14931

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาผลของไมโครเวฟต่อคุณภาพของมันฝรั่งทอดแบบแท่ง

(Studies on the effect of microwave on the quality of French fried)

T097058

นายปัจจาคม ช่วงชัยสุขเกษม

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2540

ป พ.
ป 521 ก
2540

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....97058
วัน,เดือน,ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1626

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

โดย

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 11/3/40 ..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(พูนพร จรมเวศวรกุล)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

..... 21 มี.ค. 2541

ผศ.ดร.ธเนศพร หาเรือนกูล

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 30 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2540

ฝพ. ป5ก17 2539

8 ส.ค. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจาคม ช่วงชัยสุขเกษม : การศึกษาผลของไมโครเวฟต่อคุณภาพของมันฝรั่งทอดแบบแท่ง (Studies on the effect of microwave on the quality of French fried) ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ยุพร จรรยงค์วรกุล

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของไมโครเวฟที่มีต่อคุณภาพมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยการ แปรระดับพลังงาน และเวลาของไมโครเวฟ ออกเป็น 3 ช่วงคือ High High-Medium และMedium ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4และ5 นาที ก่อนนำมันฝรั่งไปทำการแช่เยือกแข็งแล้วนำมาทอดที่อุณหภูมิ 190 $\pm$ 3 ^{o}C พบว่าที่ระดับพลังงาน และเวลาที่เหมาะสมเป็นดังนี้ High 2 นาที High-Medium 3 นาที และMedium 4 และ 5 นาที จากผลการประเมินความชอบโดยทางประสาทสัมผัส พบว่ามันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที มีคะแนนเฉลี่ยผลการชิมสูงในทุก ๆ ด้าน อย่างไรก็ตามคะแนนการยอมรับโดยรวมยังอยู่ในระดับปานกลางจึงหาวิธีปรับปรุงคุณภาพต่อไปโดยการใช้แคลเซียมคลอไรด์ กับการทอดที่อุณหภูมิ 170 ^{o}C นาน 15 วินาที ก่อนนำมันฝรั่งไปทำการแช่เยือกแข็ง เปรียบเทียบกับมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ไม่ผ่านการปรับปรุง โดยวิธีประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่ามันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที แล้วนำมาทอดที่อุณหภูมิ 170 ^{o}C นาน 15 วินาที ก่อนนำมันฝรั่งไปทำการแช่เยือกแข็ง มีคะแนนเฉลี่ยผลการชิมสูงในทุก ๆ ด้าน

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน / เดือน / ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร.ยุพร จรรยงค์วรกุล เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนการแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์

นอกจากนี้ต้องขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร และเพื่อน ๆ ที่ให้การช่วยเหลือในการจัดเตรียมเครื่องมือ จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปัจจาคม ช่วงชัยสุขเกษม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฌ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 ผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่งซึ่งเป็นที่รู้จักกันดี	2
2.2 ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอด	3
2.3 สีของมันฝรั่งทอด	6
2.4 ปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอด	7
2.5 กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด	9
2.6 ลักษณะเนื้อหรือความกรอบของมันฝรั่งทอด	11
2.7 ไมโครเวฟ	13
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	43
3.1 อุปกรณ์	43
3.2 สารเคมี	43
3.3 วัตถุดิบ	43
3.4 วิธีการทดลอง	43
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	47
4.1 ผลของไมโครเวฟต่อมันฝรั่งทอดแบบแท่ง	47
4.2 ผลการเปรียบเทียบระหว่างการลวกและไมโครเวฟ	50
4.3 ผลของการแช่เยือกแข็งต่อมันฝรั่งทอดแบบแท่ง	52
4.4 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อมันฝรั่งทอดแบบแท่ง	53
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	55
5.1 สรุปผลการทดลอง	55
5.2 ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารอ้างอิง	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 59

ประวัติผู้เขียน 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 Monocarbonyl compounds identified in Potato chips	10
2.2 แสดงอายุการเก็บผลิตภัณฑ์	25
4.1 แสดงผลของมันฝรั่งทั้งก่อนและหลังทอดที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาต่าง ๆ	47
4.2 คะแนนผลการชิมมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกัน	49
4.3 คะแนนผลการชิมมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับการลวก	51
4.4 คะแนนเฉลี่ยผลการชิมมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที และแช่เยือกแข็งกับไม่แช่เยือกแข็งก่อนการทอด	52
4.5 คะแนนเฉลี่ยผลการชิมมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของแคลเซียมคลอไรด์กับการทอด	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	การจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่มีขั้วและโมเลกุลที่มีประจุในอาหาร	14
2	แสดงการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเปรียบเทียบระหว่างวิธีธรรมดาและไมโครเวฟ	15
3	แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องไมโครเวฟ	18
4	แสดงระดับความลึกในการทะลุผ่านของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในเนื้อวัวดิบที่อุณหภูมิต่าง ๆ เปรียบเทียบกันใน 3 ระดับความถี่	19
5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ	26
6	แสดงระบบการสเตอริไรซ์แบบต่อเนื่องด้วยไมโครเวฟ	27
7	แสดงหน่วยการสเตอริไรซ์ด้วยไมโครเวฟ ซึ่งนำส่วนที่หุ้มด้านนอกออกเพื่อให้เห็นถึงห้องความดัน	29
8	แสดงภายในหน่วยการสเตอริไรซ์ด้วยไมโครเวฟโดยให้เห็นถึงถาดซึ่งอยู่ในขั้นการรักษาสภาวะ	29
9	แสดงสายการผลิตในการพาสเจอริไรซ์ด้วยไมโครเวฟเพื่อเตรียมอาหาร	30
10	ระบบการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟโดยเป็นการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องบนสายพาน	30
11	แสดงเครื่องไมโครเวฟสำหรับการพาสเจอไรซ์	31
12	แสดงเครื่องไมโครเวฟสำหรับการสเตอริไรซ์	31
13	แสดงผลของอุณหภูมิต่อกิจกรรมของเอนไซม์	34
14	แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการละลายน้ำแข็ง	38
15	แสดงเครื่องทำแห้งด้วยไมโครเวฟ	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาต่างกัน	61
2	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น-รส และ การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาต่างกัน	62
3	การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาต่างกันโดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน	63
4	เปรียบเทียบความแตกต่างของเนื้อสัมผัสของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่าง กัน	63
5	การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกันโดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน	64
6	การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่น-รส ของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกันโดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน	64
7	เปรียบเทียบความแตกต่างของกลิ่น-รส ของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกัน	65
8	การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน การยอมรับโดยรวม ของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของ การ ทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกันโดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน	65
9	เปรียบเทียบความแตกต่างของการยอมรับโดยรวม ของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบ ผลของ การ ทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลา ต่างกัน	66
10	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏของมันฝรั่งโดยเปรียบเทียบ ผลของ การ ทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกัน	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น-รส และการยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาต่างกัน	68
12 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการแช่เยือก แข็ง	69
13 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบ ผลของการ แช่เยือก แข็ง	70
14 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการใช้แคลเซียม คลอไรด์กับการทอดที่อุณหภูมิ 170 °C นาน 15 วินาที	71
15 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบ ผลของการใช้ แคลเซียม คลอไรด์กับการทอดที่อุณหภูมิ 170 °C นาน 15 วินาที	72
16 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับการลวก	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

มันฝรั่งเป็นพืชที่นิยมปลูกกันในแถบทวีปยุโรป เนื่องจากชาวตะวันตกนิยมรับประทานผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่ง ซึ่งผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่ง ที่นิยมคือ มันฝรั่งแห้งบดเป็นผง แป้งมันฝรั่ง มันฝรั่งกระป๋อง สลัดมันฝรั่งกระป๋อง มันฝรั่งทอด เป็นต้น

ปัจจุบันประเทศไทยเริ่มมี การปลูกมันฝรั่งกันบ้าง แต่ยังมีปริมาณไม่สูง ผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่ง ที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานจะเป็นมันฝรั่งทอดเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะมันฝรั่งทอดแบบแท่งซึ่งมี ขายในท้องตลาดทั่วไป แต่มีราคาสูง ซึ่งถ้าผู้บริโภคอยากทำรับประทานด้วนตนเองโดยการหั่นมันฝรั่งเป็นแท่ง นำมาทอด โดยไม่มีการเตรียมการก่อนการทอด ปัญหาที่เกิดที่พบคือมันฝรั่งทอดไม่กรอบ เนื้อนิ่ม คุณภาพไม่ได้ตามที่ต้องการ ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงพยายามจะปรับปรุงคุณภาพของมันฝรั่งทอดแบบแท่ง จากวิธีการดังกล่าว ด้วยการเตรียมการก่อนการทอดโดยผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการแช่เยือกแข็ง รวมทั้งทำการปรับปรุงคุณภาพด้าน ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น-รส และการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค เพื่อมุ่งหวังให้เป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภคในการทำรับประทานด้วยตนเองในที่พักอาศัย และยังเป็นการช่วยเกษตรกรผู้ปลูกมันฝรั่งให้ขายมันฝรั่งได้มากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัสน์

มันฝรั่งจัดเป็นอาหารหลักที่ใช้บริโภคเป็นประจำในหมู่ชาวยุโรปมานานกว่า 250 ปี เช่นเดียวกับที่ชาวเอเชียบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก จึงมีการปลูกมันฝรั่งกันทั่วไปในทวีปยุโรป ทวีปอเมริกาเหนือ (Van Arsdel & Copley,1964) ส่วนในทวีปเอเชียประเทศที่ปลูกมันฝรั่งมี ประเทศจีน อินเดีย ญี่ปุ่น ประเทศไทยเราเริ่มมีการปลูกมันฝรั่งกันบ้างแล้ว ดังจะเห็นได้จากสถิติการปลูกพืชไร่ ที่ทำการสำรวจในปี 2507 (กรมกสิกรรม,2509) พบว่ามีพื้นที่ที่ใช้ทำการเพาะปลูก 1,871 ไร่ และได้ผลผลิต 1,974,200 กิโลกรัม คิดเป็นผลเฉลี่ยต่อไร่ได้ 1,055 กิโลกรัม ต่อมาได้ทำการสำรวจอีกในปี พ.ศ. 2510 (กรมกสิกรรม,2512) พบว่ามีเนื้อที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 6,970 ไร่ ได้ผลผลิต 8,063,900 กิโลกรัม และคิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 1,163 กิโลกรัม จากตัวเลขนี้จะเห็นได้ว่าในระยะเพียง 3 ปีที่ผ่านมา ได้มีการปลูกมันฝรั่งเพิ่มขึ้นมากกว่า 6 เท่าตัว และได้ผลผลิตต่อไร่สูงขึ้นด้วย และในขณะนี้ได้มีโครงการส่งเสริมให้ชาวเขาปลูกมันฝรั่งเพิ่มขึ้นอีก ทำให้มีแนวโน้มที่แสดงว่าเนื้อที่ปลูกมันฝรั่งจะมีเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ แต่เนื่องจากชาวไทยเราไม่ได้บริโภคมันฝรั่งเป็นอาหารหลักอย่างชาวยุโรป และอเมริกา ดังนั้นการใช้มันฝรั่งจึงมีปริมาณจำกัด เพื่อเป็นการหาทางขยายตลาดให้กสิกรที่ปลูกมันฝรั่ง จึงสมควรที่จะต้องคิดหาวิธีเปลี่ยนแปลงมันฝรั่งให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งประชาชนนิยมบริโภค และสามารถส่งเสริมให้ผลิตในรูปอุตสาหกรรมได้

<u>ผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่งซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในหมู่ชาวยุโรป และอเมริกา ได้แก่</u>

1. มันฝรั่งทอด (potato chips) ซึ่งผลิตมาจากมันฝรั่งที่ฝานเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วทำให้แห้งกรอบด้วยการทอดในน้ำมันที่ร้อนประมาณ 325-375 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลาประมาณ 4 นาที ซึ่งบางส่วนของน้ำมันที่ใช้ทอดจะถูกดูดซับไว้ เป็นการช่วยเพิ่มรสกลิ่น และพลังงานในอาหารด้วย (Brown,1960) และมันฝรั่งทอดนี้จัดว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงด้วย

2. มันฝรั่งแห้งบดเป็นผง (dehydrated mashed potatoes - potato granules) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากมันฝรั่งต้มสุกบดให้แตกจนมีขนาดเป็นเซลเดียวหรือเซลหมู่ แล้วทำให้แห้งจนมีความชื้นประมาณ 6-7 เปอร์เซนต์ เมื่อจะนำมาทำเป็นมันบดในรูปที่รับประทานได้อย่างรวดเร็วโดยการผสมกับน้ำร้อนในปริมาณพอเหมาะ (Boyle,1967)

3. มันฝรั่งแห้งที่ทำเป็นเกล็ดบาง ๆ (potato flakes) ผลิตจากมันที่บดแล้วทำให้โดยใช้ drum drier (Eskew,1967)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. มันฝรั่งแห้งรูปลูกบาศก์ (dehydrated diced potatoes) ใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมอาหารสำเร็จรูปอื่น ๆ เพื่อประหยัดเวลา (Kueneman,1967)

5. แป้งมันฝรั่ง (potato starch) ใช้มากในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเป็นตัวเพิ่มความข้นของอาหาร (thickening agent) และใช้มากในอาหารประเภทเบเกอรี่ ตลอดจนอุตสาหกรรมอื่นที่ไม่ใช่อาหาร (Treadway,1967)

6. แป้งมันฝรั่ง (potato flour) ทำได้จากมันฝรั่งต้มให้สุก ทำให้แห้งแล้วทำให้เป็นผง ใช้มากในเบเกอรี่และอาหารว่าง (snack food) (Willard,1967)

7. มันฝรั่งกระป๋อง (canned white potatoes) มักบรรจุในรูปต่าง ๆ เช่น รูปลูกบาศก์ แผ่นบาง และแท่งสี่เหลี่ยมยาว โดยมีน้ำเกลือเป็นส่วนผสม (Talburt,1967)

8. มันฝรั่งแช่เย็นแข็ง (frozen french fried potatoes) ทำจากมันฝรั่งที่ตัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมยาว ลวกน้ำร้อน แล้วทอดในน้ำมันนำไปแช่เย็นจนแข็งใช้เป็นอาหารหลักของยุโรป (Feustel & Kueneman,1967)

9. สลัดมันฝรั่งกระป๋อง

นอกจากผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ของมันฝรั่งที่กล่าวมาแล้วมันฝรั่งยังอาจใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้อีกหลายชนิด แต่ผลิตภัณฑ์ที่คนไทยนิยมรับประทาน คือมันทอดในรูปของอาหารว่างและเครื่องแกล้ม ซึ่งขณะนี้มีจำหน่ายทั่วไปในร้านใหญ่ ๆ และซุปเปอร์มาเกต ส่วนมากสั่งมาจากต่างประเทศ และมีทำบ้างภายในประเทศ แต่ไม่ใช่ในรูปอุตสาหกรรม จึงเป็นที่คาดคะเนได้ว่า ประชาชนอาจนิยมบริโภคมากขึ้นหากมีการผลิตจำหน่ายขึ้นได้ภายในประเทศในราคาถูกและมีคุณภาพดี จึงสมควรที่จะทำการศึกษาหาวิธี และหาพันธุ์มันฝรั่งที่เหมาะสมที่จะใช้ทำมันทอดเพื่อการอุตสาหกรรมภายในประเทศต่อไป

การทำมันฝรั่งทอดมีปัจจัยหลายประการที่ต้องคำนึงถึง เช่น ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอด สีของมันฝรั่งทอด ปริมาณของน้ำมันที่ถูกซับอยู่ในมันทอด กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด และความกรอบของมันฝรั่ง ตลอดจนปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกระทบกระเทือนต่อคุณสมบัติดังกล่าวแล้ว (Smith,1968) ซึ่งจะได้กล่าวถึงเป็นข้อ ๆ ดังต่อไปนี้

ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอด (Yield of Chips)

ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอด เป็นสิ่งที่สำคัญมากในแง่ของการค้า เพราะการซื้อขายมันฝรั่งทอด จะถือน้ำหนักเป็นเกณฑ์ Whiteman & Wright (1949) กล่าวว่าปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอดขึ้นอยู่กับความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่ง (specific gravity) หรือปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) ของมันฝรั่ง และผลผลิตของมันฝรั่งทอดนี้จะเพิ่มขึ้น เมื่อความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้น ซึ่ง Brown (1960) พบว่ามันฝรั่งที่เหมาะในการที่จะนำมาทอดนั้นควรมีความถ่วงจำเพาะไม่ต่ำกว่า 1.070

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งยังมีผลต่อสีของมันฝรั่งทอด มันฝรั่งทอดที่ทำจากหัวมันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำจะมีสีไม่สม่ำเสมอสืบเนื่องมาจากส่วนของชิ้นของมันฝรั่งจะงอขึ้นไม่เป็นแผ่นแบนในขณะทำการทอด และมีผลต่อเนื้อที่ในการเก็บรักษาอีกด้วย มันฝรั่งทอดที่ทำจากหัวมันที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ จะกินเนื้อที่ในการเก็บมากกว่าพวกที่ทำจากพันธุ์ที่มีความถ่วงจำเพาะสูง และยังมีผลต่อการดูดซับน้ำมัน มันทอดที่ทำจากหัวที่มีความถ่วงจำเพาะสูงจะดูดซับน้ำมันได้ต่ำกว่าพวกที่ทำจาก ความถ่วงจำเพาะต่ำ ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิต (Brown , 1960)

เนื่องด้วยความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งมีความสำคัญดังกล่าวมาแล้ว ในการทำมันทอดจึงต้องการมันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ดังนั้นคุณภาพของวัตถุดิบประการแรกที่ผู้ผลิตมันทอดควรคำนึงคือความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งซึ่ง Smith (1968) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลกระทบกระเทือนต่อความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งไว้คือ

พันธุ์ของมันฝรั่ง (varieties) พันธุ์ของมันฝรั่งมีมากมายหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป บางพันธุ์มีความถ่วงจำเพาะสูง บางพันธุ์มีความถ่วงจำเพาะต่ำ ซึ่ง Burton (1966) ได้จัดแบ่งพันธุ์มันฝรั่งออกเป็น 3 พวก ตามร้อยละของ ๆ แข็งที่มีทั้งหมด คือ

พันธุ์มันฝรั่งที่มีน้ำหนักแห้งสูง คืออยู่ในช่วงร้อยละ 23-25 ของน้ำหนักสด หรือมีความถ่วงจำเพาะ 1.095 ขึ้นไป พันธุ์ที่จัดอยู่ในพวกนี้ได้แก่ Arran Victory, Doon Star, Furore Record และ Voran เป็นต้น

พันธุ์มันฝรั่งที่มีน้ำหนักแห้งปานกลาง คืออยู่ในช่วงร้อยละ 21-23 ของน้ำหนักสด หรือมีความถ่วงจำเพาะในช่วง 1.086-1.094 ได้แก่พันธุ์ Alpha , Bintje, Kerr's Pink, Majestic เป็นต้น

พันธุ์มันฝรั่งที่มีน้ำหนักแห้งต่ำสุดจะมีน้ำหนักแห้งร้อยละ 20 หรือต่ำกว่า และมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.081 หรือต่ำกว่า ได้แก่พันธุ์ Arran, Banner และ Climax

นอกจากนี้เขายังกล่าวเพิ่มเติมไว้อีกว่า พันธุ์มันฝรั่งของภาคพื้นยุโรปนั้นมักจะมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าพันธุ์ของอังกฤษ โดยได้มีผู้นำพันธุ์มันฝรั่งจากเยอรมัน 4 พันธุ์ จากประเทศอังกฤษ 4 พันธุ์ ไปปลูกในที่แห่งเดียวกัน และพบว่า พันธุ์จากภาคพื้นยุโรปมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าพันธุ์มันฝรั่งจากประเทศอังกฤษ แต่จะให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าพันธุ์มันฝรั่งของอังกฤษ และเขาได้สรุปว่าพันธุ์มันฝรั่งจากอังกฤษจะให้ปริมาณแป้งต่อเนื้อที่ปลูกมากกว่าพันธุ์มันฝรั่งจากภาคพื้นยุโรป ดังนั้นพันธุ์นี้จึงเป็นที่นิยมปลูกเพื่อการอุตสาหกรรมทำแป้งมันฝรั่ง (potato starch) ส่วนพันธุ์มันฝรั่งในอเมริกาที่จัดว่ามีความถ่วงจำเพาะสูงได้แก่พันธุ์ Green Mountain แต่ Smith (1967) กล่าวว่าพันธุ์มันฝรั่งนี้ไม่เหมาะสมในการทำมันทอด เพราะพันธุ์นี้มี reducing sugar อยู่สูงด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงพันธุ์อยู่เสมอ เพื่อให้ได้มาซึ่งพันธุ์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแก่อ่อนของมันฝรั่ง ผู้ผลิตมันฝรั่งทอดต้องการมันฝรั่งที่แก่เต็มที่เพราะความแก่ของมันฝรั่งมีอิทธิผลต่อคุณภาพของมันฝรั่งหลายประการ เช่น ปริมาณผลผลิตของมันฝรั่งทอด สีของมันฝรั่งทอดตลอดจนคุณภาพในการเก็บรักษา (keeping quality) มันฝรั่งที่แก่เต็มที่จะเหมาะกับการใช้ประกอบอาหารทุกชนิด มันฝรั่งที่แก่จัด จะมีความถ่วงจำเพาะสูง ความแก่ของมันฝรั่งที่ดีที่สุดควรได้จาก มันฝรั่งที่ปลูกต้น ๆ ฤดู (early planting) และทำการเก็บเกี่ยวให้ล่าออกไป (late harvesting) และการฆ่าต้นมันฝรั่งอย่างช้า ๆ Burton (1966) ได้แบ่งมันฝรั่งของอังกฤษตามความแก่อ่อนของมันฝรั่งเป็น 4 พวก ตามระยะเวลาในการปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว

ระยะที่ 1 (first early) เก็บเกี่ยวประมาณกลางเดือน มิถุนายน ใช้เวลาปลูก 107-142 วัน

ระยะที่ 2 (second early) เก็บเกี่ยวประมาณเดือน กรกฎาคม ใช้เวลาปลูก 119-178 วัน

ระยะที่ 3 (early main crop) เก็บเกี่ยวประมาณเดือน กันยายน ใช้เวลาปลูก 141-187วัน

ระยะที่ 4 (late main crop)เก็บเกี่ยวประมาณเดือน พฤศจิกายนใช้เวลาปลูก 149-203วัน

Smith (1968) ยังได้กล่าวว่าความแก่ของมันฝรั่งยังมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของมันฝรั่งด้วย เมื่อความแก่ของมันฝรั่งเพิ่มขึ้นจะทำให้ขนาดของเมล็ดแป้ง (starch granule) ใหญ่ขึ้น และมีปริมาณ amylose เพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิที่แป้งจะเกิดเป็น gel ลดลง และการที่แป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาล maltose ลดลงด้วย Geddes et al., (1965) เสนอว่า ขนาดของเมล็ดแป้งนี้จะเป็นคุณสมบัติอันหนึ่งที่ใช้ตัดสินคุณภาพของแป้งมันฝรั่งได้

ปัจจัยในการเพาะปลูก (culture factors) มีผลกระทบกระเทือนต่อความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่ง ดังเช่นการให้น้ำแก่มันฝรั่งซึ่งตามปกติมักจะได้จากฝน มันฝรั่งที่มีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอจะให้มันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ถ้าให้น้ำเกินไปโดยเฉพาะปลายฤดูของเพาะปลูกจะเป็นเหตุให้มันฝรั่งมีความถ่วงจำเพาะต่ำ Smith (1968) พบว่ามันฝรั่งที่มีการให้น้ำดีจะมีความถ่วงจำเพาะ 1.068 ส่วนพวกที่ขาดน้ำหรือการให้น้ำไม่เหมาะสมจะมีความถ่วงจำเพาะ 1.061 และเขายังได้กล่าวเสริมอีกว่า การรักษาดินให้มีความชื้นสูงอยู่เสมอในขณะที่อากาศร้อน จะช่วยลดอุณหภูมิของดินลง และเป็นการช่วยให้มันฝรั่งมีความถ่วงจำเพาะสูงขึ้นด้วย และช่วงที่สำคัญที่สุดในช่วงให้ความชื้นคือช่วงที่หัวมันฝรั่งกำลังเข้าสู่ระยะแก่ตัว (approaching maturity) การให้ปุ๋ยแก่ต้นมันฝรั่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับความถ่วงจำเพาะเช่นกัน Baker et al . (1950) ได้กล่าวว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยพวกโปแตสเซี่ยมมากเกินไป จะทำให้ความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งต่ำ ส่วนปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยเร่งความแก่ของหัวมันฝรั่ง และช่วยเพิ่มความถ่วงจำเพาะด้วย

การฆ่าต้นมันฝรั่ง (vine killing) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่ง ก่อนทำการเก็บเกี่ยวมันฝรั่งต้องทิ้งหัวมันฝรั่งไว้ให้แก่เต็มที่เพื่อให้อยู่ในสภาพดีในขณะเก็บเกี่ยวไม่บอบช้ำ การกำจัดลำต้นเป็นเรื่องจำเป็นก่อนลงมือการเก็บเกี่ยว การกำจัดลำต้นโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือใช้สารเคมี และใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักร หรือใช้ทั้งสองแบบร่วมกัน การกำจัดต้นถ้าทำเร็วเกินไปจะทำให้ผลผลิตที่ได้ต่อไร่ และความถ่วงจำเพาะของมันฝรั่งลดลง Smith (1967) เพราะพืชที่ปล่อยให้แก่อย่างช้า ๆ อาหารจากส่วนใบและลำต้นจะเคลื่อนลงไปอยู่ที่ส่วนหัวซึ่งมักจะเป็นในรูปของน้ำตาล แล้วน้ำตาลจึงเปลี่ยนเป็นแป้ง ซึ่งผลอันนี้จะช่วยให้มีความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น ถ้าเรากำจัดลำต้นเร็วเกินไป อาหารจากลำต้นจะเคลื่อนลงสู่หัวไม่ทัน จึงเป็นผลให้มีความถ่วงจำเพาะต่ำ McGoldrick & Smith (1948) ได้กล่าวว่า ชนิดของสารเคมีและวิธีการที่ใช้ฆ่าต้นมันฝรั่งมีผลต่อความถ่วงจำเพาะด้วย ถ้ากำจัดลำต้นโดยการใช้เครื่องจักรจะมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าการใช้สารเคมี แต่ตามที่นิยมชาวไร่มักใช้สารเคมีพวก Sodium senite หรือพวก dinitro compound ฉีดทิ้งไว้ 1 อาทิตย์ แล้จึงใช้เครื่องจักรเข้าตัดสางต้นออกอีกครั้งหนึ่งก่อนทำการขุดหัว

สีของมันฝรั่งทอด (Color of Potato chips)

สีของมันฝรั่งทอดจักเป็นปัญหาสำคัญยิ่งในการประกอบอุตสาหกรรมประเภทนี้ สีของมันฝรั่งทอดขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบทางเคมีของหัวมันฝรั่ง ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยเนื่องจากสิ่งแวดล้อมที่ควบคุมได้ยากหลายประการ ทั้งในด้านการเพาะปลูก และการเก็บรักษา (storage) แต่สิ่งที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการเปลี่ยนแปลงนี้ได้แก่พันธุ์มันฝรั่ง อุณหภูมิในการเก็บรักษา และปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมายจนสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น พวก phenolic compound ซึ่งได้แก่ lignin, coumarrins, flavanones, anthocyanin, tannin (Brown, 1960) และสีนี้จะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) , อุณหภูมิ และความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดปฏิกริยา (reactants) และตัวเร่ง (catalyst) (Furuholmen et al ., 1964)

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อสีมันทอดเป็นอย่างมากคือ อุณหภูมิในการเก็บรักษามันฝรั่ง จุดประสงค์ของการเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง เพื่อที่จะให้อยู่ในสภาพเหมาะแก่การรับประทาน และเก็บไว้ใช้ตลอดปีโดยไม่เน่าเสีย และไม่งอกนั้น Smith (1967) กล่าวว่า ถ้าเก็บรักษามันฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิระหว่าง 40-50 องศาฟาเรนไฮต์ หรือต่ำกว่า จะมีการงอกบ้างเล็กน้อย แต่ในช่วงอุณหภูมิ 40-50 องศาฟาเรนไฮต์ นี้ หัวมันฝรั่งจะมีปริมาณของ reducing sugar เพิ่มมากขึ้น ได้มีผู้พบว่า ณ อุณหภูมิ 46 องศาฟาเรนไฮต์ จะมี reducing sugar และน้ำตาลชนิดอื่น ๆ สะสมอยู่ในหัวมันมาก แต่ Wright (1932) กล่าวว่า มันฝรั่งหลายพันธุ์จะมีปริมาณน้ำตาลสะสมเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณร้อยละ 2 เมื่อเก็บไว้ที่ อุณหภูมิ 41 องศาฟาเรนไฮต์ นอกจากนี้ Smith (1967) ยังพบว่าน้ำตาลในหัวมันฝรั่งยังถูกสร้างขึ้นได้ ณ อุณหภูมิสูง ๆ คือ เกินกว่า 90 องศาฟาเรนไฮต์ ขึ้นไปด้วย ดังนั้น การเก็บมันฝรั่งในที่อุณหภูมิสูง ๆ จึงไม่ดีเช่นกัน และเขาได้สรุปว่า มันฝรั่งที่จะใช้ทำมันฝรั่งทอดแล้วให้มีสีเป็นที่พอใจนั้นควรเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาฟาเรนไฮต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ reducing sugar มีส่วนสัมพันธุ์กับความเข้มของสีมันฝรั่งทอดมาก Morris (1951) ได้กล่าวว่า มันทอดที่มีสีเหลืองอ่อนจะต้องทำจากหัวมันฝรั่งที่มี reducing sugar 3 มิลลิกรัมต่อปริมาตรของน้ำมันฝรั่งที่บีบออกมา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือต่ำกว่านี้ มันฝรั่งทอดจะมีสีเข้มมากขึ้นเมื่อหัวมันฝรั่งมีปริมาณ reducing sugar ตั้งแต่ 5.0 มิลลิกรัมต่อ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ของน้ำมันฝรั่งที่บีบออกมาหัวมันฝรั่งขึ้นไป ส่วน Brown (1960) กล่าวว่า มันฝรั่งที่เหมาะสมในการใช้ทำมันทอด ควรมีปริมาณน้ำตาลประมาณร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักทั้งหมด Whiteman and Wright (1949) ได้พบว่ามันทอดที่ให้สีที่ต้องการที่สุดจะต้องทำจากมันฝรั่งที่มี reducing sugar ประมาณร้อยละ 0.18 และมันทอดที่สีเข้มจนไม่เป็นที่ยอมรับโดยมากจะมีน้ำตาล reducing ร้อยละ 0.92 นอกจากนี้ระยะเวลาในการเก็บรักษามีส่วนเกี่ยวข้องกับสีของมันทอดด้วย ถ้าเก็บมันฝรั่งไว้นานมันทอดจะมีสีเข้มกว่ามันทอดที่เก็บไว้ระยะสั้น

ปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับสีของมันฝรั่งทอดคือ ความแก่อ่อนของมันฝรั่ง มันฝรั่งที่แก่จัดจะให้มันทอดมีสีอ่อนกว่ามันฝรั่งที่แก่ไม่เต็มที่ สีที่เกิดจากมันฝรั่งไม่แก่ เชื่อว่าเนื่องมาจากสารประกอบพวก carotenoid ซึ่งไม่ละลายน้ำ จึงทำให้ไม่สามารถกำจัดได้โดยการล้างชิ้นมันด้วยน้ำก่อนทำการทอด ปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสีอีกอันหนึ่งได้แก่ ความชื้นของดิน ถ้าต้นมันฝรั่งได้รับน้ำมากเกินกว่าที่จะนำมาใช้ประโยชน์แล้วจะทำให้มันฝรั่งมีความถ่วงจำเพาะต่ำ และสีมันทอดจะเป็นสีน้ำตาลเข้ม และการให้น้ำในระยะใกล้การเก็บเกี่ยวจะมีผลทำให้มันทอดมีสีไม่ดีด้วย (Smith, 1967) การให้ปุ๋ยแก่มันฝรั่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อสีมันฝรั่งทอด โดยเฉพาะปุ๋ยพวกไนโตรเจนถ้าให้มากเกินไป จะทำให้สีของมันฝรั่งทอดไม่เป็นที่ต้องการ ส่วนปุ๋ยพวกโปแตสเซี่ยม จะช่วยให้สีของมันทอดดีขึ้น แต่สำหรับเรื่องปุ๋ยที่มีอิทธิพลต่อสีมันทอดยังเป็นปัญหาอยู่เพราะผลการทดลองยังไม่แน่นอนลงไป (Smith, 1968)

ปริมาณน้ำมันในมันทอด (Oil Content of Chips)

ปริมาณน้ำมันที่ดูดไว้ในชิ้นมันทอดมีความสำคัญต่อผู้ผลิตมาก เพราะน้ำมันจัดเป็นส่วนประกอบที่ราคาสูง ซึ่งจะเป็นปัจจัยอันหนึ่งที่ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นด้วย ดังนั้น วัตถุประสงค์ของผู้ผลิตจึงมุ่งที่จะให้มีน้ำมันค้างอยู่ในชิ้นมันทอดน้อยที่สุด นอกจากน้ำมันจะเป็นปัจจัยที่ทำให้ราคาผลิตภัณฑ์สูงขึ้นแล้ว ยังเป็นปัจจัยทำให้มันฝรั่งทอดมีลักษณะชุ่มน้ำมัน และไม่เป็นที่ต้องการของผู้ที่จะบริโภคอีกด้วย ข้อเสียอีกประการหนึ่งของน้ำมันในมันทอดที่มีปริมาณน้ำมันในชิ้นมันสูง จะทำให้กลิ่น และรสเสื่อมเสียได้เร็วขึ้นด้วย (Mookherjee et al., 1956) แต่ถ้ามันทอดมีปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้ต่ำเกินไป จะเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ขาดกลิ่นรสที่ดีได้ ดังนั้น จึงสมควรที่จะได้ศึกษาดูว่าปริมาณ น้ำมันในชิ้นมันทอดนี้ควรจะมีอยู่ปริมาณเท่าใด จึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีกลิ่น และรสดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และไม่ทำให้ราคาสูงจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำมันในมันทอดนี้ Smith (1967) ได้กล่าวว่า ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ คือ

ความถ่วงจำเพาะ หรือน้ำหนักแห้งของมันฝรั่ง Whiteman & Wright (1949) พบว่า เมื่อความถ่วงจำเพาะของหัวมันฝรั่งเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำมันในมันทอดจะลดลง ซึ่งเขาได้อ้างถึงผลการทดลองของ Kunkel ในปี 1951 ที่แยกมันฝรั่งออกเป็น 2 พวกตามความถ่วงจำเพาะ พวกที่มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.0916 เมื่อทำมันทอดแล้วจะมีปริมาณน้ำมันถูกดูดซับอยู่ร้อยละ 32.64 ส่วนพวกที่มี ค วามถ่วงจำเพาะต่ำ 1.0777 จะมีปริมาณน้ำมันอยู่ร้อยละ 37.05

วิธีการเตรียมมันฝรั่งเพื่อทำมันฝรั่งทอดมีผลเกี่ยวกับปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดดังเช่น การทำให้ชิ้นมันฝรั่งแห้งก่อนทอด จะช่วยให้ปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดต่ำลง มันฝรั่งที่มีความชื้นต่ำ จะมีปริมาณน้ำมันถูกซับอยู่ในชิ้นมันทอดต่ำ ชิ้นมันที่หั่นแล้วนำไปตากแห้งประมาณ 10 นาที หรือนานกว่านี้ เพื่อให้ความชื้นลดไปประมาณร้อยละ 25 พบว่าเมื่อนำมาทอดจะดูดซับน้ำมันไว้น้อยลงประมาณร้อยละ 6-8แต่ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดลดลงปริมาณผลผลิตของมันทอดก็จะลดลงด้วย Smith (1967) นอกจากนี้ Stutz & Burris (1948) พบว่า เมื่อนำชิ้นมันฝรั่งสดที่หั่นแล้วจุ่มลงในน้ำเกลือที่เข้มข้นร้อยละ 7.5 เป็นเวลาประมาณ 2 นาที ที่อุณหภูมิ 185 องศาฟาเรนไฮต์ จะทำให้มันทอดดูดซับน้ำมันไว้น้อยลง แต่ยังให้กลิ่นรสของมันฝรั่งทอดเป็นที่พอใจแก่ผู้บริโภค นอกจากนี้ความหนาของชิ้นมันมีผลต่อปริมาณน้ำมันในมันทอดดังที่ Burton (1966) ได้กล่าวว่าตามวิทยานิพนธ์ขั้นดุษฎีบัณฑิตของ R.N. Johnson ที่เสนอต่อมหาวิทยาลัย Ohio พบว่าเมื่อความหนาของชิ้นมันบางลง การดูดน้ำมันจะเพิ่มขึ้นดังมีตัวเลขแสดง

ความหนาของชิ้นมัน (นิ้ว) 0.083 0.067 0.055 0.048 0.042

ร้อยละของน้ำมันที่ดูดซับไว้ 43.85 44.68 46.81 47.61 49.93 และปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับอยู่จริง ๆ จะมีร้อยละ 37-38 ในทุก ๆ กรณี ส่วนที่เกินจากนี้ จะเป็นส่วนที่ติดอยู่ตามผิวหน้าของชิ้นมันฝรั่ง ซึ่งอาจจะกำจัดออกได้บ้าง

ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดมันฝรั่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำมันในชิ้นมันฝรั่ง แม้จะเป็นเพียงปัจจัยรองก็ตาม Vandervet (1968) กล่าวว่า น้ำมันที่เหมาะในการทอด (deep frying) ควรเป็นน้ำมันที่ใช้ในการหุงต้ม และใช้เพื่อการทอดโดยตรงควรจะเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ น้ำมันที่ใช้เพื่อการทอดดีที่สุดควรจะเป็นน้ำมันพืชที่ไฮโดรจีเนตแล้ว (hydrogenated vegetable fats) จากผลการทดลองของ Woodruff & Blunt (1919) พบว่า มันฝรั่งทอดที่ทอดด้วยน้ำมันหมูปริมาณมากกว่ามันฝรั่งที่ทอดด้วยน้ำมันพืช เช่น Wesson oil แต่ Treadway (1959) ได้กล่าวว่าการทอดด้วยน้ำมันหมูจะช่วยให้กลิ่นของมันทอดดีขึ้น นอกจากนี้ยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการทดลองทอดมันฝรั่งด้วยน้ำมันพืชหลายชนิด เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันเมล็ดฝ้าย ซึ่ง King et al., (1936) ได้สรุปว่า การดูดซับน้ำมันในชิ้นมันทอดจะอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกัน

อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดมันฝรั่ง เป็นปัจจัยภายนอกที่สำคัญในการจะทำให้มันทอดมีคุณภาพดีซึ่งโดยปรกติ แล้วถ้าอุณหภูมิขณะทอดมันฝรั่งสูง จะทำให้การดูดซับน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งต่ำเพราะขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของน้ำมันจะต่ำ จึงทำให้มีน้ำมันส่วนน้อยที่จะถูกดูดไว้ได้ในเวลาจำกัด อุณหภูมิในการทอดมันอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ตามปริมาณน้ำตาลในหัวมันฝรั่ง ถ้าหัวมันฝรั่งมีปริมาณน้ำตาลสูง ช่วงของอุณหภูมิในการทอดจะแคบลง และลดต่ำลง (Smith, 1967)

ระยะเวลาในการทอดมันฝรั่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันในมันทอดตามปกติถ้าชิ้นมันแช่อยู่ในน้ำมันเป็นเวลานานย่อมจะดูดน้ำมันไว้ได้มาก ดังนั้น ถ้าใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำจะต้องใช้เวลาทอดนานจึงจะทำให้มีน้ำมันอยู่ในชิ้นมาก ซึ่งเป็นจุดที่ควรจะศึกษาดูว่าควรจะทอดมันที่อุณหภูมิใดจึงจะเหมาะคือให้ทั้งสีมันทอดดี และมีปริมาณน้ำมันอยู่พอเหมาะที่จะให้รสกลิ่นเป็นที่ถูกใจผู้บริโภค

<u>กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด</u> (Flavor of Potato Chips)

กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอดมีความสำคัญเช่นเดียวกับอาหารทั้งหลาย คือควรมีกลิ่น และรสดี เป็นที่พอใจของผู้บริโภค Smith (1967) ได้กล่าวว่า กลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด เป็นที่ยุ่งยากซับซอนที่จะทำการวิเคราะห์ และอธิบายมากกว่ากลิ่น และรสของมันฝรั่งต้ม หรือมันฝรั่งเผา (baked potatoes) หรือมันบด (mashed potatoes) Dunnette & Powers. (1963) ได้กล่าวว่า ในระยะแรกเชื่อว่าสารประกอบพวก volatile carbonyl compounds ทั้งหลายเป็นตัวก่อให้เกิดกลิ่นไม่ดี หรือกลิ่นหืนในมันฝรั่งทอด ซึ่งเขาได้ใช้ Gas-liquid chromatography แยกสารที่ให้กลิ่นเหล่านั้นออกมาได้หลายอย่างด้วยกัน คือ ethanal , propanal , 2-propanone , n-butanal , 2- pentanal , 2,3 butanedione , 2-hexanal และ 2-heptenal และเขายังกล่าวว่า ในปี 1965 Calderon ได้ศึกษาถึงเรื่องกลิ่นของมันฝรั่งทอด และให้ขอคิดว่ากลิ่นของมันฝรั่งทอด มีส่วนเกี่ยวข้องมากกับน้ำมันที่ใช้ทอด และกลิ่น ของมันฝรั่งทอดทั้งหมดนั้นเกิดจากสารประกอบ melanoidins และสารที่ทำให้เกิดกลิ่นและระเหยได้ ต่อมา Mookhejee et al. , (1965) ได้พบว่า carbonyl compound เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่น และรสของมันฝรั่งทอด ซึ่งมี monocarbonyl compound ถึง 18 ชนิด ที่มีส่วนทำให้เกิดกลิ่นรสในมันฝรั่งที่ทอดเสร็จใหม่ ๆ และมี monocarbonyl compound ถึง 19 ชนิด ที่ประกอบกันเป็นกลิ่น และรสของมันฝรั่งทอดที่เริ่มมีกลิ่นไม่ดี คือมีกลิ่นสาบ หรือเหม็นหืน และเขายังพบอีกว่าปริมาณของ monocarbonyl compound นี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในมันฝรั่งทอดที่เริ่มมีกลิ่นรสไม่ดี ดังแสดงในตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.1 Monocarbonyl compounds identified in Potato chips

Carbonyl compds	Fresh (moles/kg)	Stale (mole/kg)
Pentanal	1.0	1.8
Hexanal	1.0	3.4
Heptanal	0.3	0.5
Octanal	0.1	0.2
Nonanal	0.2	0.1
2-Propanone	1.9	4.4
2-Butanone	1.8	2.2
2-Pentanone	0.8	4.0
2-Hexanone	0.4	0.9
2-Heptanone	0.1	0.5
2-Octanone	0.2	0.3
2-Nonanone	0.1	0.1
2-Hexanal	0.0	0.2
2-Heptanal	0.1	0.9
2-Octenal	0.1	0.8
2-Nonenal	0.1	0.3
2-Decenal	0.1	0.2
2-Undecenal	0.1	0.2
2, 4 Decadienal	10.1	1.6
	18.4	22.4

