รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง

Development on Production of Frozen Mangosteen

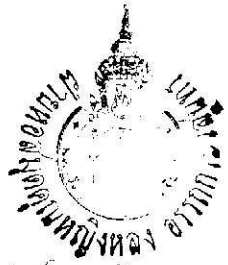
โดย

ไพรัตน์ โสภาโชคร

ไพศาล วุฒิจำนงค์

อัญชลี ศิริโชติ

จิระ อิฐวัตน์



เลขหมู่ TP372.3 พ94 2534

เลขทะเบียน 030131

25 ก.ย. 2534

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

2534

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงบประมาณ หมวดเงินอุดหนุนการวิจัย ผ่านสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีงบประมาณ 2533

บทคัดย่อ

การพัฒนาการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็งในระดับอุตสาหกรรมเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เนื่องจากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการส่งออกมังคุดและผลผลิตออกเป็นฤดูกาลจำนวนมาก ประกอบกับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมมีข้อได้เปรียบคือ สามารถผลิตได้ในปริมาณมากช่วยลดปัญหาที่ต้องเร่งขายสินค้าออก แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือ กระบวนการผลิตต้องทำด้วยความรวดเร็ว และต้องทำการเปิดผลมังคุดเพื่อการตรวจสอบคุณภาพในห้องเย็น โดยแรงงานคนที่ต้องทำงานภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำประมาณ 4-5 °ซ เป็นเวลานาน ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพแก่คนทำงาน และยังมีผลทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐานสม่ำเสมอตามความต้องการของตลาด ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมังคุดแช่เยือกแข็ง พัฒนากระบวนการผลิต รวมทั้งการวิเคราะห์คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็ง

ผลการศึกษาวิจัย พบว่า คุณภาพของวัตถุดิบเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์มังคุดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีระดับความสุกเมื่อเทียบสีผิวอยู่ในระดับสีที่ 5 คือ มีสีม่วงอมแดง และมีปริมาณผลเสียร้อยละ 30-60 การแช่เยือกแข็งมังคุดด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัสที่อุณหภูมิของเครื่องประมาณ -30 °ซ จนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางผลถึง -18 °ซ พบว่าใช้เวลาประมาณ 220 นาที

จากการศึกษาการใช้สารละลายผสมที่ประกอบด้วย แคลเซียมคลอไรด์ เข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0-0.25 กรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0-0.5 และกรดแอสคอบิกเข้มข้นร้อยละ 0-0.5 ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมังคุดซึ่งเป็นปัญหาหลักในการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง พบว่าแคลเซียมคลอไรด์มีผลในการยับยั้งการเปลี่ยนสีและรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุดอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีกรดซิตริกและกรดแอสคอบิกเป็นตัวเสริมช่วยรักษาสีและความคงตัวให้ดีขึ้น มังคุดที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วย แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 และกรดซิตริกร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 1 นาที ก่อนการแช่เยือกแข็งพบว่าได้รับการยอมรับสูงสุด ซึ่งเนื้อมังคุดมีสีขาวนวล รสหวานอมเปรี้ยว และมีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายไอสครีม

ผลการศึกษาพัฒนากระบวนการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็งโดยใช้อุณหภูมิต่ำ พบว่าการลดอุณหภูมิของผลมังคุดจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางถึง 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง สามารถลดเวลาในการแช่เยือกแข็งให้สั้นลง และมีผลต่อคะแนนการยอมรับเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของมังคุดสดและมังคุดแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็ง โดยมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 79.5±0.6 มีความเป็นกรด-ด่าง 3.3-3.8 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.45-0.59, 17.6-18.4, 3.6-4.8, และ 16.0-18.7 ตามลำดับ ส่วนกรดแอสคอบิกพบว่ามีปริมาณลดลงหลังจากแช่เยือกแข็งแล้วจาก 7.2 เป็น 4.2 มก./100 ก. เนื้อมังคุด และลดลงตามอายุการเก็บรักษา

จากการประเมินลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา 90 วัน พบว่าสีผิวของมังคุดแช่เยือกแข็งยังไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ส่วนกลีบเลี้ยงและขั้วผลมีสีเขียวคล้ำลงเล็กน้อย ทั้งนี้จากการทดลองพบว่า มังคุดแช่เยือกแข็งสามารถเก็บรักษาได้ไม่ต่ำกว่า 90 วัน โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Abstract

Development on production of frozen mangosteen into industrial level is definitely interested due to potential increasing in exporting market and season producing raw material. Furthermore, industrial production of frozen mangosteen is benificial as there is a mass production and can reduce a loss due to rapidly selling of the product. The problems presently occurred in industry are the preparation of mangosteen has to be done in a cold room for a long time causing health problem to the workers and the quality of the products are not uniform and unwanted to the consumer. Therefore, this research work was aimed to study the potential prevention on browning of mangosteen flesh, develop suitable production process and examine quality, aeceptability and storage stability of the products.

The results showed that the most acceptable product was produced from good quality raw material. The mangosteen used in this experiment has optimum ripeness at the fifth stage with reddish-purple skin. Between 30 and 60% of marketed raw material was spoiled and unsuitable for processing. Using a contact plate freezer at the temperature of -30 °C, the mangosteen could be frozen until the temperature at the central point of the fruit was -18 °C within 220 minutes.

Browning of frozen mangosteen is considered to be a major problem in production. The study was carried out using a mixed solution of 0-0.25% calcium chloride, 0-0.5% citric acid and 0-0.5% ascorbic acid. The most acceptable product was obtained by soaking prior to freezing for 1 minute in a solution of 0.25% calcium chloride

and 0.5% citric acid. The aril had snowy white segments, sour-sweet taste and texture similar to icecream.

The potential of the production process for frozen mangosteen using low temperature was developed. Pre-cooling of mangosteen until the temperature at the central point of the fruit reached 4 °C, reduced the freezing time and increased consumer acceptability.

The chemical and physical composition of frozen products were very similar to those of fresh mangosteen during storage at -20 °C for 90 days. The chemical composition of frozen mangosteen was : moisture content 79.5±0.6%, pH 3.3-3.8, total acidity as citric acid 0.49-0.59%, total soluble solid 17.6-18.4%, reducing sugar 3.6-4.8% and total sugar 16.0-18.7%. Ascorbic acid decreased from 7.2 to 4.2 mg./100 g. flesh segment during freezing and further decreased gradually with increased storage time.

Organoleptic evaluation of frozen mangosteen after 90 days of storage showed that although the green calyx and pedicel of the fruit were slightly darkened, the appearance of the fruit skin was fresh and the product was still accepted.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญตารางผนวก	ข
สารบัญรูป	ค
บทนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
ดัชนีและวิธีการเก็บเกี่ยวมังคุด	4
สรีรวิทยาของมังคุด	6
ประโยชน์ของมังคุด	8
คุณภาพและปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของมังคุด	10
การยืดอายุการเก็บรักษามังคุด	11
การแช่เยือกแข็งผลไม้	14
ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลไม้แช่เยือกแข็ง	16
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	22
ผลการทดลอง และวิจารณ์	34
องค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพของมังคุด	34
แนวทางป้องกันการเสื่อมคุณภาพของเนื้อมังคุดแช่เยือกแข็ง	35
การศึกษาพัฒนากระบวนการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง	41
อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็ง	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพของมังคุด	63
ภาคผนวก ข. แบบทดสอบชิม Hedonic method	71
ภาคผนวก ค. ตารางผลการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ	72

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เนื้อที่ปลูก และผลผลิตของมังคุดในประเทศไทย	4
2	ดัชนีระดับสีผิว และลักษณะของผลมังคุด	5
3	องค์ประกอบทางอาหารของมังคุด ต่อ 100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้	9
4	ชุดการทดลอง การใช้สารละลายผสมในการยับยั้งการเปลี่ยนสี และรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุด	32
5	ชุดการทดลอง การใช้สารละลายผสมที่ปรับความเข้มข้นของกรดแอสคอบิกที่ระดับต่างๆ ในการยับยั้งการเปลี่ยนสี และรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุด	33
6	ผลของการแช่สารละลายผสม ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็ง	39
7	ผลของกรดแอสคอบิก ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็ง	40
8	ผลของการลดอุณหภูมิมังคุดก่อนการแช่เยือกแข็ง ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็ง	43
9	องค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพของมังคุดสด และมังคุดแช่เยือกแข็ง	52

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ค่าวาเรียนซ์ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการแช่สารละลายผสมก่อนการแช่เยือกแข็ง	72
2	ค่าวาเรียนซ์ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการแช่สารละลายผสมที่ปรับความเข้มข้นของกรดแอสคอบิกที่ระดับต่าง ๆ ก่อนการแช่เยือกแข็ง	73
3	ค่าวาเรียนซ์ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็ง ที่ผ่านการลดอุณหภูมิ (10 และ 4 °ซ) และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง	74
4	ค่าวาเรียนซ์ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในระหว่างการเก็บรักษาของมังคุดที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง	75
5	ค่าวาเรียนซ์ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในระหว่างการเก็บรักษาของมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิถึง 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง	76
6	คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาของมังคุด ที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง	77
7	คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาของมังคุด ที่ผ่านการลดอุณหภูมิถึง 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง	78

