

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

รายงานการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ
“ การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงเชื่อมอบแห้ง ”

ณ โรงงานบริษัทสยามพรีเมียร์ฟู้ดส์ จำกัด 148 หมู่ 6 ถนนเพชรเกษมสายเก่า
ตำบลเจ็ดเสมียน อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี 70120

โดย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นางสาวสุจิตรา มادیไธสง รหัส B 3650288
นางสาวอุลัฏยวรรณ อุตันสา รหัส B 3650295

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา สหกิจศึกษา 1 - 2 / 2539 สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่ 23 ธันวาคม 2539

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาต่อเนื่อง 1 - 2 / 2539

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา

ตามที่ดิฉันได้ไปปฏิบัติงานในตำแหน่งเทียบเท่าเจ้าหน้าที่แผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ณ บริษัทสยามพรีเมียร์ฟู้ดส์ จำกัด ในวิชาสหกิจศึกษา 1 และ 2 และได้ทำโครงการ “การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง” ในช่วงเวลาตั้งแต่ 4 มิถุนายน ถึง 20 ธันวาคม 2539 ดิฉันขอส่งรายงานการปฏิบัติงานพร้อมผลการศึกษาที่ได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาตรวจรับรายงานดังกล่าว

ขอแสดงความนับถือ

สุจิตรา มาลัยไชย

(นางสาวสุจิตรา มาลัยไชย)



(นางสาวสุจิตรา มาลัยไชย)

กิตติกรรมประกาศ

จากการปฏิบัติสหกิจศึกษา ณ บริษัทสยามพรีเมียร์ฟู้ดส์ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 4 มิถุนายน ถึง 20 ธันวาคม 2539 และได้รับมอบหมายให้ทำโครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะสัมผัสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุวิมล กิริติพิบูล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพรทิพา เอื้อวิริยวงศ์ คุณเจนฐานาภรณ์ ปรามค์ชัยกุล และคุณกัมสดาล โสติภาพ ซึ่งเป็น Job Supervisor คุณแววตา สมมิตร ที่กรุณาแนะนำและตรวจแก้โครงร่างงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณ คุณเอกภพ ศุภกรวรวิษ นิสิตปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความเอื้อเฟื้อเกี่ยวกับอุปกรณ์ วิธีการวิเคราะห์สารเยื่อใยและเถ้า ขอขอบคุณพนักงานของบริษัททุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ในการทำการทดลองให้เสร็จสมบูรณ์ และขอขอบคุณ คุณพงษ์ศักดิ์ วิทย์เกียรติ ที่ให้ความช่วยเหลือต่างๆ ในการทำรายงานฉบับนี้

สุจิตรา มาลัยโรตง

อุทัยวรรณ อุสันสา

23 ธันวาคม 2539

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงสุกน้อยและมะม่วงสุกมาก โดยใช้วิธี A.O.A.C. 1984 และ 1990 ให้ผลดังนี้ ความชื้นร้อยละ 85.37 และ 82.69 ความเป็นกรดร้อยละ 1.02 และ 0.71 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดร้อยละ 8.31 และ 10.54 น้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 8.10 และ 11.06 ปริมาณไขมันร้อยละ 4.19 และ 2.45 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 12.06 และ 14.77 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.40 และ 0.41 ตามลำดับ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง พบว่าการเตรียมชิ้นมะม่วงที่ดีคือ การเชื่อมตามความยาวของผลมะม่วงทั้งสองซีกแล้วนำมาแบ่งครึ่งตามความยาวในหนึ่งผลจะได้มะม่วง 4 ชิ้น แช่น้ำในน้ำที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ กรดซิตริก และแคลเซียมคลอไรด์ โดยทำการศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสม พบว่า สูตรน้ำยาที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลดีที่สุด หลังจากนั้นนำมาแช่น้ำเชื่อมเข้มข้น 30 องศาบริกซ์ 24 ชั่วโมง แล้วปรับน้ำเชื่อมให้เข้มข้น 40 องศาบริกซ์ 24 ชั่วโมง และ 50 องศาบริกซ์ 24 ชั่วโมง นำมะม่วงมาล้างน้ำ แล้วนำมะม่วงมาอบที่อุณหภูมิ 65 - 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 - 14 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นไม่เกินร้อยละ 16 ทดสอบผลทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) ให้ผลดังนี้ มะม่วงแช่อิ่มชุดที่ผ่านขั้นตอนไม่ล้างน้ำ คือ ชุดที่ 2 ชุดที่ 4 และชุดที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยทางด้านเนื้อสัมผัส (ความเหนียว) น้อยกว่าชุดที่ผ่านขั้นตอนล้างน้ำ คือ ชุดที่ 1 ชุดที่ 3 และชุดที่ 5 ตามลำดับ คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสของมะม่วงที่แช่อิ่มแบบที่ 1 (30, 40, 50 องศาบริกซ์) มีคะแนนน้อยกว่าแบบที่ 2 (30, 50, 50 องศาบริกซ์) คือ 7.27 และ 7.93 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	1
สารบัญรูป	2
สารบัญตาราง	3
บทนำ	4
วัตถุประสงค์ของรายงาน	
สถานประกอบการ	
โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัส ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง	5-16
สรุปผลการปฏิบัติงาน	17
ข้อเสนอแนะ	18
เอกสารอ้างอิง	19-20
ภาคผนวก	21-39
ภาคผนวก ก. โครงร่างงานวิจัย	21-29
ภาคผนวก ข. วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	30-37
ภาคผนวก ค. ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ	38-39

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 การหั่นมะม่วงแบบตรง	7
รูปที่ 2 การหั่นมะม่วงแบบเฉียง	7
รูปที่ 3 กราฟการทำแห้งของอาหารชั้นในอากาศร้อนที่มีอุณหภูมิ และความชื้นคงที่	25
รูปที่ 4 กราฟแสดงอิทธิพลของ A_w ต่ออัตราการเสื่อมเสียคุณภาพ ทางอาหาร	26



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงแก้วสุกน้อย และสุกมากต่อ 100 กรัม	9
ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น SO_2 และ water activity ของมะม่วงแก้วสุกน้อย แช่อิ่มอบแห้ง หลังอบ $65 - 70^\circ\text{C}$ นาน 12 ชั่วโมง	10
ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น SO_2 และ water activity ของมะม่วง แก้วสุกมากแช่อิ่มอบแห้ง หลังอบ $65 - 70^\circ\text{C}$ นาน 12 ชั่วโมง	10
ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น SO_2 ของมะม่วงแก้วสุกน้อย แช่อิ่มที่ระดับความหวาน 50°Bx ก่อนอบแห้ง	11
ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น SO_2 และ water activity ของมะม่วง แก้วสุกน้อยแช่อิ่ม หลังอบ $65 - 70^\circ\text{C}$ นาน 12 ชั่วโมง	11
ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น SO_2 ของมะม่วงแก้วสุกมาก แช่อิ่มที่ระดับความหวาน 50°Bx ก่อนอบแห้ง	11
ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น SO_2 และ water activity ของมะม่วง แก้วสุกมากแช่อิ่ม หลังอบ $65 - 70^\circ\text{C}$ นาน 12 ชั่วโมง	12
ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่ม อบแห้งโดยวิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA)	12
ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ทางสถิติของการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน เนื้อสัมผัสของมะม่วงสุกมากและสุกน้อยแช่อิ่มอบแห้ง	38
ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติของการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สีของมะม่วงสุกมากและสุกน้อยแช่อิ่มอบแห้ง	38
ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติของการยอมรับทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบ การลิ้นน้ำและไม่ลิ้นน้ำของมะม่วงสุกมากและสุกน้อยแช่อิ่มอบแห้ง	38
ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติการยอมรับทางประสาทสัมผัสของการเพิ่ม ระดับความหวานของน้ำเชื่อมทั้ง 2 แบบที่มีต่อเนื้อสัมผัส	39

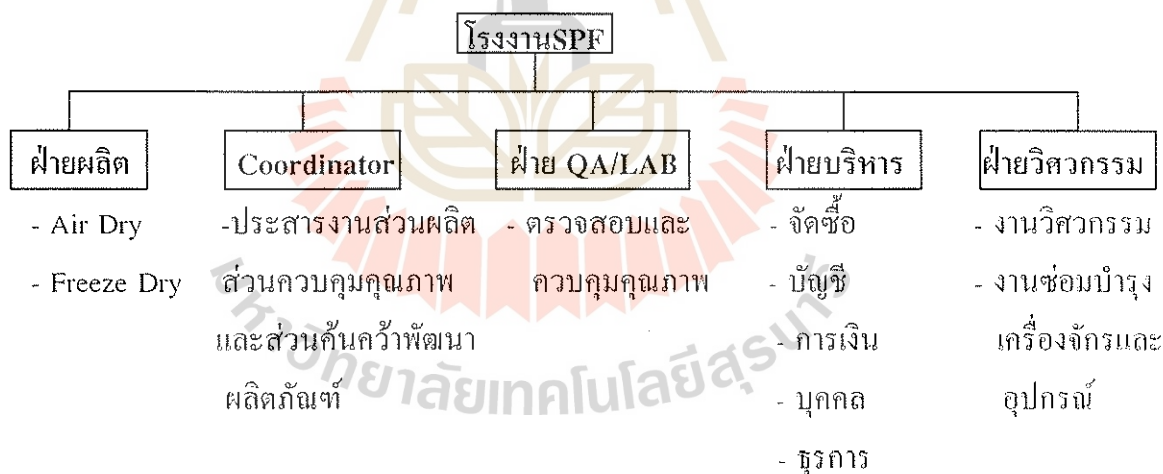
บทนำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเสนอผลงานการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ
2. เพื่อศึกษถึงปัจจัยและแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาและปรับปรุงการผลิตผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

สถานประกอบการ

บริษัทสยามพรีเมียร์ฟู้ดส์ จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 148 หมู่ 6 ตำบลเจ็ดเสมียน ถนนเพชรเกษมสายเก่า อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี 70120 โทร.(032) 397117 - 8 โทรสาร (032) 397117-8 บริษัทได้เริ่มเปิดทำการในปีพุทธศักราช 2527 ซึ่งมีเนื้อที่จำนวน 60 ไร่ จำนวนพนักงานทั้งหมดประมาณ 350 คน ส่วนใหญ่พนักงานจะเป็นคนในตำบลเจ็ดเสมียนและพื้นที่ใกล้เคียง มีเจ้าหน้าที่ระดับ Food Science จำนวน 7 คน ในส่วนของการผลิต บริษัทจะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง ได้แก่ สับปะรด มะละกอ มะม่วง กล้วย ฯลฯ และผลิตภัณฑ์ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dry Product) ได้แก่ ผลไม้ทั่วไปและเนื้อสัตว์ โดยส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะทำการส่งออกต่างประเทศ และมีการจัดการองค์กร ระบบบริหารงานของบริษัทดังนี้



การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ในตำแหน่งเทียบเท่าเจ้าหน้าที่แผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้รับมอบหมายให้ทำโครงการวิจัยเรื่อง “ การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะสัมผัสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ” และทำงานปฏิบัติการในห้องวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ทางด้านจุลินทรีย์และเคมี ซึ่งอยู่ในการควบคุมดูแลของ คุณพรทิพา เอื้อวิริยวงศ์ คุณเจษฎาภรณ์ ปรารักษ์ชัยกุล และคุณก้องสาด โสธิภาพ (Co - op Supervisor) เริ่มปฏิบัติงานตั้งแต่วันที่ 4 มิถุนายน ถึง 20 ธันวาคม 2539

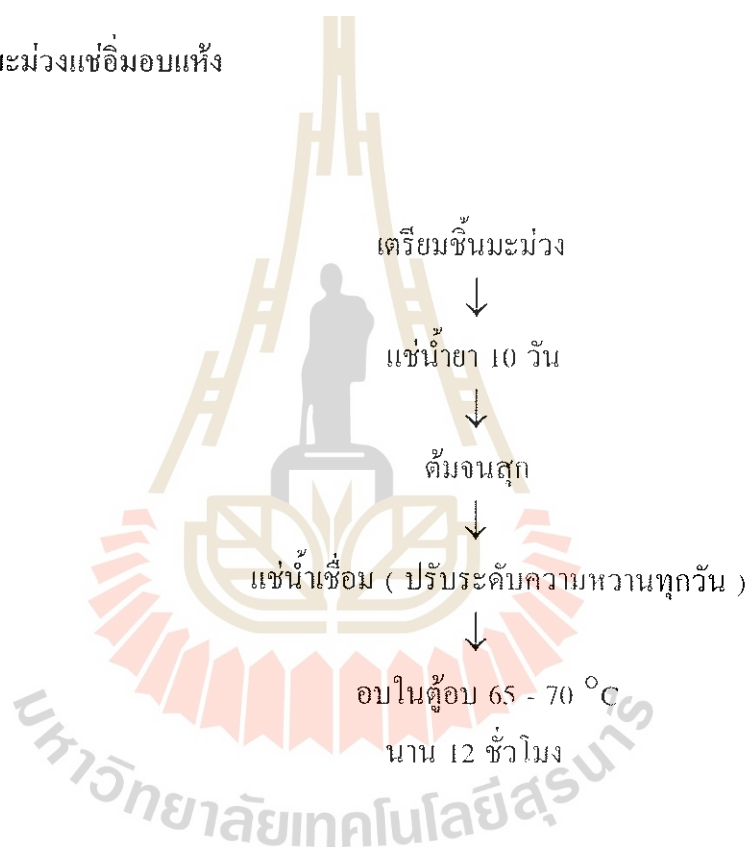
การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของมะม่วง
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาปัจจัยต่างๆกับแนวทางตามทฤษฎี
3. เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง
4. เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ไม่ให้เหนียวติด