ที่มา : สายสนม (2515)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า 2,4-decadienal เป็นสารประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นในมันฝรั่งทอดที่ทอดเสร็จใหม่ ๆ เพราะมีปริมาณสูงที่สุด ส่วนสารประกอบตัวที่ทำให้มีกลิ่นหืนได้แก่ Hexanal , 2-Pentanone และ 2-Pentanone ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าในส่วนประกอบที่อยู่ในมันฝรั่งที่ทอดเสร็จใหม่ ๆ แต่ Self (1967) ได้กล่าวว่า สารที่ทำให้เกิดกลิ่นในมันฝรั่งทอดที่แท้จริงนั้นเป็นสารประกอบประเภท 2 , 5-dimethyl pyrazine และ Methional ซึ่งเขาชี้ว่าสารเหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดอมิโน ซึ่งมีอยู่ในหัวมันฝรั่งนั้นเอง

สำหรับเรื่องกลิ่น และรสของมันฝรั่งทอดนี้ ควรจะได้ทำการศึกษาและประเมินผลว่าผู้บริโภคจะนิยมกลิ่นและรสของมันฝรั่งทอด ซึ่งควรทำการทอดที่อุณหภูมิใด มีปริมาณน้ำมันในชิ้นมันทอดมากน้อยเพียงใด และสีของมันทอดเป็นอย่างไร

ลักษณะเนื้อหรือความกรอบของมันฝรั่งทอด (Texture or Crispness of Chips)

ลักษณะเนื้อหรือความกรอบของมันฝรั่งทอด นี้ถูกจัดให้อยู่ในประเภทแตกหักป่นง่าย ซึ่งเป็นอาหารที่ไม่มีความหยุ่นอยู่เลย และมีลักษณะเป็นรูพรุนแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดต่าง ๆ กันได้ เมื่ออาหารประเภทนี้ถูกเคี้ยว บางครั้งมักจะเรียกลักษณะเนื้อชนิดนี้ว่า " crunchy " (Matz, 1962) ซึ่งรูพรุนที่เกิดขึ้นนี้ Brown (1960) ได้กล่าวว่า เกิดเนื่องจากไอน้ำภายในเซลมันฝรั่งถูกขับไล่ออกไปอย่างรวดเร็ว ขณะได้รับความร้อนอย่างสูงจากน้ำมันในขณะทอด แล้วฟองอากาศเข้าไปแทกอยู่แทนที่ ซึ่งมีทั้งขนาดใหญ่และเล็ก

Smith (1967) กล่าวว่า คุณภาพของลักษณะเนื้อของอาหารเกือบทุกชนิดมักเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติตามธรรมชาติของสารประกอบประเภท high polymer เช่น แป้ง , pectin , cellulose และ hemicellulose แต่การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเหล่านี้ที่เกิดขึ้นในขบวนการผลิตเป็นที่ทราบกันน้อยมาก โดยเฉพาะสำหรับมันฝรั่งทอด ผลของการทอดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อยังไม่ทราบแน่นอนเช่นกัน เขาได้แต่เพียงคาดคะเนว่าสารประกอบของผนังเซล คือ cellulose , hemicellulose และพวก pectic substance ซึ่งส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ในรูปของ calcium pectinate นี้เป็น polymeric gels ในขณะที่ทำการทอดโครงสร้างของเซลในชิ้นมันฝรั่งยังอยู่ในสภาพเดิม แต่เซลของเม็ดแป้งจะเปลี่ยนสภาพเป็น gel และน้ำในเซลจะระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว แล้วบางส่วนจะถูกแทนที่ด้วยน้ำมัน ซึ่งเป็นจุดสำคัญในการทำให้เกิดปัญหาเรื่องการสิ้นเปลืองน้ำมันในการทำมันทอด Brown (1960) ได้กล่าวว่า น้ำมันในมันที่ทอดแล้วส่วนใหญ่จะอยู่ในผนังเซลและในช่องว่างระหว่างเซล และตามช่องว่างอื่น ๆ จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่จะเข้าไปอยู่ในระหว่างอณูเล็ก ๆ ของแป้งที่ถูกเปลี่ยนให้เป็น gel ภายในเซลของมันทอดนั้น ความกรอบของมันทอดเป็นผลที่ได้จากการแยกของเซล เนื่องจากการขยายตัวของไอน้ำที่อยู่ในชิ้นมันฝรั่ง เมื่อส่วนผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห้งสนิทแน่น (Smith , 1968) และเป็นที่คาดคะเนว่าหัวมันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำจะให้มันทอดที่มีรูพรุนมาก และมีเซลที่แตกมากกว่ามันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูง (Brown , 1960) และ Smith (1967) ยังพบอีกว่าเมื่อเติม Sodium acid pyrophosphate จำนวนเล็กน้อยลงไปในน้ำมันที่ใช้ทอดจะช่วยเพิ่มความกรอบของมันฝรั่งทอด แต่จะทำให้สีของมันฝรั่งทอดเข้มขึ้นเล็กน้อย และยังจะช่วยให้ระยะเวลาในการทอดสั้นลง ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการดูดซับน้ำมันในมันทอดด้วย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครเวฟ

" ไมโครเวฟ " เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและอินฟราเรด ดังนั้นพลังงานจากไมโครเวฟก็คือ พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั่นเอง โดยความถี่ของคลื่นที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารตามบ้านเรือนและในอุตสาหกรรมอาหารคือ 896 MHz สำหรับยุโรปและสหราชอาณาจักร , 915 MHz ในประเทศสหรัฐอเมริกา และ 2,450 MHz สำหรับการใช้งานโดยทั่วไป สาเหตุที่ช่วงคลื่นดังกล่าวนิยมใช้กันมาก เนื่องจาก

1. การใช้เครื่องกำเนิดไมโครเวฟ (Microwave generator) ที่ความถี่เหล่านี้เป็นระดับพลังงานที่ใช้ได้ดี และค่าใช้จ่ายเหมาะสม

2. ความยาวคลื่นที่ความถี่เหล่านี้สอดคล้องกับมิติของอาหาร ทำให้มีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนสูงกว่าช่วงความถี่ที่สูงหรือต่ำกว่านี้

คุณสมบัติของคลื่นไมโครเวฟ

1.การสะท้อนกลับ (Reflection) โดยไมโครเวฟจะเกิดการสะท้อนกลับเมื่อกระทบกับโลหะ

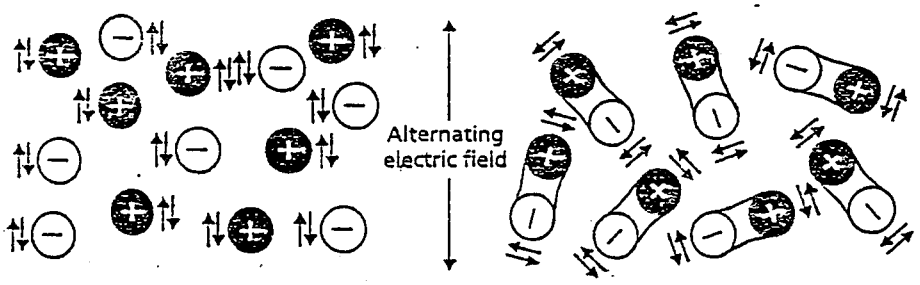
2.การส่งผ่าน (Transmission) คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าได้ ตัวอย่างเช่น แก้ว , พลาสติกส่วนใหญ่ , เซรามิก และกระดาษ เป็นต้น

3.การดูดซึม (Absorption) ในวัตถุที่มีประจุทางไฟฟ้าจะสามารถดูดซึมคลื่นไมโครเวฟได้ เช่น น้ำ และ โปรตีน เป็นต้น

กลไกการเกิดความร้อนของไมโครเวฟ

ไมโครเวฟจะทะลุทะลวงผ่านลงไปในอาหาร ซึ่งขณะที่ทะลุผ่านนั้น พลังงานไมโครเวฟจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนโดยตัวอาหารเอง ซึ่งความร้อนนี้เกิดจากการจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่มีขั้วและโมเลกุลมีประจุทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 การจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่มีขั้วและโมเลกุลที่มีประจุในอาหาร

ที่มา : Mullin (1995)

ตัวอย่างเช่น โมเลกุลของน้ำประกอบด้วย ส่วนที่มีประจุลบของอะตอมออกซิเจน และส่วนที่มีประจุบวกของอะตอมไฮโดรเจน ซึ่งเรียกว่ามีลักษณะอิเลกตริกไดโพล (electric dipole) โดยปกติแล้วโมเลกุลของน้ำจะมีการเคลื่อนที่อย่างอิสระ แต่เมื่อได้รับสนามไฟฟ้า จะทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโมเลกุลให้สอดคล้องกับสนามไฟฟ้า และเมื่อสนามไฟฟ้าหมดไปจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่อย่างอิสระอีกครั้ง การเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าสลับไปมาอย่างรวดเร็วประมาณหลายล้านครั้งต่อวินาที เช่น ที่ความถี่ 2,450 MHz จะทำให้เกิดพลังงานจลน์และเกิดความร้อนขึ้น ซึ่งความร้อนนี้จะใช้ในการหุงต้มอาหารนั่นเอง สำหรับโมเลกุลที่มีขั้วอื่นๆ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ก็ใช้หลักการนี้ในการเกิดความร้อนเช่นเดียวกัน

<u>ศัพท์ที่น่าสนใจสำหรับไมโครเวฟ</u>

<u>ค่าคงที่ไดอิเลกตริก</u> (Dielectric constant) จำนวนโมเลกุลไดโพล (dipole)และการเปลี่ยนแปลงซึ่งถูกเหนี่ยวนำด้วยสนามไฟฟ้าจะเป็นตัวกำหนดค่าคงที่ไดอิเลกตริก โดยค่านี้จะเป็นสัดส่วนความจุของประจุในอาหารต่อความจุของอากาศหรือในบางกรณีอาจเป็นสูญญากาศ

<u>ช่วงเวลารีแลกซ์</u> (Relaxation time) คือช่วงเวลาก่อนที่ไดโพลจะตอบสนองต่อสนามไฟฟ้า

<u>ลอสแฟกเตอร์</u> (Loss factor , Dielectric loss or Loss tangent) คือ ปริมาณพลังงานที่ถูกดูดกลืนและเปลี่ยนเป็นความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ภาชนะที่ใช้สำหรับเตาอบไมโครเวฟ</u>

ควรทำจากวัสดุที่มีค่าลอสแฟกเตอร์ต่ำ และไม่สะท้อนคลื่นไมโครเวฟ เช่น แก้ว กระดาษ และ โพลีเมอร์บางชนิด เป็นต้น

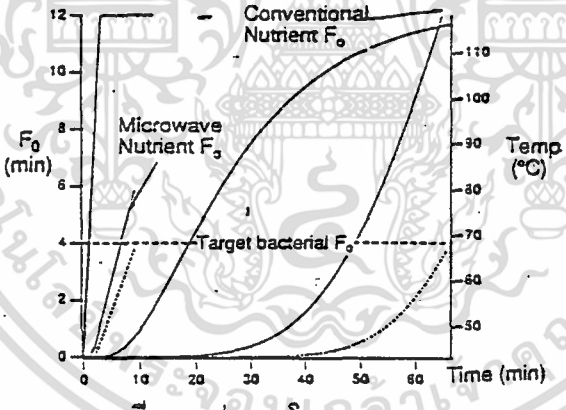
<u>เตาอบไมโครเวฟ</u>

เตาอบไมโครเวฟเป็นเตาที่ใช้พลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการทำให้อาหารสุก โดยคลื่นจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า แล้วส่งผ่านไปยังอาหาร ทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือนและการเสียดสี เกิดความร้อนและสุกด้วยตัวของมันเอง โดยในขณะที่หุงต้มด้วยไมโครเวฟ พลังงานของคลื่นจะไม่รบกวนเครื่องรับใดๆ

<u>ข้อดีและข้อเสียของไมโครเวฟ</u> (Richardson , 1986)

<u>ข้อดีของไมโครเวฟ</u>

1. การให้ความร้อนสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว โดยเร็วกว่าวิธีธรรมดาประมาณ 4 เท่า ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสูงในด้านรสชาติ , เนื้อสัมผัส , คุณค่าทางโภชนาการ และยังทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้นอีกด้วย ซึ่งสามารถเปรียบเทียบการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการได้ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 2 แสดงการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร
เปรียบเทียบระหว่างวิธีการธรรมดาและไมโครเวฟ

ที่มา : Sohlegel (1992)

2. การกระจายความร้อนทั่วถึงทั้งผลิตภัณฑ์มากกว่าวิธีธรรมดา

3. การควบคุมความร้อนในกระบวนการผลิตที่ใช้ไมโครเวฟสามารถทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยการเดินเครื่องและหยุดเครื่องทำได้อย่างรวดเร็ว

4. ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการบรรจุแล้วสามารถใช้ไมโครเวฟในการให้ความร้อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ลดปัญหาการไหม้ที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์เนื่องจากไม่มีการสัมผัสกับแผ่นให้ความร้อนโดยตรง

6.การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูงสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการส่งผ่านความร้อนจะไม่ขัดขวางการไหลของผลิตภัณฑ์

7. เตาอบไมโครเวฟมีขนาดเล็กกว่าเครื่องมือที่ใช้ในวิธีธรรมดา จึงช่วยประหยัดพื้นที่ในโรงงาน

8. ประหยัดพลังงานเนื่องจากลด เวลาในการอุ่นเครื่อง (warmup time) และความร้อนจะเกิดขึ้นเฉพาะในอาหารเท่านั้น จึงไม่เกิดการสูญเสียพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อม

9. ประหยัดเวลา เนื่องจากการให้ความร้อนสามารถทำได้เร็วกว่าวิธีธรรมดาถึงประมาณ 4 เท่า

ข้อเสียของไมโครเวฟ

1. ต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงกว่าวิธีธรรมดา เนื่องจากลักษณะพิเศษของเครื่องมือและค่าไฟฟ้า โดยการใช้พลังงานในรูปอื่นจะราคาถูกกว่า

2.ประสิทธิภาพของแมกนีตรอนต่ำ โดยพลังงานไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นพลังงานไมโครเวฟได้เพียง 50 - 55 % ที่ความถี่ 2,450 MHz แต่ในปัจจุบันที่ความถี่ต่ำ เช่น 896 MHz แมกนีตรอนจะมีประสิทธิภาพ 90 - 95 %

3. ความไม่สม่ำเสมอของความร้อนเนื่องจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ขนาดและรูปร่างไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น ความร้อนที่สูงเกินไปมักเกิดบริเวณมุม , ริม และส่วนที่แหลมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้รับพลังงานสูงเกินไป ส่วนความร้อนที่ต่ำเกินไปมักเกิดบริเวณส่วนกลางของผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่

4.ความไม่สม่ำเสมอของความร้อนเนื่องจากการออกแบบที่ไม่ดีทำให้รูปแบบของคลื่นไมโครเวฟไม่แน่นอน

5.สำหรับการอบโดยใช้ไมโครเวฟ เวลาที่ให้ความร้อนอาจเร็วเกินไปที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์สุกอย่างเต็มที่ และอุณหภูมิที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์อาจสูงไม่พอที่จะทำให้เกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ส่วนประกอบของเตาอบไมโครเวฟ</u>

โดยทั่วไประบบของเตาอบไมโครเวฟประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก (Schlegel , 1982) ดังต่อไปนี้

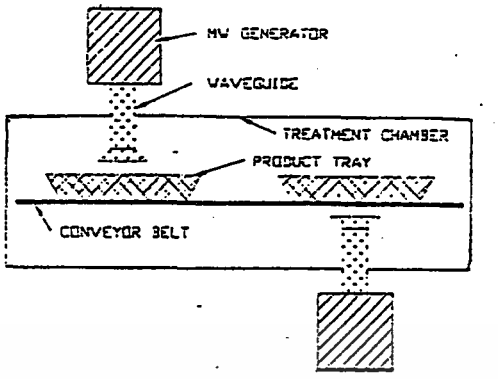
1. เครื่องกำเนิดไมโครเวฟ (Microwave generator or Magnetron) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานไมโครเวฟความถี่สูง สำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมแมกนีตรอนแต่ละตัวจะมีพลังงานประมาณ 1.2 kw. และอาจถูกเชื่อมเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถปรับระดับพลังงานให้เหมาะกับความต้องการของผลิตภัณฑ์ได้

2. ระบบท่อนำคลื่น (Waveguide system) เป็นท่อส่งพลังงานไมโครเวฟไปยังจุดที่ต้องการใช้งาน เพื่อให้พลังงานสามารถส่งตรงไปยังพื้นที่จุดเล็กๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยป้องกันการแพร่กระจายของคลื่นออกสู่ภายนอก นอกจากนี้ยังทำให้อายุการใช้งานของแมกนีตรอนนานขึ้น

3. ห้องปฏิบัติการ (Treatment chamber) อาหารจะได้รับไมโครเวฟขณะที่เคลื่อนที่อยู่บนสายพานในห้อง (Chamber) ส่วนเตาอบไมโครเวฟตามบ้านเรือนอาหารจะได้รับไมโครเวฟขณะที่อยู่บนจานหมุนในตู้เช่นกัน

แมกนีตรอนประกอบด้วยขั้วคาโทดและแอโนด ขั้วคาโทดจะเป็นโลหะทรงกระบอก เมื่อได้รับความร้อนจะปล่อยอิเล็กตรอนอิสระออกมา เมื่อให้ความต่างศักย์สูงอิเล็กตรอนเหล่านี้จะปลดปล่อยพลังงานในรูปไมโครเวฟ พลังงานจะถูกถ่ายเทไปยังส่วนนำคลื่นโดยแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนนำคลื่นจะสะท้อนพลังงานไปสู่อาหาร ในระบบที่มีการทำงานแบบไม่ต่อเนื่องส่วนที่ส่งคลื่นอาจมีการหมุนเพื่อกระจายคลื่น หรืออาหารจะวางบนจานหมุนเพื่อลดหรือกำจัดจุดที่ไม่ได้รับคลื่นซึ่งอาจเกิดขึ้นในอาหาร ในระบบแบบต่อเนื่องจะมีการออกแบบให้สามารถส่งคลื่นไมโครเวฟให้กับชิ้นอาหารที่กำลังเคลื่อนที่บนสายพาน ในการออกแบบอุปกรณ์สิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงคือ พลังงานที่ถูกส่งออกมาจากแมกนีตรอนจะต้องสัมพันธ์กับขนาดของห้องให้ความร้อน กำลังที่ใช้ในอุปกรณ์แบบต่อเนื่องจะอยู่ในช่วง 30 - 120 kw. ตัวอย่างของเครื่องไมโครเวฟระบบต่อเนื่องแสดงดังรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
97058



รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องไมโครเวฟ
ที่มา : Schlegel (1992)

จากรูปแมกนีตรอนจะถูกติดตั้งทั้งด้านบนและด้านล่างของสายพานตลอดทางที่ผลิตภัณฑ์เคลื่อนผ่าน เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ได้รับพลังงานอย่างแน่นอน และยังทำให้ส่วนประกอบของอาหารแต่ละส่วนได้รับพลังงานในระดับที่ต้องการ เช่น ในอาหารประกอบด้วยเนื้อ , ผัก และก๋วยเตี๋ยว เนื้อจะได้รับพลังงานมากกว่าก๋วยเตี๋ยว และผักจะได้รับพลังงานน้อยที่สุด เป็นต้น จำนวนของแมกนีตรอนในแต่ละเครื่องจะขึ้นอยู่กับการออกแบบ โดยปกติจะมีประมาณ 6 - 24 แมกนีตรอนต่อเครื่อง การควบคุมแต่ละแมกนีตรอนจะใช้คอมพิวเตอร์ พลังงานจะถูกโปรแกรมให้อยู่ในช่วง 10 - 100 % และสามารถเริ่มผลิตใหม่ได้ตลอดเวลา

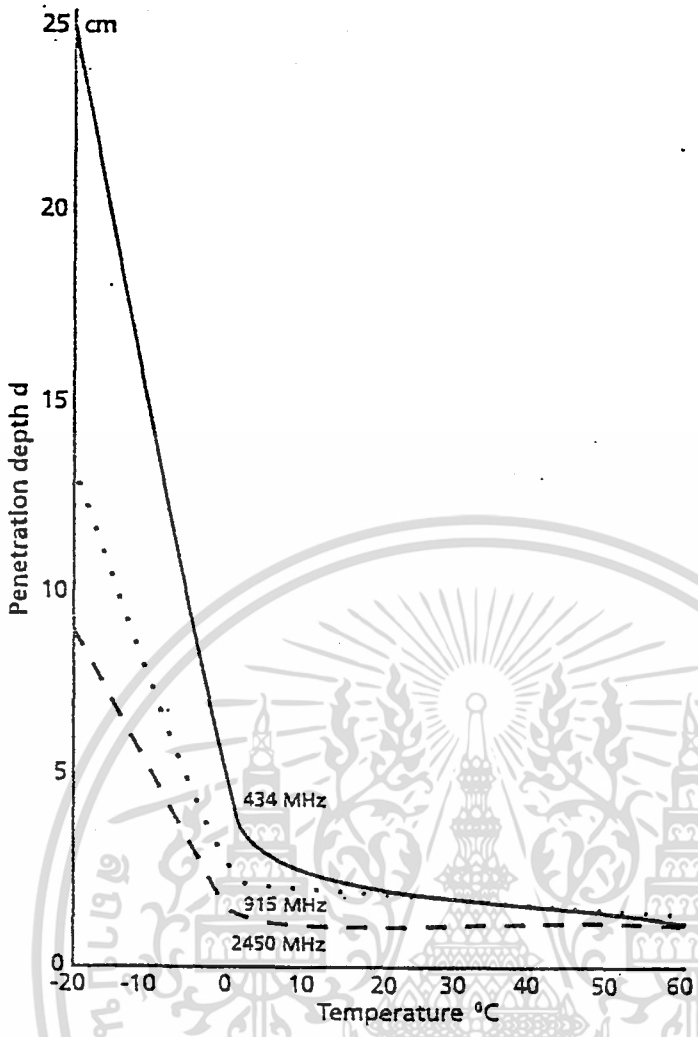
<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ</u>