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	เครื่องมือเก็บเกี่ยวมังคุดแบบบิด (กวศ.4)	7
2	ลักษณะแท่นผ่ามังคุด	23
3	กระบวนการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง	26
4	ลักษณะการผ่ามังคุด	28
5	การแช่มังคุดในสารละลายผสม	28
6	การพันเทปกาวตามรอยผ่า	29
7	การแช่เยือกแข็งมังคุดด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัส	29
8	อัตราการแช่เยือกแข็งมังคุดด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัส	36
9	อัตราการแช่เยือกแข็งมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัส	42
10	คะแนนการยอมรับสีของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลด และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษา	46
11	คะแนนการยอมรับกลิ่นรสของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลด และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษา	47
12	คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลด และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษา	48
13	คะแนนการยอมรับคุณลักษณะรวมของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลด และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษา	49

บทนำ

มังคุด (Garcinia mangostana Linn.) เป็นผลไม้เมืองร้อนชนิดหนึ่งที่มีรสหวานอมเปรี้ยว ได้รับการยกย่องว่าเป็นราชินีแห่งผลไม้ (Queen of fruits) ปัจจุบันเริ่มมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ นอกจากบริโภคกันอย่างแพร่หลายภายในประเทศแล้วยังมีปริมาณและมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี จากปี 2523 ส่งออก 149 ตัน มูลค่า 1.45 ล้านบาท ซึ่งเป็นตัวเลขที่รวมผลไม้ 3 ชนิดคือ มังคุด ฝรั่ง และอาโวกาโด เพิ่มเป็น 1,071 ตัน มูลค่า 16.7 ล้านบาทในปี 2531 โดยเป็นมังคุดเพียงชนิดเดียว ในส่วนนี้ประกอบด้วยมังคุดแช่เยือกแข็ง 146.5 ตัน มูลค่า 7.2 ล้านบาท (อาภรณ์ คงสวัสดิ์, 2532) ประเทศที่นำเข้ามังคุดมากคือ ฮ่องกง ญี่ปุ่น และ ไต้หวัน

การส่งออกมังคุดส่วนใหญ่จะส่งในรูปผลสด ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาสั้นมาก จึงมักประสบปัญหาสภาวะด้อยคุณภาพทำให้ราคาตกต่ำ ประกอบกับวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและระบบการขนส่งยังไม่มีประสิทธิภาพดีพอ ดังนั้นโอกาสที่มังคุดจะเน่าเสียเมื่อถึงมือผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศจึงมีมาก ปัญหาการเสื่อมเสียที่สำคัญได้แก่ การเกิดเปลือกแข็ง เนื้อเป็นสีน้ำตาลหรือเป็นแก้ว และการเน่าเสียซึ่งบางครั้งยากที่จะสังเกตจากลักษณะภายนอก ทำให้มังคุดเมื่อถึงตลาดปลายทางมีคุณภาพไม่แน่นอน ประกอบกับการขนส่งไปในระยะทางไกล และต้องใช้เวลาในการวางจำหน่าย จึงทำให้การขยายตลาดต่างประเทศเป็นไปอย่างจำกัด

อย่างไรก็ตามจากแนวโน้มการส่งออกมังคุดที่เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ทำให้การผลิตมังคุดเป็นอุตสาหกรรมเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เพราะผลผลิตออกเป็นฤดูกาลและมีเป็นจำนวนมากในเวลาจำกัด ประกอบกับการผลิตสินค้าเป็นอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอุตสาหกรรมแช่เยือกแข็ง มีข้อได้เปรียบคือสามารถผลิตในปริมาณที่มาก เก็บรักษาไว้ได้นาน ช่วยลดปัญหาที่ต้องเร่งขายสินค้าออก การขนส่งสะดวก และสามารถรักษารูปแบบและคุณภาพใกล้เคียงผลสด (ดารา พวงสุวรรณ, 2531) อีกทั้งการค้าผลไม้ในตลาดญี่ปุ่นมีข้อจำกัดคือห้ามนำเข้าผลไม้สดจากประเทศไทย เพราะเกรงว่าจะมีแมลงวันผลไม้ติดไป ก่อให้เกิดการระบาดในประเทศญี่ปุ่น หากเป็นผลไม้ที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งแล้วจะอนุญาตให้นำเข้าได้ เพราะที่อุณหภูมิ -20 °ซ สามารถทำลายไข่ของแมลงวันผลไม้ได้ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือ การเปลี่ยนสีของเนื้อมังคุดแช่เยือกแข็งทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังไม่ได้มาตรฐานและสม่ำเสมอตามความต้องการของตลาด ปัญหาอื่น ๆ

ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดต่างประเทศ การบรรจุที่หีบห่อยังไม่ได้มาตรฐาน ระบบการขนส่งไม่สอดคล้องกับความต้องการเป็นต้น

ดังนั้นหากสามารถนำมังคุดมาแปรรูปเป็นมังคุดแช่เยือกแข็งเพื่อการส่งออกได้ จะทำให้ตลาดต่างประเทศขยายกว้างขึ้น สินค้ามีมูลค่าเพิ่มขึ้น และช่วยให้เกษตรกรสามารถขยายการผลิตให้สูงขึ้นได้

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาคุณภาพและแนวทางป้องกันการเสื่อมคุณภาพของเนื้อมังคุดแช่เยือกแข็ง
2. เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง
3. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ การยอมรับ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็ง

ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง ได้ใช้วัตถุดิบซึ่งเป็นมังคุดจากจังหวัดในภาคใต้ของไทย อยู่ในระยะสีผิว สีน้ำตาลอมแดงจนถึงสีม่วงเข้ม ทำการทดลองในช่วงเดือนเมษายนถึงกันยายน 2532

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. แนวทางการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อมังคุดก่อนการแช่เยือกแข็ง
2. กระบวนการแช่เยือกแข็งมังคุดที่มีประสิทธิภาพ และการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค
3. สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์
4. ข้อมูลเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมแช่เยือกแข็งมังคุดเพื่อการส่งออก

การตรวจเอกสาร

มังคุด (mangosteen) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Garcinia mangostana Linn. ที่จัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae ลักษณะลำต้นมีขนาดกลางถึงใหญ่ แตกกิ่งเป็นทรงพุ่มกลมใบหนาทึบ สูงถึง 30 ฟุต ผลทรงแป้นเปลือกหนาและเมื่อผลยังอ่อนเปลือกจะมีสีเขียว พอเริ่มแก่จะมีลายเส้นสีแดงเรียกว่า สายเลือด เมื่อสุกจัดเปลือกจะมีสีม่วงดำเนื้อภายในมีสีขาวนวล ลักษณะนุ่มชุ่มน้ำ กลิ่นหอมชวนรับประทาน มีรสหวานอมเปรี้ยวแบ่งเป็นกลีบประมาณ 4-7 กลีบ และมีเมล็ดประมาณ 0-3 เมล็ดต่อผล (หลวงบุเรศบำรุงการ,2518 ; Coronel,1983 ; เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์ และคณะ,2530)

มังคุดมีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบมลายู และปลูกกันแพร่หลายในประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และไทย สำหรับพื้นที่ปลูกมังคุดที่สำคัญของประเทศไทยได้แก่ภาคใต้ และภาคตะวันออก ส่วนการปลูกมังคุดในภาคอื่นยังมีปริมาณไม่มากพอในเชิงการค้า จากรายงานของกรมส่งเสริมการเกษตร (2531) พบว่าในปี 2529/2530 มีเนื้อที่ปลูกมังคุดทั้งหมด 84,423 ไร่ และมีผลผลิต 64,562,060 กิโลกรัม โดยมีภาคใต้เป็นภาคที่ปลูกมังคุดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.26 และ 62.50 ของเนื้อที่ปลูกและผลผลิตของทั้งประเทศตามลำดับ รองลงมาคือภาคตะวันออก คิดเป็นร้อยละ 32.72 และ 36.86 ของเนื้อที่ปลูกและผลผลิตของทั้งประเทศตามลำดับ (ตารางที่ 1) ต่อมาในปี 2530/2531 ได้มีการสำรวจเพิ่มเติมพบว่าเนื้อที่ปลูกมังคุดของทั้งประเทศมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 93,841ไร่ โดยมีเนื้อที่ยังไม่ให้ผลผลิต 30,411ไร่ และให้ผลผลิตแล้ว 63,401ไร่ คิดเป็นผลผลิตรวมทั้งสิ้น 67,423 ตัน (อาภรณ์ คงสวัสดิ์,2532)

โดยทั่วไปมังคุดจะออกผลปีละครั้ง เนื่องจากความแตกต่างของภูมิอากาศ และพื้นที่ปลูกทำให้ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวมังคุดแตกต่างกัน โดยในเดือนพฤษภาคม ถึง กรกฎาคม จะเป็นมังคุดที่เก็บเกี่ยวได้จากทางภาคตะวันออก ส่วนเดือนสิงหาคม ถึง ตุลาคมจะเป็นมังคุดจากภาคใต้ (เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์ และคณะ,2530)