กันเมื่อบรรจุเป็นBulk Pack

ขั้นตอนการผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง



วิธีการศึกษา

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงแก้ว

นำมะม่วงแก้วที่มีความสุก 2 ระดับ คือ สุกมากและสุกน้อย ปอกเปลือกแล้วล้างเนื้อมะม่วงให้ละเอียดเพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ หาปริมาณกรดโดยการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N โดยใช้ Phenolphthalein เป็น indicator หาปริมาณความชื้นโดยวิธีของ A.O.A.C. 1984 หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Hand Refractometer หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธีของ Lae and Eyon (A.O.A.C., 1984) หาปริมาณไขมันโดยวิธีสกัดด้วยอีเทอร์ (A.O.A.C., 1984) วัดค่าความเป็นกรดด้วย pH - meter หาปริมาณเส้นใยโดยวิธีของ A.O.A.C. 1984

2. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

2.1 ศึกษาสูตรน้ำยาที่เหมาะสม

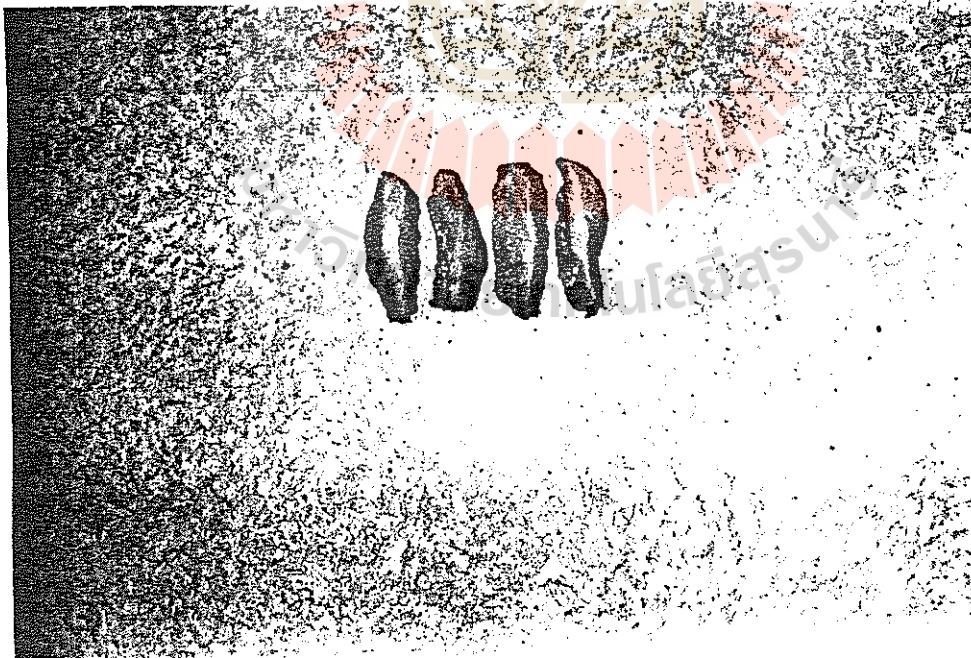
นำมะม่วงสุกน้อยและสุกมาก มาล้างให้สะอาด ปอกเปลือก หั่นมะม่วงเป็นชิ้นๆ ให้มีความหนาประมาณ 0.5 - 1.0 เซนติเมตร นำไปแช่น้ำยาที่ประกอบด้วย โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1.0 เปอร์เซ็นต์ กรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่แตกต่างกัน ดังนี้ สูตรที่ 1 ไม่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ (0 เปอร์เซ็นต์) สูตรที่ 2 ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 3 ใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.0 เปอร์เซ็นต์ แช่น้ำยานาน 10 วัน ทำการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่มีอยู่ในน้ำยาโดยวิธีการกลั่น (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2530) เมื่อครบกำหนด นำมะม่วงมาต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที (ให้มะม่วงสุก) เก็บตัวอย่างเนื้อมะม่วงก่อนต้มและหลังต้มเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณ SO_2 นำมะม่วงที่ต้มแล้วแช่ในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 30 องศาบริกซ์ 24 ชั่วโมง ปรับระดับความหวานของน้ำเชื่อมให้เป็น 40 องศาบริกซ์ แช่ไว้ 24 ชั่วโมง ปรับน้ำเชื่อมเป็น 50 องศาบริกซ์ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาอบในตู้อบ 65 - 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 - 14 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ความชื้น วิเคราะห์น้ำตาล ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ค่า water activity และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม

2.2 การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการเตรียมชิ้นมะม่วงสำหรับแช่ในน้ำเชื่อม

นำมะม่วงสุกมากและสุกมากมาล้างให้สะอาด ปอกเปลือก หั่นมะม่วง 2 แบบ ดังนี้ แบบที่ 1 หั่นมะม่วงตามความยาวของผลโดยมีหน้าตัดเฉียง (รูปที่ 1) แบบที่ 2 หั่นมะม่วงตามความยาวของผลแล้วเลื้อนให้มีหน้าตัดตั้งฉาก (รูปที่ 2) โดยมีความหนา 0.5 ถึง 1.0 เซนติเมตร ความกว้าง 3 - 5 เซนติเมตร นำไปแช่น้ำยาเป็นเวลา 10 วัน แล้วต้มในน้ำเดือด 3 นาที นำไปแช่ในน้ำเชื่อมและอบแห้งตาม ทำการวิเคราะห์วิธีเช่นเดียวกับข้อ 2.1 และทดสอบคุณภาพทางลักษณะสัมผัสโดยการชิม



รูปที่ 1 การขึ้นแบบตรง



รูปที่ 2 การขึ้นแบบเฉียง

2.3 การศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม

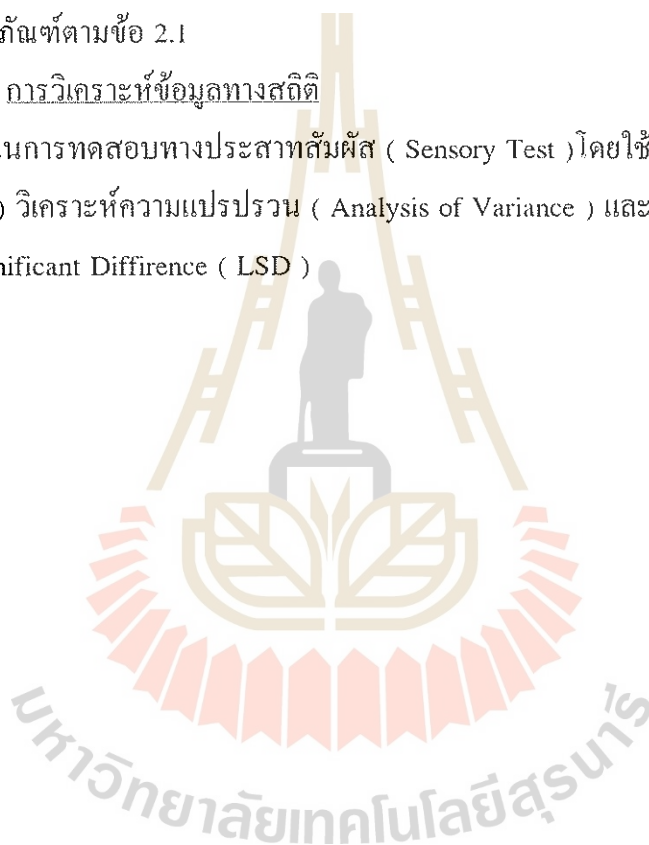
หั่นมะม่วงให้มีขนาดตามข้อ 2.2 โดยทำการหั่นตรงแช่น้ำยาสุตรที่ 3 เป็นเวลา 10 วัน หลังจากนั้นนำมะม่วงมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที นำมะม่วงแช่น้ำเชื่อมโดยแบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้ แบบที่ 1 ใช้ระดับความหวาน 30, 40, 50 องศาบริกซ์ แบบที่ 2 ใช้ระดับความหวาน 30, 50, 50 องศาบริกซ์ ระดับความเข้มข้นละ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 65 - 70 องศาเซลเซียส นาน 12 - 14 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์ตามวิธีข้อ 2.1

2.4 การศึกษาเปรียบเทียบผลการล้างและมัล้างมะม่วงก่อนการอบแห้ง

เตรียมชิ้นมะม่วง แห่น้ำยา แช่น้ำเชื่อม ตามวิธีข้อ 2.3 ก่อนที่จะนำไปอบแห้ง แบ่งมะม่วงออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ล้างมะม่วงด้วยน้ำสะอาดก่อนอบ ชุดที่ 2 ไม่ล้างน้ำก่อนอบ ทำการอบแห้งและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ตามข้อ 2.1

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory Test) โดยใช้วิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างโดยใช้ Least Significant Diffirence (LSD)



ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงแก้วสุกน้อยและมะม่วงแก้วสุกมาก

จากการศึกษาความชื้นของมะม่วงพบว่า มะม่วงแก้วสุกน้อยมีความชื้นสูงกว่ามะม่วงแก้วสุกมาก คือ ร้อยละ 85.37 และ 82.69 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของมะม่วงแก้วสุกน้อย 8.31 องศาบริกซ์ มะม่วงสุกมาก 10.54 องศาบริกซ์ น้ำตาลรีดิคัลมะม่วงแก้วสุกน้อยมีอยู่ร้อยละ 3.69 มะม่วงสุกมากมีร้อยละ 5.03 น้ำตาลซูโครสในมะม่วงสุกน้อยร้อยละ 4.19 มะม่วงสุกมากร้อยละ 5.37 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) มะม่วงสุกน้อย 2.86 มะม่วงสุกมาก 3.29 มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีไขมันต่ำ คือ ร้อยละ 4.38 และ 2.45 ในมะม่วงสุกน้อยและมะม่วงสุกมาก ตามลำดับ เยื่อใยหรือ Dietary Fiber พบว่าเยื่อใยในมะม่วงสุกน้อยมีปริมาณต่ำกว่ามะม่วงสุกมาก คือ ร้อยละ 12.06 และ 14.77 ตามลำดับ ปริมาณเถ้าในมะม่วงสุกน้อยและสุกมากค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 0.40 และ 0.41 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงแก้วสุกมากและสุกน้อย

องค์ประกอบ	มะม่วงแก้วสุกน้อย	มะม่วงแก้วสุกมาก
ความชื้น (M/C, %)	85.37	82.69
ความเป็นกรด (% acidity)	1.02	0.71
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Bx)	8.31	10.54
น้ำตาลทั้งหมด (TS, %)	8.10	11.06
น้ำตาลรีดิคัล (RS, %)	3.69	5.03
น้ำตาลซูโครส (SC, %)	4.19	5.73
ไขมัน (fat, %)	4.38	2.45
เยื่อใย (Dietary Fiber, %)	12.06	14.77
เถ้า (ash, %)	0.40	0.41
ความเป็นกรดต่าง (pH)	2.86	3.29

2. ผลการศึกษาน้ำยาที่ใช้

จากการศึกษาเพื่อหาน้ำยาที่เหมาะสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง พบว่า น้ำยาสูตรที่ 3 คือ สูตรที่มีปริมาณกรดซิตริก 1.0 % (w/v) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1.0 % แคลเซียมคลอไรด์ 1.0 % ให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีที่สุด คือ มีความเหนียวน้อยที่สุด

3. ผลการศึกษากการเตรียมขึ้นมะม่วงก่อนแช่น้ำยา

เตรียมขึ้นมะม่วงก่อนแช่น้ำยา 2 วิธี คือ การหั่นขึ้นมะม่วงแบบหั่นตรงและแบบหั่นเฉียง ทั้งมะม่วงสุกมากและสุกน้อย ให้ผลดังนี้ ผลของวิธีการหั่นขึ้นมะม่วงที่มีต่อการดูดซึมปริมาณ SO_2