1. ความถี่ของคลื่น คลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ต่ำ (เช่น 896 และ 915 Mhz) จะมีการทะลุผ่านชิ้นอาหารได้ดีกว่า ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4 และมีความสม่ำเสมอในการให้ความร้อนมากกว่าเมื่อใช้กับอาหารที่มีขนาดเล็กหรืออาหารที่มีค่าลอสแฟกเตอร์ต่ำ (ระดับความลึกของการทะลุผ่านไม่ใช่สิ่งจำเป็น การเลือกใช้ความยาวคลื่นขึ้นกับความเหมาะสมในการใช้พลังงาน)

2. ความเข้มของสนามไฟฟ้า เมื่อความเข้มของไฟฟ้ามากขึ้น การให้ความร้อนกับอาหารจะใช้เวลาน้อยลง ซึ่งสามารถใช้จุดนี้เป็นตัวปรับอัตราเร็วในการให้ความร้อนกับอาหาร

3. ความชื้นในอาหาร เนื่องจากน้ำมีค่าลอสแฟกเตอร์สูง อาหารที่มีความชื้นสูงจึงสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้รวดเร็ว และความชื้นที่สูงนี้จะทำให้เกิดการดูดซับไมโครเวฟได้มาก แต่จะลดระดับความลึกในการทะลุผ่าน ส่วนความชื้นต่ำก็สามารถให้ความร้อนได้ดีเช่นเดียวกันเนื่องจากมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity) ต่ำ และเมื่อความชื้นลดลงยังทำให้ความลึกในการทะลุผ่านเพิ่มขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แสดงระดับความลึกในการทะลุผ่านของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในเนื้อวัวดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เปรียบเทียบกันใน 3 ระดับความถี่

ที่มา : Mullin (1995)

4. อุณหภูมิของอาหาร อุณหภูมิของอาหารจะมีผลต่อสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงพลังงานและมีผลต่อสถานะขององค์ประกอบที่ดูดกลืนพลังงานได้ดีในอาหาร เช่น น้ำ ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

5. รูปร่างของอาหาร อาหารที่มีขนาดใหญ่มากหรือมีความหนามาก เมื่อใช้ไมโครเวฟที่มีความถี่สูงเกินไปอาจทำให้ไมโครเวฟไม่สามารถทะลุผ่านเข้าไปถึงกึ่งกลางชิ้นอาหารได้ ทำให้การเพิ่มอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอทั้งชิ้น ความสม่ำเสมอของรูปร่างก็มีผลต่อการให้ความร้อนเช่นเดียวกัน อาหารที่มีรูปร่างสม่ำเสมอจะถูกให้ความร้อนได้สม่ำเสมอกว่า อาหารรูปร่างทรงกลมจะถูกให้ความร้อนได้สม่ำเสมอกว่าอาหารที่มีเหลี่ยมมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.การนำไฟฟ้า เนื่องจากการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลที่มีประจุในอาหารจึงมีความสัมพันธ์กับการนำไฟฟ้าของอาหาร เมื่อเพิ่มการนำไฟฟ้าให้กับอาหาร เช่น เติมเกลือ หรือสารอื่นที่สามารถแตกตัวให้ประจุ จะทำให้อัตราการให้ความร้อนสูงขึ้น แต่อาจมีผลต่อการทะลุผ่านเข้าไปในเนื้ออาหารและทำให้การให้ความร้อนไม่สม่ำเสมอได้

7. การนำความร้อนของอาหาร ระหว่างการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟจะเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนในชิ้นอาหารด้วย ซึ่งเห็นได้ชัดในกรณีอาหารชิ้นใหญ่หรือมีความหนามาก ไมโครเวฟจะไม่สามารถทะลุเข้าไปถึงจุดกึ่งกลางได้ แต่สำหรับอาหารชิ้นเล็กหรือมีความหนาไม่มาก การนำความร้อนจะไม่มีผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิมากนัก

8. ความร้อนจำเพาะของอาหาร จะมีความสำคัญในกรณีที่อาหารชนิดนั้นๆ มีสัมประสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงพลังงานต่ำ ความร้อนจำเพาะของอาหารจะมีผลต่ออัตราเร็วในการเพิ่มอุณหภูมิ การควบคุมความร้อนจำเพาะเป็นเทคนิคหนึ่งในการให้ความร้อนกับอาหารที่มีหลายองค์ประกอบ โดยจัดลัดส่วนขององค์ประกอบให้มีค่าความร้อนจำเพาะใกล้เคียงกัน

<u>การเก็บรักษาอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ</u>

การเก็บรักษาอาหารโดยใช้ไมโครเวฟสามารถแบ่งได้เป็น 4 วิธี ดังต่อไปนี้

1. การพาสเจอไรซ์และการสเตอริไรซ์
2. การยับยั้งเอนไซม์
3. การละลายน้ำแข็ง
4. การทำแห้ง

<u>การพาสเจอไรซ์และการสเตอริไรซ์ (Pasteurization & Sterilization)</u>

<u>การพาสเจอไรซ์</u> (Pasteurization) เป็นการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่ำ โดยใช้อุณหภูมิในช่วง 60 - 82 ^{o}C การพาสเจอไรซ์สามารถทำลายยีสต์ , รา และเซลล์แบคทีเรีย แต่ไม่ทำลายสปอร์ นอกจากนั้นการพาสเจอไรซ์ยังช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำให้อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์นานขึ้น โดยอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ควรเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (Hartfinger , 1992)

<u>การสเตอริไรซ์</u> (Sterilization) เป็นการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 110 - 130 ^{o}C ภายใต้ความดันสูง 2.3 - 2.5 บาร์ ซึ่งจะสามารถทำลายยีสต์ , รา , เซลล์แบคทีเรียรวมทั้งสปอร์ด้วย ดังนั้นอาหารที่ผ่านการสเตอริไรซ์จึงสามารถเก็บได้นานที่อุณหภูมิห้อง (Hartfinger , 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ไมโครเวฟในการพาสเจอไรซ์ และ สเตอริไรซ์สามารถถนอมอาหารได้เนื่องจากความร้อนจากไมโครเวฟจะยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหารเช่นเดียวกับวิธีการให้ความร้อนโดยทั่วไป ความร้อนจะทำให้เกิดการเสียสภาพของเอนไซม์ โปรตีน กรดนิวคลีอิก หรือส่วนประกอบอื่นๆ ที่มีความสำคัญต่อเมตาบอลิซึมและการสืบพันธุ์ของเซลล์ ทำให้เซลล์เหล่านั้นตาย นอกจากนี้ เมตาบอไลท์ (metabolite) และ โคแฟกเตอร์ (cofactor) ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับกิจกรรมภายในเซลล์อาจเกิดการรั่วไหลผ่านเมมเบรนซึ่งถูกทำลายด้วยความร้อน เป็นผลให้เกิดการทำลายจุลินทรีย์เช่นเดียวกัน (Chipley , 1980)

<u>ผลของไมโครเวฟต่อจุลินทรีย์</u>

Fung และ Cunningham (1980) ได้สรุปความสัมพันธ์ของผลกระทบอันเกิดจากคลื่นไมโครเวฟและการอยู่รอดของจุลินทรีย์ไว้ดังนี้

1.การให้ความร้อนแก่อาหารโดยใช้ไมโครเวฟนั้นจะมีประสิทธิภาพมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการสั่นสะเทือนโมเลกุลของน้ำภายในอาหารนั่นเอง

2. ในกรณีของอาหารสำเร็จรูปที่ต้องนำมาอุ่นด้วยไมโครเวฟก่อนรับประทาน ซึ่งผู้ผลิตได้ระบุเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนไว้ที่ฉลากนั้น อาจยังไม่เพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ในปริมาณสูงๆ ที่ปนเปื้อนมาในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอการจำหน่าย ดังนั้นผู้บริโภคจึงจำเป็นต้องระมัดระวังและใช้เวลาในการอุ่นอาหารให้นานขึ้น

3.การใช้ไมโครเวฟร่วมกับวิธีการอื่นๆ จะช่วยให้อาหารได้รับความร้อนทั่วถึงและสม่ำเสมอมากกว่าการใช้ไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้มากขึ้น เนื่องจากถ้าใช้เฉพาะไมโครเวฟความร้อนที่เพิ่มขึ้นในอาหารจะรวดเร็วมาก ทำให้จุลินทรีย์ได้รับความร้อนในอุณหภูมิช่วง "Lethal" ในเวลาที่สั้นเกินไป จุลินทรีย์จึงสามารถรอดชีวิตอยู่ได้

4.เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณและขนาดของชิ้นอาหารเช่นเดียวกับการให้ความร้อนด้วยวิธีการทั่วไป นอกจากนี้ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟก็มีผลต่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเช่นกัน โดยที่ความถี่ 915 MHz จะมีความสามารถในการทะลุผ่านชิ้นอาหารได้ดีกว่าที่ความถี่ 2,450 MHz จึงทำให้จุดกึ่งกลางของอาหารได้รับความร้อนทั่วถึง ในขณะที่ความถี่ดังกล่าวนี้สามารถดูดซึมที่ผิวหน้าอาหารได้น้อยกว่าที่ความถี่ 2,450 MHz

5.ประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการทำลายแบคทีเรียนั้นมีความสามารถแตกต่างกันขึ้นกับสปีชีส์ของแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียที่ต่างสปีชีส์กันจะมีความสามารถในการอยู่รอด (Survival

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

Ability) แตกต่างกัน ส่วนสปอร์จะมีความต้านทานต่อความร้อนมากกว่าเซลล์ ดังนั้นในการศึกษาประสิทธิภาพของไมโครเวฟในการฆ่าเชื้อจึงจำเป็นต้องทราบถึงรายละเอียดของแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนั้นๆ ด้วย

6.ข้อสงสัยเกี่ยวกับผลของไมโครเวฟที่มีต่อจุลินทรีย์ระหว่างผลกระทบที่เกิดจากความร้อน (Thermal effect) และผลกระทบที่ไม่เกี่ยวข้องกับความร้อน (Athermal effect) ยังคงไม่กระจ่างชัดเนื่องจากไม่ปรากฏหลักฐานยืนยันที่แน่นอนในกรณีของผลกระทบในประการหลัง

ผลของไมโครเวฟต่อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในอาหาร (Pathogenic Bacterias)

Salmonella spp.

Heddleson และคณะ (1994) ได้ทำการศึกษาความร้อนของไมโครเวฟในด้านความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของอาหารต่ออุณหภูมิที่ได้รับซึ่งจะสัมพันธ์ต่อไปยังปริมาณ *Salmonella spp.* ที่ถูกทำลาย ผลการทดลองพบว่า ส่วนประกอบของอาหารที่แตกต่างกัน (ได้ทำการทดลองกับ ไขมัน โปรตีน เกลือ และคาร์โบไฮเดรต) มีเพียง NaCl เท่านั้นที่มีผลต่ออุณหภูมิและก่อให้เกิดการทำลาย *Salmonella spp.* เกลือจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นและทำให้เกิดความร้อนซึ่งไม่สม่ำเสมอแก่ *Salmonella spp.*

Sawer และ คณะ ได้ทำการศึกษาการอยู่รอดของเชื้อ *S . senftenberg* และ *S.aureus* ในเนื้อที่ทำการห่อด้วยโพลีไวนิลลิดีนคลอไรด์ (polyvinylidene chloride) หลังจากทำการฆ่าเชื้อด้วยไมโครเวฟโดยทดลองในเนื้อไก่ , แฮม และเนื้อหมู ผลการทดลองพบว่าจำนวนแบคทีเรียที่พบ (Bcateria Counts) ในเนื้อที่ทำการห่อมีน้อยกว่าเนื้อที่ไม่ได้ทำการห่อ โดยทำการใส่เชื้อ *S . aureus* ที่ผิวของเนื้อประมาณ 10^7 CFU/g. ลงในเนื้อไก่แล้วให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิสุดท้าย 84 ^{o} C เนื้อไก่ที่ทำการห่อจะมีเชื้อเหลืออยู่ 1.65 $\log_{10}$ CFU/g. เทียบกับเนื้อไก่ที่ไม่ได้ทำการห่อจะมีเชื้ออยู่ถึง 1.78 $\log_{10}$ CFU/g.

Schnepf และ Barbeau ได้ศึกษาประสิทธิภาพของไมโครเวฟเทียบกับวิธีการพาความร้อนร่วมกับการใช้ไมโครเวฟและเทียบกับการใช้เตาอบไฟฟ้า ในการกำจัด *S. typhimurium* ในไก่อบ ซึ่งทำการทดลองโดยจุ่มไก่ลงใน 0.1 % เปปโตน (peptone broth) ที่มีเชื้อ *S . typhimurium* อยู่ปริมาณ 10^7 CFU/ml. แล้วให้ความร้อนกับไก่จนมีอุณหภูมิภายในต่ำสุด (Minimum internal temperature) 74 , 77 , 79 และ 85 ^{o} C [ค่าอุณหภูมิภายในต่ำสุดที่เลือกใช้ในการทดสอบได้จากการแนะนำของ USDA (ที่ 71 ^{o} C) , FDA (ที่ 74 ^{o} C) และ American Home Economics Association (ที่ 85 ^{o} C)] ผลการทดลองปรากฏว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตาอบไมโครเวฟมีประสิทธิภาคต่ำที่สุดในการฆ่าเชื้อ *S. typhimurium* ส่วนเตาอบไฟฟ้าและการใช้วิธีการร่วมกันระหว่างการพาความร้อนและไมโครเวฟให้ผลใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิ 85 ^{o} C ความร้อนจากไมโครเวฟก็ไม่สามารถทำลาย Salmonella ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าไม่สามารถใช้อุณหภูมิภายในต่ำสุดเป็นจุดที่ปลอดภัยสำหรับการหุงต้มด้วยเตาอบไมโครเวฟได้ เนื่องจากไมโครเวฟจะทะลุผ่านเข้าไปในอาหารทำให้บริเวณผิวหน้าอาหารเป็นจุดที่มีอุณหภูมิต่ำสุดเนื่องจากเกิดการระเหยของน้ำ การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟนั้นจะแตกต่างกับการให้ความร้อนด้วยเตาอบไฟฟ้าซึ่งการให้ความร้อนจะถ่ายเทจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน

Listeria spp.

Galuska และคณะ (1988) ได้ศึกษาการทำลาย *L. monocytogenes* โดยใช้ความร้อนจากไมโครเวฟ ทำการทดลองการทนต่ออุณหภูมิของสายพันธุ์ Scott A และ V7 ในนมผงพร่องมันเนย แล้วคำนวณค่า D ทำทั้งสิ้น 5 อุณหภูมิในช่วง 60 - 82.2 ^{o}C และเปรียบเทียบผลที่ได้กับการให้ความร้อนด้วย water bath ผลการทดลองพบว่า ค่า D จาก water bath ต่ำกว่าค่า D จากไมโครเวฟ และเมื่อใช้อุณหภูมิที่ 71.1 ^{o}C จะสามารถลดจำนวน *Listeria spp.* ลงได้ 4 - 5 $\log_{10}$ cycle ภายในเวลา 15 วินาที จึงสามารถสรุปได้ว่าที่อุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ปกติ การใช้ไมโครเวฟเพื่อทำลาย *Listria Monocytogenes* ให้ผลดีเท่ากับวิธีธรรมดา

Lund และคณะ ได้ทำการทดสอบการอยู่รอดของ *L. monocytogenes* ภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟในไก่ยัดไส้ โดยทำการใส่เชื้อทั้งด้านในและบริเวณผิวของไก่ประมาณ 10^{7} CFU/g. โดยใช้ไมโครเวฟพบว่า แม้ว่าตำแหน่งต่างๆ ของไก่จะมีอุณหภูมิสูงอยู่หลายค่า (ในไส้ไก่จะมีอุณหภูมิ 72 - 85 ^{o} C) แต่ก็ยังพบเชื้อ *L. monocytogenes* อยู่ ซึ่งการที่อุณหภูมิมีหลายค่านั้นแสดงให้เห็นถึงการไม่สม่ำเสมอของความร้อน ดังนั้นจึงควรเพิ่มเวลาให้เกิดสมดุลย์ของอุณหภูมิทั่วทั้งชิ้นอาหารเพื่อให้แน่ใจว่าสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้จนอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

Staphylococcus aureus

ได้ทำการใส่เชื้อ *S. aureus* ลงใน beef - soy loaves แล้วให้ความร้อนโดยใช้เตาอบชนิดพาความร้อนที่อุณหภูมิ 121 ^{o} C ทำให้ภายในขนมปังมีอุณหภูมิ 60 ^{o} C จะสามารถลดระดับเชื้อได้จากประมาณ 104 CFU/g. เหลือเพียง 23 CFU/g. ที่จุดกึ่งกลางของขนมปัง หลังจากนั้นนำขนมปังมาทำการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 ^{o} C เป็นเวลา 24 - 72 ชม. แล้วนำมาให้ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนอีกครั้งด้วยไมโครเวฟทำให้ภายในขนมปังมีอุณหภูมิ 80 ^{o}C จะสามารถกำจัด *S. aureus* ได้ แต่อย่างไรก็ตามจะยังคงเหลือสารพิษ (toxin) อยู่ เนื่องจากไมโครเวฟไม่สามารถยับยั้งสารพิษได้ (Bunch และคณะ ,1977)

Creamer และ Chipley (1980) ได้ทำการทดลองให้ความร้อนเนื้อวัวอบโดยใช้เตาอบธรรมดาที่อุณหภูมิ 135 - 145 ^{o}C แล้วนำมาเก็บนานประมาณ 45 ชม. หลังจากนั้นนำมาให้ความร้อนอีกครั้งด้วยไมโครเวฟจะเกิดการเพิ่มจำนวนแบคทีเรีย 3 - 11 เท่า จากจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้นซึ่งน้อยกว่า 200 CFU/g. เนื่องจากการเก็บทำที่อุณหภูมิที่เชื้อเจริญได้ดี นอกจากนี้ยังพบเชื้อ *C. sporogenes* , *C. perfringens* , *Bacillus spp.* , *S. aureus* และ *S. epidermis* จากการทดลองคาดว่า Staphylococci และ Clostridia ทนความร้อนได้ดีมากกว่า Coliforms และจากการศึกษาในเรื่องนี้สรุปได้ว่า ควรจะลดการปนเปื้อนของอาหารจากระบบปฏิบัติการให้น้อยที่สุด เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิหลังจากการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ทำให้ไม่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในอาหารได้อย่างเพียงพอ นอกจากนั้นอาหารที่ใช้ควรจะมีความสม่ำเสมอทางด้านขนาด และส่วนประกอบเพื่อให้การใช้กำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟทำได้อย่างเพียงพอ

Clostridium perfringens

Blanco และ Dawson (1974) ได้ทำการศึกษาไก่ที่ใส่เชื้อ *C. perfringens* ในไก่ซึ่งแช่แข็งแล้วทำการละลายน้ำแข็งและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ โดยทำการทดสอบผลของความถี่ของคลื่นที่ใช้เปรียบเทียบระหว่าง 915 และ 2,450 MHz ผลการทดลองพบว่าที่ 915 MHz สามารถทำลาย *C. perfringens* ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ซึ่งอาจเป็นเพราะต้องใช้เวลานานมากกว่าเพื่อให้ถึงอุณหภูมิสุดท้ายที่กำหนดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความถี่ 2,450 MHz นอกจากนี้ยังพบว่าการแช่แข็งและการละลายน้ำแข็งก่อนที่จะนำมาให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟจะสามารถลดสปอร์และเซลล์จุลินทรีย์ได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ความร้อนระดับใดในการแปรรูปอาหารนั้นขึ้นอยู่กับ พีเอช (pH) , a_w และอุณหภูมิในการเก็บ

ตารางที่2.2 แสดงอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

pH	a_w	Storage	Shelf Life (days)	Treatment required
< 4.2	All	Ambient	180 - 360	Pasterurization (P)
4.2 - 4.6	All	Ambient	90	P
4.6 - 5.0	< 0.9	Ambient	180 - 360	P
	0.9 - 0.95	Refrigerated	90	P
	> 0.95	Refrigerated	30 - 90	P
> 5.0	< 0.9	Ambient	180	P
	0.9 - 0.95	Refrigerated	90	P
	> 0.95	Refrigeraed	30	P
		Ambient	360 +	Sterlization

ที่มา : Hartfinger (1992)

<u>ขั้นตอนการสเตอริไรซ์โดยใช้ไมโครเวฟ</u> (Hartfinger ,1992)