ตารางที่ 1 เนื้อที่ปลูก และผลผลิตของมังคุดในประเทศไทย

แหล่งปลูก	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)			ผลผลิตทั้งหมด (กก.)		
	2527/28	2528/29	2529/30	2527/28	2528/29	2529/30
ทั้งประเทศ:	72,152	77,489	84423	61,888,808	68,745,594	64,562,060
ภาคใต้:	48,530	49,316	55,936	40,424,774	44,407,234	40,356,230
ชุมพร	19,867	19,691	21,991	20,818,360	23,125,200	19,695,380
นครศรีฯ	14,134	15,105	17,672	10,762,500	12,019,482	11,345,250
สุราษฎร์ฯ	2,575	2,668	2,176	2,270,880	2,574,000	2,210,000
ตรัง	2,385	2,387	2,868	1,971,900	1,753,600	1,861,860
ภาคตะวันออก:	21,904	24,027	27,622	21,277,544	22,816,550	23,797,360
จันทบุรี	15,669	15,224	15,224	16,942,500	16,434,600	16,434,600
ระยอง	4,650	5,535	8,965	3,224,200	4,226,250	4,840,000
ตราด	979	1,124	1,707	837,760	1,130,400	1,773,200

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมส่งเสริมการเกษตร (2531)

ดัชนี และวิธีการเก็บเกี่ยวมังคุด

หลังจากมังคุดติดผลจนถึงสัปดาห์ที่ 12 จะมีการเปลี่ยนสีผิวที่เปลือกโดยในระยะแรกจะเกิดจุดประสีม่วงแดงกระจายอยู่บนเปลือกสีเหลืองตองอ่อน จากนั้นสีม่วงแดงจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนกระทั่งผลสุกงอมเปลือกมีสีม่วงดำ การเปลี่ยนแปลงสีผิวนี้ใช้เวลาเพียง 7 วัน โดยความเข้มของสีจะเพิ่มขึ้นทุกวัน ขณะเดียวกันยางในเปลือกจะลดลง (กวิศน์ วานิชกุล,2522) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2529) ได้แบ่งดัชนีแสดงระดับสีผิวของมังคุดออกเป็น 7 ระดับ คือตั้งแต่ระดับที่ 0 ถึงระดับที่ 6 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ดัชนีระดับสีผิว และลักษณะของผลมังคุด

ระดับสีที่	ลักษณะสีผิว	ปริมาณยางในเปลือก	ความยากง่ายในการแยกเนื้อกับเปลือก	ความเหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว
0	ขาวเหลืองหรือแต้มสีเขียวอ่อน	มาก	ยาก	ไม่เหมาะ
1	เหลืองอ่อนมีจุดสีชมพูกระจายบางส่วน	มาก	ยาก	ไม่เหมาะ
2	เหลืองอมชมพูมีจุดสีชมพูกระจายทั้งผล	ปานกลาง	ยากปานกลาง	เป็นระยะที่อ่อนที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวที่มีคุณภาพ
3	ชมพูสม่ำเสมอ	น้อย ถึง น้อยมาก	ยากปานกลางถึงง่าย	เหมาะสำหรับส่งออกต่างประเทศ
4	แดง หรือน้ำตาลอมแดง	น้อยมาก ถึง ไม่มี	ง่าย	เหมาะสำหรับส่งออกต่างประเทศ
5	ม่วงอมแดง	ไม่มี	ง่ายมาก	เป็นระยะรับประทานสด
6	ม่วง ถึงดำ	ไม่มี	ง่ายมาก	เหมาะแก่การรับประทานสด

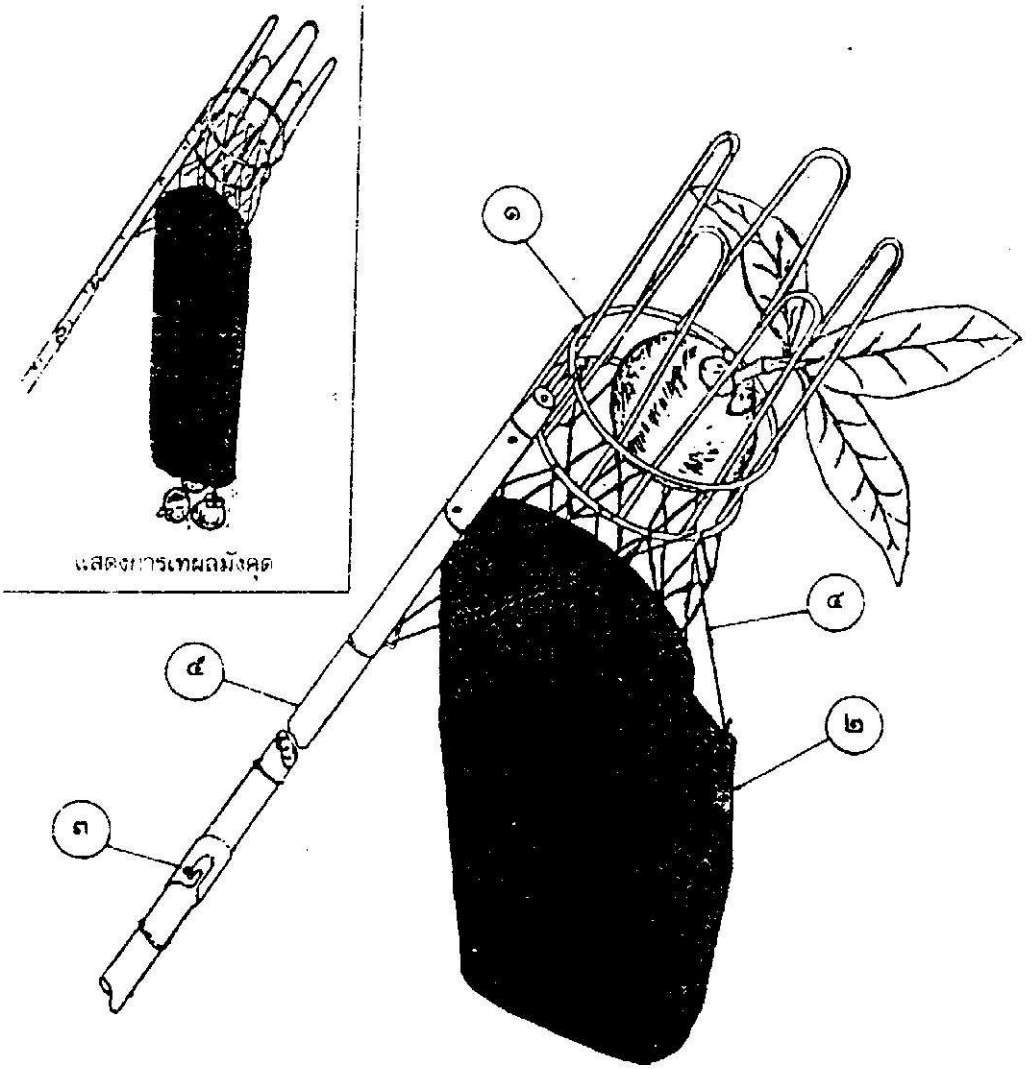
ที่มา : ดัดแปลงจาก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2529)

การเก็บเกี่ยวผลมังคุดควรเก็บผลที่มีวัยเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ สำหรับการส่งออกในรูปผลสดนั้น ควรเก็บในระยะที่เปลือกเริ่มมีการเปลี่ยนสี หรือเป็นสายเลือด โดยมังคุดทั้งสองวัยนี้เป็นระยะที่เหมาะสำหรับตลาดที่อยู่ห่างไกล เมื่อถึงปลายทางมังคุดจะมีสีม่วงแดง ซึ่งเป็นวัยที่เริ่มรับประทานได้พอดี (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2530) นอกจากนี้ กวิศน์ วานิชกุล (2522) ได้เสนอแนะว่าดัชนีที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวคือ ระยะที่เปลือกเริ่มเปลี่ยนสีถึงเปลี่ยนสีแล้วไม่เกิน 2 วัน ซึ่งจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 18.4 ถึง 19.6 กวิศน์ วานิชกุล และ สุรพงษ์ โกสิยะจินดา (2522) ได้แนะนำว่าระยะที่ผลมีสีม่วงเข้มหรือสีม่วงดำ จะเป็นระยะที่เหมาะต่อการรับประทานสดอร่อยมากที่สุด โดยผลมังคุดระยะนี้จะมีสภาพที่เหมาะสมต่อการรับประทานอยู่ได้ประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บรักษาในสภาพที่ดีที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการเก็บเกี่ยวมังคุดเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อคุณภาพของผลผลิต การทำให้ผลมังคุดได้รับความกระทบกระเทือนหรือช้ำ เช่น หล่นกระทบพื้น จะทำให้คุณภาพของผลมังคุดลดลง เกิดอาการเปลือกแข็ง และมียางซึมในผลหรืออาการยางตกใน เมื่อทิ้งไว้ไม่นานผลเหล่านี้จะแข็งและเสียเร็ว การเก็บเกี่ยวผลมังคุดของเกษตรกรนอกจากแบบดั้งเดิมคือใช้ไม้ฝาดหรือขอเกี่ยวให้ผลหล่นลงมาบนที่รองรับซึ่งเตรียมไว้ด้านล่างเช่นกระสอบหรือบางครั้งลงบนพื้นหญ้า ปัจจุบันกองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้พัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมังคุดแบบบิด (กวศ.4) (รูปที่ 1) ซึ่งดัดแปลงมาจากจำปาสอยมังคุด พบว่าสามารถเก็บเกี่ยวมังคุดได้ครั้งละ 5–6 ผล ไม่ทำให้มังคุดช้ำหรือร่วงหล่นนอกอุปกรณ์ และไม่ทำให้ยางไหลหรือฉีกขาดเลย ชุดกลไกปลดล็อคการเทผลช่วยให้เทผลได้รวดเร็ว ทำให้เกษตรกรมีความพอใจเครื่องมือแบบนี้มากกว่าแบบอื่น ๆ (ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, 2533)