พบว่า ทั้ง 2 วิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในมะม่วงที่หั่นเฉียงสูงกว่ามะม่วงหั่นตรง (ตารางที่ 2 และ 3) ลักษณะปรากฏภายนอกของมะม่วงหั่นเฉียงค่อนข้างแห้งกรอบ ในบริเวณหน้าตัดที่ลาดเอียง ซึ่งชั้นมะม่วงจะบางในบริเวณนี้ทำให้ง่ายต่อการฉีกขาดส่งผลให้ลักษณะปรากฏไม่สวยงาม

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น ปริมาณ SO_2 ค่า Aw ของมะม่วงสุกน้อยแฉิม หลังอบ $65 - 70^\circ\text{C}$ 12 ชั่วโมง

ตัวอย่างมะม่วงสุกน้อย หลังอบ	% RS	% TS	% SC	Ratio	$^{\circ}\text{Bx}$	pH	% M/C	SO_2 (ppm)	Aw
แช่น้ำยาสูตรที่ 1 หั่นเฉียง	12.80	79.18	63.06	1.26	70.77	3.09	11.02	198.98	0.634
หั่นตรง	13.21	70.75	54.66	1.29	70.82	3.09	11.29	214.26	0.651
แช่น้ำยาสูตรที่ 2 หั่นเฉียง	14.36	71.04	53.85	1.32	59.25	3.06	11.87	222.85	0.676
หั่นตรง	13.14	71.04	55.56	1.29	68.25	3.07	17.07	148.48	0.677
แช่น้ำยาสูตรที่ 3 หั่นเฉียง	16.90	77.45	57.72	1.35	72.31	3.22	12.57	234.45	0.669
หั่นตรง	16.58	71.03	51.73	1.37	71.10	3.10	18.28	218.68	0.665

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น ปริมาณ SO_2 ค่า Aw ของมะม่วงสุกมากแฉิม หลังอบ $65 - 70^\circ\text{C}$ 12 ชั่วโมง

ตัวอย่างมะม่วงสุกมาก หลังอบ	% RS	% TS	% SC	Ratio	$^{\circ}\text{Bx}$	pH	% M/C	SO_2 (ppm)	Aw
แช่น้ำยาสูตรที่ 1 หั่นเฉียง	7.71	75.93	64.81	1.17	77.81	3.92	14.57	137.02	0.777
หั่นตรง	8.01	66.67	58.66	1.14	69.38	3.81	11.50	247.34	0.687
แช่น้ำยาสูตรที่ 2 หั่นเฉียง	10.81	74.73	60.72	1.23	77.13	3.62	9.53	106.25	0.721
หั่นตรง	9.02	70.02	57.95	1.21	72.47	3.87	12.43	84.19	0.737
แช่น้ำยาสูตรที่ 3 หั่นเฉียง	8.66	73.11	61.23	1.19	75.33	3.75	15.49	126.51	0.715
หั่นตรง	10.89	71.41	57.49	1.24	71.018	3.68	12.75	226.98	0.718

4. ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม

ผลการศึกษาการแช่มะม่วงแบบที่ 1 ในระดับความเข้มข้น 30, 40, 50 องศาบริกซ์ ความเข้มข้นละ 24 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบกับ การแช่มะม่วงแบบที่ 2 ในระดับความเข้มข้น 30, 50, 50 องศาบริกซ์ ความเข้มข้นละ 24 ชั่วโมง ให้ผลดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและน้ำตาลทั้งหมด ในมะม่วงที่แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 2 มีค่าสูงกว่า แบบที่ 1 แต่การแช่น้ำเชื่อมแบบที่ 2 จะได้มะม่วงที่มีลักษณะที่เยว่น ไม่สวยงามเท่าแบบที่ 1 ดังนั้นการแช่น้ำเชื่อมแบบที่ 2 มีความเหมาะสมมากกว่าแบบที่ 1

5. ผลการศึกษาล้างมะม่วงก่อนการอบแห้ง

พิจารณาที่วิธีการแช่มะม่วงแบบที่ 1 ทั้งมะม่วงสุกน้อยและสุกมาก โดยเปรียบเทียบผลของการล้างน้ำและไม่ล้างน้ำก่อนการอบแห้ง ดังแสดงผลในตารางที่ 4 และ 6 พบว่า มะม่วงที่ผ่านการ

ล้างน้ำจะถูกระหว่างเอาน้ำตาลบางส่วนออกจากบริเวณผิวทำให้ค่าน้ำตาลทั้งหมดมีค่าต่ำกว่ามะม่วงที่ไม่ผ่านการล้างน้ำ รวมถึงปริมาณน้ำตาลซูโครสและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดทำให้ผลเช่นเดียวกัน แต่เมื่ออบแห้งมะม่วงทั้งสองชุดพบว่า มะม่วงที่ผ่านขั้นตอนการล้างน้ำก่อนอบแห้ง บริเวณผิวจะมีลักษณะแห้งมากกว่า และมะม่วงที่ผ่านการล้างน้ำเมื่อนำมาหาปริมาณ SO_2 ก่อนอบจะมีปริมาณ SO_2 ลดลง

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น SO_2 ของมะม่วงแก้วสุกน้อยที่ระดับความเข้มข้น 50 ingsa บริกซ์ ก่อนอบแห้ง

ตัวอย่างมะม่วงแช่อิ่มก่อนอบ	% RS	% TS	% SC	Ratio	$^{\circ}\text{Bx}$	pH	% M/C	SO_2 (ppm)
แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 1 ล้างน้ำ	6.26	33.97	26.32	1.29	32.74	2.58	51.49	68.94
ไม่ล้างน้ำ	6.15	37.90	30.16	1.25	34.56	2.54	47.58	193.16
แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 2 ล้างน้ำ	5.40	38.98	32.24	1.21	32.10	2.77	51.85	99.32
ไม่ล้างน้ำ	5.09	39.14	32.35	1.21	36.06	2.66	46.66	134.15

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น SO_2 และค่า Aw ของมะม่วงแก้วสุกน้อยแช่อิ่มอบแห้ง หลังอบ 65 - 70 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง

ตัวอย่างมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง	% RS	% TS	% SC	Ratio	$^{\circ}\text{Bx}$	pH	% M/C	SO_2 (ppm)	Aw
แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 1 ล้างน้ำ	22.95	70.11	44.80	1.56	70.78	2.76	11.00	93.68	0.553
ไม่ล้างน้ำ	24.08	70.48	44.08	1.59	69.00	2.73	11.72	135.45	0.569
แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 2 ล้างน้ำ	19.28	68.87	47.11	1.46	65.72	2.86	13.68	111.36	0.557
ไม่ล้างน้ำ	21.22	77.61	53.57	1.45	75.64	2.80	14.05	126.77	0.550

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น SO_2 ของมะม่วงแก้วสุกมากที่ระดับความเข้มข้น 50 ingsa บริกซ์ ก่อนอบ

ตัวอย่างมะม่วงแช่อิ่มก่อนอบ	% RS	% TS	% SC	Ratio	$^{\circ}\text{Bx}$	pH	% M/C	SO_2 (ppm)
แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 1 ล้างน้ำ	4.86	35.19	28.81	1.22	30.49	3.28	56.25	141.51
ไม่ล้างน้ำ	4.86	39.10	32.53	1.20	34.83	2.83	54.84	165.56
แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 2 ล้างน้ำ	5.60	40.20	32.87	1.22	36.99	2.77	53.08	149.05
ไม่ล้างน้ำ	5.48	39.18	32.01	1.22	36.57	2.72	48.96	151.34

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำตาล ความชื้น SO_2 และค่า Aw ของมะม่วงแก้วสุกมากแช่อิ่มอบแห้ง หลังอบ 65 - 70 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง	% RS	% TS	% SC	Ratio	O_2Bx	pH	% M/C	SO_2 (ppm)	Aw
แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 1 ล้างน้ำ	18.46	73.17	51.97	1.40	78.12	3.14	14.07	26.54	0.512
	ไม่ล้างน้ำ	18.79	72.53	51.05	1.42	72.20	13.26	193.14	0.542
แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 2 ล้างน้ำ	19.21	79.24	57.02	1.39	72.02	3.08	14.03	178.46	0.583
	ไม่ล้างน้ำ	20.68	73.35	50.04	1.46	74.74	12.45	228.19	0.578

6. ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัส (SENSORY TEST)

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

โดยวิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA)

Treatment	สี	เนื้อสัมผัส (ความเหนียว)	ความเปรี้ยว	ความหวาน	กลิ่น
1	8.26	7.57	5.83	9.16	7.57
2	8.68	6.74	5.71	8.83	7.86
3	8.04	7.03	5.28	9.78	7.57
4	8.61	6.94	5.51	9.50	7.57
5	6.71	8.46	5.23	8.86	7.28
6	7.57	7.88	6.60	7.70	6.14
7	7.85	7.48	6.40	7.30	6.00
8	7.43	8.91	5.60	8.25	6.91
C	10	7.28	8.00	8.00	8.00

หมายเหตุ Treatment ที่ 1 คือ มะม่วงสุกมาก แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 1 ผ่านขั้นตอนการล้างน้ำก่อนอบ

2 คือ “ “ ไม่ล้างน้ำก่อนอบ

3 คือ “ แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 2 ผ่านขั้นตอนการล้างน้ำก่อนอบ

4 คือ “ “ ไม่ล้างน้ำก่อนอบ

5 คือ มะม่วงสุกน้อย แช่น้ำเชื่อมแบบที่ 1 ผ่านขั้นตอนการล้างน้ำก่อนอบ

6 คือ “ “ ไม่ล้างน้ำก่อนอบ

7 คือ “ “ ผ่านขั้นตอนการล้างน้ำก่อนอบ

8 คือ “ “ ไม่ล้างน้ำก่อนอบ

C คือ ชุดควบคุม (Control)

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง โดยมีผู้ทดสอบชิม 7 คน ให้คะแนนโดยการเปรียบเทียบกับชุดควบคุม การทดสอบทางเนื้อสัมผัสหรือความเหนียวของมะม่วงโดยมะม่วงชุดที่มีคะแนนน้อย บ่งบอกถึง มีความเหนียวน้อยและมะม่วงชุดที่มีคะแนนมาก บ่งบอกถึงมีความเหนียวมาก ให้ผลดังนี้ ผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มชุดที่ 8 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 8.91 รองลงมา คือ มะม่วงชุดที่ 5 ได้รับคะแนนเฉลี่ย 8.46 ซึ่งเป็นมะม่วงชุดที่ผ่านการล้างน้ำก่อนการอบแห้ง คะแนนการยอมรับสีของผลิตภัณฑ์ มะม่วงสุกมากจะมีคะแนนสูงกว่ามะม่วงสุกน้อย และมะม่วงชุดที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 8.68 รองลงมาคือ มะม่วงชุดที่ 4 ได้รับคะแนนเฉลี่ย 8.61 คะแนนการยอมรับความเปรี้ยว มะม่วงแก้วสุกน้อยจะคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ามะม่วงสุกมากซึ่งจะตรงกันข้ามกับคะแนนการยอมรับความหวาน มะม่วงสุกมากจะมีคะแนนความเปรี้ยวสูงกว่ามะม่วงสุกน้อย (ตารางที่ 8)

วิเคราะห์ผลการศึกษา

1. วิเคราะห์ผลการศึกษารอบประกอบทางเคมีของมะม่วงแก้ว

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงแก้วสุกน้อยและมะม่วงแก้วสุกมากให้ผลเป็นไปตามทฤษฎีดังนี้ มะม่วงแก้วขณะพัฒนาผลปริมาณความชื้นจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งระยะนี้มะม่วงจะมีการแบ่งเซลล์จนกระทั่งโตเต็มที่จะเปลี่ยนเป็นการขยายเซลล์ ความชื้นในมะม่วงจะลดลงเล็กน้อยจนถึงคงที่ จากการทดลองมะม่วงสุกน้อยมีความชื้น 85.37 เปอร์เซ็นต์ มะม่วงสุกมาก 82.69 เปอร์เซ็นต์

เมื่อผลมะม่วงเริ่มสุกแป้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยไฮโดรไลสไปเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ จากการทดลองพบว่า น้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ในมะม่วงสุกมากจะสูงกว่ามะม่วงสุกน้อย เมื่อผลสุกน้ำตาลซูโครสจะสลายตัวเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทั้งหมดกับน้ำตาลรีดิวซ์ของมะม่วงสุกน้อยและสุกมากค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ

2.195 และ 2.198 ตามลำดับ มะม่วงสุกน้อยจะมีความเป็นกรดสูงกว่า โดยความเป็นกรดในมะม่วงจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ในระยะพัฒนาผล เมื่อสุกความเป็นกรดจะลดลง ส่งผลให้ค่า pH ของมะม่วงสุกน้อยต่ำกว่ามะม่วงสุกมากและมีรสเปรี้ยวมากกว่า

2. วิเคราะห์ผลการศึกษาสุตรน้ำยา

ผลการศึกษาสุตรน้ำยาทั้ง 3 สูตร โดยให้ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ มีความแตกต่างกันใน 3 สูตร คือ 0 เปอร์เซ็นต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มะม่วงชุดที่แช่น้ำยาสูตรที่ 3 ให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณาที่ความชื้นของมะม่วงสุกน้อยแช่อิ่มหลังอบ (ตารางที่ 2) มะม่วงชุดที่แช่น้ำยาสูตรที่ 3 และ 2 จะมีความชื้นสูงกว่ามะม่วงที่แช่น้ำยาสูตรที่ 1 ตามลำดับ และความชื้นในชั้นมะม่วงทำให้มะม่วงไม่แห้งแข็ง จึงอาจเป็นไปได้ว่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่เหนียวของชุดที่แช่น้ำยาสูตรที่ 3 นั้น ส่วนหนึ่งเป็นผลจากปริมาณความชื้นที่มีอยู่ จึงไม่อาจสรุปได้ว่า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นผลที่ได้รับโดยตรงจากปริมาณแคลเซียมที่เพิ่มขึ้น

3. วิเคราะห์ผลการศึกษาศึกษาการเตรียมขึ้นมะม่วง

การเตรียมขึ้นมะม่วงโดยควบคุมที่รูปลักษณะของขึ้นมะม่วง ทำการหั่นมะม่วง 2 แบบ พบว่าการควบคุมขนาดของขึ้นมะม่วงค่อนข้างทำได้ยาก เพราะขนาดของผลมะม่วงมีความแตกต่างกัน ซึ่งในทางอุตสาหกรรม การตัดขึ้นมะม่วงให้มีขนาดเท่ากันหมดเป็นการสูญเสีย ตัดขึ้นมะม่วงให้มีขนาดเท่ากันหมดเป็นการสูญเสีย Yield จากการทดลองพบว่า การหั่นขึ้นมะม่วงทั้ง 2 แบบ ให้ผลการวิเคราะห์น้ำตาล ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ค่อนข้างใกล้เคียงกัน การหั่นขึ้นมะม่วงแบบหั่นตรงและหั่นเฉียงมีผลต่ออัตราการทำแห้งเป็นสำคัญ เนื่องจากมะม่วงหั่นเฉียงจะมีหน้าตัดแบบลาดชัน ดังรูปที่ 2 ทำให้อัตราการแพร่ของน้ำมาสู่ผิวในขณะอบแห้งเป็นไปได้เร็ว บริเวณหน้าตัดที่ลาดชันและบางจะมีลักษณะผิวแห้งแข็งมาก ในขณะที่การหั่นตรงหน้าตัดของขึ้นมะม่วงแบนราบสม่ำเสมอ อัตราการแพร่ของน้ำจึงเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

4. วิเคราะห์ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อม

การแช่อิ่มแบบที่ 1 30, 40, 50 องศาเซลเซียส อย่างละ 24 ชั่วโมง เป็นการแช่อิ่มแบบช้า ส่วนการแช่อิ่มแบบที่ 2 30, 50, 50 องศาเซลเซียส อย่างละ 24 ชั่วโมง เป็นการแช่อิ่มแบบเร็ว พบว่าการแช่อิ่มแบบที่ 2 มะม่วงจะดูดซึมน้ำตาลได้มากกว่า ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในมะม่วงแช่อิ่มแบบที่ 2 จะสูงกว่าแบบที่ 1 แต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในมะม่วงแช่อิ่มแบบที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % การแช่อิ่มแบบเร็วมีต่อลักษณะปรากฏของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง ซึ่งเกิดขึ้นจากมะม่วงเกิดการสูญเสียน้ำภายในเซลล์อย่างรวดเร็วโดยการออสโมซิส เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมอย่างรวดเร็วทำให้เซลล์มะม่วงปรับตัวไม่ทัน ส่งผลให้เซลล์เหี่ยว ลักษณะปรากฏของมะม่วงแช่อิ่มแบบที่ 2 จึงเหี่ยวยุบ

5. วิเคราะห์ผลการศึกษาล้างมะม่วงและไม่ล้างมะม่วงก่อนอบ

การล้างน้ำก่อนการอบแห้งทำให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผิวถูกน้ำล้างออกบางส่วน มะม่วงแก้วสุกน้อยแช่อิ่มในชุดที่ผ่านการล้างน้ำมีปริมาณความชื้นหลังอบแห้งต่ำกว่าชุดที่ไม่ผ่านการล้างน้ำก่อนอบ เนื่องจากน้ำตาลบางส่วนถูกชะล้างออกทำให้การทำแห้งเป็นไปได้ง่าย แต่ในมะม่วงแก้วสุกมากแช่อิ่มในชุดที่ผ่านการล้างน้ำมีปริมาณความชื้นหลังอบแห้งสูงกว่าชุดที่ไม่ผ่านการล้างน้ำและเมื่อพิจารณาที่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในชุดที่ผ่านการล้างน้ำมีค่าสูงกว่า จึงอาจเป็นไปได้ว่าการล้างน้ำด้วยวิธีการแช่มะม่วงในน้ำสะอาดด้วยอัตราส่วน 1 : 1 ทำให้น้ำตาลบริเวณผิวถูกชะออก แต่ในขณะที่ทำการล้างมะม่วงบางชิ้นอาจได้รับน้ำตาลเพิ่มขึ้นจากน้ำตาลที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่งผลต่อการทำแห้งโดยผลึกน้ำตาลจะทำให้อัตราการทำแห้งเป็นไปได้ช้า แต่ในการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในมะม่วงที่ผ่านขั้นตอนการล้างน้ำและไม่ล้างน้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังนั้น การล้างน้ำด้วยวิธีนี้อาจไม่สามารถลดปริมาณน้ำตาลที่บริเวณผิวมะม่วงได้ พิจารณาที่ลักษณะปรากฏของมะม่วงพบว่า ลักษณะผิวภายนอกของมะม่วงที่ผ่านการล้างน้ำค่อนข้างแห้งมากกว่าชุดที่ไม่ผ่านการล้างน้ำ

6. วิเคราะห์ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี QDA พบว่า สีสันของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมะม่วงแก้วสุกมากและมะม่วงสุกน้อย มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันในทางสถิติ และสีของมะม่วงแก้วสุกมากและสุกน้อยมีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ในทางด้านเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนของมะม่วงชุดที่แช่อบแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ผลทางสถิติไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ดังตารางภาคผนวก ก.

สรุปผลการศึกษา

1. ผลการศึกษากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของมะม่วงแก้วสุกน้อยและสุกมาก คือ ความชื้นร้อยละ 85.37 และ 82.69 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดร้อยละ 8.31 และ 10.54 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 8.10 และ 11.06 น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 3.69 และ 5.03 น้ำตาลซูโครสร้อยละ 4.19 และ 5.73 ความเป็นกรดร้อยละ 1.02 และ 0.71 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 12.06 และ 14.77 ปริมาณไขมันร้อยละ 4.38 และ 2.45 เถ้าร้อยละ 0.40 และ 0.41 ตามลำดับ

2. การผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง การเตรียมชิ้นมะม่วงที่ให้ผลดี ควรหั่นตรง โดยหั่นตามความยาวของผล แบ่งเป็น 4 ส่วน แช่น้ำยาที่ประกอบด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ กรดซิตริก แคลเซียมคลอไรด์ อย่างละ 1.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 10 วัน ดมในน้ำเดือดนาน 3 นาที หลังจากนั้นแช่น้ำเชื่อมเข้มข้น 30 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปรับความเข้มข้นเป็น 40 องศาบริกซ์ 24 ชั่วโมง และ 50 องศาบริกซ์ 24 ชั่วโมง ล้างน้ำด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำเข้าตู้อบอุณหภูมิ 65 - 70 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง

3. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มชุดที่ 8 ได้คะแนนเฉลี่ยด้านความเหนียวสูงสุด คือ 8.91 รองลงมา คือ มะม่วงชุดที่ 5 ได้รับคะแนนเฉลี่ย 8.46 ซึ่งเป็นมะม่วงชุดที่ผ่านการล้างน้ำก่อนการอบแห้ง คะแนนการยอมรับสีของผลิตภัณฑ์ มะม่วงสุกมากจะมีคะแนนสูงกว่ามะม่วงสุกน้อย และมะม่วงชุดที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 8.68 รองลงมาคือ มะม่วงชุดที่ 4 ได้รับคะแนนเฉลี่ย 8.61 คะแนนการยอมรับความเปรี้ยว มะม่วงแก้วสุกน้อยจะคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ามะม่วงสุกมากซึ่งจะตรงกันข้ามกับคะแนนการยอมรับความหวาน มะม่วงสุกมากจะมีคะแนนความเปรี้ยวสูงกว่ามะม่วงสุกน้อย

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองควรทำการทดลองซ้ำเพื่อยืนยันผลการทดลองที่ได้ว่าสถานะที่ใช้ในการผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง นั้นมีความเหมาะสมจริงหรือไม่



สรุปผลการปฏิบัติงาน

จากการปฏิบัติงาน ณ โรงงานบริษัทสยามพรีเมียร์ฟู้ดส์ จำกัด ในตำแหน่งเทียบเท่าเจ้าหน้าที่แผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยได้รับมอบหมายโครงการวิจัยเรื่อง “ การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพทางลักษณะสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง “ ตลอดระยะเวลา 6 เดือน 16 วัน ได้ปฏิบัติงานจนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งผลการปฏิบัติงานเป็นที่น่าสนใจ แต่ในการศึกษาหนึ่งปัจจัยต้องใช้เวลาจนถึง 17 วัน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิต ทำให้การวางแผนในการศึกษาต้องถูกจำกัดด้วยเวลา ปัจจัยบางอย่างจึงถูกตัดออกจากการทดลอง ได้แก่ การศึกษาวิธีการทำมะม่วงให้สุกก่อนแช่น้ำเชื่อม จำเป็นต้องควบคุมด้วยการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที เนื่องจากปัญหาด้านเวลาและเครื่องมือในการทดลอง



ข้อเสนอแนะ

จากการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ โรงงานบริษัทสยามพรีเมียร์ฟู้ดส์ จำกัด ปัญหาในระหว่างการปฏิบัติงานพบน้อยมาก เพราะพนักงานในแต่ละส่วนมีมากพอที่จะรองรับการผลิต ส่วนด้านสภาพแวดล้อมของสถานประกอบการ มีความเรียบร้อยดี ทั้งนี้เนื่องจากทางบริษัทมีกิจกรรม 5 ส เพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดความเป็นระเบียบของสถานที่ทำงาน แต่ปัญหาที่พบคือ พนักงานที่ทำงานมานานซึ่งมีความชำนาญในการทำงานสูง ทำให้พนักงานมองข้ามขั้นตอนการทำงาน โดยเห็นว่าเป็นจุดที่ไม่สำคัญนัก ทำให้เกิดความประมาทในการปฏิบัติงาน เช่น การเตรียมสารเคมีที่เป็นกรดเข้มข้น โดยไม่ใส่ถุงมือยางป้องกัน ซึ่งอาจเกิดอันตรายจากการปฏิบัติงานได้ จึงควรมีการจัดอบรมหรือประชุมเพื่อให้พนักงานตระหนักถึงอันตรายจากการปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้พนักงานมีความรับผิดชอบต่อโรงงานร่วมกัน



เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2523. มะม่วงใช้แปรรูป. กสิกร. 53 (1): 24.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2529. ผลิตภัณฑ์มะม่วง. อาหาร. 16 (1): 8 - 13.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2529. มะม่วงและผลิตภัณฑ์จากมะม่วง. อาหาร. 16 (3): 132 -161.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2530. มะม่วงและผลิตภัณฑ์จากมะม่วง. อาหาร. 17 (3): 177 - 178.
- บุญมา ชิงสนธิพร. 2528. มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง. อาหาร. 15 (3): 151 -167.
- บุหพันธ์ พัทธผล. 2530. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงเพื่อการส่งออก.
- วิจิตร วังโน. 2529. มะม่วง. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิวะ อัจฉวิริยะ และ สมชาย โสภณธนฤทธิ์. 2533. การศึกษาพารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์การอบแห้งมะละกอแช่อิ่ม. เกษตรศาสตร์. 24 (2): 197 -207.
- สุจินดา นิยมมานิตย์. 2521. ผลิตภัณฑ์มะม่วง. อาหาร. 10 (2): 107 -119.
- เหมารณ์ กำแพงเศรษฐ. 2530. คุณภาพมะม่วงตากแห้งหวานและมะม่วงกระป๋องจากมะม่วงสายพันธุ์ต่างกัน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- A. O.A.C. 1975. Official Method of Analysis. The Association of official Analytical Chemists. Washington D. C., 12th ed.
- A.O.A.C. 1984. Official Method of analysis. The Association of official Analytical Chemists. Washington D. C., 14th ed.

