การปรับปรุงคุณภาพของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

IMPROVEMENT OF PASTEURIZED GUAVA JUICE QUALITIES BY MICROWAVE TECHNIQUE

จิรพร การค้า

JIRAPORN KANKHA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2169-3

การปรับปรุงคุณภาพของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

IMPROVEMENT OF PASTEURIZED GUAVA JUICE QUALITIES BY MICROWAVE TECHNIQUE

จิรพร การค้า

JIRAPORN KANKHA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2169-3

IMPROVEMENT OF PASTEURIZED GUAVA JUICE QUALITIES BY MICROWAVE TECHNIQUE

JIRAPORN KANKHA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2006

ISBN 974-15-2169-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพของน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม โดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ
นักศึกษา	นางสาวจิรพร การค้า
รหัสประจำตัว	46066605
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ โดยศึกษาผลของอัตราการไหลที่ (200 – 500 มล./นาที; X_2) และที่กำลังไฟฟ้า (1600 – 4800 วัตต์; X_1) ที่ความถี่ 2450 MHz จากการทดลองพบว่า น้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ได้รับคลื่นไมโครเวฟมีอุณหภูมิสุดท้ายเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการไหลลดลง (r = -0.97**) และที่กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (r = 0.99**) ซึ่งน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ได้จะมีปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (r = -0.85*; X_1, 0.73*; X_2 และ -0.56; $X_1 \cdot X_2$) และมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (ΔE) เพียงเล็กน้อย (r = 0.99**; X_1, -0.98**; X_2 และ 0.62**; $X_1 \cdot X_2$) นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดให้ต่ำกว่า 4 log CFU และเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ใช้เทคนิคไมโครเวฟกับน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ใช้วิธีการพาสเจอร์ไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่าวิธีการพาสเจอร์ไรซ์แบบดั้งเดิม จะส่งผลกระทบต่อปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) มากกว่าการใช้เทคนิคไมโครเวฟ

Thesis	Improvement of pasteurized guava juice qualities by microwave technique
Student	Miss.Jiraporn Kankha
Student ID	46066605
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Woatthichai Narkrugsa

ABSTRACT

The improvement of pasteurized guava juice qualities by microwave technique was studied by determining the effects of continuous flow of guava juice (200 – 500 ml/min; X_2) at different microwave power levels (1600 – 4800 W; X_1) at 2450 MHz. The final temperature of guava juice was increased with a low flow rate (r = -0.97**) at a high power level (r = 0.99**) The amount of a remained ascorbic acid was high (>80%, r = -0.85* with X_1, 0.73* with X_2 and -0.56**, $X_1 \cdot X_2$) with a little change of color (ΔE) (r = 0.99** with X_1, -0.98** with X_2 and 0.62** for $X_1 \cdot X_2$) while the remained of microorganism below 4 log CFU.Comparison with the pasteurization of guava juice with the conventional process at the same temperature, the results showed that the heating in the conventional process highly decreased the amount of remained ascorbic acid and highly increases (ΔE)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะแนวทาง และตรวจสอบแก้ไขสัมมนาฉบับนี้จนสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย และ ดร.กิตติชัย บรรจง กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ตลอดจนท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขสัมมนาฉบับนี้ และที่ลืมไม่ได้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อน ๆ ที่ได้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

จิรพร การค้า

สารบัญ

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

สารบัญภาพ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

คลื่นไมโครเวฟได้มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษของคลื่นที่สามารถสะท้อนกลับ ส่งผ่าน และดูดซับได้ ทำให้มีการนำคลื่นไมโครเวฟมาใช้ในการให้ความร้อนอาหาร โดยคลื่นไมโครเวฟสามารถแทรกผ่านเข้าไปในอาหารได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึง และน้ำในอาหารก็สามารถดูดซับคลื่นไว้ เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วทั่วชิ้นอาหาร

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้พร้อมดื่มกำลังได้รับความนิยมบริโภคมากขึ้น และมีปริมาณความต้องการของตลาดเครื่องดื่มอยู่ในระดับสูง ในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่มนั้นขั้นตอนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เป็นวิธีหนึ่งที่สำคัญในกระบวนการ วิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมกันมีหลายวิธี เช่น การใช้ความร้อน การพาสเจอไรซ์ การสเตอริไลซ์ การแช่แข็ง การใช้ความร้อนเป็นวิธีที่เก่าแก่และมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการควบคุมจุลินทรีย์ แต่ขณะเดียวกันก็มีผลต่อรสชาติ สี กลิ่น ของน้ำผลไม้เปลี่ยนแปลงไปในทางที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ คุณค่าทางโภชนาการลดลง เช่น ปริมาณวิตามินซี โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน ซึ่งการให้ความร้อนอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ ได้แก่ การให้ความร้อนแก่อาหารด้วยไมโครเวฟ ซึ่งเป็นการให้ความร้อนแก่อาหารโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง สามารถทำให้อาหารร้อนทั่วถึงกันอย่างสม่ำเสมอในระยะเวลาอันสั้น อาหารมีการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการน้อย นอกจากนี้แล้วสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสก็ยังมีสภาพที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ (ไพบูลย์, 2532) ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงนำไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม โดยศึกษาอัตราการไหลและกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อน้ำฝรั่งพร้อมดื่มด้วยไมโครเวฟ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาถึงการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในผลิตน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม โดยศึกษาถึงปัจจัยในการผลิต 2 ปัจจัย คือ กำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลในขั้นตอนการฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟที่ส่งผลต่อคุณภาพของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผลิตได้ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการผลิตน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม เพื่อให้ได้น้ำฝรั่งที่มีคุณภาพที่ดี คือ เพื่อให้ได้ค่าสีและปริมาณวิตามินซีที่ใกล้เคียงกับน้ำฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อโดยไมโครเวฟ และมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาในด้านอุตสาหกรรมอาหาร

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฝรั่ง

ฝรั่งเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Mytraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Psidium guajava* มีชื่อสามัญว่า Guava เป็นผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา เขตบริเวณพื้นที่จากเมกซิโกตอนใต้จนถึงเปรู พบว่ามีทั้งที่เป็นพืชปลูกและพืชป่า และมีรายงานว่าเข้าไปในอินดีสตะวันตกตั้งแต่ ค.ศ. 1526 และมีการกระจายพันธุ์ไปยังส่วนต่าง ๆ ของโลก เช่น ไปยังฟิลิปปินส์โดยชาวสเปน และเข้าไปในอินเดีย ตอนต้นคริสศตวรรษที่ 17 โดยชาวโปรตุเกส หลังจากนั้นได้มีการกระจายพันธุ์ไปปลูกทั่วไปในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน และได้กลายเป็นผลไม้ท้องถิ่นของหลายประเทศ (Menzel, 1985) เชื่อกันว่าฝรั่งถูกนำเข้าสู่ประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2230 โดยลาลูแบร์ จนถึงปัจจุบันเป็นเวลากว่า 300 ปีแล้ว แต่ยังคงไม่มีการปลูกฝรั่งเป็นการค้า ซึ่งเมื่อ 50 ปีมานี้เองมีผู้นำฝรั่งจากอินเดียที่มีลักษณะเหนือกว่าฝรั่งขี้นกที่คนไทยรู้จักกันมานาน ฝรั่งอินเดียที่นำเข้ามาปลูกในสมัยนั้น ผลจะหยิกเปลือกย่น เนื้อหนา เมล็ดน้อย ซึ่งสามารถพัฒนาสู่การค้าได้ ถือเป็นจุดเริ่มต้นของการปลูกฝรั่งเพื่อการค้า อย่างไรก็ตามความสนใจของการปลูกฝรั่งเกิดขึ้นอย่างจริงจัง เมื่อมีการนำฝรั่งเวียดนามเข้ามาปลูกเมื่อปี 2517 และถือเป็นการพัฒนาสู่การปลูกเป็นการค้าอย่างจริงจังมาจนถึงปัจจุบัน (อภิชาติ , 2542)

2.1.1 ลักษะทั่วไปของฝรั่ง

ฝรั่งจัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ทรงสูงประมาณ 3 – 10 เมตร แตกกิ่งเป็นวงกว้างบริเวณใกล้โคนต้น เปลือกมีสีน้ำตาลอมแดงหรือสีน้ำตาลอมเขียว เปลือกลอกออกได้ง่ายเมื่อลำต้นแก่จัด แต่ลำหรับกิ่งแก่จะไม่มีปีก กิ่งมีสีเขียวอมเหลืองหรือแดงเข้ม มีขนปกคลุมอย่างหนาแน่น ขนมีสีขาวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ และมีการแตกหน่อใกล้กับลำต้น

ใบจัดอยู่ในประเภทใบคู่ ใบอ่อนสีเขียวลักษณะไม่เรียบ มีขนปกคลุม จะแตกต่างออกเป็น 2 แนว เรียงตรงกันข้ามกัน ส่วนด้านบนมีร่องลึก ใบรูปไข่ ปลายมน ความกว้าง 3 – 7 เซนติเมตร ยาว 5 – 15 เซนติเมตร ด้านหลังใบมีลักษณะเรียบ ท้องใบมีขนอ่อนใบบานโค้ง ขอบในเรียว

ดอกเป็นดอกเดี่ยว หรือดอกช่อ โดยมี 2 – 3 ดอก ต่อ 1 ช่อ ส่วนมากเกิดที่ตาข้างแล้วจะไม่เกิดทียอดอีก ก้านดอกจะเป็นสีเขียวอมเหลือง และมีขนอ่อนสีเขียวอมเหลืองปกคลุมอยู่บริเวณกลีบรองดอกประมาณ 4 – 6 อัน ขณะที่ดอกยังตูมอยู่ กลีบเลี้ยงจะหุ้มส่วนอื่น ๆ ของดอกไว้ แต่เมื่อถึงเวลาแตกตัวออก ดอกจะเริ่มคลี่บาน ส่วนชั้นของกลีบเลี้ยงผลแก่ไม่หลุดร่วง ชั้นกลีบ

ดอกจะเป็นสีขาวรูปร่างรี 4 – 5 อัน เกสรตัวเมียมีรังไข่จำนวน 4 – 5 ช่อง ก้านเกสรมีลักษณะยาวเรียวสีเขียวอมเหลือง และไม่มีขน ยอดเกสรเป็นตุ่มเล็ก ๆ สำหรับเกสรตัวผู้จะมีจำนวนมากและแทรกตัวอยู่รอบ ๆ จานวงกลมสีขาว อับเกสรสีเหลืองอ่อนและจะแตกตามความยาวเกสรตัวเมียและตัวผู้จะอยู่ในดอกเดียวกัน

ผลฝรั่งเป็นชนิด berry รูปร่างจะมีหลายแบบทั้งเป็นทรงกลม (spherical) หรือรูปร่างคล้ายลูกแพร์ (pyriform) ขนาดผลมีหลายขนาดโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 – 9 เซนติเมตร ความยาว 5 – 12 เซนติเมตร ส่วนชั้นกลีบเลี้ยงดอกจะอยู่บริเวณปลายเปลือก เปลือกบาง ผิวขรุขระเล็กน้อยแต่เป็นมัน ผลอ่อนมีผิวสีเขียวเข้ม และผลสุกจะเป็นสีเหลือง สีเนื้อจะแตกต่างกันไป อาจจะเป็นสีเหลือง สีขาว สีชมพูหรือสีแดงก็ได้แล้วแต่พันธุ์ โดยจะมีเนื้อที่มองเห็นได้เป็นชั้นๆ คือชั้นนอกเนื้อจะค่อนข้างหยาบกว่าชั้นใน จะมีเยื่อใยและมี stone cell ถัดเข้าไปจะเป็นชั้นที่มีเนื้อเยื่อที่อ่อนนุ่ม ความหนาของเนื้อจะมีความแตกต่างตามลักษณะชนิดพันธุ์ ผลสุกมีรสชาติหวาน กลิ่นหอมแรง

เมล็ดจะติดอยู่กับเนื้อชั้นในใจกลางของผล รูปร่างมีลักษณะคล้ายรูปไต (kidney shape) มีเมล็ดจำนวนมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ เมล็ดมีสีเหลืองอ่อน หรือน้ำตาลอมเหลือง เปลือกแข็ง เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.2 -0.3 เซนติเมตร ความยาว 0.3 – 0.5 เซนติเมตร (นฤมล , 2539)

2.1.2 พันธุ์ฝรั่ง

สรัสวดี เผือกสกนธ์ (2541) ได้จัดกลุ่มพันธุ์ฝรั่งต่าง ๆ ไว้ 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มรับประทานสด ๆ ได้แยกกลุ่มตามถิ่นกำเนิดหรือกลุ่มเดิมคือ พันธุ์พื้นเมือง ได้แก่

1.1 พันธุ์ขี้นก ผลมีขนาดเล็ก รูปร่างมีทั้งกลมและรูปไข่ป้องปลาย ผิวเรียบ เนื้อสีชมพู เนื้อบาง รสหวานอมเปรี้ยวหรือมีรสฝาดปน มีเมล็ดจำนวนมากและแข็ง

1.2 พันธุ์จีน ได้แก่ พันธุ์บางเสาธง ผลขนาดกลางค่อนข้างใหญ่ ผิวขรุขระแต่เป็นมันมีเขียวจัด เนื้อชั้นกลางสีขาว ผลสุกสีนวล เนื้อหนาปานกลาง รสหวาน เมล็ดมาก

1.3 พันธุ์อินเดีย แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้ คือ

1.3.1 พันธุ์ไม่มีเมล็ด ได้แก่ พันธุ์อีแห้ว มีผลกลมขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ ผิวค่อนข้างขรุขระ เนื้อหนามาก รสหวาน เนื้อกรอบ ไม่มีรสเปรี้ยว ไม่มีเมล็ด

1.3.2 พันธุ์มีเมล็ด ได้แก่ อาลาบัด ผลกลม ค่อนข้างใหญ่ ผิวขรุขระ รสหวานอมเปรี้ยว เนื้อกรอบ ลัคเนาว์เบอร์ 16 ผลขนาดใหญ่ เนื้อหนา รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย เนื้อกรอบ ผลรูปสาลี่ ผลขนาดใหญ่ รูปร่างคล้ายผลสาลี่ ผิวเรียบ เนื้อหนา กรอบ ฉ่ำน้ำ มี

รสเปรี้ยวเล็กน้อย พันธุ์ผลกลม ผลค่อนข้างกลม ขนาดปานกลาง ผิวสีเขียวอ่อนออกขาว เนื้อสีชมพูอ่อน เนื้อในกลางสีชมพู รสหวานกรอบ อินเดียค่อม ผลขนาดเล็ก รูปไข่ค่อนข้างยาว เนื้อหนาปานกลาง เมล็ดเล็กและแข็ง พันธุ์เวียดนาม ผลมีขนาดใหญ่ ผิวขรุขระ เนื้อหนา กรอบ มีเมล็ดจำนวนมาก กลมสาลี่ ผลกลมมีขนาดใหญ่ ผิวสีเขียวอ่อน เนื้อหนา แน่นและกรอบ รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ขาวเศวต (ศรีวิชัยหนึ่ง) ผลมีขนาดใหญ่มาก รูปร่างยาว รสหวาน ผิวสีเขียวอ่อนเกือบขาว กลมทูลเกล้า (ศรีวิชัยสอง) ลักษณะเหมือนเศวตแต่มีรูปร่างผลกลมมากกว่า บางกอกแอปเปิล เป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์กลมสาลี่และพันธุ์อีแห้ว มีผลขนาดใหญ่ ผิวสีเขียวอ่อน เนื้อหนาแน่น กรอบ รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ฝรั่งไทย มีรูปร่างผลคล้ายสาลี่ ผลขนาดปานกลาง ซึ่งเป็นฝรั่งอินเดียที่มีการพัฒนาพันธุ์ขึ้นมา จะมีอยู่ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ไส้ขาว และ พันธุ์ไส้แดง

2. กลุ่มฝรั่งประดับ เช่น

2.1 พันธุ์จิ๋วใบจีบ มีทรงต้นเป็นพุ่มขนาดเล็ก ใบขนาดเล็กและแคบ ลักษณะใบเป็นจีบ มีผลเล็กมาก กลม ผิวเรียบ เนื้อบาง

2.2 พันธุ์ใบเล็ก มีทรงต้นแบบเดียวกันกับพันธุ์จิ๋วใบจีบ ใบขนาดเล็กและแคบ ดอกสีขาว ผลสีเขียวเข้ม ขนาดเล็กมาก ผิวเรียบ เนื้อบาง

3. กลุ่มฝรั่งแปรรูป

3.1 พันธุ์คาฮัวคูล่า (Ka Hua Kula) ใบเป็นรูปไข่ปลายใบแหลม ฐานใบจะมนขอบใบเรียบ ไม่มีคลื่น ขนาดของใบยาวเฉลี่ย 16 เซนติเมตร กว้างเฉลี่ย 6 -7 เซนติเมตร สีเขียวเข้มพันธุ์นี้ใบมักจะมีสีเขียวเข้มกว่าใบของพันธุ์โบมองท์ ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ลักษณะเป็นช่อมีกลีบเลี้ยง 4 -5 กลีบ ดอกมีสีเหลืองอ่อน ผลรูปผลยาวรี ปลายผลมีลักษณะเป็นจุกน้ำหนักผล 75 กรัม ความยาวของผล 7 เซนติเมตร ความกว้าง 5.20 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของกลุ่มเมล็ด 3 – 4 เซนติเมตร ความหนาของเนื้อ 1 เซนติเมตร น้ำหนักของเมล็ด 10 กรัม จำนวนเมล็ดทั้งหมด 200 เมล็ด ความหวาน 8 – 10 ° Brix สีของเปลือกคือ สีเหลืองสดใส รสชาติเปรี้ยวกลิ่นฉุนละมุนละไม

3.2 พันธุ์โบมองท์ (Beaumont) ใบเป็นรูปไข่ค่อนข้างกลม ขอบใบเป็นคลื่นใบมีเส้น Vein มากกว่าพันธุ์คาฮัวคูล่า ปลายใบมน ฐานใบจะแหลม แต่ละใบของทั้งช่อใบจะไม่แผ่เหมือนพันธุ์คาฮัวคูล่า ขนาดของใบยาวเฉลี่ย 15 – 16 เซนติเมตร กว้างเฉลี่ย 8 – 9 เซนติเมตร สีของใบสีอ่อนกว่าพันธุ์คาฮัวคูล่า ดอกเป็นดอกสมบรูณ์เพศ ลักษณะเป็นช่อ มีกลีบเลี้ยง 4 – 5 กลีบ ดอกมีสีเหลืองอ่อน ผลรูปผลกลมหรือบางผลยาวรี ส่วนมากประมาณสองในสามของผลผลิตจะมีลักษณะผลกลม น้ำหนักผลเฉลี่ย 55 กรัม ความยาวของผลเฉลี่ย 5 – 6 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 4 – 5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของกลุ่มเมล็ดเฉลี่ย 2 – 3 เซนติเมตร ความหนาของเนื้อเฉลี่ย 1 เซนติเมตร น้ำหนักของเมล็ดเฉลี่ย 10 กรัม จำนวนเมล็ดทั้งหมดเฉลี่ย 230

เมล็ด ความหวานเฉลี่ย 9 -10 ° Brix สีของเปลือกเป็นสีเหลืองสดใส สีของเนื้อเป็นสีชมพู รสชาติเปรี้ยว กลิ่นฉุนละมุนละไม

2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการของฝรั่ง

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารพอสมควร เพราะอุดมไปด้วยเกลือแร่และวิตามินต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ผลที่แก่จัดหรือสุกใช้รับประทานเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ฝรั่งเป็นแหล่งวิตามินซีที่ดีของร่างกายเพราะมีปริมาณวิตามินซีค่อนข้างสูง ซึ่งมากกว่ามะนาวถึง 4 เท่า และมีวิตามินซีสูงกว่าส้มถึง 4 – 10 เท่า สำหรับวิตามินซีซึ่งมีอยู่ในฝรั่งเป็นจำนวนมากนั้นต้องขึ้นอยู่กับพันธุ์บางพันธุ์ มีวิตามินซีเฉลี่ยได้ 95 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักฝรั่ง 100 กรัม แต่จากการวิเคราะห์พบว่า ฝรั่งขี้นกมีวิตามินซีมากที่สุด โดยทั่วไปฝรั่งเนื้อสีแดงจะมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าฝรั่งเนื้อสีขาว ซึ่งได้มีการวิเคราะห์ความแตกต่างของคุณค่าทางอาหารไว้ดังแสดงในตารางที่ 1 วิตามินซีเป็นวิตามินที่สามารถช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน และบรรเทาอาการเจ็บคอ ไอ อันเนื่องมาจากเชื้อหวัด วิตามินซีที่มีอยู่ในผลฝรั่งยังมีความสำคัญในการสร้างสารคอลลาเจนในร่างกาย ซึ่งมีผลโดยตรงต่อสุขภาพผิวหนังและเนื้อเยื่อต่าง และช่วยทำให้ผนังเส้นเลือดแข็งแรง นอกจากนี้ฝรั่งยังมีสารจำพวกเพกตินเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเพกตินในฝรั่งมีสรรพคุณในทางยาคือช่วยเคลือบลำไส้ได้ นอกจากนี้ยังมีวิตามินเอ ธาตุเหล็ก แคลเซี่ยม และน้ำตาล (สรัสวดี, 2541)

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของฝรั่งพันธุ์เนื้อสีชมพูอมแดงและพันธุ์เนื้อสีขาว

รายการ	พันธุ์เนื้อสีชมพูอมแดง	พันธุ์เนื้อสีขาว
น้ำ (%)	65.4	72.3
คาร์โบไฮเดรต (%)	26.8	20.4
ไขมัน (%)	0.4	0.4
โปรตีน (%)	1.0	1.2
เถ้า (%)	0.7	0.7
แคลลอรี่ (%)	124	99
แคลเซียม (มก.)	33	22
ฟอสฟอรัส (มก.)	28	34
เหล็ก (มก.)	0.6	0.8
วิตามินเอ (มก.)	105	106
วิตามินบี 1 (มก.)	0.06	0.07
วิตามินซี (มก.)	126	104
เส้นใย (%)	5.7	5.0

ที่มา : กระยาทิพย์เรือนใจ, 2527

2.2 น้ำผลไม้

2.2.1 ความหมายของน้ำผลไม้

ประชา (2539) ได้กล่าวถึงความหมายของน้ำผลไม้ (juice) ไว้ว่า น้ำผลไม้จัดเป็นเครื่องดื่มที่มีกลิ่นรสของน้ำผลไม้ ซึ่งสามารถทำจากผลไม้ได้เกือบทุกชนิด บางครั้งอาจจะคลอบคลุมถึงน้ำจากพืชผัก สมุนไพร รวมทั้งดอกไม้ ซึ่งสามารถบีบคั้นเป็นเครื่องดื่มธรรมชาติเพื่อสุขภาพอนามัย ทั้งนี้อาจคั้นจากผลไม้สดล้วน ๆ โดยไม่มีการปรุงแต่งเพื่อดื่มทันทีหรือเก็บถนอมไว้ในสภาพเข้มข้นเป็นน้ำเชื่อมปรุงแต่งกลิ่นรสแตกต่างไปตามความนิยม สำหรับนิยามของน้ำผลไม้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมายถึงน้ำผลไม้ที่อยู่ในลักษณะที่พร้อมจะใช้บริโภคได้โดยตรง ทำจากผลไม้ที่สดสะอาด สุก โดยกรรมวิธีเชิงกล น้ำผลไม้นี้อาจทำจากน้ำผลไม้ที่ทำให้เข้มข้นโดยผ่านวิธีการระเหยน้ำจนเข้มข้นแล้วนำมาเจือจางภายหลังด้วยวัตถุประสงค์ในการรักษาสุขภาพ และองค์ประกอบสำคัญไว้ น้ำผลไม้ที่อยู่ในภาชนะต้องผ่านกรรมวิธีการถนอมอาหาร จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 164 – 2546 กล่าวถึงความหมายของน้ำฝรั่งไว้ว่า หมายถึงเครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำผลฝรั่งสดมาล้างให้สะอาด แล้วตัดแต่งและหั่นเป็นชิ้น นำมาคั้น

โดยตรงหรือนำมาตีปั่นผสมกับน้ำแล้วกรองแยกกากออก อาจนำมาปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล กรดซิตริก ต้มด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส บรรจุในภาชนะบรรจุ ส่วนน้ำฝรั่งแท้หมายถึง น้ำฝรั่งที่ไม่มีการเจือน้ำ อาจแต่งรสด้วยน้ำตาลและกรดซิตริก และน้ำฝรั่งปรุงหมายถึงน้ำฝรั่งที่ทำจากน้ำฝรั่งแท้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก มีการเจือน้ำ ปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล กรดซิตริก อาจแต่งสี กลิ่น และสเตบิไลเซอร์

2.2.2 ชนิดของน้ำผลไม้

ผลไม้ที่สามารถนำมาผลิตน้ำผลไม้ได้นั้นมีหลายชนิด เมื่อคั้นน้ำผลไม้ที่ได้จะมีลักษณะสีสันและรสชาติต่างกันไป แต่ลักษณะตามธรรมชาติของน้ำผลไม้เมื่อคั้นออกมาใหม่ ๆ เกือบทุกชนิดจะมีลักษณะขุ่นอาจมีเนื้อของผลไม้ชนิดนั้นปะปนอยู่ แต่ในด้านของผู้บริโภคนั้น สำหรับน้ำผลไม้แต่ละชนิด จะนิยมให้มีลักษณะต่างกันไป อาจแบ่งน้ำผลไม้ตามความต้องการของผู้บริโภคโดยดูจากลักษณะปรากฏได้ดังนี้ (กิตติพงษ์, 2541)

1. น้ำผลไม้ชนิดใส (Clear clarified juices) น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้จะมีลักษณะใส ไม่มีเศษเนื้อของผลไม้ปะปนอยู่ เช่น น้ำองุ่น น้ำแอปเปิล

2. น้ำผลไม้ขุ่นเล็กน้อย (Light cloud juices) น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้จะมีลักษณะขุ่นเล็กน้อยไม่ใส เหมือนกลุ่มแรก เช่น น้ำสับปะรด น้ำฝรั่ง

3. น้ำผลไม้ขุ่นมาก (Heavy cloud juices) น้ำผลไม้กลุ่มนี้จะมีความขุ่นมากขึ้นและอาจมีชิ้นส่วนของเนื้อผลไม้ลอยปะปนอยู่ด้วยเช่น น้ำส้ม น้ำเกรพฟรุท

4. น้ำผลไม้ชนิดข้น (Pulpy juices) เป็นน้ำผลไม้ที่มีลักษณะข้น มีความหนืดมากกว่าน้ำผลไม้ 3 กลุ่มแรก น้ำผลไม้ที่สำคัญในกลุ่มนี้คือ น้ำมะเขือเทศ

5. เนคตาร์ (Nectars) หรืออาจเรียกได้ว่าน้ำผลไม้เทียม (Pseudo juices) เพราะปกติเนคตาร์จะเตรียมจากผลไม้ที่มีเนื้อแห้งไม่ฉ่ำน้ำ โดยนำเนื้อผลไม้มาบดละเอียด เติมน้ำหรือน้ำเชื่อมจนมีปริมาณน้ำตาลและความหนืดเหมาะสม บางครั้งอาจมีการเติมกรดลงไปด้วย ผลไม้ที่นิยมนำมาทำเนคตาร์ ได้แก่ แอปริคอท พีช

แต่ถ้าแบ่งตามการเพิ่มหรือลดปริมาณของแข็งในน้ำผลไม้ อาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. เครื่องดื่มน้ำผลไม้ (drinks and beverages) มักจะเป็นน้ำผลไม้ซึ่งนำมาทำให้เจือจางด้วยน้ำ แล้วเติมน้ำตาล กรด เพื่อปรับปริมาณของแข็งและรสชาติตามต้องการ บางครั้งอาจมีการอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปด้วย

2. น้ำผลไม้ (Single strength juices) เป็นน้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้นผลไม้โดยตรง ไม่ผ่านการทำให้เข้มข้น หรือการเจือจาง ตังอย่างที่สำคัญคือ น้ำมะเขือเทศ น้ำผลไม้ตระกูลส้ม น้ำสับปะรด น้ำแอปเปิล น้ำองุ่น น้ำพรุน เป็นต้น

3. น้ำผลไม้เข้มข้น (Concentrated juices) ในกระบวนการผลิตจะมีการแยกน้ำบางส่วนออกไป การแยกมักจะใช้กระบวนการแช่แข็ง เพื่อลดกรเปลี่ยนแปลงของรสชาติ น้ำผลไม้ทุกชนิดสามารถนำมาทำให้เข้มข้นโดยกระบวนการแช่แข็งนี้ได้ แต่ที่นิยมมากที่สุด คือน้ำผลไม้ตระกูลส้ม นอกจากนั้นยังมีน้ำองุ่น น้ำสับปะรด น้ำแอปเปิล หรือน้ำผลไม้ชนิดอื่น

2.3 ส่วนประกอบของเครื่องดื่ม

ในเครื่องดื่ม น้ำเป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญ ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน ผสมส่วนประกอบ อื่น ๆ เข้าด้วยกัน 1 ลิตร เป็นเครื่องดื่มขึ้นมา เนื่องจากเครื่องดื่มทั่ว ๆ ไปใช้บริโภคเพื่อความสำราญใจ ฉะนั้นส่วนประกอบที่ให้ความรู้สึกกระตุ้นและให้ความรู้สึกอิ่มเอิบ จึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ นอกจากนั้นยังมีสารให้รสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม และสารให้กลิ่นรสอื่น ๆ ประกอบกันสารที่เสริมให้คุณลักษณะของเครื่องดื่มเป็นไปตามลักษณะที่ต้องการอย่างสมบูรณ์