สรีรวิทยาของมังคุด

ผลไม้ทุกชนิดหลังการเก็บเกี่ยวแล้วยังคงมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีระ และชีวเคมีเช่นเดียวกับขณะที่ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว มีการหายใจต่อไปโดยดูดเอาออกซิเจนเข้าไป และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และความร้อนออกมา มีการคายน้ำ หรือการสูญเสียน้ำหนัก และการสูญเสียเนื่องจากการหายใจ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลต่อคุณภาพของผลิตผล



๑. โครงอุปกรณ์
๒. ถุงรองรับผลมังคุด
๓. กลไกปลดล็อค
๔. เชือกโยงกลไกเปิดล็อค
๕. ด้าม

รูปที่ 1 เครื่องมือเก็บเกี่ยวมังคุดแบบปิด (กวศ.4)

ที่มา : ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ (2533)

มังคุดเป็นผลไม้ที่มีรูปแบบการหายใจแบบไคลแมคเทอริค (climacteric respiratory pattern) คือมีอัตราการหายใจสูงขึ้นระหว่างขบวนการสุก และค่อยๆลดต่ำลงพร้อมกับสีผิวจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง โดยมีการหายใจเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ พบว่าที่อุณหภูมิ 30°ซ มังคุดมีอัตราการหายใจสูงสุดคือมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 30 มล./กก./ชม. และมีการคายความร้อนออกมา 12,157 บีทียู/ตัน/วัน ตามลำดับ และถ้าลดอุณหภูมิลงมาที่ 22 และ 15°ซ อัตราการหายใจเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 30°ซ พบว่ามังคุดมีอัตราการหายใจลดลงประมาณ 1.5 และ 2.3 เท่า และมีการคายความร้อนออกมาประมาณ 7,294 และ 4,660 บีทียู/ตัน/วัน ตามลำดับ อัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิเช่นเดียวกัน ที่อุณหภูมิ 25, 22, 15, 13 และ 10°ซ มีอัตราการผลิตก๊าซเอธิลีน 3.6, 3-15, 1-8, 0.22, 0.3-1.5 ไมโครลิตร/กก./ชม. ตามลำดับ (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา และ สุมาลี ตันศิริยากุล, 2531; สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531)

ประโยชน์ของมังคุด

จากรายงานของ Intengan และคณะ (1968) พบว่าผลมังคุดมีส่วนเนื้อร้อยละ 25-30 สำหรับองค์ประกอบทางอาหาร (ตารางที่ 3) ประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 80 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ร้อยละ 19 มีน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 17.5 ในส่วนนี้ประกอบด้วยน้ำตาลรีดิวส์ร้อยละ 4.3 โดยมีน้ำตาลหลักคือ ฟรักโตส กลูโคส และซูโครส นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุ และวิตามินต่างๆอีกหลายชนิด

มังคุดนอกจากเหมาะสำหรับบริโภคสดแล้ว ยังมีการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้แก่ มังคุดกระป๋อง มังคุดกวน และมังคุดแช่เยือกแข็ง ซึ่งผลิตภัณฑ์บางประเภทจัดเป็นการใช้ประโยชน์มังคุดในส่วนเกินที่เหลือจากการบริโภคสด และการแปรรูป เช่น มังคุดกระป๋องซึ่งจะใช้มังคุดที่มีขนาดเล็กน้ำหนักประมาณ 40 กรัมต่อผล บรรจุในน้ำเชื่อมเข้มข้น 18-22 บริกซ์เป็นการผลิตเพื่อการส่งออก (ทวีศักดิ์ วัฒนกูล, 2532) นอกจากนี้เนื้อและเมล็ดเมื่อทำการเชื่อมด้วยน้ำตาลสามารถถนอมรักษาไว้ได้ดี เหมาะสำหรับราดหน้าไอศครีมหรือเชอร์เบต (sherbet) (Ochse, et al., 1961) โดยเฉพาะส่วนของเมล็ดจะมีกลิ่นหอมถั่วนัต (nutty flavour) นอกจากนี้เปลือกมังคุดซึ่งมีสารแทนนินในปริมาณสูง สามารถใช้ผลิตสีในทางการค้า เปลือกตาก

แห้งนำมาผนรับประทานแก้ท้องร่วง ส่วนอื่น ๆ เช่นใบสดนำมาตำสามารถรักษาแผลสด ใบผสม เปลือกสามารถรักษาโรคบิด (dysentery) และผลิตโลชั่น (Burkill,1935)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางอาหารของมังคุด ต่อ 100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงานอาหาร , แคลอรี่	76.0
น้ำ(ความชื้น), กรัม	79.7
โปรตีน, กรัม	0.7
ไขมัน , กรัม	0.7
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด , กรัม	18.6
สารเยื่อใย , กรัม	1.3
ปริมาณเถ้า , กรัม	0.2
แคลเซียม , มิลลิกรัม	18.0
ฟอสฟอรัส , มิลลิกรัม	11.0
เหล็ก , มิลลิกรัม	0.3
ไทอะมีน , มิลลิกรัม	0.06
ไรโบฟลาวิน , มิลลิกรัม	0.01
ไนอะซิน , มิลลิกรัม	0.4
กรดแอสคอบิก , มิลลิกรัม	2.0

ที่มา : Intengan และคณะ (1968)

คุณภาพ และปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของมังคุด

มังคุดในปัจจุบันยังมีขนาดเล็กเกินไปคือมีขนาด 16-18 ผลต่อกิโลกรัม หรืออาจเล็กกว่านี้ซึ่งไม่นิยมสำหรับการส่งออก ผิวกร้านมีร่องรอยการทำลายของแมลงเช่น เพลี้ยไฟ และไรแดง มีแมลงเกาะอาศัยอยู่ได้กลืบเลี้ยงบริเวณขั้วผลเช่น มดดำ เพลี้ยแป้ง และก่อให้เกิดราดำที่ผล ลักษณะผิวผลแตกร้าวเกิดยางไหลทำให้ดูสกปรก เนื้อภายในช้ำ เป็นเนื้อแก้วหรือ เปลือกแข็งเป็นสีดำ และภายในเน่าเสีย เมื่อผ่านการคัดคุณภาพแล้วทำให้มังคุดมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการส่งออก สาเหตุของปัญหาดังกล่าวพอแบ่งได้ดังนี้คือ

1. <u>การเกิดเปลือกแข็ง</u> กวิศน์ วานิชกุล (2522) พบว่าผลมังคุดที่เก็บรักษาไว้ บางผลจะเกิดเปลือกแข็ง โดยในระยะแรกจะเกิดที่ส่วนใดส่วนหนึ่ง จากนั้นจะขยายกว้างขึ้นจนกระทั่งครอบคลุมตลอดบริเวณเปลือก สมสุข ศรีจักรวาฬี และคณะ (2524) ได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ อันคาดว่าจะเป็นสาเหตุของการเกิดเปลือกแข็งไว้ดังนี้คือ

1.1 การขาดน้ำของต้นมังคุด ในช่วงที่มังคุดเริ่มติดผล และในช่วงที่ผลมังคุดเริ่มแก่ มังคุดที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไปจะมีผลที่มีลักษณะเปลือกแข็งมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากประสิทธิภาพในการดูดน้ำและธาตุอาหารต้อยกว่าต้นมังคุดที่ยังมีอายุน้อย

1.2 ผลมังคุดที่ถูกกระทบกระเทือนในขณะเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดลักษณะเปลือกแข็งตรงจุดที่ถูกกระทบกระเทือน และอาการเปลือกแข็งจะค่อยๆลุกลามไปทั้งผล

1.3 ปริมาณธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะ แคลเซียม และ แมกนีเซียมซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเปลือกมังคุด (แคลเซียมเพคเตท) ถ้ามีมากกว่าปกติอาจเป็นสาเหตุของการเกิดเปลือกแข็งได้

1.4 เชื้อราอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เปลือกแข็ง เพราะส่วนใหญ่แล้วผลมังคุดที่มีเปลือกแข็งจะมีเชื้อราเกิดขึ้นภายในผล หรืออาจจะเกิดขึ้นทั้งภายนอกและภายในก็ได้ (ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์ และคณะ, 2519)

อย่างไรก็ตามการแข็งของเปลือกมังคุดสามารถเกิดได้ทั้งผลปกติและผลชอกช้ำ แต่เกิดกับผลชอกช้ำมากกว่าผลปกติ กล่าวคือผลชอกช้ำจะมีเปลือกแข็งถึงร้อยละ 70 ขณะที่ผลปกติมีเปลือกแข็งร้อยละ 30 (กองพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 2519ข)