- Bhatnagar, H.C. and Subramanyam, H. 1973. Some aspects of preservation processing and export of mango and its products. J.Indian Food Packer. 27 (4): 33-52.
- Kapur, K.L.1974. Studies on biochemical changes in mango during growth and ripening.J. Indian Food Packer. 28 (6): 10 -16.
- Lazen, H., Ali, M.Z., Wah, K.L. Voon, J. and Chaplin R.G. 1986. The potential role of polygalacturonase in pectin degradation and softening of mango fruit. J.Asean Food. vol. 2: 93 -98
- Labuza, T.P. 1973. ffect of dehydration and storage. J. Food Thecnol. 27: 20 -25.
- Levi, A., Ramirez, R.J. and Padua, H. 1980. Influence of heat and sulfurdioxide treatments on some quality charateristics of intermediate moisture banana. J. Food Thecnol. 15 (5): 557 -566.
- Lund, D.B. 1973. Effects of heat processing. J. Food Thecnol. 27: 16 - 18.
- Mc Gready, R.M., Guggloz, J.,siliera and owens. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. J.Anal. Chem. 22 (a): 1156 - 1158.
- Subramanyam, H., Krishnamurthy, S. and Parpia, B.A.H. 1975. Physiology and biochemistry of mango fruit. J. Adv. in food res. 21: 224 -296.
- Subramanyam, H., S. and Govri, S. and Krishnamurthy, S. 1976. Ripening behavior of mango fruits graded on specific gravity basis. J.food Sci and Thecnol. 13: 84 - 86.

ภาคผนวก ก

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

มูลเหตุจูงใจ

มะม่วงเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีพื้นที่การเพาะปลูกและปริมาณการผลิตเป็นอันดับสองรองจากกล้วย ซึ่งประเทศไทยผลิตมะม่วงได้ปีละประมาณ 343,000,000 กิโลกรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2526) มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดี เนื้อนุ่ม มีกลิ่นหอมและมีสีสวยงามตามลักษณะพันธุ์การที่มีความแตกต่างกันเช่นนี้ ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อตามความพอใจ ด้วยเหตุนี้มะม่วงสดและผลิตภัณฑ์จากมะม่วงจึงเป็นที่นิยมบริโภคของประชาชนทุกส่วนของโลก มะม่วงเป็นผลไม้ที่ไม่มีฤดูกาล มีอายุในการเก็บสั้น เน่าเสียง่าย ดังนั้นจึงต้องมีการแปรรูปมะม่วงเพื่อเก็บรักษานานขึ้น การแปรรูปมะม่วงในประเทศไทย ได้แก่การทำมะม่วงดอง มะม่วงกระป๋อง น้ำมะม่วง แยมมะม่วง (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2530) และมะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง (บุญมา ซึ่งสนธิพร, 2528) ในการผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งนิยมทำจากมะม่วงแก้ว เพราะเป็นพันธุ์ที่ปลูกมาก มีความเหมาะสมที่จะนำมาแปรรูป ทั้งที่ใช้ผลดิบและผลสุกในการแปรรูป และสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานาน (กสิกร, 2523) แต่มักประสบปัญหาในด้านเนื้อสัมผัส คือ มีความเหนียวติดกันเมื่อบรรจุเป็น bulk packed เพื่อทำการส่งออกต่อลูกค้าต่างประเทศ ซึ่งถ้าผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหนียว ติดกันเป็นรูปของบรรจุภัณฑ์ เมื่อแกะออกต้องทำให้ลูกค้าต้องเสียค่าใช้จ่ายในการแยกชิ้นมะม่วงก่อนทำการบรรจุใส่ซองย่อยๆ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของลูกค้าต่างประเทศ การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปรับปรุงลักษณะสัมผัสของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าเดิม และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศ ผลิตภัณฑ์มะม่วงทั้งผลสดและผลที่ผ่านการแปรรูปแล้วนั้นเหมาะสมสำหรับประเทศที่มีลักษณะภูมิอากาศไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะม่วงซึ่งจะมีการนำเข้ามะม่วงทั้งผลสดและที่แปรรูปแล้ว ดังนั้นการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภคปัจจุบัน

แนวเหตุผลและทฤษฎีสำคัญ

มะม่วงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Mangifera indica* Linn. พันธุ์มะม่วงในประเทศไทยเชื่อกันว่าเป็นพันธุ์ดั้งเดิม มีไม่น้อยกว่า 15 ชนิด (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2529) มะม่วงแก้วเป็นพันธุ์พื้นเมืองชนิดหนึ่งที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายและสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ดี มะม่วงแก้วมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญคือ ดันเจริญเติบโตเร็ว พุ่มกลมสวย ใบค่อนข้างใหญ่ ยาวรี สีเขียวเข้ม ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ให้ผลดกมาก ขนาดของผลเล็กจนถึงปานกลาง ผลดิบจะมีผิวเปลือกสีเขียวเข้ม เนื้อสีนวล

และมีเปอร์เซ็นต์แบ่งในผลมาก รสเปรี้ยวแต่เมื่อแก่จัดมีรสมันอมเปรี้ยว เมื่อผลสุกผิวเปลือกจะมีสีเขียวปนเหลือง สีของเนื้อเหลือง ลักษณะเนื้อหยาบ รสหวานอมเปรี้ยว (กสิกร, 2523) องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงมีดังนี้

น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส เป็นคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ในผลมะม่วงสุก สารที่พบเพียงเล็กน้อยคือเซลลูโลส เซมิเซลลูโลสและเพคติน มะม่วงดิบอ่อนมีแป้งมาก ขณะที่ผลกำลังแก่แป้งถูกไฮโดรไลสเป็น ริคิควิ่ง ซูการ์ และสารตัวนี้บางส่วนจะถูกสังเคราะห์เป็นน้ำตาลซูโครส ในระยะหลังผลสุกซูโครสจะสลายตัวเป็น ริคิควิ่ง ซูการ์ (Srivastava, J.Sci Industr.Res., 1953, 12B 363; Cheema et al, loc.cit; Narida, Sci.& Cult., 1957-58, 23, 618; Leley et al, Indiana J. Agric. Sci., 1943, 13, 291) จากการศึกษาของบุหลันและคณะ (2530) พบว่ามะม่วงแก้วดิบมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 14.11 ผลสุกมีร้อยละ 15.35 และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในมะม่วงแก้วห่ามจะมีร้อยละ 11.56 และเมื่อสุกร้อยละ 16.33 ปริมาณริคิควิ่ง ซูการ์ ในผลห่าม ร้อยละ 6.30 ในผลสุกร้อยละ 7.15 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเมื่อห่ามมีร้อยละ 11.9 °Brix เมื่อสุกมีร้อยละ 16.5 °Brix (เหมภรณ์ กำแพงเศรษฐ, 2530)

มะม่วงแก้วจะมีปริมาณความชื้นที่เนื้อสูง เมื่อผลห่ามมีปริมาณความชื้นร้อยละ 82.1 ผลสุกมีร้อยละ 80.5 ความชื้นของมะม่วงมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะผลที่กำลังเจริญเติบโต ความชื้นจะช่วยให้ของเหลวภายในเซลล์เกิดการเคลื่อนไหว ทำให้เซลล์ทำงานและรักษารูปทรงไว้ได้ มะม่วงที่โตเต็มที่จะมีกรดซิตริก กรดมาลิก กรดซัคซินิก และกรดอื่นอีก 2 ชนิด กรดซิตริกมีอยู่ในปริมาณมากกว่าอย่างอื่น ขณะที่ผลเริ่มสุก ความเป็นกรดจะลดลงทีละนิดและเหลือน้อยที่สุดขณะสุก มะม่วงแก้วเมื่อห่ามจะมีปริมาณกรดร้อยละ 1.03 เมื่อสุกจะลดเหลือร้อยละ 0.54 (เหมภรณ์ กำแพงเศรษฐ, 2530; Jain et al, Food sci, 1959, 8, 115)

โปรตีนจัดเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในมะม่วง สารประกอบไนโตรเจนที่อยู่ในเปลือกจะสูงกว่าที่เนื้อตลอดระยะการเจริญเติบโต โปรตีนในมะม่วงแก้วเมื่อดิบมีร้อยละ 0.48 ในขณะที่ผลสุกจะมีร้อยละ 0.52 Jain (1961) พบว่า นอกจากโปรตีนแล้วยังพบกรดอะมิโนอิสระอีกหลายชนิด เช่น แอสปาดิก เอซิด กลูตามิก เอซิด อะลานีน ไกลซีน เซอรีน และแอลฟา-อะมิโน นิวไทริก เอซิด ในมะม่วงจะมีปริมาณไขมันเป็นเพียงเล็กน้อย ขณะที่ผลดิบมะม่วงแก้วจะมีไขมันร้อยละ 0.07 เมื่อผลสุกมีไขมันร้อยละ 0.09 ปริมาณเถ้าในมะม่วงดิบมีร้อยละ 0.31 ขณะสุกมีเถ้าร้อยละ 0.30 ปริมาณเส้นใยเมื่อดิบมีร้อยละ 0.62 ขณะสุกมีร้อยละ 0.49 ค่าพีเอชเมื่อผลดิบ 2.8 ผลสุกมีค่าพีเอช 4.3 (บุหลัน และคณะ , 2530)

สารให้สีของมะม่วงส่วนใหญ่เป็นพวกแคโรทีนอยด์และแคโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ส่วนใหญ่เป็นพวกแอลฟาและเบต้าแคโรทีน เบต้าแคโรทีนและแซนโทฟิลล์ เป็นเม็ดสีหลักในมะม่วงสุก นิโอ-เบตาแคโรทีน และนิโอ-เบต้าแคโรทีนบี มีอยู่ในปริมาณน้อย นิโอ-แซนโทฟิลล์พบในบางพันธุ์เท่านั้น ความ

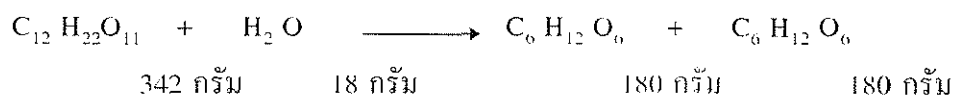
เข้มข้นของเม็ดสี แครโทีนอยจะเพิ่มขึ้นขณะผลสุก อัตราการเพิ่มของ เบต้า-แคโรทีน มากกว่าอย่างอื่น อัตราการเพิ่มระหว่างการสุกของผลขึ้นอยู่กับอิทธิพลของอุณหภูมิ (Sadana & Ahmad, J. Sci Industr. Res., 1949, 83, 35 ; Indian J. Med Res., 1949 37, 193; Chaudhary, J. Sci. Fd. Agric., 1950; 1 173) มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูงมาก Siddappa และ Bhatia (1954) ศึกษาพบว่ามะม่วงมีขนาดใหญ่จะมีวิตามินซีต่ำกว่ามะม่วงที่มีขนาดเล็ก เปลือกมะม่วงนั้นมีวิตามินซีมากกว่าเนื้อประมาณ 1.5 เท่า แต่ไม่พบในเมล็ดมะม่วง

ทฤษฎีการแช่แข็ง

การแช่แข็ง คือ การทำให้ผักหรือผลไม้จมตัวด้วยน้ำตาล โดยปริมาณของน้ำตาลมากพอที่จะเก็บได้โดยไม่เสีย หลังจากแช่แข็งอาจนำมาเคลือบหรือคลุกด้วยน้ำตาลก็ได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกกันว่า Glace และ Crystallised Fruit ตามลำดับ กรรมวิธีการผลิตผักหรือผลไม้แช่แข็งประกอบด้วยการเพิ่มความหวานของน้ำเชื่อมแช่ผักหรือผลไม้สลับกันไปเรื่อย จนกระทั่งปริมาณน้ำตาลสูงพอที่จะทำให้เก็บไว้ได้นานโดยไม่เสีย โดยปกติประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (องศาบริกซ์ หรือ °Brix) กรรมวิธีการผลิตจะต้องไม่ทำให้เนื้อผักหรือผลไม้เหี่ยว ย่น การแช่แข็งต้องทำการแช่ผักหรือผลไม้ในน้ำเชื่อม ซึ่งน้ำเชื่อมนี้สามารถเตรียมได้จากสารให้ความหวานและน้ำ สารให้ความหวาน คือ น้ำตาลทรายหรือซูโครส เป็นสารให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลชนิดอื่นนอกจากน้ำตาลฟรุคโตส ในการเตรียมน้ำเชื่อมมักจะดัดมันให้เคี้ยว น้ำตาลจะเกิดการตกผลึกเมื่ออุณหภูมิลดลง ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แช่แข็ง การป้องกันอาจทำได้โดยการเติมสารเคมีบางชนิด ซึ่งเรียกรวมกันว่า “ คอกเคอร์ ” เช่น กรดน้ำส้ม (น้ำส้มสายชู) กรดซิตริก (กรดมะนาว) กรดทาทาริก (กรดจากองุ่น , มะขาม) การใช้กรดเพื่อป้องกันการตกผลึกอาจได้ผลไม่แน่นอนเพราะไม่สามารถควบคุมปริมาณ Invert sugar ที่เกิดขึ้นได้มากนัก การใช้สารให้ความหวานที่ประกอบด้วย Invert sugar หรือ glucose syrup จะให้ผลดีกว่า