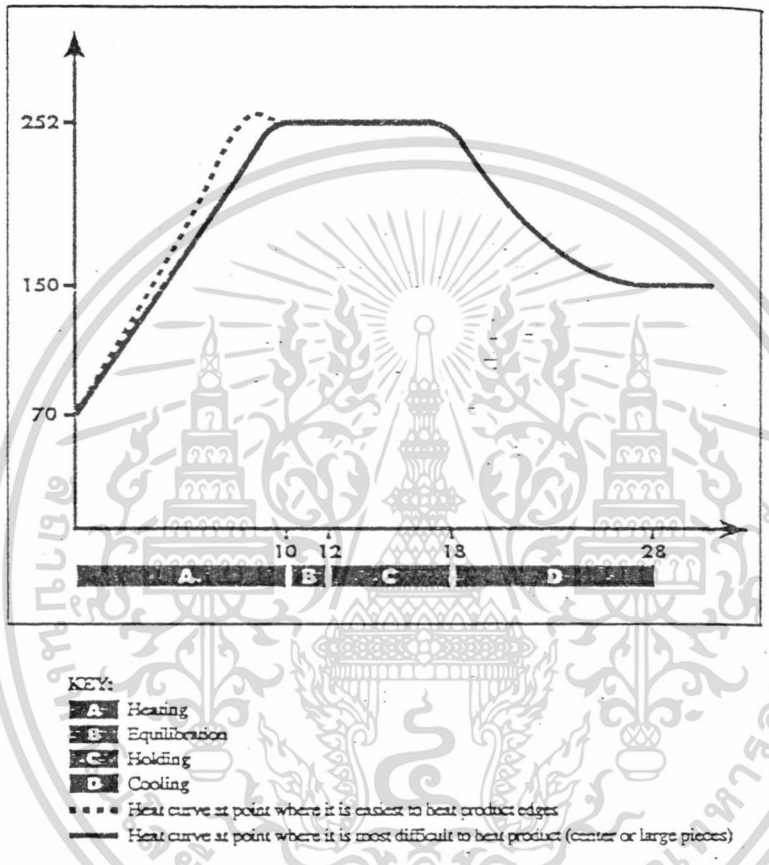
1.<u>การให้ความร้อน</u> (Heating) เป็นการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ประมาณ 122 ^{o} C (252 ^{o} F) เพื่อให้ถึงระดับการสเตอริไรซ์ ซึ่งการใช้อุณหภูมิสูงนี้จะทำให้เกิดความดันภายในบรรจุภัณฑ์ ถ้าความดันบรรยากาศภายนอกสูงไม่เท่ากับค่าความดันภายในนี้ จะทำให้บรรจุภัณฑ์ขยายตัวจนเกิดการระเบิดได้ จึงต้องมีการให้ความดันสูง 2.3 - 2.5 บาร์ เพื่อรักษาสมดุลย์ของความดันแก่บรรจุภัณฑ์ซึ่งจะช่วยป้องกันการเสียรูปร่างของผลิตภัณฑ์ได้ เวลาที่ใช้ในขั้นนี้จะประมาณ 8 - 12 นาที โดยเวลานี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ , อุณหภูมิเริ่มต้น , ขนาดและน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์

2.<u>การปรับสมดุลย์</u> (Equilibration) เป็นการปรับสมดุลย์ให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความร้อนสม่ำเสมอเท่ากันทุกจุด โดยใช้เวลาประมาณ 2 - 3 นาที

3.<u>การรักษาสภาวะ</u> (Holding) โดยควบคุมให้มีอุณหภูมิประมาณ 122 ^{o} C ชั่วระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้ได้ค่า F_0 ตามที่กำหนดไว้ ปกติจะใช้เวลาประมาณ 5 - 8 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.การทำให้เย็น (Cooling) เป็นการทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นลง เนื่องจากถ้าไม่ผ่านกระบวนการขั้นนี้แล้ว บรรจุภัณฑ์จะเกิดการระเบิดได้เมื่อสัมผัสกับความดันบรรยากาศปกติ และผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ อาจจะเกิดการสุกเกินไปได้ (Overcooking) อุณหภูมิที่ลดลงแล้วจะมีค่าประมาณ 49 - 66 ^{o} C (120 - 150 ^{o}F)



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ
[แกน y คือ อุณหภูมิ (^{o} F) และแกน x คือ เวลา (นาที)]

ที่มา : Hartfinger (1992)

<u>ระบบของเครื่องมือที่ใช้ในการสเตอรไรซ์แบบต่อเนื่อง</u>

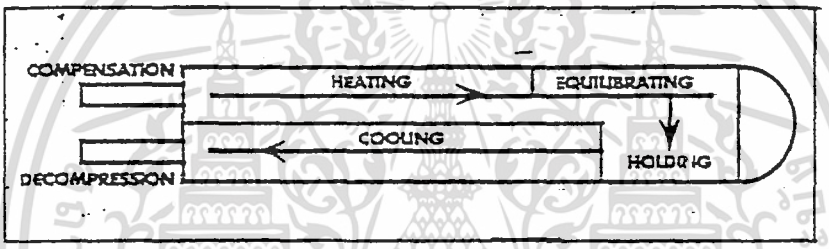
ระบบการสเตอริไรซ์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. Coilating and Infeed Machine
2. Microwave Chamber
3. Programmable Logic Controller (PLC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Collating and Infeed Machine เป็นเครื่องมือที่ทำหน้าที่รับบรรจุภัณฑ์จากเครื่องบรรจุมาทำการจัดเรียงใส่แถว เมื่อเต็มแถวแล้วก็จะจัดวางลงในตะแกรง (rack) ซึ่งทำจากโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) ขนาดกว้าง 1.03 ม. และยาว 1.5 ม. หลังจากนั้นตะแกรงที่เต็มแล้วทั้งหมดจะถูกส่งผ่านไปยังหน่วยปฏิบัติการถัดไป

Microwave Chamber จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่สเตอริไรซ์ โดยไมโครเวฟสเตอริไรเซอร์ (Microwave Sterilizer) จะมีหน้าที่หลัก 6 ประการ คือ คอมเพรสชัน (Compression) , การปรับสมดุลย์ (Equilibrating) , การรักษาสภาวะ (Holding) , การทำให้เย็น (Cooling) และการดีคอมเพรสชัน (Decompression) โดยแต่ละหน้าที่จะเกิดขึ้นตามตำแหน่งต่างๆ ที่แน่นอนของ Microwave Chamber ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงระบบการสเตอริไรซ์แบบต่อเนื่องด้วยไมโครเวฟ
ที่มา : Hartfinger (1992)

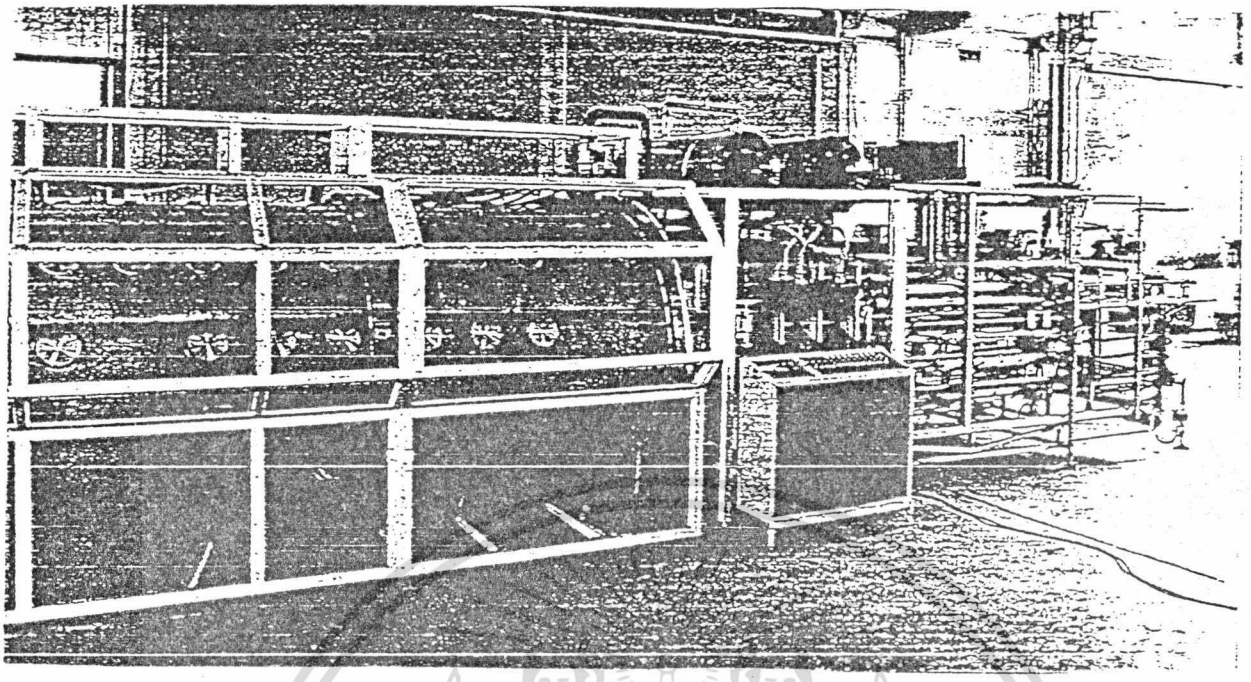
อุโมงค์ไมโครเวฟ (Microwave tunnel) จะมีลักษณะกลมและแยกเป็นส่วนต่างๆ ตามความยาว โดยครึ่งด้านบนจะมีฉนวนหุ้มเนื่องจากเป็นส่วนที่มีการให้ความร้อน ส่วนครึ่งล่างจะเป็นส่วนที่ทำให้เย็น ขั้นแรกตะแกรงจะผ่านเข้าไปในส่วน Compensation station ซึ่งจะเป็นส่วนที่มีความดันสูง 2.5 บาร์ โดยประกอบด้วยประตู 2 บาน ประตูบานหนึ่งเปิดออกสู่ด้านนอก อีกด้านหนึ่งเปิดเข้าสู่ส่วนถัดไป การทำงานจะเริ่มขึ้นเมื่อประตูทั้ง 2 บานนี้ปิด เวลาที่ใช้ในส่วน Compensation นี้ประมาณ 6 - 7 วินาที เมื่อถึงความดันและเวลาที่กำหนดตะแกรงจะผ่านเข้าสู่ส่วนถัดไปซึ่งเป็นส่วนที่ให้ความร้อน โดยจะใช้แมกนีตรอนที่แต่ละตัวมีระดับพลังงาน 1.9 kw. ที่ความถี่ 2,450 MHz ทำการติดตั้งทั่วทั้งระบบลายพานลำเลียง บรรจุภัณฑ์จึงได้รับพลังงานไมโครเวฟทั่วถึงทั้งด้านบนและด้านล่าง นอกจากนี้ยังมีการให้อากาศร้อนเพื่อช่วยในการพาความร้อนและเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าไม่มีการสูญเสียพลังงานให้กับส่วนแรก ต่อมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะแกรงจะผ่านเข้าสู่ส่วน Equilibration ซึ่งจะส่งผ่านต่อไปยัง Holding โดยใช้บันไดเลื่อนจากด้านบนไปยังด้านล่าง เมื่อมาถึงขั้น Cooling นั้นผลิตภัณฑ์ก็จะกลับมาอยู่ในทางเดิมอีกครั้งเพียงแต่อยู่ทางส่วนล่างของอุโมงค์เท่านั้น การ Cooling จะใช้อากาศเย็นหมุนเวียนโดยเวลาที่ใช้ในการ Cooling จะเท่ากับเวลาที่ใช้ในการ Heating และ Equilibration รวมกัน เนื่องจากมีระยะทางเท่ากัน เมื่อผ่านขั้น Cooling แล้ว ผลิตภัณฑ์จะถูกส่งออกทาง Decompression chamber ซึ่งมีการทำงานจะสัมพันธ์กับ Compression chamber

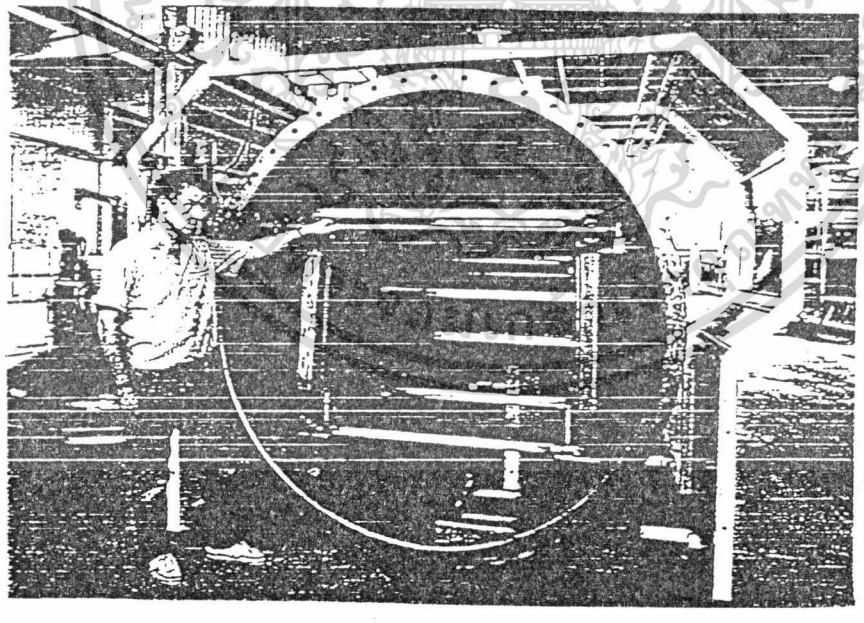
Programmable Logic Controller (PLC) เป็นระบบที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิ ความดัน ความเร็ว เวลาในแต่ละรอบ และพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ โดยเป็นการควบคุมระบบอัตโนมัติ ถ้าค่าที่ได้กำหนดไว้เกิดการผิดปกติเมื่อใดจะมีเสียงสัญญาณเตือนดังขึ้น นอกจากนี้เครื่องยังทำการเตือนเมื่อระบบการทำงานแบบต่อเนื่องถูกรบกวนอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 แสดงหน่วยการสเตอริไรซ์ด้วยไมโครเวฟ ซึ่งนำส่วนที่หุ้มด้านนอกออก
เพื่อให้เห็นถึงห้องความดัน

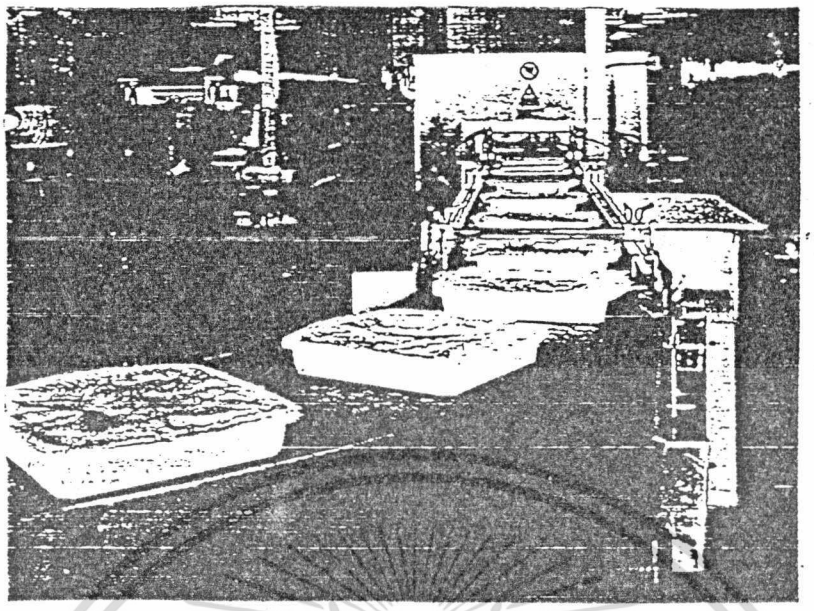
ที่มา : Hartfinger (1992)



รูปที่ 8 แสดงภายในหน่วยการสเตอริไรซ์ด้วยไมโครเวฟ
โดยให้เห็นถึงถาดซึ่งอยู่ในขั้นการรักษาสภาวะ

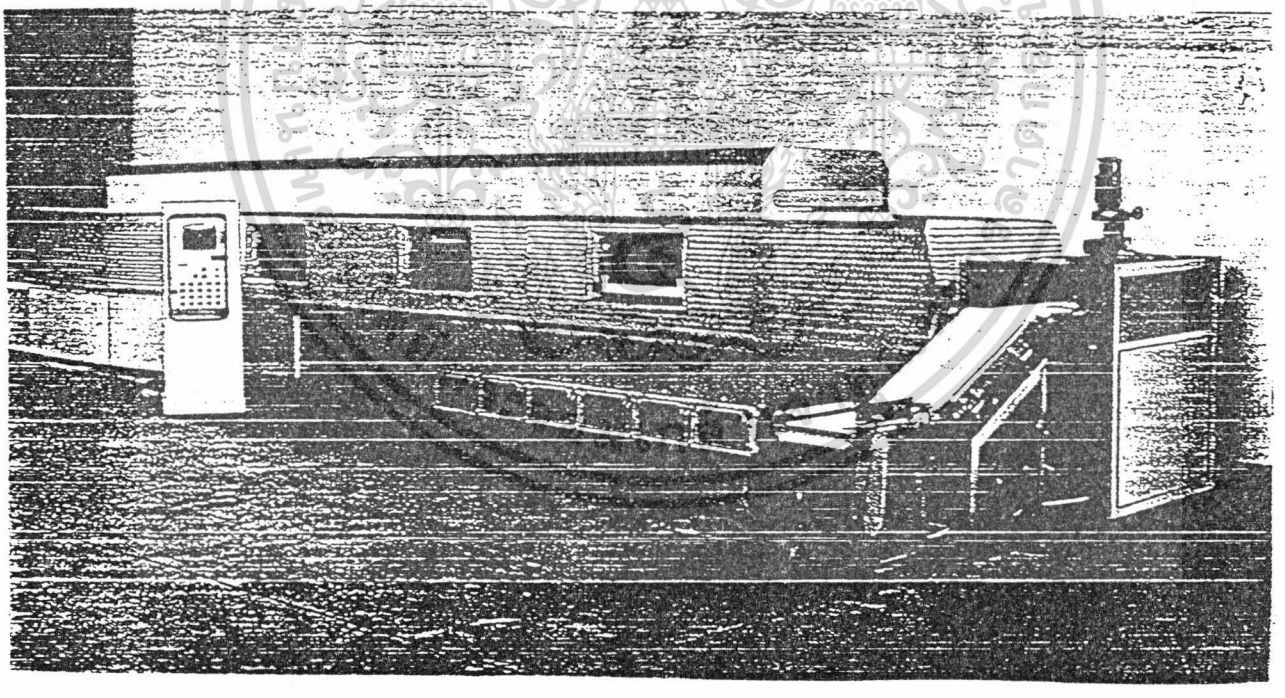
ที่มา : Hartfingr (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงสายการผลิตในการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟเพื่อเตรียมอาหาร

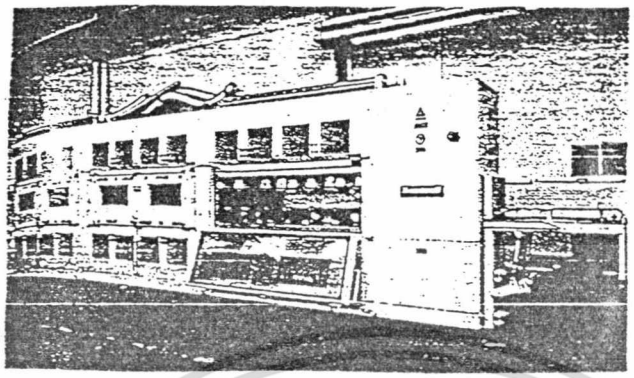
ที่มา : Giese (1992)



รูปที่ 10 ระบบการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟโดยเป็นการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องบนสายพาน

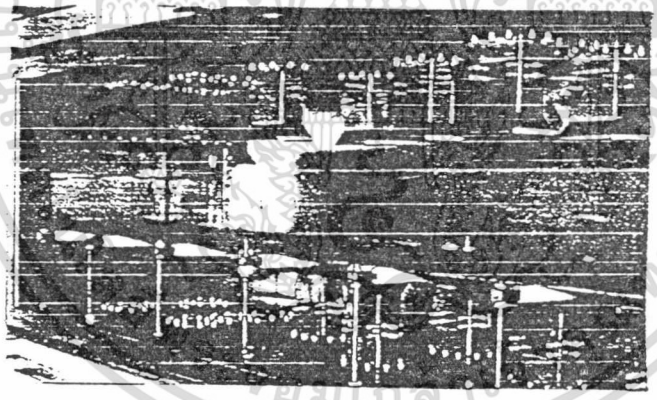
ที่มา : Giese (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 แสดงเครื่องไมโครเวฟสำหรับการพาสเจอไรซ์ ซึ่งจะเห็นถึงตำแหน่งต่างๆ ของแมกนีตรอนทางด้านบน และสายพานทางด้านล่าง

ที่มา : Sohlegl (1992)



รูปที่ 12 แสดงเครื่องไมโครเวฟสำหรับการสเตอริไรซ์ ซึ่งจะเห็นถึงตำแหน่งต่างๆ ของแมกนีตรอนทางด้านบน และสายพานทางด้านล่าง

ที่มา : Sohlegl (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างอาหารที่ทำการพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟ

แยมซึ่งบรรจุในภาชนะแก้ว

แยมซึ่งผ่านการบรรจุแล้วจะถูกส่งผ่านเข้าไปในอุโมงค์ไมโครเวฟโดยสายพานทันที หลังจากที่ทำการบรรจุและปิดฝาด้วยพลาสติก การพาสเจอไรซ์จะทำให้อุณหภูมิผิวหน้าของแยมสูงขึ้นเล็กน้อยประมาณ 70 - 80 ^{o} C ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดราระหว่างการเก็บได้ (Anonymous , 1978)

พาสต้า

พาสต้าที่บรรจุในถาดพลาสติกในสภาพที่ปรับบรรยากาศและทำการปิดผนึกแล้ว จะถูกส่งผ่านเข้าไปในอุโมงค์ไมโครเวฟที่มีอุณหภูมิ 80 ^{o} C เป็นเวลา 3 - 5 นาที และใช้เวลาในการรักษาสภาวะให้มีอุณหภูมิ 80 ^{o} C นี้นาน 7 นาที

แฮมรมควัน

แฮมรมควันจะถูกนำมาพาสเจอไรซ์ด้วยไมโครเวฟทั้งที่ความถี่ 60 Mhz และ 2,450 MHz ซึ่งวิธีนี้จะมีข้อดีในการช่วยลดการสูญเสียน้ำและใช้เวลาสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการที่ใช้น้ำร้อน แต่มีข้อเสียคือ ความถี่ทั้งสองคลื่นนี้จะทำให้ผิวหน้าของแฮมมีอุณหภูมิต่ำกว่าวิธีการธรรมดาที่ใช้น้ำร้อน เป็นผลให้มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์บริเวณผิวหน้าสูง (Thorne , 1981)