2. <u>ยางซึมที่เปลือก</u> ลักษณะยางสีเหลืองที่เกิดขึ้นตามรอยแตกของผิวผลอาจเกิดจากการกระทบกระแทกในระหว่างการเก็บเกี่ยว ซึ่งก็มีผลทำให้เกิดเปลือกแข็ง และไม่สามารถ

รับประทานได้ แต่สาเหตุที่แท้จริงนั้นยังทราบไม่แน่ชัด อย่างไรก็ตามจากรายงานของ วัลลภา-ธีรภาวะ และคณะ (2524) พบว่าการฉีดพ่นสารกำจัดแมลง หรือศัตรูพืช สามารถช่วยลดอาการยางซึมที่เปลือกลงได้

3. เนื้อในเป็นแก้ว คืออาการของเนื้อมังคุดที่มีลักษณะขาวใสอาจเป็นบางส่วนของกลีบบางกลีบ หรือทั้งผล ซึ่งสาเหตุที่แท้จริงยังไม่ทราบแน่ชัด โดยทั่วไปการฉีดพ่นยา การเก็บเกี่ยว และการบรรจุหีบห่อ ไม่มีผลต่อการเกิดเนื้อแก้ว (วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ, 2531)

4. ขนาดของผล มังคุดต้นหนึ่งจะมีขนาดของผลไม่สม่ำเสมอ มีความแก่อ่อนไม่พร้อมกัน ทำให้เกษตรกรต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวจึงไม่ค่อยคำนึงถึงคุณภาพ แต่สำหรับการส่งออก การคัดขนาดและคุณภาพเป็นสิ่งจำเป็นมาก โดยพ่อค้าผู้ส่งออกจะกำหนดขนาดของผลแบ่งเป็น 3 ระดับคือ ขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมากกว่า 100 กรัมต่อผล ขนาดกลาง มีน้ำหนัก 80-100 กรัมต่อผล และขนาดเล็ก มีน้ำหนักระหว่าง 60-80 กรัมต่อผล แต่จากรายงานของ สุรพงษ์ โกสิยะจินดา (2530) พบว่าขนาดของผลมังคุดไม่มีผลต่อคุณภาพในการรับประทาน โดยขนาดย่อมหรือขนาดเล็กมักจะดีกว่าในแง่ที่มีเมล็ดน้อยหรือไม่มีเมล็ดเลย ทั้งนี้พบว่าในผลที่มีขนาดต่างกันปริมาณเนื้อมังคุดจะต่างกันคิดเป็นร้อยละ 1-2 สำหรับการซื้อขายมังคุดเพื่อบริโภคภายในประเทศนั้นส่วนใหญ่จะไม่มีการแบ่งขนาด และคุณภาพ

5. ความสะอาดของผิวผล ผลมังคุดควรมีผิวนวลตามธรรมชาติ สะอาด และไม่มีร่องรอยการทำลายของโรคและแมลง ซึ่งเกษตรกรควรหมั่นตรวจสอบดูแล ป้องกันและกำจัดศัตรูพืชบางชนิด ตั้งแต่มังคุดเริ่มออกดอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะการส่งออกมังคุดสดจะต้องคัดผลที่มีผิวสวย โดยบริษัทส่งออกจะกำหนดมาตรฐานไว้คือ ต้องมีผลที่มีผิวเป็นมันถึงร้อยละ 70-100 แต่สำหรับมังคุดแช่เยือกแข็ง บริษัทผู้ส่งออกสามารถผ่อนผันให้ผลที่มีผิวเป็นมันมากกว่าร้อยละ 20 ได้ (ข้อมูลที่ไม่ได้ตีพิมพ์) จึงทำให้เกษตรกรมีโอกาสขายมังคุดได้ราคาดีขึ้น

การยืดอายุการเก็บรักษามังคุด

1. การควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้นสัมพัทธ์

อุณหภูมิในการเก็บรักษามีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพของผลมังคุดได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเจริญเติบโตของเชื้อโรค และอายุการเก็บรักษา โดยทั่วไปการเก็บรักษาผลไม้สดมักใช้อุณหภูมิต่ำ ซึ่งผลไม้แต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกัน Siddappa และคณะ (1954)

ได้เก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิ 1.7 ถึง 5 °ซ พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 6-7 สัปดาห์ ในขณะที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บได้เพียง 1 สัปดาห์ ต่อมา Srivasta และคณะ (1962) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บมังคุดคือ 4-6 °ซ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85-90 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด 49 วัน แต่จากการศึกษาวิจัยของกองการค้นคว้าและทดลอง กรมกสิกรรม (2510) พบว่าที่อุณหภูมิ 12.7 °ซ สามารถเก็บมังคุดได้นาน 28 วัน โดยมีผลเสียร้อยละ 28 แต่การเก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิห้องจะเน่าเสียทั้งหมดในเวลาเพียง 21 วัน โดยมีลักษณะอาการเปลือกแข็ง และสูญเสียกลิ่นรสเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาและจากการศึกษาของ Raman และคณะ (1974) ก็ให้ผลคล้ายกัน คือเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องพบว่ามีผลเสียร้อยละ 30 และเน่าเสียทั้งหมดหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 10 และ 20 วัน ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4.5-7.0 °ซ พบว่ามีผลเสียร้อยละ 30 หลังจากเก็บรักษานานถึง 30 วัน อย่างไรก็ตาม ดวงพร สุนทรมงคล และคณะ (2518) ก็ได้รายงานไว้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษามังคุดคือ 7 °ซ ซึ่งสามารถเก็บได้นาน 30 วัน โดยเก็บเกี่ยวมังคุดในระยะที่ผลแก่จัดหรือผลสุก

Martin (1980) รายงานว่ามังคุดสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องไม่เกิน 1 สัปดาห์ หากเก็บที่อุณหภูมิ 9-12 °ซ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 33 วัน และเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 °ซ จะมีอาการเปลือกแข็งเกิดขึ้นแต่กลิ่นรสยังยอมรับได้ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 33 วัน จากการทดลองของ วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ (2524) พบว่าการเก็บมังคุดไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิประมาณ 10 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 สามารถเก็บมังคุดไว้ได้นาน 4 สัปดาห์ โดยมังคุดที่บรรจุในถุงพลาสติกจะมีคุณภาพของผลดีที่สุดแต่จะมีการเน่าเสียประมาณร้อยละ 20 การเก็บที่อุณหภูมิต่ำ 1 °ซ พบว่าผลมังคุดจะเกิดอันตรายเนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำ (chilling injury) ภายใน 3-4 วัน โดยกลีบเลี้ยงจะมีสีน้ำตาลซีดและเหี่ยว เปลือกผลเหี่ยวมีสีน้ำตาลม่วงหม่นคล้ำ เปลือกแข็ง เนื้อมีรสผิดปกติ และอาการจะรุนแรงหากนำมังคุดดังกล่าวมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2527) นอกจากนี้ Augustin และ Azudin (1986) ได้รายงานว่ามังคุดที่เก็บในอุณหภูมิ 4 °ซ และ 8 °ซ มีความแตกต่างจากการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (26 °ซ) โดยลักษณะเนื้อยังมีคุณภาพยอมรับได้หลังการเก็บเป็นเวลา 44 วัน อย่างไรก็ตามการเก็บรักษามังคุดสดให้มีคุณภาพดี ควรเก็บในระยะที่เป็นสายเลือด โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการ

เก็บรักษาผลมังคุดคือ 13 °ซ ทั้งนี้ควรบรรจุผลในถุงพลาสติกเจาะรู ถ้าเก็บมังคุดไว้ในสภาพที่เหมาะสมแล้วมังคุดจะมีสภาพดีอยู่ได้นานถึง 4 สัปดาห์ (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2530)

จากการศึกษาถึงอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุดของนักวิจัยหลายท่าน พบว่ามีอุณหภูมิระหว่าง 4-13 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85-90 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 1 เดือน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องเช่น แหล่งวัตถุดิบ ดัชนีการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และความแตกต่างของสถานที่ เวลา และการปฏิบัติงาน ถึงแม้ว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บรักษามังคุดได้นานขึ้น แต่พบว่ายังมีปริมาณผลเสียสูง ความเสื่อมเสียที่พบมากคือ การเกิดเปลือกแข็ง การเกิดสีดำของเปลือก การเกิดสีน้ำตาลและการสูญเสียลักษณะสัมผัสของเนื้อ โดยทั่วไปการเก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิห้องจะไม่สามารถยอมรับได้เมื่อเปลือกแข็งไม่สามารถเปิดออก แต่ในระหว่างการทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่ายากที่จะตัดสินคุณภาพด้านการบริโภคได้ เนื่องจากอัตราการเกิดเปลือกแข็งไม่สอดคล้องกับการเสื่อมเสียของเนื้อเสมอไป (Augustin and Azudin, 1986)