Invert sugar คือ การนำน้ำตาลมาต้มกับกรด โมเลกุลจะแตกตัวออกให้น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตส เรียกรวมกันว่า Invert sugar ซึ่งมีความสำคัญต่อการแช่แข็งมาก คือ สามารถป้องกันหรือควบคุมการตกผลึกของน้ำตาลทรายได้ เพราะกลูโคสและฟรุคโตสเกิดผลึกได้ช้ากว่าน้ำตาลทราย และเมื่อซูโครสส่วนหนึ่งเปลี่ยนไปเป็นกลูโคสและฟรุคโตส ซูโครสจึงมีปริมาณลดลง และไม่ถึงจุดที่จะเกิดผลึกได้ ถึงแม้จะมีน้ำตาลทั้งหมดในน้ำเชื่อม 70% อัตราการเปลี่ยนของน้ำตาลทรายไปเป็น Invert Sugar จะขึ้นอยู่กับ pH และอุณหภูมิ ความเร็วจะเพิ่มขึ้นประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ pH ลดลง 0.1 ในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็น Invert sugar จะทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงจะต้องใช้น้ำ

ดังสมการ



จากสมการจะเห็นว่า ใช้น้ำตาล 342 กรัม ได้ Invert sugar 360 กรัม คือเพิ่มขึ้น $18/342 \times 100 = 5.26 \%$

Invert sugar มิใช่จะทำหน้าที่แค่เพียงป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลทรายเท่านั้น ยังทำหน้าที่ให้เนื้อผลไม้เชื่อมแห้งเกินไปจนแข็งเปราะ และทำให้มีรสหวานเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการที่ฟรุคโตสเกิดขึ้นมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย ในขณะที่ผลไม้เชื่อม Invert sugar อาจเกิดขึ้นได้ เนื่องจากกรดในผลไม้หรือกรดที่สลายไป เมื่อเติมน้ำตาลลงไปและมีการให้ความร้อน น้ำตาลซูโครสจะเปลี่ยนเป็น Invert sugar อย่างเพียงพอ สำหรับการใส่ glucose syrup ในการเชื่อมนั้นไม่เหมาะสม เพราะผิวของผลิตภัณฑ์จะเหนอะหนะ และไม่รับประทาน

การเชื่อมทำได้ 2 วิธี คือ เชื่อมแบบช้า และการเชื่อมแบบเร็ว

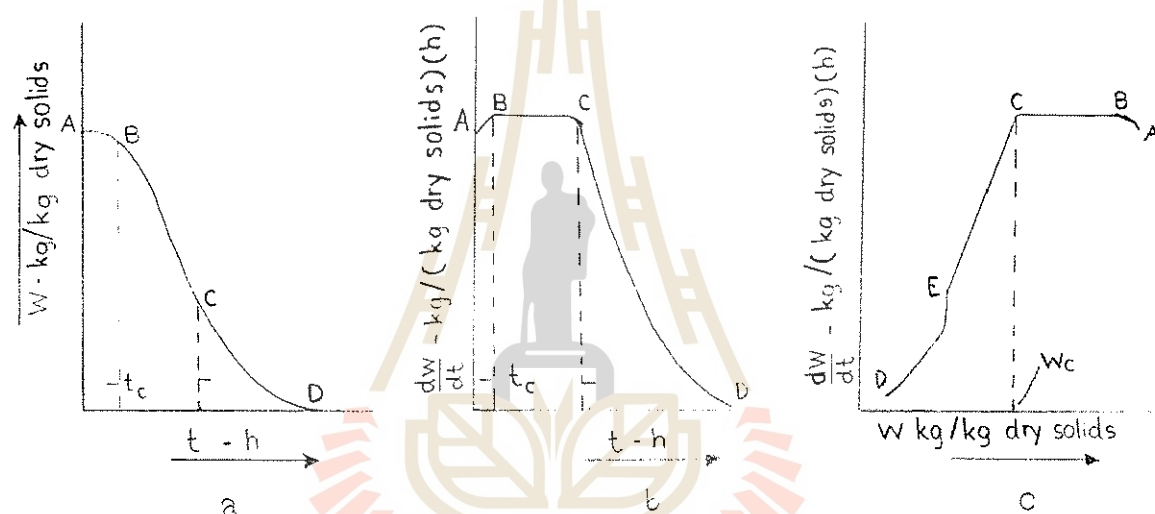
การเชื่อมแบบช้า คือ แช่ผักหรือผลไม้ในน้ำเชื่อม 24 ชั่วโมง แยกน้ำเชื่อมออกซึ่งน้ำหนัก วัดความหวาน คำนวณปริมาณน้ำตาลที่ต้องการเพิ่มความหวานไปถึงจุดที่ต้องการ ต้มน้ำตาลให้ละลาย ตรวจสอบความหวาน ในขณะที่ต้มต้องเคียวทุกครั้ง เพื่อป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล นำไปต้มให้เดือด 3 นาที ทำให้เย็นทันที และแช่ทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง ซึ่งต้องทำการเพิ่มความหวานของน้ำตาลวันละ 10°Brix ทำเช่นนี้จนได้ความหวานของผลไม้หรือผักถึงจุดที่ต้องการ

การเชื่อมแบบเร็ว วิธีการเหมือนการเชื่อมแบบช้า แต่จะเริ่มต้นที่ความหวานของน้ำเชื่อม 40°Brix ทำการระเหยที่ 65.5°C องศาเซลเซียส เมื่อครบ 24 ชั่วโมง จะได้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมประมาณ 68°Brix แช่ไว้ประมาณ 2-3 วัน ที่ความเข้มข้นนี้ หรือจนกระทั่งมีความหวานของผักหรือผลไม้ถึงจุดที่ต้องการ (ณรงค์ นิยมวิทย์ และคณะ, 2524)

สำหรับผลไม้ที่ใช้ในการเชื่อมนั้น สามารถใช้ได้ทั้งผลไม้สด ผลไม้กระป๋อง และในกรณีผลไม้ในฤดูกาลมีปริมาณมาก และไม่สามารถผลิตได้ทันตามต้องการ จำเป็นต้องเก็บไว้โดยการแช่ในกรดซัลฟูริกแต่เพียงอย่างเดียว หรือกรดซัลฟูริกผสมกับแคลเซียมคลอไรด์ก็ได้ เพื่อทำให้ผลไม้แข็งตัว ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้อยู่ในเกณฑ์ 0.5 ถึง 1.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้ประมาณ 0.4 ถึง 0.6 เปอร์เซ็นต์ (ณรงค์ นิยมวิทย์ และคณะ, 2524)

ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้งอาหารโดยทั่วไปอาจแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ส่วนช่วงที่สองเป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ในช่วงแรก คือ อัตราการอบแห้งคงที่ (Constant - Rate period dehydration) ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์มีมากและอยู่อย่างอิสระที่ผิวของผลิตภัณฑ์จึงสามารถระเหยได้เร็ว เมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงจนกระทั่งต่ำกว่าค่าความชื้นวิกฤต ความชื้นภายในเนื้อผลิตภัณฑ์จะมีค่าสูงกว่าที่ผิว ทำให้เกิดการแพร่ของน้ำจากภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ไปยังที่ผิว แล้วจึงระเหยกลายเป็นไอน้ำเนื่องจากอัตราการแพร่ของน้ำมีค่าต่ำกว่าอัตราการระเหยน้ำที่ผิว อัตราการอบแห้งจึงถูกจำกัดด้วยอัตราการแพร่ของน้ำในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ในช่วงนี้จึงเรียกว่า ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling - rate period dehydration) (ศิวะ อัจฉริยและคณะ, 2533)



รูปที่ 3 กราฟการแห้งของอาหารชิ้นในอากาศร้อนที่มีอุณหภูมิและความดันคงที่
ที่มา: Brennan และคณะ (1981)

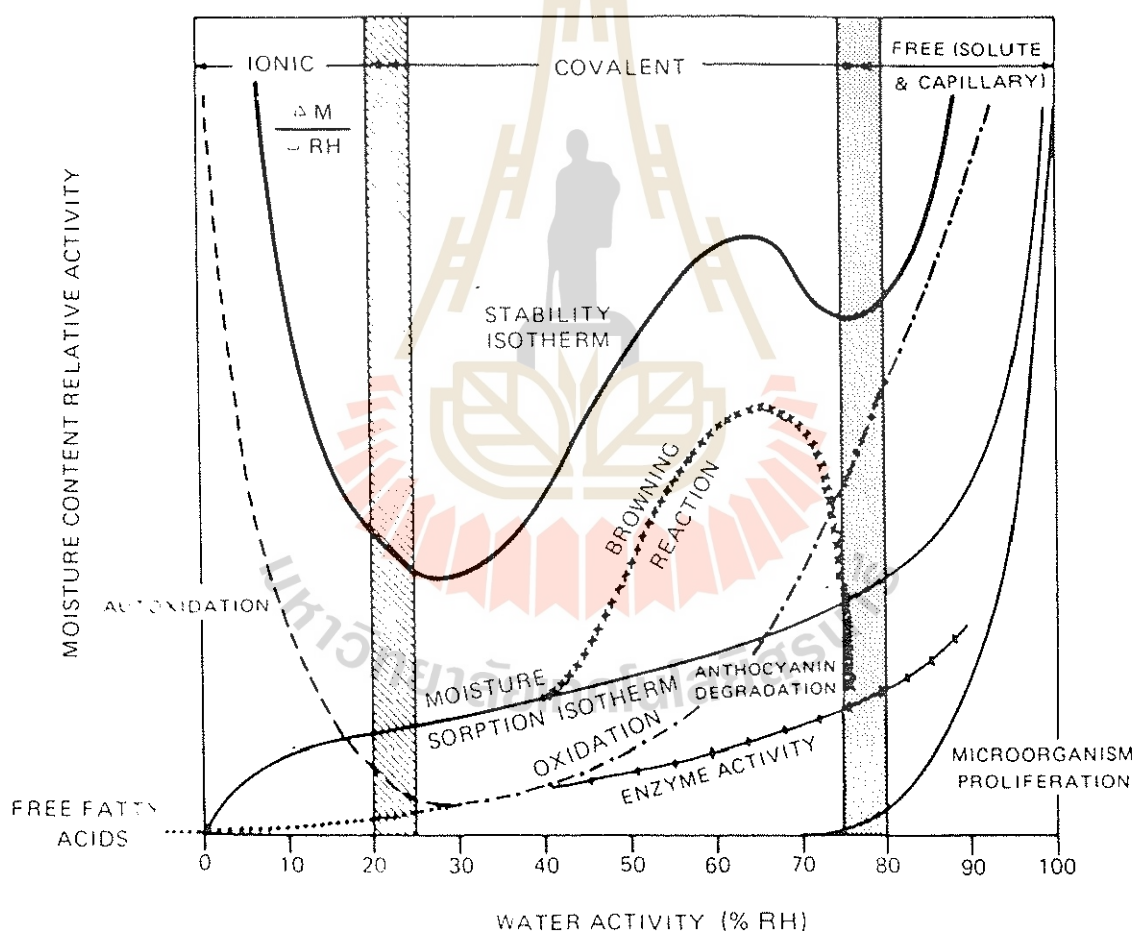
ปริมาณความชื้นสมดุลและค่าแอกทีวิตี

ปริมาณความชื้นสมดุล คือ ปริมาณความชื้นที่มีอยู่เมื่อสารมีความดันไอสมดุลกับสิ่งแวดล้อม ในกระบวนการอบแห้งจะเป็นปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ อัตราส่วนของความดันไอสมดุลต่อความดันไออิ่มตัวจะเรียกว่า ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล หรือ แอกทีวิตี (Water activity : A_w) และค่านี้จะสอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งค่า A_w วัดเป็นความชื้นสมดุล คือ เปรอเซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่สัมผัสกับบรรยากาศ ขณะที่ไม่มี การดูดซับหรือคายน้ำ (desorption) เกิดขึ้น

$$A_w = ERH/100$$

เมื่อ $ERH =$ ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (เปอร์เซ็นต์)

