สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การใช้ความร้อนต่ำร่วมกับสารสกัดจากขิงในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้ม

(Combination of Mild Heat and Extract of Ginger for Microbial Stability in Orange Juice)

ผู้วิจัย

ลินจง สุขลำภู

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งบประมาณสนับสนุนโครงการวิจัย

ประจำปี 2545

RCH
TP
562.5
.O73
O435 5
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 48869
วัน, เดือน, ปี 25 S.A. 2546

b.11346760
i.....

บทคัดย่อ

จุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้มโดยใช้ความร้อนต่ำร่วมกับสารสกัดจากขิง และจากการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนแก่น้ำส้มที่ 40 45 50 55 60 65 หรือ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 หรือ 15 นาที พบว่าการให้ความร้อนแก่น้ำส้มที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีเป็นอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากการที่มีผลในการลดปริมาณยีสต์และแบคทีเรีย โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพของน้ำส้มเพียงเล็กน้อย การศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียและการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำส้มโดยเติมสารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 5 10 15 20 และ 25 โดยปริมาตร พบว่าสารสกัดจากขิงร้อยละ 10 เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมเพราะนอกจากจะมีผลในการลดปริมาณของจุลินทรีย์แล้วผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ การศึกษาผลของการให้ความร้อนแก่น้ำส้มที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10นาทีร่วมกับสารสกัดจากขิงร้อยละ 10ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่ได้มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ 4 วันในขณะที่น้ำส้มสดมีอายุการเก็บรักษา 1 วัน และเมื่อประเมินคุณภาพของน้ำส้มที่ผ่านกระบวนการโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน พบว่าน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสตรวจพบการเจริญของยีสต์ $1.2x10^2$CFU/ml และแบคทีเรียในปริมาณต่ำกว่า 10 CFU/ml แต่ตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส คุณสมบัติทางเคมีเช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณกรดไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วันแต่ตรวจพบการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิคและการเกิดสีน้ำตาลในน้ำส้มของทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา โดยค่าที่ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

Abstract

Microorganism is one of the major causes of deterioration in orange juice products. The microbial stability of orange juice was studied by using a combination of mild heat and aqueous extract of ginger. From studying the effect of heating temperature and time to orange juice at either 40, 45, 50, 55, 60, 65 or 70 °C for either 10 or 15 min, it was shown that heating orange juice at 50 °C for 10 min was optimium condition that affected in reduction of yeast and bacterial populations with flavor acceptance and had minimal change of physico-chemical quality. The optimum concentration of an aqueous extract of ginger for growth inhibition of spoilage microorganisms and the acceptibility of orange juice were studied by adding extract concentrations at 0, 5, 10, 15, 20 and 25 % (v/v). The result showed that 10 % of ginger extract was the optimium concentration because it reduced microbial populations but also produced the product with acceptance from panelists. Both of heating orange juice at 50 °C for 10 min and supplementing with 10% ginger extract for microbial stability was studied. It was found that the processed orange juice had shelf life for 4 days at room temperature whereas fresh orange juice had shelf life for 1 day.The quality of processed orange juice stored at 4 °C, 10 °C and room temperature for 14 days was evaluated. It was found that yeast $1.2x10^2$ CFU/ml and bacteria less than 10 CFU/ml were detected in processed orange juice stored at 10 °C, but they were undetected in orange juice stored at 4 °C. Chemical parameters such as pH, total soluble solid and titrable acidity did not showed any significant change during storage at 4 °C and 10 °C for 14 days. Ascorbic acid breakdown and browning in processed orange juice were observed at all investigated temperatures and increased when storage temperature and time increased.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2545 จากโครงการพัฒนานักวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นจำนวนเงิน 50,000 บาท ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณที่ได้มีส่วนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ธุรการ ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ที่ให้ความสะดวกแก่ผู้วิจัย

(นางสาวลินจง สุขลำภู)
หัวหน้าโครงการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ	30
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	35
สรุปผลการทดลอง	56
ภาคผนวก	63
ประวัติผู้วิจัย	68

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของน้ำส้มสด	35
2	ผลของอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนต่อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำส้มและการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำส้ม	37
3	การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิง	43
4	ผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้ม	44
5	ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสน้ำส้มที่ผสมสารสกัดจากขิงตั้งแต่ร้อยละ 0 - 25	45
6	ผลการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ร่วมกับสารสกัดจากขิงร้อยละ 10 ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน โดยเปรียบเทียบกับน้ำส้มสด	47
7	ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำส้มต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์	49
8	การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน	51

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพตัดขวางแสดงส่วนประกอบของผลส้ม	7
2	การสูญเสียความขุ่นของน้ำส้มเนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส	15
3	โครงสร้างทางเคมีของ Gingerol, Shogaol และ Zingerone	27
4	ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม	39
5	ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนต่อความคงทนของกรดแอสคอบิคในน้ำส้ม	40
6	การเปลี่ยนแปลงความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 วัน	42
7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอบิคในน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง	53
8	การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำส้มโดยพิจารณาจากค่า B value ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน	54

การใช้ความร้อนต่ำร่วมกับสารสกัดจากขิงในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้ม

Combination of Mild Heat and Extract of Ginger for Microbial Stability in orange Juice

ลินจง สุขลำภู

Linchong Suklampoo

ภาควิชาวิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. กรุงเทพฯ 10520

Dept. of Applied Biology, Fac. Of Science, KMITL, Bangkok 10520

คำนำ

ส้มเขียวหวานเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย สามารถให้ผลผลิตออกสู่ตลาดได้ทุกฤดูกาลและเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคกันทั่วไปเนื่องจากมีกลิ่นรสเฉพาะตัวและให้คุณค่าทางโภชนาการสูงเช่นเป็นแหล่งของมีวิตามินซีและเส้นใยอาหารสูง นอกจากนี้การบริโภคในลักษณะที่รวมทั้งเส้นใยและกากก็จะทำหน้าที่เป็นยาระบายอย่างอ่อนๆได้เป็นอย่างดี

ปัจจุบันการแปรรูปส้มเขียวหวานเป็นน้ำส้มคั้นได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะน้ำส้มสด และผู้ประกอบการมักจำหน่ายเป็นน้ำส้มสดบรรจุขวดพลาสติก แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นมักพบว่าน้ำส้มที่ได้มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นาน ซึ่งโดยทั่วไปถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียสสามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 3-4 วันก็จะมีกลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งการเสื่อมเสียของน้ำส้มโดยทั่วไปมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์และการสูญเสียความคงตัวของน้ำส้ม (cloud loss) ในระหว่างการเก็บรักษา

จุลินทรีย์ที่มักเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมเสียในน้ำส้มได้แก่ ยีสต์และแบคทีเรียในกลุ่มแลคติค (Lactic acid bacteria) จุลินทรีย์เหล่านี้มักพบอยู่บริเวณผิวด้านนอกของผลส้มและอาจปนเปื้อนลงไปในน้ำส้มระหว่างกระบวนการเตรียมซึ่งจะมีผลทำให้น้ำส้มมีกลิ่นรสที่ไม่ดี (Murdock, 1977) นอกจากนี้น้ำส้มมักเกิดการสูญเสียความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งมีสาเหตุมาจากเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส (pectinesterase) โดยเอนไซม์นี้จะทำให้เพคตินสูญเสียสภาพที่เป็นคอลลอยด์ (colloid) ในน้ำส้ม มีผลทำให้เกิดการแยกตัวของส่วนที่เป็นน้ำใส (serum) กับส่วนที่เป็นของแข็ง (colud) ซึ่งการสูญเสียความคงตัวของน้ำส้มเป็นคุณลักษณะที่ไม่ต้องการของผู้บริโภค (Goodner และคณะ, 1999)

ในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำผลไม้มักนิยมใช้ความร้อนหรือเติมสารเคมีเช่น กรดเบนโซอิค กรดซอร์บิค และสารจำพวกซัลไฟต์ เป็นต้น เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งการใช้ความร้อน

นอกจากมีผลต่อการลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำผลไม้แล้ว ยังมีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสอีกด้วย แต่การใช้ความร้อนในระดับที่สูงกับน้ำผลไม้มีผลทำให้สูญเสียกลิ่นรสที่ดีไปโดยเฉพาะน้ำส้ม นอกจากนี้การใช้ความร้อนสูงยังทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการด้วยเช่นกัน ส่วนการใช้สารเคมีนั้นถึงแม้จะมีผลในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำผลไม้โดยไม่สูญเสียกลิ่นรสที่ดีไปแต่ส่วนใหญ่มักมีการจำกัดการใช้สารเคมีหรือในบางประเทศไม่ให้การยอมรับการเติมสารเคมีในน้ำผลไม้เนื่องจากอาจเกิดผลข้างเคียงต่อผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่นำเอาเทคโนโลยีของการถนอมรักษาอาหารโดยใช้อุปสรรคทางกายภาพและทางเคมีในการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ (hurdle technology) เช่นการใช้ความร้อน ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำ การใช้อุณหภูมิต่ำในระหว่างการเก็บรักษารวมทั้งการใช้สารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้สภาวะที่รุนแรงเพียงอย่างเดียว เช่นการใช้ความร้อนสูง หรือการใช้สารเคมีในปริมาณมากเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร (Leistner และ Gorris, 1995)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำส้มโดยใช้ความร้อนต่ำร่วมกับสารสกัดจากขิงซึ่งเป็นสารสกัดเครื่องเทศจากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง โดยศึกษาถึงผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการให้ความร้อนที่ระดับต่างๆในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำส้ม ความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงที่เหมาะสมในน้ำส้มโดยที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค รวมทั้งศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำส้มให้นานขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำส้ม โดยใช้วิธีการที่เหมาะสม มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและมีความเป็นไปได้ในสภาพสังคมและเศรษฐกิจปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนที่ระดับต่างๆในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์รวมทั้งศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนต่อคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพและการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำส้ม

2. ศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของน้ำส้มโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ

3. ศึกษาการใช้ความร้อนต่ำร่วมกับสารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

4. ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำส้ม

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พืชตระกลูส้ม (Citrus fruit)

พืชตระกูลส้มสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้ (เปรมปรี, 2537)

1. กลุ่มของส้มจีน ส้มเขียวหวาน (Mandarins group)
2. กลุ่มของส้มเกลี้ยงและส้มตรา (oranges group)
3. กลุ่มของส้มโอและเกรฟฟรุ้ท (Pomelo and Grapefruits)
4. กลุ่มของมะนาว (Common Acid Members group)

สำหรับการปลูกส้มในประเทศไทยสามารถแยกเป็นชนิดและพันธุ์โดยแยกตามกลุ่มส้มได้ดังนี้ (นิด, 2544)

1. ส้มเปลือกล่อน (Mandarin) เป็นส้มที่นิยมปลูกมากที่สุดและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากที่สุด พันธุ์ที่ปลูกประกอบด้วย

1.1 ส้มเขียวหวาน เป็นไม้ผลยืนต้นขนาดกลาง จัดอยู่ในพืชตระกูลส้ม มีชื่อสามัญว่า Mandarin หรือ Tangerine ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata*, Blanco หรือ *C.nobilis*, Anbrews อยู่ในวงศ์ Rutaceae เป็นพวกส้มเปลือกล่อน สามารถปอกเปลือกได้ง่าย ผลเมื่อแก่จัดจะออกสีเหลืองอมเขียว หากปลูกในที่มีความสูงและมีอากาศเย็นจะมีสีเข้มกว่า เนื้อผลมีสีส้ม รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย กลีบแยกออกจากกันได้ง่ายโดยทั่วไปจะมีประมาณ 10-11 กลีบ ผนังกลีบบาง มีรกหรือเส้นใยน้อย นิ่มฉ่ำน้ำและมีเมล็ดน้อย

1.2 ส้มโชกุน เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางเช่นเดียวกับส้มเขียวหวานแต่ลักษณะทรงพุ่มจะโปร่งกว่า ใบจะมีสีเขียวเข้มกว่าส้มเขียวหวาน การแตกของกิ่งและใบจะเป็นลักษณะตั้งขึ้น ขนาดของใบเล็กกว่าส้มเขียวหวานมีกลิ่นหอมคล้ายส้มจีนและพองแกน ลักษณะผลคล้ายส้มเขียวหวานมาก ขนาดผลปานกลาง เปลือกบางกว่าส้มเขียวหวาน ปอกง่าย มีกลิ่นหอม เนื้อผลจะแน่นกว่า ชานนิ่มกว่า ซึ่งถือเป็นข้อดีทำให้มีปริมาณน้ำส้มมาก รสชาติจะอมเปรี้ยว เมื่อสุกผลจะเป็นสีแดงถึงสีเหลือง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งปลูกและอุณหภูมิ นอกจากนี้พบว่าเมื่อเทียบกับส้มเขียวหวานแล้ว ส้มโชกุนจะมีน้ำหนักมากกว่าในผลขนาดที่เท่ากัน

ส้มโชกุนเป็นส้มที่มีรสชาติดีจึงเป็นผลทำให้ราคาผลผลิตดีกว่าส้มเขียวหวานมาก แต่พบว่าส้มที่ปลูกได้ผลดีนั้นสภาพอากาศต้องมีความชื้นที่เพียงพอ เช่นแถบทางภาคใต้ของประเทศ แต่พบว่าในเขตภาคเหนือ ภาคตะวันออกที่มีความชื้นเหมาะสมก็สามารถปลูกได้ผลดีเช่นเดียวกัน

1.3 ส้มฟรีมองต์ เป็นส้มที่มีรสชาติหวานเข้มอมเปรี้ยว ขนาดของผลใกล้เคียงกับส้มเขียวหวานแต่ผลจะทรงแป้นมากกว่า ผิวไม่เรียบ ต่อมน้ำมันห่าง ผิวเป็นสีส้มถึงสีแดง ทรงพุ่มตั้งโปร่ง เมื่อนำไปทำน้ำส้มพบว่ามีรสชาติดีมาก ในปัจจุบันพบปลูกแถบทางภาคเหนือเพราะมีสีผิวดีเป็นที่นิยมของตลาด ส่วนที่ปลูกแถบภาคกลางพบว่าสีจะปนเขียวแต่ในเรื่องของรสชาตินั้นไม่แตกต่างกันมากนัก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าตลาดจะไม่กว้างเท่ากับส้มเปลือกล่อนชนิดอื่น

นอกจากนี้ยังมีส้มจุก เป็นพันธุ์ส้มที่คาดว่าเกิดเองตามธรรมชาติจาก tangerine กับ orange ซึ่งถือเป็นส้มที่มีรสชาติดี มีกลิ่นหอม ลักษณะผลกลมสูง มีจุกชัดเจน เปลือกล่อน มีกลีบ 9-10 กลีบ ผิวผลหยาบมีสีเขียวอมเหลืองเมื่อสุก ผนังกลีบหนาและเหนียว แยกจากกันได้ง่าย เนื้อมีสีเหลืองจาง รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ปัจจุบันพบว่าพื้นที่ปลูกยังมีน้อยและกรมวิชาการเกษตรกำลังทำพันธุ์ปลอดโรคออกมา คาดว่าอนาคตน่าจะเป็นส้มที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจดีตัวหนึ่ง

2. ส้มติดเปลือก (orange) ที่นิยมปลูกมี 2 ชนิด คือ

2.1 ส้มตรา หรือส้มเช้ง มีแหล่งปลูกแถบภาคกลาง ลักษณะผลโตกว่าส้มเขียวหวาน มีสีเขียวอมเหลือง มีทั้งพันธุ์ผิวเรียบและผิวขรุขระ ส่วนใหญ่นิยมปลูกพันธุ์ผิวขรุขระเพราะให้ผลผลิตสูงกว่า รสชาติหวานแหลมเหมาะสำหรับการบริโภคสด

2.2 ส้มเกลี้ยง จัดเป็นส้มที่มีรสชาติอีกชนิดหนึ่ง มีกลิ่นหอม ใช้คั้นเป็นน้ำส้มได้ดี ผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8-10 เซนติเมตร ลักษณะกลมสูง เมื่อแก่มีสีเขียวอมเหลืองคล้ายส้มตรา ผลมี 12 กลีบ เนื้อสีเหลือง รสหวานอมเปรี้ยว ปัจจุบันมีปลูกน้อยมาก

3. ส้มโอ (Pummelo) จัดเป็นส้มที่มีความสำคัญอีกชนิดหนึ่งและสามารถส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศมากกว่าส้มชนิดอื่นในประเทศไทย ส้มโอไทยถือว่าเด่นที่สุดเพราะมีหลายรูปแบบทั้งทรงสูง แป้น มีจุก และเนื้อในผลมีหลายสี เช่น สีขาว สีชมพู สีชมพูอมส้มหรือสีน้ำผึ้ง ตลอดจนมีรสชาติหลากหลายตั้งแต่หวาน หวานอมเปรี้ยว เปรี้ยวอมหวาน เป็นต้น

ส้มโอที่นิยมปลูกมีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกันไปดังนี้

- ขาวน้ำผึ้ง เนื้อจะแห้ง ผลโต รสชาติดีมาก หวานอมเปรี้ยว กลีบแยกจากกันง่าย กลิ่นหอม สีเนื้อคล้ายสีน้ำผึ้ง
- ขาวทองดี จุดเด่นคือ เนื้อสีชมพูอ่อน ตรงกับรสนิยมคนไทย รสชาติหวาน ชานนิ่ม ฉ่ำน้ำ เป็นที่นิยมของผู้บริโภค

นอกจากนี้ยังมีพันธุ์อื่นๆอีก เช่น ขาวพวง ขาวแป้น ท่าข่อย เป็นต้น

4. มะนาว (Lime) เป็นผลไม้สำหรับการประกอบอาหาร ซึ่งบางช่วงพบว่ามีราคาแพงมาก โดยเฉพาะในฤดูแล้ง เป็นพืชตระกูลส้มซึ่งนิยมปลูกทั่วไปและใช้กันทุกครัวเรือน

ส้มเขียวหวาน

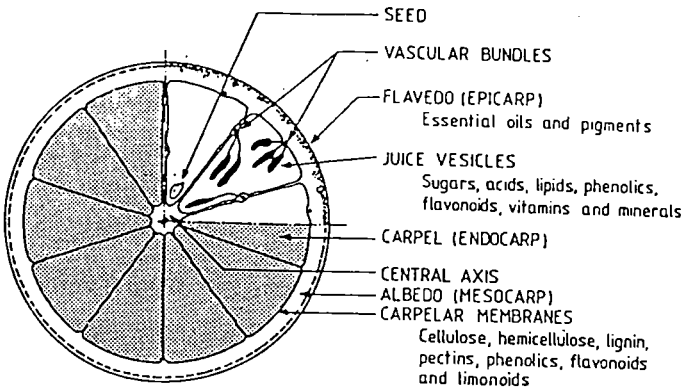
ประวัติของส้มเขียวหวาน

การนำส้มเขียวหวานมาปลูกในประเทศไทยเริ่มมีมาตั้งแต่เมื่อใด ยังไม่มีหลักฐานที่แน่ชัด เชื่อกันว่าได้มีการปลูกส้มเขียวหวานมาประมาณ 100 กว่าปีแล้ว โดยชาวจีนเป็นผู้นำเข้ามาเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2400-2410 และได้แพร่พันธุ์เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันเนื่องจากสภาพดินฟ้าอากาศในประเทศไทยเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของส้มมาก ส้มเขียวหวานที่ปลูกอยู่ทั่วไปพบว่าเป็นชนิดเดียวกันมีลักษณะเหมือนๆกันจนไม่สามารถที่จะแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน จะมีบางต้นที่ปลูกด้วยเมล็ดแล้วเกิดการกลายพันธุ์ทำให้ลักษณะแตกต่างกันไปบ้างเล็กน้อย อีกประการหนึ่งสภาพดินฟ้าที่แตกต่างกันแล้วลักษณะของส้มก็ต่างกันไปดังเช่น ส้มที่ปลูกภาคเหนือจะมีสีเหลืองเข้มและแดงเรื่อๆแต่ส้มที่ปลูกในแถบทางภาคกลางแม้จะสุกดีแล้วก็ยังมีสีเขียวปนอยู่ ส่วนชื่อที่เรียกกันเฉพาะก็เพื่อทราบว่าเป็นพันธุ์อะไร เช่น พันธุ์บางมด ซึ่งปลูกอยู่แถวบางมด บางขุนเทียน หรือพันธุ์แดงหวานที่ปลูกแถวจังหวัดนนทบุรี เป็นต้นและถึงแม้จะนำไปปลูกที่อื่นก็ยังเรียกชื่อพันธุ์เดิมอยู่นั่นเอง