2.3.1 น้ำในเครื่องดื่ม

น้ำเป็นส่วนสำคัญในเครื่องดื่มคล้าย ๆ กับส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ทำให้เป็นเครื่องดื่มขึ้นมาได้ ทำหน้าที่เป็นตัวละลายและนำพาส่วนประกอบอื่น ๆเช่น น้ำตาล สารให้รสกลิ่น สี และคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้การผสมเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด มารกกว่า 85% ของปริมาณทั้งหมดของเครื่องดื่มเป็นน้ำ น้ำจะต้องมีมากพอที่จะรักษาคุณภาพและความสมดุลของส่วนผสมและน้ำที่ใช้จะต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพ ซึ่งจำเป็นต้องมีการแปรผันเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบเสียก่อน

เพื่อให้เข้าใจว่าทำไมเราต้องการน้ำที่ผ่านขบวนการเปลี่ยนแปลงเสียก่อนเพราะว่าน้ำที่เราใช้ส่วนใหญ่มาจากทะเลซึ่งระเหยแล้วตกลงมาในรูปฝน เมื่อน้ำตกลงมาจะจับกับพวกแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ ม ฝุ่นละออง, ควัน, ไนโตรเจน ออกซิเจน และแก๊สอื่น ๆ เมื่อมาถึงพื้นดินน้ำอาจจะเป็นแม่น้ำ ลำธาร หนอง บึง ซึ่งละลายเอาดินพวกไบคาร์บอนเนต, คาร์บอนเนต, แบคทีเรีย, ตะไคร่น้ำและสารอื่น ๆ อีกมากมายเอาไว้ด้วย ระดับและปริมาณของสารแปลกปลอมเหล่านี้จะมีผลต่อกลิ่นรส ของเครื่องดื่มไม่เหมือนกัน

น้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มจะต้อง

1. แน่ใจว่าไม่มีแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ
2. ไม่มีสารต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะรสชาติและความคงตัวของเครื่องดื่ม
3. อาจจะมีการปรับระดับความเป็นกรดด่างตามต้องการ
4. มีคุณภาพคงที่ตลอดทั้งปี

การควบคุมคุณภาพของน้ำสำหรับเครื่องดื่มเป็นสิ่งสำคัญ เพราะว่าน้ำที่กระด้างด้วยคาร์บอเนต จะทำให้รสชาติของเครื่องดื่มที่เป็นกรด เฝื่อน

2.3.2 สารให้ความหวาน

น้ำตาลเป็นองค์ประกอบของเครื่องดื่มที่มีความสำคัญมากนอกจากจะเป็นสารให้ความหวานให้รสชาติแก่เครื่องดื่มแล้ว ยังทำให้เกิดความสมดุลของรสชาติอื่น ๆ ที่มีในเครื่องดื่ม อย่างเช่น รสเปรี้ยว เค็ม และขม เป็นต้น นอกจากนั้นน้ำตาลยังเป็นสารให้ความหนืด ให้น้ำหนักซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของ body ในเครื่องดื่ม น้ำตาลจะทำหน้าที่เป็นตัวนำรสชาติมากกว่าสารอื่นใด ในระดับความเข้มข้นสูงขึ้นน้ำตาลยังทำหน้าที่ระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โดยแรงออสโมติกได้ดีอีกด้วย สารที่ให้ความหวานที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายคือสารประเภทน้ำตาลอันได้แก่

2.3.2.1 น้ำตาลทราย (ซูโครส)

เป็นน้ำตาลที่ใช้กันมากและแพร่หลายที่สุดในอุตสาหกรรมอาหารทั่ว ๆ ไปเป็นสารเคมีที่ได้จากอ้อยและหัวบีท เป็นผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างจะบริสุทธิ์ 99.9% ไม่มีไวตามิน ไม่มีแร่ธาตุปะปนมา ถ้าหากเป็นน้ำตาลที่ผ่านกรรมวิธีที่ถูกต้อง น้ำตาลทรายที่มีจำหน่ายในปัจจุบันอาจจะเป็นน้ำตาลทรายขาวล้วน หรือน้ำตาลทรายแดงหรือน้ำตาลทรายสีน้ำตาลนั่นเอง น้ำตาลทราย (ซูโครส) เป็นน้ำตาลที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตสมาเชื่อมติดต่อกันอยู่ ฉะนั้นเมื่อละลายแล้วและมีการคงอยู่บ้างส่วนหนึ่งของน้ำตาลทรายจะแตกตัว โดยแยกน้ำตาลกลูโคสออกจากน้ำตาลฟรุกโทสในสภาพเป็นกลางธรรมดา ถ้ามีสารบางชนิดเช่น เกลือที่เป็นกลางได้แก่ เกลือแกง แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์และโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต จะช่วยทำให้การแตกตัวของน้ำตาลเหล่านี้เพิ่มขึ้น แต่ไม่ทำให้สีเข้มข้น ส่วนเกลือบางอย่างที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต โซเดียมหรือโปตัสเซียมคาร์บอเนตจะทำให้การแตกตัวของน้ำตาลลดลง แต่จะเพิ่มสีของน้ำตาล ส่วนสารบางอย่างที่มีไนโตรเจนอยู่ด้วย เช่น

เกลือของแอมโมเนีย กรดอะมิโน , และพวกเอมีน จะทำให้ทั้งสีและการแตกตัวของน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้น ปกติน้ำตาลทรายเป็นพวก mon-reducing จะไม่เกิดสีถ้าไม่ถูกทำให้แตกตัวออกไปเสียก่อน เมื่อน้ำตาลทรายละลายน้ำจะทำให้คุณสมบัติของอาหารเปลี่ยนไปเช่น ช่วยเพิ่มความหนืดเปลี่ยนจุดเดือดให้สูงขึ้น ลดความดันไอแต่เพิ่มแรงออสโมติก

2.3.2.2 **ฟรุกโทส** (fructose)

เป็นน้ำตาลผลไม้ที่หวานกว่าน้ำตาลทรายหรือเรียกลิบวูโลส พบมากในผลไม้ เช่น องุ่นมีประมาณ 3.5-7.5% ในลูกเกดอาจมีถึง 32% ในน้ำผึ้งอาจจะมีถึง 50% เมื่อเปรียบเทียบความหวานของน้ำตาลต่าง ๆ แล้วปรากฏว่าน้ำตาลฟรุกโทสจะสูงที่สุดในบรรดาน้ำตาลทั้งหลายจากธรรมชาติ โดยที่ให้ความหวานของน้ำตาลทรายเป็น 100 น้ำตาลฟรุกโทสได้ถึง 173, น้ำตาลอินเวิร์ท 130, น้ำตาลกลูโคส 74, น้ำตาลมอลโทส 32, และน้ำตาลแลกโตส (น้ำตาลในนม) 16 จากลักษณะนี้การใช้น้ำตาลฟรุกโทส ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มจะทำให้ได้ความหวานเพิ่มขึ้น ความหวานของน้ำตาลนี้ขึ้นอยู่กับหลายสิ่งหลายอย่าง เช่น ขึ้นอยู่กับวิธีการทดสอบอุณหภูมิและการที่มีสารอื่นปะปนอยู่ด้วย เช่นเกลือแกง ซึ่งอาจจะเพิ่มความหวานหรืออาจจะลดความหวานของน้ำตาลเวลาชิมได้แล้ว แต่ชนิดของอาหารหรือเครื่องดื่ม ความหวานของน้ำตาลฟรุกโทสจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ได้กล่าวแล้วว่าน้ำตาลฟรุกโทสเป็นส่วนหนึ่งของน้ำตาลซูโครส ซึ่งจับกับกลูโคสหรือเดกโตรส ปกติในคนที่เป็นโรคเบาหวานมีอินซูลินต่ำที่จะช่วยย่อยน้ำตาลกลูโคส แต่การใช้น้ำตาลฟรุกโทสของร่างกายไม่จำเป็นต้องมีอินซูลิน ฉะนั้นคนเป็นโรคเบาหวานจึงสามารถใช้น้ำตาลนี้เป็นปกติได้ น้ำตาลฟรุกโทสใช้เป็นยาบำรุงกำลังได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มการย่อยแอลกอฮอล์ในร่างกาย ช่วยพวกติดเหล้าได้เป็นอย่างดี ฟรุกโทสที่จำหน่ายอยู่ในตลาดทั่วประเทศ ได้จากการหมักหรือปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจากน้ำตาลกลูโคส เช่นผลิตขายในรูปของส่วนผสมของพวกไซรับหรือแบะแซ

นอกจากนั้นสารที่ให้ความหวานอาจจะเป็นพวกสารละลายของน้ำตาลทราย ซึ่งมีระดับการแตกตัวต่าง ๆ กัน และอาจจะมีพวกไซรับซึ่งได้จากการย่อยแป้งอย่างเช่น ที่แพร่หลายกันมากขึ้นจากแป้งข้าวโพดเรียกว่า คอนไซรับ หรือจากมันสำปะหลังเราเรียกว่าแบะแซ โดยการใช้กรดหรือเอนไซม์หรือรวมกันจะเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลเชื่อม ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลแตกต่างกันได้ ฉะนั้น ความหวานและความหนืดของน้ำตาลไซรับนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของไซรับปกติเขาจะคิดออกมารในรูป ดีอี (DE) ถ้ามีดีอีสูงจะมีความหวานมากขึ้นและมีความเหนียวหรือความหนืดน้อยลง มีใช้กันมากเป็นส่วนประกอบของเครื่องดื่มและอาหารทั่ว ๆ ไป

2.3.3 กรด

กรดเป็นส่วนประกอบสำคัญเป็นที่สามของเครื่องดื่มต่อจากน้ำและน้ำตาล มีหน้าที่สำคัญในเครื่องดื่มคือ (1) ในรสขื่นและเปรี้ยว (2) กระตุ้นให้เกิดความพอใจในการรับรส (3) ช่วยระงับความกระหายโดยจะไปกระตุ้นต่อมน้ำลายในปากให้ทำงาน (4) ช่วยเพิ่มความหวานของน้ำตาล และ (5) เป็นตัวช่วยเสริมการถนอมรักษาเครื่องดื่ม

การใช้กรดในเครื่องดื่มค่อนข้างสะดวก ปริมาณที่ใช้ไม่มากนัก อาจจะต้องมีการคำนวณเพื่อความเหมาะสมและความคงตัวของคุณภาพของเครื่องดื่ม ปริมาณกรดในเครื่องดื่มขึ้นอยู่กับระดับความชอบของรสชาติ ซึ่งจะต้องใช้ผู้ชิมที่มีประสบการณ์ การตรวจสอบปริมาณอาจจะใช้ผู้ชิมหรือการตรวจสอบทางเคมีก็ได้ เนื่องจากระดับความเปรี้ยวของกรดจะแตกต่าง ไปตามความเข้มข้นและชนิดของกรดที่ใช้ ฉะนั้นจากการทดลองโดยการชิมปรากฏว่ารสเปรี้ยวของกรดต่อไปนี้อยู่ในระดับเดียวกันคือ กรดซิตริก 0.12%,กรดอะดิฟิค 0.12%, กรดฟูมาริค 0.08%, กรดแลคติก 0.11%, และกรดมาลิค 0.105%, การตรวจสอบกรดในเครื่องดื่มที่มีสีมักจะใช้การวัด pH มากกว่าการไตเตรท ปัจจุบันเครื่องดื่มบางชนิดอาจจะใช้กรดมากกว่าหนึ่งชนิด การใช้กรดในอุตสาหกรรมมักจะเตรียมเป็นสารละลายกรด ประมาณ 50% เพื่อสะดวกในการใช้ผสม

2.3.3.1 กรดซิตริก

นิยมใช้กันมากในน้ำผลไม้ สามารถรวมตัวและผสมได้ดีกับกลิ่นรสของผลไม้ได้แทบทุกชนิด กรดซิตริกนี้มีอยู่ในผลไม้ทั่วไป ในทางการค้าจะผลิตกรดซิตริกจากมะนาวและสับปะรด และการหมักจากเชื้อรา เมื่อนำมาใช้ในเครื่องดื่มเราก็ต้องการคุณสมบัติในความเป็นกรด ในท้องตลาดที่มีการจำหน่ายจะมีลักษณะเป็นรูปผลึกหรือรูปผลละลายน้ำได้ดี

2.3.3.2 กรดฟอสฟอริก

เป็นกรดที่ใช้กันมากในเครื่องดื่มประเภทโคลา ให้รสเปรี้ยวธรรมดา นอกจากนี้ยังใช้เครื่องดื่มรสซาสี่ (root beer) และ Saraparilla เพราะเป็นกรดที่ช่วยเพิ่มกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ และในสูตรเครื่องดื่มผงก็ยังมีการใช้โมโนโซเดียมฟอสเฟต (monosodium phosphate) และโมโนแคลเซียมฟอสเฟต (mono calcium phosphate) อยู่บ้างเล็กน้อย

ในสภาพปกติกรดมักจะอยู่ในรูปของแข็ง ละลายน้ำได้ทุกอัตราส่วน กัดกร่อนภาชนะที่ทำด้วยโลหะถ้าถูกผิวหนังจะทำให้ไหม้ ไม่มีการละเหยจึงไม่เป็นอันตรายต่อนัยน์ตา ยกเว้นจะไปถูกกับตัวกรดโดยตรงที่มีจำหน่ายอยู่มีความเข้มข้น 75, 80, 85, 90%

2.3.3.3 กรดฟูมาริก (Fumaric acid)

เป็นกรดที่มีราคาถูกที่สุดในบรรดากรดทั้งหลายที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และปริมาณที่ใช้ก็มีเพียงเล็กน้อย เพราะให้รสเปรี้ยวจัดกว่ากรดตัวอื่น ๆ ละลายน้ำได้น้อยมาก เหมาะที่จะใช้กับพวกผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงเพราะตัวมันเองดูดความชื้นได้น้อยมาก และยังใช้ผสมกบกรดตัวอื่น ๆ ได้อีกโดยไม่เกิดผลเสียแต่ประการใด

กรดฟูมาริกนี้มีความบริสุทธิ์สูง มีสีขาว ไม่เป็นก้อน ให้รถชาดคล้าย ๆ องุ่น FDA กำหนดให้ใช้เป็นตัวเพิ่มกรดหรือตัวเพิ่มรสชาติในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ไวท์, ผลเชอรี่ย้อมสี เป็นต้น

2.3.3.4 กรดมาลิค

โดยปกติใช้กันน้อยในเครื่องดื่ม ถ้าจะใช้อาจเป็นสารสังเคราะห์หรือสารที่ได้จากธรรมชาติก็ได้พบมากในแอปเปิล (apple) แอปปริคอท (apricot) แครนเบอร์รี่ (cranberries) พีช (peach) มะม่วงและผลไม้หลายชนิดที่ไม่ใช่ตระกูลส้ม ปริมาณกรดที่ใช้ในเครื่องดื่มจะแตกต่างไปตามความเข้มข้นและความเปรี้ยวของกรดนั้น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับสูตรโครงสร้างและองศาการแตกตัว (degree of ionization) อย่างกรด แลคติคเป็น monobasic กรดมาลิค กรดตาร์ริค เป็น dibasic และกรดซิตริก กรดฟอสฟอริคเป็น tribasic การแตกตัวในสารละลายให้รสเปรี้ยวแตกต่างกัน

2.3.4 สี

สีเป็นปัจจัยที่เพิ่มความดึงดูดใน แก่ผู้บริโภค ดังนั้นการใช้สีให้ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญของผู้ผลิตที่จะต้องตามใจผู้บริโภค สีที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มอาจจะแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทด้วยกันคือ (1) สีธรรมชาติ (2) สีเทียม และ (3) สีสังเคราะห์ สีเทียมคือสีที่ผลผลิตขึ้นจากการใช้สารตามธรรมชาติโดยผ่านกรรมวิธีที่เหมาะสม เช่นสีน้ำตาลไหม้ (คาราเมล) จากน้ำตาล ซึ่งแตกต่างไปจากสีสังเคราะห์ที่ได้จากกรรมวิธีการสังเคราะห์โดยตรง ในอตุสาหกรรมเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ สีสังเคราะห์และสีเทียมนับว่ามีบทบาทสำคัญ

สีสังเคราะห์และสีเทียมสามารถใช้ในปริมาณน้อย ให้สีที่คงทน สดใสกว่าสีธรรมชาติมาก แต่อย่างไรก็ดีการใช้สีแต่ละประเภทปัจจุบันนี้มีข้อกำหนดเกี่ยวกับอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ เพราะสีสังเคราะหส่วนใหญ่เท่าที่เป็นมาเป็นสีที่มีโลหะหนัก ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดมะเร็งได้พอ ๆ กับตัวสีเองอย่างไรก็ดีเนื่องจากสีธรรมชาติที่ได้จากพืชที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติยังไม่แพร่หลายขณะนี้ การผลิตเครื่องดื่มส่วนมาก ยังใช้สีเทียมและสีสังเคราะห์ตามที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ได้ สีธรรมชาติส่วนมากจะเป็นสีที่มีอยู่แล้วในวัตถุดิบที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์อย่างเช่น มะม่วง มะละกอ ขนุน

องุ่น เป็นต้น สีที่ได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นพวก carotenoids , annatto extr., คลอโรฟิลล์ ไรโบฟลาวิน สารทูเมริค (turmeric) และสีดำของถ่าน (carbon black) เป็นต้น

สีเทียมที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มสีน้ำตาลไหม้ ได้จากการเผาไหม้น้ำตาลทราย น้ำตาลกลูโคส หรือน้ำตาลอย่างอื่น มีกลิ่นเฉพาะ รสขม ละลายได้ดีในน้ำและในแอลกอฮอล์ ในการผลิตจะเผาไหม้น้ำตาลทรายเนื้อจุดหลอมละลายคือ 186 องศาเซลเซียส

สีสังเคราะห์ จะใช้ได้เฉพาะสีที่ทางกฎหมายอนุญาต ประเทศต่าง ๆ มีการอนุญาตให้ใช้สีได้แตกต่างกัน เช่นปัจจุบันประเทศไทยอนุญาตให้ใช้สังเคราะห์กับอาหารได้เพียง 9 ชนิด

ตัวอย่างสีสังเคราะห์ที่ได้ทดสอบแล้วว่ามีโทษน้อยได้แก่

Brillian Blue FCF (FD & C Blue No.1)

Fast Green FCF (FD & C Green No.3)

Sunset Yellow FCF (FD & C Yellow No.6)

Ponceau 4R (Red)

Tartrazine (FD & C Yellow No.5) เป็นต้น

สีสังเคราะห์เหล่านี้มักอยู่ในรูปของผง เวลาใช้ต้องนำมาละลายน้ำเสียก่อนแล้วจึงค่อยใส่ลงในสูตรของเครื่องดื่ม สีสังเคราะห์ส่วนใหญ่จะเป็นแม่สี จำเป็นจะต้องมีการผสมในอัตราส่วนที่พอเหมาะเพื่อผลิตสีที่ต้องการ

2.3.5 สารให้ความคงตัว (Stabilizer)

ความคงตัวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของอาหารสารที่ทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ สตาร์ชและอนุพันธ์, ซีเอ็มซี (CMC) , เด็กซ์ตริน และกัม โดยจะป้องกันการตกตะกอนหรือการแยกชั้นของ ของผสม นอกจากนี้ยังทำให้ส่วนของอิมัลชั่นที่เกิดขึ้นมีความคงตัวที่มีค่าพลังงานอิสระ (Free energy) ต่ำ และสามารถเกิดเป็นแผ่นฟิล์มรอบ ๆ อนุภาค (Droplets) กลไกในการทำให้เกิดความคงตัวจะขึ้นกับชนิดโพลีแซ็กคาไรด์ที่ใช้และส่วนที่แพร่กระจาย (Disperse phase) ประจุไฟฟ้าบริเวณผิวหน้าของอนุภาคจะป้องกันการรวมตัวกันตกตะกอน (Coagulation) โดยเฉพาะในของผสมที่อยู่ในระบบอิมัลชั่นแบบ O/W (Oil in water emulsion) และบริเวณที่เกิดมีการสัมผัสกัน ระหว่างส่วนของของเหลวสองชนิดสัมผัสกัน จะเกิดการจัดเรียงโครงสร้างแบบ binary fragment

ดังนั้นหน้าที่ที่สำคัญของสารให้ความคงตัวคือการลดแรงดึงผิว (Interfacial tension) ตรงบริเวณที่ผิวหน้าของไขมันหรือน้ำมันสัมผัสกับส่วนที่เป็นน้ำ สารให้ความคงตัวในลักษณะนี้จึงสามารถเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า สารลดแรงดึงผิว (Surfactant) ซึ่งภายในโมเลกุลจะมีส่วนที่รวมกับน้ำได้ และส่วนที่รวมอยู่กับไขมันหรือน้ำมันในโครงสร้างเดียวกัน โครงสร้างใน

ลักษณะนี้เรียกว่า โครงสร้างแอมฟิฟิลิค (Amphiphilic structure) ซึ่งจะมีส่วนที่มีประจุหรือขั้ว (Polar) เช่น หมู่ OH และหมู่ COOH เป็นต้น และส่วนที่ไม่มีประจุหรือขั้ว (Non polar) เพื่อลดพลังงานอิสระโดยโครงสร้างส่วนที่มีขั้วจะรวมอยู่กับส่วนที่เป็นน้ำหรือมีประจุ ในขณะที่ส่วนที่ไม่มีประจุจะรวมอยู่กับส่วนที่เป็นไขมันหรือน้ำมัน

นอกจากนี้กลไกในการทำให้เกิดความคงตัว เมื่อมีส่วนที่เป็นของแข็งรวมอยู่กับของเหลวคือ การทำให้ของแข็งนั้นเปียก (Wetting) ได้ทั้งในน้ำและในน้ำมัน โดยอนุภาคที่เป็นของแข็ง (θ) โดยที่ $\theta<90$ องศา ใน O/W อิมัลชัน ในขณะที่ $\theta>90$ องศา ใน W/O อิมัลชันทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาของของผสมที่เป็นผลิตภัณฑ์ขนานขึ้น เนื่องจากมีความคงตัวและเป็นเนื้อเดียวกันไม่เกิดการแยกชั้น

คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ได้จากการดัดแปรเซลลูโลสด้วยการให้เซลลูโลสเข้าทำปฏิกิริยากับ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ กรดคลอโรอะเซติก (Chloro acetic acid) เกิดเป็นพันธะเอสเทอร์ขึ้น คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสที่มีค่า DS 0.7-1.0 จะนำมาใช้ในอาหารในลักษณะเป็นสารที่เพิ่มความหนืดให้กับอาหาร โดยที่เมื่อนำมาละลายในน้ำที่อุณหภูมิห้องจะมีความหนืดแต่เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นความหนืดจะลดลง สารละลายของคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสสามารถเสถียรอยู่ได้ที่ pH 5-10 แต่จะเสถียรที่สุดที่ pH 7-9 ซึ่งสามารถอยู่ในรูปเกลือของโลหะที่มีประจุ +1 (Monovalent cation) แต่ถ้าอยู่ในรูปเกลือของโลหะที่มีประจุ +2 (Divalent cation) จะทำให้ความสามารถในการละลายลดลงได้เป้นสารละลายขุ่นและถ้าอยู่ในรูปเกลือของโลหะที่มีประจุ +3 (Trivalent cation) จะทำให้เกิดเป็นเจล หรือ ตกตะกอนได้

สารคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอาหารได้หลายชนิดเนื่องจากสามารถควบคุมการไหลได้ดีไม่มีความเป็นพิษ และไม่สามารถย่อยสลายได้ในร่างกาย (Lack of toxicity and digestibility) ทำให้สามารถนำมาใช้เป็นตัวยึดเกาะ (Binder) และสารเพิ่มความข้นหนืด (Thickener) และสามารถทำหน้าที่เป็นสารคงตัว (pudding) คัสตาด (Custards) และชีสสเปรด (Cheese spread) จากการที่สารคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสสามารถอุ้มน้ำ (Water binding capacity) และยังสามารถต้านทานการเกิดผลึกน้ำแข็งได้ดีทำให้สามารถนำมาใช้ในไอศกรีม และของหวานที่ต้องผ่านการแช่แข็ง (Frozen desserts)

2.4 หลักการการผลิตน้ำผลไม้

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ทุกกลุ่มจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันคือ เริ่มจากการทำความสะอาด และการแยกส่วนของของเหลวในน้ำผลไม้ พร้อมกับสารประกอบที่ให้กลิ่นรสของผลไม้รวมทั้งสารอาหารที่ละลายได้ในของเหลวนั้น ถ้าต้องการผลิตน้ำผลไม้ที่มีทั้งปริมาณและคุณภาพดีก็ต้องเลือกกรรมวิธีที่สามารถแยกส่วนของของเหลว หรือที่เรียกว่า น้ำผลไม้ให้ได้ในปริมาณเท่ากับปริมาณของเหลวในผลไม้สด เช่น องุ่น มีปริมาณน้ำในผลประมาณ 80 – 90% ดังนั้นถ้าเลือกกรรมวิธีที่ให้ปริมาณน้ำผลไม้สูงสำหรับผลิตน้ำองุ่นถึงความเข้มข้น 80 – 90% ต่อน้ำหนักองุ่น (ทะนง, 2540) เมื่อได้น้ำผลไม้จากขั้นตอนการแยกส่วนของของเหลวในน้ำผลไม้แล้วจะมีการแปรรูปสองลักษณะ คือ ถ้าต้องการผลิตน้ำผลไม้ชนิดใสจะมีกระบวนการแยกเพคตินออกจากน้ำผลไม้ แต่ถ้าต้องการผลิตน้ำผลไม้ชนิดขุ่น จะต้องมีกระบวนการเสถียรเพคตินเพื่อมิให้ตกตะกอน หลังจากได้น้ำผลไม้ที่ลักษณะขุ่นใสตามต้องการแล้ว จึงจะนำไปบรรจุภาชนะและผ่านกระบวนการเก็บรักษาตามความเหมาะสม

คุณภาพของน้ำผลไม้ที่ดีคือ น้ำผลไม้ที่ได้มีลักษณะเหมือนผลไม้สด กล่าวคือ สารให้กลิ่น รสและสี อาจรวมถึงสารอาหาร เช่น วิตามิน เกลือแร่ที่ละลายในของเหลวที่สกัดได้ต้องยังคงอยู่เหมือนเดิม หรือใกล้เคียงวัตถุดิบ หรืออาจจะสูญสลายไปบ้างเล็กน้อย จึงจะถือได้ว่ากรรมวิธีสกัดน้ำผลไม้นั้นเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำผลไม้ชนิดนั้นๆ ซึ่งในการผลิตน้ำผลไม้เพื่อที่จะให้ได้น้ำผลไม้ที่มีคุณภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลไม้ที่ต้องใช้ ต้องสดสะอาด ชนิดของน้ำผลไม้ พันธ์ ระยะของการสุก และสภาวะที่ใช้ในการผลิต และการเก็บรักษา กระบวนการผลิตน้ำผลไม้แบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

2.4.1 การคัดเลือกและการล้างผลไม้

การคัดเลือกเพื่อให้ได้ผลไม้ที่มีระยะเวลาการสุกเท่ากัน สีของน้ำผลไม้จะได้คงที่ และความแก่อ่อนจะมีผลต่อรสชาติ กลิ่น ปริมาณน้ำตาล สี ความขุ่นใสของผลิตภัณฑ์ตลอดจนรสชาติแปลกปลอม ผลไม้ที่สุกเกินไปไม่ควรนำมาสกัดน้ำเพราะจะมีความขุ่นเกิดขึ้นได้ง่าย (ปราณี, 2541) สำหรับการคัดเลือกฝรั่งในการแปรรูปน้ำฝรั่งนั้น ควรเลือกฝรั่งที่แก่จัด แต่ไม่สุกจนเกินไป เพราะฝรั่งในช่วงนี้จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาล กรด และเพคตินสูง (Wilson, 1992) การคัดเลือกผลไม้แบ่งเป็น 2 วิธีหลัก ได้แก่ การคัดขนาด และการคัดคุณภาพ การคัดขนาดมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อกระบวนการแปรรูปที่ขนาดผลต้องสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนอย่างสม่ำเสมอ เกณฑ์ที่ใช้คัดขนาดได้แก่ น้ำหนัก รูปร่าง และขนาดของผล ซึ่งคัดได้โดยใช้ตะแกรงแบบต่างๆ การคัดคุณภาพเป็นการคัดเลือกตามคุณภาพของผลไม้โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ ได้แก่ สมบัติการสะท้อนแสงจากสีของผล ตำหนิต่างๆ และความถ่วงจำเพาะ มะม่วง