ในเรื่องของอาหารแห้งจำเป็นต้องเน้นการวัดปริมาณความชื้นสมดุลอย่างมาก เนื่องจากค่า A_w มีความสำคัญต่อการเก็บอาหารจากการศึกษาวิจัยพบว่า ปฏิกริยาหลายอย่างและการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์เกิดขึ้นภายในช่วงของค่า A_w ที่แน่นอนช่วงหนึ่ง ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เอนไซม์ และ จุลินทรีย์ เช่นที่ค่า A_w จาก 0.8 ถึง 1.0 พบว่าเกิดเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ เป็นต้น นอกจากค่า A_w จะบอกถึงความคงตัวระหว่างการเก็บของผลิตภัณฑ์ต่อปฏิกริยาเสื่อมเสียต่าง ๆ แล้ว ปริมาณความชื้น สมดุลยังเป็นขีดจำกัดด้านต่ำของความแตกต่าง (gradient) ในการกำจัดความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ และสามารถคาดได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จะให้ปริมาณความชื้นสมดุลที่ต่ำลงและมีผลให้ความแตกต่าง ความชื้น สำหรับการเคลื่อนที่ของความชื้นมากขึ้น (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร, 2535)



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงอิทธิพลของ A_w ต่ออัตราการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร

ที่มา : Rockland และ Nishi (1980)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

การผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งให้มีคุณภาพดี มีข้อที่ควรพิจารณาดังต่อไปนี้

1. พันธุ์มะม่วง มะม่วงแต่ละชนิดจะมีลักษณะประจำพันธุ์ ซึ่งส่งผลให้มะม่วงมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ จึงต้องพิจารณาจากลักษณะ และองค์ประกอบของมะม่วง มะม่วงที่นิยมใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มะม่วง

2. ระยะการสุก ในช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วงจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีเสมอ ทำให้มะม่วงที่มีระยะการสุกต่างกันมี องค์ประกอบทางเคมีเสมอทำให้มะม่วงที่มีระยะการสุกต่างกันมีองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพต่างกันด้วย เมื่อนำมะม่วงที่มีระยะการสุกต่าง ๆ มาแปรรูปจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน บุญมา (2529) ได้ศึกษาผลของระยะการสุกที่มีต่อผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่ม พบว่าผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มที่ทำจากมะม่วงดิบมาก จะมีสีเหลืองอ่อน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ทำจากมะม่วงสุกมากจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเหลืองเข้ม ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากมะม่วงสุกน้อยจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อแข็งและขุ่น ในทางตรงกันข้ามผลิตภัณฑ์จากมะม่วงสุกมากจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อใสและฉ่ำ ลักษณะฉ่ำของมะม่วงแช่อิ่มเกิดจากมะม่วงสุกมากมี Invert sugar มากและได้รับ Invert sugar บางส่วนจากน้ำเชื่อม ในขณะที่มะม่วงดิบมี Invert sugar น้อย จึงได้รับจากน้ำเชื่อมเท่านั้น (ณรงค์ นิยมวิทย์ และคณะ, 2524)

3. การเตรียมชิ้นมะม่วง จะมีผลต่อการออกซิโมซิสของน้ำเชื่อมและอัตราการระเหย ของน้ำเมื่อทำแห้ง เหมารณ (2530) ได้ทำการทดลองหั่นมะม่วงตากแห้งหวาน 2 แบบ แบบที่ 1 หั่นเฉียงแบบที่ 2 เป็นการแบ่งเป็น 4 ส่วนต่อลูกเรียกว่า หั่นตรง พบว่า แบบที่หั่นเฉียงจะเกิดการเสียดของเนื้อส่วนในที่นํ้มาก ในระหว่างการขนถ่ายเพื่อปรับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมแต่แบบนี้จะได้ชิ้นมะม่วงบางการระเหยนํ้าทำได้เร็วกว่าเมื่อทำแห้ง นอกจากนี้ขนาดของชิ้นมะม่วงยังมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มะม่วง มะม่วงที่มีชิ้นขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการทำแห้งนานกว่าชิ้นมะม่วงขนาดเล็ก

4. Preservative agent สาร preservative ที่ใช้ คือ Sodiummetabisulfite , Calcium chloride, citric acid ซึ่งสารทั้ง 3 อย่างนี้จะใช้ร่วมกันโดยมีหน้าที่ แตกต่างกัน Sodiummetabisulfite ใช้เพื่อป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโนที่มีอยู่ในมะม่วง (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2528) Calcium chloride เป็น preservative ที่สามารถทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบภายในเนื้อผลไม้เพื่อให้ได้โครงสร้างที่แข็งแรง ทำให้ผลไม้มีเนื้อแน่นไม่เปื่อยยุ่ย Citric acid

เป็นสารที่ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด และ inactivate enzyme เนื่องจากเป็นสารที่ให้ความเป็นกรด จากการศึกษานี้ของ บุญมา (2529) พบว่า มะม่วงแช่แข็งที่ใช้ SO_2 และไม่ใช่ SO_2 จะให้ลักษณะเนื้อ กลิ่น รส เป็นปกติทั้งสองแบบ ดังนั้นปริมาณการใช้ SO_2 จึงไม่น่าจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของมะม่วงแช่แข็งอบแห้ง Calcium chloride เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้อนุผลของ Ca^{2+} และ 2Cl^- ซึ่ง Ca^{2+} สามารถทำให้เกิดการ gelation ใน low-methoxyl pectin ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะสัมผัสของมะม่วงแช่แข็ง

5. การลวก เป็นการให้ความร้อนเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เอนไซม์ polyphenol oxidase ซึ่งจะพบในมะม่วงหลายพันธุ์ การลวกทำให้เกิดการ gelatinization ทำให้ผลิตภัณฑ์ใสและโครงสร้างของมะม่วงอ่อนตัวลง การซึมผ่านเข้าออกของน้ำเป็นไปได้ดี กรรมวิธีในการลวกที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อลักษณะเนื้อมะม่วงต่างกัน เหมารักษ์ (2530) ได้ทำมะม่วงตากแห้งโดยการศึกษาวิธีการลวก 3 วิธี คือ การลวกด้วยไอน้ำ การลวกด้วยน้ำเชื่อมและการลวกด้วยน้ำเดือด ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ความชื้น วิตามินซี และกลิ่นของผลิตภัณฑ์ด้วย พบว่าการลวกด้วยน้ำเชื่อมจะทำให้ของแข็งที่ละลายน้ำได้เหลืออยู่ในปริมาณสูง และปริมาณความชื้น มีค่าน้อยที่สุดในทั้ง 3 วิธี เนื่องจากน้ำซึมผ่านเนื้อเยื่อบาง ๆ ออกสู่ภายนอก ในขณะที่น้ำตาลออกจากน้ำเชื่อมบางส่วนจะเคลื่อนที่เข้าสู่ชั้นมะม่วง อุณหภูมิในการลวกมีผลต่อเนื้อมะม่วงโดยตรง ถ้าเนื้อมะม่วงอ่อนนุ่มไม่ควรรี้อุณหภูมิในการลวกสูงนักจะทำให้เนื้อมะม่วงเละ ดังนั้นการลวกด้วยน้ำเชื่อมน่าจะมีผลต่อเนื้อมะม่วงมาก เพราะน้ำเชื่อมมีอุณหภูมิจุดเดือดสูงกว่าวิธีอื่น ๆ พบว่าวิธีที่เหมาะสมแก่การลวกจากการทดลองของ เหมารักษ์ (2530) คือ การลวกด้วยไอน้ำเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่แข็งอบแห้ง การลวกจึงมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของมะม่วงเช่นกัน ทั้งกรรมวิธีในการลวก อุณหภูมิ และเวลา เป็นต้น

6. น้ำเชื่อม น้ำตาลช่วยทำให้เกิดแรงดันออสโมซิส ซึ่งอาจลดความชื้นของอาหาร ได้ประมาณร้อยละ 50 (เหมารักษ์, 2530) นอกจากนี้ยังให้กลิ่นรสที่ชวนรับประทาน ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่มีผลต่ออัตราการสูญเสียน้ำและรสชาติผลิตภัณฑ์การใช้น้ำตาลทรายล้วนๆ จะทำให้อัตราการสูญเสียน้ำสูงสุด อัตราส่วนของน้ำเชื่อมมีผลต่อการดูดซึมและการทำแห้ง ถ้าอัตราส่วนของน้ำเชื่อมมากจะทำให้อัตราการออสโมซิสเร็วกว่าการใช้น้ำเชื่อมน้อยๆ (Zbongirwar และ Sreenivasan , 1977) แต่เนื่องจากการใช้น้ำเชื่อมทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น จึงต้องใช้อัตราส่วนของน้ำเชื่อมต่อผลไม้ให้เหมาะสมเพื่อคั่นน้ำออกจากผลไม้ได้มาก สลับเปลี่ยนค่าใช้จ่ายน้อย และผลิตภัณฑ์คุณภาพดี ในระหว่างที่ทำการเชื่อมจะเกิดการออสโมซิสที่เนื้อมะม่วงทำให้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมรอบชิ้นมะม่วงเจือจางลง

Floating และคณะ (1966) พบว่า ถ้ามีการกวนหรือทำให้เกิดการเคลื่อนไหวจะทำให้การออสโมซิส เกิดได้มากขึ้น อุณหภูมิของน้ำเชื่อมมีผลต่ออัตราการออสโมซิส เพราะความร้อนจากน้ำเชื่อมจะทำให้ เซลล์เมมเบรน (cell membrane) อ่อนตัว น้ำและน้ำเชื่อมจะสามารถซึมผ่านเข้าออกได้มากขึ้น Levi และคณะ (1983) พบว่าในการทำแห้งมะละกอ เมื่อแช่มะละกอในน้ำเชื่อมที่มีอุณหภูมิสูงจะมีอัตราการ สูญเสียน้ำสูงกว่าในน้ำเชื่อมที่มีอุณหภูมิต่ำ ส่วนเวลาในการแช่น้ำเชื่อมมีผลต่ออัตราการเกิด ออสโมซิสของน้ำเชื่อม ถ้าผลไม้แช่นานมากขึ้นที่ระดับความเข้มข้นหนึ่งจะส่งผลให้น้ำตาลซึมเข้าสู่ เนื้อมะม่วงได้มากกว่า และปริมาณกรดที่ใช้ในการปรับ pH ของน้ำเชื่อมจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง โมเลกุลของน้ำตาลทราย ทำให้แตกตัวเป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตส ซึ่งเรียกว่า Invert sugar ซึ่ง Invert sugar สามารถป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลทรายได้ เพราะ กลูโคสและฟรุคโตสจะเกิด ผลึกได้ช้ากว่าน้ำตาลทราย และปริมาณน้ำตาลที่แตกตัวออกไปบางส่วน ทำให้น้ำตาลทรายที่เหลืออยู่ไม่ เพียงพอต่อการตกผลึก Moy และคณะ (1978) รายงานว่าการเติมกรดในน้ำเชื่อมไม่มีผลต่อการตาก แห้งของมะม่วง และเหมารณ์ (2530) พบว่าการใช้กรดซิตริกในน้ำเชื่อมมีผลต่อการยอมรับของผู้ บริโภคในด้านรสชาติ โดยผู้บริโภคจะยอมรับที่ระดับกรดซิตริกร้อยละ 0.50

7.การอบแห้ง วัตถุประสงค์ของการอบแห้งคือ ลดความชื้นของชิ้นมะม่วง ซึ่งเป็นการดึงน้ำออก จากผลิตภัณฑ์ให้มีค่าต่ำกว่าน้ำที่นำไปใช้ได้ (A_w) เพื่อป้องกันการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ ในการอบ แห้งจะลดความชื้นให้เหลือประมาณ 13 - 15 % โดยใช้ตู้อบแบบอุโมงค์ เหมารณ์ (2530) ระบุไว้ว่า ก่อนการทำแห้งจำเป็นต้องกำจัดน้ำเชื่อมที่ติดกับชิ้นมะม่วงเพื่อป้องกันการตกผลึกของน้ำเชื่อมภายหลัง การอบแห้งโดยการล้างน้ำก่อนนำไปอบ ซึ่งผลึกของน้ำเชื่อมจะทำให้อัตราการแห้งเป็นไปได้ช้า

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วง

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. ภาชนะอะลูมิเนียม สำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบไฟฟ้า (electric oven)
3. โถดูดความชื้น (desicator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะถึงที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว
4. อบตัวอย่างในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก
6. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำซ้ำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
7. คำนวณปริมาณความชื้นจากสูตร

ปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก = $\frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$

หมายเหตุ : จากข้อ 2 และข้อ 6 สามารถอนุโลมให้ข้ามขั้นตอนนี้ได้ในกรณีที่ต้องการประหยัดเวลา

เอกสารอ้างอิง

AO.A.C. 1984 Official Methods of Analysis by the Association of official Analytical Chemists 14th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
3. โถดูดความชื้น (desicator)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. เตาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดวาล์ว เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องชั่งน้ำหนัก

2. เตาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้วเผาตัวอย่างในตู้ดูดควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสและกระทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1-2

4. คำนวณปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

หมายเหตุ : จากข้อ 2 สามารถอนุโลมให้ข้ามขั้นตอนนี้ได้ ในกรณีที่ต้องการประหยัดเวลา

เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C. 1984

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลมสำหรับใส่ตัวทำละลายชนิดเอเทอร์ (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า

5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
6. โถดูดความชื้น (desicator)
7. ปิโตรเลียม อีเทอร์ หรือเฮกเซน (petroleum ether หรือ hexane)

วิธีวิเคราะห์

1. อบขวดกลมสำหรับปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ถ้าอาหารเป็นชนิดที่มีไขมันมากให้ชั่ง 1-2 กรัม ถ้าเป็นชนิดที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง กลุ่มด้วยใยแก้วหรือสำลี เพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในชอกเลต
4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ในขวดหาไขมันประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตา
5. ประกอบอุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเป็นน
6. ใช้เวลาในการสกัดไขมัน 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หมดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ความแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
7. เมื่อครบ 14 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากชอกเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย
8. ขวดหาไขมันนั้น อบในตู้อบอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้งใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
9. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
10. คำนวณปริมาณไขมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

เอกสารอ้างอิง

A.C.A:C 1984

4. วิเคราะห์น้ำตาล

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. fehling reagent : fehling A คือ Coppersulfate solution เตรียมจาก $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 34.56 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาณด้วย volumetric flask 500 มิลลิลิตร fehling B คือ Alkaline tatrte solution เตรียมจาก NaOH 50 กรัม ผสมกับ Potassium Sodium Tartrate 173 กรัม ละลายน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วย volumetric flask 500 มิลลิลิตร
2. HCl 0.02 N. เตรียมจาก HCl conc 17 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร
3. Methylene blue indicator 1% เตรียมจาก methylene blue 1 กรัม ละลายน้ำปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
4. hot plate และ buret & stand และขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. หลอดทดลองขนาดเล็ก, water bath, pipet ขนาด 5 หรือ 10 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์ reducing sugar (RS)

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 15 นาทีแล้วกรองด้วยผ้าสี
2. ได้ sample นำมาวัด pH และ ° Brix
3. นำ sample มาไทเทรตกับ fehling reagent (fehling A 5 มิลลิลิตร + fehling B 5 มิลลิลิตร)
4. ไทเทรตจนได้สารละลายเป็นสีน้ำตาลแดง (ไม่เหลือสีน้ำเงิน)
5. บันทึกปริมาตรของ sample ที่ใช้

วิธีวิเคราะห์ Total Sugar (TS)

1. ปิเปิด sample จากวิธี RS 20 มิลลิลิตร โดยแบ่ง 10 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มี กรด HCl 0.02 N 10 มิลลิลิตร แบ่งเป็น 2 หลอดทดลอง
2. นำหลอดทดลองมาคั่นใน water bath 30 นาที
3. นำหลอดทดลองทั้ง 2 หลอด มาเทรวมกันในขวดปรับปริมาตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เทใส่ใน buret เพื่อเป็น titrant
4. ไทเทรตกับสารละลาย fehling reagent (fehling A 5 มิลลิลิตร + fehling B 5 มิลลิลิตร) ไทเทรต ขณะเคঁอด หยด indicator 2-3 หยด ไทเทรตจนได้สารละลายเป็นสีน้ำตาลแดง
5. บันทึกปริมาตร titrant ที่ใช้

การคำนวณ % RS และ TS

$$\text{จำนวนเท่า (Dilution Factor)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} + 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

$$\text{แทนค่าในสูตร} = \frac{\text{จำนวนเท่า} \times \text{ค่า glucose จากตาราง}}{\text{ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ titrate} \times 10}$$

หมายเหตุ ถ้าค่าปริมาตรของสารละลายจากบิวเรตที่ใช้ในการ titrate ต่ำกว่า 15 ต้องนำ 2 หรือ 3 ไปคูณ เพื่อให้ผลลัพธ์อยู่ในช่วง 15-50 จึงจะสามารถเป็นตาราง glucose ได้

5. วิเคราะห์หิมาณกรด

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. NaOH solution 0.1 N
2. Phenolphthalein indicator 0.1%
3. buret & stand
4. blender

วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง blender นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 300 กรัม ใส่ขวดแก้วปรับปริมาณได้ขนาด 1000 มิลลิลิตร เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร
2. กรองผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 4 ปิดตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร
3. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N โดยใช้ Phenolphthalein เป็น indicator ไทเทรตจนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน
4. คำนวณกรดซิตริก

$$\% \text{ กรดซิตริก} = \frac{0.1 \times 70 \times a \times 5}{w}$$

a = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

w = น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง

6. วิเคราะห์ Total Dietary Fiber

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. Fritted crucible : มี Porosity เบอร์ 2 ถ่างให้สะอาดเผา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส ถ่างด้วยน้ำจากนั้นเติม celite 0.5 กรัม อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จนแห้งทำให้เย็นเก็บไว้ในโถดูดความชื้น
2. Vacuum source
3. Vacuum oven ใช้อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
4. โถดูดความชื้น (desicator)
5. เตาเผา (muffle furnace)
6. Water bath, beaker, pH-meter
7. 95% Ethanol, 75% Ethanol
8. Acetone (reagent grade)
9. Phosphate buffer : 0.08 M pH 6.0 ละลาย 1.400 กรัม Na_2HPO_4 และ 9.68 กรัม NaH_2PO_4 ในน้ำ 700 มิลลิลิตร เจือจางเป็น 1 ลิตร ตรวจสอบ pH ด้วย pH-meter
10. Termamyl solution
11. Protease enzyme No. P-3910
12. Amyloglucosidase No. A-9913
13. Sodium hydroxide solution 0.275 N
14. Hydrochloric acid solution 0.275 N
15. Celite C-211

การเตรียมตัวอย่าง

1. สับตัวอย่างให้ละเอียด อบให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ตลอดคืน ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
2. บดให้ละเอียดให้มีขนาด 0.3-0.5 มิลลิเมตร

วิธีวิเคราะห์

1. ทำ blank ตลอดการทดลองเหมือน sample
2. ชั่งตัวอย่าง 2 ซ้ำ น้ำหนัก 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร เติมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.0 50 มิลลิลิตร ตรวจสอบค่า pH และปรับให้ได้ $\text{pH } 6.0 \pm 0.2$

3. เติม Termamyl solution ปิดบีกเกอร์ ด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ แช่ไว้ใน water bath 15 นาที อุณหภูมิ น้ำเดือด เขย่าทุก 5 นาที จนกว่าจะได้อุณหภูมิตัวอย่าง 95-100 องศาเซลเซียส จับเวลาต่ออีก 15 นาที
4. ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับ pH เป็น 7.5 ± 0.2 โดยเติม 10 มิลลิลิตร 0.275 N NaOH
5. เติมเอนไซม์โปรติเอส 0.1 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ แช่ใน water bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 30 นาที เขย่าตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอด้วย magnetic stirrer ตรวจ pH ด้วย pH-meter ให้มี pH สุดท้าย 4.0-4.6
6. เติมเอนไซม์ Amyloglucosidase ปิดด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ แช่ใน water bath อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 30 นาที เขย่าสม่ำเสมอ
7. เติม 280 มิลลิลิตร 95 % Ethanol ปล่อยให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้อง
8. ชั่ง crucible ที่มี celite เป็นตัวกรอง ถ่าย sample ที่ผ่านการตกตะกอนลงใน crucible
9. ล้างตะกอนด้วย 95 % Ethanol 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง และ 75 % Ethanol 3 ครั้ง และ acetone 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง
10. อบ crucible ที่ 70 องศาเซลเซียส vacuum oven ตลอดคืน ทิ้งให้เย็นใน desicator ชั่งกากที่ได้
11. นำกากที่ได้ มาหาโปรตีน โดยใช้ $N \times 6.25$ conversion factor เมื่อรู้ค่า N content
12. นำกากมาหาเถ้า โดยวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

วิธีการคำนวณ

$$B = \text{blank (mg)} = \text{น้ำหนักกาก} - P_B - A_B$$

เมื่อ P_B คือ น้ำหนักของโปรตีน A_B คือ น้ำหนักเถ้า

$$\text{TDF (\%)} = (\text{น้ำหนักกาก} - P - A - B) / \text{น้ำหนักตัวอย่าง})$$

เมื่อ P คือ น้ำหนักโปรตีน A คือ น้ำหนักเถ้า

เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C, 1984

7. วิเคราะห์ปริมาณ SO_2

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. Ethanol 95%

2. 0.01 N NaOH

- ใช้สารละลาย NaOH 0.1 N 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้เต็ม 100 มิลลิลิตร ซึ่งสารละลาย

NaOH 0.1 N เตรียมจาก NaOH ampovl 1 หลอด เจือจางเป็น 1000 มิลลิลิตร

3. H_2PO_2 25%

- เตรียมจากสารละลาย H_2O_2 35% ป้อน 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

4. H_3PO_4 25%

- เตรียมสารละลาย orthophosphoric acid 85% ป้อนมา 29 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

5. Mix indicator

- ใช้ methylene blue 0.50 กรัม และ methyl red 0.30 กรัม ละลายใน alcohol 100 มิลลิลิตร

6. Distillation apparatus, ตะเกียงแอลกอฮอล์, เครื่องซังไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 3 กรัม ใส่ในขวดกลมขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร และ H_3PO_4 10 มิลลิลิตร ใช้ น้ำกลั่นล้างพอประมาณ
2. นำขวดรูปหัวใจเติม H_2O_2 10 มิลลิลิตร หยด indicator 2-3 หยด จะได้สารละลาย เป็นสีม่วง ปรับสีด้วย 0.01 N NaOH ให้เป็นสีเขียว
3. ประกอบเครื่องมือและอุปกรณ์ในการกลั่น เปิดหัวก๊าซไนโตรเจน จุดตะเกียงแอลกอฮอล์ใช้เพียงไฟเบา ๆ ที่ได้ขวดกลม ทิ้งไว้ 30 นาที ขวดรูปหัวใจเป็น receiving flask ที่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง แสดงว่าตัวอย่างมี SO_2 ให้นำมาไทเทรตด้วย 0.01 N NaOH บันทึกปริมาตรที่ใช้ (จุดยุติเป็นสีเขียวดังเดิม)
4. กำหนดปริมาณ SO_2

$$\text{ปริมาณ } \text{SO}_2 \text{ (ppm)} = 320 * \text{ ml NaOH} / \text{ น้ำหนักตัวอย่าง}$$

ภาคผนวก ค.

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ทางสถิติของการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส (ความเหนียว) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงเชื่อมแห้งทั้งมะม่วงสุกและสุกน้อย

Source	df	SS	MS	F	F table	
					5 %	1 %
Treatment	8	29.05	23.63	0.68 ^{ns}	2.11	2.85
Error	54	288.87	5.35			
Total	62	317.92				

ns = non significant

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติของการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์มะม่วงเชื่อมอบแห้งทั้งมะม่วงสุกน้อยและสุกมาก

Source	df	SS	MS	F	F table	
					5 %	1 %
Treatment	8	89.89	11.24	2.02 ^{ns}	2.11	2.85
Error	54	300.96	5.57			
Total	62	390.85				

ns = non significant

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติของการยอมรับทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบการล้างน้ำและไม่ล้างน้ำก่อนอบแห้งของผลิตภัณฑ์มะม่วงเชื่อมอบแห้งมะม่วงสุกน้อยและสุกมาก

Source	df	SS	MS	F	F table	
					5 %	1 %
Treatment	1	6.11	6.11	1.99 ^{ns}	4.02	7.13
Error	54	105.64	3.07			
Total	55	171.75				

ns = non significant

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของการเพิ่มระดับความหวานน้ำตาลแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ที่มีต่อเนื้อสัมผัส

Source	df	SS	MS	F	F table	
					5 %	1 %
Treatment	1	0.5	0.5	0.015 ^{ns}	5.99	13.17
Error	6	197.66	32.94			
Total	7	198.16				

ns = non significant