ลักษณะทั่วไปของส้มเขียวหวาน (เปรมปรี, 2537)

ส้มเขียวหวานสามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในเขตร้อนและกึ่งร้อน ต้องการอุณหภูมิสูงสำหรับการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบและต้องการอุณหภูมิช่วงต่ำระยะเวลาหนึ่งในการเจริญเติบโตเพื่อช่วยให้มีการพักตัวก่อนการสร้างตาดอกหรือให้ผลมีคุณภาพดีขึ้น เป็นไม้ผลที่มีทรงพุ่มขนาดกลาง มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 4-8 เมตร ทรงพุ่มแน่นทึบ ใบมีขนาดเล็กบาง ดอกเดี่ยวขนาดเล็กสีขาว ผลจัดเป็นแบบ berry ชนิดพิเศษที่เรียกว่า hesperidium ผลมีรูปทรงกลม แป้นเล็กน้อยคือมีส่วนกว้างของผลมากกว่าส่วนสูง ฐานผลกลมมนด้านล่างเป็นแอ่งตื้น โดยทั่วไปจะไม่มีจุกที่ขั้วผล นอกจากบางพันธุ์ที่อาจพบมีจุกเล็กๆที่ขั้วผล ผิวผลเรียบ เปลือกบางซึ่งมีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร มีต่อมน้ำมันอยู่ตามเปลือกเป็นจำนวนมาก ผิวส่วนของเปลือกผลที่หุ้มอยู่แบ่งแยกได้ 3 ชั้น (ภาพที่ 1) คือ ชั้นนอกสุด (exocarp:flavedo) มีสีเขียวเนื่องจากมีเม็ดสีของคลอโรฟิล และจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีส้มของเม็ดสีแซนโธฟิลล์และแคโรทีนเมื่อสุก ถัดเข้ามาเป็นเปลือกชั้นกลาง (mesocarp : albedo) ส่วนนี้ไม่มีสี มีส่วนประกอบเป็นพวกเพคติน ไกลโคไซด์ วิตามินซี และน้ำตาล ด้านในสุดเป็นเปลือกชั้นใน (endocarp : rag) ลักษณะเป็นเยื่อโปร่งใสหุ้มรอบช่องของรังไข่หรือกลีบของผลส้ม

เห็นเป็นขนจากผนังชั้นในของช่องรังไข่จำนวนมากมาย และมีน้ำบรรจุอยู่ภายใน ดังนั้นเปลือกชั้นในจึงเกิดลักษณะของถุงน้ำ (pulp vesicles) เรียกว่า กุ้ง (juice sac) เป็นส่วนของผลที่นำมารับประทานได้ ส่วนประกอบของน้ำภายในตัวกุ้งจะเป็นน้ำตาลและกรด ซึ่งส่วนมากเป็นกรดน้ำส้ม (citric acid)



ภาพที่ 1 ภาพตัดขวางแสดงส่วนประกอบของผลส้ม
ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Nagy และคณะ (1977)

<u>แหล่งปลูกส้มเขียวหวาน</u>

แหล่งปลูกส้มเขียวหวานของประเทศที่สำคัญคือ ภาคเหนือที่น่าน แพร่ สุโขทัย ลำพูน เชียงใหม่ ภาคกลางที่ปทุมธานี กรุงเทพ สระบุรี ภาคตะวันออกที่ตราด จันทบุรี นครนายก ภาคตะวันตกที่สมุทรสาคร นครปฐม ราชบุรีและภาคใต้ที่นครศรีธรรมราช สงขลา สุราษฎร์ธานี ยะลา เป็นต้น ซึ่งผลผลิตที่ได้นอกจากจะใช้บริโภคภายในประเทศ ยังมีการส่งออกไปขายยังต่างประเทศอีกด้วย ในปัจจุบันส้มในเขตบางมดและบางขุนเทียนกำลังจะหมดไปเนื่องจากความเจริญด้านที่อยู่อาศัยและโรงงานอุตสาหกรรมเข้าไปแทนที่ ประกอบกับเขตดังกล่าวกำลังมีปัญหาเรื่องน้ำและน้ำเค็มมีมากขึ้น เกษตรกรจึงได้เปลี่ยนพื้นที่ไปยังเขตรังสิต ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความได้เปรียบกว่าเขตบางมดและบางขุนเทียน นอกจากนี้แล้วสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้มีการจัดทำแผนเพื่อพัฒนาหาแหล่งผลิตแห่งใหม่เพื่อทดแทนแหล่งปลูกเดิมในเขตรอบกรุงเทพฯที่กำลังจะหมดไป โดยได้หาพื้นที่แห่งใหม่ในเขตจังหวัดใกล้เคียงกรุงเทพฯ ซ่น สิงห์บุรี ชัยนาท อ่างทองและราชบุรี เป็นต้น

คุณค่าทางโภชนาการของส้มเขียวหวาน

ส้มเขียวหวานเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ดังข้อมูลจากการวิเคราะห์ของกองโภชนาการกรมอนามัย ที่พบว่าจากส่วนของผลส้มที่รับประทานได้จำนวน 100 กรัม จะมีปริมาณอาหารต่างๆ ดังนี้

คารโบไฮเดรต	9.9	กรัม
โปรตีน	0.6	กรัม
ไขมัน	0.2	กรัม
แคลเซียม	31	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	18	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	4,000	หน่วยสากล
วิตามินซี	18	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.04	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.05	มิลลิกรัม
เส้นใย	0.2	กรัม
ความชื้น	88.7	กรัม
แคลอรี่	44	หน่วย

น้ำผลไม้ (ทนง, 2534)

น้ำผลไม้ คือ ของเหลวที่สกัดได้จากผลไม้ ที่ใช้บริโภคโดยใช้แรงหรือวิธีการเชิงกลอื่นๆ ซึ่งน้ำผลไม้จะมีความหลากหลายทั้งในเรื่องรสชาติและสีสัน นอกจากจะดื่มเพื่อดับกระหาย คลายร้อนแล้ว ก็ยังดื่มเพื่อสุขภาพ มีหลายคนตื่นตัวในเรื่องสุขภาพแล้วหันมาดื่มน้ำผลไม้กันมากยิ่งขึ้น ผลไม้ที่มีความสด ใหม่ จึงจะได้คุณค่าอาหารและรสชาติที่ดี องค์ประกอบของน้ำผลไม้จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่คือมีประมาณร้อยละ 82-90 นอกจากนั้นพบสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส ฟรุคโตสและกลูโคสประมาณร้อยละ 10-16 กรดที่พบในน้ำผลไม้จะมีบทบาทสำคัญต่อรสชาติเช่น กรดซิตริก กรดมาลิก ซัคซินิก ส่วนกรดทาร์ทาริคเป็นกรดที่พบในองุ่นเป็นต้น สำหรับในเรื่องกลิ่นของผลไม้ต่างๆ แล้วผลไม้แต่ละอย่างจะมีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งเรียกว่าสารเอสเทอร์ เช่น เมทธิวบิวไทเรท จะมีมากในสับปะรด เอสเซนเชียลออย (essential oil) มีมากในผลไม้ตระกูลส้ม มะนาว สารตัวนี้จะอยู่ตามผิวของผลไม้

ด้วยความอุดมสมบูรณ์ของผลไม้นานาชนิดในบ้านเรา นิยมกันมากสำหรับการบริโภคสด และนอกจากจะกินสดแล้วยังสามารถนำมาดัดแปลงทำเป็นน้ำผลไม้ด้วยวิธีง่ายๆได้อีกด้วย น้ำผลไม้จะเพิ่มความกระชุ่มกระชวยดับกระหาย คลายร้อน แล้วยังมีวิตามิน เกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด เช่นวิตามินเอ ซี และอี ที่มีคุณสมบัติเป็นตัวแอนตี้ออกซิแด้นท์ ช่วยป้องกันโรคอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ก็ยังมีแร่ธาตุต่างๆ อีกด้วย การดื่มน้ำผลไม้คั้นจะได้คุณค่าอาหารใกล้เคียงกับผลไม้สด อาจหายไปบ้างในบางอย่างโดยเฉพาะวิตามินซี ซึ่งจะสูญเสียได้ง่ายกว่าวิตามินชนิดอื่นๆแต่จะได้คุณค่าของเอ็นไซม์เข้ามาแทนที่ซึ่งมีหน้าที่สร้างภูมิคุ้มกันโรคให้กับร่างกาย เพราะขณะคั้นผลไม้เพื่อเอาน้ำ หรือปั่นเพื่อให้ส่วนผสมเข้ากัน

ประเภทของน้ำผลไม้

น้ำผลไม้ที่คั้นออกมาได้นั้นจะมีลักษณะสีสันและรสชาติแตกต่างกันไป น้ำผลไม้ที่คั้นออกมาใหม่ๆเกือบทุกชนิดจะมีลักษณะขุ่นและอาจมีเนื้อผลไม้ปนอยู่ แต่ในส่วนของผู้บริโภคนั้นนิยมบริโภคน้ำผลไม้แต่ละชนิดที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งอาจแบ่งชนิดของน้ำผลไม้จากลักษณะปรากฏออกเป็นกลุ่มดังนี้

1. น้ำผลไม้ชนิดใส (Clear clarified juices) น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้จะมีลักษณะใส ไม่มีส่วนของเนื้อผลไม้ปะปนอยู่เช่น น้ำองุ่น น้ำแอปเปิ้ล เป็นต้น
2. น้ำผลไม้ชนิดขุ่นเล็กน้อย (light could juice) น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้จะมีลักษณะขุ่นเล็กน้อยไม่ใสเหมือนกลุ่มแรก เช่น น้ำสับปะรด น้ำฝรั่ง เป็นต้น
3. น้ำผลไม้ชนิดขุ่นมาก (Heavy cloud juice) น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้จะมีความขุ่นมากและอาจมีชิ้นส่วนของเนื้อผลไม้ปะปนอยู่ด้วย เช่น น้ำส้ม น้ำเกรฟฟรุต เป็นต้น
4. น้ำผลไม้ที่มีความข้นหนืด (Pupy juice) เป็นน้ำผลไม้ที่มีลักษณะข้น มีความหนืดกว่าน้ำผลไม้ 3 กลุ่มแรก เช่น น้ำมะเขือเทศ เป็นต้น
5. เนคตาร์ (Nectars) หรือ น้ำผลไม้เทียม (pseudo juice) น้ำผลไม้ชนิดนี้เตรียมมาจากการนำเอาผลไม้ที่มีเนื้อแห้งไม่ฉ่ำน้ำเอามาบดให้ละเอียด เติมน้ำหรือน้ำเชื่อมจนมีความหวานและความหนืดที่เหมะสม บางครั้งอาจมีการเติมกรดลงไปด้วยเพื่อเพิ่มรสชาติ ผลไม้ที่นิยมนำมาทำเนคตาร์ เช่น พีช แอปริคอช เป็นต้น

แต่ถ้าแบ่งน้ำผลไม้ตามปริมาณของแข็งในน้ำผลไม้อาจแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้คือ

1. เครื่องดื่มน้ำผลไม้ (Fruit drinks หรือ beverages) ได้จากการนำเอาน้ำผลไม้มาเจือจางด้วยน้ำ แล้วเติมน้ำตาล กรด เพื่อปรับปริมาณของแข็งและรสชาติตามต้องการ บางครั้งอาจมีการอัดกาซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปด้วย
2. น้ำผลไม้ (single strength juice) เป็นน้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้นน้ำผลไม้โดยตรงไม่ได้ผ่านการทำให้เข้มข้นหรือเจือจาง เช่น น้ำมะเขือเทศ น้ำผลไม้ตระกูลส้ม น้ำสับปะรด น้ำแอปเปิ้ล น้ำองุ่น เป็นต้น
3. น้ำผลไม้เข้มข้น (concentrated juice) เป็นน้ำผลไม้ที่ถูกนำไปผ่านกระบวนการแยกน้ำออกไปบางส่วน น้ำผลไม้ทุกชนิดสามารถนำมาทำให้เข้มข้นได้ที่นิยมมากได้แก่น้ำผลไม้ตระกูลส้ม น้ำองุ่น น้ำสับปะรด น้ำแอปเปิ้ล เป็นต้น

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้โดยทั่วไปสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

1. การคัดเลือกและการล้าง

การคัดเลือกผลไม้ก่อนนำมาทำน้ำผลไม้มีความจำเป็นมาก ทั้งนี้เพื่อให้ได้น้ำผลไม้ที่มีคุณภาพสูงและมีความสม่ำเสมอ ผลไม้ส่วนใหญ่มักมีสิ่งสกปรกปะปนมาเสมอ ดังนั้นเมื่อได้ผลไม้มาแล้วควรจะนำมาล้างให้สะอาดเพื่อกำจัดหรือลดสิ่งปนเปื้อน ยาฆ่าแมลงที่หลงเหลืออยู่รวมทั้งปริมาณของจุลินทรีย์ ซึ่งการล้างอาจใช้วิธีล้างด้วยมือ การแช่น้ำในน้ำสะอาดหรือใช้วิธีฉีดด้วยน้ำที่มีแรงดันสูงๆ สำหรับประสิทธิภาพของการล้างขึ้นอยู่กับปริมาณที่ใช้และความดันของน้ำที่ฉีดนอกจากนี้การล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนจะสามารถลดจุลินทรีย์ได้มากกว่าการล้างด้วยน้ำเปล่า ซึ่งปริมาณคลอรีนที่ใช้ประมาณ 20-25 ppm ผสมน้ำในการล้าง

2. การเตรียมและการสกัดน้ำผลไม้

ผลไม้บางชนิดอาจต้องมีการกำจัดเปลือกออกก่อนการตีป่น เช่นสับปะรดจะมีการปอกและกำจัดตาออก ทั้งนี้เพื่อป้องกันการปะปนของตาลงไปในน้ำผลไม้ นอกจากนี้ผลไม้ที่มีสีเข้มและต้องการรักษาสีไว้ให้คงอยู่ในน้ำผลไม้ตามธรรมชาติ เช่นองุ่นดำ มะเขือเทศ อาจต้องนำไปลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 65-68 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-15 นาที ก่อนที่จะนำไปคั้น ส่วนผลไม้ที่เกิด

ปฏิริยาสีน้ำตาลได้ง่ายอาจต้องทำการป้องกันการเกิดปฏิกิริยานี้โดยนำเอาผลไม้มาปอกเปลือกแล้วนำไปผ่านการลวก หรือนำเอาผลไม้ไปผ่านการลวกก่อนแล้วจึงปอกเปลือกก็ได้ อุณหภูมิที่ใช้ในการลวกประมาณ 93 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาทีตามด้วยการเติมกรดซิตริก

การสกัดน้ำผลไม้มักมีกระบวนการต่อเนื่อง 2 กระบวนการคือ การตีป่นและการคั้น แต่อาจมีข้อยกเว้นสำหรับผลไม้บางชนิดเช่น องุ่น ส้ม ไม่จำเป็นต้องตีป่น สามารถคั้นได้โดยตรง ในขณะที่ผลไม้ส่วนใหญ่มีเนื้อมากๆอาจต้องผ่านการตีป่นเสียก่อน เช่นสับปะรด เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้มากขึ้นทำให้สามารถสกัดน้ำผลไม้ได้มากขึ้น และในการสกัดของเหลวจากเนื้อผลไม้ทำได้โดยการคั้นซึ่งมีอยู่หลายวิธี วิธีที่ง่ายที่สุดได้แก่ใช้ผ้าขาวบางห่อแล้วใช้ไม้แบนๆกดทับเอาไว้ ซึ่งผ้าขาวบางที่ใช้ควรเป็นพวกไนลอน ซึ่งมีความทนทาน บาง เบาและแข็งแรง สะดวกต่อการทำความสะอาด ในโรงงานขนาดเล็กมักคั้นด้วยเครื่องกดแบบ Basket press ซึ่งนิยมใช้กับผลไม้ที่มีน้ำมากๆ เช่น องุ่น ส่วนโรงงานใหญ่ๆมักใช้เครื่องบีบอัดแบบ Hydraulic press ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสกัดและสามารถสกัดน้ำผลไม้ได้ปริมาณมาก แต่ถ้านำผลไม้ที่สุกเกินไปมาคั้นด้วยเครื่องนี้ กากที่ติดกับผ้าไนลอนหลังจากการคั้นจะกำจัดได้ยาก ดังนั้นจึงควรใช้สารช่วยกรอง (Filter aid) เช่น diatomaceous earth โดยโรยให้ทั่วผ้าไนลอนก่อนที่จะคั้นซึ่งจะทำให้ได้น้ำผลไม้ที่ใสและมีปริมาณมากขึ้น กากจะไม่ติดกับเนื้อผ้า

ปกติการสกัดน้ำผลไม้มักจะกระทำในสภาวะปกติคือที่อุณหภูมิห้องแต่ในบางครั้งก่อนการสกัดอาจต้องให้ความร้อนก่อนเช่น องุ่น ถ้าหากให้ความร้อนก่อนการสกัดประมาณ 60-65 องศาเซลเซียสจะช่วยให้การสกัดสีดีขึ้น หรืออาจมีการปฏิบัติอื่นๆเช่น การใช้เอนไซม์เพคตินอล (pectinol) เพื่อย่อยสารเพคติน โดยการเติมเอนไซม์ลงไปแล้วทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับที่ระดับที่เหมาะสเช่น 50 องศาเซลเซียส จากนั้นคนให้ทั่วแล้วทิ้งไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมงหรืออาจทิ้งไว้ข้ามคืนแล้วจึงสกัด ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ได้ของเหลวเพิ่มขึ้น ง่ายต่อการกรองและการทำให้ใสอีกทั้งยังช่วยสกัดสีออกมาได้มากขึ้นอีกด้วย

ความขุ่นของน้ำผลไม้

น้ำผลไม้และเครื่องดื่มหลายชนิดรวมถึงผลิตภัณฑ์จากน้ำผลไม้ตระกูลส้มจะมีลักษณะที่ขุ่นเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่เป็น cloudy products ความขุ่นของน้ำผลไม้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้น้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนสี และกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสได้ โดยทั่วไปน้ำผลไม้มีคุณลักษณะที่เรียกว่า biphasic systems คือจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นของเหลว (liquid phase) โดยทั่วไป

เรียกว่า ซีลัม (serum) และส่วนที่เป็นของแข็ง (solid phase) ซึ่งในน้ำผลไม้ประเภทน้ำส้มเราเรียกส่วนที่เป็นของแข็งว่า ความขุ่น (cloud) มีขนาดประมาณ 0.4-0.5 ไมโครเมตร

ปกติส่วนที่เป็นน้ำผลไม้จะอยู่ในส่วนที่เรียกว่า juice cell ซึ่งเป็นส่วนที่สะสมอาหารของเซลล์พืช โดยน้ำผลไม้ที่อยู่ใน juice cell จะมีลักษณะใส ไม่มีลักษณะขุ่น แต่เมื่อผลไม้นั้นถูกบีบคั้นในระหว่างการแปรรูปส่วนที่เป็นโมเลกุลชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจากออร์กาเนล (organelles) และไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ของ juice cell จะกระจายและรวมตัวอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำผลไม้ รวมทั้งเมมเบรนและเพคติน ซึ่งทั้งหมดจะอยู่รวมกันในลักษณะที่เป็น colloidal suspension ทำให้น้ำผลไม้ตระกูลส้มเกิดลักษณะที่เรียกว่า cloud หรือความขุ่น (Scott และคณะ, 1965) สำหรับองค์ประกอบที่ทำให้น้ำผลไม้ขุ่นที่พบตามธรรมชาติยังไม่เป็นที่ทราบอย่างแน่ชัดแต่จากการศึกษาของผู้วิจัยหลายท่าน พบว่าความขุ่นของน้ำผลไม้เกิดจากสารประกอบที่มีอยู่ในเซลล์พืช ซึ่งเป็นสารพวกไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ได้แก่ แทนนิน เพคติน แป้ง เจลาติน กัม โปรตีนจากผลไม้ซึ่งมีอยู่ในพืชหลายชนิด นิวเคลียส และองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่สารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ มีลักษณะเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่และเกิดการแขวนลอยในน้ำผลไม้ได้ นอกจากนี้สารประกอบจำพวกฟีนอลิคที่พบในน้ำผลไม้และเป็นสาเหตุของความขุ่นมี 4 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ กลุ่ม cinnamic acid และอนุพันธุ์ กลุ่ม flavan และ flavanol กลุ่ม glycoside dihydrochalcone และ glycoside กลุ่ม condensed tannin (Wakayama และ Lee, 1987) นอกจากนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซีสของเอ็นไซม์ที่ย่อยสลายเพคติน เช่น pectinemethylesterase ในสารประกอบที่แขวนลอยเหล่านั้นอาจจะเป็นสารที่เป็นน้ำมัน ไขมัน สารที่ให้สีจากผิวผลไม้หรือเนื้อผลไม้ (Tressler และ Joslyn, 1961) ปริมาณที่พบจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ด้วย