พันธุ์น้ำดอกไม้ เมื่อมีอายุมากขึ้นความถ่วงจำเพาะจะสูงขึ้นเรื่อยๆ เพราะมีการสะสมอาหารมากขึ้น เมื่อสุกเต็มที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.02 – 1.04 จึงสามารถใช้วิธีลอยน้ำเพื่อคัดเลือกมะม่วงตามความแก่อ่อนได้ โดยผลลอยน้ำมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า 1.0 เป็นผลที่ยังอ่อน พวกที่จมในน้ำแต่ลอยในลอยในน้ำเกลือเข้มข้น 1.5 % w/w มีความแก่ (muturity) ระดับที่เมื่อนำไปบ่มสุกยังคงมีรสเปรี้ยวอยู่บ้าง พวกที่จมในน้ำเกลือ 1.5 % แต่ลอยในน้ำเกลือ 2.5 % แก่จัดขึ้น และพวกที่จมในน้ำเกลือ 2.5 % เป็นมะม่วงที่แก่จัดมากที่สุด (Rutledge, 2000) ส่วนการล้างผลไม้มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยกำจัดหรือลดสิ่งปนเปื้อน เช่น ฝุ่น สิ่งสกปรก ยาฆ่าแมลง ชิ้นส่วนของพืชรวมทั้งจุลินทรีย์ นอกจากนั้นยังช่วยกำจัดไขที่ผิวของผลไม้ได้บางส่วนด้วย การล้างผลไม้ทำได้หลายวิธี ได้แก่ การล้างน้ำแบบพ่นฝอย และการล้างด้วยน้ำเคลื่อนไหว การแช่เป็นวิธีที่ใช้น้ำมากและมีประสิทธิภาพต่ำ นิยมใช้ในการล้างขั้นต้นสำหรับผลไม้ที่ความสกปรกมาก สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการล้างวิธีนี้ได้โดยการใช้แปรงขัดถู ใช้น้ำอุ่น หรือเติมสารเคมี เช่น คลอรีน ลงในน้ำแช่ การล้างด้วยน้ำแบบพ่นฝอย เป็นวิธีที่นิยมและให้ผลดี ทำได้ดีโดยนำผลไม้ที่ผ่านการแช่น้ำมาผ่านใต้ละอองน้ำที่ฉีดจากหัวฉีดด้วยความดันประมาณ 100 lb/in^2 ทำให้น้ำสัมผัสกับทุกซอกมุมของผลไม้ ประสิทธิภาพของการล้างขึ้นกับปริมาณน้ำที่ใช้ อุณหภูมิของน้ำ ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับผลไม้ เวลาที่ใช้ และจำนวนหัวฉีด การล้างด้วยน้ำเคลื่อนไหวอาจทำโดยการติดใบพัด ใช้อากาศอัด หรือใช้คลื่นความถี่ตั้งแต่ 20 – 100 kHz ทำให้น้ำเกิดการเคลื่อนไหว ผลไม้ที่แช่น้ำเกิดการสั่นสะเทือน ให้สิ่งสกปรกที่ติดอยู่หลุดออกได้ นอกจากนั้นยังสามารถล้างผลไม้ด้วยวิธีอื่นอีกคือการล้างโดยการฉีดน้ำร่วมกับหัวแปรงที่หมุนได้ (rotating brush) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กับผลไม้ตระกูลส้ม (Kimball, 1999)

2.4.2 การสกัดน้ำผลไม้

การสกัดของเหลวจากผลไม้มีจุดประสงค์เพื่อแยกของเหลวหรือน้ำผลไม้และสารอาหารที่ละลายได้ในน้ำผลไม้ อาทิเช่น น้ำตาล (สารให้รสหวาน) กรด (สารให้รสเค็ม ฝาด แร่ธาตุ) วิตามิน ต่างๆ รวมทั้งสารให้สี หรือรงควัตถุ สารให้กลิ่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ชนิดผลไม้ นอกจากนั้นยังมีสารประเภทเยื่อใยสั้นที่แขวนลอยในน้ำผลไม้ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย สารประเภทนี้ได้แก่ เพคติน เซลลูโลส น้ำผลไม้ที่สกัดได้สดๆ ยังมีเอ็นไซม์แขวนลอยอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับสารประกอบในผลไม้ ได้แก่ เพคติน เซลลูโลส พอลีฟีนอลออกซิเดส แอสคอร์บิกออกซิเดส เปอร์ออกซิเดส การสกัดน้ำผลไม้ส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การตีป่น และการคั้นน้ำผลไม้ แต่ผลไม้บางชนิดสามารถนำไปคั้นน้ำได้เลย โดยไม่ต้องผ่านการตีป่น เช่น องุ่นและส้ม กรรมวิธีที่ใช้ในการสกัดน้ำผลไม้แต่ละชนิดจะมีรายละเอียดที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเนื้อเยื่อผลไม้ และลักษณะของน้ำผลไม้ที่ต้องการ เช่น ขุ่น หรือ ใส

2.4.2.1 การตีป่น

เป็นขั้นตอนการเพิ่มพื้นที่ผิวของผลไม้ให้มากขึ้น เพื่อง่ายต่อการคั้นน้ำผลไม้ หลังจากตีป่นจะได้ส่วนที่เป็นของเหลว และเนื้อผลไม้ ซึ่งสารอาหารและสารให้กลิ่นรสที่ละลายน้ำได้จะอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลว ผลไม้บางชนิดอาจจะต้องปอกเปลือกออกก่อน เช่น ในขั้นนี้ต้องระวังไม่ให้อากาศสัมผัสกับผลไม้มากเพราะจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงจากเอนไซม์ในผลไม้ และจากโลหะที่ปะปนอยู่ เครื่องมือที่ใช้ในการทำน้ำผลไม้นี้จะต้องทำจากโลหะที่ไม่ทำปฏิกิริยาทำให้น้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปได้ เช่น การเปลี่ยนสีเกิดสีคล้ำ เครื่องมือต่างๆ จึงควรทำจากเหล็กปลอดสนิมหรือโลหะเคลือบอะลูมิเนียมไม่ควรทำจากโลหะเหล็ก ทองแดง และดีบุก เพราะจะทำให้สี และรสชาติ ของผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลง การตีป่นอาจทำได้โดยใช้เครื่องสับขนาดเล็ก หรือขนาดใหญ่ที่เรียก hammer mill ซึ่งนิยมใช้กับผลไม้ที่มีเนื้อมาก เช่น สับปะรด แอปเปิล แต่การผลิตน้ำแอปเปิลโดยวิธีนี้อาจทำให้เมล็ดของแอปเปิลแตกและก่อให้เกิดปัญหากับกลิ่นรสของน้ำผลไม้ที่ได้ ในยุโรปจึงนิยมใช้ fixed knife mill ในการผลิตน้ำแอปเปิล อุปกรณ์ดังกล่าวนี้จะประกอบด้วยถังที่หมุนได้ ภายในมี rotor 3 แขนติดตั้งใบมีดที่หมุนด้วยความเร็วสูงมีผลให้แอปเปิลภายในถังถูกตัดเป็นชิ้นเล็ก เนื้อแอปเปิลที่ลดขนาดแล้วจะลำเลียงผ่านตะแกรงเพื่อแยกกากที่ไม่ต้องการออก จากนั้นจึงนำไปบีบอัดต่อไป

2.4.2.2 การคั้นน้ำผลไม้

เป็นขั้นตอนการสกัดของเหลวออกจากชิ้นส่วนของผลไม้โดยการคั้นซึ่งทำได้หลายวิธีตั้งแต่ง่ายที่สุด คือ การใช้ผ้าขาวบางห่อแล้วใช้ไม้แบนกดทับไว้หรือใช้มือบีบ วิธีนี้เหมาะที่จะทำในระดับครัวเรือนส่วนในทางอุตสาหกรรมนิยมใช้เครื่องมือกดแบบตะแกรงหรือเครื่องอัดไฮโดรลิก การสกัดน้ำผลไม้บางชนิด เช่น องุ่น อาจมีการให้ความร้อนประมาณ 140 – 150 องศาฟาเรนไฮต์ ก่อนการสกัด จะช่วยสกัดสีจากองุ่นได้ ส่วนในน้ำแคนตาลูปไม่ต้องใช้ความร้อนในการสกัดก็ได้

นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังสามารถใช้เอนไซม์ในการสกัดน้ำผลไม้ได้ด้วยโดยใช้เอนไซม์ pectinase ย่อยเพคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบในน้ำผลไม้ ทำให้ผลไม้นิ่มลงเป็นผลให้การสกัดของเหลวทำได้ง่ายขึ้นช่วยเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ที่สกัดได้และช่วยลดความขุ่นของน้ำผลไม้ทำให้ได้น้ำผลไม้ที่มีลักษระใส เอนไซม์ pectinase ที่ใช้ทางการค้าส่วนใหญ่ผลิตได้จากเชื้อรา *Aspergillus niger* และมักประกอบด้วยเอนไซม์ชนิดอื่นร่วมด้วย เช่น cellulose, arabinase, galacturonase, protease, glycosidase, xylase, esterase และ oxidoreductase ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ pectinase พบว่าการใช้เอนไซม์เพกตินที่ความเข้มข้น 600 ppm อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ในระหว่างขั้นตอนการสกัดน้ำฝรั่งจากฝรั่งสีชมพู พบว่าที่เวลา

120 นาที ของการย่อยด้วยเอนไซม์ จะได้ปริมาณ yield ของน้ำฝรั่งเข้มข้นและปริมาณกรดแอสคอร์บิก สูงสุดคือ 84.70% และ 38.8% ตามลำดับ และให้ค่า pH 3.90, Tritratable acid 0.66g/100 ก. และความหนืด 12.0 Cps น้ำฝรั่งที่ได้ในขั้นตอนนี้มีลักษณะขุ่นและมีสีชมพู ด้วยเหตุนี้ในขั้นตอนการสกัดน้ำผลไม้เพื่อให้ได้น้ำผลไม้ที่มีคุณภาพดี จึงต้องเลือกวิธีที่ให้ได้น้ำผลไม้ปริมาณมากพร้อมกับมีองค์ประกอบของสารประกอบต่างๆ ครบถ้วนเหมือนน้ำผลไม้สดด้วย (Brasil และคณะ ,1995)

นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้บางชนิดก่อนขั้นตอนการสกัดอาจจะมีการลวกเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งก่อให้เกิดการเสื่อมเสียต่อคุณภาพ คือทำให้เกิดสีคล้ำ และเกิดกลิ่นรสผิดปกติระหว่างการผลิตและการเก็บ จารุณี (2544) ได้ศึกษาผลกระทบของการลวกและการเติมซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) ต่อการเปลี่ยนแปลงสีในน้ำฝรั่งที่เตรียมจากฝรั่งที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 65 และ 75 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการลวกเป็น 3 ระดับ คือ 0, 30 และ 60 วินาที และมีปริมาณซิงค์คลอไรด์ที่เติมในน้ำฝรั่งเป็น 3 ระดับคือ 0, 100 และ 200 ppm จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการลวกฝรั่งคือที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลาในการลวก คือ 30 และ 60 วินาทีและปริมาณที่เติมซิงค์คลอไรด์เท่ากับ 100 ppm ซึ่งให้ค่าสี Hunter L และ b สูงกว่า และให้ค่า Hunter a ต่ำกว่าน้ำฝรั่งที่เตรียมจากฝรั่งที่ไม่ได้ผ่านการลวก และมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 14 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Tajchakavit (1997) ศึกษาการยับยั้งเอนไซม์เพคตินเมททิธเอสเธอเรสในน้ำส้ม โดยศึกษาถึงผลของความร้อนจากไมโครเวฟและการให้ความร้อนโดยทั่วไป พบว่า การให้ความร้อนโดยไมโครเวฟในการยับยั้งเอนไซม์มีค่า D_{60} เท่ากับ 7.37 วินาที และมีค่า Z เท่ากับ 13.4 องศาเซลเซียส สำหรับการให้ความร้อนโดยวิธีทั่วไปพบว่ามีค่า ค่า D_{60} เท่ากับ 154 วินาที และมีค่า Z เท่ากับ 17.6 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าการใช้ไมโครเวฟในการยับยั้งเอนไซม์ ไมโครเวฟจะมีประสิทธิภาพในการกระจายความร้อนอย่างรวดเร็วทำให้สามารถยับยั้งเอนไซม์ได้ในระยะเวลาสั้น ทำให้มีผลจากความร้อนที่เกิดขึ้นน้อยมาก

2.4.3 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพ

การปรับปรุงคุณภาพ หมายถึง การทำให้น้ำผลไม้ที่สกัดได้มีลักษณะคุณภาพตามความต้องการ สำหรับประเภทของน้ำผลไม้นั้นๆ ได้แก่ น้ำผลไม้แบบใส น้ำผลไม้แบบขุ่น และน้ำผลไม้ปรุงแต่งรสชาติ

กฤษากร และ ถิรวัฒน์ (2541) ทดลองศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำฝรั่ง ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยในการผลิตน้ำฝรั่งคุณภาพดี คือ ใช้เวลาในการปั่น 3 นาที โดยเติมใบฝรั่ง 0.25% เพื่อปรับปรุงคุณภาพกลิ่นและสี แล้วกรองผ่านผ้าขาวบางตาละเอียด จากนั้นนำน้ำฝรั่ง 400 มิลลิลิตร ไปปรุงรสด้วยน้ำเชื่อมเข้มข้น 60° Brix ปริมาณ 150 มล. เกลือ 0.65 กรัม และกรดซิตริก 1.15 กรัม เติม CMC 0.1% เพื่อเพิ่มความคงตัวของตะกอนในน้ำฝรั่ง เติมสีผสมอาหาร 5 ppm เพื่อปรับปรุงคุณภาพสี และเติมโซเดียมเบนโซเอท ปริมาณ 0.05-0.1% เพื่อช่วยในการเก็บรักษา ซึ่งสามารถเก็บน้ำฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิ 8 – 10 องศาเซลเซียส ได้ประมาณ 1 สัปดาห์

2.4.3.1 การปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ

สำหรับการทำน้ำผลไม้ชนิดใส น้ำผลไม้ที่สกัดได้จะมีลักษณะขุ่น เมื่อตั้งทิ้งไว้อาจแยกชั้นหรือตกตะกอน ทำให้มีลักษณะต่างๆ ดูเหมือนว่าไม่สด หรือไม่เป็นที่พอใจของผู้บริโภค ได้แก่ น้ำองุ่น น้ำแอปเปิล สามารถที่จะทำให้น้ำผลไม้เหล่านี้ใสได้ด้วยการกรอง แต่การกรองในขั้นตอนนี้เพื่อได้น้ำผลไม้แบบโปร่งใสไม่มีตะกอนเลย ต้องใช้สารช่วยกรอง (filter aids) ได้แก่ filter earth Celtic สารประกอบดังกล่าวจะไม่ดูดสี กลิ่นของน้ำผลไม้ในกรรมวิธีการใช้สารช่วยกรองนี้ต้องปฏิบัติควบคู่กับการใช้เครื่องดูดสุญญากาศช่วยด้วย นอกจากนี้สามารถใช้เอนไซม์ไปช่วยสลายทำให้น้ำผลไม้ใสขึ้นได้

สำหรับการทำน้ำผลไม้ชนิดขุ่น น้ำผลไม้ชนิดขุ่นที่นิยมบริโภค ได้แก่ น้ำสัปปะรด น้ำส้ม น้ำฝรั่ง น้ำผลไม้ดังกล่าวผู้บริโภคต้องการได้รับรู้สึกว่าได้บริโภคน้ำผลไม้ด้วย ในการทำน้ำผลไม้ชนิดขุ่นสามารถทำได้โดยใช้สารเสริมการคงตัว หรือการแขวนลอยของเนื้อผลไม้ เช่น มอลโตเดรกซ์ทริน กัมชนิดต่างๆ รวมทั้งปัจจุบันนิยมใช้แป้งบุก หรือแป้งคอนยัก เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าผู้บริโภคไม่รู้สึกผิดปรกติที่ยอมรับน้ำผลไม้ชนิดขุ่น แต่ไม่แขวนลอยเป็นเนื้อเดียวกันตลอดเวลา ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้สารเสริมการคงตัวของเนื้อผลไม้ก็ได้ ดังนั้นการทำน้ำผลไม้ชนิดขุ่นก็คือ น้ำผลไม้ที่สกัดได้จากขั้นตอนการสกัดก็จะมีลักษณะขุ่นโดยธรรมชาติ แต่อาจจะมีการแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้

2.4.3.2 การปรับปรุงคุณภาพรสชาติ

น้ำผลไม้แท้ตามกฎหมายกำหนด หมายถึง น้ำผลไม้ที่ไม่มีการแต่งเติมใดๆ ด้านคุณภาพทั้งสิ้น แต่สำหรับในกรณีการผลิตเพื่อจำหน่าย บางครั้งการควบคุม การคัดเลือกวัตถุดิบ ไม่สามารถทำให้สมบูรณ์ได้ กล่าวคือ ผลไม้มีอายุพันธุ์ที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นที่มีการ

ปรับปรุงคุณภาพด้านรสชาติเพื่อให้เหมาะสมต่อทั้งผู้บริโภค และกระบวนการเก็บรักษา กล่าวคือ น้ำผลไม้ที่ดีต้องมีรสเปรี้ยว รสหวาน

2.4.3.2.1 การปรับปรุงรสเปรี้ยว

รสเปรี้ยวเป็นรสธรรมชาติของน้ำผลไม้ การปรับปรุงรสเปรี้ยวน้ำผลไม้โดยทั่วไปใช้กรดมะนาว หรือกรดซิตริก กรดฟอสฟอริก และกรดแอสคอร์บิค ซึ่งเป็นกรดที่ช่วยให้กลิ่นรสของเครื่องดื่มคงตัว เนื่องจากกรดแอสคอร์บิคเป็นวิตามินซีที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อร่างกาย การผลิตเครื่องดื่มการไล่อากาศออกให้หมด และรักษาระดับของเหล็กและทองแดงให้น้อยที่สุดจะสามารถรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิคไว้ได้ดี โดยได้มีผู้ทำการศึกษาปริมาณวิตามินซีในน้ำฝรั่งที่ขายตามท้องตลาด พบว่าน้ำฝรั่งที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์มีปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วงระหว่าง 10 – 20 มก. ต่อน้ำฝรั่ง 250 มล. และน้ำฝรั่งที่ผ่านการสเตอริไรด์มีปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วงระหว่าง 15 – 30 มก. ต่อน้ำฝรั่ง 250 มล. ซึ่งต่ำกว่าระดับที่ควรได้รับต่อวันคือ 45 มก.ต่อวัน ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาปริมาณกรดแอสคอร์บิคที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำฝรั่ง จากการทดลองพบว่าน้ำฝรั่งที่เติมวิตามินซี 10 มก. ที่ผ่านความร้อน 80 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 15 นาที มีความเหมาะสมมากที่สุด เพราะจะทำให้มีปริมาณวิตามินซีในน้ำฝรั่งประมาณ 48 มก. ต่อน้ำฝรั่ง 250 มก. นอกจากนี้อาจจะใช้กรดมาลิก ซึ่งเป็นกรดอ่อน กลิ่นอ่อนก็ได้ สำหรับน้ำผลไม้จะปรับปรุงให้น้ำผลไม้มีความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 3.5 ซึ่งจัดเป็นอาหารประเภทกรดสูง (high acid food) อาหารประเภทกรดจัดนี้สามารถใช้อุณหภูมิ 70 – 72 องศาเซลเซียส 15 นาที (high temperature short time, HTST – pasteurization) หรือ 60 องศาเซลเซียส 30 นาที (low temperature long time, LTLT – pasteurization) ในการฆ่าเชื้อก็เพียงพอ ดังนั้นการปรับปรุงด้านรสเปรี้ยวนับได้ว่าให้ประโยชน์ 2 ทาง คือ ให้รสชาติน้ำผลไม้ตามธรรมชาติ เนื่องจากน้ำผลไม้รสเปรี้ยวอมหวานจะมี pH ไม่เกิน 3.7 และมีประโยชน์ก็คือ ทำให้อาหารมีความเป็นกรดสูง สามารถให้ความร้อนต่ำกว่าจุดเดือดในการฆ่าเชื้อได้ ซึ่งจะช่วยให้คุณภาพน้ำผลไม้ด้านต่างๆ เช่น สี กลิ่น สารอาหาร ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติโดยไม่ต้องไปอาศัยสารกันบูดใดๆ เติมแต่งลงไปเลย ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้บรรจุภาชนะปิดสนิทที่ได้จะเก็บรักษาได้นาน นอกจากนั้นยังเป็นผลพลอยได้อีกอย่างที่จะสังเกตได้ การเติมกรดซิตริกจะทำให้ผลไม้มีสีคมชัด เนื่องจากกรดซิตริกมีผลต่อการเปลี่ยนรูปของรงค์วัตถุในน้ำผลไม้

2.4.3.2.2 การปรับปรุงรสหวาน

รสหวานในน้ำผลไม้ส่วนใหญ่มาจากน้ำตาลอินเวอร์ท (กลูโคสและฟรุคโตส) ซึ่งเป็นรสหวานอ่อนๆ และมักจะถูกบดบัง หรือกลบด้วยรสเปรี้ยว ผู้บริโภคในแถบเอเชียจะไม่ค่อยเคยชินเพราะลิ้นและประสาทสัมผัสในช่องปากส่วนใหญ่เคยชินกับอาหารรสจัด โดยเฉพาะเครื่องเทศ ดังนั้นการผลิตน้ำผลไม้สำหรับผู้บริโภคส่วนนี้จึงจำเป็นต้องปรับปรุงรสหวานให้เหมาะสม เรียกว่าเติมน้ำตาล (sugar added) ซึ่งมีความแตกต่างกับน้ำผลไม้ที่มีจำหน่ายในยุโรป และสหรัฐอเมริกา มักจะเป็นประเภทไม่เติมน้ำตาล หรือปลอดน้ำตาล (no sugar added or sugar free) สำหรับน้ำผลไม้พร้อมดื่ม ถ้ามีการเติมน้ำตาลจะมีการควบคุมโดยควบคุมค่าความหวานไม่เกิน 13 °Brix หรืออีกในหนึ่ง ถ้าจะมีการเติมน้ำตาลกลูโคสได้อีกความเข้มข้นไม่เกิน 6 – 7 %

2.4.3.2.3 การเสริมรสหรือเน้นรสชาติน้ำผลไม้

เนื่องจากน้ำผลไม้มีสารให้รสหลัก คือ รสเปรี้ยว และรสหวาน เพื่อให้รสชาติดังกล่าวชัดเจน จะเน้นรสชาติด้วยเกลือแกงเล็กน้อย ความเข้มข้นไม่เกิน 0.05 – 0.10% นอกจากรสเค็มที่มาจากเกลือแกงจะสามารถช่วยให้รสเปรี้ยวและรสหวานไม่จัดจนเกินไป หรืออีกนัยหนึ่งคือ มีความละมุนละไมมากขึ้น

2.4.4 ขั้นตอนการให้ความร้อนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

กิตติพงษ์(2541) กล่าวถึงวิธีที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาน้ำผลไม้ไว้หลายวิธีดังนี้

2.4.4.1 การใช้ความร้อน (heating)

ความร้อนจะช่วยทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลไม้เสื่อมเสีย ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาออกไป ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กำหนดมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำข้าวโพด, น้ำส้ม, ชา, น้ำใบบัวบก ทางด้านจุลินทรีย์ในตัวอย่าง คือ จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี/มล. แต่ในการใช้ความร้อนในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ความร้อนจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำผลไม้ในด้านที่ไม่ต้องการด้วย ดังนั้นการใช้ความร้อนกับน้ำผลไม้จึงไม่อาจใช้สภาวะที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลานานได้ เนื่องจากน้ำผลไม้จัดอยู่ในอาหารที่มีความเป็นกรดปานกลางไปจนถึงความเป็นกรดสูง จึงไม่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก ในปัจจุบันนิยมใช้การเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ที่อุณหภูมิ 77 – 93 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 15 – 60 วินาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำผลไม้จากนั้นทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว

Lee และ Coates (2003) ได้ศึกษาผลกระทบจากกระบวนการพาสเจอไรซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณรงควัตถุแคโรทีนอยด์ และค่าสี CIE L*, a*, b* ในน้ำส้มสายพันธุ์ Valencia พบว่าการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ส่งผลให้ปริมาณของรงควัตถุแคโรทีนอยด์ลดลง ซึ่งพบปริมาณของ violaxanthin ลดลงจาก 0.574 mg./L เป็น 0.308 mg./L และantheraxanthin ลดลงจาก 0.819 mg./L เป็น 0.616 mg./L นอกจากนี้การพาสเจอไรซ์มีผลทำให้ค่าสี CIE L* เพิ่มจาก 40.22 ± 0.16 เป็น 41.22 ± 0.81 ค่าสี CIE a* ลดลงจาก -1.75 ± 0.01 เป็น -2.64 ± 0.15 ค่า CIE b* เพิ่มขึ้นจาก 17.62 ± 0.25 เป็น 20.02 ± 1.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพาสเจอไรซ์จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียโปรวิตามินเอ

2.4.4.2 การแช่แข็ง (freezing)

วิธีนี้ทำให้สามารถเก็บผลไม้ไว้ได้นาน น้ำผลไม้ในกลุ่มนี้เช่น น้ำองุ่น น้ำแอปเปิ้ล และน้ำผลไม้พวกเบอรี่ต่างๆ จะถูกแช่แข็งและเก็บที่อุณหภูมิ (-12) ถึง (-10) องศาเซลเซียส น้ำส้มและน้ำเกรฟฟรุตก็นิยมแช่แข็งที่อุณหภูมิเดียวกัน แต่ต้องกำจัดอากาศออกจากภาชนะบรรจุเสียก่อน การแช่แข็งไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเหมือนการให้ความร้อน แต่เสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสูงกว่า

2.4.4.3 การใช้สารเคมี (chemical agent)

เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในการเก็บรักษาน้ำผลไม้ การใช้สารเคมีต้องคำนึงถึงกฎหมายข้อบังคับ ชนิดและปริมาณของสารที่จะใช้ สารเคมีที่มีการใช้ในปัจจุบัน เช่น เกลือเบนโซเอท (benzoate) กรดซอร์บิค (sorbic acid) เกลือซอร์เบท (sorbate) กรดซัลฟูรัส (sulphurous acid) และเบโควิน (baycovin)

2.4.4.4 การใช้ความดันสูง (high pressure)

การใช้ความดันสูงสามารถช่วยในการเก็บรักษาน้ำองุ่น โดยใช้ความดัน 75000 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที สามารถเก็บได้นานในภาชนะปิดสนิทเหมือนกับได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแล้ว น้ำผลไม้ที่เก็บรักษาด้วยวิธีนี้จะมีกลิ่น รสชาติและคุณภาพเหมือนกับน้ำผลไม้สด แต่ยังมีข้อจำกัดคือการสร้างเครื่องมือที่ใช้กับน้ำผลไม้ปริมาณมากในเชิงอุตสาหกรรมยังทำได้ยาก ซึ่งเป็นปัญหาในการนำมาใช้งานจริง

Yen และ Lin (1996) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบระหว่างการใช้ความดันสูงและการพาสเจอไรซ์ด้วยความร้อนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของน้ำฝรั่งเข้มข้น (guava puree) ผลการทดลองปรากฏว่าน้ำฝรั่งเข้มข้นที่ผ่านการพาสเจอไรซ์โดยความร้อนที่ 88 –

90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 วินาที พบว่ายับยั้งเอนไซม์ได้ดีกว่าการใช้ความดันสูง แต่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพอย่างเห็นได้ชัดในด้านความหนืด ความขุ่นและสี น้ำฝรั่งเข้มข้นที่ใช้ความดัน 600 Mpa ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำฝรั่งเข้มข้นลดลงน้อยกว่า 10 โคโลนี/มล. และผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี ความขุ่น และปริมาณกรดแอสคอร์บิกเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำฝรั่งสด

2.5 ไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งแตกต่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอื่นๆ เช่น คลื่นวิทยุ ตรงที่ความยาวและความถี่คลื่น คลื่นไมโครเวฟจะอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและอินฟราเรด โดยมีความยาวคลื่นประมาณ 0.025 – 0.75 เมตร ความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความถี่ โดยคลื่นไมโครเวฟความยาวคลื่น 0.025 – 0.75 เมตร จะสัมพันธ์กับช่วงความถี่ 20,000 - 400 MHz เนื่องจากความถี่ของคลื่นไมโครเวฟจะมีค่าใกล้เคียงกับคลื่นวิทยุและซ้อนทับกับคลื่นเรดาห์ซึ่งจะทำให้รบกวนระบบสื่อสารได้ ดังนั้นจึงมีการจำกัดการใช้คลื่นความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ สำหรับใช้ในการประกอบอาหารตามบ้านเรือนและอุตสาหกรรมอาหารความถี่คลื่นที่อนุญาตให้ใช้ได้ คือ 915 MHz และ 2,450 MHz (Potter,1995) อาหารที่อบด้วยคลื่นไมโครเวฟจะสุกด้วยพลังงานจากคลื่น ซึ่งพลังงานของคลื่นนี้เหมือนคลื่นวิทยุ ตัวคลื่นจะส่งผ่านเข้าไปในอาหาร ในขณะที่กำลังอบอาหารอยู่พลังงานไมโครเวฟจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนโดยตัวอาหารเอง ซึ่งความร้อนนี้เกิดจากการจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่มีขั้วและโมเลกุลมีประจุทางไฟฟ้า คลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นที่ไม่มีกลิ่นจึงไม่ทำให้รสชาติต่างๆ ของอาหารเสียไป คลื่นไมโครเวฟไม่สามารถเก็บกับไว้ในอาหาร เพราะเหตุนี้ปัญหาคลื่นตกอยู่ในอาหารจึงไม่มี นอกจากนี้ไมโครเวฟยังสามารถทะลุผ่านวัตถุบางชนิด เช่น กระดาษ แก้ว พลาสติก ซึ่งวัตถุเหล่านี้ไม่ดูดซึมหรือสะท้อนพลังงานไมโครเวฟ ดังนั้นวัตถุจึงเป็นวัตถุที่ใช้ได้ดีในการที่จะบรรจุอาหารเข้าเตาไมเครเวฟ

2.5.1 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นไมโครเวฟ

2.5.1.1 การส่งผ่าน (Transmission)

คลื่นไมโครเวฟมีคุณสมบัติที่สามารถทะลุผ่านวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าได้ เช่น วัสดุที่เป็นแก้ว กระเบื้องเซรามิก กระดาษ และพลาสติกบางชนิดได้ โดยไม่มีการดูดซับพลังงานจึงไม่เกิดความร้อนขึ้น

2.5.1.2 การสะท้อน (Reflection)