หอยนางรม

เนื้อหอยนางรมสดจะถูกบ้อน เข้าสู่ไมโครเวฟเพื่อพาสเจอไรซ์โดยใช้ความถี่ในช่วง 2,450 - 2,500 MHz นานประมาณ 1 นาทีครึ่ง อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้นถึงประมาณ 60 ^{o} C ซึ่งอุณหภูมิในจุดนี้จะเพียงพอที่จะทำการพาสเจอไรซ์หอยนางรมและยังคงรสชาติและความแน่น (firmness) ได้ดีเมื่อเทียบกับหอยนางรมสด (Thorne , 1981)

ส่วนผสมผลไม้และน้ำตาล

ส่วนผสมผลไม้และน้ำตาลโดยมากจะใช้ในอุตสาหกรรมนม เช่น โยเกิร์ต , ไอศครีม เป็นต้น การพาสเจอไรซ์จะใช้อุณหภูมิในช่วงประมาณ 85 - 125 ^{o} C โดยวิธีทั่วไปนั้นจะนำส่วนผสมผลไม้และน้ำตาลใส่ในหม้อแล้วให้ความร้อนด้วยไอน้ำหรือน้ำร้อน ซึ่งจะเกิดข้อเสียคือ บริเวณผิวหม้อจะได้รับความร้อนสูงทำให้เกิดรสชาติที่สุกเกินไป และเกิดการสูญเสียกลิ่นรสของส่วนผสม จึงได้มีการพัฒนามาใช้ไมโครเวฟแทน โดยจะส่งส่วนผสมนี้ใส่ท่อซิลิก้าผ่านไปยังไมโครเวฟ ซึ่งใช้ความถี่ 2,450 MHz การใช้ไมโครเวฟนี้จะสามารถช่วยลดเวลาลงได้ 75 % , ช่วยปรับปรุงคุณภาพ , รักษากลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ และช่วยประหยัดพลังงานได้ถึง 75 % อีกด้วย (Mullin , 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างอาหารที่ทำการสเตอริไรซ์โดยใช้ไมโครเวฟ

พาสต้า

พาสต้าและซอสที่บรรจุอยู่ในจานแต่ละจานจะถูกทำการปิดผนึกแล้วทำการให้ความร้อนในขั้นต้น (preheat) ด้วยไมโครเวฟ โดยมีการรักษาระดับพลังงานให้คงที่ประมาณ 17 kw. ที่ความถี่ 2,450 MHz กระบวนการสเตอริไรซ์จะทำในท่อทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ม. ที่ความดัน 2.2 บาร์ อุณหภูมิสูงประมาณ 120 ^{o} C โดยไม่ทำลายบรรจุภัณฑ์ และสามารถเก็บรักษาพาสต้านี้ได้นานถึง 9 เดือนและรสชาติยังคงความสดใหม่อยู่ (Mullin , 1995)

การยับยั้งเอนไซม์ (Enzyme Inactivation)

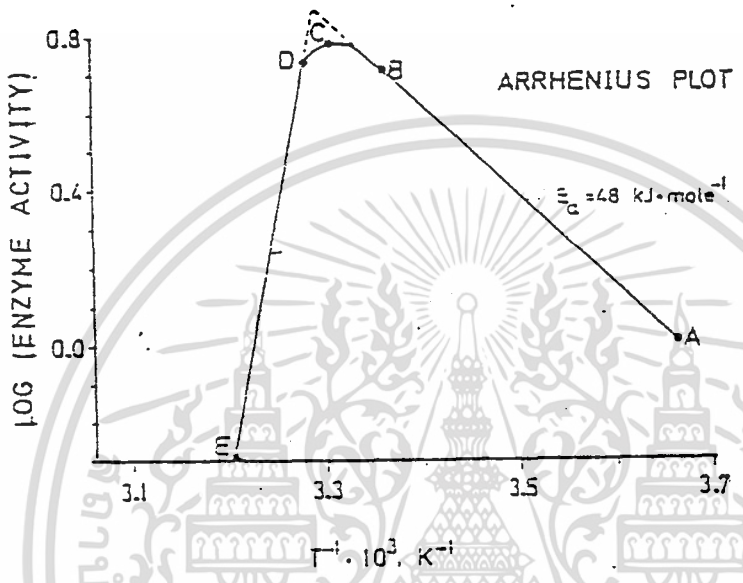
การลวก (Blancing)

การลวก คือการให้ความร้อนแก่ผักและผลไม้เพื่อยับยั้งเอนไซม์ การลวกจะช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสและสีในผักและผลไม้เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการลวกต่อการเก็บรักษาอาหาร

1. เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์หรือทำลายสารตั้งต้นของการทำงานของเอนไซม์ ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 แสดงผลของอุณหภูมิต่อกิจกรรมของเอนไซม์

ที่มา : Svensson (1995)

2.ช่วยไล่อากาศหรือก๊าซออกจากเนื้อเยื่อผักผลไม้ จึงช่วยลดการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน , ช่วยรักษาสูญญากาศภายในภาชนะบรรจุ และช่วยลดแรงดันภายในภาชนะบรรจุระหว่างการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในกระบวนการบรรจุกระป๋อง

3. ช่วยตรึงสีให้คงที่ เมื่อทำการลวกในสภาวะที่อุณหภูมิและเหมาะสม

4. ช่วยทำความสะอาดและลดปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้การลวกยังมีผลต่อกระบวนการแปรรูปอาหารอีกด้วย เช่น ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส , ช่วยกำจัดกลิ่นคาว กลิ่นดิบ รสฝาด และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในขั้นตอนการแปรรูปต่อไป

<u>การลวกโดยใช้ไมโครเวฟ</u>

การลวกด้วยไมโครเวฟมีข้อดีสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่ตัดขวางขนาดใหญ่ เช่น มันฝรั่งทั้งผล , บล็อคเคอรี่ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการให้ผิวด้านนอกมีการสุกมากเกินไป และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความสม่ำเสมอของเนื้อสัมผัส

ในปัจจุบันกระบวนการลวกด้วยไมโครเวฟยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าไรนักเมื่อเทียบกับการลวกด้วยวิธีธรรมดา เนื่องจากเวลาที่ใช้ในกระบวนการไม่ได้ลดลงมากนัก และค่าใช้จ่ายที่สูงมากเมื่อเทียบกับการลวกด้วยวิธีอื่นในปริมาณความร้อนที่เท่ากัน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์หลังจากได้รับความร้อนจะมีการสูญเสียน้ำมากกว่า แต่ไมโครเวฟก็มีข้อดีในด้านประสิทธิภาพที่สูงในการให้ความร้อน และการเพิ่มอุณหภูมิของอาหารจะสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้สูญเสียคุณค่าทางอาหารน้อย

<u>ปัญหาสำหรับการลวกด้วยไมโครเวฟ</u>

ปัญหาสำหรับการลวกด้วยไมโครเวฟคือ การระเหยของน้ำบริเวณผิวหน้าผลิตภัณฑ์ทำให้อุณหภูมิเย็นลงไม่ถึงจุดที่ต้องการ อุณหภูมิจึงไม่สูงพอที่จะทำการยับยั้งเอนไซม์บริเวณผิวหน้าอาหารสำหรับเวลาที่กำหนดในการแปรรูปนั้นๆ ซึ่งสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยการให้ไอน้ำร้อนอิ่มตัวด้วยในขณะเดียวกัน

<u>ตัวอย่างอาหารที่ทำการยับยั้งเอนไซม์โดยใช้ไมโครเวฟ</u>

<u>การยับยั้งการเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ในพืช</u>

พืชจะเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลได้อย่างรวดเร็วในระหว่างที่ทำการแช่แข็ง , ขณะทำการเก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง และขณะที่ทำการละลายน้ำแข็ง การยับยั้งปฏิกริยาสีน้ำตาลสามารถทำได้โดยการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (enzyme peroxidase) และโพลีฟีนอลออกซิเดส (enzyme polyphenoloxidase) โดยการลวก วิธีการลวกจะใช้ไมโครเวฟที่ความถี่ 2,450 MHz ระดับพลังงาน 700 kw. เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการยับยั้งเอนไซม์ทำได้เกือบสมบูรณ์ เนื่องจากเมื่อทดสอบตัวอย่างแล้วยังพบจุดสีน้ำตาลที่บริเวณใต้ผิว ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และ โพลีฟีนอลออกซิเดสนั้นมีอยู่สูงบริเวณผิว หรือเกิดจากความร้อนของไมโครเวฟไม่เพียงพอที่จะยับยั้งเอนไซม์บริเวณผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าของพืช ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำจัดเปลือกออกหรือใช้วิธีการร่วมกันระหว่างไมโครเวฟกับวิธีการลวกธรรมดาเช่นการใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำ เพื่อให้การลวกได้ผลดียิ่งขึ้น

น้ำผลไม้

โดยปกติผลไม้จะมีเอนไซม์เพกตินเมทธิลเอสเทอเรส (enzyme pectinmethylesterase) ซึ่งจะกระตุ้นปฏิกริยาไฮโรไลติก (Hydrolytic reaction) ทำให้เกิดการกำจัดกลุ่มของเมททอกซิล (Methoxyl group) ออกจากโมเลกุลของเพกตินทำให้เกิดเป็นเอสเทอร์เพกตินได้น้อย (low ester pectin) ซึ่งเมื่อนำผลไม้นั้นมาทำเป็นน้ำผลไม้ เอสเทอร์เพกตินที่น้อยจะทำให้เกิดการแยกชั้นระหว่างของแข็งและของเหลว น้ำผลไม้ที่ได้จะสูญเสียความข่น จึงได้มีการยับยั้งเอนไซม์เพกตินเมทธิลเอสเทอเรส โดยใช้ไมโครเวฟที่ความถี่ 2,450 MHz น้ำผลไม้จะมีอุณหภูมิสูงประมาณ 60 - 80 ^{o} C โดยน้ำผลไม้ที่ได้จะมีรสชาติดี มีลักษณะเหมือนธรรมชาติ และคุณภาพของน้ำผลไม้ยังคงเดิม

แป้งสาลี

แป้งสาลีที่มีเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α-amylase) มากเกินไปจะทำให้เกิดการผลิตเด็กซ์ทรินสูงระหว่างการหมักโด ซึ่งเมื่อนำแป้งนี้มามาทำการผลิตขนมปังจะได้ขนมปังที่เหนียว , ชื้น และไม่มีรสชาติ โดยแป้งสาลีที่มีเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสสูงนี้เกิดจากการโม่เมล็ดข้าวสาลีที่งอกแล้ว ซึ่งมักเกิดกับข้าวสาลีของประเทศแคนาดาซึ่งมีสภาพอากาศชื้นก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว จึงได้มีการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสด้วยไมโครเวฟที่ความถี่ 2,450 MHz ระดับพลังงาน 1.8 kw. เป็นเวลา 60 วินาที (สำหรับข้าว 500กรัม) ซึ่งสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และไม่มีผลต่อคุณลักษณะของแป้งสาลีซึ่งสัมพันธ์กับการฟอร์มตัวของโด นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ได้อีกด้วย แต่จะมีข้อเสียในด้านการสูญเสียความชื้น (Thome , 1981)

การละลายน้ำแข็ง (Thawing)

การใช้ไมโครเวฟในการเก็บรักษาอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่งคือการละลายน้ำแข็ง ซึ่งวิธีการทั่วๆ ไปที่ใช้ละลายน้ำแข็งนั้นมีข้อเสียคือ

1. ต้องใช้พื้นที่มาก
2. กระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์
3. เกิดการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์
4. สูญเสียของเหลวจากการละลาย (drip loss) เป็นจำนวนมาก
5. ถ้าอาหารที่ต้องการละลายเป็นของเหลวจะต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วิธีการละลายน้ำแข็งโดยใช้ไมโครเวฟ</u>

นำผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิแช่แข็งออกมาเพื่อปรับสภาวะให้อยู่ในสภาพที่ไม่แช่แข็ง แต่ยังคงมีความแข็ง (firmess) อยู่ โดยปรับให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง -4 ถึง -2 ^{o} C เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนที่สูงเกินไปบริเวณผิวหน้า หลังจากนั้นจะทำการละลายน้ำแข็งโดยใช้ไมโครเวฟที่ความถี่ 915 MHz ระดับพลังงาน 25 - 40 kw. หรือถ้าเป็นระบบต่อเนื่องอาจใช้ระดับพลังงานสูงถึง 120 kw. โดยการเลือกใช้ความถี่ที่ 915 Mhz เนื่องมาจากความถี่นี้มีความสามารถในการทะลุผ่านมากกว่า ส่วนการใช้คลื่นที่ความถี่ 2,450 Mhz กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนาซึ่งถ้าต้องการใช้คลื่นความถี่นี้จะต้องมีการให้อากาศเย็นด้วยเพื่อป้องกันการสุกที่มากเกินไปบริเวณผิวหน้าอาหาร (Decareau ,1986)

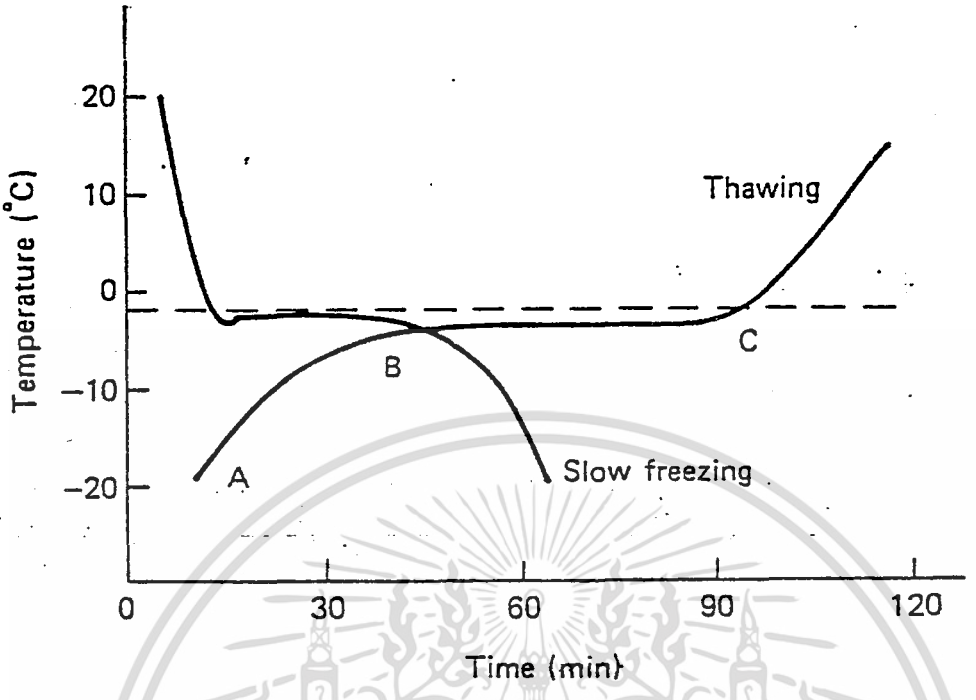
การใช้ไมโครเวฟที่นิยมมากในอุตสาหกรรมอาหารอีกประการหนึ่งก็คือ การใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของอาหารแช่แข็งแต่จะไม่ทำให้เกิดการละลาย อาหารแช่แข็งจะถูกเพิ่มอุณหภูมิจาก -20 ^{o} C เป็น -3 ^{o} C กระบวนการนี้น้ำจะไม่มีการเปลี่ยนสถานะจากน้ำแข็งเป็นน้ำจึงไม่ต้องระวังเรื่องการสุกของอาหารเหมือนกรณีการใช้ไมโครเวฟละลายน้ำแข็ง การใช้ไมโครเวฟเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับอาหารแช่แข็งนิยมใช้กับ เนื้อสัตว์ , เนย และ ไขมัน

<u>ข้อดีของการใช้ไมโครเวฟละลายน้ำแข็ง</u>

1. ไม่เกิดแบคทีเรียในระหว่างกระบวนการละลายน้ำแข็ง

2. กระบวนการละลายใช้เวลาสั้นกว่า เนื่องจากการละลายน้ำแข็งปกติ น้ำแข็งจะละลายเป็นน้ำอยู่รอบนอกซึ่งน้ำมีการนำความร้อนช้ากว่าน้ำแข็งด้านใน ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง ดังแสดงในกราฟจากรูปที่ 14 การใช้ไมโครเวฟจะทำให้ละลายได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าอาหารมีขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการละลายน้ำแข็ง

ที่มา : Fellows (1990)

3. ไม่ต้องใช้พื้นที่มาก

4. ลดปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ (drip loss) จากการละลายได้ 5 - 10 % เป็นการช่วยเพิ่มผลผลิตและลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ

5. สามารถละลายผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ได้

6. ใช้แรงงานน้อย

7. การควบคุมอุณหภูมิทำได้ดีกว่าทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี

8. การละลายน้ำแข็งด้วยไมโครเวฟจะถูกสุขลักษณะมากกว่าการละลายน้ำแข็งด้วยวิธีทั่วไป

ตัวอย่างอาหารที่ทำการละลายน้ำแข็งโดยใช้ไมโครเวฟ

เนย

ก้อนเนยขนาดประมาณ 0.3 ลูกบาศก์เมตร บรรจุในกล่องกระดาษแข็ง จะถูกนำมาทำการละลายโดยใช้ความร้อนจากไมโครเวฟ เนยจะถูกผ่านเข้าไปในห้องที่ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (Microwave Heating Chamber) เป็นเวลา 15 นาที ที่ความถี่ 915 Mhz ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงาน 90 kw. ทำการเพิ่มอุณหภูมิจาก -20 ^{o} C เป็น -2 ^{o} C ซึ่งสามารถทำการละลายเนยได้ 1100 กก.ต่อชม. โดยไม่จำเป็นต้องมีการให้ความร้อนบริเวณผิวหน้า (Throne , 1981)

เนื้อ

การละลายน้ำแข็งจะทำการผ่านเนื้อที่มีอุณหภูมิประมาณ -20 ^{o} C เข้าไปในอุโมงค์ไมโครเวฟ โดยความถี่ของคลื่นที่ควรใช้คือ 896 MHz ใช้เวลาประมาณ 0.5 - 2 นาที เนื้อที่ผ่านการละลายน้ำแข็งแล้วจะมีอุณหภูมิประมาณ - 3 ^{o} C ซึ่งเมื่อเทียบกับการละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิปกติแล้วจะต้องใช้เวลานานถึง 48 - 72 ชม.

การทำแห้ง

การทำแห้งจะช่วยในการเก็บรักษาอาหาร เนื่องจากการแยกน้ำออกจากอาหารจะทำให้ค่า water activity ในอาหารลดลง ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียไม่สามารถเจริญและเพิ่มปริมาณได้

การทำแห้งโดยวิธีการทั่วไปที่ใช้อากาศร้อนมีข้อเสียหลายประการคือ

1. มีอัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำ เนื่องจากส่วนที่แห้งของอาหารมีค่าการนำความร้อนต่ำ

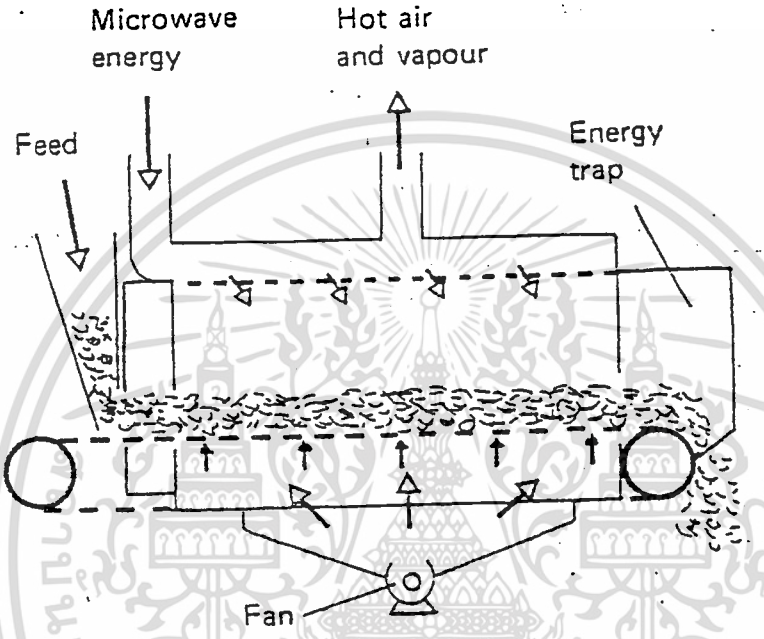
2.ทำลายคุณภาพด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการเนื่องจากใช้เวลานานและการให้ความร้อนที่สูงเกินไปบริเวณผิวหน้าอาหาร

3. การเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันของรงควัตถุและวิตะมินจากอากาศร้อน

4. ลักษณะแข็งที่ผิวหุ้มความชื้นไว้ในชิ้นอาหาร (case hardening) ทำให้แห้งช้าลง ซึ่งการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟสามารถแก้ปัญหานี้ได้ เนื่องจากความร้อนจะเกิดขึ้นภายในชิ้นอาหาร จึงลดปัญหาการถ่ายเทความร้อนซึ่งเกิดจากส่วนผิวด้านนอกที่แห้งและมีการนำความร้อนต่ำ ลดการทำลายเนื้อสัมผัสที่ผิวอาหาร ช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความชื้นในช่วงท้ายของการทำแห้ง และลดการแข็งตัวที่ผิวของชิ้นอาหาร การใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งนิยมใช้ในช่วงท้ายของกระบวนการ ซึ่งจะช่วยให้ไม่ต้องใช้อากาศร้อนจำนวนมาก และลดปฏิกริยาออกซิเดชันจากออกซิเจนในอากาศร้อนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของเครื่องทำแห้งโดยใช้ไมโครเวฟ



