ความร้อนเข้าถึงได้ช้าลง นอกจากนี้ การพาสเจอร์ไรส์เป็นการทำลายจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ แต่ไม่ใช่ทั้งหมดในอาหาร ดังนั้น อาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้ว ต้องทำการเก็บรักษาในสภาวะที่สามารถป้องกันจุลินทรีย์ก่อโรคและชะลอการเน่าเสียของอาหารไว้ได้ เช่น การเก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากแบคทีเรียส่วนใหญ่ในอาหารไม่สามารถเจริญเติบโตหรือผลิตสารพิษได้ที่อุณหภูมิเกินกว่า 4 องศาเซลเซียส (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2552)

ตามมาตรฐานการผลิตนมพาสเจอร์ไรส์ อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อในน้ำนม คือ 63 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หรือ 71.5 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที เนื่องจากน้ำสลัดชนิดชั้นมีความหนืดสูง จึงต้องใช้เวลาในการถ่ายเทความร้อน นอกจากนี้ น้ำสลัดชนิดชั้นมีส่วนผสมที่เป็นน้ำมัน ทำให้จุลินทรีย์ทนร้อนได้ดีขึ้น จึงต้องใช้อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อที่สูงขึ้น วสววิ พิชัย (2550) รายงานว่า การเลือกใช้อุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส นาน 5 นาทีในการพาสเจอร์ไรส์น้ำสลัดชนิดชั้นจะสามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และราได้

### 3.3 แขนวิชสเปรด

แขนวิชสเปรด จัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์สเปรดหรือผลิตภัณฑ์ป้ายทาขนมปัง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถตอบสนองกับวิถีชีวิตที่เร่งรีบ และต้องการความสะดวกในการรับประทาน อาหาร โดยเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ใช้ป้ายทาขนมปังหรือแครกเกอร์เพื่อรับประทานได้ทันที ผลิตภัณฑ์สเปรดที่พบทั่วไปมีหลากหลายรูปแบบ ได้แก่ แยม เนยถั่ว แขนวิชสเปรด และชีสสเปรด เป็นต้น แขนวิชสเปรดมีส่วนประกอบหลักคือมายองเนสหรือสลัดครีม ผสมผักดองหรือเนื้อสัตว์สุก เช่น แดงกวาดอง แครอทดอง เนื้อไก่หั่นฝอย แฮม หรือทูน่า เป็นต้น แขนวิชสเปรดจะมีความข้นน้อยกว่ามายองเนสและสลัดครีมเพื่อให้สามารถเกลี่ยบนขนมปังได้ง่าย ส่วนใหญ่มีไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

## 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาทดลองผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ น้ำส้มสายชูหมัก น้ำสลัดและ แขนวิชสเปรด ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเอกสารงานวิจัย ตำรา และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โดยแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

### 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมักแอลกอฮอล์และน้ำส้มสายชู

Arrizon และ Gschaedler (2002) ศึกษาการทำงานของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่ใช้หมักเตกีล่าจากอากาเว่สีน้ำเงิน (blue agave) ที่ระดับความเข้มข้นน้ำตาลที่แตกต่างกัน เพื่อหาระดับน้ำตาลสูงสุดที่เป็นไปได้ในการหมักเตกีล่าระดับอุตสาหกรรม พบว่า ประสิทธิภาพการหมักจะสูงขึ้น ที่ปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นของน้ำหมัก 170 กรัมต่อลิตร เมื่อมีการเติมแหล่งไนโตรเจน

จากส่วนผสมของกรดอะมิโนและแอมโมเนียมซัลเฟตลงในน้ำหมักที่การเจริญเติบโตของยีสต์อยู่ในช่วง exponential phase

ทีมนักวิจัยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกันทำการวิจัยและพัฒนาวิธีการหมักน้ำส้มสายชูแบบใหม่ที่ใช้เวลาในการหมักเร็วขึ้น เรียกว่า Rapid-Tray-Culture Method โดยใช้ถาดสแตนเลสเป็นอุปกรณ์ในการหมักและควบคุมปริมาตรของวัตถุดิบไวน์ผลไม้ที่จะหมักต่อปริมาตรของถาดสแตนเลสที่หมักให้อยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยเตรียมหัวเชื้อจากน้ำมะพร้าว หรือน้ำสับปะรด พบว่า อัตราส่วนไวน์ผลไม้และหัวเชื้อน้ำส้มที่ 1:1 และหมัก 6-7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง จะได้น้ำส้มสายชูหมักจากไวน์ผลไม้ที่มีกรดน้ำส้ม 6.5-7% (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2552)

วิรัชชนม์ นิลนนท์ และกุลพร พุทธิมี (2553) ศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการหมักน้ำส้มสายชูจากเงาะ โดยศึกษาสายพันธุ์ยีสต์ และอัตราส่วนของเงาะต่อน้ำที่เหมาะสมในขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์ ศึกษาสายพันธุ์แบคทีเรียผลิตน้ำส้ม ร่วมกับการใช้สาร KMS ระดับความสูงของน้ำหมักในถาด และการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  เป็นสารอาหารเสริมในน้ำหมักในขั้นตอนการผลิตกรดน้ำส้มสายชู (acetic acid) โดยในขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์ พบว่า ยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* (TISTR5606) ที่อัตราส่วนเงาะต่อน้ำ 1:1 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด ในขั้นตอนการหมักน้ำส้มสายชู พบว่า สายพันธุ์ *A. aceti* (TISTR 103) ให้ปริมาณกรดน้ำส้มสายชูสูงสุด ทั้งนี้ การใช้ KMS ไม่มีผลต่อปริมาณกรดที่ได้ และพบว่าระดับความสูงของน้ำหมักในถาดแปรผกผันกับปริมาณกรดที่ได้ ส่วนการใช้สารเสริม  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  ในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้การหมักเกิดประสิทธิภาพดีขึ้น

จิรภัทร ชันคล้าย (2556) ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำเวย์เต้าหู้ โดยในขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์ศึกษาปริมาณน้ำตาลในรูปของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ที่ระดับ 18 20 22 และ 24 องศาบริกซ์ โดยใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049 พบว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น ในขั้นตอนการหมักน้ำส้มสายชูโดยวิธี Rapid-Tray-Culture และเชื้อ *Acetobacter aceti* TISTR 354 ใช้ปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นที่ ร้อยละ 4 เพื่อเตรียมหัวเชื้อน้ำส้มสายชู จากนั้นดำเนินการหมักน้ำส้มสายชูโดยใช้ไวน์แต่ละความเข้มข้น: หัวเชื้อน้ำส้มสายชูตั้งต้น ในอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นตามปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ที่ใช้ โดยไวน์ที่ได้จากน้ำตาลเริ่มต้น 18 องศาบริกซ์ จะให้ปริมาณแอลกอฮอล์ 8.98% และกรดอะซิติก 3.72% ซึ่งน้อยกว่าค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู กำหนดให้มีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ดังนั้น ปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นในการหมักแอลกอฮอล์เพื่อนำมาหมักน้ำส้มสายชูไม่ควรน้อยกว่า 20 องศาบริกซ์ เพื่อให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ที่นำมาหมักน้ำส้มสายชูไม่น้อยกว่า 10%

นวลระหง เทพวิวัฒน์จิต (2559) ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำหวานจากพบว่า ในขั้นตอนการหมักน้ำหวานจากให้เป็นแอลกอฮอล์ ใช้วัตถุดิบน้ำหวานจากที่มีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นสำหรับการหมักในรูปของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 23.5 องศาบริกซ์ และปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยการเติมกรดซิตริก เท่ากับ 4.01 ใช้หัวเชื้อที่เตรียมจากยีสต์ผงสำหรับหมักไวน์ทาง