2. <u>การควบคุมบรรยากาศ</u>

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531) ได้ศึกษาถึงการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมังคุด พบว่าการเก็บมังคุดไว้ในบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนร้อยละ 2-5 ผสมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5-20 ที่อุณหภูมิ 22 °ซ จะชะลอการเปลี่ยนสีได้ดีกว่าการใช้ออกซิเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว โดยเก็บได้นาน 1 เดือน แต่การเก็บที่อุณหภูมิต่ำถึง 12 °ซ มีแนวโน้มว่ามังคุดจะมีผลกระทบจากความเย็น โดยปรากฏอาการเปลือกแข็ง และแห้ง

3. <u>การใช้สารเคมี</u>

มีสารเคมีบางชนิดเช่น Bennomyl ได้ถูกนำมาใช้ในการป้องกันการเสื่อมเสียของมังคุดในระหว่างการเก็บรักษา หลังจากการใช้สารเคมีโดยวิธีจุ่ม หรือใช้แปรงทาที่ขั้วผล และห่อด้วยกระดาษแก้ว แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 เป็นเวลา 21 วัน พบว่า Bennomyl สามารถป้องกันการเกิดโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อ <u>Pestalotia flagisetul</u> ได้ (ประวัติ ตันบุญเอก, 2523) นอกจากนี้ Carbaryl ก็มีความเหมาะสมสำหรับฉีดพ่นต้นมังคุดสามารถลดอาการผลกร้าน และยางไหลที่ผลมังคุดได้ (วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ, 2531) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาสารเคลือบผิวผลมังคุด โดยเก็บในอุณหภูมิต่างๆเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

พบว่ามังคุดที่ทำการเคลือบผิวและไม่เคลือบผิวไม่มีความแตกต่างกันในด้านอายุการเก็บรักษา แต่พบว่าผลที่เคลือบผิวมีผิวมันเป็นเงากว่าที่ไม่เคลือบผิวเท่านั้น (กองพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 2519)

4. การใช้ภาชนะบรรจุ

การใช้ภาชนะบรรจุมังคุดต้องคำนึงถึงความสะดวก มีขนาดพอเหมาะ สามารถป้องกันการกระทบกระเทือนและลดความสูญเสียในระหว่างการขนส่ง ภาชนะบรรจุที่ใช้สำหรับการส่งออกมังคุดสดในปัจจุบันคือ กล่องกระดาษลูกฟูกขนาด 10 x 15 x 3 นิ้ว เจาะรูระบายอากาศข้างกล่องจำนวน 6 รู บรรจุมังคุดหนัก 2.5 กิโลกรัมต่อกล่อง มีมังคุดประมาณ 24 ผล หรืออีกแบบหนึ่งเป็นถาดโฟมขนาด 13 x 13 ซ.ม. ถาดหนึ่งจะวางมังคุดได้ 4 ผล แล้วห่อหุ้มด้วยแผ่นพลาสติก พีวีซี บรรจุลงในกล่องกระดาษขนาด 10 x 15 x 3 นิ้ว จำนวน 6 ถาดต่อกล่อง (ดารา พวงสุวรรณ และคณะ, 2529) สำหรับการบรรจุมังคุดในกล่องที่หุ้มด้วยฟิลม์ พีวีดีซี พบว่ามีการสูญเสียในระหว่างการเก็บน้อยกว่าพวกที่ไม่ได้หุ้มฟิลม์และมีลักษณะโดยทั่วไปของมังคุดสดกว่า (วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ, 2531)

การแช่เยือกแข็งผลไม้

การถนอมผลไม้โดยวิธีแช่เยือกแข็งเป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2463 เป็นต้นมา ทั้งนี้จากการพัฒนากรรมวิธีและเครื่องมือในการแช่เยือกแข็ง ตลอดจนภาชนะบรรจุ ทำให้การแช่เยือกแข็งสามารถรักษาคุณภาพผลไม้โดยเฉพาะด้านสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสได้ใกล้เคียงกับผลไม้สด ทำให้เหมือนได้ผลไม้สดบริโภคตลอดปี นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลไม้เสื่อมเสีย ลดอัตราเร็วของปฏิกิริยาเอนไซม์ และปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่พึงประสงค์ด้วย

ผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีแช่เยือกแข็ง จะมีการปฏิบัติต่อผลไม้ก่อนการแช่เยือกแข็งและกรรมวิธีการแช่เยือกแข็งที่แตกต่างกันไปตามชนิดและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น การแช่เยือกแข็งสับปะรดซึ่งจะมีวิธีการเตรียมเหมือนกับการบรรจุกระป๋อง การแปรรูปเริ่มจากการล้าง คัดขนาด ปอกเปลือกและเจาะแกน ตรวจสอบและตัดแต่งเป็นชิ้นตามต้องการ บรรจุลงในกระป๋องเติมน้ำเชื่อม 25–49 บริกซ์ ปิดผนึกแล้วแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็นอุณหภูมิ –34 °ซ จากการศึกษาของ Cruess (1958) พบว่าการเติมกรดแอสคอบิกเล็กน้อยลงในน้ำเชื่อมสามารถช่วยให้กลิ่นรส

มีความคงตัวขึ้น Luh และคณะ (1975)กล่าวว่าการแช่เยือกแข็งองุ่นในลักษณะแยกเนื้อ (pulp) จะให้สีและกลิ่นรสดีกว่าการใช้องุ่นทั้งผล โดยเก็บเกี่ยวองุ่นที่มีระดับความสุกพอเหมาะวัดปริมาณน้ำตาลได้ประมาณ 20 บริกซ์ ทำการเด็ดก้าน คัดเลือก บรรจุกระป๋องหรือกล่อง เติมน้ำเชื่อม 35 บริกซ์ ทำการแช่เยือกแข็ง อาจมีการเติมกรดซิตริกร้อยละ 0.5 ลงไปในน้ำเชื่อมเพื่อลดการตกตะกอนของเกลือตาร์เตรท ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้สำหรับนำไปแปรรูปต่อ เช่น แยม เยลลี่ หรือส่วนผสมในการทำขนมปัง Gorgatti-Netto และคณะ (1973) เสนอกรรมวิธีการทำมะม่วงชิ้นแช่เยือกแข็ง นำมะม่วงมาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้น แช่ในสารละลายกรดแอสคอบิกร้อยละ 0.05 เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล บรรจุในถุงพลาสติก เติมน้ำเชื่อม 40 บริกซ์ที่มีกรดแอสคอบิกร้อยละ 0.1 แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.07 โดยให้สัดส่วนมะม่วงต่อน้ำเชื่อม 3:1 โดยน้ำหนัก จากนั้นปิดผนึกด้วยระบบสูญญากาศแล้วทำการแช่เยือกแข็ง พบว่าสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ ได้นานถึง 120 วัน วิเชียร ศันสนียวรรณ์ (2530) ได้ศึกษาการทำเงาะแช่เยือกแข็ง โดยนำเงาะมาปอกเปลือกและคว้านเมล็ด แล้วแช่ในสารละลายผสมชนิดต่างๆก่อนการแช่เยือกแข็งโดยวิธีแบบลมเป่าและเพลทสัมผัส พบว่าการแช่ในสารละลายผสมของโซเดียมซัลไฟต์ร้อยละ 0.3 และกรดแอสคอบิกร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 2 นาที สามารถรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ดีตลอดระยะเวลาเก็บ 2 เดือน สมทรง ปวีณการก์ และ นิลวรรณ ลีอังกูรเสถียร (2531) ศึกษาการยืดอายุการเก็บเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองและพันธุ์ชะนีโดยการแช่เยือกแข็ง ทำการคัดเลือกทุเรียนที่มีคุณภาพดี นำมาคว้านเมล็ดแช่เยือกแข็งด้วยระบบ ไอ คิว เอฟ (IQF = Individual Quick Frozen) และระบบเพลทสัมผัส เก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ -20 °ซ ถึง -25 °ซ จากการทดลองพบว่าการใช้ระบบ ไอ คิว เอฟ และเพลทสัมผัส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อทุเรียนทั้งสองพันธุ์ได้นาน 12 และ 6 เดือน ตามลำดับ โดยพันธุ์หมอนทองจะมีคุณภาพการยอมรับนานกว่าพันธุ์ชะนีเล็กน้อย

สำหรับมังคุดแช่เยือกแข็งพบว่าได้เริ่มต้นผลิตโดยโรงงานผลิตอาหารทะเลแช่เยือกแข็งซึ่งมีห้องเย็นอยู่แล้ว การผลิตในโรงงานนั้น ในขั้นตอนการผ่ามังคุดจะทำในห้องเย็นอุณหภูมิต่ำ (6-10 °ซ) เนื่องจากการผ่าที่อุณหภูมิห้องนั้นจะทำให้เนื้อมังคุดมีสีคล้ำลงได้ง่าย แต่การปฏิบัติงานที่อุณหภูมิต่ำนั้นถือว่าเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก และไม่ปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงานเป็นเวลานาน นอกจากนี้ผลมังคุดที่มียางในเปลือก ยังสามารถทำให้เนื้อมีสีคล้ำลงได้ สมทรง ปวีณการก์ และนิลวรรณ ลีอังกูรเสถียร (2531) ได้ทำการทดลองผลิตมังคุดแช่เยือกแข็งด้วยระบบ ไอ คิว เอฟ