รูปที่ 15 แสดงเครื่องทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

ที่มา : Fellows (1990)

การใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งนั้นมักใช้ร่วมกับวิธีธรรมดา ตัวอย่างเช่น

การใช้ไมโครเวฟร่วมกับการให้อากาศร้อน

จะใช้ไมโครเวฟร่วมกับการให้อากาศร้อน เช่น พาสต้า ในขั้นแรกพาสต้าที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูดซึ่งมีความชื้นประมาณ 30 % จะถูกนำมาผ่านความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 71 - 82 ^{o} C ความชื้นจะลดลงเหลือ 18 % หลังจากนั้นใช้ไมโครเวฟความถี่ 915 MHz และอากาศร้อนที่ 82 - 95 ^{o} C ทำให้เหลือความชื้นสุดท้ายเพียง 13 - 13.5 % ซึ่งกระบวนการทั้งหมดใช้เวลา 1 ชม. และใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับวิธีธรรมดาทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ไมโครเวฟสำหรับการทำแห้งในสภาวะแช่แข็ง ซึ่งโดยทั่วไปอัตราการทำแห้งจะช้าเนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนเพื่อให้เกิดภาวะระเหิดของน้ำแข็งจะมีค่าน้อย การใช้ไมโครเวฟเพื่อให้ความร้อนสำหรับการระเหิดช่วยแก้ปัญหานี้ได้ แต่จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้ดี ซึ่งจุดที่ความดัน 4.58 ทอร์ อุณหภูมิ 0 ° C น้ำจะครบทั้ง 3 สถานะ ถ้าสามารถลดความดันให้ต่ำกว่า 4.58 ทอร์ โดยควบคุมไม่ให้น้ำแข็งละลาย น้ำจะระเหิดเป็นไอได้

การทำแห้งในระบบสูญญากาศโดยใช้ไมโครเวฟ

น้ำผลไม้เข้มข้น กระบวนการทำแห้งแบบสูญญากาศได้รับการพัฒนาขึ้นมาจากการป้อนน้ำผลไม้เข้มข้นเข้าไปในห้องสูญญากาศ (vacuum chamber) ซึ่งจะทำให้น้ำผลไม้เกิดเป็นฟองขึ้นเนื่องจากการลดความดัน หลังจากนั้นก็จะให้พลังงานไมโครเวฟเข้าไป ซึ่งน้ำผลไม้จะมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 2 % และมีลักษณะเป็นเศษเล็กๆ และถูกส่งเข้าสู่ถังรับ ความถี่ที่ใช้ในกระบวนการคือ 2,450 MHz

ยา

การทำแห้งยาที่มีอนุภาคเล็กๆ จะใช้พลังงานไมโครเวฟร่วมกับระบบสูญญากาศ โดยใช้ความถี่ 2,450 MHz ซึ่งสามารถทำแห้งผลิตภัณฑ์ผสมระหว่างของแห้ง 80 กก. และมีน้ำหนักเปียก 100 กก. ให้แห้ง โดยใช้เวลาเพียง 35 - 45 นาที ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีปริมาณความชื้น 1.5 - 2.5 % ซึ่งการทำแห้งโดยใช้ไมโครเวฟจะให้ผลดีกว่าเนื่องจากอนุภาคยาที่ได้ออกมาจะมีอุณหภูมิต่ำ ทำให้ไม่เกิดการเสื่อมคุณภาพสำหรับยาที่มีคุณสมบัติไวต่อความร้อน และเมื่ออนุภาคยาเหล่านี้ถูกนำมาทำเป็นเม็ดก็จะมีคุณภาพดีเท่ากับหรือมากกว่าการทำแห้งด้วยวิธีธรรมดา และการใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งจะให้อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าการใช้เครื่องทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized bed dryer)

การทำแห้งร่วมกับการอบ

ชาเขียว

การทำชาเขียวประกอบด้วยกระบวนการหลัก 2 กระบวนการ คือ

1. การเตรียมใบชาจากใบชาสดอย่างหยาบๆ เรียกใบชาที่ผ่านขั้นนี้ว่า half-finished tea
2. การนำใบชาจากขั้นแรกมาทำแห้งและอบ

โดยทั่วไปชาจะต้องมีคุณภาพดีทั้งด้านกลิ่นและรสชาติซึ่งกระบวนการผลิตชานั้นจะกำจัดน้ำออกโดยใช้ความร้อนจากภายนอก ทำให้เกิดความร้อนที่สูงเกินไปบริเวณผิวหน้าใบชา ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและสูญเสียกลิ่นรส และสีของใบชาจะเปลี่ยนไป จึงได้มีการปรับปรุงวิธีการดำเนินการทำแห้งโดยใช้ไมโครเวฟซึ่งสามารถลดความชื้นจาก 8 - 10 % เหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียง 1 - 2 % หลังจากนั้นจะส่งใบชาแห้งนี้ไปยังโรตารีดรัม (rotary drum) ที่มีอินฟราเรดเป็นตัวให้ความร้อน เมื่อทำการอบจะได้ชาที่มีกลิ่นรสดี สีสม่ำเสมอ ไม่มีการไหม้และการเปลี่ยนสีของใบชา (Mullin , 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. ไมโครเวฟ National รุ่น NN-5656F
2. ตู้แช่เยือกแข็ง
3. ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml.
4. เครื่องสไลด์
5. เครื่องชั่ง
6. จานกระเบื้อง
7. มีด
8. เขียง
9. ถาด
10. ชุดเครื่องใช้สำหรับทอด
11. ช้อนตักสาร

สารเคมี

1. **แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็น**

วัตถุดิบ

1. มันฝรั่ง

วิธีการทดลอง

1. **การทดลองผลของไมโครเวฟ**

1.1 ทดลองเพื่อศึกษาหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของแต่ละพลังงาน ในการเตรียมมันฝรั่งก่อนการแช่เยือกแข็ง และการทอด

- แบ่งตัวอย่างออกเป็น 15 ตัวอย่าง

1. มันฝรั่ง 5 ตัวอย่างแรก นำมาผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน (High) นาน 1 2 3 4 และ5 นาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มันฝรั่ง 5 ตัวอย่างที่สอง ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 แต่เปลี่ยนระดับพลังงานเป็น (High-Medium)

3. มันฝรั่ง 5 ตัวอย่างที่สาม ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 แต่เปลี่ยนระดับพลังงานเป็น(Medium)

- บันทึกผลมันฝรั่งก่อนการทอด
- นำมาทอดที่อุณหภูมิ 190±3 °C
- บันทึกผลมันฝรั่งหลังการทอด

1.2 ทดลองเพื่อเปรียบเทียบการยอมรับมันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟและการแช่เยือกแข็งก่อนการนำมาทอดกับมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟและการแช่เยือกแข็ง ก่อนการนำมาทอด

1.3 ทดลองเพื่อศึกษาหาช่วง พลังงาน และเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมการก่อนการแช่เยือกแข็งและการทอด

- จากข้อ 1.2-1.3 ทดลองโดยแบ่งตัวอย่างออกเป็น 5 ตัวอย่าง

1. มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟและการแช่เยือกแข็ง
2. มันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน (High) นาน 2 นาที และการแช่เยือกแข็ง
3. มันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน (High-Medium) นาน 3 นาที และการแช่เยือกแข็ง
4. มันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน (Medium) นาน 4 นาที และการแช่เยือกแข็ง
5. มันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน (Medium) นาน 5 นาที และการแช่เยือกแข็ง

- นำมาทอดที่อุณหภูมิ 190±3 °C
- ทำ sensory โดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน ทดสอบคุณสมบัติของมันฝรั่งในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. เนื้อสัมผัส
2. ลักษณะปรากฏ
3. กลิ่นรส
4. การยอมรับโดยรวม

โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อค (Randomized Complete Block Design)และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New multiple - range test (DMRT)

2. การทดลองเพื่อปรับปรุงคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ทดลองเพื่อเปรียบเทียบมันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟ กับมันฝรั่งที่ผ่านการลวก

- แบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ตัวอย่าง

1. มันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน (Medium) นาน 5 นาที และผ่านการแช่เยือกแข็ง

2. มันฝรั่งที่ผ่านการลวกที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 7 นาที และผ่านการแช่เยือกแข็ง

3. มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟ การลวกที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 7 นาที และการแช่เยือกแข็ง

- นำมาทอดที่อุณหภูมิ 190±3 °C
- ทำ sensory โดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน ทดสอบคุณสมบัติของมันฝรั่งในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. เนื้อสัมผัส
2. ลักษณะปรากฏ
3. กลิ่นรส
4. การยอมรับโดยรวม

โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อค (Randomized Complete Block Design)และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New multiple - range test (DMRT)

2.2 เปรียบเทียบมันฝรั่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งกับไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาที่สรุปได้ในข้อ 1

- แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ตัวอย่าง

1. มันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาที่สรุปได้ในข้อ 1 และผ่านการแช่เยือกแข็งก่อนการนำมาทอด

2. มันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาที่สรุปได้ในข้อ 1 แต่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งก่อนการนำมาทอด

- นำมาทอดที่อุณหภูมิ 190±3 °C
- ทำ sensory โดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน ทดสอบคุณสมบัติของมันฝรั่งในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. เนื้อสัมผัส
2. ลักษณะปรากฏ
3. กลิ่นรส
4. การยอมรับโดยรวม

โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อค (Randomized Complete Block Design)และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New multiple - range test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เปรียบเทียบมันฝรั่งที่ผ่านการแช่ แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็น นาน 7 นาที กับ มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการแช่ แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็น ก่อนผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาที่สรุปได้ในข้อ 1 และทำตามผลสรุปที่ได้จากข้อ 2.2

- แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ตัวอย่าง

1. มันฝรั่งที่ผ่านการแช่ แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็น นาน 7 นาที ก่อนผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาที่สรุปได้ในข้อ 1 และทำตามผลสรุปที่ได้จากข้อ 2.2 ก่อนนำมาทอด

2. มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการแช่แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็น ก่อนผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาที่สรุปได้ในข้อ 1 และทำตามผลสรุปที่ได้จากข้อ 2.2 ก่อนนำมาทอด

- นำมาทอดที่อุณหภูมิ 190$\pm$3 $^{\circ}$C
- ทำ sensory โดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน ทดสอบคุณสมบัติของมันฝรั่งในด้านต่าง ๆ ดังนี้
  1. เนื้อสัมผัส
  2. ลักษณะปรากฏ
  3. กลิ่นรส
  4. การยอมรับโดยรวม

โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อค (Randomized Complete Block Design)และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New multiple - range test (DMRT)

3. วิจารณ์ ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะรวมทั้งสรุปผลที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของไมโครเวฟต่อมันฝรั่งทอดแบบแท่ง

4.1.1 ทอลองเพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของแต่ละพลังงานในการเตรียมมันฝรั่งก่อนการแช่เยือกแข็ง และการทอด

นำมันฝรั่งมาปอกเปลือก และสไลด์เป็นแท่งขนาด 0.7×5.0 เซ็นติเมตร (กว้าง×ยาว) นำมาผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่าง ๆ และผ่านการแช่เยือกแข็ง นำมาทอดที่อุณหภูมิ 190 ±3 °C ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของมันฝรั่งทั้งก่อนและหลังทอดที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่าง ๆ

ระดะบพลังงาน	เวลา (นาที)	ลักษณะของมันฝรั่ง	ทอดแบบแท่ง
		ก่อนทอด	หลังทอด
High	1	เนื้อนิ่มเล็กน้อยลักษณะโดยรวมเหมือนมันฝรั่งสด	เนื้อนิ่ม ไม่กรอบ
	2	เนื้อเหี่ยวและนิ่ม บางชิ้นมีลักษณะกรอบ	กรอบเล็กน้อย เนื้อภายในมีความนุ่ม
	3	ชิ้นที่มีลักษณะกรอบมีเพิ่มมากขึ้นและเนื้อเหี่ยวเพิ่มขึ้นด้วย	กรอบมากเกินไป เนื้อภายในไม่มีความนุ่ม
	4	ชิ้นที่มีลักษณะกรอบมีเพิ่มมากขึ้น	กรอบมากเกินไป เนื้อภายในไม่มีความนุ่ม
	5	ชิ้นที่มีลักษณะกรอบมีเพิ่มมากขึ้น	กรอบมากเกินไป เนื้อภายในไม่มีความนุ่ม
High-Medium	1	เนื้อนิ่มเล็กน้อยลักษณะโดยรวมเหมือนมันฝรั่งสด	เนื้อไม่นิ่ม ไม่กรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	2	มีบางส่วนเหมือนมันฝรั่งสด และบางส่วนเนื้อนิ่มเล็กน้อย	เนื้อไม่นิ่ม ไม่กรอบ
	3	เนื้อนิ่ม และเหี่ยว	กรอบเล็กน้อย เนื้อภายในมีความนุ่ม
	4	มีบางส่วนมีลักษณะกรอบ	กรอบมากเกินไป เนื้อภายในไม่มีความนุ่ม
	5	ส่วนที่มีลักษณะกรอบเพิ่มมากขึ้น	กรอบมากเกินไป เนื้อภายในไม่มีความนุ่ม
Medium	1	เนื้อนิ่มเล็กน้อยลักษณะโดยรวมเหมือนมันฝรั่งสด	เนื้อไม่นิ่ม ไม่กรอบ
	2	ยังมีบางส่วนมีลักษณะเหมือนมันฝรั่งสด	เนื้อไม่นิ่ม ไม่กรอบ
	3	บางส่วนเนื้อเหี่ยว และนิ่มเล็กน้อย	เนื้อนิ่ม ไม่กรอบ
	4	เนื้อนิ่ม และเหี่ยว	กรอบเล็กน้อย เนื้อภายในไม่มีความนุ่ม
	5	เนื้อนิ่ม และเหี่ยว	กรอบเล็กน้อย เนื้อภายในไม่มีความนุ่ม

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 พบว่า มันฝรั่งทอดแบบแท่งซึ่งผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน High นาน 2 นาที ระดับพลังงาน High - Medium นาน 3 นาที และระดับพลังงาน Medium นาน 4 และ 5 นาที ผลของมันฝรั่งทั้งก่อนทอดและหลังทอด ได้ผลดีกว่ามันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาอื่น ๆ ดังนั้นในการศึกษาหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของแต่ละพลังงานในการเตรียมการก่อนการแช่เยือกแข็งและการทอด จึงเลือกระดับพลังงานดังกล่าวในขบวนการผลิตมันฝรั่งทอดแบบแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ทดลองเพื่อศึกษาหาช่วงพลังงานและเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการแช่เยือกแข็งก่อนการทอด

แบ่งมันฝรั่งเป็น 5 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการแช่เยือกแข็ง ส่วน 4 ส่วนที่เหลือนำมาผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาที่ได้จากผลข้อ 4.1.1 และผ่านการแช่เยือกแข็งนำไปทอดที่อุณหภูมิ 190 $\pm$3°C นำมาทดสอบการชิมได้ผลดังแสดงใน ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ยผลการชิมมันฝรั่งทอดแบบแห่งที่ผ่าน การทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกัน

รหัสตัวอย่าง	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2			
	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น-รส	การยอมรับโดยรวม	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น-รส	การยอมรับโดยรวม
280	1.8333a	3.0833a	2.5000a	1.9167a	1.9167a	4.5833a	2.7500a	2.5000a
650	3.0833ab	3.2500a	3.0833a	3.4167b	3.6667b	4.0000a	4.0833b	3.7500b
480	3.9167b	3.3333a	4.5000b	4.0000b	3.5000b	4.3333a	3.7500ab	3.5833ab
170	4.0000b	3.7500a	4.5000b	4.0000b	3.0833ab	4.4167a	3.9167b	3.6667ab
860	4.0833b	4.5000a	5.0000b	4.2500b	3.6667b	4.8333a	3.7500ab	3.8333b

หมายเหตุ ระดับคะแนนที่ใช้ 1-3 ไม่เป็นที่ยอมรับ

ระดับคะแนนที่ใช้ 4-5 เป็นที่ยอมรับ

ระดับคะแนนที่ใช้ 6-7 ดีมาก

280คือมันฝรั่งทอดแบบแห่งที่ไม่ผ่านวิธีการใด ๆ ก่อนการทอด

650คือมันฝรั่งทอดแบบแห่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน High นาน 2 นาที

480คือมันฝรั่งทอดแบบแห่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานHigh-Mediumนาน 3 นาที

170คือมันฝรั่งทอดแบบแห่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 4 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

860คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที

ตัวอักษร a b ที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผลคะแนนการชิมในด้านลักษณะปรากฏของมันฝรั่งทอดแบบแท่งจากทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนผลทางด้านเนื้อสัมผัส กลิ่น - รสและการยอมรับโดยรวม มันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ไม่ผ่านวิธีการเตรียมการก่อนการทอดมีความแตกต่างจากมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและผ่านการแช่เยือกแข็งก่อนการทอด($P<0.05$)ซึ่งจากการทดลองพบว่ามันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที มีคะแนนเฉลี่ยผลการชิมสูงสุดในทุก ๆ ด้าน ดังนั้นในการผลิตมันฝรั่งทอดแบบแท่งจึงเลือกการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที ในขบวนการผลิตมันฝรั่งทอดแบบแท่งต่อไป

4.2 ผลเปรียบเทียบระหว่างการลวกและไมโครเวฟ

ผลการชิมเปรียบเทียบระหว่างการลวกและไมโครเวฟที่มีต่อการยอมรับของมันฝรั่งทอกแบบแท่งแสดงดังตารางที่4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 คะแนนผลการชิมมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ กับการลวก

รหัสตัวอย่าง				
	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น-รส	การยอมรับโดยรวม
405	4.7500a	4.7500a	4.9167a	4.8333a
198	4.3333a	4.5000a	4.5833a	4.5833a
094	1.6667b	2.8333b	1.7500b	2.0833b

หมายเหตุ ระดับคะแนนที่ใช้ 1-3 ไม่เป็นที่ยอมรับ

ระดับคะแนนที่ใช้ 4-5 เป็นที่ยอมรับ

ระดับคะแนนที่ใช้ 6-7 ดีมาก

094คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ไม่ผ่านวิธีการใด ๆ ก่อนการทอด

198คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการลวกและการแช่เยือกแข็ง ก่อนการทอด

405คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที และผ่านการแช่เยือกแข็ง ก่อนการทอด

ตัวอักษร a b ที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลคะแนนการชิมในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น - รส และการยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ไม่ผ่านวิธีการใด ๆ ก่อนการทอดมีคะแนนน้อยกว่ามันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที และผ่านการแช่เยือกแข็งก่อนการทอด และมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการลวกและการแช่เยือกแข็ง ก่อนการทอดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามคะแนนการชิมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟต่อการลวกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของการแช่เยือกแข็งต่อมันฝรั่งทอดแบบแท่ง

ผลของการแช่เยือกแข็งต่อการยอมรับของมันฝั่งทอดแบบแท่ง โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่4.4

ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยผลการชิมมันฝรั่งทอดแบบแท่ง ที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที และแช่เยือกแข็ง กับไม่แช่เยือกแข็งก่อนการทอด

รหัสตัวอย่าง	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2			
	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น-รส	การยอมรับโดยรวม	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น-รส	การยอมรับโดยรวม
326	3.0000a	3.1666a	3.0833a	3.0833a	2.9166a	3.1666a	3.0000a	2.7500a
457	4.2500b	5.4166b	4.0000b	4.0833b	3.4166a	4.7500b	3.4166a	3.5000b

หมายเหตุ ระดับคะแนนที่ใช้ 1-3 ไม่เป็นที่ยอมรับ

ระดับคะแนนที่ใช้ 4-5 เป็นที่ยอมรับ

ระดับคะแนนที่ใช้ 6-7 ดีมาก

326คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5นาที และ ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งก่อนนำไปทอด

457คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5นาที และ ผ่านการแช่เยือกแข็งก่อนนำไปทอด

ตัวอักษร a b ที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลด้านการชิมในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น - รส และการยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่ง ที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที และแช่เยือกแข็งก่อนการทอด มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ามันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาเดียวกัน แต่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งก่อนการทอดอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)นั่นคือการแช่เยือกแข็งก่อนการทอด ช่วยปรับปรุงคุณภาพของมันฝรั่งทอดแบบแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลของแคลเซียมคลอไรด์ต่อมันฝรั่งทอดแบบแท่ง

ผลของการแช่มันฝรั่งลงในแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการทอด โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่4.5

ตารางที่ 4.5 คะแนนเฉลี่ยผลการชิมมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของแคลเซียมคลอไรด์ กับการทอด

รหัสตัวอย่าง	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2			
	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น-รส	การยอมรับโดยรวม	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น-รส	การยอมรับโดยรวม
057	4.0833a	4.1667a	4.8333a	4.4167a	4.0000a	4.1667a	4.4167ab	4.3333ab
238	4.4167a	4.5000a	4.7500a	4.5000a	4.0833a	5.1667a	4.9167b	4.9167b
416	4.0833a	4.7500a	4.5833a	4.3333a	3.5000a	4.6667a	3.4167a	3.6667a

หมายเหตุ ระดับคะแนนที่ใช้ 1-3 ไม่เป็นที่ยอมรับ

ระดับคะแนนที่ใช้ 4-5 เป็นที่ยอมรับ

ระดับคะแนนที่ใช้ 6-7 ดีมาก

057คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที และ การแช่เยือกก่อนการทอด

238คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที ทอด และการแช่เยือกแข็งก่อนการทอด

416คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการแช่แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 และผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที และ การแช่เยือกก่อนการทอด