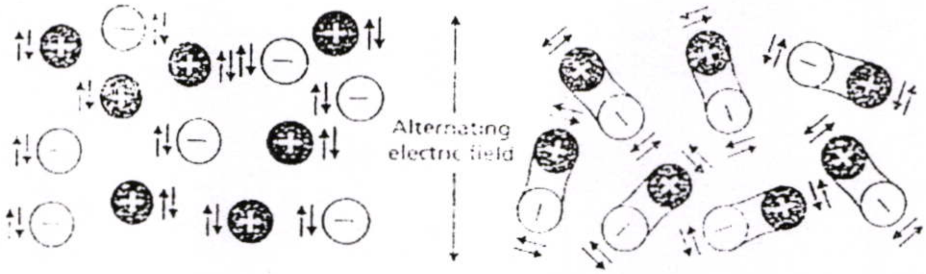
คลื่นไมโครเวฟจะเกิดการสะท้อนกลับเมื่อกระทบกับโลหะหรือภาชนะที่มีส่วนผสมของโลหะ คลื่นไมโครเวฟไม่สามารถทะลุผ่านภาชนะดังกล่าวได้ จะสะท้อนกลับหมด ดังนั้นอาหารที่ใส่ภาชนะที่เป็นโลหะก็จะไม่สุก ดั้งนั้นผนังโลหะของเตาไมโครเวฟจะสามารถป้องกันการรั่วไหลของคลื่นสู่ภายนอก และยังทำให้เกิดการสะท้อนจากด้านข้างและด้านล่าง จึงทำให้ชิ้นอาหารได้รับคลื่นทั่วทุกด้าน

2.5.1.3 การดูดกลืน (Absorption)

ในวัตถุที่มีประจุทางไฟฟ้าจะสามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้ เช่น น้ำ และโปรตีน ซึ่งปกติอาหารโดยทั่วๆ ไป จะประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำในอาหารซึ่งจะดูดซึมคลื่นไมโครเวฟ ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลจนทำให้อาหารเกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว และอีกนัยหนึ่งโมเลกุลของน้ำดูดซึมคลื่นไมโครเวฟและจะสลายตัวในทันทีสะสมในอาหาร

2.5.2 กลไกการเกิดความร้อนของไมโครเวฟ

วัตถุโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยอนุภาคประจุไฟฟ้าบวก และอนุภาคประจุไฟฟ้าลบจำนวนเท่ากัน จึงทำให้วัตถุนั้นมีลักษณะเป็นกลางทางไฟฟ้าเรียกว่า สารไดอิเลคตริก เมื่อนำไปวางในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โมเลกุลจะถูกเหนี่ยวนำทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไปทิศทางต่างๆ และพยายามเรียงตัวตามสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้โมเลกุลจะทำตัวเหมือนมี 2 ขั้ว และหมุนรอบตัวตามแกน โมเลกุลเหล่านี้จะจัดตัวตามแนวขั้วบวกและลบ กระแสไฟฟ้าทั่วไปจะเปลี่ยนทิศทางกลับไปมา 60 ครั้วใน 1 วินาที ในทำนองเดียวกันไมโครเวฟมีความถี่อยู่ในช่วง 915 – 2,450 MHz เมื่อผ่านไมโครเวฟลงไป โมเลกุลที่มีขั้วมีแนวโน้มที่จะจัดเรียงตัวเป็นเส้นตรงตามสนามแม่เหล็ก แต่สนามแม่เหล็กจะกลับไปกลับมา 915 – 2,450 ล้านครั้งต่อวินาที โมเลกุลซึ่งพยายามที่จะแกว่งที่ความถี่นั้น จะทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างโมเลกุล จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่มีขั้วและโมเลกุลที่มีประจุในอาหาร
ที่มา : Mullin (1995)

จากการที่สารไดอิเลคตริกสามารถทำให้ร้อนขึ้นได้จากการให้พลังงานไมโครเวฟเข้าไป โดยความร้อนที่เกิดขึ้น มาจากการเรียงตัวของสารไดอิเลคตริกตามขั้วไฟฟ้าภายในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีการสลับไปมาอย่างรวดเร็ว เรียกว่าการเกิดไดโพลโรเทชัน (Dipole Rotation) ผลจากการเกิดโพลโรเทชัน ทำให้สารไดอิเลคตริก ร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว ยกตัวอย่างเช่น โมเลกุลของน้ำ ประกอบด้วย ส่วนที่มีประจุลบของอะตอมออกซิเจน และส่วนที่มีประจุบวกของอะตอมไฮโดรเจน โดยปกติแล้วโมเลกุลของน้ำจะมีการเคลื่อนที่อย่างอิสระ แต่เมื่อได้รับสนามไฟฟ้า จะทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโมเลกุลให้สอดคล้องกับสนามไฟฟ้า ผลจากการสลับไปมาของขั้วไฟฟ้า ทำให้โมเลกุลของมันต้องปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงมีผลทำให้เกิดความร้อนขึ้น อันเนื่องมาจากการเสียดสีกันในระหว่างการหมุนของโมเลกุลตามสนามไฟฟ้า และเมื่อสนามไฟฟ้าหมดไปจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่อย่างอิสระอีกครั้ง การเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าสลับไปมาอย่างรวดเร็วประมาณหลายล้านครั้งต่อวินาที เช่น ที่ความถี่ 2,450 MHz จะทำให้เกิดพลังงานจลน์และเกิดความร้อนขึ้น ซึ่งความร้อนนี้จะใช้ในการหุงต้มอาหารนั่นเอง สำหรับโมเลกุลที่มีขั้วอื่นๆ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ก็ใช้หลักการนี้ในการเกิดความร้อนเช่นเดียวกัน

2.6 การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในขั้นตอนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

การใช้ไมโครเวฟในการพาสเจอร์ไรซ์ และสเตอริไรซ์สามารถถนอมอาหารได้เนื่องจากความร้อนจากไมโครเวฟจะไปยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหารเช่นเดียวกับวิธีการให้ความร้อนโดยทั่วไป ความร้อนจะทำให้เกิดการเสียสภาพของเอนไซม์ โปรตีน กรดนิวคลีอิก หรือส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีความสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมและการสืบพันธุ์ของเซลล์ ทำให้เซลล์เหล่านั้นตาย นอกจากนี้เมตาบอไลท์ และโคแฟกเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับกิจกรรมภายในเซลล์อาจเกิดการ

รั่วไหลผ่านเมมเบรนซึ่งถูกทำลายด้วยความร้อน เป็นผลทำให้เกิดการทำลายจุลินทรีย์เช่นเดียวกัน (Heddleson, 1994)

Creamer และ Chipley (1980) ได้ทำการทดลองให้ความร้อนเนื้อวัวอบโดยใช้เตาอบธรรมดาที่อุณหภูมิ 135 – 145 องศาเซลเซียส แล้วนำมาเก็บนานประมาณ 45 ชม. หลังจากนั้นนำมาให้ความร้อนอีกครั้งด้วยไมโครเวฟจะเกิดการเพิ่มจำนวนแบคทีเรีย 3 – 11 เท่า จากจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้นซึ่งน้อยกว่า 200 โคโลนี/ก. เนื่องจากการเก็บทำที่อุณหภูมิที่เชื้อเจริญได้ดี นอกจากนี้ยังพบเชื้อ*C. sporogenes, C. perfringens, Bacillus spp., S. aureus* และ *S. epidermis* จากการทดลองคาดว่า *Staphylococi* และ *Clostridia* ทนความร้อนได้ดีมากกว่า *Coliform* และจากการศึกษาในเรื่องนี้สรุปได้ว่า ควรจะลดการปนเปื้อนของอาหารจากระบบปฏิบัติการให้น้อยที่สุด เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิหลังจากการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ทำให้ไม่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในอาหารได้อย่างเพียงพอ นอกจากนั้นอาหารที่ใช้ควรจะมีความสม่ำเสมอทางด้านขนาด และส่วนประกอบเพื่อให้การใช้กำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟทำได้อย่างเพียงพอ

Thome (1981) ได้ศึกษาการพาสเจอร์ไรซ์ด้วยไมโครเวฟ โดยหอยนางรมสดจะถูกป้อนเข้าสู่ไมโครเวฟเพื่อพาสเจอร์ไรซ์โดยใช้ความถี่ 2,450 – 2,500 MHz เป็นเวลา 1.5 นาที อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้นถึงประมาณ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในจุดนี้จะเพียงพอที่จะทำการ พาสเจอร์ไรซ์หอยนางรมและยังคงรสชาติและความแน่น (firmness) ได้ดีเมื่อเทียบกับหอยนางรมสด

Galuska และคณะ (1988) ได้ศึกษาการทำลาย *Listria monocytogenes* สายพันธ์ Scott A และ V7 ในนมผงพร่องมันเนย โดยใช้ความร้อนจากไมโครเวฟ แล้วคำนวณค่า D ทำทั้งสิ้น 5 อุณหภูมิในช่วง 60 – 82.2 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ 71.1 องศาเซลเซียส จะสามารถลดจำนวน *L. monocytogenes* ลงได้ 4 – 5 $\log_{10}$ cycle ภายในเวลา 15 นาที จึงสามารถสรุปได้ว่า ที่อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์ปกติ การใช้ไมโครเวฟเพื่อทำลาย *L. monocytogenes* ให้ผลดีเท่ากับวิธีธรรมดา

Kozempel และคณะ (1997) ศึกษาการทำลายแบคทีเรีย *Pediococcus sp.* โดยไมโครเวฟ ที่ระดับอุณหภูมิต่ำ ออกแบบระบบให้เป็นการไหลแบบต่อเนื่องรักษาระดับอุณหภูมิในกระบวนการให้อยู่ในระดับ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้ท่อ 2 ชั้น ชั้นนอกทำด้วย Poly-propylene มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 33.8 มม. ใช้ในการลำเลียงตัวอย่าง ชั้นในทำด้วยสแตนเลสเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มม. ใช้ในการผ่านน้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 20 – 25 องศาเซลเซียส หลังออกจากไมโครเวฟตัวอย่างจะผ่านเข้าสู่แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนและไหลเวียนเข้าไมโครเวฟอีก 2 ครั้ง จากผลการทดลองพบว่า สำหรับตัวอย่างน้ำสามารถลดจำนวนแบคทีเรียได้ 3 log เมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟ

เป็นเวลา 4.9 นาที และเวลาที่ใช้ในกระบวนการทั้งหมด 70 นาที สำหรับตัวอย่างน้ำแอปเปิลสามารถลดจำนวนแบคทีเรีย 2 log เมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟเป็นเวลา 8.5 นาที และเวลาที่ใช้ในกระบวนการทั้งหมด 120 นาที แสดงให้เห็นว่า พลังงานไมโครเวฟสามารถทำลายแบคทีเรียได้ที่อุณหภูมิต่ำหรือปราศจากความร้อน แต่ทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำแอปเปิลมีความเป็นกรดซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนในการทำลายแบคทีเรีย และในกระบวนการหล่อเย็นอาจจะมีส่วนช่วยการทำลายแบคทีเรียด้วย

Koutchma และคณะ (2001) ทำการทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการทำลายเชื้อ *Escherichia coli* สำหรับการให้ความร้อนโดยการไหลแบบต่อเนื่องระหว่างการฆ่าเชื้อโดยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 700 W ความถี่ 2450 MHz การให้ความร้อนด้วยไอน้ำ และการให้ความร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง โดยเติมเชื้อในตัวอย่างน้ำให้มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10^6 ถึง 10^7 CFU/ml. ในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟและด้วยไอน้ำ โดยใช้ท่อแก้วที่มีความยาว 2 ม. เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 8.9 มม. มีปริมาตรทั้งหมด 125 มล. ซึ่งกำหนดอุณหภูมิสุดท้ายของตัวอย่างหลังจากได้รับความร้อนให้อยู่ในช่วง 50, 55, 65 องศาเซลเซียส โดยการควบคุมอัตราการไหล และการให้ความร้อนแบบไม่ต่อเนื่องออกแบบการทดลองโดยใส่ตัวอย่าง 1 มล. ในหลอดทดลองปริมาตร 4 มล. ให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 50, 55, 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที ถึง 25 นาที จากการทดลองพบว่าการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟมีค่า D-Values เท่ากับ 13 วินาที ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และ 0.78 วินาที ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้ความร้อนโดยไอน้ำ พบว่า มีค่า D-Values เท่ากับ 73 และ 3 วินาที ที่อุณหภูมิ 55 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับการให้ความร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง พบว่า มีค่า D-Values เท่ากับ 173 และ 2 วินาที ที่อุณหภูมิ 55 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

Juan และคณะ (2002) ได้ทำการศึกษาการใช้ไมโครเวฟในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ในน้ำแอปเปิลโดยศึกษาเปรียบเทียบกับการพาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ในการทดลองได้กำหนดปัจจัยของการใช้กำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันที่ 270, 450, 720, 900 W เป็นเวลา 60 – 90 วินาที พบว่าการใช้กำลังไฟฟ้าที่ 900 W สามารถจำนวนจุลินทรีย์ได้ 2-4 log ค่า D-Values 0.42 ± 0.03 วินาที ที่อุณหภูมิ 70.3 ± 2.1 องศาเซลเซียส และที่กำลังไฟฟ้าที่ 720 W มีค่า D-Values 0.48 ± 0.10 วินาที ที่อุณหภูมิ 76.2 ± 1.9 องศาเซลเซียส และไม่พบเชื้อ *Escherichia coli* สำหรับการพาสเจอร์ไรส์ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที และโดยไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 720 – 900 W แสดงให้เห็นว่าการพาสเจอร์ไรซ์โดยไมโครเวฟเป็นอีกวิธีหนึ่งที่เหมาะสมในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli*

2.7 การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟโดยการไหลแบบต่อเนื่อง

ปัจจุบันไมโครเวฟถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม เนื่องจากประหยัดเวลาในการความร้อนอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้ความร้อนโดยทั่วไป (Conventional heating) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตจึงมีการพัฒนาระบบให้เป็นแบบต่อเนื่องเพื่อเพิ่มความสะดวกในการผลิต ซึ่งมีงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องดั้งนี้

Lopez และคณะ (1995) ศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟโดยการไหลแบบต่อเนื่อง ต่อการเสียสภาพธรรมชาติของ β-lactoglobulin ในนม โดยศึกษาปัจจัยระหว่างอัตราการไหลและระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยใช้ท่อ Teflon ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. และยาว 1.25 ซม. ผ่านไมโครเวฟที่ความถี่ 2,450 MHz ที่ระดับอัตราการไหลที่ 118, 107 และ91 มล./นาที ที่ระยะเวลา 0, 15 และ25 วินาที จากการทดลองพบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 72 และ 80 องศาเซลเซียส การเสียสภาพธรรมชาติของ β-lactoglobulin ในนมทั้งสองระบบไม่มีความแตกต่างกัน แต่ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของ β-lactoglobulin ในระบบการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟโดยการไหลแบบต่อเนื่อง ในนมน้อยกว่าวิธีแบบธรรมดา แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟสามารถกระจายความร้อนได้ดีกว่า

Sierra และ Valverde (2000) ได้ทำการศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟโดยการไหลแบบต่อเนื่อง ต่อปริมาณวิตามินบี 1 และวิตามินบี 6 ในนมที่มีปริมาณของไขมันที่แตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับการให้ความร้อนแบบธรรมดา ใช้ไมโครเวฟที่ความถี่ 2,450 MHz ปั๊มนมผ่านท่อ Teflon ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. และยาว 200 ซม. (ปริมาณทั้งหมด 39.26 ซม^3.) ที่ระดับอุณหภูมิ 90, 110 และ120 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีความแตกต่างของปริมาณวิตามินสำหรับการให้ความร้อนทั้ง 2 ระบบ ที่ระดับอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับยังคงสามารถรักษาปริมาณวิตามินบี 1 ได้ดังเดิม คืออยู่ในช่วง 0.28 – 0.35 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับนมไขมันเต็ม (ไขมัน 3.4%) 0.30 – 0.37 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับหางนม (ไขมัน 0.5%) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าที่อุณหภูมิการให้ความร้อนแก่นมไขมันเต็มและหางนมที่อุณหภูมิสูงกว่า 110 องศาเซลเซียส ปริมาณวิตามินบี 6 จะมีปริมาณที่ลดลง

Valero (2000) พาสเจอร์ไรซ์นม โดยปั๊มเข้าสู่ระบบไมโครเวฟแบบต่อเนื่อง ที่อุณหภูมิ 80 หรือ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เปรียบเทียบกับการให้ความร้อนแบบธรรมดา โดยใช้ไมโครเวฟที่ความถี่ 2,450 MHz กำลังไฟ 532 W นมถูกปั๊มผ่านท่อ Teflon ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.58 ซม. และยาว 200 ซม. เก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน ที่อุณหภูมิ 4.5 ±0.5 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ตัวอย่างทุกๆ 2 วัน พบว่าปริมาณ lactulose อยู่มนระดับต่ำกว่า 50 มก./ลิตร สำหรับค่า pH และปริมาณโมโนแซกคาร์ไรด์ ไม่พบความแตกต่างของทั้งสองระบบตลอดอายุการ

เก็บรักษา และไม่พบความแตกต่างของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งพบว่าการให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส หลังจากวันที่ 8 จะมีคะแนนที่ลดลงเล็กน้อย ซึ่งมีรายงานก่อนนี้ว่าการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ 80 องศาเซลเซียส จะมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าที่ผ่านระบบแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน และพบว่าปริมาณสารระเหย dimethyldisulfide มีความผันแปรตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นคือ ที่อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส มีปริมาณ 0.3 – 0.6 ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งมากกว่าตัวอย่างนมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และนมดิบ ที่ 0.1 – 0.2 ไมโครกรัม/ลิตร

Colonel และคณะ (2003) นำตัวอย่างนมที่มีปริมาณไขมันที่แตกต่างกัน คือ 0, 1, 2, 4% และนมช็อคโกแลต ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ความถี่ 915 MHz กำลังไฟฟ้า 5 kW ที่ระดับอัตราการไหลที่ 2 และ3 ลิตร/นาที เป็นการไหลแบบลามิน่า จากการทดลองวัดอุณหภูมิสุดท้ายได้ 42 องศาเซลเซียส สำหรับอัตราการไหลที่ 2 ลิตร/นาที และ 29 องศาเซลเซียส สำหรับอัตราการไหลที่ 3 ลิตร/นาที ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงและต่ำสุดภายในท่อที่ 3.7 และ 3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มของอุณหภูมิในตัวอย่างนมแต่ละชนิด สำหรับอัตราการไหลที่ 2 ลิตร/นาที กำลังไฟฟ้า 5.3 kW จะมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่เหมือนกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติทางไดอิเล็กตริกของนมแต่ละชนิดมีความเหมือนกัน

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ฝรั่งไทยไส้แดง จากสวนไม้แปลกภู่ทอง เลขที่ 27 หมู่ 2 ต.ท่าไม้ อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร

3.2 อุปกรณ์ในการผลิต

3.2.1 เครื่องแยกน้ำผลไม้ (Vita – mix, Thailand)

3.2.2 ปั๊ม (Metering pump & controller, Hidlbery - Germany)

3.2.3 ท่อแก้ว (1 x 900 c m.)

3.2.4 อุโมงค์ไมโครเวฟ (Microwave Tunnel) ความถี่ 2,450 MHz กำลัง 4800 W

3.2.5 เทอร์โมมิเตอร์ (Digital thermometer, Type K UN – 305 A)

3.3 สารเคมี

3.3.1 Sodium hydroxide

3.3.2 Metaphosphoric acid

3.3.3 Glacial acetic acid

3.3.4 2,6 – dichloroindophenol

3.3.5 Ascorbic acid

3.3.6 Sodium hydrogen carbonate

3.3.7 อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar

3.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.4.1 เครื่องวัดสี รุ่น Minolta meter, CR 300 series, Japan

3.4.2 pH – Meter ,Toledo MP 220, Germany

3.4.3 Hand retractometer, 0 – 32 ° Brix, Atago

3.5 สถานที่ทดลอง

3.5.1 ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5.2 ตึกปฏิบัติการแปรรูปอาหาร (Processing plant 1) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.6 วิธีดำเนินการ

3.6.1 การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลที่ระดับต่าง ๆ

3.6.1.1 การเตรียมน้ำฝรั่ง

นำฝรั่งมาล้างให้สะอาด เอาเมล็ดออก แล้วหั่นออกเป็น 4 ส่วน นำมาคั้นน้ำด้วยเครื่องแยกกากผลไม้ นำน้ำฝรั่งมาปรับปริมาณน้ำตาลให้ได้ 10 -11 ° Brix, ปรับปริมาณกรดให้อยู่ในช่วง 0.29 – 0.30%, เติมเกลือ 0.2%, CMC 0.1% (ภัทราพร, 2540) ได้น้ำฝรั่งที่มีความเข้มข้น 100% นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 25 นาที

3.6.1.2 การให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยคลื่นไมโครเวฟแบบต่อเนื่อง

การให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยใช้อุโมงค์ไมโครเวฟแบบต่อเนื่อง ความถี่ 2,450 MHz (ภาพที่ 3.1) นำน้ำฝรั่งจากข้อ 3.6.1.1 ปั๊มผ่านท่อแก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. ความยาว 900 ซม. ในอุโมงค์ไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 1600, 3200 และ 4800 วัตต์ โดยควบคุมอัตราการไหลที่ 200, 300, 400 และ 500 มล./นาที ตรวจวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป บรรจุในขวดแก้วขนาด 250 มล. และทำให้เย็นโดยทันที ดังแสดงตามภาพกระบวนการผลิตที่ 3.2 แล้วนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำฝรั่งโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ

ภาพที่ 3.1 แสดงภาพของระบบกระบวนการผลิตน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม

หมายเหตุ : 1. อุโมงค์ไมโครเวฟ (Microwave Tunnel) ความยาว 3 เมตร ความถี่ 2,450 MHz กำลังไฟฟ้า 4,800 วัตต์ โดยใช้ไมโครเวฟแมกเนตรอน เป็นลักษณะการไหลแบบต่อเนื่องภายในท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซ.ม. ยาว 9 ม.

2. การปรับระดับกำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟที่ใช้ในการทดลอง

2.1 กำลังไฟฟ้า 1,600 วัตต์ ใช้หัวแมกเนตรอนหมายเลย 2, 5

2.2 กำลังไฟฟ้า 3,200 วัตต์ ใช้หัวแมกเนตรอนหมายเลย 1, 3, 4, 6

2.3 กำลังไฟฟ้า 4,800 วัตต์ ใช้หัวแมกเนตรอนหมายเลย 1, 2, 3, 4, 5, 6

ฝรั่งล้างทำความสะอาด

↓

หั่นออกเป็น 4 ส่วน

↓

นำเข้าเครื่องแยกน้ำผลไม้ (Vita – mix)

↓

น้ำฝรั่ง

↓

ปรับปรุงคุณภาพ

- ปรับปริมาณน้ำตาลให้ได้ 10 – 11 ° Brix
- ปรับปริมาณกรดให้อยู่ในช่วง 0.29 – 0.30%
- เติมเกลือ 0.2%
- เติม CMC 0.1%

↓

แช่เย็นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30 นาที

↓

ผ่านคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2450 MHz

↓

บรรจุขวดแก้ว 250 ml.

↓

ทำให้เย็นทันทีโดยแช่น้ำอุณหภูมิ 10 – 12 องศาเซลเซียส

↓

เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 – 6 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 3.2 แสดงกระบวนการผลิตน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยใช้ไมโครเวฟ

3.6.1.3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำฝรั่ง

3.6.1.3.1 การตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC, 1990)

3.6.1.3.2 ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีโดยวิธีการ Titration ในการหาปริมาณวิตามินซีในรูปของ(Reduced form) ของAscrobic acid ใช้ 2,6-Dichorophenolindophenol เป็นตัวออกซิไดส์ (Oxidizing agent) (AOAC, 1990)

3.6.1.3.3 การตรวจวิเคราะห์ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ΔE โดยใช้เครื่องวัดสีรุ่น Minolta meter

3.6.1.3.4 ตรวจวิเคราะห์ค่าวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด Hand retractometer 0 – 32 $^{\circ}$ Brix

3.6.1.3.5 ตรวจวิเคราะห์ค่า pH โดยใช้เครื่อง pH – Meter

3.6.1.3.6 ตรวจวิเคราะห์ค่า Titratable acidity (AOAC,1990)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ข้อ 3.6.1.3

การวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD 3x4 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 9

3.6.2 การเปรียบเทียบกับกระบวนการพาสเจอไรซ์น้ำฝรั่งแบบดั้งเดิม (conventional pasteurization)

การให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิม โดยนำน้ำฝรั่งจากข้อ 3.6.1.1 มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิระดับต่างๆกัน ซึ่งกำหนดโดยให้ความร้อนจนกระทั่งน้ำฝรั่งมีอุณหภูมิที่เท่ากับอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ ที่มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เหลืออยู่ต่ำที่สุด และน้ำฝรั่งยังคงมีวิตามินซีเหลืออยู่มากที่สุด นำน้ำฝรั่งที่ผ่านการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิม แล้วบรรจุในขวดแก้วขนาด 250 ml. ทำให้เย็นโดยทันที และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 – 6 องศาเซลเซียส ดังแสดงตามภาพกระบวนการผลิตที่ 3.3 แล้วนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำฝรั่งตามข้อที่ 3.6.1.3 เปรียบเทียบกับน้ำฝรั่งที่ให้ความร้อนโดยไมโครเวฟในข้อที่ 3.6.1.2

ฝรั่งล้างทำความสะอาด

↓

หั่นออกเป็น 4 ส่วน

↓

นำเข้าเครื่องแยกน้ำผลไม้ (Vita – mix)

↓

น้ำฝรั่ง

↓

ปรับปรุงคุณภาพ

- ปรับปริมาณน้ำตาลให้ได้ 10 – 11 ° Brix
- ปรับปริมาณกรดให้อยู่ในช่วง 0.29 – 0.30%
- เติมเกลือ 0.2%
- เติม CMC 0.1%

↓

แช่เย็นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30 นาที

↓

พาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิม

↓

บรรจุในขวดแก้ว 250 ml.