โดยมีคาร์บอนไดออกไซด์เหลวและไนโตรเจนเหลวเป็นสารให้ความเย็น ทั้งนี้มังคุดที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งจนอุณหภูมิภายในผลลดลงถึง -14 °ซ จะนำมาบรรจุกล่องพลาสติกที่ได้มาตรฐาน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ ซึ่งขณะนี้ยังอยู่ในระหว่างดำเนินงานวิจัยอยู่ จากการทดลองพบว่าการใช้กรดซิตริกร้อยละ 1.0 สามารถยับยั้งการเปลี่ยนสีของเนื้อมังคุด แต่จากการสอบถามผู้ทดลองพบว่าวิธีนี้มีผู้ทดสอบชิมบางท่านบอกว่าเนื้อมังคุดมีรสเปรี้ยวเกินไป และในขณะที่ผลิตภัณฑ์ดำเนินการเก็บรักษาถึงเดือนที่ 7 พบว่าเนื้อมังคุดมีสีคล้ำลง นอกจากนี้การใช้ไนโตรเจนเหลวยังมีข้อเสียคือ มีราคาแพง ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นหากมีการศึกษาหากระบวนการผลิตมังคุดที่เหมาะสมและมีคุณภาพแล้ว จะเป็นการปรับปรุงคุณภาพมังคุดแช่เยือกแข็งสำหรับการส่งออกต่อไปในอนาคต

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลไม้แช่เยือกแข็ง

1. <u>วัตถุดิบ</u>

โดยทั่วไปผลไม้ที่นำมาแช่เยือกแข็งนั้นจะเก็บเกี่ยวในระยะที่สุกเต็มที่ หรือใกล้เคียงกับการบริโภคสด ซึ่งมีกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสดีที่สุด นอกจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีแล้ว การปฏิบัติต่อผลไม้ก่อนการแช่เยือกแข็งก็มีความสำคัญ ซึ่งจะแตกต่างไปตามวัตถุประสงค์ และชนิดของผลไม้ ผลไม้ระหว่างรอเข้ากระบวนการผลิต อาจผ่านการเก็บในห้องที่มีการควบคุมบรรยากาศ การบ่มสุก การควบคุมเชื้อรา การคัดขนาดและคุณภาพ การทำความสะอาด และการตัดแต่ง

<u>การปฏิบัติต่อผลไม้ก่อนการแช่เยือกแข็ง</u>

ผลไม้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดส (polyphenol oxidase) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งปรากฏการณ์การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning) จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้คุณภาพของผลไม้ลดลง จะเกิดขึ้นได้ต้องมีองค์ประกอบ 3 ตัวอยู่ร่วมกันคือ สารตั้งต้น (substrate) เอนไซม์และออกซิเจน หากขาดตัวใดตัวหนึ่งหรือขัดขวางโดยวิธีใดก็ตามปฏิกิริยาสีน้ำตาลก็จะไม่เกิดขึ้น หลักการนี้จึงถูกใช้เป็นพื้นฐานในการควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ ซึ่งส่วนใหญ่มักมีองค์ประกอบเหล่านี้อยู่ และเกิดสีน้ำตาลทุกเมื่อที่เซลเนื้อเยื่อถูกทำลายในระหว่างขั้นตอนต่างๆของกระบวนการแปรรูป แม้ว่าคุณภาพของวัตถุดิบจะดีที่สุด หากมี

การแปรรูป และการปฏิบัติที่ไม่ดีก็สามารถทำให้คุณภาพผลลดลงอย่างรวดเร็ว ฉะนั้นจำเป็นต้องมีความระมัดระวัง และหาวิธีการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลขึ้น ซึ่งอาจทำได้หลายวิธีได้แก่ การใช้ความร้อน เป็นวิธีที่ง่าย แต่เกิดผลเสียคือทำให้ผลไม้สูญเสียกลิ่นรสธรรมชาติไป มีเนื้อสัมผัสนิ่มขึ้น เกิดกลิ่นสุก และสูญเสียความคงตัวของสารบางชนิด ดังนั้นสารเคมี และวัตถุเจือปนอาหาร (additive) จึงถูกนำมาใช้แทนการใช้ความร้อนในการยับยั้งเอนไซม์ได้แก่

1.1 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ ซัลไฟท์ เป็นสารเคมีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย มีประสิทธิภาพดี และราคาไม่แพง โดยทั่วไปมักใช้ในรูปของ โซเดียมซัลไฟท์ โซเดียมไบซัลไฟท์ และโซเดียมเมตตาไบซัลไฟท์ หรืออาจมีการใช้ในรูปก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) สารเหล่านี้มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (antiseptic) ด้วย และยังช่วยรักษาวิตามินซี แต่การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีข้อเสียคือ ทำให้ความแน่นของผลไม้ลดลง (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก 2529) และถ้าใช้ในปริมาณสูงจะเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีในผลิตภัณฑ์และอาจมีผลเสียต่อสุขภาพ Korobkina และคณะ (1978) ได้ศึกษาการใช้สารเคมีกับผลไม้แช่เยือกแข็ง พบว่าการแช่สตรอเบอรี่ในสารละลายโปตัสเซียมเมตตาไบซัลไฟท์ร้อยละ 0.6 นาน 3 นาที สามารถยับยั้งการเปลี่ยนสี และช่วยรักษาความคงตัวของวิตามินซีได้ดี

อย่างไรก็ตาม FDA (Food and Drug Administration) (1986) ได้มีการประกาศห้ามใช้ซัลไฟท์ในผักและผลไม้สด โดยกฎนี้มีผลใช้เมื่อวันที่ 9 มกราคม 1987 ระบุว่าอาหารบรรจุภาชนะที่มีการเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือจุลินทรีย์ ในปริมาณตั้งแต่ 10 PPM ขึ้นไป จะต้องปิดฉลากบอกปริมาณสารซัลไฟท์ที่มีอยู่ ในภาวะนี้เองทำให้นักแปรรูปทั้งหลายต่างไม่แน่ใจในการใช้เกินปริมาณ ฉะนั้นจึงได้พยายามศึกษาหาตัวทดแทนการใช้ซัลไฟท์ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้

1.2 กรด เป็นสารเคมีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดฟอสฟอริก และกรดแอสคอบิก โดยกรดเหล่านี้จะไปทำให้ พีเอช ของสารละลายลดลงจึงทำให้อัตราการเกิดสีน้ำตาลลดลงด้วย จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของเอนไซม์พีนอลเลส กับ พีเอช ของสารละลาย พบว่า พีเอช ที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพีนอลเลส คือ 6-7 และที่ พีเอช ต่ำกว่า 3 จะไม่มีการทำงานของเอนไซม์โดยสิ้นเชิง (Eskin, et al., 1971)

กรดแอสคอบิกถูกนำมาใช้กันอย่างมากในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ ทั้งนี้เพราะว่ากรดแอสคอบิกมีคุณสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) ที่ดี ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์สุดท้าย นอกจากนี้ยังมีคุณค่าเป็นวิตามิน อย่างไรก็ตามกรดแอสคอบิกไม่สามารถยับยั้งเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดสได้โดยตรงเหมือนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แต่จะถูกเอนไซม์ออกซิไดซ์โดยทางอ้อม โดยเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดส จะออกซิไดซ์สารตั้งต้นที่มีอยู่ในธรรมชาติก่อน และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะถูกรีดิวซ์โดยกรดแอสคอบิกที่มีอยู่อย่างรวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสีน้ำตาลถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นสารตั้งต้นซึ่งเป็นสารไม่มีสี แต่ขบวนการนี้หากเติมกรดแอสคอบิกไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จนหมดแล้ว การเกิดสีน้ำตาลก็เพียงแต่ถูกชะลอไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้นจากนั้นก็จะเกิดได้เป็นปกติ ฉะนั้นจึงต้องใช้กรดแอสคอบิกในปริมาณที่มากเกินพอ จึงจะสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ วิธีนี้จึงไม่คุ้มทุนหากใช้กรดแอสคอบิกเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะว่ากรดแอสคอบิก มีข้อเสียคือ มีราคาแพง และยังถูกกระทบได้ง่ายโดย พีเอช อุณหภูมิ การทำงานของเอนไซม์ (enzyme activity) ออกซิเจน ทองแดง เหล็ก และความเข้มข้นของสารตั้งต้น (Ponting and Joslyn, 1948)

ฉะนั้นจึงได้นำกรดแอสคอบิกมาใช้ร่วมกับสารประกอบชนิดอื่น ในการรักษาสี และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่เยือกแข็ง Ponting และคณะ (1972) พบว่าการปฏิบัติด้วยสารละลายของกรดแอสคอบิกร้อยละ 0.5 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 ที่ พีเอช 7 ก่อนการแช่เยือกแข็งสามารถยับยั้งการเปลี่ยนสีได้ นอกจากนี้ Charles และคณะ (1988) พบว่าการแช่ชิ้นแอปเปิ้ลในสารละลายผสมของกรดแอสคอบิกร้อยละ 0.5 กรดซิตริกร้อยละ 0.5 โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2.0 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 ก็ได้ผลดีเช่นเดียวกัน