การคั่ว หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 วัน ได้ปริมาณแอลกอฮอล์เฉลี่ย 12.1% ในขั้นตอนการหมัก น้ำส้มสายชูด้วยเทคนิคการหมักน้ำส้มสายชูแบบภาค ใช้ส่วนผสมต่อภาค ได้แก่ น้ำหวานจากผสม น้ำสะอาดให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดประมาณ 3 องศาบริกซ์ 600 มิลลิลิตร น้ำหมัก แอลกอฮอล์จากน้ำหวานจาก 1,300 มิลลิลิตร และหัวเชื้อน้ำส้มสายชูจากสถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 100 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการหมัก 7 วัน ได้น้ำส้มสายชูที่มีปริมาณกรดอะซิติกเฉลี่ย 5.7%

#### 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำสลัด

Alben Ercelebi และ Ibanoglu (2008) ศึกษาผลของเพคตินและกัวร์กัมต่อคุณสมบัติการไหล โครงสร้างจุลภาค และความคงตัวของครีม ในอิมัลชันที่ใช้ไข่แดง 1% (w/v) เป็นสารให้ความคงตัว พบว่า เพคตินที่ความเข้มข้น 0.1% (w/v) ไม่มีผลต่อความหนืดของอิมัลชัน และที่ความเข้มข้น 0.5% (w/v) ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมาก โครงสร้างจุลภาคของอิมัลชันแสดงให้เห็นว่าสารไฮโดรคอลลอยด์ทำให้สารแขวนลอยจับตัวกันเป็นก้อน และความคงตัวของครีมเพิ่มมากขึ้น กัวร์กัมให้ผลที่เด่นชัดกว่าเพคตินเนื่องจากความสามารถในการเพิ่มความหนืดที่สูงกว่า สรุปได้ว่าความเสถียรและการไหลของอิมัลชันสามารถควบคุมได้โดยการเติมไฮโดรคอลลอยด์

Drakos และ Kiosseoglou (2008) ศึกษาบทบาทของโปรตีนอัลบูมินในไข่ขาวต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาน้ำสลัด โดยการเติมไข่ขาวที่ขาดน้ำ (dehydrated egg white) ลงในน้ำสลัดที่มีส่วนผสมของไข่แดง และใช้ SDS-PAGE วิเคราะห์การดูดซับโปรตีนในอิมัลชัน ใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงศึกษาการกระจายตัวของเม็ดน้ำมัน ร่วมกับการวัดความหนืด (rheological measurements) พบว่า โปรตีนไข่ขาวที่ไม่ดูดซับในวัฏภาคต่อเนื่อง (continuous phase) ของอิมัลชัน ทำให้หยด droplet ในระบบอิมัลชันเกิดการรวมตัวกัน ส่งผลให้ความเป็นอิมัลชันไม่เสถียร

Perrechil *et al.* (2010) ศึกษาความคงตัวของอิมัลชัน โครงสร้าง และคุณสมบัติการไหลของน้ำสลัดอิตาเลียนทางการค้า 4 ชนิด พบว่า น้ำสลัดตัวอย่างมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 8 – 34% (w/w) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 3.8 – 14.4% (w/w) และค่า pH อยู่ในช่วง 3.6 – 3.9 น้ำสลัดทุกตัวอย่างจัดอยู่ในกลุ่ม thixotropic fluid ที่มีลักษณะเป็นของไหลแบบนอนนิวโตเนียน ซึ่งเมื่อมีอัตราเฉือน (shear rate) คงที่ ความหนืดปรากฏ (apparent viscosity) จะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยลักษณะการไหลที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากองค์ประกอบของน้ำสลัดที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะสูตรที่มีการเติมมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin)