↓

ทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำอุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส

↓

เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 – 6 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 3.3 แสดงกระบวนการผลิตน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยใช้วิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิม (ภัทราพร, 2540)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ข้อ 3.6.2

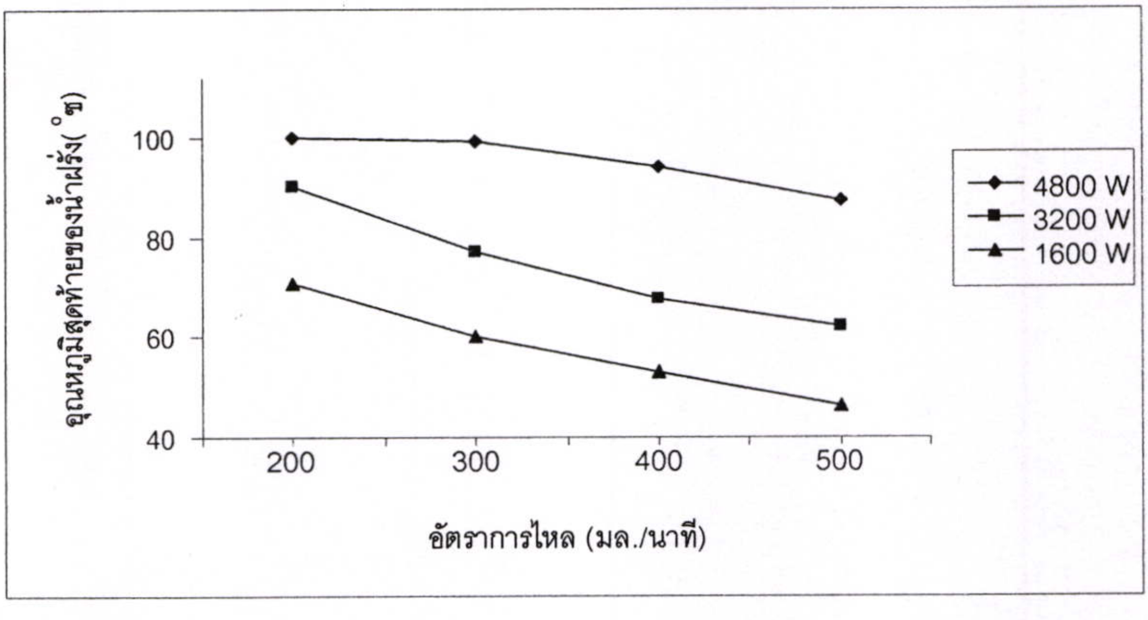
การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized desingวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 9

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลที่ระดับต่าง ๆ

4.1.1 ผลของกำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลที่มีผลต่ออุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม

ศึกษากำลังไฟฟ้าที่ 1600, 3200 และ 4800 วัตต์ และอัตราการไหลที่ 200, 300, 400 และ 500 มล./นาที ที่มีผลต่ออุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยใช้ กำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

หมายเหตุ : ค่าที่ได้จากกราฟเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient; r) ระหว่างกำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลต่ออุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม

	กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ที่อัตราการไหลระดับต่างๆ (X_1)				อัตราการไหล (มล./นาที) ที่กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ (X_2)			$X_1 \cdot X_2$
	200	300	400	500	1600	3200	4800	
อุณหภูมิ	.981**	.995**	.985**	.989**	-.989**	-.976**	-.948**	.659**

หมายเหตุ ** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากภาพที่ 4.1 พบว่า เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ที่กำลังไฟฟ้า 1600 วัตต์ ที่อัตราการไหล 500, 400, 300 และ 200 มล./นาที จะมีค่าอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเท่ากับ 46, 53, 60 และ 71 องศาเซลเซียส

ส่วนที่กำลังไฟฟ้า 3200 วัตต์ ที่อัตราการไหล 500, 400, 300 และ 200 มล./นาที จะมีค่าอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเท่ากับ 62, 68, 77 และ 90 องศาเซลเซียส

ส่วนที่กำลังไฟฟ้า 4800 วัตต์ ที่อัตราการไหล 500, 400, 300 และ 200 มล./นาที จะมีค่าอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเท่ากับ 88, 94, 99 และ 100 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ตารางที่ 4.1) พบว่ากำลังไฟฟ้ามีอิทธิพลต่ออุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เมื่ออัตราการไหลคงที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 200, 300, 400, 500 มล./นาที เท่ากับ 0.981, 0.995, 0.985 และ 0.989 ตามลำดับ กล่าวคือ เมื่อให้กำลังไฟฟ้าแก่น้ำฝรั่งพร้อมดื่มเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มสูงขึ้น เมื่ออัตราการไหลคงที่ เนื่องจากเมื่อระดับกำลังไฟฟ้าสูงขึ้น ไมโครเวฟมีค่าพลังงานสูงขึ้น ส่งผลให้เมื่อผ่านคลื่นไมโครเวฟเข้าไปในน้ำฝรั่งจะถูกทำให้มีความร้อนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อพิจารณาผลของอัตราการไหลต่ออุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม พบว่า อัตราการไหลมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เมื่อกำลังไฟฟ้าคงที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่กำลังไฟฟ้า 1600, 3200 และ 4800 วัตต์ เท่ากับ -0.989, -0.976 และ -0.948 กล่าวคือ เมื่อให้อัตราการไหลเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากที่อัตราการไหลต่ำน้ำฝรั่งพร้อมดื่มจะมีเวลาในการดูดซับคลื่นไมโครเวฟมากกว่าที่อัตราการไหลสูง ดังนั้นอุณหภูมิสุดท้ายจึงสูงกว่า ซึ่งพบว่า เวลาทั้งหมดที่น้ำฝรั่งพร้อมดื่มได้รับคลื่นไมโครเวฟที่อัตราการไหลที่ 200, 300, 400 และ 500 เท่ากับ 3.53, 2.35, 1.76 และ

1.41 นาที และเมื่อพิจารณาปัจจัยในการผลิตทั้งสองปัจจัยร่วมกัน คือ กำลังไฟฟ้าและอัตราการไหล พบว่า อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มได้รับอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.659 กล่าวคือ เมื่อกำลังไฟฟ้าในการฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น อัตราการไหลลดลง อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มจะเพิ่มขึ้น

4.1.2 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

จากการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ด้วยวิธี pour plate พบว่าน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเทคนิคไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 1,600 วัตต์ ที่อัตราการไหล 200, 300, 400 และ 500 มล./นาที มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.85 – 5.77log CFU (ตารางที่ 4.2) เมื่อพิจารณาที่กำลังไฟฟ้า 3,200 วัตต์ ที่อัตราการไหล 200, 300, 400 และ 500 มล./นาที มีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 1.37 – 4.75log CFU (ตารางที่ 4.2) ส่วนที่กำลังไฟฟ้าที่ 4,800 วัตต์ และอัตราการไหลที่ 200, 300, 400 และ 500 มล./นาที มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.21 – 1.44 log CFU (ตารางที่ 4.2) ซึ่งในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 4 log CFU แสดงให้เห็นว่าการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อด้วยเทคนิคไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 1,600 วัตต์ จะต้องใช้อัตราการไหลที่ต่ำกว่า 200 มล./นาที ส่วนที่กำลังไฟฟ้าที่ 3,200 วัตต์ จะต้องใช้อัตราการไหลที่ต่ำกว่า 300 มล./นาที และพบว่าที่กำลังไฟฟ้า 4,800 วัตต์ ที่อัตราการไหลทุกระดับสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค

ตารางที่ 4.2 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ในน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ใช้กำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลในการฆ่าเชื้อที่ระดับต่างๆ

ปัจจัยในการผลิต		ค่า log CFU
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อัตราการไหล (มล./นาที)	
1600	200	1.85 ± 0.01
	300	4.86 ± 0.15
	400	5.44 ± 0.19
	500	5.77 ± 0.18
3200	200	1.37 ± 0.04
	300	1.65 ± 0.18
	400	4.13 ± 0.01
	500	4.75 ± 0.18
4800	200	0.21 ± 0.13
	300	0.97 ± 0.03
	400	1.39 ± 0.55
	500	1.44 ± 0.04

4.1.3 ปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (Remained Ascorbic acid, %)

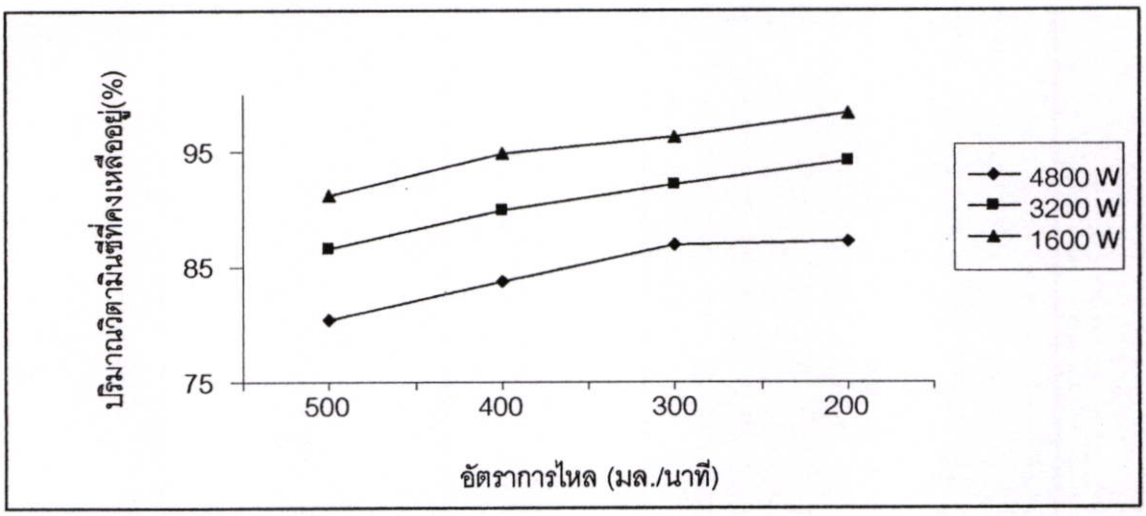
จากภาพที่ 4.2 พบว่า เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 1600 วัตต์ ที่อัตราการไหล 500, 400, 300 และ 200 มล./นาที จะมีปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเท่ากับ 98.44, 96.32, 94.95 และ 91.30 %

ส่วนที่กำลังไฟฟ้า 3200 วัตต์ ที่อัตราการไหล 500, 400, 300 และ 200 มล./นาที จะมีปริมาณวิตามินซีที่คงเหลือของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเท่ากับ 94.19, 92.26, 89.98 และ 86.62 %

ส่วนที่กำลังไฟฟ้า 4800 วัตต์ ที่อัตราการไหล 500, 400, 300 และ 200 มล./นาที จะมีค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลือของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเท่ากับ 98.44, 96.32, 94.95 และ 91.30 %

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ตารางที่ 4.3) พบว่า กำลังไฟฟ้ามีอิทธิพลต่อค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่ออัตราการไหลคงที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 200, 300, 400 และ 500 มล./นาที เท่ากับ -0.808, -0.878, -0.800 และ -0.927 กล่าวคือ เมื่อให้กำลังไฟฟ้าแก่น้ำฝรั่งพร้อมดื่มเพิ่มมากขึ้น จะมีผลให้น้ำฝรั่งมีค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ลดลง เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อม

ดื่มสูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ลดลง และเมื่อพิจารณาผลของอัตราการไหลต่อค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม พบว่า อัตราการไหลมีอิทธิพลต่อค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อกำลังไฟฟ้าคงที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่กำลังไฟฟ้า 1600, 3200 และ 4800 วัตต์ เท่ากับ 0.830, 0.803 และ 0.568 กล่าวคือ เมื่อให้อัตราการไหลเพิ่มมากขึ้นจะมีผลให้น้ำฝรั่งมีค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มลดลง ซึ่งอุณหภูมิที่ลดลงจะส่งผลให้ปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาปัจจัยในการผลิตทั้งสองปัจจัยร่วมกัน คือ กำลังไฟฟ้าและอัตราการไหล พบว่า ค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ได้รับอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.563 กล่าวคือ เมื่อกำลังไฟฟ้าในการฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น อัตราการไหลลดลงปริมาณของวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มจะลดลง



ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยใช้ กำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

หมายเหตุ : ค่าที่ได้จากกราฟเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient; r) ระหว่างกำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลต่อปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม

	กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ที่อัตราการไหลที่ระดับต่างๆ (X_1)				อัตราการไหล (มล./นาที) ที่กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ (X_2)			$X_1 \cdot X_2$
	200	300	400	500	1600	3200	4800	
ปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่	-0.808	-0.878*	-0.800	-0.927*	0.830*	0.803*	0.568	-0.563**

หมายเหตุ ** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.1.4 ค่าสี

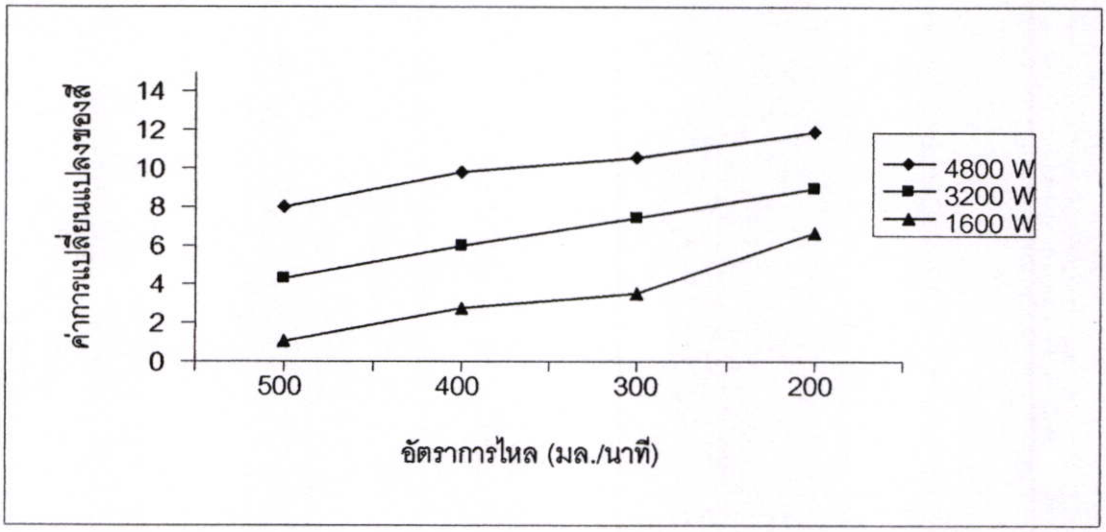
จากภาพที่ 4.3 พบว่า เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 1600 วัตต์ ที่อัตราการไหล 500, 400, 300 และ 200 มล./นาที จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเท่ากับ 1.04, 2.73, 3.57 และ 6.66

ส่วนที่กำลังไฟฟ้า 3200 วัตต์ ที่อัตราการไหล 500, 400, 300 และ 200 มล./นาที จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเท่ากับ 4.29, 6.04, 7.49 และ 8.95

ส่วนที่กำลังไฟฟ้า 4800 วัตต์ ที่อัตราการไหล 500, 400, 300 และ 200 มล./นาที จะมีค่าค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเท่ากับ 8.06, 9.82, 10.61 และ 11.95

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ตารางที่ 4.4) พบว่า กำลังไฟฟ้ามีอิทธิพลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE)ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เมื่ออัตราการไหลคงที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 200, 300, 400, 500 มล./นาที เท่ากับ 0.997, 0.998, 0.998 และ 0.999 ตามลำดับ กล่าวคือ เมื่อให้กำลังไฟฟ้าแก่น้ำฝรั่งพร้อมดื่มเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้น้ำฝรั่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เพิ่มขึ้น เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มสูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้น้ำฝรั่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาผลของอัตราการไหลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม พบว่า อัตราการไหลมีอิทธิพลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เมื่อกำลังไฟฟ้าคงที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่กำลังไฟฟ้า 1600, 3200 และ 4800 วัตต์ เท่ากับ -0.969, -0.997 และ -0.988 กล่าวคือ เมื่อให้อัตราการไหลเพิ่มมากขึ้น จะมีผล

ทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มลดลง ซึ่งอุณหภูมิที่ลดลงจะส่งผลให้น้ำฝรั่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ลดลง และเมื่อพิจารณาปัจจัยในการผลิตทั้งสองปัจจัยร่วมกัน คือ กำลังไฟฟ้าและอัตราการไหล พบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ได้รับอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.623 กล่าวคือ เมื่อกำลังไฟฟ้าในการฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้น อัตราการไหลลดลง ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มจะเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มโดยใช้ กำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

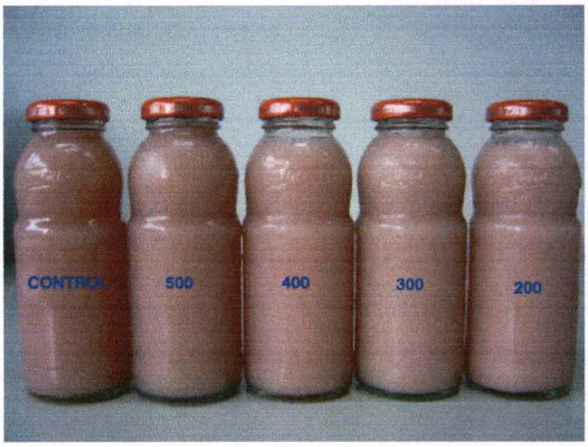
หมายเหตุ : ค่าที่ได้จากกราฟเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient; r) ระหว่างกำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม

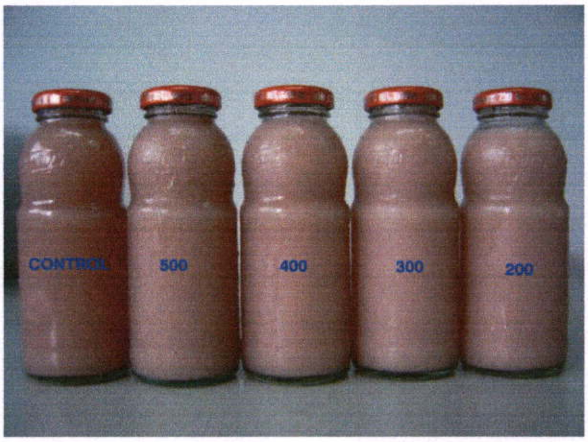
	กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ที่อัตราการไหลระดับต่างๆ (X_1)				อัตราการไหล (มล./นาที) ที่กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ (X_2)			$X_1 \cdot X_2$
	200	300	400	500	1600	3200	4800	
ΔE	.997**	.998**	.998**	.999**	-.969**	-.997**	-.988**	.623**

หมายเหตุ ** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

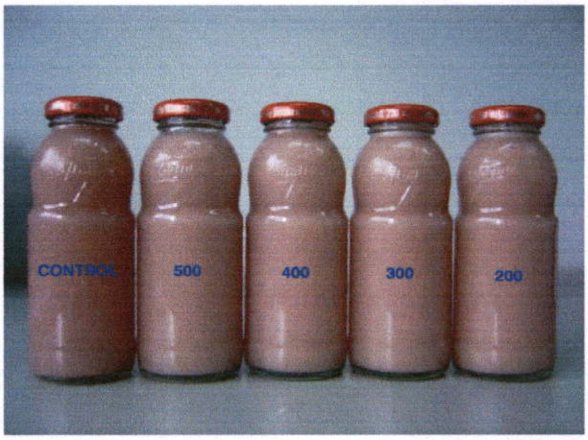
* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.4 แสดงลักษณะสีของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่กำลังไฟฟ้า 1600 วัตต์ และอัตราการไหลที่ 200, 300, 400, 500 มล./นาที



ภาพที่ 4.5 แสดงลักษณะสีของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่กำลังไฟฟ้า 3200 วัตต์ และอัตราการไหลที่ 200, 300, 400, 500 มล./นาที



ภาพที่ 4.6 แสดงลักษณะสีของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่กำลังไฟฟ้า 4800 วัตต์ และอัตราการไหลที่ 200, 300, 400, 500 มล./นาที

4.1.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ความเป็นกรดด่าง (pH) และ ค่า Titratable acidity

เมื่อนำน้ำฝรั่งที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ ณ กำลังไฟฟ้าที่ 1600, 3200, 4800 วัตต์ และอัตราการไหลที่ 200, 300, 400, 500 มล./นาที มาทำการตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลื่นไมโครเวฟที่อัตราการไหลและกำลังไฟฟ้าทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะอยู่ในช่วง 10.1 – 10.3 $^{\circ}$ Brix (ตารางที่ 4.5)

จากการวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ ณ กำลังไฟฟ้าที่ 1600, 3200, 4800 วัตต์ และอัตราการไหลที่ 200, 300, 400, 500 มล./นาที พบว่าค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ในน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลื่นไมโครเวฟที่อัตราการไหลและกำลังไฟฟ้าทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างจะอยู่ในช่วง 3.59 – 3.60 (ตารางที่ 4.5)

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่า Titratable acidity ในน้ำฝรั่งที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ ณ กำลังไฟฟ้าที่ 1600, 3200, 4800 วัตต์ และอัตราการไหลที่ 200, 300, 400, 500 มล./นาที จะมีค่า Titratable acidity อยู่ในช่วง 0.30 – 0.32 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.5)ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ความเป็นกรดด่าง (pH) และค่า Titratable acidity ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ใช้กำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลในการฆ่าเชื้อด้วยเทคนิคไมโครเวฟที่ระดับต่างๆ

ปัจจัยในการผลิต		Total soluble solid^{ns} (^{o} Brix)	pH^{ns}	Titratable acidity^{ns}
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อัตราการไหล (มล./นาที)			
1600	200	10.1 ± 0.14	3.60 ± 0.00	0.31 ± 0.01
	300	10.1 ± 0.14	3.59 ± 0.01	0.31 ± 0.01
	400	10.1 ± 0.14	3.60 ± 0.01	0.31 ± 0.02
	500	10.2 ± 0.14	3.60 ± 0.01	0.30 ± 0.01
3200	200	10.2 ± 0.14	3.60 ± 0.01	0.32 ± 0.00
	300	10.2 ± 0.0	3.59 ± 0.01	0.31 ± 0.01
	400	10.1 ± 0.04	3.60 ± 0.01	0.31 ± 0.01
	500	10.1 ± 0.14	3.59 ± 0.00	0.31 ± 0.02
4800	200	10.2 ± 0.04	3.59 ± 0.00	0.32 ± 0.00
	300	10.3 ± 0.01	3.60 ± 0.00	0.32 ± 0.00
	400	10.1 ± 0.14	3.60 ± 0.01	0.30 ± 0.01
	500	10.1 ± 0.14	3.60 ± 0.00	0.31 ± 0.01

^{ns} ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ จากแถวแนวตั้งเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

4.2 การศึกษาการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิม

4.2.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

การศึกษาผลการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส ต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ทำการวิเคราะห์ผลโดยการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ด้วยวิธี pour plate ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ในน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม

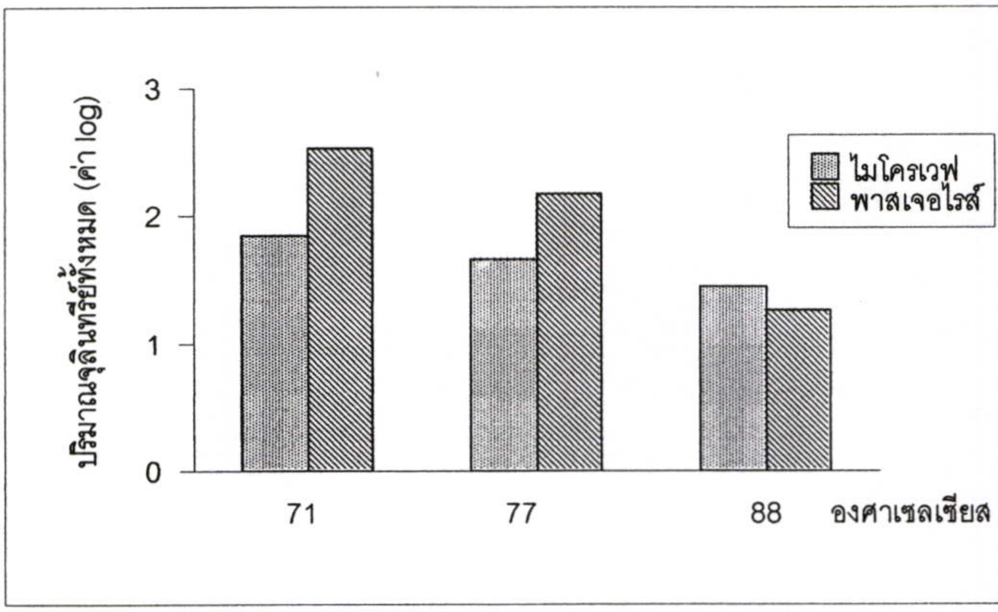
ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่า log CFU
71	2.54 ± 0.03
77	2.17 ± 0.04
88	1.28 ± 0.09

หมายเหตุ : ค่าที่ได้จากตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ที่พบในน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ กัน พบว่าน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.54, 2.17 และ 1.28 log CFU ตามลำดับ ซึ่งในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 4 log CFU แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค

เมื่อเปรียบเทียบผลของการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมกับการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกันต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) จากการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสำหรับการให้ความร้อนโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.85, 1.67 และ 1.45 log CFUตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการให้ความร้อนในขั้นตอนการฆ่าเชื้อโดยเทคนิคไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมิ 71 และ 77 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าการให้ความร้อนโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟจะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิม ในการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟจะสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ถึง 4.75 log CFU และ 4.93 log CFU ตามลำดับ แต่การให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมจะสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 4.01 log CFU และ 4.40 log CFU ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.7 สำหรับการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ถึง 5.27 log CFU ซึ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้มากกว่าการให้ความร้อนโดยการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้เท่ากับ 5.15 log CFU อาจจะเนื่องมาจากการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส เป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้น ทำให้จุลินทรีย์

เพียงเกิดการบาดเจ็บและมีการฟื้นตัวใหม่ ส่วนการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิม ระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งถึง 88 องศาเซลเซียส นั้นใช้เวลามาก ซึ่งในช่วงระยะเวลาดังกล่าวสามารถที่จะส่งผลในการทำลายจุลินทรีย์ได้บางส่วน พบว่าเวลาทั้งหมดที่น้ำฝรั่งพร้อมดื่มได้รับความร้อนจากการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส เท่ากับ 5.38, 7.24 และ 15.38 นาที



ภาพที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมกับการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมแตกต่างกัน

4.2.2 ปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (Remained Ascorbic acid, %)

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (Remained Ascorbic acid, %) ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิต่างๆกัน พบว่าน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์ดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 71, 77, 88 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณวิตามินซีที่เหลืออยู่เท่ากับ 87.89, 81.06 และ 65.03 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียปริมาณวิตามินซีในน้ำฝรั่งพร้อมดื่มสูงขึ้น โดยเฉพาะการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงถึง 88 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียวิตามินซีสูงถึง 35 % ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มลดลง

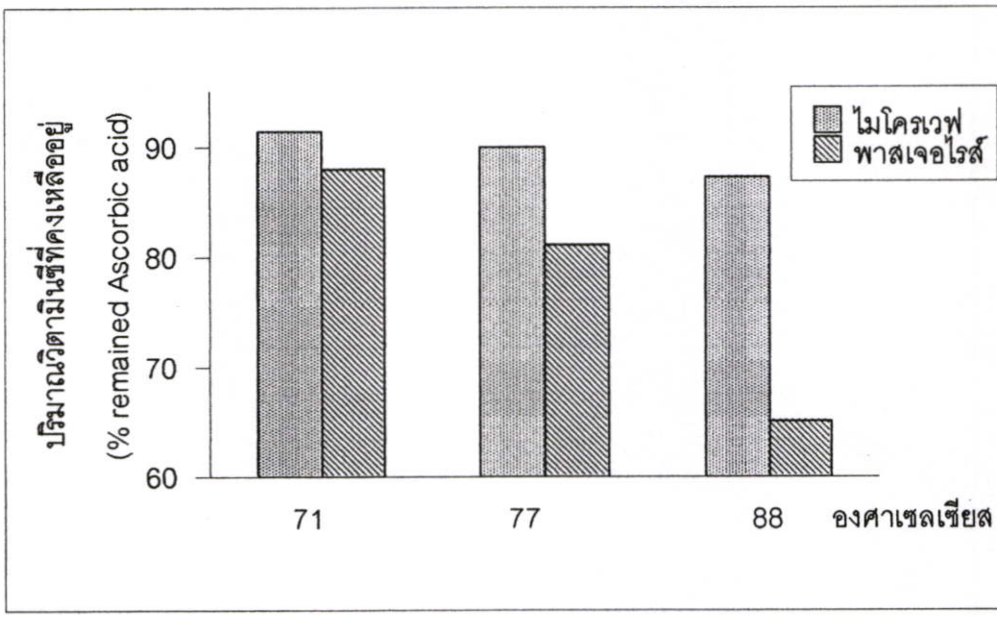
ตารางที่ 4.7 ปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (Remained Ascorbic acid, %) ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิต่างๆกัน

ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (% remained Ascorbic acid)
71	$87.89^{c} \pm 0.83$
77	$81.06^{b} \pm 0.08$
88	$65.03^{a} \pm 0.39$

* ค่าที่ได้จากตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

หมายเหตุ อักษรที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบผลของการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมกับการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกันต่อปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (Remained Ascorbic acid, %) พบว่าที่ระดับอุณหภูมิเดียวกันการให้ความร้อนโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟจะมีปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่สูงกว่าการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และยังพบว่าการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 71 องศาเซลเซียส ที่มีปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่เท่ากับ 87.89 % ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียสมีปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่เท่ากับ 87.20 % ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการให้ความร้อนโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา นอกจากจะมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์แล้วยังสามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มได้สูงกว่าการใช้วิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิม ดังแสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (% remained Ascorbic acid) ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมกับการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

4.2.3 ผลของการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่มีผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของสี

จากการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิต่างๆกัน พบว่าน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 71 และ 77 องศาเซลเซียส จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เท่ากับ 10.19 และ 11.38 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) สำหรับที่ระดับอุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เท่ากับ 12.19 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 77 องศาเซลเซียส แต่มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 71 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงลักษณะสีของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มดังภาพที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิต่างๆกัน

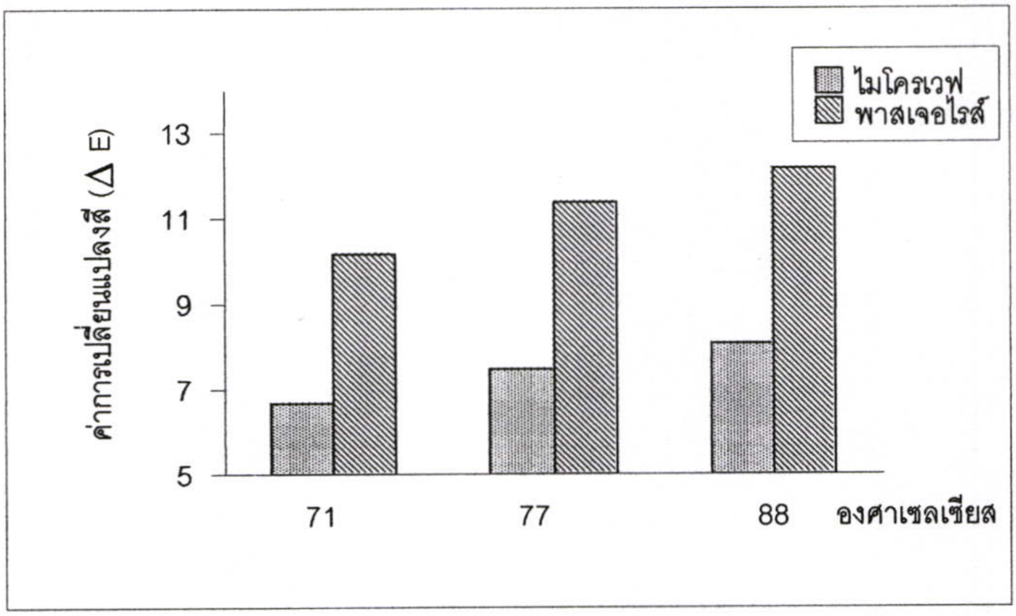
ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE)
71	$10.19^{a} \pm 0.39$
77	$11.38^{ab} \pm 0.62$
88	$12.19^{b} \pm 0.39$

* ค่าที่ได้จากตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

หมายเหตุ อักษรที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 4.9 แสดงลักษณะสีของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส

เมื่อเปรียบเทียบผลของการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมกับการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกันต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) พบว่าที่ระดับอุณหภูมิเดียวกันการให้ความร้อนโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ต่ำกว่าการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เท่ากับ 6.66 ,7.49 และ 8.06 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยเทคนิคไมโครเวฟจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำฝรั่งพร้อมดื่มน้อยกว่าวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิม ดังแสดงในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมกับการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

4.2.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ความเป็นกรดด่าง (pH) และค่า Titratable acidity

เมื่อนำน้ำฝรั่งที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส มาทำการตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะอยู่ในช่วง 10.1 – 10.2 $^{\circ}$ Brix (ตารางที่ 4.9)

จากการวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำฝรั่งที่ให้ความร้อนโดยการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ในน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิ 71,77 และ 88 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างจะอยู่ในช่วง 3.59 – 3.60 (ตารางที่ 4.9)

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่า Titratable acidity ในน้ำฝรั่งที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิ 71, 77 และ 88 องศาเซลเซียส จะมีค่า Titratable acidity อยู่ในช่วง 0.30 – 0.31 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.9) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบผลของการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมกับการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกันต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ความเป็นกรดด่าง (pH) และค่า Titratable acidity พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ความเป็นกรดด่าง (pH) และค่า Titratable acidity ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมกับการใช้เทคนิคไมโครเวฟที่ระดับอุณหภูมิแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.9 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ความเป็นกรดด่าง (pH) และค่า Titratable acidity ของน้ำฝรั่งพร้อมดื่ม

ระดับอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	Total soluble solid^{ns} (° Brix)	pH^{ns}	Titratable acidity^{ns}
71	10.1 ± 0.10	3.60 ± 0.00	0.30 ± 0.01
77	10.2 ± 0.02	3.59 ± 0.01	0.31 ± 0.00
88	10.2 ± 0.00	3.59 ± 0.01	0.31 ± 0.01

^{ns} ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ จากแถวแนวตั้งเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 การศึกษากำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลที่มีผลต่อน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการให้ความร้อนโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ

จากการศึกษากำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลที่มีผลต่อน้ำฝรั่งพร้อมดื่มที่ผ่านการให้ความร้อนโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ โดยกำหนดศึกษาปัจจัยคือ กำลังไฟฟ้าที่ 1600, 3200 และ 4800 วัตต์ ร่วมกับอัตราการไหลที่ 200, 300, 400, 500 มล./นาที การใช้ปัจจัยในการผลิตทั้ง 2 ปัจจัย จะส่งอิทธิพลร่วมกับอุณหภูมิสุดท้ายปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (Remained Ascorbic acid, %) ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี(ΔE)อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.659, -0.563, 0.623 ตามลำดับ ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) พบว่าการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อด้วยเทคนิคไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 1,600 วัตต์ จะต้องใช้อัตราการไหลที่ต่ำกว่า 200 มล./นาที ส่วนที่กำลังไฟฟ้าที่ 3,200 วัตต์ จะต้องใช้อัตราการไหลที่ต่ำกว่า 300 มล./นาที และพบว่าที่กำลังไฟฟ้า 4,800 วัตต์ ที่อัตราการไหลทุกระดับสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค และพบว่ากำลังไฟฟ้าและอัตราการไหลไม่มีอิทธิพลกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ความเป็นกรดด่าง (pH) และค่า Titratable acidity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการพิจารณาคุณภาพโดยรวมทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ พบว่าน้ำฝรั่งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟที่ระดับกำลังไฟฟ้าที่ 1600 วัตต์ และอัตราการไหลที่ 200 มล./นาที, กำลังไฟฟ้าที่ 3200 วัตต์และอัตราการไหลที่ 300 มล./นาที และกำลังไฟฟ้าที่ 4800 วัตต์ และอัตราการไหลที่ 500 มล./นาที มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เหลืออยู่ต่ำ และน้ำฝรั่งยังคงมีปริมาณวิตามินซีเหลืออยู่มาก โดยมีปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่เท่ากับ 91, 89, 98 และ 87.20 % และมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีเท่ากับ 10.19, 11.38 และ 12.19 ซึ่งยังสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือมีปริมาณเชื้อไม่เกิน 4 log CFU

5.2 การศึกษาการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิม

จากการศึกษาการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมเปรียบเทียบกับการให้ความร้อนโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 71 , 77 และ 88 องศาเซลเซียส พบว่าการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมจะมีผลต่อปริมาณวิตามินซีและค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) มากกว่าการใช้เทคนิคไมโครเวฟ ในการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อปริมาณวิตามินซีและค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) สูงที่สุด โดยมีปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่เท่ากับ 65.03 % และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เท่ากับ 12.19 ในขณะที่การให้ความร้อนโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟมีปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่เท่ากับ 87.20 % และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) เท่ากับ 8.06 และการให้ความร้อนแก่น้ำฝรั่งโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือมีปริมาณเชื้อไม่เกิน 4 log CFU เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างการให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอไรซ์แบบดั้งเดิมกับการใช้เทคนิคไมโครเวฟ พบว่าที่อุณหภูมิ 71 และ 77 องศาเซลเซียส การให้ความร้อนโดยเทคนิคไมโครเวฟจะสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้วิธีการพาสเจอร์ไรซ์แบบดั้งเดิม แต่ที่อุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส การให้ความร้อนโดยวิธีการพาสเจอร์ไรซ์แบบดั้งเดิมสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้ไมโครเวฟ เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งถึง 88 องศาเซลเซียสนั้นใช้เวลามาก ซึ่งในช่วงระยะเวลาดังกล่าวสามารถที่จะส่งผลในการทำลายจุลินทรีย์ได้บางส่วน และจากผลการทดลองสำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ความเป็นกรดด่าง (pH) และปริมาณกรดซิตริก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองจะพบว่าในขณะที่ไมโครเวฟทำงานอยู่ ตู้ควบคุมจะร้อนมาก เนื่องจากพัดลมที่มีอยู่นั้นไม่สามารถที่จะระบายความร้อนได้ทัน เพราะฉะนั้นจึงควรที่จะเพิ่มพัดลมเพื่อที่จะช่วยให้การระบายความร้อนได้เร็วขึ้น

เนื่องจากระบบการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ใช้จะเป็นแบบล้อเลื่อนสายพาน เพื่อลำเลียงวัตถุผ่านบริเวณการแพร่กระจายเคลื่อนอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีช่องทางเข้าออก ดังนั้นเมื่อวางระบบในการทดลองเป็นระบบแบบท่อควรจะมีการปิดช่องทางเข้าและออก เพื่อป้องกันการรั่วซึมของคลื่นไมโครเวฟ และเป็นการลดการสูญเสียพลังงาน

บรรณานุกรม

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. *ผักผลไม้*. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 310 หน้า.

กิตติวัฒน์ ล่ำดี และชัชชัย กาจหาญ. 2541. *ปัญหาพิเศษการเปลี่ยนแปลงวิตามินซีในน้ำฝรั่ง*. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 41 หน้า

กองวิเคราะห์อาหารและเครื่องดื่ม. 2516. ตารางแสดงส่วนประกอบอาหารพื้นเมืองของไทย. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*. 15(2):47-73

กฤษฎากร กาซาว และถิรวัฒน์ ศรีศักดิ์. 2541. *ปัญหาพิเศษปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำฝรั่ง*. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 54 หน้า

จารุณี โลกสุวรรณ. 2544. *ผลกระทบของการลวกและการเติมซิงค์คลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำฝรั่ง*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 79 หน้า

ทนง ภัครัชพันธุ์. *อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 7 – 13.

นฤมล มานิพพาน. 2539. การเพาะปลูกและการขยายพันธุ์ฝรั่ง. สำนักพิมพ์ส่งเสริมอาชีพธุรกิจ. กรุงเทพฯ. 80 หน้า

ปราณี อาจเปรื่อง. 2541. *เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการผลิตน้ำผลไม้บรรจุขวดพร้อมดื่ม*. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยรังสิต. กรุงเทพฯ : 44 หน้า

ภัทราพร ยุธาชิต. 2540. *บทปฏิบัติการวิชาเครื่องดื่ม*. สถาบันราชภัฏนครราชสีมา. นครราชสีมา. 30 หน้า.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532.*กรรมวิธีแปรรูปอาหาร*. กรุงเทพฯ. 14 – 20

วิจิตร วังใน. 2532. การปลูกฝรั่งสำหรับแปรรูป. *เคหะการเกษตร*. 13(5) : 35 – 40

สรัสวดี เผือกสกนธิ์. 2541. *สวนฝรั่ง*. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม. นนทบุรี : 6 – 8

อภิชาติ ศรีสอาด. 2542. *ฝรั่งเงินล้าน*. บริษัทนาคาอินเตอร์มีเดีย. 34 หน้า

AOAC. 1990. *Offical Method of Analysis*. 15 th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

Brasil, I.M., Maia, G.A., and Figueiredo, R.W. 1995. Physical-chemical changes during extractionand clarification of guava juice. *J. Food Chemistry*. 54(4) : 383 – 386.

Coronel, P., Simunovic, J., and Sandeep, K.P. 2003. Temperature Profiles within Milk after Heating in a Continuous-flow Tubular Microwave System Operating at 915 MHz. *J. Food sci.* 68(6) : 1976 – 1981.

Creamer, M.L., and Chipley, J.R. 1980. Time and Temperature Microbiological and Sensory Assessment of Roast Beef in a Hospital Foodservice system. *J. Food Sci.* 45 : 1472 – 1477.

Galuska, P.L., Kolarik, R.W., and Vasvada, P.C. 1988. Inactivation of *Listeria monocytogenes* by Microwave Treatment. *J. AN. Sci.* 67(1) : 135 – 139.

Juan, A.C., Celis, J.E., Bruijn, J., and Vidal, L.V. 2002. Pasteurisation of Apple Juice by Using Microwaves. Lebensm.Wiss.U.Technol. 35 : 389 – 392.

Kimball, A.D. 1999. *Citrus processing*: a complete guide. 2nd ed. Maryland: Aspen Publishers. 450 p.

Koutchma, T., Le Bail, A. and Ramaswamy, H.S. 2001. Comparative experimental Evaluation of Microbial Destruction in Continuous-flow Microwave and Conventional Heating Systems. *Canadian Biosystems Engineering.* 43: 3.1 – 3.8

Kozempel, M., Scullen, O.J., Cook, R., and Whiting, R. 1997. Preliminary Investigation using a Batch Flow Process to Determine Bacteria Destruction by Microwave Energy at Low Temperature. *Lebensm.Wiss.U.Technol.* 30 : 691 – 696.

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

Lopez, F.R., Villamiel, M., Corzo, N., and Olano, A. 1996. Assessment of the Thermal Treatment of Milk during Continuous Microwave and Conventional Heating. *J. Food Protection.* 59(8) : 889 – 892.

Mullin, J. 1995. *New Methods of Food Preservation.* Blackie Academic & professional. London. 112 – 133.

Rutledge, P. 2000. Production of nonfermented fruit products. In D. Arthey and P. R. Ashurst (eds.), *Fruit processing: nutrition. Product and quality management.* 2nd ed. Maryland: An Aspen Publisher : 19 – 110

Sierra, I., and Vidal-Valverde, C. 2001. Vitamin B_1 and B_2 Retention in Milk after Continuous-flow Microwave and Conventional Heating at High Temperatures. *J. Food Protection.* 64(6) : 890 – 894.

Tajchakavit, S., and Ramaswamy, H.S. 1997. Thermal vs. Microwave Inactivation Kinetics of Pectin Methylesterase in Orange Juice Under Batch Mode Heating Conditions. *Lebensm.Wiss.U.Technol.* 30 : 85 – 93.

Thorne, S. 1981. *Developments in Food Preservation-1*. Applied Science Publishers. New Jersy. 121 – 151.

Valero, E., Villamiel, M., Sanz, J., and Martinez-Castro, I. 2000. Chemical and Sensorial Changes in Milk Pasteurized by Microwave and Conventional Systems during Cold Storage. *Food Chem.* 56(2) : 385 – 388

Wilson.C.W.,Shaw, P.E. and Campbell, C.W., 1992.Determination of organic acids and sugars in guave (*Psidium guajava L*) cultivars by high – performance liquid chromatography. *J.Sci.Food Agric.*,33:777 – 780

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

1. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 1990)

การเตรียมตัวอย่างอาหาร Plate Count Agar

1.1 ชั่งสารอาหารต่าง ๆ ตามสูตรดังนี้

ทริปโตน	5.0	กรัม
ยีสต์สกัด	2.5	กรัม
กลูโคส	1.0	กรัม
อาการ์	15.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร
ปรับ pH	7.0 ± 1.0	

1.2 นำอาการ์ใส่ลงไปตามสัดส่วน ให้ความร้อนจนวุ้นละลาย ใส่ส่วนผสมต่าง ๆ ให้ละลายเข้ากันดี

1.3 ปรับ pH เป็น 7.0 บรรจุอาหาร PCA ลงในขวดบรรจุอาหาร

1.4 นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

การเตรียมสารละลายเจือจางอาหาร (dilution)

ใส่น้ำกลั่น 225 มิลลิลิตร ในขวดเจือจางอาหาร และน้ำกลั่นอีกส่วนปิเปต 9 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง จากนั้นนำขวดเจือจางอาหารและหลอดเจือจางอาหารไปฆ่าเชื้อที่หม้อนึ่งความดัน 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

การเจือจางตัวอย่างอาหารในขั้นต้น

การทำให้อาหารเจือจางในระดับ 1:10 ที่เรียกว่า dulation 1:10 โดยปิเปตตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ผสมกับสารละลายที่ใช้เจือจางอาหารให้เข้ากันดี

การทำตัวอย่างอาหารให้เจือจางลงตามลำดับ

มักทำให้เจือจางลงระดับละ 10 เท่า (ten fold serial dilution) โดยใช้ปิเปตปลอดเชื้อดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 ในขั้นต้น 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดหรือขวดบรรจะสารละลายสำหรับเจือจางอาหาร 9 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วเขย่าหลอดหรือขวดด้วยเครื่องเขย่าไฟฟ้า (mixer) ตัวอย่างอาหารในขั้นนี้จะมีความเจือจาง 1:100 (10^{-2}) ถ้าต้องการเจือจางในระดับต่อไปคือ 1:1000 (10^{-3}) 1:10000 (10^{-4}) เรื่อยไปตามลำดับให้กระทำตามวิธีขั้นต้น และควรเปลี่ยนปิเปตใหม่ทุกครั้งในทุกระดับความเจือจางที่ต้องการเตรียม

การวิเคราะห์จำนวนด้วยวิธี pour plate

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard Plate Count – Agar ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว มาทำให้เย็นประมาณ 50 องศาเซลเซียส ใช้ปิเปตดูดอาหารแต่ละความเจือจาง โดยเริ่มจากตัวอย่างที่เจือจางมากที่สุดใส่จานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตร แต่ละระดับความเจือจาง 2 จาน และใช้

ระดับความเจือจาง 3 ระดับ โดยเรียงซ้อนกัน 4 ใบ ดูดอาหารใส่จานเปล่าใบล่างสุดก่อนแล้วไล่ขึ้นมาจนถึงใบบนสุด เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจานประมาณ 15 – 20 มิลลิลิตร โดยเริ่มจากจานใบล่างสุดเช่นเดียวกันเขย่าจานที่ซ้อนกันอยู่ทั้ง 4 ใบ พร้อมกัน โดยหมุนไปทางขวา 3 – 4 ครั้ง หมุนไปทางซ้าย 3 – 4 ครั้ง ทิ้งไว้จนวุ้นแข็ง บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีทั้งหมด คำนวณหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อกรัมของอาหารจากสูตร

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(เซลต่อกรัม) = จำนวนโคโลนี x dilution factor

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์ Vitamin C

ผักและผลไม้เป็นแหล่งที่สำคัญของวิตามินซี (Ascorbic acid) สามารถวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี โดยอาศัยปฏิกิริยา reduction ของ 2.6 – dichlorophenol indophenol ด้วยวิตามินซี

หลักการ

Dye solution จะให้สีแตกต่างกันสภาพของสารละลายกรดและด่าง กล่าวคือ สารละลายดังกล่าวจะให้สีฟ้าในสารละลายด่างและเป็นสีแดงในสารละลายกรด สีของสารละลายดังกล่าวจะถูก redyced ไปเป็นไม่มีสีโดย ascorbic acid ซึ่ง ascorbic acid หรือ Vitamin C จะถูกสกัดและจะทำปฏิกิริยาในสารละลาย HPO_3 - CH_3COOH ซึ่งมีความเป็นกรดที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา และเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด autoxidation ของ ascorbic acid ที่ pH สูง

สารเคมี

(a) Extracting solution

Metaphosphoric acid – acetic solution. – ละลาย 15 g ด้วย 40 ml. ในน้ำกลั่น 200 ml. ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรให้ได้ 50 ml. นำไปกรองด้วยกระดาษกรองอย่างรวดเร็วเก็บในขวดแก้วมีฝาปิด (จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็น แต่ถ้าเก็บในตู้เย็น สารละลายจะสามารถใช้ได้ 7 – 10 วัน)

(b) Ascorbic acid standard solution. – 1 mg/ml. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของ ascorbic acid 50 mg. ซึ่งเก็บในเดซิเคเตอร์และเก็บให้พ้นแสง ละลายด้วย HPO_3 - CH_3COOH ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 50 ml.

หมายเหตุ : ต้องเตรียมแล้วนำไปใช้อย่างรวดเร็ว

(c) Indophenol standard solution. – ละลาย 50 mg. ของ 2.6 – dichloroindophenl Na salt (ซึ่งเก็บในเดซิเตอร์) ในน้ำกลั่น 50 ml. ที่เพิ่ม $NaHCO_3$ แล้ว 42 mg. จากนั้นเขย่าแรง ๆ และเมื่อสารได้ละลายจนหมด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 200 ml. นำไปกรองด้วยกระดาษกรองลงในขวดแก้วสีชา ปิดฝา เก็บให้พ้นแสงและเก็บในตู้เย็น

วิธีการ Titration โดยใช้วิธีของ A.O.A.C. (1990) ในการหาปริมาณวิตามินซีในรูปของ Reduced form ของ Ascorbic acid โดยใช้ 2.6 – Dichlorophenolindophenol เป็น Oxidizing agent

1. การเตรียมน้ำผลไม้ตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ น้ำผลไม้ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 5 ชนิด ได้แก่ น้ำส้ม, น้ำองุ่น, น้ำแอปเปิล, น้ำสัปปะรด และน้ำฝรั่ง ปิเปต 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ของตัวอย่าง นำมาเข้าเครื่องเหวี่ยง หรือกรองผ่านกระดาษกรอง ทำการปรับปริมาตรของของเหลวที่กรองได้ให้เป็น 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยสารละลาย Metaphosphoric acid – acetic acid

วิธีวิเคราะห์หาวิตามินซี

1. ปรับมาตรฐาน (Standardization) ของสารละลาย Indophenol ปิเปตสารละลาย Ascorbic acid 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงใน Erlenmayer flask 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลาย Metaphosphoric acid – acetic acid ลงไป 5 ลูกบาศก์เซตติเมตร แล้วนำไป titrate กับสารละลาย Indophenol จนเกิดสีชมพูอ่อน ๆ นานกว่า 5 วินาที ในขณะเดียวกันก็เตรียม Blank ด้วย โดยใช้สารละลาย Metaphosphoric acid – acetic acid 7 ลูกบาศก์เซตติเมตร ผสมกับน้ำกลั่นในปริมาตรที่เท่ากับปริมาตรของสารละลาย Indophenol ที่ใช้ในการ titrate สารละลาย Ascorbic acid

เอาปริมาตรที่ได้จากการ titrate blank ลบออกจากปริมาตรที่ได้จากการปรับมาตรฐานของสารละลาย Indophenol แล้วคำนวณความเข้มของสารละลาย Indophenol (F) เป็นมิลลิกรัม Ascorbic acid / ลูกบาศก์เซตติเมตร การปรับมาตรฐานของสารละลาย Indophenol จะต้องทำทุกครั้งเมื่อมีการหาวิตามินซี โดยใช้สารละลาย Ascorbic acid ที่เตรียมขึ้นมาใหม่ ๆ

2. หาวิตามินซีในน้ำผลไม้ตัวอย่าง ปิเปตน้ำผลไม้ตัวอย่างที่เตรียมไว้ในข้อ 1 มา 10 ลูกบาศก์เซตติเมตร ใส่ใน Erlenmayer flask 50 ลูกบาศก์เซตติเมตร แล้ว titrate กับสารละลาย Indophenol จนได้สีชมพูอ่อน เป็นเวลานานกว่า 5 นาที ควรจะ titrate บนพื้นสีขาวเพื่อให้เห็นสีสุดท้ายได้ชัดเจน แล้วนำปริมาตรของสารละลาย Indophenol ที่ใช้ในการ titrate

วิธีการคำนวณปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้

การคำนวณหาปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้โดยวิธี Titration

%mg Ascorbic acid / gm หรือ $cm^3 = (X - B) \times (F / E) \times (V / Y) \times 100$

เมื่อ X = ค่าเฉลี่ยของ Indophenol ที่ใช้ในการไทเทรต (cm^3)

F = ความเข้มข้นของสารละลาย Indophenol (mg / cm^3)

E = น้ำหนักหรือปริมาตรของตัวอย่าง (gm หรือ cm^3)

V = ปริมาตรของของเหลวตัวอย่างที่เตรียมได้ (cm^3)

B = Blank

Y = ปริมาณของของเหลวตัวอย่างที่นำมาไทเทรต (cm^3)

ความเข้มข้นของสารละลาย Indophenol หรือ F ซึ่งมีหน่วยเป็น mg / cm^3 โดยคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\frac{\text{สารละลาย Ascorbic acid ที่ใช้ในไทเทรต } (cm^3)}{\text{ปริมาตรของสารละลาย Indophenol ที่ใช้ในการไทเทรต } (cm^3) - \text{blank}}$$

2. การวิเคราะห์ Acidity

กรดอินทรีย์ (Organic Acid) ที่ประกอบอยู่ในอาหารมีผลต่อรสชาติ ความสด สี อาหาร ความคงตัว และคุณภาพของการเก็บรักษาอาหาร นอกจากนี้ความเป็นกรด (Acidity) ยังมีอิทธิพลต่อคุณค่าทางอาหาร ทั้งนี้เพราะกรดมีบทบาทสำคัญในขบวนการ metabolic ทั้งในพืชและสัตว์

ค่าความเป็นกรด (Titratable Acidity) ของผลไม้สามารถบอกถึงความสุกแก่ของผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีความเกี่ยวโยงกันกับปริมาณน้ำตาลในผลไม้อีกด้วย

การเตรียมอินดิเคเตอร์

Phenolphthalein

- ละลาย 2.5 g Phenolphthalein ใน 100 ml. 95 % alcohol ทำสารละลายให้เป็นกลางโดยเติม 1 N NaOH จนสารละลาย 1 ml. เจือจางด้วยน้ำกลั่น (ที่ผ่านกรต้มเดือดใหม่ ๆ

ทิ้งไว้จนเย็น) 10 ml. จะให้สีชมพูอ่อน ๆ ในการเตรียม 0.5 % Phenolphthalein จะละลายสาร 0.5 g ใน 50 g ใน 60 ml. 95 % alcohol และเติมน้ำกลั่นจนได้ 100 ml. pH 8.3 – ไม่มีสี pH เกิน 8.3 – สีแดง

วิธีการ

1. เตรียมสารละลาย 0.1 (โดยประมาณ) ซึ่ง 50 กรัม ใน ละลายสารด้วยน้ำกลั่น 50 ในบีกเกอร์ 50 ตั้งทิ้งไว้สักครู่พร้อมทั้งปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา

2. ดูดสารละลายส่วนที่ใส่ในบีกเกอร์ ประมาณ 55 ลงในขวด ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นลงจนถึงขีดปริมาตร ปิดจุกเขย่าสารละลายให้ผสมกันดี

3. ชั่ง ที่อบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นเดซิเคเตอร์ ด้วยตาชั่งละเอียด 0.6000 – 0.7000 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 50 – 75 ml.

4. หยด 1% ในสารละลาย 2 หยด

5. นำสารละลายไปไตเตรตกับสารละลายด่างที่บรรจุในบิวเรต จนสารละลาย เปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน และไม่เปลี่ยนสีภายใน 1 นาที (หากสีชมพูเปลี่ยนเป็นสีขาว ให้หยดสารละลายด่างลงไปอีกจนได้สีชมพูอ่อน)

6. ทำการทดลองซ้ำโดยใช้สารละลายด่างในขวดที่เตรียมไว้อีก 2 ครั้ง บันทึกปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

$$\text{Normality NaOH} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม) } KHC_8H_4O_4}{\text{มิลลิลิตร NaOH} * 204.229} * 1000$$

7. ทำการไตเตรตน้ำตัวอย่างโดยใช้น้ำฝรั่ง 2 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เพื่อทำให้สีน้ำคั้นอ่อนลงเพื่อสะดวกในการหาจุดยุติ ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N และใช้ Phenolpthalein เป็น Indicator แล้วนำปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก ดังนี้

$$\text{\% กรดซิตริก} = \frac{\text{(ml base) (N base) (meq wt acid)}}{\text{g sample}} * 100$$

meq wt citrc acid monohydrate = 0.07062

ภาคผนวก ค
วิธีการคำนวณการเตรียมน้ำเชื่อมและปริมาณกรด

1. วิธีการคำนวณการเตรียมน้ำเชื่อมให้มีความเข้มข้นตามต้องการ

การคำนวณปริมาณน้ำตาลทราย หรือน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นตามต้องการนั้น จะคำนวณโดยใช้กฎ Peason's square ซึ่งช่วยให้การคำนวณทำได้รวดเร็ว โดยใช้สัดส่วนของผลต่างของความเข้มข้นสุดท้ายที่ต้องการกับน้ำและกับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม หรือน้ำตาลที่ใช้เตรียม วิธีคำนวณง่าย ๆ โดยเขียนสี่เหลียมขึ้น มุมบนทั้งซ้ายและขวาจะใส่ตัวเลขของความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำเชื่อมหรือน้ำตาลทราย ถ้าเตรียมจากน้ำเชื่อมจะใช้ความเข้มข้นจากน้ำเชื่อม แต่ถ้าเตรียมจากน้ำตาลทรายจะเป็น 100 ส่วนความเข้มข้นของน้ำตาลทรายในสารละลายที่นำมาใช้เจือจาง ถ้าเจืองจางด้วยน้ำเชื่อมจะใช้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม แต่ถ้าเจือจางด้วยน้ำจะใช้ 0 เพราะไม่มีปริมาณน้ำตาลทรายเลย ที่จุดตัดของเส้นทแยงมุมภายในสี่เหลี่ยมใส่ตัวเลขแสดงความเข้มข้นสุดท้ายของน้ำเชื่อมที่ต้องการ ผลต่างในแนวเส้นทแยงมุมจะเป็นสัดส่วนของปริมาณแต่ละส่วนที่ต้องใช้ (กิตติพงษ์, 2541)

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ต้องการเตรียมน้ำเชื่อม 35° Brix 100 กก. จากน้ำเชื่อม 55 ° Brix ที่นำมาเจือจางด้วยน้ำ สามารถคำนวณสัดส่วนของน้ำเชื่อม 55° Brix และน้ำที่ต้องการจาก

ดั้งนั้น จะใช้น้ำเชื่อม 55 ° Brix 35 กก. ผสมน้ำ 20 กก. จะได้น้ำเชื่อม 35 ° Brix 55 กก. เทียบบัญญัติไตรยางค์

เตรียมน้ำเชื่อม 35 ° Brix 55 กก. ใช้น้ำเชื่อม 55 ° Brix 35 กก. ผสมน้ำ 20 กก.

ถ้าเตรียมน้ำเชื่อม 35 ° Brix 10 กก. ใช้น้ำเชื่อม $\frac{35}{55} \times 100 = 63.64$

ผสมน้ำ $\frac{20}{55} \times 100 = 36.36$

ดั้งนั้น จะใช้น้ำเชื่อม 55 ° Brix 63.64 กก. ผสมน้ำ 36.36 กก. จะได้น้ำเชื่อม 35 ° Brix 100 กก.