สำหรับองค์ประกอบของน้ำส้มประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่เป็นอนุภาคขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดสับไมครอน เช่นเซลล์ ผนังเซลล์ ซึ่งประกอบไปด้วย เพคติน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เม็ดน้ำมัน ได้แก่ ดี-ลิโมนินและสารอื่นๆ อย่างเทอร์พีน เช่น เจราเนียล และเนอรัล ซึ่งได้มาจากเปลือกของส่วนน้ำมัน และ ผลึกฟลาโวนอยด์ น้ำส้มที่มีความขุ่น จะมีโปรตีนร้อยละ 52 เพคตินร้อยละ 4.5 ไขมันร้อยละ 25 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 2 เซลลูโลสร้อยละ 1.5 ไนโตรเจนร้อยละ 5.7 และเถ้าร้อยละ 2

กลไกการเกิดความขุ่นของน้ำผลไม้

กลไกการเกิดความขุ่นของน้ำผลไม้เกิดจากอนุภาคที่แขวนลอยซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ที่ชอบน้ำปรากฏในน้ำผลไม้ประกอบด้วยอนุภาคแขวนลอยที่สำคัญอยู่รอบๆ เป็นชั้นของน้ำที่ถูกดูดซับและประจุที่อยู่รอบๆ โดยการเลือกอิออนที่ถูกดูดซับและประจุที่อยู่รอบๆโดยการแตกตัวเป็นหมู่คาร์บอนิลอิสระ เช่น โปรตีน ชั้นของน้ำที่ถูกดูดซับและประจุไฟฟ้าป้องกันอนุภาคจากการรวมตัวในบริเวณใหญ่ที่มีการรวมตัวและการตกตะกอน การดูดซับ การแตกตัวเป็นอิออน และธรรมชาติของปฏิกิริยากับอนุภาคที่แขวนลอยอื่นที่มีผลต่อความคงตัว ส่วนการรวมตัวและการตกตะกอนอาจมีผลจากการทำให้ประจุทางไฟฟ้าเป็นกลาง โดยวิธีการทำแห้ง และเกิดการสูญเสียพื้นผิวหน้าโดยการให้ความร้อนในอนุภาคคอลลอยด์หนึ่ง ซึ่งอาจจะมีผลกับอนุภาคอีกอนุภาคหนึ่ง ทำได้โดยการกระตุ้นและการทำให้เกิดการตกตะกอนโดยใช้สารที่มีประจุไฟฟ้า (eletrolyte) หรืออีกทางหนึ่งที่สามารถป้องกันหรือทำให้อนุภาคมีความสเถียร หรือถ้าอนุภาคแขวนลอยที่มีประจุตรงข้ามอยู่รวมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม ประจุแต่ละประจุอาจจะตกตะกอนซึ่งกันและกัน และสามารถกำจัดตะกอนออกไปได้ (Tressler และ Joslyn, 1961)

การสูญเสียความขุ่นของน้ำผลไม้

เนื่องจากความขุ่นเป็นลักษณะเฉพาะตัวที่สำคัญของน้ำส้มและน้ำผลไม้พร้อมดื่มบางชนิด ซึ่งปริมาณความขุ่นจะเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำผลไม้ การสูญเสียความขุ่นเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของเพคตินที่อยู่ภายในเซลล์ของผลไม้ เนื่องจากเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส (pecticnesterase) (PE) มีผลทำให้เกิดการแยกตัวของซีรัม ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นน้ำใสกับส่วนที่เป็นของแข็ง การสูญเสียความขุ่นเป็นคุณลักษณะที่ไม่ต้องการในน้ำผลไม้ชนิดขุ่น เช่น น้ำผลไม้ตระกูลส้ม

<u>เอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส</u> (Pectinesterase)

เอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสเป็นเอนไซม์ที่มีผลต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ตระกูลส้ม พบบริเวณเนื้อเยื่อของผลไม้ ถุงน้ำ (juice pulp) และ เปลือกชั้นใน (rag membrane) โดยเฉพาะในถุงน้ำจะพบเอนไซม์นี้ ถึงร้อยละ 75 ของปฏิกิริยาทั้งหมดของเอนไซม์ (Rouse, 1953) แต่จะไม่พบในส่วนที่เป็นน้ำผลไม้ เอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสมี isoenzymes หลายชนิดมีทั้งชนิดที่ทนความร้อนสูง และชนิดที่ไม่ทนความร้อน (Versteeg และคณะ, 1980) ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสจะมีผลต่อน้ำส้มที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน ซึ่งการทำงานของเอนไซม์นี้จะเกี่ยวข้องกับ

สารตั้งต้น (substrate) ที่มีอยู่ในน้ำส้ม ซึ่งได้แก่ เพคติน (pectin) ทำให้ได้เมธานอล และกรดเพคติค ในสภาวะเช่นนี้จะมีผลทำให้สูญเสียความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้ม สำหรับการวัดปฏิกิริยาของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเอนไซม์และสารตั้งต้น สภาวะที่เหมาะสมของ pH และอุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งปฏิกริยาของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสในน้ำส้มสดจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้น จึงมีความสำคัญที่จะต้องยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้ โดยการให้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรส์อย่างรวดเร็วหลังจากการสกัดน้ำผลไม้ หรือในขั้นตอนสุดท้ายในการทำผลิตภัณฑ์

Rothschild และ Karsenty (1974) พบว่าความคงตัวของความขุ่นของน้ำส้ม เกรฟฟรุต น้ำมะนาว เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคติเนสที่เหลืออยู่ ความเป็นกรดและความเข้มข้นของน้ำผลไม้ และพบว่าเมื่อเก็บรักษาน้ำผลไม้ที่มีอัตกิริยาของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสร้อยละ 5 หรือต่ำกว่าสามารถเก็บรักษาได้หลายเดือนโดยที่น้ำผลไม้ยังมีความคงตัว แต่ถ้าน้ำผลไม้นั้นมีปฏิกิริยาของเอนไซม์สูง (1– 2 unit) พบว่าความคงตัวของความขุ่นจะเกิดขึ้นไม่นาน นอกจากนี้การสูญเสียความขุ่นยังขึ้นอยู่กับสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids), pH และ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (Baker และ Cameron, 1999)

<u>เพคติน</u> (Pectin)

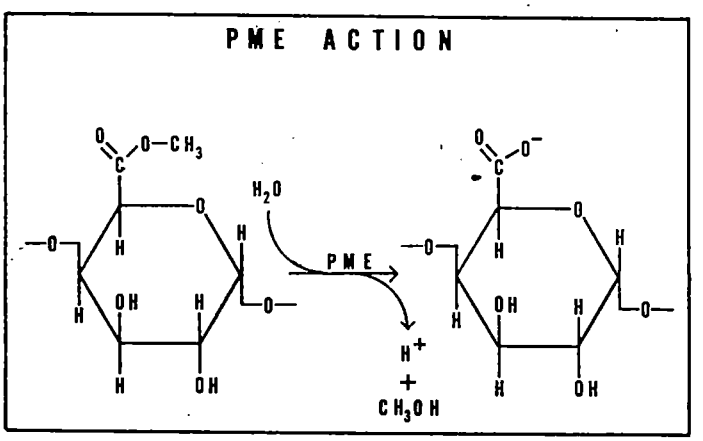
เพคตินเป็นสารจำพวกโพลีเมอร์ที่ประกอบไปด้วยหน่วยย่อยของ α - 1, 4 – linked D – galactorunic acid นอกจากนั้นพบน้ำตาลชนิด L – arabinose, D – galactose และ L – rhamnose เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลด้วย โดยที่หน่วยย่อยของ galactaronic acid จะไปทำปฏิกิริยา esterified กับ methanol แหล่งของเพคตินจะพบในส่วนของเปลือกชั้นกลาง(mesocarp) และส่วนของเปลือกชั้นใน(endocarp) ซึ่งเป็นส่วนที่รับประทานได้ของผลไม้ตระกูลส้ม และเมื่อผลไม้ตระกูลส้มผ่านกระบวนการสกัดเป็นน้ำผลไม้ บางส่วนของเพคตินจะถูกทำให้แตกกระจายและจะกระจายตัวอยู่ในส่วนของซีรัมโดยจะอยู่รวมกับอนุภาคเล็กๆ ที่กระจายตัวอยู่ในซีรัมเป็นส่วนของของแข็งหรือ cloud โดยร้อยละ 60 ของ cloud pectin จะเป็นสารที่ละลายได้ซึ่งจะอยู่ร่วมกับ cloud proteinร้อยละ 25 – 30 เป็นcalcium pectateร้อยละ 25-30 และเป็น protopectin ร้อยละ15 (Klavons และคณะ,1994)

เพคตินในน้ำผลไม้ทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัวในสภาพที่เป็นคอลลอยด์ ทำให้น้ำผลไม้มีคุณลักษณะมีเนื้อสัมผัส (body) นอกจากนั้นยังมีบทบาทเป็นตัวกระจายความขุ่นในน้ำผลไม้ (cloud) ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นไขมัน (lipids), สารจำพวกเทอร์ปีน (terpens), โปรตีน (protien) และสารจำพวกโพลีแซคคาไรส์ (polysaccharide) (Scott และคณะ, 1965)

Klavons และคณะ (1991) พบว่า cloud protein ที่ไม่ละลายน้ำมีความสำคัญต่อการไม่คงตัวของ haze ซึ่งมีผลต่อการสูญเสียความขุ่นในน้ำผลไม้ นอกจากนั้นพบว่า Hesperidin มีผลต่อความคงตัวของความขุ่น จากการศึกษาของ Rouse และ Atkins (1952) พบว่า ความขุ่นจะยังคงสภาพอยู่ได้ถ้ามีการป้องกันการทำลายเพคตินที่มีอยู่ในธรรมชาติของน้ำส้มคั้นจากการเข้าจับและการย่อยสลายโดยเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส

กลไกการสูญเสียความขุ่นของน้ำส้ม

กลไกการสูญเสียความขุ่นที่เกิดจากเอนไซมเพคตินเอสเทอเรสเริ่มจากการที่เอนไซม์ดึงเอาหมู่เมทธิลออกจากเพคตินที่ละลายน้ำ โดยแยกเมทิลเอสเทอร์ได้เป็นเมทานอลกับกรดอิสระ (ภาพที่ 2) เมื่อระดับของเอสเทอร์มีปริมาณถึงจุดวิกฤติ ไอออนที่มีประจุบวกสอง เช่น แคลเซียมจะสามารถเชื่อมโยงกรดอิสระให้เข้ากับกรดอิสระตัวอื่นๆ ที่อยู่ใกล้กันกับโมเลกุลของเพคติน การเชื่อมโยงนี้จะไปทำให้น้ำหนักของสารประกอบมีมากขึ้นและเกิดการตกตะกอนซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความใสหรือสูญเสียความขุ่นนั่นเอง ดังนั้นการสูญเสียความขุ่นในน้ำผลไม้ขึ้นอยู่กับกรดเพคติคและไอออนที่มีประจุบวกสองเช่น Ca^{+2}



ภาพที่ 2 การสูญเสียความขุ่นของน้ำส้มเนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส
ที่มา : Holland และคณะ (1976)

ได้มีการนำเอาเทคโนโลยีต่างๆเข้ามาใช้เพื่อป้องกันการสูญเสียความขุ่นในน้ำส้ม เช่น การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 88-93 องศาเซลเซียสเป็นเวลา40 วินาที หรือใช้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 1 นาทีเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส (Cameron และคณะ, 1998) ได้มีรายงานว่าอุณหภูมิที่ใช้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสชนิดที่ทนความร้อนสูงประมาณ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสูงกว่าอุณหภูมิที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ประมาณ 10 –15 องศาเซลเซียส โดยเอนไซม์ชนิดนี้จะมีประมาณร้อยละ 10 ของอัตกิริยาที่เกิดจากเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสทั้งหมดและมีชนิดที่ไม่ทนความร้อนประมาณร้อยละ 80 – 90 ของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสทั้งหมด โดยที่เอนไซม์จะอยู่ร่วมกับอนุภาคที่ไม่ละลายน้ำในน้ำผลไม้ (Braddock, 1999) อย่างไรก็ตามพบว่าไอโซไซม์ ชนิดที่ไม่ทนต่อความร้อนนี้ค่อนข้างที่จะไวต่อการยับยั้งที่ความเป็นกรดด่างต่ำ (Sun และ Wicker, 1996)

นอกจากนั้นมีรายงานการใช้อุณหภูมิต่ำเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสโดยทั่วไปใช้วิธีการแช่แข็งน้ำส้มหรือการใช้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ต่ำในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส (Owusu-Yaw และคณะ, 1988) หรือการใช้วิธีการทำให้เกิดการแตกตัวของสับสเตรทของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสโดยใช้เอนไซม์เพคตินไลเอส (pectin lyase) หรือโพลีกาแลคทูโรเนส (polygalacturonase)(Baker และ Bruemmer, 1972) นอกจากนั้น Castaldo และคณะ (1991) ได้ศึกษาการป้องกันการสูญเสียความขุ่นในน้ำส้มโดยใช้สารสกัดที่ได้จากผลกีวีที่เรียกว่า Proteic inhibitor ซึ่งเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส

Goodner และคณะ (1999) ได้ศึกษาความคงตัวของน้ำส้มสดโดยใช้กระบวนการความดันสูง (High pressure) พบว่ายิ่งใช้ความดันสูงขึ้นและใช้ระยะเวลาของกระบวนการนานขึ้นยิ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียความขุ่น โดยที่การใช้ความดัน 700 Mpa และใช้ระยะเวลา 1 นาที สามารถเก็บรักษาน้ำส้มภายใต้อุณหภูมิแช่เย็นได้ 90 วัน นอกจากนั้น Arreola และคณะ (1991)ได้ศึกษาการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสในน้ำส้มโดยใช้วิธีการ Supercritical carbondioxide ซึ่งจากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าคุณภาพทางด้านสีและความขุ่นของน้ำส้มที่ใช้วิธีการ supercritical carbondioxide มีคุณภาพที่ดีกว่าน้ำส้มที่ไม่ได้ผ่านการใช้วิธีการนี้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นรสของน้ำผลไม้

ผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดมักเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีที่เข้มหรือคล้ำมากขึ้นหรือกลายเป็นสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาอันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาทั้งแบบที่มีเอนไซม์และไม่มีเอนไซม์ (enzymatic and nonenzymatic browning) การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวมีความสำคัญต่อคุณภาพอาหาร ซึ่งอาจทำให้อาหารมีคุณภาพดีขึ้นหรือเลวลงได้

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Maillard reaction) การเปลี่ยนสีเป็นผลมาจากปฏิกิริยาหมู่คาร์บอนิล (carbonyl group) และหมู่อะมิโนที่เป็นอิสระ ซึ่งนำไปสู่การเกิดเม็ดสีน้ำตาลของเมลานอยดิน (melanoidin) ซึ่งการเกิดปฏิกิริยานี้เป็นการจำกัดอายุการเก็บของน้ำผลไม้ นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลอาจเป็นผลมาจากการเสื่อมสลายของน้ำตาลเองหรือเกิดจากกรดแอสคอร์บิด (ascorbic acid) ถูกออกซิไดส์ไปเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิค (dehydroascorbic acid) แล้วทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนได้สารสีน้ำตาลโดยปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Sapers, 1993) การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาแบบไม่ใช้เอนไซม์นอกจากจะทำให้เกิดสีที่ไม่ต้องการแล้วยังส่งผลให้เกิดการทำลายสารอาหารเช่น กรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acids) วิตามินซี (ascorbic acid) เป็นต้น และการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์จะเกิดขึ้นมาน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเช่น สารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด หรือวิตามินซี ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจน เวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษา เป็นต้น

โดยทั่วไปการเกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของน้ำผลไม้ตระกูลส้ม เป็นผลมาจากการเสื่อมสลายของวิตามินซีที่ไม่ได้เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งการเปลี่ยนแปลงแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) และกรดอะมิโน (amino acid) ในน้ำผลไม้และมีผลทำให้เกิดเม็ดสีน้ำตาล (brown pigment) นอกจากนี้การใช้อุณหภูมิสูงและเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่นานก็อาจเป็นสาเหตุชักนำให้เกิดการเปลี่ยนสีน้ำตาล ได้มีการตรวจหาสาร furfuraldehyde ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการเสื่อมสลายของวิตามินซี ในวิถีการเกิดการเปลี่ยนสีน้ำตาลและสารประกอบที่ระเหยได้จำพวกคาร์บอนิลซึ่งมักพบในผลิตภัณฑ์ก่อนเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสีน้ำตาล

ส่วนการเกิดการเปลี่ยนสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมักเกิดจากออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำผลไม้ก่อนที่จะถูกบรรจุหรือออกซิเจนที่เหลืออยู่บริเวณเหนือน้ำผลไม้หรืออาจเกิดจากออกซิเจนเข้าไปในภาชนะบรรจุในระหว่างการเปิดฝารวมทั้งการซึมผ่านของออกซิเจนเข้าไปในภาชนะบรรจุที่เป็นพลาสติก ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นรส (off-flavor) ของน้ำผลไม้ (Hicks, 1990)

48869

Rojas และ Gerschenson (1997) ได้ศึกษาการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิคในน้ำผลไม้เข้มข้นจำพวก kiwifruit พบว่าการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิคสามารถเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีผลทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาและการเกิดการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิคในน้ำผลไม้สามารถเกิดขึ้นในสภาวะที่มีหรือไม่มีออกซิเจนก็ได้ภายใต้อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปสภาพปกติ โดยที่การเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิคและการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจาก 3.5-5.0 ภายใต้สภาวะไม่มีอากาศแต่ในสภาวะที่มีอากาศการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิคจะเป็นไปอย่างช้าๆถ้ามีกลูโคส

ความขมในน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้ม (อรพิน, 2534)

ผลไม้ที่จัดอยู่ในพืชตระกูลส้มจะมีสารที่ให้รสขมเป็นองค์ประกอบอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประกอบ 2 ชนิดคือ สารประกอบฟาโวนอยด์ (flavonoid) และสารประกอบลิโมนอยด์ (limonoid)

นาริงจิ้นเป็นสารประกอบฟาโวนอยด์หลักที่ให้รสขมมีอยู่มากที่สุดในส่วนเปลือกชั้นใน (albedo) รองลงมาคือส่วนถุงส้ม (juice sac) ซึ่งมีลักษณะเป็นถุงเล็กๆอัดแน่นอยู่ภายในกลีบส้ม (segment membrane)

สารประกอบลิโมนอยด์เป็นอนุพันธ์ของไตรเทอร์ปีน (triterpene derivative) ที่พบในพืชตระกูลส้มมีทั้งหมด 29 ชนิด แต่มีเพียง 4 ชนิดเท่านั้นที่ให้รสขมคือ ลิโมนิน (limonin) โนมิลิน (nomillin) อิแชนจิน (ichangin)และกรดโนมิลินิค (nomilinic acid) แต่เฉพาะลิโมนินและโนมิลินเท่านั้นที่มีบทบาทในการให้รสขม ส่วนอิแชนจินและกรดโนมิลินิคนั้นมีอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก

ลิโมนินพบมากในส่วนเปลือกชั้นใน โดยจะอยู่ในรูปลิโมโนเอท เอ-ริง แลคโตน (limonoate A-ring lactone) ซึ่งเป็นสารตั้งต้น (precursor)ของลิโมนินที่ไม่มีรสขมแต่จะเปลี่ยนไปเป็นลิโมนินเมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อนและเอนไซม์ลิโมโนเอท ดี-ริง แลคโตน ไฮโดรเลส (limonoate D-ring lactone hydrolase) (Hasegawa และ Maier, 1983) ซึ่งมีอยู่ในเนื้อเยื่อส้ม

โนมิลินพบครั้งแรกโดยการสกัดจากเมล็ดส้มและเมล็ดเลมอน ให้รสขมเป็นสองเท่าของลิโมนิน พบมากในส่วนเปลือก (peel) และผนังของกลีบส้ม

สารให้รสขมส่วนใหญ่จะอยู่ตามเปลือกชั้นใน ผนังกลีบส้มและเมล็ด ดังนั้นถ้าปอกเปลือกส้มด้วยมือ สารให้รสขมส่วนใหญ่จะถูกขจัดออกไปกับเปลือก แต่ช้าและสิ้นเปลืองแรงงาน การผลิตในระดับอุตสาหกรรมมักใช้วิธีปอกเปลือกโดยใช้สารละลายด่าง ใช้เครื่องบีบ ซึ่งวิธีการเหล่านี้จะได้

น้ำส้มที่มีรสขม โดยปกติถ้าในน้ำส้มมีนาริงจิ้น 700 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และลิโมนิน 8-12 ส่วนในล้านส่วน จะให้รสขมที่ผู้บริโภครู้สึกได้ (Chandler และคณะ, 1968)

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของน้ำผลไม้ตระกูลส้ม

เนื่องจากน้ำผลไม้โดยทั่วไปมีความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดของชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่สามารถรอดชีวิตหรือเจริญเติบโตในน้ำผลไม้ เช่น น้ำมะนาวซึ่งมีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 2.2-2.6 จะไม่พบเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียเจริญเติบโตหรือรอดชีวิตได้ ส่วนน้ำผลไม้ตระกูลส้มมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3–4 ในขณะเดียวกันก็มีปริมาณน้ำตาลเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง (ประมาณ15°Brix) ดังนั้นจึงพบว่ายีสต์และแบคทีเรียกลุ่ม Lactic acid bacteria (LAB) มักเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของน้ำผลไม้ตระกูลส้มที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 10-12°Brix และน้ำส้มชนิดที่ค่อนข้างเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 20-30°Brix (Juven และคณะ, 1978) ส่วนน้ำส้มชนิดที่มีความเข้มข้นสูงคือมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 45-65°Brix มักเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากยีสต์เป็นส่วนใหญ่ (Murdock และ Hatcher, 1978) ซึ่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำส้มมักเกิดการปนเปื้อนในระหว่างการแปรรูป และมักพบอยู่บริเวณผิวด้านนอกของผลส้มที่ไม่ได้ผ่านการล้างทำความสะอาดหรืออาจปนเปื้อนมาจากฝุ่นละอองหรือปุ๋ย ซึ่งปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับการปฏิบัติต่อผลส้มก่อนที่จะนำมาแปรรูป เช่นการคัดเลือก การล้างทำความสะอาดและการฆ่าเชื้อที่บริเวณผิวของผลส้มก่อนนำมาแปรรูป Lactic acid bacteria (LAB) ที่พบในผลิตภัณฑ์จากผลไม้ตระกูลส้มและเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมเสียกลิ่นรสของน้ำผลไม้นั้นเนื่องมาจากสาร diacetyl และ acetoin ซึ่งเป็น end product ที่เกิดจากกระบวนการเมตาโบลิซึม (Varnam และ Sutherland, 1994) โดยพบว่าจีนัส Lactobacillus และ Leuconostoc มักเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียเนื่องจาก LAB มากที่สุดในน้ำผลไม้ตระกูลส้ม (Murdock, 1977)

Lactobacillus

Lactobacillus เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นท่อน ติดสีแกรมบวก แต่อาจเปลี่ยนเป็นแกรมลบเมื่ออายุมากขึ้นและมีกรดมากขึ้น โดยทั่วไปไม่เคลื่อนที่ ถ้ามีจะใช้แฟลกเจลลารอบตัว ไม่สร้างสปอร์ไม่สร้างเอนไซม์คาตาเลส แต่อาจมีบางสายพันธุ์สลายเปอร์ออกไซม์โดยใช้เอนไซม์โคดาตาเลส ส่วนใหญ่ไม่สร้างสารสี ถ้าสร้างจะมีสีเหลือง ส้ม จนถึงสีแดงอิฐหรือสีสนิม อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตโดยทั่วไป 30-40 องศาเซลเซียส เป็นพวกที่ทนกรดแต่ความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมโดยปกติ 5.5-5.8 หรือต่ำกว่า ในการเจริญเติบโตแบคทีเรียจำพวก *Lactobacillus* จะสร้างสาร diacetyl, acetate, formate, succinate, carbon dioxide, ethanol และ 1-2 carbon acids ซึ่ง diacetyl 2,3-butanedione เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นรสคล้ายกลิ่นนมเนย (buttermilk) ซึ่งเป็นกลิ่นรสที่ไม่ต้องการในน้ำส้ม โดยที่ diacetyl จะถูกสร้างขึ้นโดยแบคทีเรียจำพวก citric acid *Lactobacillus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ค่อนข้างอ่อนแอต่อสภาวะที่มีแรงดันออสโมติค (osmotic pressure) สูง หรือในผลิตภัณฑ์จำพวกน้ำผลไม้เข้มข้นซึ่งพบว่าจะเจริญเติบโตค่อนข้างช้าที่ 35-38 °Brix และจะไม่เจริญในน้ำผลไม้ที่มีความเข้มข้น 45 ° Brix และจีนัสของ *Lactobacillus* ที่มักพบในน้ำส้มได้แก่ *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus brevis, Lactobacillus fermentum* และ *Lactobacillus thermophilus* เป็นต้น

Leuconostoc

เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างกลมค่อนข้างรี (spherical coccoid) การเรียงตัวของเซลล์มักเป็นคู่และเป็นสาย ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ ติดสีแกรมบวก โคโลนีมีขนาดเล็ก โดยมากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีมักน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่จะสร้าง lactic acid , ethanol, carbondioxide และ diacetyl ซึ่งให้กลิ่นรสคล้ายเนยนมเช่นเดียวที่ *Lactobacillus* สร้างขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่เจริญในอาหารที่มีความเป็นกรดด่างประมาณ 5.5-6.5 โดยทั่วไป *Leuconostoc* เจริญค่อนข้างช้าเมื่อเปรียบเทียบกับ *Lactobacillus* ที่ความเป็นกรดด่างประมาณ 3.6 แต่เจริญค่อนข้างเร็วกว่าที่ความเป็นกรดด่าง 4.0 หรือมากกว่า 4.0 *Leuconostoc* ส่วนใหญ่เป็นพวกเฟคัลเททีฟ แอนแอโรบ (facultative anaerobes) และสปีชีส์ของ *Leuconostoc* ที่มักพบในน้ำส้มได้แก่ *Leuconostoc mesenteroides, L.dextranicum, L.paramesenteroides* เป็นต้น (Parish และ Higgins, 1989) นอกจากนี้น้ำผลไม้ตระกูลส้มอาจพบแบคทีเรียที่สร้างสปอร์พวก aerobic sporeformer ได้แก่ *Bacillus subtilis* และ *B.pumilus* ซึ่งแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด นี้อาจพบปนเปื้อนอยู่บริเวณผิวของผลไม้ตระกูลส้ม และมักพบปนเปื้อนในน้ำ

ผลไม้ในระหว่างขั้นตอนการสกัดน้ำผลไม้ แบคทีเรียเหล่านี้สามารถทนต่อความร้อนและอาจรอดชีวิตรวมทั้งเจริญเติบโตในน้ำผลไม้ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Kimball, 1999)

เนื่องจากน้ำส้มมีความเป็นกรดด่างประมาณ 4.4 ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญของ จุลินทรีย์จำพวกที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic) แต่มีรายงานตรวจพบแบคทีเรียที่ทนความเป็นกรด ประมาณ 3.5 – 4.4 ได้ และสามารถเจริญเติบโตก่อให้เกิดอาการโรค ได้แก่ *S.typhi*, Fecal forms ของ *E.coli*, *E.coli* 0157 : H7 เป็นต้น แบคทีเรียเหล่านี้อาจปนเปื้อนมาจากดินหรือน้ำที่ใช้ในกระบวนการ โดยเฉพาะ *E.coli* 0157:H7 มีรายงานว่าสามารถรอดชีวิตในน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียสได้ (Miller และ Kasper, 1994)

<u>ยีสต์และรา</u>

ยีสต์และรามีคุณสมบัติที่ทนต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่างๆ เช่นมีแรงดันออสโมติกสูง ความเป็นกรดด่างต่ำ สารกันเสียหรือแม้แต่ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าแบคทีเรีย ดังนั้นจึงมักพบว่าเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของน้ำผลไม้ ซึ่งมีรายงานตรวจพบยีสต์ในผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ตระกูลส้ม ได้แก่ *Candida parapsilosis, C.intermedia, C.stellata, C.tropicalis, C.zeylanoides, Clavispora lusitaniae, Saccharomyces cerevisiae, Torulaspora delbrueckii, Zygosaccharomyces rouxii, Isssatchenkia orientalis* นอกจากนั้นยังพบจีนัส *Rhodotorula, Pichia, Hanseniaspora* และ *Metschnikowia* (Recca และ Mrak, 1952; Parish และ Higgins, 1989; Deak และ Beuchat, 1992; Arias และคณะ, 2002) แต่ส่วนใหญ่พบว่ายีสต์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียในน้ำผลไม้มักเป็น fermentative yeast เช่น *Saccharomyces cerevisiae* (Parish, 1991) ส่วนการเสื่อมเสียของน้ำผลไม้เนื่องจากรานั้นจะพบเพียงบางชนิดที่ทนความร้อนและรอดชีวิตในระหว่างกระบวนการแปรรูปเท่านั้น เช่น *Cladosporium sp., Penicillium sp., Fusarium sp., Geotrichum sp., Hanseniaspora sp.* เป็นต้น (Parish และ Higgins, 1989)

เนื่องจากการให้ความร้อนแก่น้ำผลไม้สูงเกินไปจะมีผลต่อคุณภาพของน้ำผลไม้ เช่นสีของน้ำผลไม้อาจคล้ำขึ้น มีกลิ่นคล้ายกลิ่นต้ม และการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เป็นต้น ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการให้ความร้อนน้ำผลไม้ขึ้นอยู่กับปริมาณเริ่มต้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนและการทนความร้อนของจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ แต่มักพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มส่วนใหญ่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่มักผ่านการให้ความร้อนระดับพลาสเจอร์ไรส์เพื่อทำลายแบคทีเรียและจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ซึ่งมักปนเปื้อนในน้ำส้มในระหว่างกระบวนการผลิต (Balaban, 2000) และ

ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำสุดสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดสูง (high acid) ประมาณ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 6 วินาที สำหรับน้ำผลไม้หลายชนิดอุณหภูมิและเวลาดังกล่าวสามารถลดแบคทีเรียที่ทนกรดได้แก่ E.coli 0157:H7 ลงได้ 5-log cycle แต่ไม่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์จำพวกที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียหรือเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในน้ำผลไม้ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำผลไม้บางชนิด เช่น น้ำส้ม เกรฟฟรุต องุ่น แอปเปิ้ล สามารถทนต่อกระบวนการให้ความร้อนในช่วง 90 – 100 ^{o}C (Sizer และ Balasubramaniam, 1999)

พืชเครื่องเทศ

<u>ความหมายของพืชเครื่องเทศ</u> (รุ่งรัตน์, 2540)

เครื่องเทศ (spices) หมายถึงของหอมฉุนและเผ็ดร้อนที่ได้จากต้นไม้สำหรับทำยาและปรุงอาหาร ซึ่งพืชเครื่องเทศเป็นพืชที่มีน้ำมันหอมระเหย (aromatic plant) มักใช้เติมลงไปในอาหารเพื่อเพิ่มกลิ่นและรสชาติของอาหารให้ชวนรับประทานมากยิ่งขึ้น แม้ว่าจะใช้ในปริมาณไม่มากนักก็ตาม

เครื่องเทศเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างหนึ่งมาตั้งแต่อดีตกาลจนถึงสมัยปัจจุบัน กล่าวคือ พืชเครื่องเทศมีความสำคัญมากต่ออุตสาหกรรมยารักษาโรค อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมอาหารแทบทุกประเภท เช่นอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง ซอส ซุป อาหารหมักดองและเครื่องดื่มบางชนิด

องค์ประกอบทางเคมีของพืชเครื่องเทศ

ส่วนต่างๆ ของพืชเครื่องเทศที่นำมาใช้ประโยชน์จะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันออกไป ทำให้มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. Aldehyde คือกลุ่มของสารที่มีองค์ประกอบพื้นฐานเป็นพวกคาร์โบไฮเดรตและไฮโดรเจน ซึ่งจับกับออกซิเจนได้ง่าย กลายเป็นคาร์บอนิลทำให้เกิดรสเปรี้ยว เช่น

Cinnamon Aldehyde	ในเปลือกต้นอบเชย
Vanilin	ในผลวานิลา

2.Alkaloid คือสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ นอกจากนี้ยังมีพวกคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนด้วย เช่น

Piperin	ในผลพริก
Quinin	ในเปลือกต้น Chinchona succiruba

3. Essential Oil เป็นไขมันที่มีจุดเดือดต่ำ ระเหยได้ที่อุณหภูมิห้อง จึงมีส่วนสำคัญในการนำพาสารให้กลิ่นจากของเครื่องเทศไปยังอวัยวะรับกลิ่นในจมูกของมนุษย์ พบมากในใบ ดอก ผลและเมล็ด อาจทำการแยกสกัดออกมาจากส่วนของพืชได้ง่าย บีบกลั่นด้วยไอน้ำหรือสกัดด้วยสารละลายต่างๆ สำหรับพืชเครื่องเทศที่พบว่ามี Essential oil มาก ได้แก่ พืชในวงศ์ *Brassicaceae* เช่น กะหล่ำปลี *Zingiberaceae* เช่น ขิง ข่า *Apiaceae* เช่น ผักกุยช่าย เป็นต้น

4. Glycoside และ Alkaloid สารที่ให้รสขม

5. Carbonic acid เป็นสารที่ให้รสเปรี้ยว เกิดจากการออกซิเดชั่นของสารพวก aldehyde

6. สารที่ให้รสเผ็ดหรือฉุน มีหลายชนิด เช่น

Piperin	ในผลพริกไทย
Capsaicin	ในผลพริก
Gingerol	ในขิง
Alpinol	ในข่า

7. Glycynrhizin สารให้ความหวาน

8. Cholin เป็นสารพวก Aminoalcohol ช่วยกระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้

9. Protein มีองค์ประกอบพื้นฐานคือคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจนและไนโตรเจน บางครั้งมีกำมะถันและฟอสฟอรัสด้วย

10. Fat เป็นสารไขมันที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ

11. Carbohydrate พบทั้งในรูปน้ำตาลชนิดต่างๆ และแป้งซึ่งได้จากการสังเคราะห์แสง

12. Vitamin มีหลายชนิด

Vitamin A และ Vitamin C ในพริก

Vitamin B1 ในกระเทียม

13. Ferment เป็นโมเลกุลโปรตีนขนาดใหญ่ที่มีผลในเง่ของ Biocatalyser เช่น Ferment ในหัวกระเทียมและใน Custard

คุณค่าของเครื่องเทศทางด้านคุณค่าทางอาหารนั้นตลอดจนเรื่องกลิ่นต่างๆ พบว่าชนิดและปริมาณจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชเครื่องเทศนั้นๆ รวมทั้งพันธุ์และแหล่งที่ปลูก แม้ว่าพืชชนิดเดียวกันก็ตามพบว่าส่วนต่างๆ ของพืชจะมีสารต่างๆ แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณด้วย

ความสำคัญของพืชเครื่องเทศ

1. ใช้ในการทำยา (Medicine and Pharmacy)

2. ใช้ในการปรุงแต่งรสและกลิ่นอาหาร (Flavoring and Seasoning agent) ในการประกอบอาหารในครัวเรือนและอุตสาหกรรมทำอาหารชนิดต่างๆ ทั้งในรูปของอาหารผง อาหารกระป๋อง อาหารหมักดอง อาหารปรุงสำเร็จตามบ้านเรือนและขนมหวาน เป็นต้น

3. ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำหอมและเครื่องสำอางต่างๆ

4. ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มต่างๆ (Beverage) เช่น เบียร์ น้ำชา โกโก้ กาแฟ และเครื่องดื่มบรรจุขวดอื่นๆ

ขิง (ginger)

ขิงเป็นพืชในตระกูลซิงจิเบอราซีอี (*Zingiberaceae*) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่าซิงจิเบอร์ ออฟฟิซิเนล (*Zingiber officinale* Rosc.) เป็นพืชพื้นเมืองของทวีปเอเชีย เช่น อินเดีย จีน ไทย ฯลฯ ขิงเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุอยู่ได้หลายปี มีลำต้นใต้ดินเป็นเหง้าที่มีกาบใบบางๆ หุ้ม (scaly rhizomes) เหง้าแตกสาขาคล้ายนิ้วมือเป็นแง่ง (hands) ขิงมีความสูงได้เกิน 90 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นกอ ส่วนที่เห็นคล้ายลำต้นที่อยู่เหนือพื้นดินคือก้านใบมีลักษณะเป็นกาบ ช่อดอกประกอบด้วยดอกที่ไม่มีก้านดอก ดอกมีกลีบเลี้ยง (bract) สีเหลืองอมเขียวหุ้มอยู่ ดอกสีเหลืองและมีปลายกลีบดอกสีม่วงแดง (purple lip) ขิงเป็นพืชที่ชอบขึ้นในดินที่อุดมสมบูรณ์ ความชื้นสูง แดดรำไรและอยู่ในเขตร้อน ประเทศที่ปลูกขิงและส่งขายเป็นสินค้าออกได้แก่ จาไมก้า ไนจีเรีย อินโดนีเซีย จีน ไทย เป็นต้น

ขิงขยายพันธุ์โดยใช้เหง้าภายนอกมีสีเหลืองอ่อนแต่ภายในมีสีเหลืองอมเขียว เหง้ามีแป้ง ยางเมือก (gums) น้ำมันชัน (oleoresin) และน้ำมัน (essential oil)

คุณค่าทางอาหารของขิง (สมพร, 2542)

จากการวิเคราะห์สารอาหารจากขิงสดและขิงแห้ง พบว่าประกอบด้วยสารอาหารดังนี้

ส่วนประกอบ	เหง้าสด	เหง้าแห้ง
คาร์โบไฮเดรต	11.0 กรัม	4.4 กรัม
โปรตีน	2.5 กรัม	0.4 กรัม
ไขมัน	0.8 กรัม	0.6 กรัม
แร่ธาตุ Ca	20 มก.	18 มก.
P	- มก.	22 มก.
Fe	2.5 กรัม	1.2 กรัม
น้ำ	82	82
กากใย	2.1 กรัม	0.8 กรัม
วิตามิน เอ	-	168 หน่วย
วิตามิน บี1	0.02 มก.	0.02 มก.
วิตามิน บี2	0.04 มก.	0.02 มก.
วิตามิน บี4		1.0 มก.
วิตามิน ซี	4.0	1.0 มก.
Incotinamide	0.8	

พันธุ์ขิงที่นิยมปลูกในประเทศไทย

พันธุ์ขิงที่นิยมปลูกแยกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. ขิงใหญ่หรือขิงหยวกหรือขิงขาว ลักษณะแง่งใหญ่ ข้อห่าง เนื้อละเอียด มีเสี้ยนน้อยมาก รสไม่เผ็ดจัด เมื่อลอกเปลือกออกเนื้อในไม่มีสีหรือมีสีเหลืองเรื่อๆ ตาที่ปรากฏบนแง่งมีลักษณะกลมมน ปลายใบป้านและมีความสูงมากกว่าขิงเล็ก เหมาะสำหรับรับประทานเป็นขิงอ่อนหรือขิงดอง ขิงชนิดนี้จำหน่ายมากในท้องตลาด