ตัวอักษร a b ที่เหมือนกันในแนวตั้ง หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรหัสตัวอย่าง 057 และ 416 พบว่าคะแนนการชิมของทุกพารามิเตอร์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)แสดงว่าการแช่แคลเซียมคลอไรด์ไม่ได้ทำให้คุณภาพของมันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ นำไปแช่เยือกแข็งก่อนไปทอดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามถ้านำมันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟไปทำการทอกที่ 170°C นาน 15 วินาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งและไปทอด จะให้คะแนนการชิมโดยเฉพาะการยอมรับโดยรวมสูงขึ้น (รหัสตัวอย่าง 238)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลของไมโครเวฟ

จากการศึกษาพบว่าเมื่อเปรียบเทียบมันฝรั่งที่ผ่านการเตรียมการก่อนการทอดด้วยไมโครเวฟกับมันฝรั่งที่ไม่มีการเตรียมการก่อนการทอด พบว่ามันฝรั่งที่เตรียมการก่อนการทอดโดยการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Migh High - Medium และMedium เป็นเวลา 2, 3, 4 กับ 5นาที ตามลำดับ มีคะแนนเฉลี่ยผลการชิมสูงกว่ามันฝรั่งที่ไม่ผ่านการเตรียมการก่อนการทอดในทุก ๆ ด้าน ดังนั้นการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาดังกล่าวสามารถใช้เตรียมมันฝรั่งก่อนการทอดได้ แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือที่ระดับพลังงาน Medium เป็นเวลา 5 นาที เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยผลการชิมในด้านเนื้อสัมผัสลักษณะปรากฏ กลิ่น - รส และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ คือมีคะแนนเฉลี่ย 4.0833, 4.5000, 5.0000, 4.2500 ตามลำดับ

5.1.2 ผลของการแช่เยือกแข็ง

จากการศึกษาพบว่ามันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งก่อนนำไปทอดมีคะแนนเฉลี่ยผลการชิมสูงในทุก ๆ ด้าน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และการแช่เยือกแข็งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและการขนส่งอีกด้วย จึงสรุปได้ว่ามันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการแช่เยือกแข็งเหมาะสมกับการผลิตมันฝรั่งทอดแบบแท่ง

5.1.3 ผลของการปรับปรุงคุณภาพ

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า การแช่มันฝรั่งในแคลเซียมคลอไรด์ (4%) นาน 30 นาที ไม่มีผลต่อมันฝรั่งทอดแบบแท่ง ที่ได้จากการผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ นำไปแช่เยือกแข็งก่อนการทอด อย่างไรก็ตามถ้านำมันฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ ไปทอดเป็นบางส่วนก่อนแช่เยือกแข็งและนำไปทอด จะทำให้ผลคะแนนการชิมสูงมากขึ้น

5.1.4 ผลการเปรียบเทียบมันฝรั่งทอดแบบแท่ง ที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับการลวก

จากการศึกษาพบว่าผลในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น - รส และการยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการลวกไม่มีความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จึงสรุปได้ว่าการเตรียมการก่อนการทอดด้วยการทำแห้งโดยไมโครเวฟใช้แทนการลวกได้

5.2ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองคะแนนเฉลี่ยผลการชิมยังอยู่ในช่วงไม่ดีที่สุด อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิในการทอดซึ่งเครื่องทอดไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 190 $\pm$3 $^{\circ}$C ตลอดการทอด เพราะอุณหภูมิที่ใช้ทอดมีผลกับความกรอบ เวลาในการทอด และสีของมันฝรั่งทอดคือถ้า อุณหภูมิสูงเวลาในการทอดจะใช้น้อยลงทำให้มันฝรั่งทอดมีสีที่ต้องการ และไม่อมน้ำมัน

หากมีผู้สนใจอยากศึกษาเรื่องนี้ต่อ ควรมีการแปรอุณหภูมิ และเวลาในการทอดมันฝรั่งก่อนการแช่เยือกแข็ง เพราะในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีการแปรค่าดังกล่าวเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลา ซึ่งการแปรค่าหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทอดก่อนการแช่เยือกแข็ง อาจทำให้คุณภาพของมันฝรั่งทอดแบบแห่งดีขึ้น หรืออาจแปรขนาดของมันฝรั่งเพราะขนาดของมันฝรั่งมีผลกับการดูดน้ำมันของมันฝรั่ง

นอกจากนี้ความสามารถของ thermostat ที่จะควบคุมอุณหภูมิให้ได้ระดับที่ต้องการก็เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ต้องพิจารณา เนื่องจากมันฝรั่งแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 4 $^{\circ}$C เมื่อเติมลงในน้ำมันที่ร้อน จะทำให้อุณหภูมิของน้ำมันลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กิติพงษ์ ห่วงรักษ์. เอกสารประกอบการสอน กระบวนการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

Anonymous. 1971. Wirkungen der Mikrowellenbestrahlung auf Wassergehalt und Insektenbefall bei Getreide. Muhle 108 (12) : 165.

Bezanson , A.F. , In Microwave Ovens and Frozen Foods Make Cents (Decareau , R.V. , Ed.) ,. Transactions of International Microwave Power Institiue Vol.5 , IMPI , New York and London , 1975 , p.89.

Blanco , J.F. and L.E. Dawson. 1974. Survival of *Clostridium perfringens* on Chicken Cooked with Microwave Enegy. Poult . Sci . 53 : 1823 - 1830.

Blunch , W. L . , Matthrews and E . H . Marth . 1977. Fate of Staphylococcus in Beef Soy Loaves Subjected to Procedures used in Hospital Chill Foodservice. J. Food Sci. 42 (2) : 565 - 566.

Chipley , J. R. 1980. Effects of Microwave Irradiation on Microorganisms. Adv. Appl. Microbial. 26 : 129 - 145.

Copson , D. A. , US Patent 2,833,657,1958.

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

Decareau , R.V. 1986 . Microwave Processing throughout the World . J. Food Technol. 40 (6) : 99 - 105.

Fellows, P.J. 1990. Food Processing Technology principles and Practice. Ellis Horwood Limited. England. 343 - 356.

Fung, D.Y.C. Cunningham,F.E. 1980 . Effect of Microwave on Microorganisms in Foods. J. Food Prot. 43 (8) : 641 - 650.

Galuska , P.J..R.W. Kolarik and P.C. Vasvada . 1988. Inactivation of *Listeria Monocytogenes* by Microwave Treatment. J. An. Sci . 67, Suppl. 1:139.

Giese , J. 1992. Advances in Microwave Food Processing . J. Food Technol. 4 (9) : 118 - 123.

Harlfinger, L. 1992. Microwave Sterilization. J. Food Technol. 46 (12) : 57 - 61.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Heddleskon , R. A. and Doores , S. 1994. Factors Affecting Microwave Heating of Foods and Microwave Induced Destruction of Foodborne Pathogens . J. Food Prot. 57 (11) : 1025 - 1037

Jolly , P.G. and Young, G.S. 1990. Microwaves : The Potential for Use in Dairy Processing. The Aus J. of Dairy Technol. 45 :34 - 37.

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

Nott, D., Fd Process Ind., 1977 , 46 (548) , 18.

Richardson , P.S. 1986. Microwave and Resistance Heating for the Food Industry. proceeding of a symposium held at the Campden Food Preservation Research Association , 27 November, 1986.

Schelegel , W. 1992 . Commercial Pasteurization and Sterilization of Feed Products using Microwave Technology . J. Food Technol. 46 (12) : 62 - 63.

Svenson, S. 1977. Physical , Chemical and Biological Changes in Food Caused by Thermal Processing. Tore Hoxem and Oskar Kvale Applied Science. London. 202 - 206.

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

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2515. การศึกษาหาพันธุ์มันฝรั่งที่เหมาะสมในการทำมันทอด เพื่อการอุตสาหกรรมในประเทศไทย. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร). คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบทดสอบทางประสาทสัมผัส

เมื่อท่านได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ "french fried" กรุณาชิม แล้วให้คะแนนตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้มีคะแนนดังนี้

ชื่อ _____ วันที่ _____ เพศ _____ อายุ _____

7	ชอบมาก
6	ชอบปานกลาง
5	ชอบเล็กน้อย
4	เฉย ๆ
3	ไม่ชอบเล็กน้อย
2	ไม่ชอบปานกลาง
1	ไม่ชอบมาก

ตารางให้คะแนน

คุณสมบัติ / ตัวอย่าง	เนื้อสัมผัส (Texture)	ลักษณะปรากฏ (Appearance)	กลิ่นรส (Flavor - aroma)	การยอมรับโดยรวม (Overall)

ข้อเสนอแนะ_____

_____

ขอขอบคุณที่กรุณาสละเวลาตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส และ ลักษณะปรากฏของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาต่างกัน

ซ้ำที่ 1

ผู้ชิม	เนื้อสัมผัส					ลักษณปรากฏ				
	280	650	480	170	860	280	650	480	170	860
1	3	2	1	5	6	4	2	6	3	2
2	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	7	6	5	3	3	4	5
4	1	2	6	1	3	1	2	2	1	2
5	1	1	2	1	2	3	2	3	1	4
6	1	2	4	3	1	3	1	7	6	2
7	1	5	6	5	6	1	4	7	6	5
8	1	4	4	5	5	3	3	3	3	3
9	4	5	6	4	5	5	5	6	3	4
10	2	4	5	6	6	2	6	6	7	4
11	3	5	5	6	2	6	3	5	5	3
12	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
รวม	22	37	47	49	48	39	37	54	45	40
เฉลี่ย	1.8333	3.0833	3.9167	4.0833	4.0000	3.2500	3.0833	4.5000	3.7500	3.3333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น-รส และ การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาต่างกัน

ผู้ชิม	กลิ่นรส					การยอมรับโดยรวม				
	280	650	480	170	860	280	650	480	170	860
1	1	2	4	4	2	1	2	1	5	5
2	1	4	6	7	7	1	2	2	3	3
3	3	2	5	4	6	4	4	4	6	7
4	1	2	4	5	6	1	3	5	4	4
5	2	1	2	3	3	1	1	2	1	2
6	3	1	5	3	5	2	3	5	3	1
7	5	5	7	5	6	1	6	7	6	5
8	1	4	4	5	6	1	4	5	5	6
9	4	5	5	4	5	4	5	6	4	5
10	1	3	4	6	6	2	4	4	6	5
11	4	4	4	4	4	3	5	5	6	3
12	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2
รวม	30	37	54	54	60	23	41	48	51	48
เฉลี่ย	2.5000	3.0833	4.5000	4.5000	5.0000	1.9167	3.4167	4.0000	4.2500	4.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกัน โดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน

Analysis of Variance

source of variation	DF	sum of squares	mean squares	F of prob.
treatment	4	43.7666	10.9417	6.6281**
taster	11	75.7833	6.8894	4.1734**
error	44	72.6334	1.6508	
total	59	192.1833		

** แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความแตกต่างของเนื้อสัมผัสของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกัน

รหัสตัวอย่างมันฝรั่งทอดแบบแท่ง	คะแนนเฉลี่ยของเนื้อสัมผัส
280	1.8333a
650	3.0833ab
480	3.9167b
170	4.0000b
860	4.0833b

ตัวอักษร a b ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกันโดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน

Analysis of Variance

source of variation	DF	sum of squares	mean squares	F of prob.
treatment	4	15.5000	3.8750	2.0667ns
taster	11	54.5833	4.9621	2.6465*
error	44	82.5000	1.8750	
total	59	152.5833		

* แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลักษณะปรากฏของมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการเตรียมการก่อนการทอดด้วยวิธีการต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่น-รส ของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกัน โดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน

Analysis of Variance

source of variation	DF	sum of squares	mean squares	F of prob.
treatment	4	54.6666	13.6667	10.7123**
taster	11	47.7833	4.3439	3.4048**
error	44	56.1334	1.2758	
total	59	158.5833		

** แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบความแตกต่างของกลิ่น-รส ของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกัน

รหัสตัวอย่างมันฝรั่งทอดแบบแท่ง	คะแนนเฉลี่ยของกลิ่น-รส
280	2.5000a
650	3.0833ab
480	4.5000b
170	4.5000b
860	5.0000b

ตัวอักษร a b ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน การยอมรับโดยรวม ของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของ การ ทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลา ต่างกันโดยใช้ผู้ทดสอบ 12 คน

Analysis of Variance

source of variation	DF	sum of squares	mean squares	F of prob.
treatment	4	42.9000	10.7250	7.9309**
taster	11	86.5833	7.8712	5.8206**
error	44	59.5000	1.3523	
total	59	188.9833		

** แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบความแตกต่างของการยอมรับโดยรวม ของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของ การ ทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาต่างกัน

รหัสตัวอย่างมันฝรั่งทอดแบบแท่ง	คะแนนเฉลี่ยของการยอมรับโดยรวม
280	1.9167a
650	3.4167b
480	4.0000b
170	4.0000b
860	4.2500b

ตัวอักษร a b ที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

หมายเหตุ 280คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ไม่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการแช่เยือกแข็งก่อนการทอด

650คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน High นาน 2 นาที

480คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานHigh-Mediumนาน 3 นาที

170คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 4 นาที

860คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส และ ลักษณะปรากฏของมันฝรั่งโดยเปรียบเทียบ ผลของ การ ทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน และเวลาต่างกัน

ซ้ำที่ 2

ผู้ชิม	เนื้อสัมผัส					ลักษณปรากฏ				
	280	650	480	170	860	280	650	480	170	860
1	3	4	5	5	5	4	4	5	5	5
2	1	3	2	3	3	5	2	6	4	7
3	1	6	5	2	5	3	5	6	6	5
4	3	5	6	4	5	6	4	4	3	4
5	2	3	3	2	3	5	2	2	5	6
6	1	3	2	3	3	6	4	4	7	2
7	4	3	2	2	2	7	5	6	4	4
8	1	3	3	1	1	5	6	3	2	7
9	1	6	5	6	7	2	6	7	7	7
10	2	4	5	5	5	3	4	4	3	5
11	1	2	2	2	3	5	3	2	4	2
12	3	2	2	2	2	4	3	3	3	4
รวม	23	44	42	37	44	55	48	52	53	58
เฉลี่ย	1.9167	3.6667	3.5000	3.0833	3.6667	4.5833	4.0000	4.3333	4.4167	4.8333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น-รส และการยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาต่างกัน

ผู้ชิม	กลิ่นรส					การยอมรับโดยรวม				
	280	650	480	170	860	280	650	480	170	860
1	4	4	4	4	3	4	4	5	5	4
2	1	3	2	3	4	1	2	3	2	3
3	1	5	5	3	5	1	6	2	3	3
4	1	5	5	4	5	3	4	6	4	4
5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5
6	3	5	4	5	5	1	3	2	3	3
7	1	1	1	1	1	5	4	4	4	4
8	1	3	2	3	2	1	2	2	2	1
9	6	7	6	7	7	3	6	5	6	7
10	5	5	5	5	5	3	4	5	4	5
11	2	3	3	4	3	1	3	2	4	3
12	3	3	3	4	1	3	3	3	3	4
รวม	33	49	45	47	45	30	45	43	44	46
เฉลี่ย	2.7500	4.0833	3.7500	3.9167	3.7500	2.5000	3.7500	3.5833	3.6667	3.8333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการแช่เยือกแข็ง

ซ้ำที่ 1

ผู้ชิม	เนื้อ สัมผัส		ลักษณะ ปรากฏ		กลิ่น- รส		การยอม รับโดยรวม	
	457	326	457	326	457	326	457	326
1	2	3	6	2	4	2	3	2
2	3	2	6	2	6	5	5	2
3	3	1	6	3	3	3	3	2
4	3	1	5	6	3	2	5	2
5	7	5	6	3	4	1	5	3
6	6	1	6	3	5	4	4	2
7	3	1	5	4	3	3	4	4
8	4	4	5	2	4	2	4	4
9	4	5	4	3	4	3	4	4
10	5	4	4	5	4	3	3	4
11	5	4	6	2	3	5	4	4
12	5	5	6	3	5	4	5	4
รวม	50	36	65	38	48	37	49	37
เฉลี่ย	4.1667	3.0000	5.4167	3.1667	4.0000	3.0833	4.0833	3.0833

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบ ผล ของการ แช่เยือกแข็ง

ซ้ำที่ 2

ผู้ชิม	เนื้อ สัมผัส		ลักษณะ ปรากฏ		กลิ่น- รส		การยอม รับโดยรวม	
	457	326	457	326	457	326	457	326
1	1	3	5	2	4	2	4	2
2	3	2	5	2	6	5	4	2
3	3	1	6	3	3	3	3	2
4	2	1	5	5	3	2	3	2
5	7	5	5	6	3	1	5	3
6	4	4	3	4	3	4	3	4
7	5	1	6	3	4	3	4	2
8	3	5	4	3	3	3	3	3
9	4	4	5	2	2	5	3	4
10	2	1	3	2	2	2	2	2
11	3	3	5	3	3	2	3	3
12	4	5	5	3	5	4	5	4
รวม	41	35	57	38	41	36	42	33
เฉลี่ย	3.4167	2.9167	4.7500	3.1667	3.4167	3.0000	3.5000	2.7500

หมายเหตุ 326คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5นาที และ ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง

457คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5นาที และ ผ่านการแช่เยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่14 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์กับการทอดที่อุณหภูมิ 170 °C นาน 15 วินาที

ซ้ำที่ 1

ผู้ชิม	เนื้อสัมผัส			ลักษณะปรากฏ			กลิ่นรส			การยอมรับ		
	057	238	461	057	238	461	057	238	461	057	238	461
1	2	2	3	5	6	3	4	4	4	4	5	4
2	2	2	3	3	3	3	5	4	4	3	3	3
3	5	5	3	5	6	5	3	6	3	5	6	3
4	2	5	6	4	4	5	2	4	5	2	4	5
5	5	6	3	5	6	4	5	6	3	5	6	3
6	3	3	2	2	6	6	6	5	1	5	5	2
7	5	3	1	5	5	5	6	5	3	5	5	3
8	5	6	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4
9	6	6	3	5	6	4	4	4	4	5	5	4
10	5	5	3	4	5	6	7	6	1	7	6	3
11	4	3	5	5	5	5	4	5	3	4	5	4
12	4	3	5	3	6	5	3	6	5	3	5	6
รวม	48	49	42	50	62	56	53	59	41	52	59	44
เฉลี่ย	4.00	4.08	3.50	4.17	5.17	4.67	4.41	4.91	3.41	4.33	4.91	3.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแห่งโดยเปรียบเทียบ ผลของการใช้แคลเซียม คลอไรด์กับการทอดที่อุณหภูมิ 170 °C นาน 15 วินาที

ซ้ำที่ 2

ผู้ชิม	เนื้อสัมผัส			ลักษณะปรากฏ			กลิ่นรส			การยอมรับ		
	057	238	461	057	238	461	057	238	461	057	238	461
1	6	5	5	5	5	5	6	6	4	5	5	4
2	4	4	4	6	4	4	5	6	5	6	5	4
3	6	6	7	5	7	6	7	5	6	5	6	7
4	3	4	2	3	5	4	3	5	4	3	5	4
5	5	6	4	5	3	6	5	4	6	6	4	5
6	6	6	2	4	4	4	5	4	4	6	5	3
7	3	4	6	3	5	6	5	5	3	2	3	5
8	3	2	2	5	4	3	4	4	3	5	3	2
9	3	4	4	3	3	5	5	5	5	3	4	4
10	4	5	3	3	5	6	5	6	4	5	6	4
11	4	5	5	3	4	3	5	3	6	4	4	5
12	2	2	5	5	5	5	3	4	5	3	4	5
รวม	49	53	49	50	54	57	58	57	55	53	54	52
เฉลี่ย	4.08	4.14	4.08	4.16	4.50	4.75	4.83	4.75	4.58	4.14	4.50	4.33

หมายเหตุ 057คือมันฝรั่งทอดแบบแห่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที และ การแช่เยือกก่อนการทอด

238คือมันฝรั่งทอดแบบแห่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที ทอด และการแช่เยือกแข็งก่อนการทอด

416คือมันฝรั่งทอดแบบแห่งที่ผ่านการแช่แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 และผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที และ การแช่เยือกก่อนการทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รส การยอมรับโดยรวมของมันฝรั่งทอดแบบแท่งโดยเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับการลวก

ผู้ชิม	เนื้อสัมผัส			ลักษณะปรากฏ			กลิ่นรส			การยอมรับ		
	094	198	405	094	198	405	094	198	405	094	198	405
1	1	2	2	2	3	4	1	3	5	1	3	4
2	1	3	5	2	3	4	2	3	4	2	3	5
3	3	5	5	4	6	6	3	6	5	4	6	6
4	2	5	5	4	6	4	2	6	5	3	6	5
5	1	4	5	4	5	5	2	5	6	2	6	5
6	2	5	6	3	4	5	2	6	5	2	4	5
7	3	5	6	2	4	5	3	4	5	2	5	6
8	2	6	5	4	5	5	2	6	5	3	6	5
9	1	3	3	2	4	4	1	3	5	1	3	4
10	1	4	4	2	4	5	1	5	5	1	3	4
11	2	5	6	3	5	5	1	4	5	2	5	5
12	1	5	5	2	5	5	1	4	4	2	5	4
รวม	20	52	57	34	54	57	21	55	59	25	55	58
เฉลี่ย	1.66	4.33	4.75	2.83	4.50	4.75	1.75	4.58	4.91	2.08	4.58	4.83

หมายเหตุ 094คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ไม่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการแช่เยือกแข็งก่อนการทอด

198คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการลวกและการแช่เยือกแข็ง ก่อนการทอด

405คือมันฝรั่งทอดแบบแท่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน Medium นาน 5 นาที และผ่านการแช่เยือกแข็ง ก่อนการทอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายปัจจาคม ช่วงชัยสุขเกษม เกิดวันที่ 7 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2517 สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี จบการศึกษาชั้นมัธยมปลายจากโรงเรียน เบญจมราชูทิศราชบุรี ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะเทนโนโลยีการเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คาดว่าจะสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้