2. วิธีการคำนวณการปรับปริมาณกรด

ปริมาณกรดที่มีอยู่ในน้ำฝรั่งเดิมร้อยละ 0.42

แสดงว่าน้ำฝรั่ง 100 กรัม มีปริมาณกรด 0.42 กรัม

ดังนั้นน้ำฝรั่ง 250 กรัม มีปริมาณกรด $\frac{0.42 \times 250}{100} = 1.05$ กรัม

ปริมาณกรดที่ต้องการให้มีร้อยละ 1.2

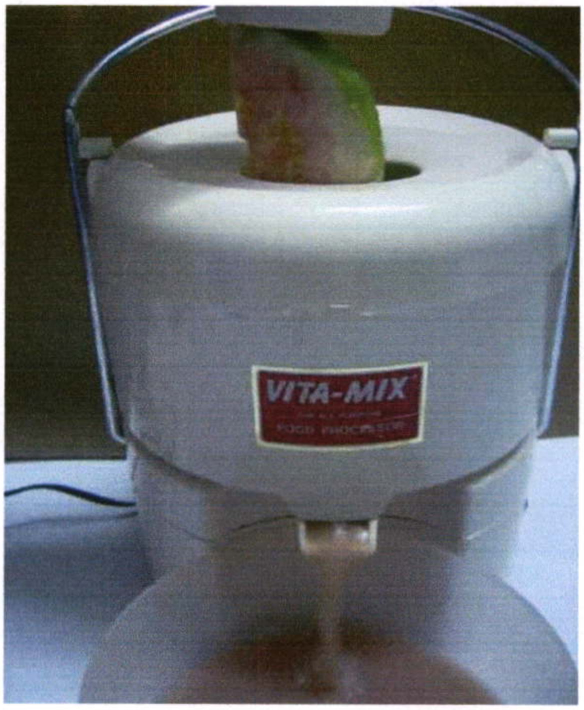
น้ำฝรั่ง 100 กรัม มีปริมาณกรด 1.2 กรัม

น้ำฝรั่ง 250 กรัม มีปริมาณกรด $\frac{1.2 \times 250}{100} = 3$ กรัม

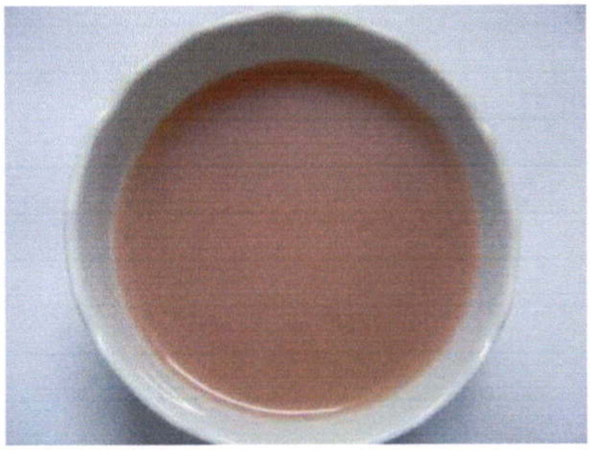
เพราะฉะนั้นปริมาณกรดที่ต้องเติมคือ 3 – 1.05 = 1.95 กรัม

ภาคผนวก ง
กระบวนการเตรียมน้ำฝรั่งและส่วนประกอบของเครื่อง

ภาพที่ ง1 ผลฝรั่ง



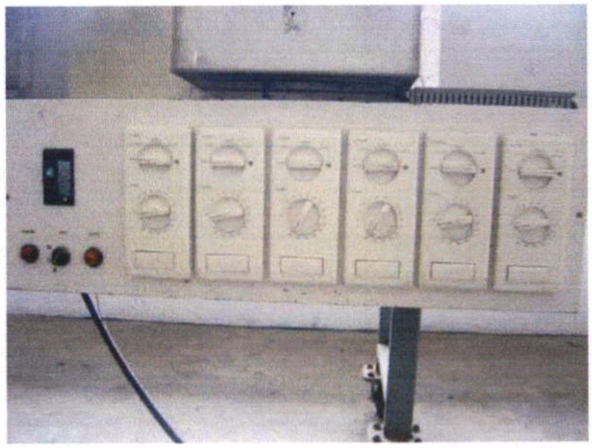
ภาพที่ ง2 แสดงขั้นตอนการสกัดน้ำ



ภาพที่ ง3 น้ำฝรั่ง

ภาพที่ ง4 แสดงลักษณะของกากที่เหลือจากการขั้นตอนการสกัดน้ำ

ภาพที่ ง5 ถังบรรจุน้ำฝรั่งและปั๊ม



ภาพที่ ง6 ปุ่มการตั้งเวลาในการทำงาน

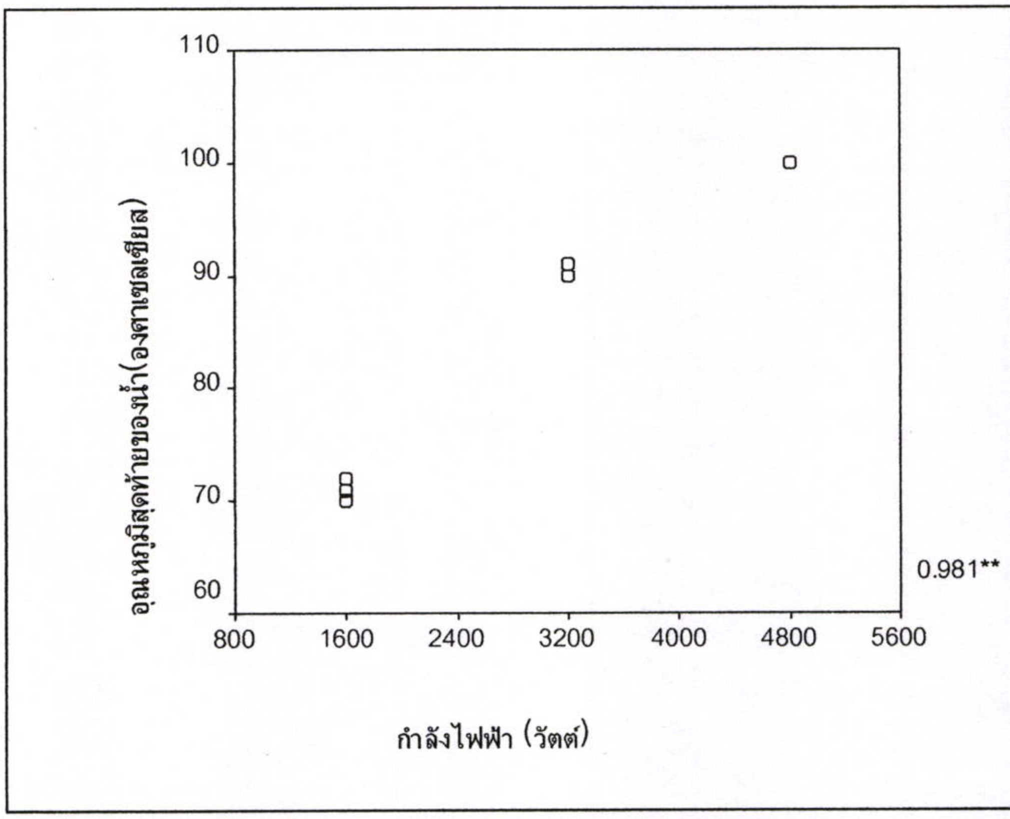
ภาพที่ ง7 เครื่องไมโครเวฟแบบอุโมงค์

ภาพที่ ง8 การติดตั้งเครื่อง

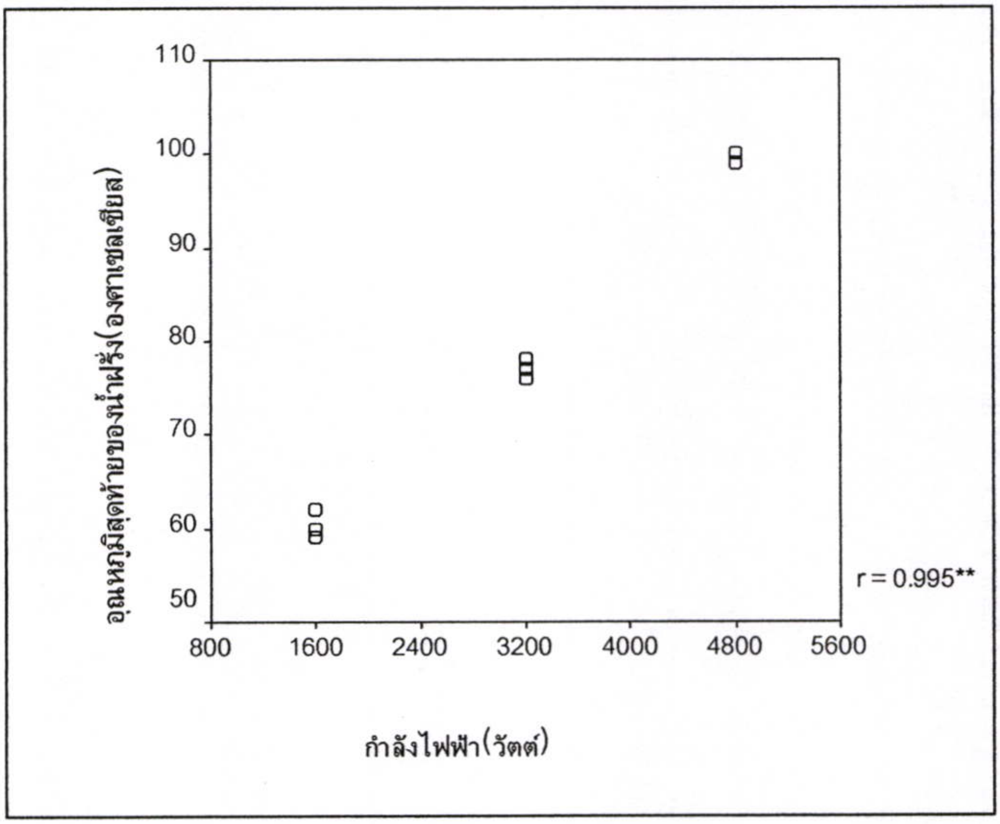
ภาคผนวก จ

กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

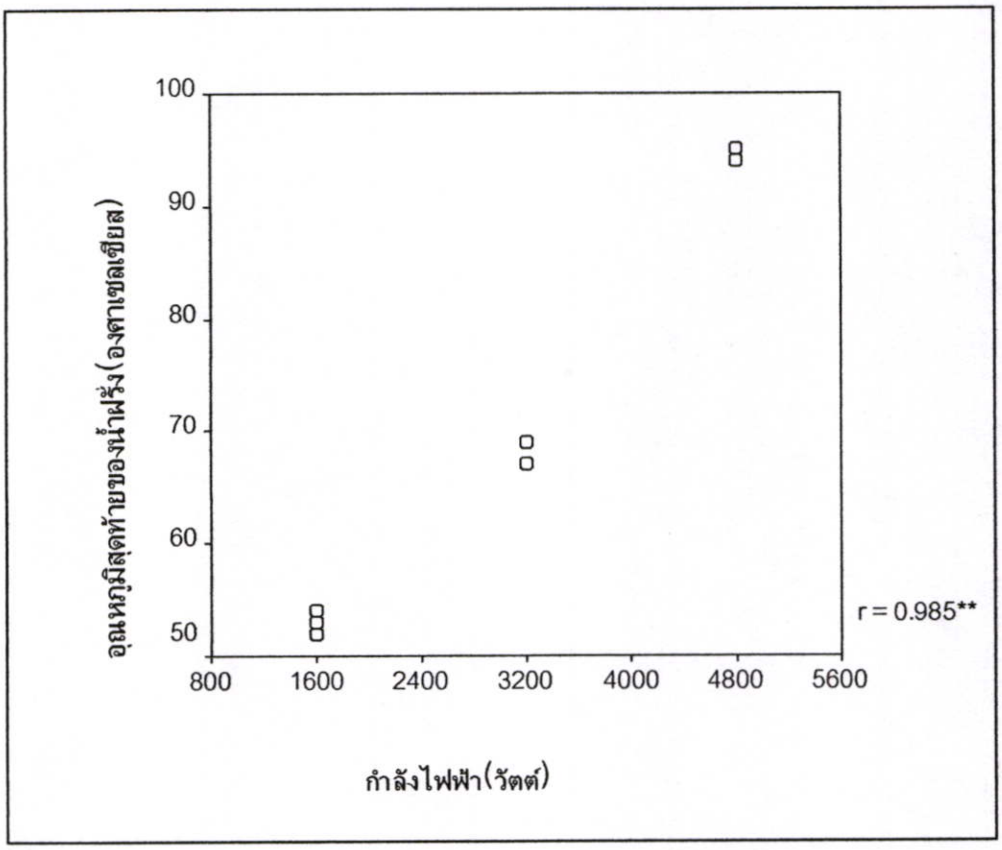
(r; correlation coefficient)



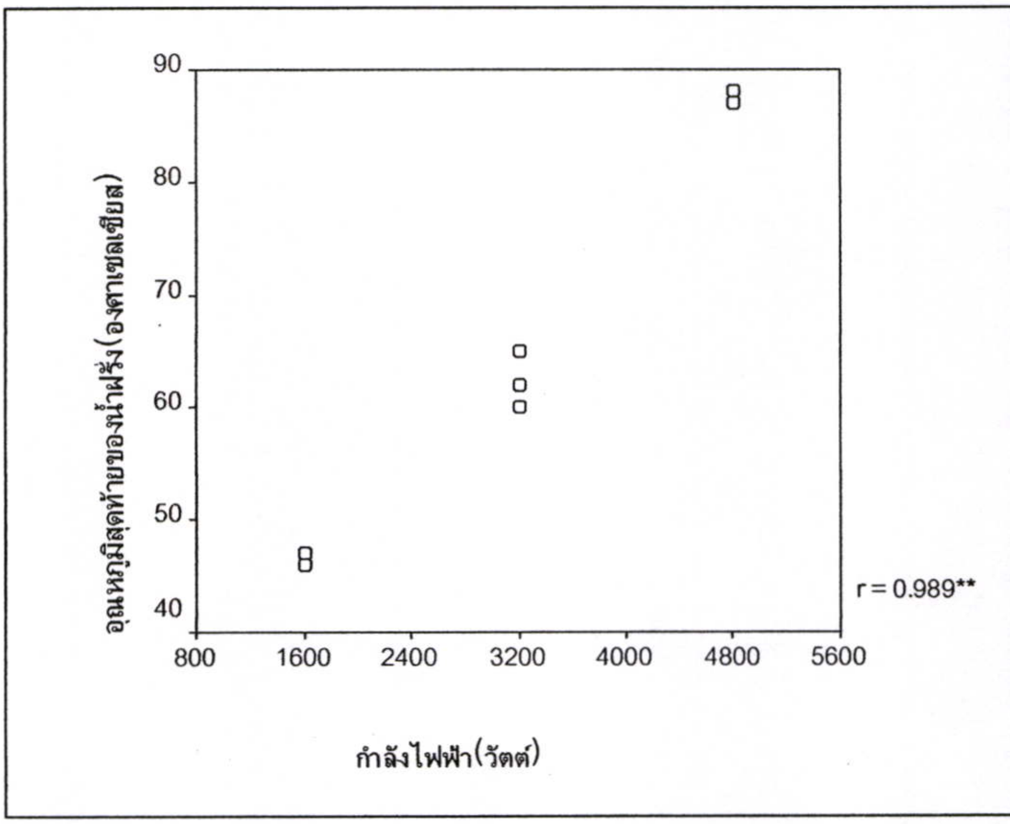
ภาพที่ จ1 ค่าอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 200 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ



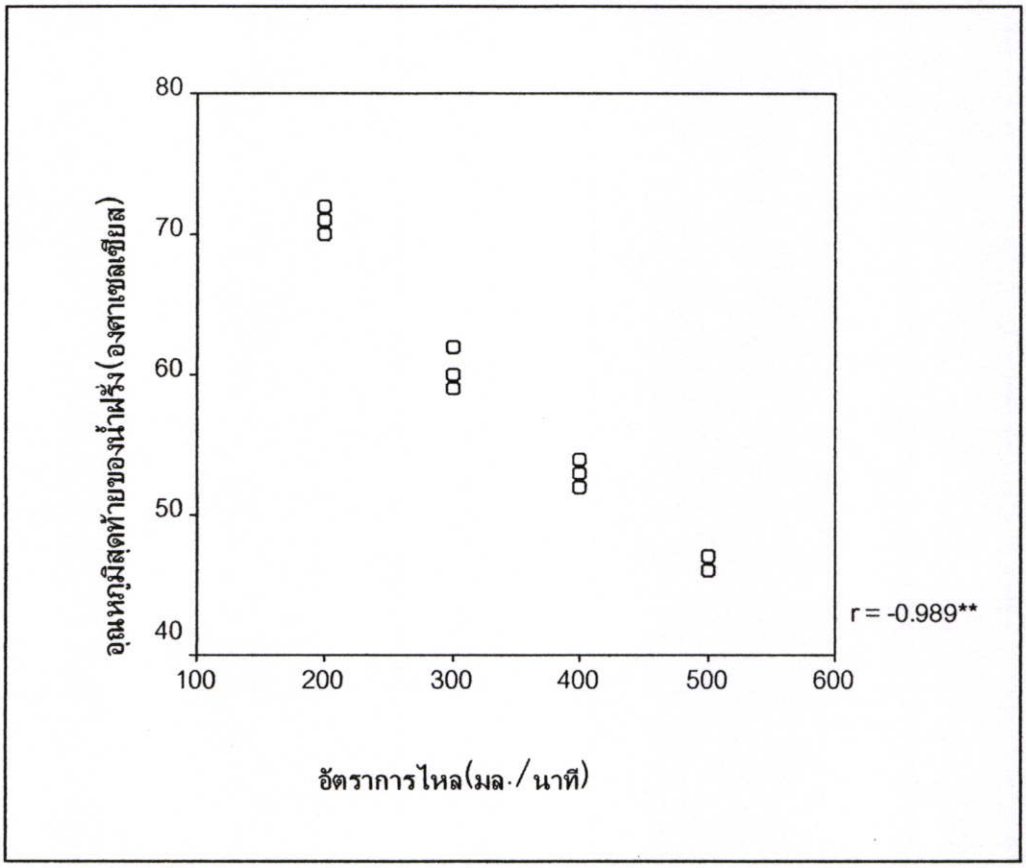
ภาพที่ จ2 ค่าอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 300 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ



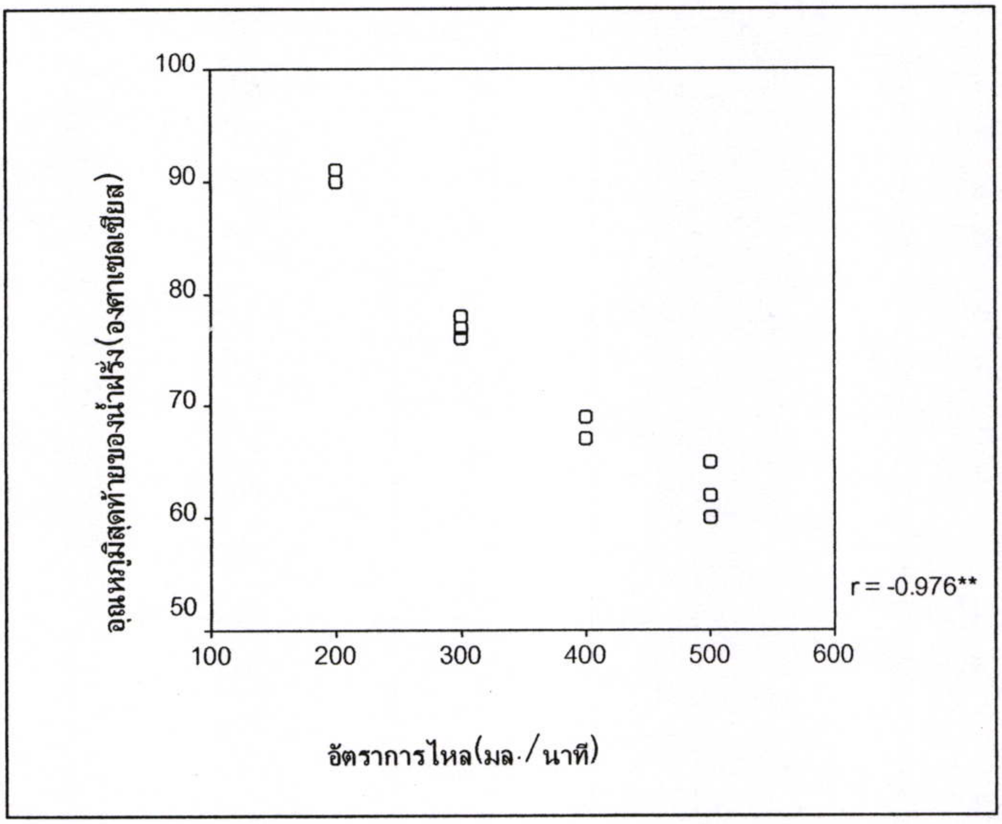
ภาพที่ จ3 ค่าอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 400 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ



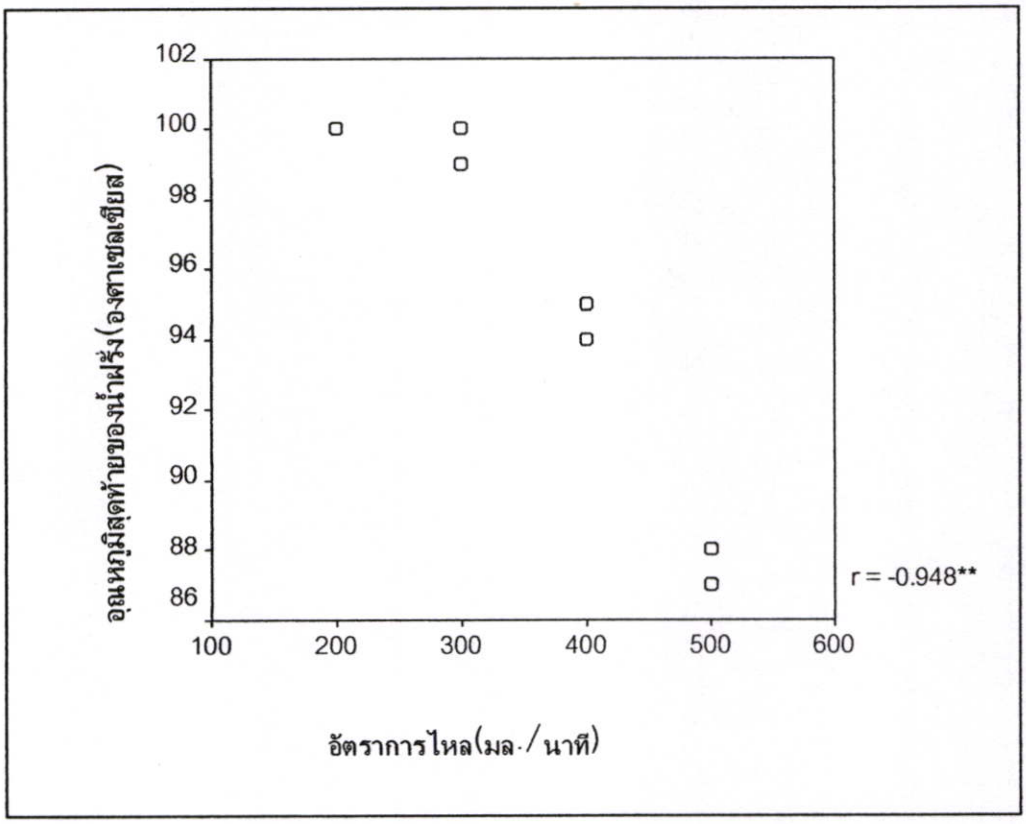
ภาพที่ จ4 ค่าอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 500 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ



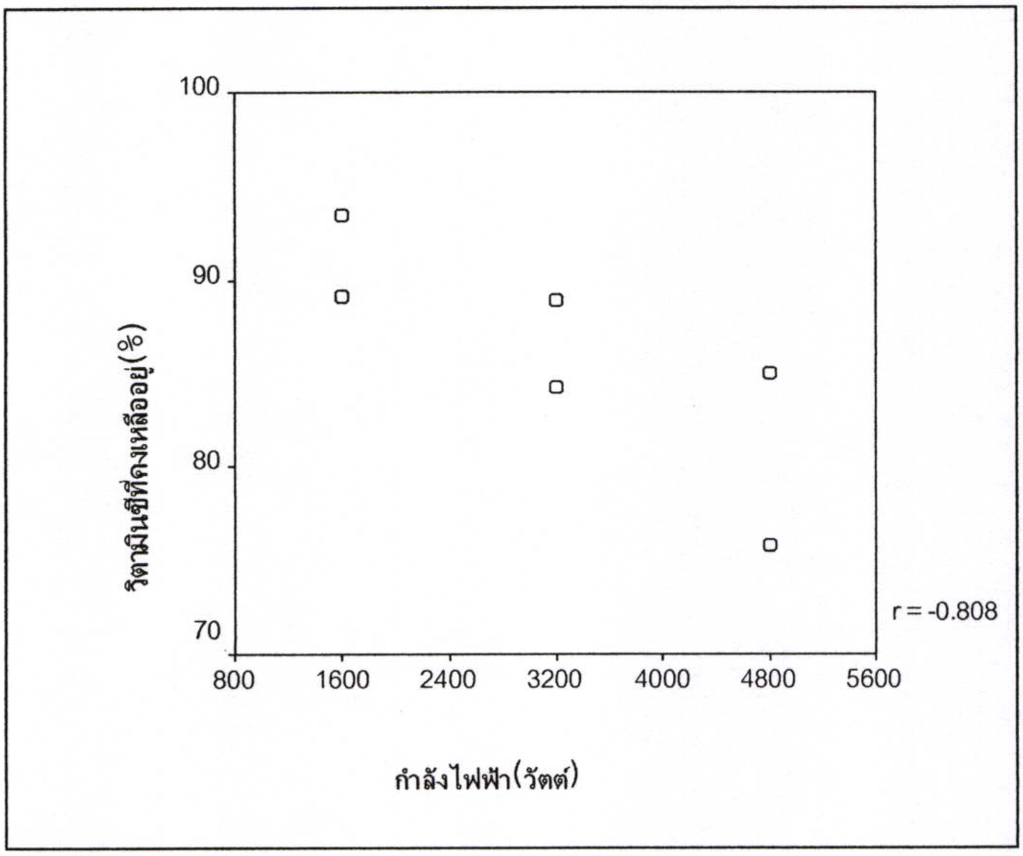
ภาพที่ จ5 ค่าอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 1600 วัตต์ เมื่อใช้อัตราการไหลระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ



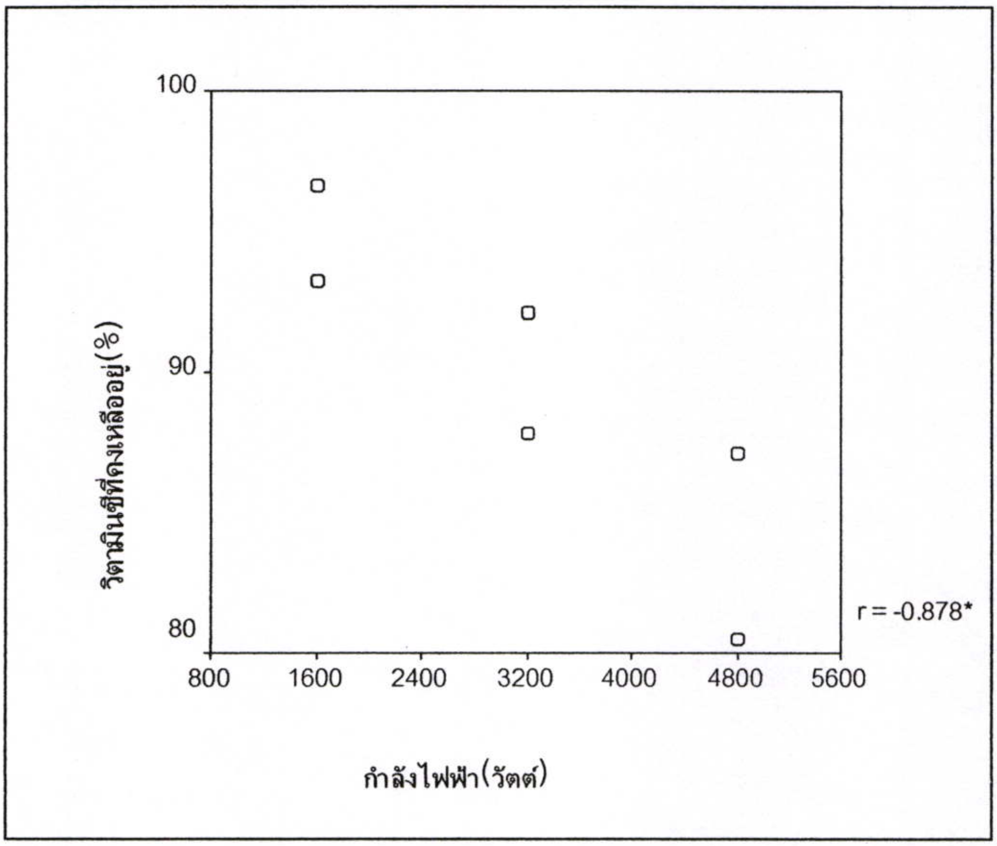
ภาพที่ จ6 ค่าอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 3200 วัตต์ เมื่อใช้อัตราการไหลระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ



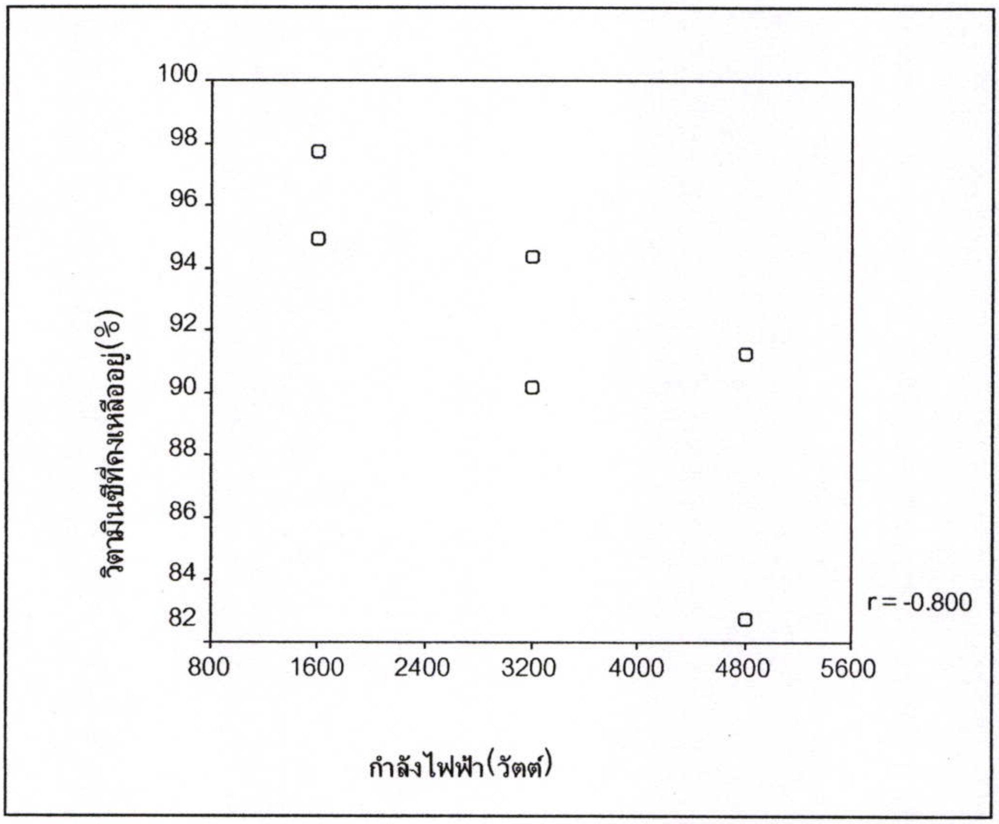
ภาพที่ จ7 ค่าอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 4800 วัตต์ เมื่อใช้อัตราการไหลระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ



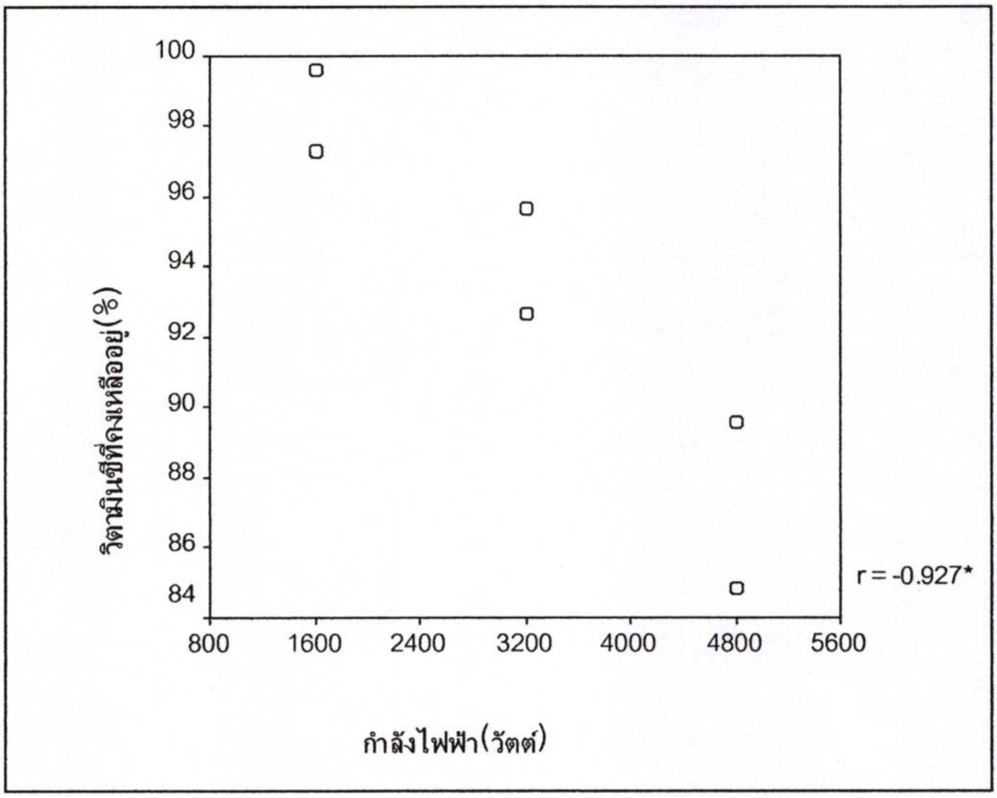
ภาพที่ จ8 ค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (% remained Ascorbic acid) ของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 200 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



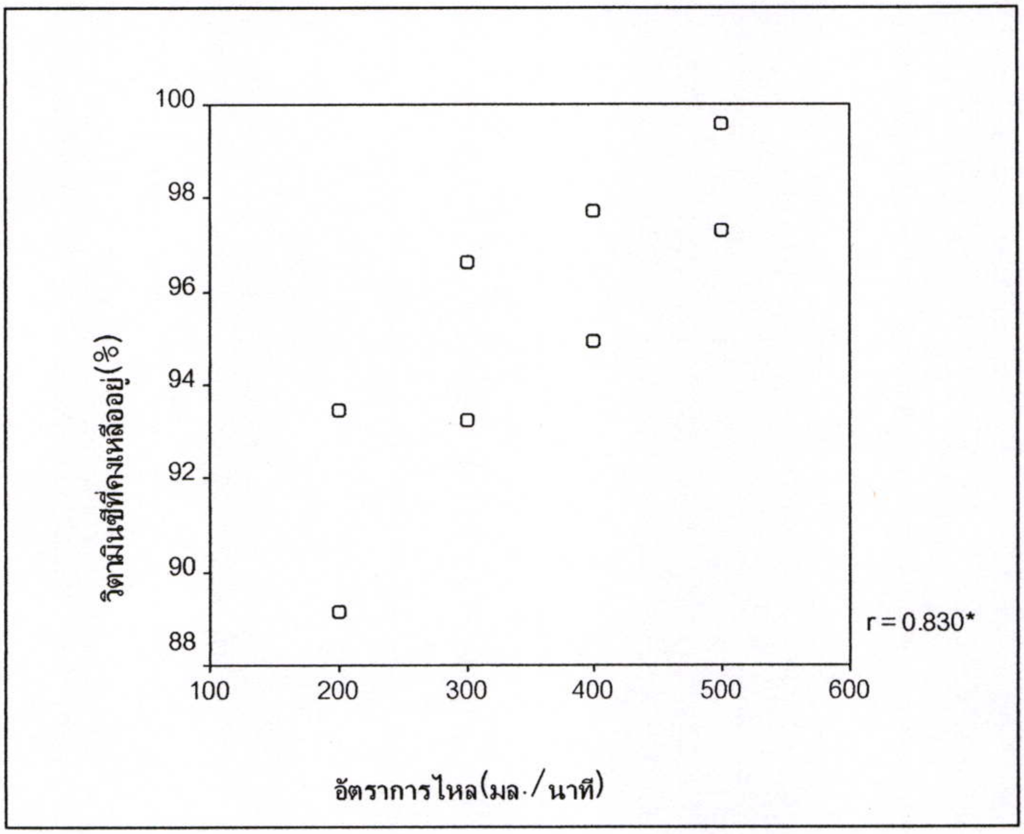
ภาพที่ จ9 ค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (% remained Ascorbic acid) ของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 300 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



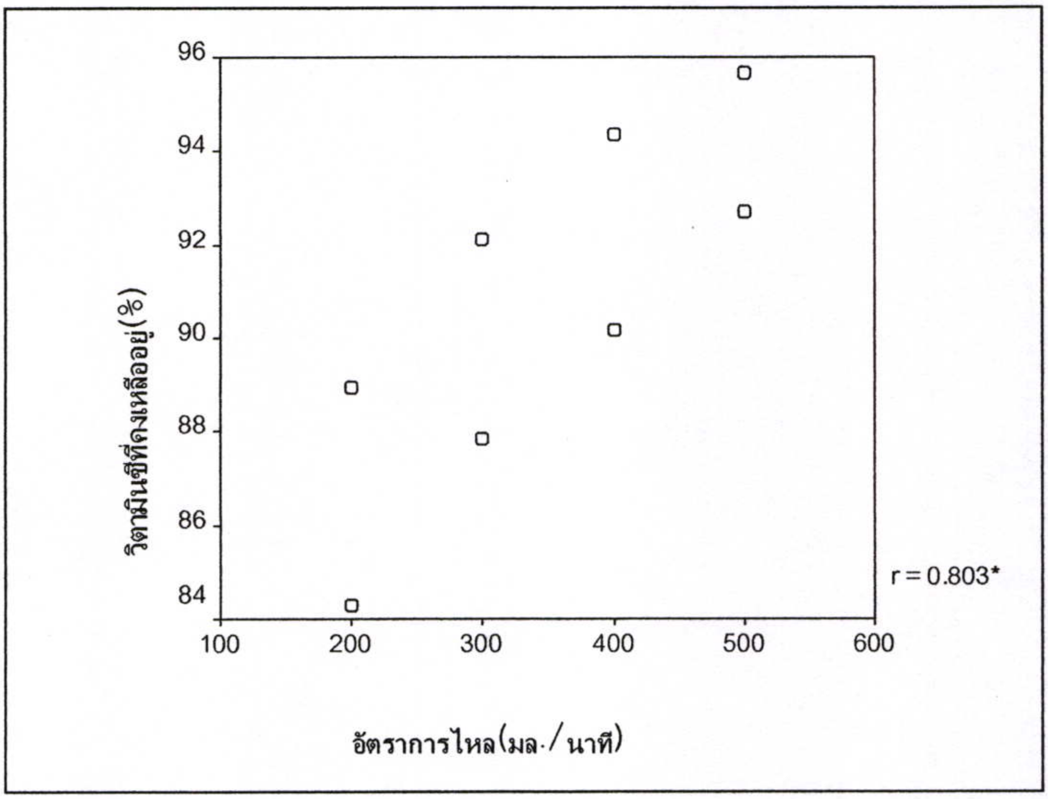
ภาพที่ จ10 ค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (% remained Ascorbic acid) ของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 400 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 3 ซ้ำ



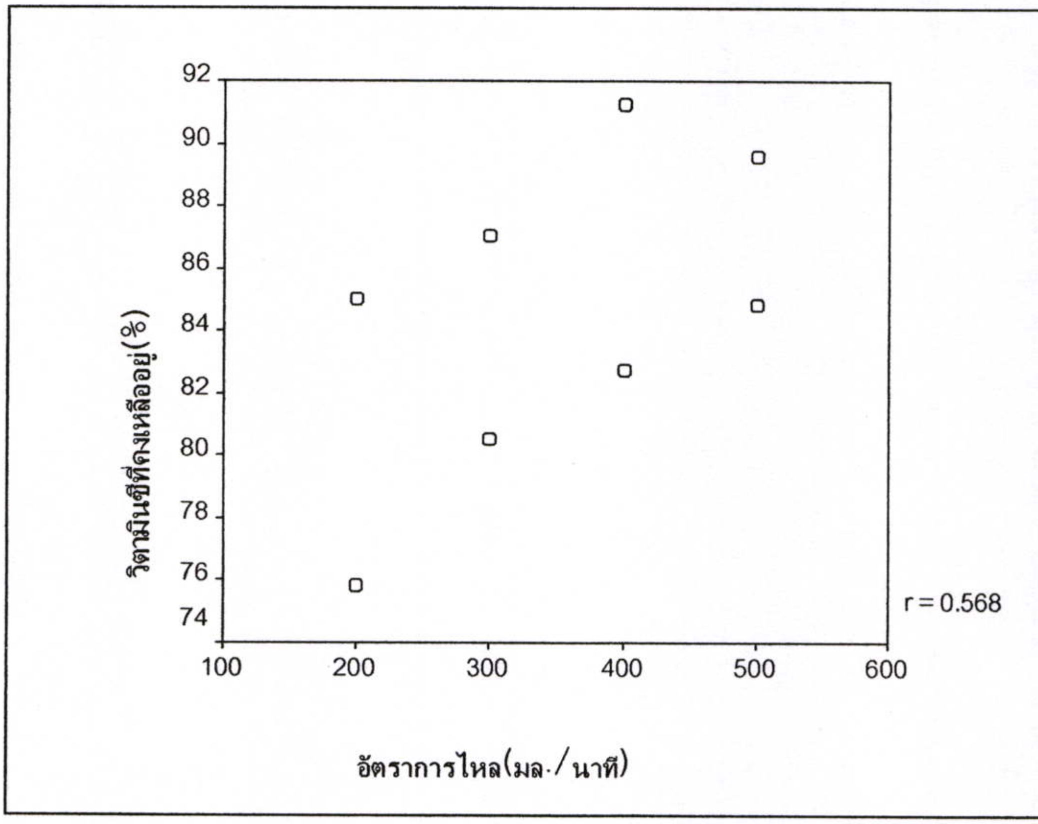
ภาพที่ จ11 ค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (% remained Ascorbic acid) ของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 500 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



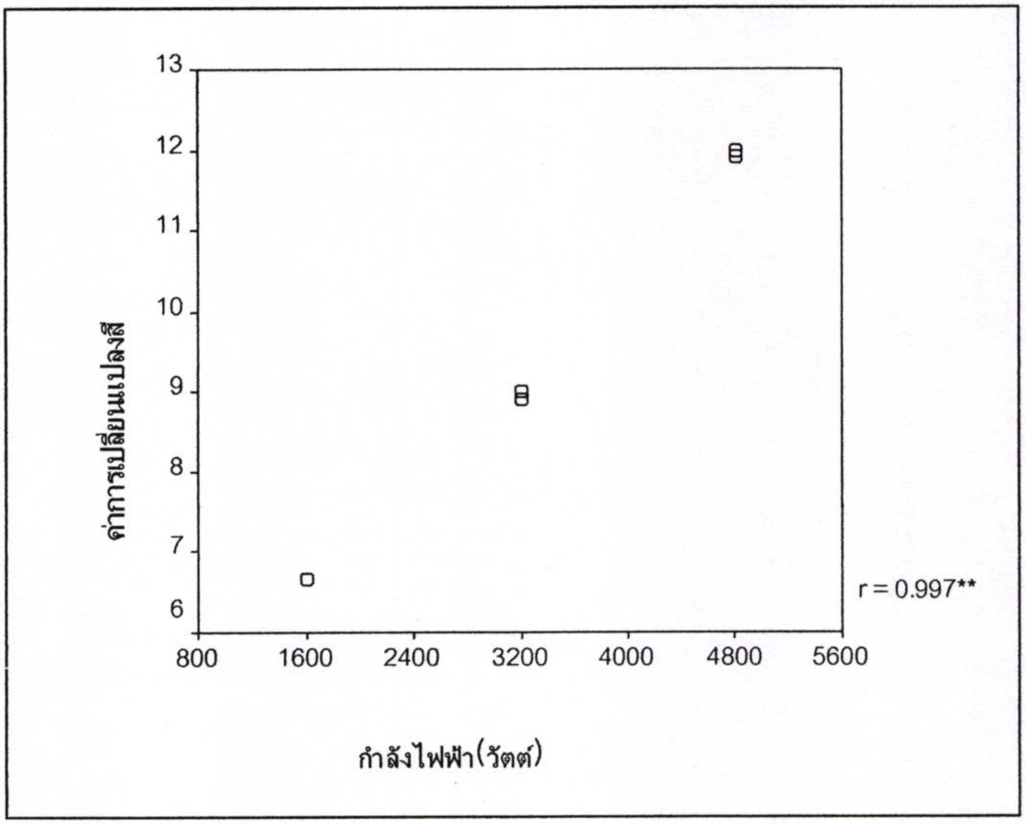
ภาพที่ จ12 ค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (% remained Ascorbic acid) ของน้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 1600 วัตต์ เมื่อใช้อัตราการไหลระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



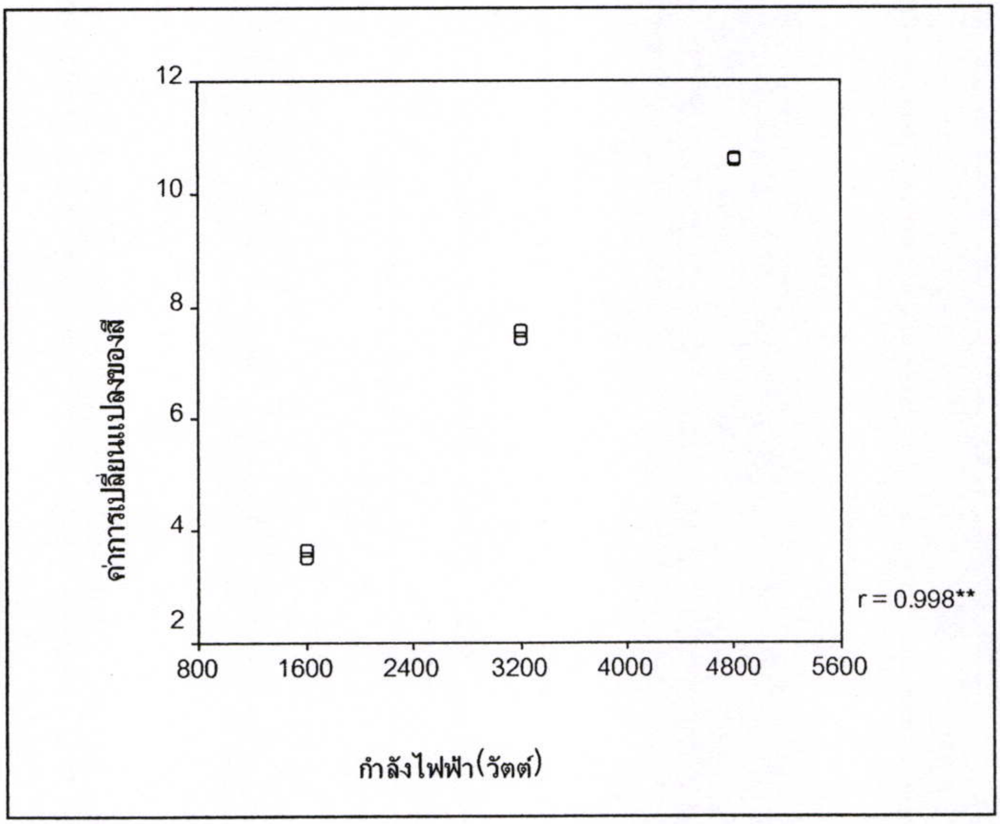
ภาพที่ จ13 ค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (% remained Ascorbic acid) ของน้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 3200 วัตต์ เมื่อใช้อัตราการไหลระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



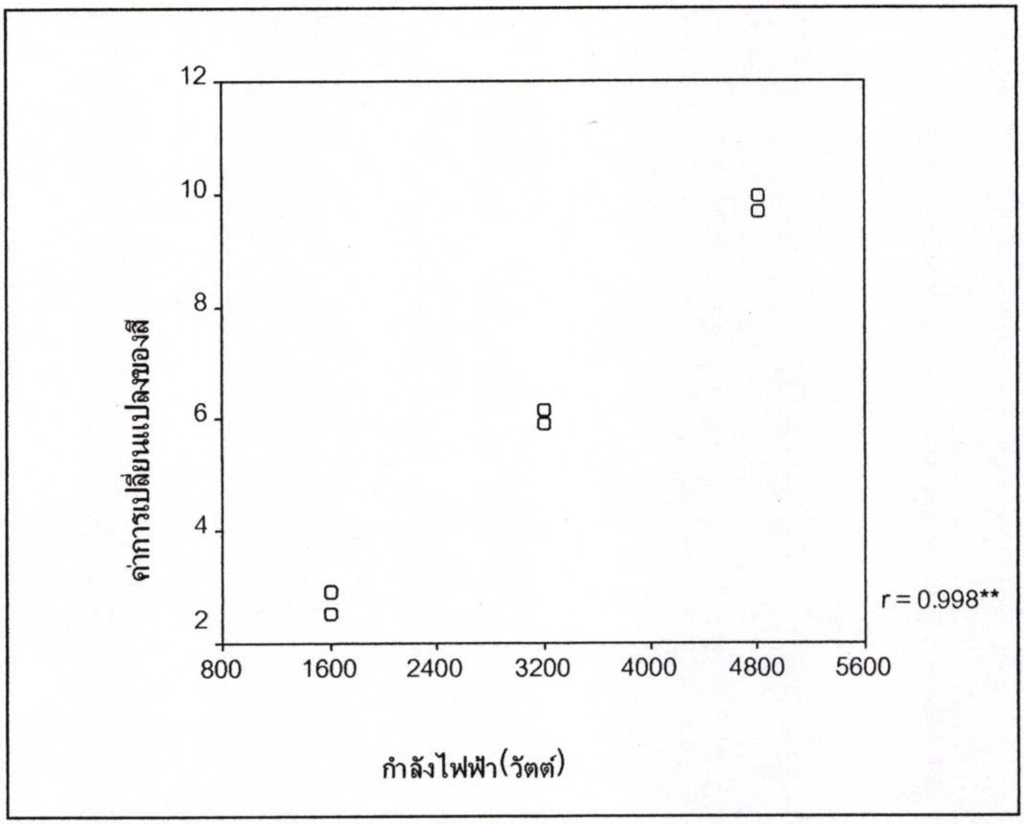
ภาพที่ จ14 ค่าปริมาณวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ (% remained Ascorbic acid) ของน้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 4800 วัตต์ เมื่อใช้อัตราการไหลระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



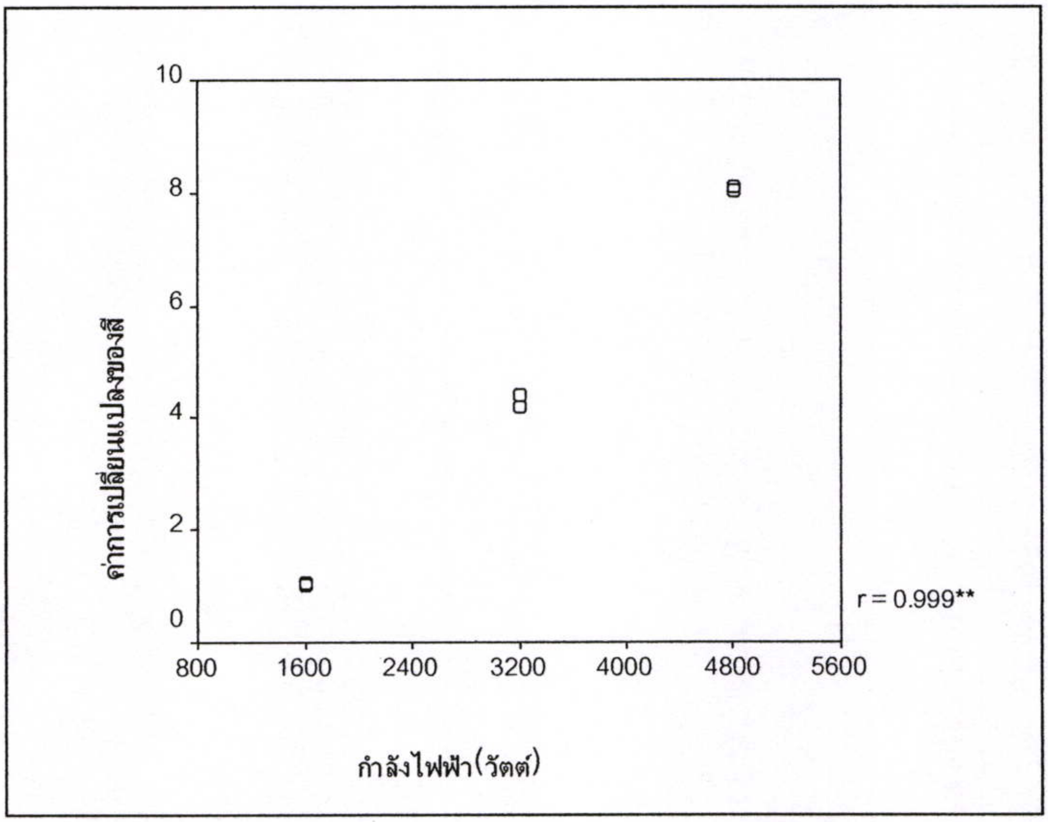
ภาพที่ จ15 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 200 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



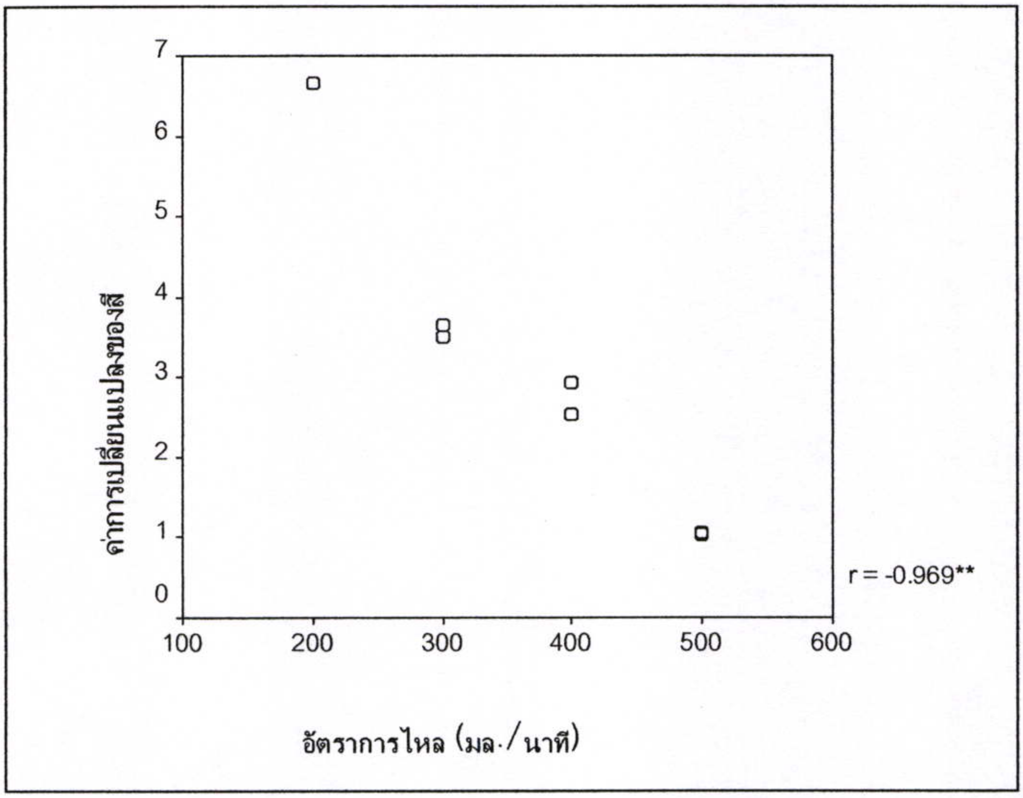
ภาพที่ จ16 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 300 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



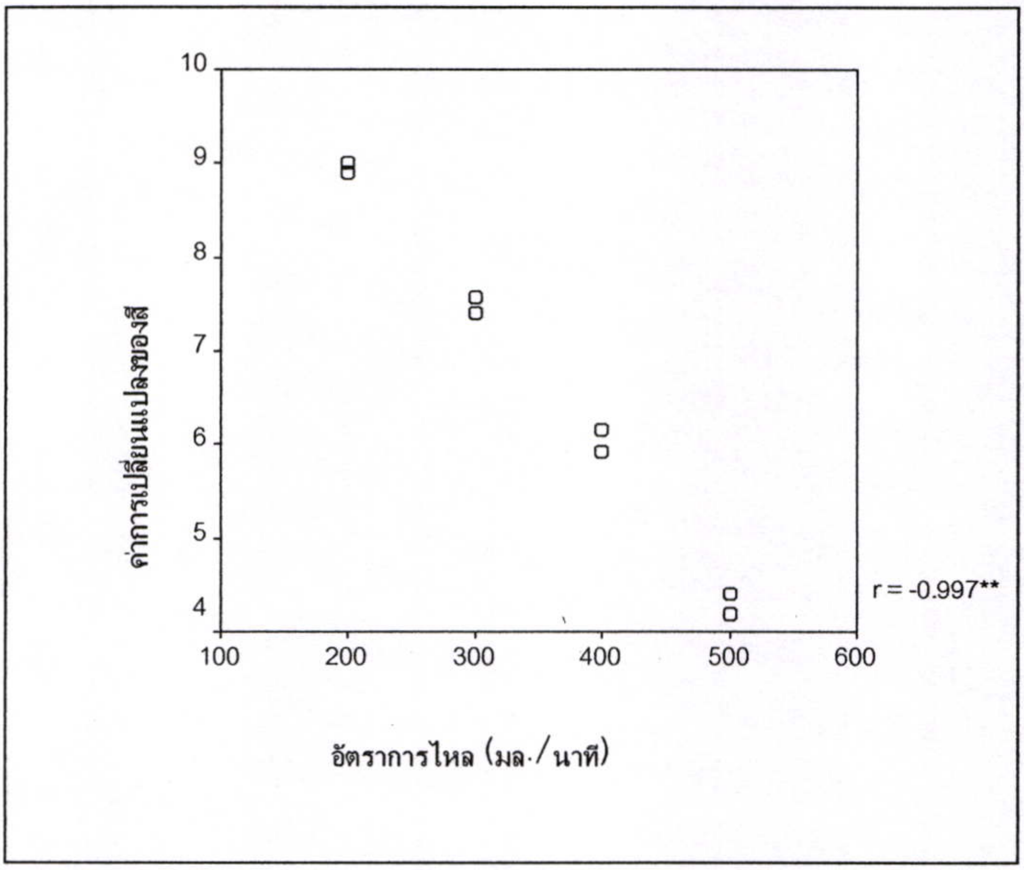
ภาพที่ จ17 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 400 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



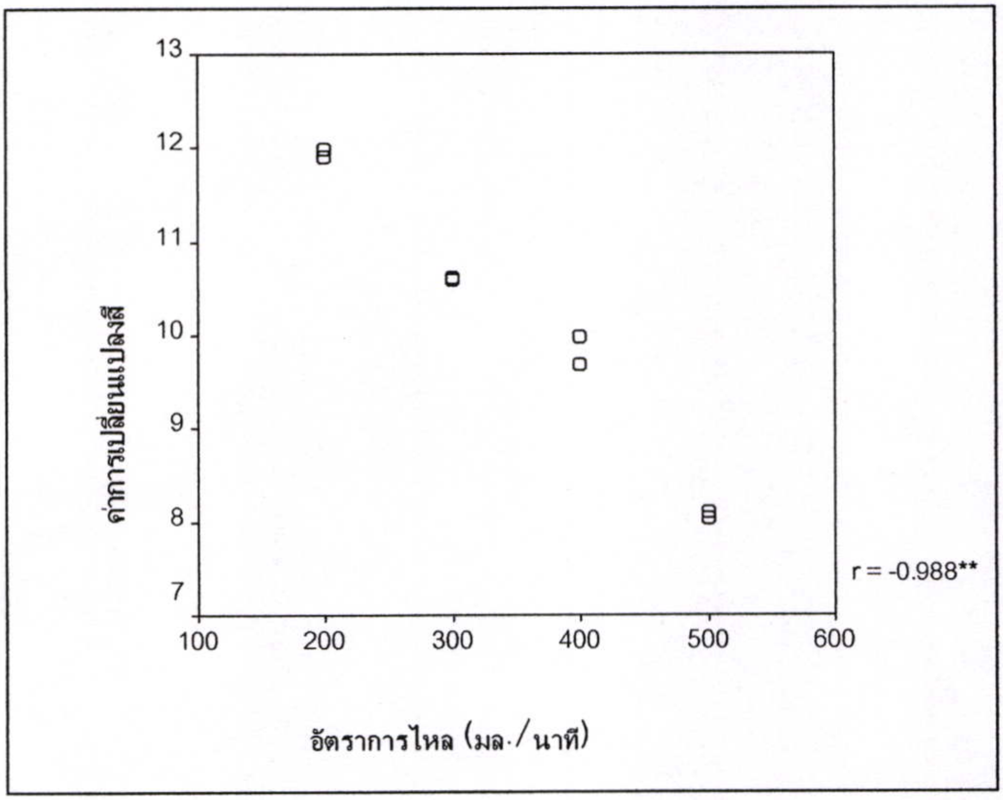
ภาพที่ จ18 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งที่อัตราการไหล 500 มล./นาที เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



ภาพที่ จ19 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 1600 วัตต์ เมื่อใช้อัตราการไหลระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



ภาพที่ จ20 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 3200 วัตต์ เมื่อใช้อัตราการไหลระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ



ภาพที่ 21 ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ของน้ำฝรั่งที่กำลังไฟฟ้า 4800 วัตต์ เมื่อใช้อัตราการไหลระดับต่างๆ เมื่อทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจิรพร การค้า เกิดเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2522 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี 2546

ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท เมื่อปี 2546 สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร จนถึงปัจจุบัน