2. ขิงเล็กหรือขิงเผ็ด บางแห่งเรียกขิงดำ ลักษณะเป็นแง่งเล็ก สั้น ข้อถี่ เนื้อมีเสี้ยนมาก และรสค่อนข้างเผ็ด เมื่อลอกเปลือกออกแล้วมีสีน้ำเงินปนเขียว ตาบนแง่งมีลักษณะแหลม ปลายใบแหลม การแตกกอดี นิยมทำยาสมุนไพรและทำขิงแห้งเพราะให้น้ำหนักดีกว่าขิงหยวก แต่ไม่นิยมปลูกขายในลักษณะขิงอ่อน

องค์ประกอบที่สำคัญในขิง (นิจศิริ, 2542)

ขิงประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 1 – 2 สารพวกชัน (resinous mater) ร้อยละ 5 – 8 แป้งร้อยละ40-60และเมือก น้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นสิ่งที่ให้กลิ่นหอมประกอบด้วย Sesquiterpene hydrocarbon ร้อยละ 50 หรือมากกว่า Sesquiterpene alcohols, Monoterpenoids, Ester ของ Acetic acid และ Cuprylic acid และสารประเภท Phenol ในปริมาณน้อยมาก

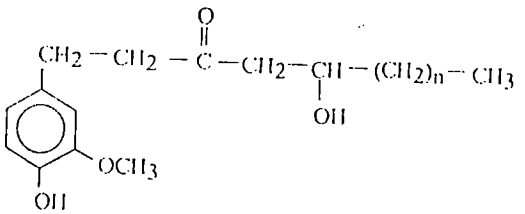
Zingiberene (α และ β) Zingiberene เป็นสารจำพวก Sesquiterpene hydrocarbon ที่พบมากในน้ำมันขิงโดยพบอยู่ประมาณร้อยละ 35.6 สาร Sesquiterpene ชนิดอื่นๆที่พบก็มี ar-Curcumene ร้อยละ 17.7 Farnesene ร้อยละ 9.8 และมีสารอื่นๆ ที่พบในปริมาณน้อยคือ β-Besabolene, γ-Selinene, β-Elemene และ β-Sesquiphellandrene ส่วนสารจำพวก Sesquiterpene alcohol ที่พบในน้ำมันขิงคือ Zingiberol ซึ่งเป็นสารผสมของ β-Eudesmol stereoisomers ส่วนสารพวก Monoterpene hydrocarbon ที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมัน ได้แก่ Camphene, α และ β-Pinene, Cumene, Myrcene, Limonene, p-Cymene และ β-Phellandrene สาร Oxygenated monoterpene ที่พบมี 2-Heptanol, 2-Nonanol, n-Nonanol, n-Decanol, Linalool, Geraniol และ Neral

น้ำมันขิงที่ได้จากแหล่งต่างๆ กัน น้ำมันหอมจะมีส่วนประกอบของสารคล้ายกัน แต่ต่างกันที่ปริมาณของสารเท่านั้น ส่วนกลิ่นฉุนและรสเผ็ดในขิงจะเกิดจากสารที่เรียกว่าน้ำมันชัน (Oleoresin) สารชนิดนี้ไม่ระเหย สกัดออกมาได้จากขิงแห้งโดยวิธีการหมักด้วยตัวทำละลายหลายชนิดเช่น Acetone, Ethyl alcohol หรือ Ethyl ether เมื่อระเหยเอาตัวทำละลายออกไปจะได้น้ำมันชันที่ข้นเหนียวมีสีน้ำตาลเข้มซึ่งทางการค้าเรียกว่า Gingerin นอกจากสารที่มีกลิ่นฉุนและรสเผ็ดแล้วในน้ำมันชันยังมีน้ำมันหอมซึ่งมีรสไม่เผ็ดอยู่ ปริมาณของน้ำมันหอมในน้ำมันชันมีร้อยละ 7 – 28 น้ำมันชันประกอบไปด้วยGingerol [หรือ 1-(3-methoxy-4-hydroxyphenyl)-3-keto-5 hydroxyhexanel], Shogaol และZingerone น้ำมันชันที่เตรียมใหม่ๆมี Gingerol เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วน Shogaol และZingerone ไม่เป็นสารธรรมชาติแต่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขณะที่เตรียมและเก็บน้ำมันชัน โดย Gingerol จะเปลี่ยนเป็น Shogaol ซึ่งมีกลิ่นหอมฉุนมากกว่า Gingerol ด้วยปฏิกิริยา dehydration และเปลี่ยนเป็น Zingerone ด้วยปฏิกิริยา retro-aldol ดังนั้นน้ำมันชันที่มีคุณภาพต่ำจะมีปริมาณของ Shogaolและ Zingerone สูง Gingerolที่มีอยู่ในขิงจะประกอบด้วย [6]-,[8]-และ [10]- Gingerols ในอัตราส่วนต่างๆโดยขิงสดจะมี [6]- Gingerol ในปริมาณสูงสุดและจะค่อยๆลดลงตามระยะเวลาและสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษา

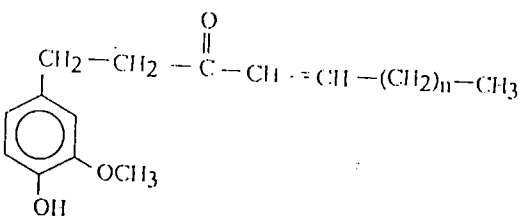
การนำขิงมาใช้อาจใช้ในรูปของขิงแห้ง ขิงสดและขิงดอง ขิงแห้งนิยมใช้กันมากกว่าขิงสดและขิงดอง ใช้แต่งกลิ่นอาหารหลายชนิด นำมาเตรียมเป็นวัตถุดิบสกัดน้ำมันชันและกลั่นเพื่อให้ได้น้ำมันหอม

ขิงสด (Green ginger) เป็นเครื่องเทศที่ใช้ปรุงอาหาร บางครั้งนำมาดองหรือใส่ในเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ (soft drink) หรือผสมใน cocktail

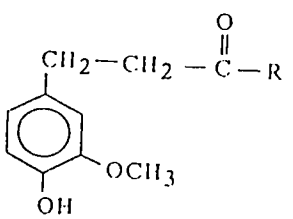
ขิงแห้ง (dried ginger) ใช้แต่งกลิ่นอาหาร เช่น พาย คุกกี้ เป็นต้น แต่งกลิ่นเครื่องดื่มได้หลายชนิด เช่น gingerale และ ginger beer ส่วนของไทยก็นำไปใช้ทำน้ำขิง นอกจากนั้นขิงแห้งยังนำมาเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมทำน้ำมันขิง น้ำมันชันและหัวน้ำมันขิง (essence of ginger)



6-Gingerol (n=4)
8-Gingerol (n=6)
10-Gingerol (n=8)



6-Shogaol (n=4)
8-Shogaol (n=6)
10-Shogaol (n=8)



Zingerone R= CH_3

ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของ Gingerol, Shogaol และZingerone
ที่มา : รัตนา (2542)

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของขิง (อรนุช, 2536)

1. ฤทธิ์ลดระดับโคเลสเตอรอล

ในการทดลองซึ่งให้หนูขาวกินอาหารที่ผสมด้วยขิงร้อยละ 10 (คำนวนเป็นน้ำหนักแห้ง)และโคเลสเตอรอลร้อยละ 1 ติดต่อกัน 24 วัน พบว่าทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดและในตับลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับขิง สารจำพวก oleoresin จากขิงมีฤทธิ์ลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดและตับ และเพิ่มการขับถ่ายโคเลสเตอรอลออกทางอุจจาระเมื่อทดลองในหนูขาวที่เพิ่งหย่านม

2.ฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง

2.1ฤทธิ์แก้ชัก

สารสกัดน้ำร้อนจากเหง้าขิง มีฤทธิ์แก้ชักเมื่อทดลองกับเส้นประสาทที่แยกจากหอยทาก

2.2 เสริมฤทธิ์ของบาร์บิทูเรต

สารสกัดจากขิงที่มีเมธานอลร้อยละ 50 มีคุณสมบัติเสริมฤทธิ์ของบาบิทูเรตเมื่อทดลองในหนูถีบจักร โดยฉีดเข้าใต้ผิวหนังในปริมาณ 10 ก./กก. (คำนวนน้ำหนักผงยาแห้ง) สารสกัดน้ำร้อนในปริมาณ 4ก./กก. โดยการกิน ไม่มีผลต่อฤทธิ์ของบาร์บิทูเรตเมื่อทดลองในหนูถีบจักรเพศผู้

สารสกัดจากขิงด้วยเมธานอลร้อยละ 75 ในปริมาณ 500 ก./กก. ฉีดเข้าทางช่องท้องหนูถีบจักรเพศผู้ไม่มีผลต่อฤทธิ์ของบาร์บิทูเรต

นอกจากนี้ gingerol และ shogaol ในปริมาณ 1.75-3.5 มก./กก. เมื่อให้ทางหลอดเลือดดำ หรือ 70-140 มก./กก. เมื่อให้ทางปาก มีฤทธิ์ยืดระยะเวลาการนอนหลับของหนูถีบจักรที่ถูกเหนี่ยวนำให้หลับด้วยเฮกโซบาร์บิทาล (hexobarbital)

2.3 ฤทธิ์แก้ปวดลดไข้

สารสกัดจากขิงด้วยเมธานอลร้อยละ 50 มีฤทธิ์แก้ปวด เมื่อให้ในปริมาณ 10ก./กก. โดยการฉีดเข้าใต้ผิวหนังหนูถีบจักรที่ถูกกระตุ้นให้เจ็บปวดด้วยกรดอะซิตริก แต่ไม่ได้ผลถ้าทดสอบกับความร้อนเมื่อฉีด gingerol และshogaol เข้าหลอดเลือดดำปริมาณ 1.75-3.5 มก./กก. หรือให้สัตว์ทดลองกินขนาด 70-140 มก./กก. พบว่ามีฤทธิ์ลดไข้ในหนูถีบจักร

2.4 ฤทธิ์ลดการเคลื่อนไหว

สารสกัดด้วยเมธานอลร้อยละ 50 ไม่มีฤทธิ์ลดการเคลื่อนไหวร่างกายในหนูถีบจักร เมื่อฉีดเข้าใต้ผิวหนังในปริมาณ 10 ก./กก. (คำนวนเป็นน้ำหนักแห้งของขิง) และสารสกัดด้วยน้ำร้อนก็ไม่แสดงฤทธิ์เช่นเดียวกันเมื่อทดลองในหนูขาวเพศผู้โดยการให้กินสารสกัดจากขิงในปริมาณ 4 ก./กก.

เมื่อให้ gingerol และshogaol ปริมาณ1.75-3.5 มก./กก. ทางหลอดเลือดดำและให้สัตว์ทดลองกินปริมาณ 70-140 มก./กก. พบว่ามีฤทธิ์ลดการเคลื่อนไหวของหนูถีบจักร

2.5 ลดอาการวิงเวียน

ผงขิงมีฤทธิ์ลดอาการวิงเวียนในคนและมีฤทธิ์ลดอาการคลื่นเหียนในคนที่เมารถได้ดีกว่ายาแก้เมารถที่ใช้กันทั่วไป

3.ฤทธิ์เป็นยาชาเฉพาะที่

สารสกัดด้วยน้ำร้อนจากขิงมีฤทธิ์เป็นยาชาเฉพาะที่เมื่อทดลองกับเส้นประสาท (sciatic nerve)ของกบเมื่อใช้ความเข้มข้นร้อยละ 1

4.<u>ประสิทธิภาพทางด้านจุลินทรีย์ของขิง</u> (บัญญัติ, 2527; อรนุช, 2536)

ในปัจจุบันได้มีผู้นำขิงไปใช้เป็นยากันบูดเพื่อการถนอมอาหาร ทั้งนี้เพราะในขิงมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและราได้ดี แต่เนื่องจากขิงแก่มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าขิงอ่อนจึงสามารถยับยั้งการเจริญได้ดีกว่าด้วย และประสิทธิภาพในยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของขิงขึ้นอยู่กับลิลาลูล ไดเอธิลซัลไฟด์ เอธิลไอโซไปรพิลซัลไฟด์และแอฟ-เทอร์ไปนีอัล แต่กลไกในการยับยั้งการเจริญต่อจุลินทรีย์ของสารดังกล่าวนี้ยังไม่ทราบแน่ชัด

มีรายงานบางฉบับรายงานว่าสารสกัดจากขิงมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ gr.A hemolytic *Streptococci*, *S. aureus*, *Streptococcus faecalis*และ *Micrococcus luteus*

สารสกัดจากขิงด้วยแอลกอฮอล์มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *E. coli*, *Proteus valgaris*, *Salmonella typhimurium*, *Streptococcus viridans*, *S. aureus*, β-*Streptococcus* gr.A และ *Pseudomonas aeruginosa*

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

1. ส้มเขียวหวานพันธุ์รังสิตอายุประมาณ 9-12 เดือน
2. ขิงแก่พันธุ์ ขิงใหญ่ อายุประมาณ 18-19 เดือน

สารเคมีที่ใช้ทดลอง

1. L-ascorbic acid (Serva)
2. Tartaric acid (Ajax Finechem)
3. Phenopthalein

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato Dextrose Agar (Scharlau)
2. Bacto Yeast Extract (Scharlau)
3. Bacto Tryptone (Diffco)
4. Bacto Dextrose (Fluka)
5. Dipotassium Phosphate (Ajax Finechem)
6. Agar-Agar (Scharlau)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ตู้อบเพาะเลี้ยงเชื้อ (Incubater : Bider, control E2)
2. ตู้เขี่ยเชื้อ (Larminar air flow cabinet : Astec microflow , ASB1200)
3. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave : Hiravama, Hiclave HV-50)
4. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter : Denver instrument, 215)
5. เครื่องวัดค่าสี (Tristimulus colorimeter : Minolta, CR-300)
6. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge : Hettich, universal 16)
7. เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Spectophotometer : Shimadzu, UV-1601)
8. เครื่องชั่งอิเลคตรอน (Digital weight : Sartorius, BP2215)
9. ตู้อบลมร้อน (Tray dryer)
10. เครื่องวัดความหวาน (Hand refractometer 0-32 $^{\circ}$ Brix : N.O.W.)

11. ตู้ทำความเย็นปรับอุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียส
12. เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา

วิธีดำเนินการทดลอง

1.การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนต่อคุณภาพของน้ำส้ม

ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ 40 45 50 55 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส โดยแปรเวลาในการให้ความร้อนของแต่ละอุณหภูมิเป็น 10 และ 15 นาที ซึ่งมีวิธีการเตรียมตัวอย่าง ดังนี้

1.1 คัดคุณภาพโดยการเลือกผลส้มเขียวหวาน ที่เน่าเสียช้ำออก

1.2 ล้างทำความสะอาดผลส้มด้วยน้ำสะอาด เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดมาที่ผิวส้ม

1.3 นำผลส้มไปลวกในน้ำเดือดอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นผึ่งผลส้มให้ผิวแห้ง

1.4 นำผลส้มมาผ่าครึ่งคั้นน้ำส้มด้วยเครื่องคั้นน้ำส้มที่ผ่านการทำความสะอาดและลวกฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อน

1.5 นำน้ำส้มที่ได้ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 45 50 55 60 65 หรือ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 หรือ 15 นาที ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

1.6 ตรวจสอบคุณภาพของน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่ระดับต่างๆทางด้านจุลินทรีย์ เคมี กายภาพและการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส โดยเปรียบเทียบกับน้ำส้มที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน

2.การศึกษาการสกัดสารสกัดจากขิง (Ejechi และคณะ, 1988)

นำขิงมาล้างทำความสะอาด หั่นขิงตามขวางออกเป็นแผ่นบางๆ แล้วนำมาทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำขิงมาบดให้เป็นผงโดยใช้เครื่องบดอาหาร ขิงผงที่ได้นำมาอบให้แห้งอีกครั้งโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ นำขิงผงมาสกัดสารจากขิงโดยใช้อัตราส่วนของขิงผง 1 กรัมต่อน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 20 มิลลิลิตร ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้มากรองด้วยผ้ากรอง 2 ชั้นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ของเหลวที่กรองได้นำมาทำให้เข้มข้นโดยนำไประเหยในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจนได้ปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร

3.การศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

3.1 ความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในน้ำส้ม

การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ โดยทำการคัดแยก (isolate) เชื้อยีสต์ แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ และแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์จากผลส้มที่เน่าเสียบนอาหารเลี้ยงเชื้อ acidified potato dextrose agar (APDA) และ orange serum agar (OSA) โดยไม่ระบุชี้ชนิด (identified) ของจุลินทรีย์ที่แยกได้ นำเชื้อยีสต์ แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ และแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ที่ได้มาทำการเจือจางในน้ำส้มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเพื่อให้ได้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นแต่ละชนิดในตัวอย่างน้ำส้มที่ใช้ทดสอบประมาณ 10^4 CFU/ml

การเตรียมตัวอย่างน้ำส้ม นำน้ำส้มมาฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นนำน้ำส้มมาเวลา 15 นาที แบ่งน้ำส้มออกเป็น 3 ชุดการทดลอง เติมสารสกัดจากขิงลงในน้ำส้มของแต่ละชุดการทดลองโดยแปรความเข้มข้นเป็นร้อยละ 0 5 10 15 20 และ 25 โดยปริมาตรของน้ำส้ม เติมสารละลายของยีสต์ แบคทีเรียชนิดที่สร้างสปอร์ และแบคทีเรียชนิดที่ไม่สร้างสปอร์ ที่ได้ทำการเจือจางให้มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น 10^4 CFU/ml ในตัวอย่างน้ำส้มของแต่ละชุดการทดลองตามลำดับ ตรวจหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของยีสต์และแบคทีเรียในน้ำส้มของแต่ละชุดการทดลองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (34 $\pm$2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน

3.2 ความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงที่เหมาะสมในน้ำส้มต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส

เติมสารสกัดจากขิงลงในน้ำส้มโดยแปรความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงเป็นร้อยละ 0 5 10 15 20 และ 25 โดยปริมาตรของน้ำส้ม นำไปทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม

4.การศึกษาผลของการใช้ความร้อนร่วมกับสารสกัดจากขิงในการยับยั้งจุลินทรีย์ในน้ำส้ม

นำน้ำส้มมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากผลการทดลองในหัวข้อที่ 1 และเติมสารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมจากผลการทดลองในหัวข้อที่ 3 บรรจุน้ำส้มในขวดพลาสติกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วขนาดปริมาตรบรรจุ 250 มิลลิลิตร นำน้ำส้มที่ได้เก็บรักษาที่

5.4 ทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) โดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 25 คน ทดสอบการยอมรับแบบ hedonic scale ที่มี scale 1-7 (7 คือ ชอบมากที่สุด 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด) โดยทดสอบด้าน สี กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวม นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS Version 7.0 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p>0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำส้มสด

นำส้มเขียวหวานพันธุ์รังสิตที่มีอายุประมาณ 9-12 เดือนมาล้างทำความสะอาด ผ่าครึ่งแล้วคั้นน้ำส้มออก นำน้ำส้มที่ได้มาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของน้ำส้มสด

คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์	ปริมาณต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (° Brix)	11.60-12.80	12.20
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก (ร้อยละ)	0.67-0.76	0.72
อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด ต่อปริมาณกรด	15.26-19.10	17.18
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.97-4.10	4.04
ปริมาณกรดแอสคอบิค (มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร)	40.20-45.30	42.75
ค่าสี[1] L*	29.22-31.73	30.48
a*	+4.35 - +5.40	+4.88
b*	+16.10 - +16.13	+16.12
แบคทีเรีย (CFU/ml)	$2.3x10^3$ - $3.1x10^4$	$1.7 x10^4$
ยีสต์และรา (CFU/ml)	$3.0 x10^3$- $2.9 x10^4$	$1.6 x10^4$

[1] L* = ความสว่าง (0= สีดำ, 100= สีขาว);

a* =สีแดง/สีเขียว (+= แดง, - สีเขียว);

b* =สีเหลือง/สีน้ำเงิน (+=สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)

จากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำส้มเขียวหวานที่ใช้ในการศึกษาพบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) มีค่าอยู่ระหว่าง 11.60-12.80 °Brix ปริมาณกรดทั้งหมด (TA) ร้อยละ 0.67-0.76 และมีอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรด (TSS/TA ratio) มีค่าอยู่ระหว่าง 15.26-19.10 ซึ่งค่า TSS/TA ratio นี้ใช้เป็นดัชนีความแก่ของผลไม้แสดงให้เห็นว่าผลไม้มีส่วนที่เป็นสารละลายน้ำได้สูงโดยเฉพาะน้ำตาลในขณะที่ความเป็นกรดด่างจะลดลง สำหรับผลไม้จำพวกตระกูลส้มถ้าค่า TSS/TA ratio มีค่าสูงจะมีความหวาน (sweetness) มากในขณะที่มีรสขม (tartness and bitterness) ลดลง นอกจากนี้ค่า TSS/TA ratio ที่สูงยังแสดงถึงคุณภาพของกลิ่นรสที่ดีในผลิตภัณฑ์น้ำส้มด้วย (Fellers และคณะ,1986) และน้ำส้มที่มีคุณภาพที่ดีจะต้องมาจากส้มที่มีค่า TSS/TA ratio อยู่ระหว่าง 13-19 (Salunkhe และ Kadam, 1995) สำหรับปริมาณความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มเขียวหวานมีค่าอยู่ระหว่าง 3.97-4.10 ปริมาณกรดแอสคอบิค (วิตามินซี) มีค่า 40.20-45.30 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และค่าสีของน้ำส้มโดยใช้ระบบ L*a*b* พบว่ามีค่า L*a*b* อยู่ระหว่าง 29.22-31.73 +4.35 - +5.40 และ +16.10 – +16.13 ตามลำดับ สำหรับการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์พบว่ามีจำนวนแบคทีเรียอยู่ระหว่าง $2.3x10^3$-$3.1x10^4$ CFU/ml และตรวจพบยีสต์มีจำนวน $3.0x10^3$- $2.9 x10^4$ CFU/ml ซึ่งจุลินทรีย์ที่พบในน้ำส้มมีปริมาณความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณจุลินทรีย์ธรรมชาติที่ปนเปื้อนบริเวณผิวส้มและสุขลักษณะที่ดีในขั้นตอนการเตรียมน้ำส้ม

2. การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนต่อคุณภาพของน้ำส้ม

2.1 ผลของอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนต่อปริมาณของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำส้มและการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำส้ม

นำส้มเขียวหวานที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและจุ่มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาทีมาผ่าครึ่ง คั้นเอาน้ำส้มออก นำน้ำส้มที่ได้มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 45 50 55 60 65 หรือ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 หรือ 15 นาที นำน้ำส้มที่ผ่านกระบวนการมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรีย ยีสต์และรา *E.coli* รวมทั้งการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนต่อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำส้มและการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำส้ม

อุณหภูมิ(°ซ) / เวลา (นาที)	จำนวนจุลินทรีย์			การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (กลิ่นรส)
	แบคทีเรีย (CFU/ml)	ยีสต์ (CFU/ml)	*E.coli* (MPN/ml)	
น้ำส้มสด	$3.0x10^2$	$2.7x10^2$	< 3	ยอมรับ[1]
40 (10)	$2.8x10^2$	$2.4x10^2$	< 3	ยอมรับ
40 (15)	$2.1 x10^2$	$1.9x10^2$	< 3	ยอมรับ
45 (10)	$1.9 x10^2$	$1.5x10^2$	< 3	ยอมรับ
45 (15)	$1.9 x10^2$	90	< 3	ยอมรับ
50 (10)	$1.4x10^2$	40	< 3	ยอมรับ
50 (15)	$1.2x10^2$	<10	< 3	ไม่ยอมรับ
55 (10)	<25	<10	< 3	ไม่ยอมรับ
55 (15)	<1	<10	< 3	ไม่ยอมรับ
60 (10)	<1	<10	< 3	ไม่ยอมรับ
60 (15)	<1	<10	< 3	ไม่ยอมรับ
65 (10)	<1	<10	< 3	ไม่ยอมรับ
65 (15)	<1	<10	< 3	ไม่ยอมรับ
70 (10)	<1	<10	< 3	ไม่ยอมรับ
70 (15)	<1	<10	< 3	ไม่ยอมรับ

[1] คิดจากจำนวนผู้ทดสอบให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่ผ่านกระบวนการโดยเปรียบเทียบกับน้ำส้มสดมากกว่าร้อยละ 95

จากการทดลองปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในน้ำส้มมีปริมาณค่อนข้างต่ำซึ่งจะเห็นจากปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำส้มสดเริ่มต้นตรวจพบแบคทีเรีย $3.0x10^2$ CFU/ml และตรวจพบยีสต์ $2.7x10^2$ CFU/ml แต่ตรวจไม่พบการเจริญของเชื้อราในตัวอย่างน้ำส้ม

การตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำส้มค่อนข้างต่ำอาจเป็นเพราะผลของการล้างทำความสะอาดและการลวกผลส้มที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที ก่อนที่จะนำมาคั้น ซึ่งจะมีผลทำให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบริเวณผิวส้มลดปริมาณลงไป (Buitrago และคณะ, 2002) โดยจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบริเวณผิวส้มเหล่านี้มักปนเปื้อนลงไปในระหว่างกระบวนการเตรียมน้ำส้ม ซึ่งส่วนใหญ่จะพบแบคทีเรียในกลุ่ม Lactic acid bacteria ที่อยู่ในจีนัส *Lactobacillus* และ *Leuconostoc* รวมทั้งพบยีสต์ปนเปื้อนในน้ำส้ม ดังนั้นขั้นตอนการเตรียมน้ำส้มจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ

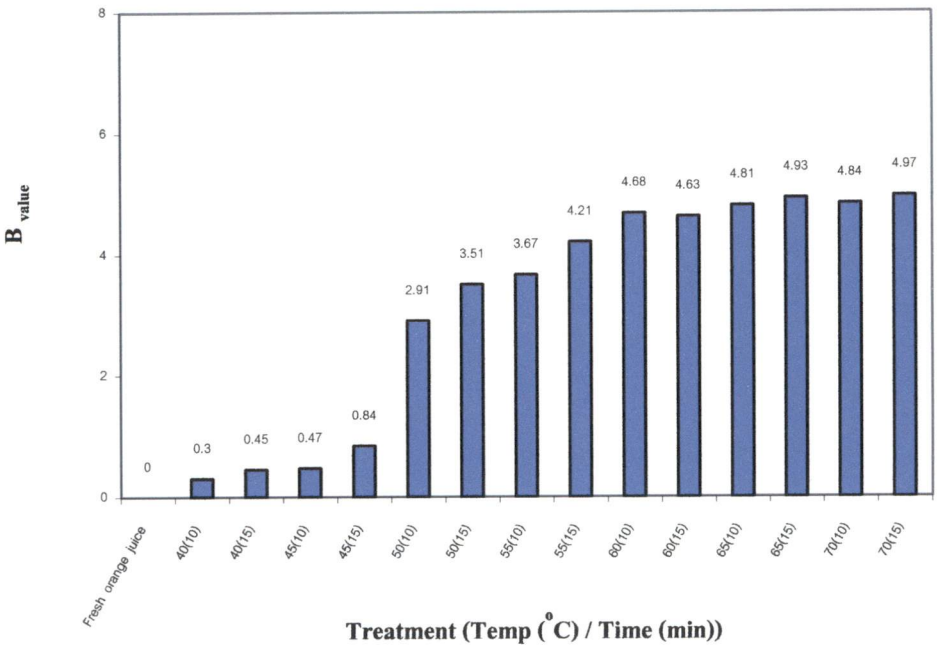
เมื่อนำน้ำส้มมาผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆพบว่าการให้ความร้อนแก่น้ำส้มที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานขึ้นปริมาณแบคทีเรียรวมทั้งยีสต์ที่ตรวจพบมีปริมาณลดลง และตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อเมื่อให้ความร้อนตั้งแต่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที การที่ตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์อาจเป็นผลมาจากการให้ความร้อนในระดับพลาสเจอร์ไรส์ทำให้จุลินทรีย์ที่ไม่ทนความร้อนถูกทำลายหรือได้รับบาดเจ็บ (injured cell) จึงไม่สามารถเจริญได้ สำหรับการตรวจหาปริมาณ *E.coli* พบว่ามีปริมาณต่ำกว่า 3 MPN/ml ของทุกตัวอย่างน้ำส้ม

ถึงแม้ว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะสามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำส้มได้มาก แต่การให้ความร้อนสูงจะมีผลต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำส้มโดยเฉพาะกลิ่นรส ซึ่งน้ำผลไม้ตระกูลส้มจะมีสารให้รสขมเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ตามธรรมชาติคือ สารประกอบฟลาโวนอยด์ เช่นนาริงจิ้น และสารประกอบลิโมนอยด์ เช่น ลิโมนิน โนมิลิน เมื่อสารเหล่านี้ได้รับความร้อนหรือคั้นน้ำผลไม้สดไว้นานๆก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสขม (Hendix และ Redd, 1995)นอกจากนี้การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆยังทำให้น้ำส้มมีกลิ่นคล้ายกลิ่นต้มซึ่งแตกต่างจากกลิ่นรสของน้ำส้มสดทำให้ผู้บริโภคไม่ให้การยอมรับ

2.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ในระบบค่าสี L* a* b* นั้น ค่า L* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่างมีค่าระหว่าง 0 (สีดำ) ถึง 100 (ขาว) ค่า a* แสดงถึงช่วงสีแดงถึงสีเขียวโดยถ้า a* มีค่าเป็นบวกให้สีแดงแต่ถ้าค่า a* มีค่าเป็นลบให้สีเขียว ส่วนค่า b* เป็นค่าที่แสดงถึงช่วงสีเหลืองถึงสีน้ำเงินโดยถ้าค่า b*มีค่าเป็นบวกจะให้สีเหลืองแต่ถ้าค่า b*มีค่าเป็นลบจะให้สีน้ำเงิน และจากการทดลองวัดค่าสีในผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่ผ่านการให้ความ

ร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 40 ถึง 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 หรือ 15 นาที แล้วนำค่า a* และค่า b* ที่ได้มาคำนวณหาค่า B value ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเกิดสีน้ำตาล (browing) ขึ้นในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม โดยเปรียบเทียบกับน้ำส้มที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน พบว่าค่า B value มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4



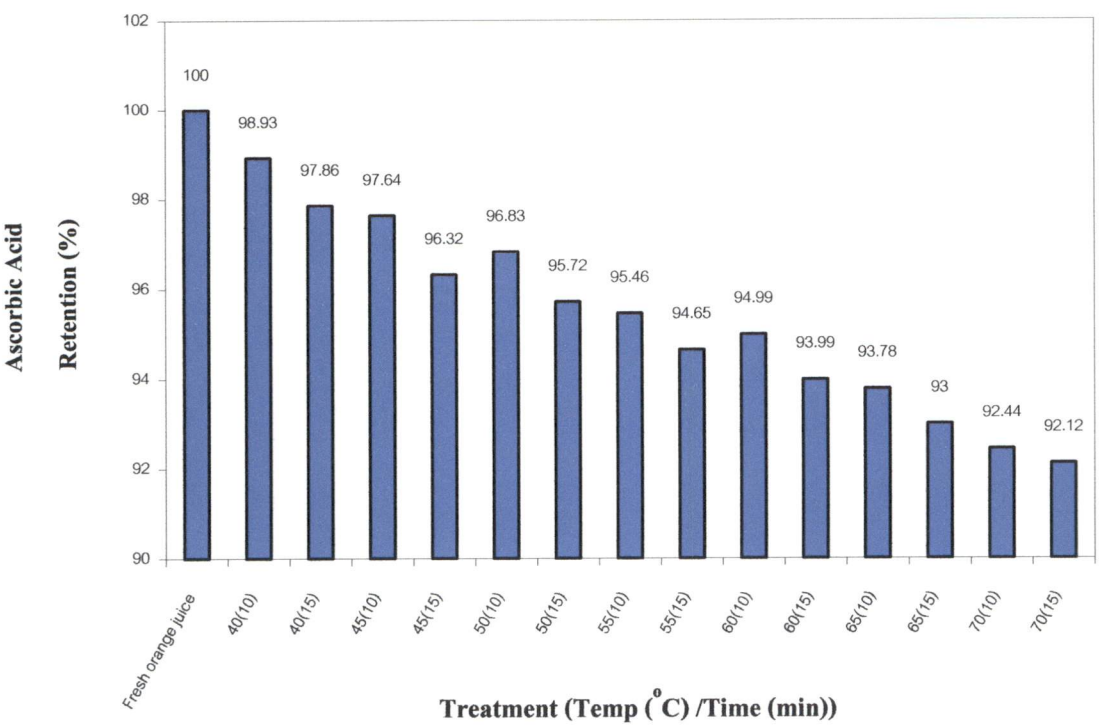
ภาพที่ 4 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

เมื่อพิจารณาค่า B value ที่เพิ่มขึ้นของน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนตั้งแต่อุณหภูมิ 40 ถึง 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 หรือ 15 นาที พบว่าค่า B value ที่เพิ่มขึ้นมีค่าต่ำคืออยู่ในช่วง 0.3-0.84 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า B value ของน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ซึ่งมีค่า B value 4.97 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนในการพาสเจอร์ไรส์น้ำส้มซึ่งมีความเป็นกรด-ด่างต่ำ ทำให้น้ำตาลซึ่งเป็นองค์ประกอบที่พบในน้ำส้มเกิดปฏิกิริยาคาลาเมลไรเซชั่น (caramelization) นอกจากนั้นในกระบวนการคั้นน้ำส้มซึ่งในระหว่างการคั้น น้ำส้มมีโอกาสสัมผัสกับอากาศในสภาวะเช่นนี้ทำให้กรดแอสคอบิคเกิดออกซิเดชั่นเปลี่ยนเป็น dehydroascorbic acid (DHA) แล้ว DHA เปลี่ยนเป็น 2,3-diketogulonic acid ซึ่งสารนี้จะมีการจัด

เรียงตัวใหม่เป็นสารประกอบเฟอฟูรอลและเมลานอยดินในปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard browning) ในที่สุด (Sawamura และคณะ, 2000)

2.3ผลของอุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อนต่อความคงทนของกรดแอสคอบิคในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

จากการให้ความร้อนน้ำส้มที่อุณหภูมิตั้งแต่ 40 ถึง 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 หรือ 15 นาที แล้วตรวจวิเคราะห์หาปริมาณกรดแอสคอบิคในผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อน พบว่าปริมาณกรดแอสคอบิคมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์น้ำส้ม (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนต่อความคงตัวกรดแอสคอบิคในน้ำส้ม

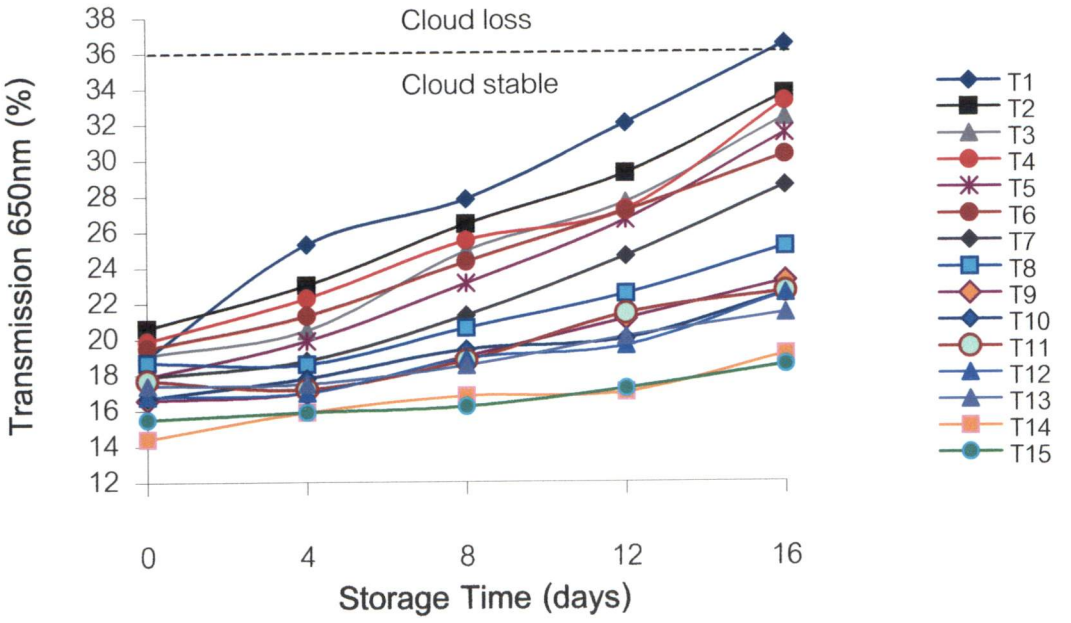
น้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีมีปริมาณกรดแอสคอบิคลดลง 3.54 มิลลิกรัม/100มิลลิลิตรของน้ำส้ม คิดเป็นร้อยละ 7.88 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ

ส้มที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากกรดแอสคอบิคเป็นวิตามินที่มักเสื่อมสลายได้ง่ายเนื่องจากความร้อนโดยเฉพาะในสภาวะที่มีแสงหรืออากาศ ซึ่งมักเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูปน้ำผลไม้ (Phillip ,2001)

2.4 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนต่อความคงตัวของน้ำส้ม

ความคงตัวของความขุ่น (cloud stability) เป็นสิ่งที่บ่งชี้ถึงคุณภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งของน้ำส้ม ซึ่งในการศึกษาความคงตัวของความขุ่นจะใช้ค่าร้อยละ 36 จากการวัดค่า transmission ที่ 650 นาโนเมตร เป็นค่าสูงสุดสำหรับน้ำส้มที่ยังมีความคงตัวของความขุ่น (Nienaber และ Shellhammer, 2001) และจากการศึกษาให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆตั้งแต่ 40-70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 หรือ15 นาที ต่อความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (34 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 16 วัน (ภาพที่ 6) พบว่าร้อยละของค่า transmission ที่ 650 นาโนเมตรของตัวอย่างน้ำส้มทุกตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นโดยที่การเพิ่มขึ้นของค่า transmission ที่ 650 นาโนเมตรของน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนมีค่าน้อยกว่าน้ำส้มที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนดังจะเห็นจากน้ำส้มที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนที่เก็บรักษา16วันมีค่า transmission เกินร้อยละ 36 ในขณะที่ตัวอย่างน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนยังคงมีค่า transmission ที่ 650 นาโนเมตรต่ำกว่าร้อยละ 36 แสดงว่ายังคงมีความคงตัวของความขุ่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 16 วัน ในขณะที่น้ำส้มสดเริ่มมีการสูญเสียความขุ่นหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

การสูญเสียความคงตัวของความขุ่นในน้ำส้มซึ่งเป็นผลมาจากเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสที่มีอยู่ในน้ำส้ม การให้ความร้อนแก่น้ำส้มในระดับพลาสเจอร์ไรส์จะมีผลต่อการลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำส้มแต่ไม่สามารถยับยั้งเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสที่มีอยู่ในน้ำส้มได้หมดโดยเฉพาะเอนไซม์เพคตินเอสเทอร์เรสชนิดที่ทนความร้อนสูงซึ่ง Corredig และ Wicker (2000) ได้รายงานว่าเอนไซม์เพคตินเอสเทอร์เรสชนิดที่ทนความร้อนยังสามารถเกิดปฏิกิริยาได้หลังจากให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5นาทีและมีผลทำให้เกิดการสูญเสียความคงตัวของความขุ่นในน้ำผลไม้ตระกูลส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความคงตัวของความขุ่นของน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 วัน

T1 = น้ำส้มที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน

T2 –T15 = น้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 40-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 หรือ 15 นาที

ดังนั้นจากผลการทดลองนี้จึงพบว่าการให้ความร้อนน้ำส้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมจากการที่สามารถลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนลดลงได้มากที่สุดโดยที่ผู้บริโภคยังให้การยอมรับในรสชาติของผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มสด และจากการวิเคราะห์การเกิดสีน้ำตาลและความคงทนของกรดแอสคอบิคของน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนพบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีน้ำส้มที่ได้มีค่า B value ต่ำและมีการลดลงของกรดแอสคอบิคเล็กน้อย นอกจากนั้นน้ำส้มยังมีความคงตัวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 16 วันที่อุณหภูมิห้อง

3. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากขิงในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิง

จากการศึกษาการสกัดสารสกัดจากขิงพบว่า สารสกัดที่ได้มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.18 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าประมาณ 2.10 และค่าสี L* a* b* มีค่าอยู่ระหว่าง 26.45 –30.36 +5.31 - +6.84 และ +4.52 - +5.82 ตามลำดับ และคุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่าตรวจไม่พบการเจริญของแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อ orange serum agar ส่วนยีสต์และรามีปริมาณต่ำกว่า 10 CFU/ml ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งสารสกัดที่ได้นี้จะนำมาใช้ในการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเน่าเสียในน้ำส้มต่อไป

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิง

คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์	ปริมาณต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
ความเป็นกรด-ด่าง	5.10-5.25	5.18
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	2.00-2.20	2.10
ค่าสี		
L*	26.45-30.36	28.41
a *	+5.31 - +6.84	+6.08
b *	+4.52 - +5.82	+5.17
ปริมาณแบคทีเรีย (CFU/ml)		<1
ยีสต์และรา (CFU/ml)		<10

3.2 การศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียในน้ำส้ม

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าจุลินทรีย์ที่คัดแยกจากผลส้มที่เน่าเสียส่วนใหญ่ได้แก่แบคทีเรียและยีสต์ ส่วนเชื้อราจะพบน้อยมาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้แบคทีเรียและยีสต์ที่คัดแยกจากผลส้มที่เน่าเสียแต่ไม่ได้ระบุชี้ชนิดมาศึกษาผลความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในน้ำส้มซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้ม

ความเข้มข้นของสารสกัดจากขิง (ร้อยละโดยปริมาตรของน้ำส้ม)	ร้อยละของจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น		
	ยีสต์	แบคทีเรียที่สร้างสปอร์	แบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์
0	>100	>100	>100
5	>100	>100	>100
10	78.2	65.6	56.4
15	63.4	53.3	44.1
20	55.6	46.2	32.6
25	48.7	37.4	20.2

สารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์และแบคทีเรียดังจะเห็นได้จากปริมาณของยีสต์และแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 100 เมื่อเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์เริ่มต้นเช่นเดียวกับตัวอย่างที่ไม่ได้ผสมสารสกัดจากขิง ซึ่งประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์ของสารสกัดจากขิงพบตั้งแต่ร้อยละ10 ขึ้นไป โดยที่ประสิทธิภาพของสารสกัดจากขิงในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้มจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากสารสกัดจากขิงที่ร้อยละ 25 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของยีสต์และแบคทีเรียได้มากกว่าร้อยละ 50 และประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจิญของจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิงนั้นพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่แบคทีเรียที่สร้างสปอร์และยีสต์ ตามลำดับ และการที่สารสกัดจากขิงมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

เหล่านี้เนื่องจากในสารสกัดจากขิงมีองค์ประกอบที่มีคุณสมบัติ antimicrobial ได้แก่สารจำพวก phenolics และ essential oils เช่นสารประกอบ pungent ได้แก่ zingerone , gingerol และ shogaol เป็นต้น (Wilkinson, 2002)

3.3 การศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงในน้ำส้มต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส

โดยแปรความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงในน้ำส้มสดเป็นร้อยละ 0 5 10 15 20 และ 25 (โดยปริมาตร) แล้วนำไปประเมินผลโดยทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสให้ผลดังแสดงในตารางที่ 5 โดยพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มมีคะแนนการยอมรับในด้านสี กลิ่น รสชาติและการยอมรับโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสน้ำส้มที่ผสมสารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0-25

ความเข้มข้นของสารสกัดจากขิง (ร้อยละโดยปริมาตร)	คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส [2]			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม
0	6.72^{a} [1]	6.88^{a}	6.88^{a}	6.92^{a}
5	5.40^{b}	4.32^{b}	4.40^{b}	4.32^{b}
10	5.10^{b}	3.80^{c}	3.84^{b}	3.72^{c}
15	3.16^{c}	2.52^{d}	2.72^{c}	2.44^{d}
20	2.16^{d}	2.20^{d}	2.24^{cd}	2.32^{d}
25	1.88^{d}	2.04^{d}	1.84^{d}	1.68^{e}

[1] ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

[2] ประเมินผลการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสแบบ 7- point hedonic scale test (7 = ชอบมากที่สุด 1 = ไม่ชอบมากที่สุด)

น้ำส้มที่ผสมสารสกัดจากขิงตั้งแต่ร้อยละ 15 ถึง 25 พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับในด้านสี กลิ่น รสชาติและการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบปานกลางถึงไม่ชอบมากที่สุด ซึ่งจากการวิจารณ์ของผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความเห็นว่าน้ำส้มที่ผสมสารสกัดจากขิงตั้งแต่ร้อยละ 15 ถึง 25 ผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่ได้มีสีคล้ำ และมีกลิ่นขิงค่อนข้างแรงรวมทั้งมีรสชาติเผ็ด ทำให้รู้สึกว่าแตกต่างจากน้ำส้มทั่วไปอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามเมื่อนำสารสกัดจากขิงมาผสมในน้ำส้มที่ความเข้มข้นไม่สูงมากนักผู้ทดสอบก็ยังให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ดังจะเห็นได้จากน้ำส้มที่ผสมสารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 มีคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ปานกลางคือไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ

ดังนั้นจากศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงต่อการยับยั้งจุลินทรีย์และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าถึงแม้ว่าสารสกัดจากขิงที่ร้อยละ 25 สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์ได้มากกว่าร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำส้มที่ไม่ได้ผสมสารสกัดจากขิง แต่การใช้สารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้นสูงจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค และเมื่อพิจารณาการใช้สารสกัดจากขิงที่ร้อยละ10 พบว่าเป็นความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้มได้ในขณะเดียวกันยังมีคะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ปานกลางที่ยอมรับได้ ดังนั้นการใช้สารสกัดจากขิงร้อยละ 10 จึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อที่จะนำไปศึกษาร่วมกับการใช้ความร้อนในน้ำส้มต่อไป

4.การใช้ความร้อนต่ำร่วมกับสารสกัดจากขิงในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของน้ำส้ม

การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีร่วมกับสารสกัดจากขิงร้อยละ 10 ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (34 ± 2 องศาเซลเซียส) โดยทำการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ทุก 2 วัน เป็นเวลา 7 วันเปรียบเทียบกับน้ำส้มสด พบว่าที่ระยะเวลาเริ่มต้น (0 วัน) น้ำส้มสดตรวจพบยีสต์ $2.3X10^2$ CFU/ml และแบคทีเรีย $1.6x10^3$ CFU/ml ในขณะที่น้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีร่วมกับสารสกัดจากขิงร้อยละ 10 ไม่พบการเจริญของยีสต์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ และตรวจพบแบคทีเรียในปริมาณที่ต่ำกว่า 25 CFU/ml ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีร่วมกับสารสกัดจากขิงร้อยละ 10 ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน โดยเปรียบเทียบกับน้ำส้มสด

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/ml)			
	ยีสต์		แบคทีเรีย	
	FOJ [2]	POJ + 10% G [3]	FOJ	POJ + 10% G
0	$2.3x10^2$	<10	$1.6 x10^3$	<25
2	$5.3x10^7$	$2.5x10^2$	$4.2 x10^6$	$4.1 x10^2$
4	ND [1]	$5.3 x10^3$	ND	$3.8 x10^3$
6	ND	$4.8x10^7$	ND	$5.2 x10^6$
7	ND	ND	ND	ND

[1] หมายถึง ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์

[2] หมายถึง น้ำส้มสด

[3] หมายถึง น้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อน 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีผสมสารสกัดจากขิงร้อยละ 10

การตรวจไม่พบการเจริญของยีสต์และตรวจพบการเจริญของแบคทีเรียในปริมาณต่ำกว่า 25 CFU/mlในน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีร่วมกับสารสกัดจากขิงร้อย 10 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 วัน เนื่องจากผลของการให้ความร้อนระดับพลาสเจอร์ไรส์ที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์ที่ไม่ทนความร้อนซึ่งปนเปื้อนในน้ำส้มอยู่ในสภาพได้รับบาดเจ็บรวมทั้งสภาพความเป็นกรดสูงของน้ำส้มทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นถูกยับยั้งการเจริญ

ในตัวอย่างน้ำส้มสด พบว่าเริ่มเกิดการเสื่อมเสียตั้งแต่วันที่ 1 ของการเก็บรักษาและเมื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของวันที่ 2 ในน้ำส้มสดที่เน่าเสียแล้ว พบว่ามีปริมาณยีสต์ $5.3x10^7$ CFU/ml และแบคทีเรีย $4.2x10^6$ CFU/ml ดังนั้นจึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำส้มสดตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา สำหรับตัวอย่างน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีร่วมกับสารสกัดจากขิงร้อยละ 10 พบว่าในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเริ่มตรวจพบปริมาณและยีสต์ $2.5x10^2$ CFU/ml และแบคทีเรีย $4.1x10^2$ CFU/ml ทั้งนี้เนื่องจากเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนรวมทั้งเซลล์ที่ได้รับบาดเจ็บมีการปรับตัวเองเมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเช่นสารอาหารและอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงทำให้จุลินทรีย์เจริญและเพิ่มจำนวนเซลล์แต่การเพิ่มจำนวนของยีสต์และแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆเมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มจำนวนของยีสต์และแบคทีเรียในน้ำส้มสดซึ่งมีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการให้ความร้อนและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิง ดังนั้นจึงพบว่าน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีร่วมกับสารสกัดจากขิงร้อยละ 10 เริ่มเสื่อมเสียในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาโดยตรวจพบปริมาณยีสต์ $4.8x10^7$CFU/ml และแบคทีเรีย $5.2x10^6$ CFU/ml และจากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์พบว่ายีสต์จะเพิ่มจำนวนในน้ำส้มได้เร็วกว่าแบคทีเรียเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะที่เป็นกรดสูงของน้ำส้มมีผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในขณะที่ยีสต์มีความสามารถในการปรับตัวในสภาวะที่เป็นกรดสูงได้ดีกว่า (Banwat,1979) นอกจากนี้จากการทดลอง (ตารางที่ 4) ซึ่งพบว่าสารสกัดจากขิงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่ายีสต์จึงมีผลทำให้ยีสต์มีการเจริญและเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็ว

5. การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำส้มที่ผ่านการให้ความร้อน 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีร่วมกับสารสกัดจากขิงร้อยละ 10

5.1 ผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วันต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

การนำเอาวิธีปฏิบัติต่างๆมาใช้ร่วมกันได้แก่ การให้ความร้อนแก่น้ำส้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีร่วมกับการใช้สารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่างๆได้แก่ 4 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ตามลำดับในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในน้ำส้มได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำส้มต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

ระยะเวลาเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/ml)					
	ยีสต์			แบคทีเรีย		
(วัน) อุณหภูมิเก็บรักษา (°ซ)	4	10	34 ± 2	4	10	34 ± 2
0	<10	<10	<10	<25	<25	<25
2	<10	<10	2.3×10^2	<1	<1	3.8×10^2
4	<10	<10	4.6×10^3	<1	<1	6.6×10^3
6	<10	<10	3.6×10^7	<1	<1	4.6×10^6
8	<10	<10	ND [1]	<1	<1	ND
10	<10	<10	ND	<1	<1	ND
12	<10	30	ND	<1	<1	ND
14	<10	1.2×10^2	ND	<1	<10	ND

[1] ND หมายถึง ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์

ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 วันตรวจไม่พบการเจริญของยีสต์ในทุกตัวอย่างน้ำส้มแต่ตรวจพบการเจริญของแบคทีเรียต่ำกว่า 25 CFU/ml

ตัวอย่างน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเริ่มตรวจพบยีสต์ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยตรวจพบในปริมาณ 2.3×10^2 CFU/ml และตรวจพบแบคทีเรีย 3.8×10^2 CFU/ml และพบว่าตัวอย่างน้ำส้มเกิดการเสื่อมเสียในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาโดยตรวจพบยีสต์ 3.6×10^7 CFU/ml และแบคทีเรีย 4.6×10^6 CFU/ml

ตัวอย่างน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสตรวจไม่พบการเจริญของยีสต์ในระหว่างการเก็บรักษา 10 วันโดยเริ่มตรวจพบการเจริญของยีสต์ตั้งแต่วันที่ 12 ของการเก็บรักษา ส่วนแบคทีเรียเริ่มตรวจพบในปริมาณที่ต่ำกว่า 10 CFU/ml ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษาแสดงให้เห็นว่ายีสต์มีการปรับตัวเองให้เจริญและเพิ่มจำนวนเซลล์ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสได้ดีกว่าแบคทีเรีย สำหรับตัวอย่างน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา14 วันทั้งนี้เนื่องจากผลของปัจจัยร่วมต่างๆได้แก่การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ร่วมกับการใช้สารสกัดจากขิงความเข้มข้นร้อยละ 10 สภาวะที่มีความเป็นกรด-ด่างต่ำประมาณ 4.0 ของน้ำส้มรวมทั้งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลไปยับยั้งทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำส้มรวมทั้งเซลล์ที่ได้รับบาดเจ็บจากการให้ความร้อนไม่สามารถเจริญได้

5.2 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำส้มต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี

จากผลการทดลองความเป็นกรด-ด่างและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องตลอดระยะเวลา 14 วัน (ตารางที่ 8) การที่ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกของน้ำส้มไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องมาจากระบบบัฟเฟอร์ที่มีอยู่ในน้ำส้มโดยพบว่ากรดอินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำส้มส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริกและมาลิกซึ่งพบในอัตราส่วน 95:5 โดยกรดทั้ง 2 ชนิดจะรวมตัวกับเกลือของมันทำให้เกิดสภาพที่เป็นบัฟเฟอร์ต่อส่วนที่อยู่ในรูปของกรดและเมื่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกไม่เปลี่ยนแปลงดังนั้นความเป็นกรดด่างของน้ำส้มจึงไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Park และคณะ, 1983)

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน

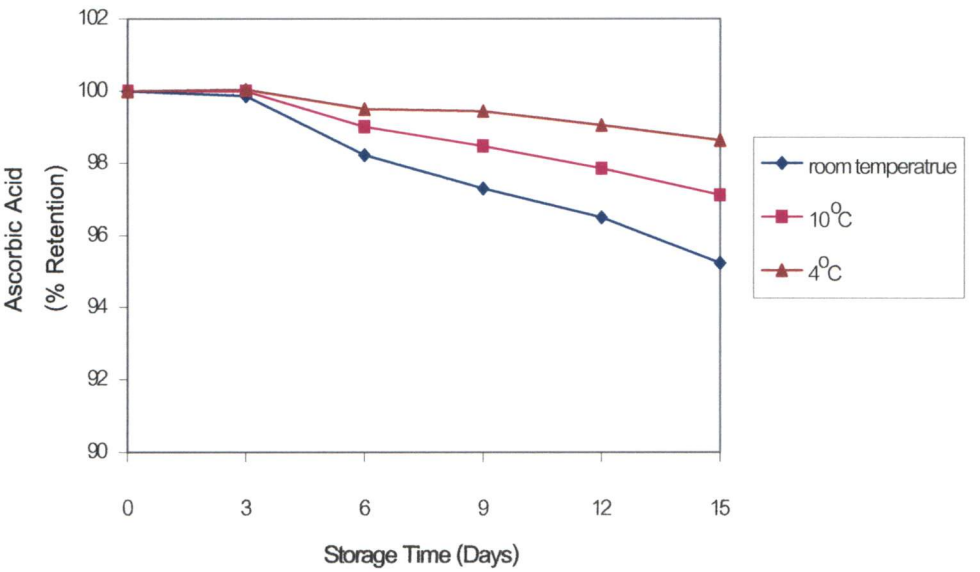
ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	คุณสมบัติทางเคมี								
	ความเป็นกรด-ด่าง			ร้อยละของปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก			ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)		
	4 °ซ	10 °ซ	34± 2 °ซ	4 °ซ	10 °ซ	34± 2 °ซ	4 °ซ	10 °ซ	34± 2 °ซ
0	4.00^{a}	4.00^{a}	4.00^{a}	0.70^{a}	0.69^{a}	0.69^{a}	12.40^{a}	12.40^{a}	12.40^{a}
2	4.00^{a}	4.00^{a}	3.99^{a}	0.70^{a}	0.70^{a}	0.70^{a}	12.40^{a}	12.40^{a}	12.40^{a}
4	3.99^{a}	3.99^{a}	3.99^{a}	0.69^{a}	0.70^{a}	0.69^{a}	12.30^{a}	12.30^{a}	12.00^{a}
6	3.99^{a}	3.99^{a}	4.00^{a}	0.70^{a}	0.70^{a}	0.70^{a}	12.40^{a}	12.40^{a}	11.00^{ab}
8	3.99^{a}	3.99^{a}	3.98^{a}	0.69^{a}	0.69^{a}	0.69^{a}	12.40^{a}	12.40^{a}	10.20^{ab}
10	4.00^{a}	4.00^{a}	4.00^{a}	0.69^{a}	0.70^{a}	0.69^{a}	12.40^{a}	12.40^{a}	9.30^{abc}
12	4.00^{a}	4.00^{a}	3.99^{a}	0.70^{a}	0.70^{a}	0.70^{a}	12.40^{a}	12.40^{a}	8.60^{bc}
14	3.99^{a}	3.99^{a}	3.99^{a}	0.70^{a}	0.70^{a}	0.70^{a}	12.30^{a}	12.30^{a}	7.50^{c}

^{abc} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้พบว่าน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมีการสูญเสียปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่มีอยู่ในน้ำส้มซึ่งพบว่าส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำตาลมีปริมาณร้อยละ 80 ได้แก่ น้ำตาลซูโครส ฟรุคโตส กลูโคส เป็นต้น นอกจากนั้นอีกประมาณร้อยละ10 เป็นกรดซิตริกรวมทั้งในรูปเกลือซิเตรท และการสูญเสียปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่เป็นน้ำตาลอาจเกิดเนื่องจากน้ำตาลถูกไฮโดรไลซ์ในระหว่างการเก็บรักษาซึ่ง Lee และ Nagy (1988) พบว่าน้ำตาลซูโครสในน้ำผลไม้ตระกูลส้มจะถูกไฮโดรไลซ์ โดยปริมาณที่ถูกไฮโดรไลซ์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นการสูญเสียน้ำตาลอาจเกิดจากการที่จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำส้มนำไปใช้ในการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ ซึ่งจะเห็นได้จากการที่พบการเน่าเสียของน้ำส้มหลังวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 7) จึงมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีปริมาณลดลง ในขณะที่การเก็บรักษาน้ำส้มที่อุณหภูมิ 10 และ 4 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เริ่มต้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน

5.3 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อความคงทนของกรดแอสคอบิคในน้ำส้ม

การเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิคในน้ำผลไม้ตระกูลส้มไม่เพียงแต่มีผลต่อการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการแล้วพบว่ายังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส รวมทั้งทำให้น้ำผลไม้มีสีคล้ำ (darkening) อีกด้วย และภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำส้มเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอบิคลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดแอสคอบิคเริ่มต้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lee และ Nagy (1988) ที่พบว่าการลดลงของปริมาณกรดแอสคอบิคในน้ำผลไม้ตระกูลส้มมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการเก็บรักษา



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอบิคในน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