ทัศนีย์ ปิ่นแก้ว และรามราช หมื่นศรีธาราม (2553) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดครีมจากไข่ขาวเพื่อสุขภาพ โดยคัดเลือกสูตรน้ำสลัดจากสูตรมาตรฐาน 3 สูตร มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมด้วยวิธี 5-point Hedonic scale เพื่อคัดเลือกสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดมาปรับปรุงโดยใช้ไข่ขาวแทนไข่ในสูตร จากนั้น ศึกษาชนิดของสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำสลัดชนิดครีมจากไข่ขาวได้แก่ แป้งข้าวโพด เจลาติน คาราจีแนน และเลซิดิน พบว่า สารให้ความคงตัวที่เหมาะสมที่สุดคือ คาราจีแนน โดยสูตรที่เหมาะสมประกอบด้วย ไข่ขาว 28.28% น้ำตาลทราย 11.31% เกลือ 1.13% นมข้นหวาน

6.78% น้ำมันพืช 35.59% น้ำมะนาว 7.91% น้ำส้มสายชู 3.39% คาราจีแนน 0.20% และ น้ำ 1.13% สามารถเก็บรักษาได้ 1 เดือนโดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

พจนีย์ บุญนา และคณะ (2553) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นจากเต้าหู้เพื่อ สุขภาพ โดยใช้เต้าหู้แทนไข่แดงในการผลิต พบว่า ปริมาณเต้าหู้ที่เพิ่มขึ้นทำให้ความข้นหนืดของ น้ำสลัดลดลง และใช้แป้งดัดแปรทดแทนส่วนผสมน้ำมันทั้งหมด พบว่า เมื่อปริมาณแป้งดัดแปรเพิ่มขึ้น ทำให้ความข้นหนืดของน้ำสลัดเพิ่มขึ้นด้วย โดยสูตรน้ำสลัดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ประกอบด้วย แป้งดัดแปร 250 กรัม เต้าหู้ถั่วเหลือง 90 กรัม น้ำส้มสายชู 55 กรัม น้ำตาลทราย 100 กรัม นมข้นหวาน 45 กรัม พริกไทยป่น 5 กรัม เกลือ 5 กรัม และมัสตาร์ด 9 กรัม จากศึกษาอายุการ เก็บรักษาโดยนึ่งให้ความร้อนผลิตภัณฑ์จนได้อุณหภูมิ 60-72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที บรรจุ ขณะร้อนลงในภาชนะขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว กับถุงสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) พบว่า สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 1 เดือน โดยค่าคุณภาพต่าง ๆ และคุณภาพ ทางประสาทสัมผัส มีค่าไม่เกินข้อกำหนด

อรพิน คนเที่ยง (2554) ศึกษาการผลิตน้ำสลัดชนิดข้นลดแคลอรีเสริมสมุนไพโร โดย ใช้ สารละลายสตาร์ชดัดแปรทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง ใช้นมยูเอชทีพร่องมันเนยแทนนมข้นหวาน และใช้ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย ได้น้ำสลัดชนิดข้นที่มีค่าพลังงานลดลง และมีคุณภาพเป็นที่ ยอมรับของผู้บริโภค จากการศึกษาการเสริมสมุนไพโรในน้ำสลัดชนิดข้นลดแคลอรี พบว่า การเสริม ไบเบเตยมีความเหมาะสมมากที่สุด ส่วนผสมน้ำสลัดชนิดข้นลดแคลอรีเสริมสมุนไพโรจากไบเบเตย ประกอบด้วย สารละลายสตาร์ชดัดแปร 28.6% (เตรียมจากน้ำคั้นไบเบเตย 8.37% สตาร์ชดัดแปร 8.20% และน้ำ 12.03%) น้ำมันถั่วเหลือง 38.01% เต้าหู้ถั่วเหลือง 16.10% น้ำส้มสายชู 9.85% นมยูเอชทีพร่องมันเนย 4.00% มัสตาร์ด 1.61% พริกไทย 0.89% เกลือ 0.89% และชูคราโลส 0.05% ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าพลังงาน 4,053 แคลอรีต่อกรัม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 17.35 มิลลิกรัมต่อกรัม และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ 49.06% สามารถเก็บรักษาใน ตู้เย็นที่ 4±2 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 45 วัน โดยยังมีคุณภาพทางด้านกายภาพและจุลินทรีย์อยู่ใน เกณฑ์มาตรฐาน แต่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระมี แนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา

#### 4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์แซนวิชสเปรด

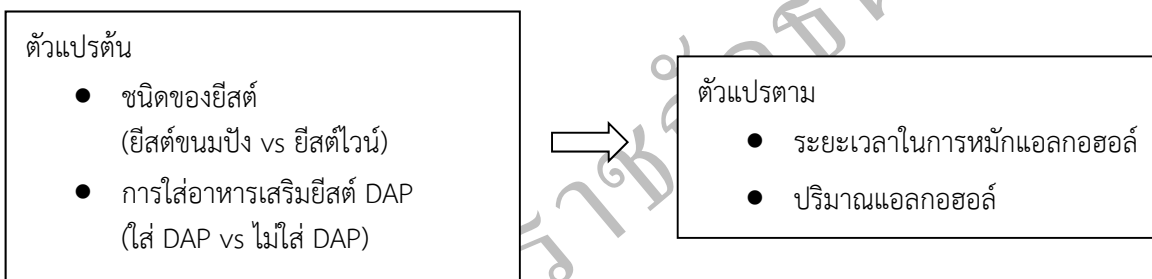
สุพรรณิการ์ โกสุม และคณะ (2552) ศึกษาการใช้ไหลบัวทดแทนผักดองในผลิตภัณฑ์ แซนวิชสเปรด พบว่า ผู้ชิมให้การยอมรับการใช้ไหลบัวทดแทนผักดองที่ระดับร้อยละ 50 ในด้าน รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.47 7.33 และ 7.57 ตามลำดับ ส่วน ในด้านกลิ่น ผู้ชิมให้การยอมรับร้อยละ 75 และในด้านสี ผู้ชิมให้การยอมรับร้อยละ 100 โดย องค์ประกอบเคมีของแซนวิชสเปรดที่ใช้ไหลบัวทดแทนผักที่ระดับร้อยละ 50 ประกอบด้วย พลังงาน 371.67 กิโลแคลอรี ความชื้น 39.66 กรัม โปรตีน 1.57 กรัม ไขมัน 27.85 กรัม คาร์โบไฮเดรต 28.69 กรัม และเถ้า 2.24 กรัม

มีรายงานการพัฒนาสูตรแซนวิชสเปรดไขมันต่ำ โดยนักวิจัยจากฝ่ายกระบวนการผลิตและ แปรรูป สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ด้วยการใช้ไขมันถั่ว

เหลืองเป็นส่วนผสมหลัก ลดการใช้ไขมันและไข่แดงลง กระบวนการในการผลิต เริ่มด้วยการนำน้ำมัน ถั่วเหลือง น้ำมันพืช น้ำส้มสายชู น้ำตาล เกลือ แป้งข้าวเจ้า และ มัสตาร์ดมาปั่นเข้าด้วยกัน นำไปให้ความร้อนโดยการตุ๋นผ่านน้ำเดือดจนส่วนผสมมีลักษณะเป็นเนื้อครีม เติมแต่งกวาดอง และแครอทดอง ทำการบรรจุขณะร้อนลงในขวดแก้วปิดสนิท พบว่า มีปริมาณไขมัน 16.22% พลังงานทั้งหมด 217 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม และสามารถเก็บได้นาน 2 เดือนในตู้เย็น โดยไม่ใส่สารกันบูดหรือวัตถุกันเสีย มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์สด (ชัยรัตน์ สัมฉุน, 2554: ไทยรัฐออนไลน์)

## 5. กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ขั้นตอนการหมักน้ำส้มสายชูกล้วย



ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดและแซนวิชสเปรด