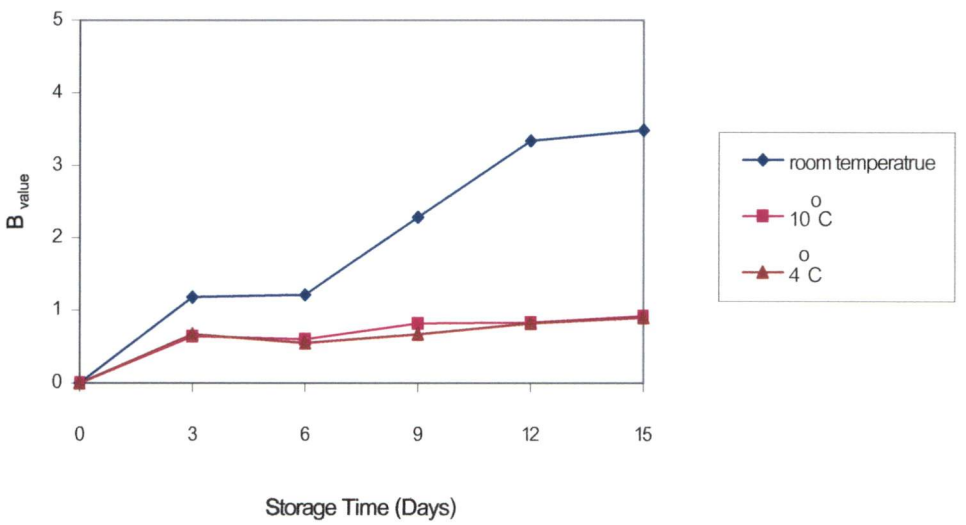
น้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วัน พบว่าปริมาณกรดแอสคอบิคมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเท่ากับ 0.59 และ 1.29 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรของน้ำส้ม คิดเป็นร้อยละ 1.36 และ 2.88 ตามลำดับ ในขณะที่น้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องพบว่ามีการสูญเสียกรดแอสคอบิค 2.08 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรของน้ำส้ม คิดเป็นร้อยละ 4.77 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มเริ่มต้น ซึ่ง Nagy และ Smoot (1977) พบว่าการเก็บรักษาน้ำส้มที่อุณหภูมิสูงกว่า 27 องศาเซลเซียส มีผลต่ออัตราการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิคในน้ำส้มที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นในระหว่างการเก็บรักษาน้ำส้มกรดแอสคอบิคอาจเกิดการเสื่อมสลายเนื่องจากปฏิกริยาออกซิเดชั่น (autooxidation) ซึ่งเกิดจากก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำส้มและมีผลทำให้ปริมาณกรดแอสคอบิคลดลง (Robertson และ Samaniego, 1986)

5.4 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ได้มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ (non-enzymatic browning) เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของน้ำผลไม้ตระกูลส้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษาและการเกิดปฏิกิริยานี้มีผลทำให้น้ำผลไม้มีกลิ่นรส สีและคุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงไป

ซึ่งจากการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่า B value ของตัวอย่างน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องมีค่าเพิ่มขึ้น โดยน้ำส้มที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้องมีการเพิ่มขึ้นของค่า B value ประมาณ 3 เท่าของน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน

จาก**การวิเคราะห์**ทางด้านสถิติพบว่าค่า B value ของตัวอย่างน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับตัวอย่างน้ำส้มที่อุณหภูมิ 4 และ10 องศาเซลเซียสตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา ส่วนน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 10 องศาเซลเซียสค่า B value ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วันดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำส้มโดยพิจารณาจากค่า B value ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 15 วัน

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Lee และ Nagy (1988) ที่ได้รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาน้ำผลไม้ตระกูลส้มเพิ่มขึ้นน้ำผลไม้จะเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นและจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในน้ำผลไม้ถูกไฮโดรไลส์เป็นน้ำตาลฟรุคโตสและน้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) โดยที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำผลไม้เพิ่มขึ้น และเมื่อมีการรวมตัวของน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนในน้ำผลไม้ก็จะมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล(Akhavanและ Wrolstad, 1980) นอกจากนี้การเปลี่ยนสีของน้ำส้มในระหว่างการเก็บรักษายังเป็นผลมาจากการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิค (ภาพที่ 7) ด้วยเช่นกัน

สรุปผลการทดลอง

การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีแก่น้ำส้มเป็นอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากการที่มีผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำส้มได้มากโดยที่คุณภาพทางเคมีและกายภาพมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่ได้ยังมีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้ชิม

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากขิงในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียในน้ำส้มพบว่า ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดจากขิงเพิ่มขึ้น โดยมีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่แบคทีเรียที่สร้างสปอร์และยีสต์ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากขิงที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในน้ำส้มเนื่องจากมีผลในการลดปริมาณของจุลินทรีย์โดยที่ผลิตภัณฑ์น้ำส้มยังมีคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ร่วมกับสารสกัดจากขิงร้อยละ 10 ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในน้ำส้มพบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่ได้มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ประมาณ 4 วันเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มสดที่มีอายุการเก็บรักษา 1 วัน และเมื่อทำการประเมินคุณภาพของน้ำส้มที่ผ่านกระบวนการโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน พบว่าน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสตรวจพบการเจริญของยีสต์ 1.2×10^2 CFU/ml และแบคทีเรียในปริมาณที่ต่ำกว่า 10 CFU/ml ส่วนน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนี้คุณสมบัติทางเคมีเช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณกรดไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน แต่ตรวจพบการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิคและการเกิดสีน้ำตาลในน้ำส้มของทุกอุณหภูมิการเก็บรักษาโดยที่ค่าที่ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ทนง ภัครัชพันธุ์. 2534. อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 167 หน้า.

นิด ชากังราว. 2544. ส้มปลอดโรคในศตวรรษที่ 21. สำนักพิมพ์มติชน. กรุงเทพฯ. 95 หน้า.

นิจศิริ เรืองรังสี. 2542. เครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 206 หน้า.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2527. เครื่องเทศที่ใช้เป็นสมุนไพรเล่ม1. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์อมรการพิมพ์. 103 หน้า.

เปรมปรี ณ สงขลา. 2537. ทำสวนส้มอย่างมืออาชีพ. เจริญรัฐการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 174 หน้า.

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. พืชเครื่องเทศและสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์. 200 หน้า.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2542. Ginger is a food as well as medicine. วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนา. องค์การเภสัชกรรม 6(1): 1, 8 – 10.

สมพร ภูติยานันต์. 2542. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการแพทย์แผนไทยว่าด้วยสมุนไพรกับการแพทย์แผนไทย. ภาควิชาเภสัชเวช คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 3. โครงการพัฒนาตำรา สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 389 หน้า.

อรนุช โชคชัยเจริญพร. 2536. ขิง. จุลสารข้อมูลสมุนไพร 10(3):16 – 21.

อรพิน ชัยประสพ. 2534. การกำจัดรสขมในน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้ม. อาหาร. 21(2) : 87 – 93.

Akhavan, L. and Wrolstad, R.E. 1980. Variation of sugars and acids during ripening of pears and in the production and storage of pear concentrate. *J. Food Sci.* 45:499.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15thed. The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Verginia.

Arias, C.R., Burn, J.K., Fricdrich, L.M., Goodrich, R.M. and Parish, M.E. 2002. Yeast species associated with orange juice: Evaluation of different identification methods. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(4): 1955-1961.

Baker, R.A. and Bruemmer, J.H. 1972. Pectinase stabilization of orange juice cloud. *J. Agric. Food Chem.* 20: 1169.

Baker, R.A. and Cameron, R.G. 1999. Clouds of citrus juices and juice drinks. *Food technol.* 53(1): 64 – 69.

Balaban, M. 2000. New process yield safe orange juice that tastes like fresh- squeezed. [Online]. Available: http://www.napa.ufl.edu/2000 news/juice.htm.

Banwat, G.J. 1979. Basic food microbiology, p.116, The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

Braddock, J.J. 1999. Handbook of citrus by-product and processing technology. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Buitrago, M.E., Barranco, A., Tapia, M.S. ,Gomez, V. and Lo'PEZ-MALO, A. 2002.Ultrasonication and blanching effects on orange juice natural mirobial flora. [Online].Available: http://www.ift.confex.com /ift/2002//techprogram/paper-14083.htm.

Cameron, R.G., Baker, R.A., and Grohman, K. 1998.Multiple forms of pectinmethylesterase from citrus peel and their effect on juice cloud stability. *J. Food Sci.* 6 : 253 – 256.

Castaldo, D., Lovoi, A., Quagliuolo, L., Servillo, L., Balestrieri, C. and Giovane, A. 1991. Orange juice and concentrates stabilization by a proteic inhibitor of pectin methylesterase. *J. Food Sci.* 56(6): 1632-1634.

Chandler, B.V., Kefford, J.F. and Ziemelis, G. 1968. Removal of limonin from bitter orange juice. *J. Sci. Food Agric.* 19: 83 – 86.

Corredig, M. and Wicker, L. 2000. Orange juice clarification by thermostable fractions of pectinmethylesterase.[Online]. Avaiable: http://www.ift. confex.com/ift/ /2000/ techprogram/paper-3626.htm.

Deak, T. and Beuchat, L.R. 1992. Yeast associated with fruit juice concentrate. *J. Food Prot.* 56: 777 – 782.

Ejechi, B.O., Souzey, J.A. and Akpomedaye, D.E. 1988. Microbial stability of mango (*Mangifera indica* L.) juice preserved by combined application of mild heat and extracts of two tropical spices. *J. Food Protect.* 61(6): 725-727.

Fellers, P.J., De Jager, G. and Poole, M.J. 1986. Quality of retail florida-packed frozen concentrated orange juice as determined by consumers and physical and chemical analyses. *J. Food Sci.* 51(5): 1187-1189,1190.

Goodner, J.K., Braddock, R.J., Parish, M.E. and Sims, C.A. 1999. Cloud stabilization of orange juice by high pressure processing. *J. Food Sci.* 64(4): 699 – 700.

Hasegawa, S. and Maier, V.P. 1983. Solutions to the limonin bitterness problem of citrus juices. *Food Technol.* 37(6): 73 – 77.

Hendix, C.M. and Redd, J.B. 1995. Chemistry and technology of citrus juice and by Products. In Production and packaging of non-carbonated fruit juice and fruit Beverages. 2nd ed. P. 53-86. Blackie Academic & Profressional, London.

Hicks, D.1990. Production and packaging of non – carbonated fruit juices and fruit beverages. Blackie and Son Ltd. Glasgow.

Holland, R.R., Reeder, S.K. and Prition, D.E. 1976. Cloud stability test for pasteurized citrus juices. *J. Food Sci.* 41(4): 812 – 815.

Juven, B. J., Kasmer, J. and Weisslowicz, H. 1978. Influence of orange juice composition on the thermal resistance of spoilage yeasts. *J. Food Sci.* 43(4): 1074-1076, 1080.

Kimball, D.A. 1999. Analyses of citrus Microbiology. In citrus processing, A complete guide. 2nd ed . P 297 – 311 Chapter 8. Aspen Publisher, Inc., Maryland.

Klavons, J.A., Bennett, R.D. and Vannier, S.H. 1991. Nature of the protein constituent of commercial orange juice cloud. J. Agric. *Food Chem.* 39: 1546-1548.

Klavons, J.A., Bennett, R.D. and Vannier, S.H. 1994. Physical/chmical nature of pectin associated with commercial orange juice cloud. *J. Food Sci.* 59(2): 399 – 401.

Lee, H.S. and Nagy, S. 1988. Quality changes and nonenzymic browning intermediates in grapefruit juice during storage. *J. Food Sci.* 53(1): 168-170.

Leistner, L. and Gorris, L.G.M. 1995. Food preservation by hurdle technology. Trends *Food Sci.Technol.* 6:41-46.

Miller, L.G., and C.W. Kasper. 1994. *Escherichia coli* 0157 : H7 acid tolerance and survival in apple cider. *J. Food Prot.* 57: 460 – 464.

Murdock, D.I. 1977. Microbiology of citrus products. Ch.11. In "Citrus Science and Technology", Vol. 2. S., Nagy, P.E., Shaw and M.K., Veldhuis (eds.), p.449, AVI Publishing Co. Westport, CT .

Murdock, D.I. and Hatcher, W.S.. 1978. Effect of temperature on survival of yeast in 45 and 65 Brix orange concentrate. *J. Food Prot.* 41: 689 – 691.

Nagy, S. and Smoot, J.M. 1977. Temperature and storage effect on percent retention and percent U.S. recommended dietary allowance of vitamin C in canned single strength orange juice. *J. Agric. Food.* Chem. 25(1): 135-138.

Nagy, S. Shaw, P.E. and Veldhuis, M.K. 1977. Citrus Science and Technology. V.1. The Avi Publishing Company, INC, Westport, Connecticus.

Nienaber, U. and Shellhammer. 2001. High-pressure processing of orange juice: combination treatments and a shelf life study. *J. Food Sci.* 66(2): 332-336.

Owusu – Yaw, J., Mashall, M.R., Koburger, J.A. and Wei, C.I. 1988. Low pH inactivation of pectinesterase in single strength orange juice. *J. Food Sci.* 53: 504 – 507.

Parish, M.E. 1991. *S. cerevisiae* in grape fruit serum. *Food Technol.* 45:128, 130, 132, 134.

Parish, M.E. and Higgins, D.P. 1988. Isolation and Identification of lactic acid bacteria from samples of citrus molasses and unpasteurized orange juice. *J. Food Sci.* 53(2): 645 – 646.

Parish, M.E. and Higgins, D.P. 1989. Yeasts and molds isolated from spoiling citrus products and by – products. *J. Food Protech.* 52(4): 261 – 263.

Park, G.L., Byers, J.L., Pritz, C.M., Nelson, D.B. Wavaro, J.L., Smolensky, D.C.and Vandercook, C.E. 1983. Characteristics of california navel orange juice pulpwash. *J. Food Sci.* 48:627.

Phillip, C.F. 2001. Fruit and human nutrition. In "Fruit Processing" Second edition. P.50. Chapter 3. Aspen Publisher, Inc., Maryland.

Recca, J., and Mrak., E.M. 1952. Yeast occuring in citrus products. *Food Technol.* 6: 450-454.

Rojas, A.M.and Gerschenson, L.N. 1997. Influence of system composition on ascorbic acid destruction at processing temperatures. *J. Sci. Food and Agric.* 74(3): 369-378.

Robertson, G.L. and Samaniego, C.M.L.1986. Effect of initial dissolved oxygen levels on the degradation of ascorbic acid and the browning of lemon juice during storage. *J. Food Sci.* 51(1): 184-187,192.

Rodriguez, M., Sadler, G.D., Sims, C.A. and Braddock, R.J. 1991. Chemical changes during storage of an alcoholic orange juice beverage. *J. Food Sci.* 56(2): 475 – 479,493.

Rothschild, G. and Karsenty, A. 1974. Influence of holding time before pasteurization, pasteurization and concentration on the turbidity of citrus juice. *J. Food Sci.* 39 (9): 1042 – 1044.

Rouse, A.H. 1953. Distribution of pectinesterase and total pectin in component part of citrus fruits. *Food Technol.* 7: 360-362.

Rouse, A.H. and Atkins, C.D. 1952. Heat inactivation of pectinesterase in citrus juices. *Food Technol.* 6: 291 – 294.

Salunkhe, D.K. and Kadam, S.S. 1995. Handbook of fruit science and technology. Marcel Dekker, Inc. New York.

Sapers, G.M. 1993. Browning of food: control by sulfites, antioxidants, and other means. (Scientific Status Summary edited by Mermelstein, N.H.) *Food Technol.* 47(10): 75-84.

Sawamura, M., Nakagawa, T., Katsuno, S., Hamaguchi, H. and Ukeda, H. 2000. The effect of antioxidants on browning and on degradation products caused by dehydroascorbic acid. *J. Food Sci.* 65:20-23.

Scott, W.C., Kew, T.J., and Veldhuis, M.K. 1965. Composition of orange juice cloud. *J.Food Sci.* 30: 833-837.

Sizer, C.E. and Balasubramaniam, V.M. 1999. New intervention processes for minimally processed juices. *Food technol.* 53(10): 64 – 67.

Sun, D. and Wicker, L. 1996. pH affect marsh grapefruit pectinesterase stability and conformation. *J. Agric. Food Chem.* 44: 3741-3745.

Tressler, D.K. and Joslyn, M.A. 1961. Fruit and vegetable juice processing. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

Varnam, A.H. and Sutherland, P. 1994. Beverages. Volume 2. Chapman & Hall, London.

Versteeg, C., Rombouts, F.M., Spansen, C.H. and Pilnik, W. 1980. Thermostability and orange juice cloud destabilizing properties of multiple pectinesterases from orange. *J. Food Sci.* 45: 969 – 971, 998.

Wakayama, T. and Lee, C.V. 1987. Factors influencing honey clarification of apple juice. *Food Chem.* 25 :111-116.

Wilkinson, J.M. 2002. Ginger-A review of its medicinal uses.[Online].Available: http://www.csu.edu.au/faculty/health/biomed/MHR/ginger_.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ทางด้านเคมี

1. **การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด** (Titratable acidity) (AOAC, 1990)

ปิเปตน้ำส้มมา 10 มิลลิลิตรใส่ในฟลาสก์ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น (ที่ผ่านการต้มเดือดและเย็นลง) 100 มิลลิลิตร หยดฟีนอฟธาลีนลงไป 2 – 3 หยด นำไปไนเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติเมื่อสารละลายในฟลาสก์เป็นสีชมพูอ่อน ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

คำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าที่ใช้และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก

$$\text{ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก} = \frac{\text{ml ของ NaOH} \times N \times 100 \times 64}{A \times 1000}$$

ml ของ NaOH = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH 0.1 N ที่ใช้ในการไตเตรท

N = Normality ของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท

A = ปริมาตรของตัวอย่างน้ำส้ม

2. **การวิเคราะห์หาวิตามินซี (กรดแอสคอบิค)** (AOAC, 1990)

สารเคมีที่ใช้

1. สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริคความเข้มข้นร้อยละ 20
2. สารละลายอินโดฟีนอลมาตรฐาน ชั่ง 2, 6 – dichlorophenoli dophenol มา 0.05 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 100 มิลลิลิตร กรองสารละลายนี้เก็บไว้ในตู้เย็นได้ 2 – 3 สัปดาห์
3. สารละลายวิตามินซีมาตรฐาน ซึ่งวิตามินซีบริสุทธิ์มา 0.5 กรัม ละลายในสารละลายกรดเมตาฟอสฟอรัสความเข้มข้นร้อยละ 20 เติมน้ำกลั่นปรับให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 250 มิลลิลิตรสารละลายวิตามินซีที่ได้ 1 มิลลิลิตรมีวิตามินซี 0.2 มิลลิกรัม เตรียมทันที่ก่อนใช้

ภาคผนวก ข

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

Orange serum agar (Diffco)		
Orange serum*	200	ml
Yeast extract	3	g
Tryptone	10	g
Dextrose	4	g
Dipotassium phosphate	2.5	g
Agar	17	g

ละลายส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน ปรับส่วนผสมของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1000 มล. นำไปฆ่าเชื้อที่ 121 ^{o}C เป็นเวลา 15 นาที

การเตรียม orange serum

นำน้ำส้มมากรองด้วยผ้ากรอง 2 ชั้น นำน้ำส้มที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2500 rpm. เป็นเวลา 15 นาที ใช้ปิเปตดูดเอาส่วนที่ใสมาเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ orange serum agar

ภาคผนวก ค

แบบประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส
ผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ชื่อ-สกุล..... วันที่.....

คำชี้แจง กรุณาชิมตัวอย่างของน้ำส้ม แล้วให้คะแนนการยอมรับของท่านต่อคุณลักษณะด้านกลิ่น สี รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างน้ำส้มโดยเปรียบเทียบกับน้ำส้มสด และโปรดให้เหตุผลของความชอบหรือไม่ชอบของท่านด้วย

เกณฑ์การให้คะแนน

7 ชอบมากที่สุด
6 ชอบปานกลาง
5 ชอบเล็กน้อย
4 เฉยๆ
3 ไม่ชอบเล็กน้อย
2 ไม่ชอบปานกลาง
1 ไม่ชอบมากที่สุด

ตัวอย่าง	กลิ่น	สี	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม

เหตุผลของความชอบหรือไม่ชอบผลิตภัณฑ์.....
.....

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวลินจง สุขลำภู

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-3264341-3 ต่อ 340 โทรสาร 02- 3264414

วุฒิการศึกษา : วท.ม.วิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์ระดับ 6