กรดซิตริกเป็นแหล่งของความเป็นกรดในผลไม้หลายชนิด Ponting และ Joslyn (1948) พบว่ากรดซิตริกร้อยละ 0.2 สามารถลดการทำงานของเอนไซม์ และเพิ่มกลิ่นรสให้กับแอปเปิ้ล นอกจากนี้กรดซิตริกยังเป็นตัวช่วยจับโลหะ (chelating agent) เช่น ทองแดง และเหล็ก ซึ่งจำเป็นสำหรับการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดส โดยทั่วไปการเลือกใช้ชนิดของกรดที่มีประสิทธิภาพ กรดชนิดนั้นควรเป็นกรดหลักในผลไม้นั้นๆ เช่น กรดมาลิก เป็นกรดหลักของแอปเปิ้ล มีผลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในน้ำแอปเปิ้ลได้ดีกว่ากรดซิตริก นอกจากนี้ยังไม่ทำให้กลิ่นรสธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไปด้วย

1.3 สารเคมีอื่น มีเกลือหลายชนิดที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ แต่พบว่าจะต้องใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นสูง ถึงจะยับยั้งเอนไซม์ได้อย่างสมบูรณ์ ฉะนั้นการเลือกใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์อย่างเดียวจึงมีผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ การยับยั้งเอนไซม์ด้วยวิธีนี้จึงมักใช้กับผลไม้ที่ต้องนำไปแปรรูปในขั้นต่อไป Baldry และคณะ (1976) ใช้แคลเซียมคลอไรด์ในการผลิตมะม่วงทั่นชิ้นแช่เยือกแข็ง พบว่าสามารถช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อ (firmness) ของชิ้นมะม่วง และการใช้แคลเซียมคลอไรด์ทั้งแบบเพิ่มความดันเข้าช่วย หรือแบบธรรมดา ต่างก็สามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้ (Drake and Fridlund, 1986) นอกจากนี้ Simon และคณะ (1955) พบว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับกรดแอสคอบิกในการปฏิบัติต่อแอปเปิ้ลก่อนการแช่เยือกแข็ง จะช่วยรักษาสีได้ดีกว่าการใช้ตัวเดี่ยวๆ

การใช้สารละลายฟอสเฟต ก็สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากเอนไซม์ได้ ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก (2529) กล่าวว่าวิธีที่ได้ผลดีได้แก่ การแช่ในสารละลายโซเดียม-ไฮโดรเจนซัลไฟท์ร้อยละ 0.25 เป็นเวลา 45 วินาที ตามด้วยสารละลายโปตัสเซียมไฮโดร-เจนฟอสเฟตร้อยละ 0.2 เป็นเวลา 5 นาที ทั้งนี้โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟท์จะทำปฏิกิริยาได้เร็วกว่าโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต จากนั้นโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตจึงค่อยๆทำปฏิกิริยาไล่กลิ่นทำมะถันออกไปทำให้ไม่มีผลต่อกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปสารเคมีที่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ดี ควรมีคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์อย่างรวดเร็วก่อนที่ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะเกิดขึ้น หลักการนี้สามารถดัดแปลงใช้ได้ทั้งความร้อนและสารเคมี ในทางปฏิบัตินิยมใช้สารผสมหลายชนิดร่วมกัน

นอกจากนี้การกำจัดออกซิเจนก็เป็นวิธีหนึ่งที่รักษาสีของผลิตภัณฑ์ผลไม้ได้ใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุดวิธีที่ง่ายคือการแช่ผลไม้ในน้ำระหว่างรอการปฏิบัติงานอยู่ การใช้น้ำตาลหรือน้ำเชื่อมเคลือบผิวหน้าก็สามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โดยทำหน้าที่เป็นตัวกันออกซิเจนเข้าไปในเนื้อเยื่อผลไม้ และยังทำให้รสชาติของผลไม้ดีขึ้นด้วย (Ponting, 1960)

2. การแช่เยือกแข็ง

2.1 วิธีการแช่เยือกแข็ง ผลไม้แช่เยือกแข็งในอุตสาหกรรมสามารถผลิตได้หลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีมีอุณหภูมิ และอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งแตกต่างกัน ซึ่งผลไม้แต่ละชนิดอาจ

Central Library
Prince of Songkhla University

เหมาะสมกับวิธีการแช่เยือกแข็งวิธีใดวิธีหนึ่ง ฉะนั้นการเลือกใช้กรรมวิธีการแช่เยือกแข็งที่เหมาะสมก็เป็นการรักษาคุณภาพของผลไม้ได้ดีที่สุดวิธีหนึ่ง Leverington (1957) ได้เปรียบเทียบการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างๆคือ แบบเพลทสัมผัส แบบลมเป่า และแบบโพลีเฟส (polyphase-freezing) พบว่าแบบโพลีเฟสซึ่งเป็นการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วในขั้นแรกทำให้ชั้นนอกของผลไม้เกิดการแข็งตัวก่อนแล้วจึงผ่านการแช่เยือกแข็งตามปกติจะให้เนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏดีที่สุด จากการศึกษาของ Isaacs (1986) พบว่าการแช่เยือกแข็งมะม่วงทั้งชิ้นแบบลมเย็นเป่าที่อุณหภูมิ -30 °ซ ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดีกว่าแบบกระแสลมนิ่งที่อุณหภูมิ -18 °ซ วิเชียร ศันสนียวรรธน์ (2530) ได้ทดลองพบว่า การแช่เยือกแข็งเงาะแบบเพลทสัมผัส จะมีการสูญเสียสารละลายหลังการละลายน้ำแข็งน้อยกว่าแบบกระแสลมนิ่ง และมีการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีกว่าเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ สมทรง ปวีณการก์ และ นิลวรรณ ลีอังกูรเสถียร(2531)พบว่าการแช่เยือกแข็งทุเรียนแบบ ไอ คิว เอฟ ให้คุณภาพดีกว่า และเก็บได้นานกว่าแบบเพลทสัมผัส

2.2 <u>อัตราการแช่เยือกแข็ง</u>

อัตราการแช่เยือกแข็งมีผลต่อปริมาณและผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อผลไม้ มีผลต่อคุณภาพและลักษณะของผลไม้แช่เยือกแข็งด้วย อัตราการแช่เยือกแข็งได้แบ่งเป็น 2 แบบคือ การแช่เยือกแข็งแบบช้า (slow freezing) ซึ่งผลไม้จะเกิดการเยือกแข็งโดยใช้เวลาตั้งแต่ 12-72 ชั่วโมง และการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (quick freezing) เป็นการลดอุณหภูมิของผลไม้ลงอย่างรวดเร็วจนเกิดการเยือกแข็งภายใน 30 นาที ข้อดีของการแช่เยือกแข็งแบบเร็วเมื่อเทียบกับการแช่เยือกแข็งแบบช้าคือ

2.2.1 ทำให้จุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส และปฏิกิริยาสีน้ำตาลถูกยับยั้งอย่างรวดเร็ว และหยุดชะงักการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีอย่างรวดเร็ว ทำให้รักษาคุณภาพของผลไม้ไว้ได้ดี

2.2.2 ได้ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กและมีปริมาณมาก กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในส่วนของแวคิวโอ (vacuole) ผลึกน้ำแข็งเกิดภายในเซล (intracellular crystal) ทำให้ไม่เกิดการเสื่อมเสียต่อเนื้อเยื่อ เมื่อทำการละลายน้ำแข็งจะมีน้ำออกจากเซล (drip loss) น้อย ช่วยลดการสูญเสียสารอาหารต่างๆ ซึ่งตรงข้ามกับการแช่เยือกแข็งแบบช้าจะเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในส่วนของช่องว่างระหว่างเซล (intercellular space) เป็นส่วนใหญ่ เกิดผลึกน้ำแข็งภายนอกเซล (extracellular crystal) เมื่อผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้เกิดการ

0_0131

ดูดน้ำออกจากภายในเซล ทำให้เซลเหี่ยวและเสียรูป เซลถูกฉีดขาดได้ง่าย เมื่อทำการละลายน้ำแข็งน้ำจึงไหลออกจากเซลมาก สารอาหาร และรสชาติต่าง ๆ จึงสูญเสียไปมาก

3. การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่เยือกแข็ง

ผลไม้แช่เยือกแข็งโดยทั่วไปควรเก็บที่อุณหภูมิ -18 °ซ หรือต่ำกว่า จากการศึกษาของวิเชียร ศันสนียวรรณ์ (2530) พบว่าเงาะแช่เยือกแข็งที่ผ่านกระบวนการผลิตที่เหมาะสมสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 2 เดือนที่อุณหภูมิ -18 °ซ สำหรับทุเรียนพันธุ์หมอนทองและพันธุ์ชะนีแช่เยือกแข็งที่เก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ -20 ถึง -25 °ซ นั้น พบว่ามีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้นาน 6 และ 12 เดือน ตามลำดับ (สมทรง ปวีนภารักษ์ และ นิลวรรณ ลีอังกูลเสถียร, 2531) ทั้งนี้การรักษาอุณหภูมิของห้องเก็บให้คงที่สม่ำเสมอตลอดเวลา และการใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสามารถช่วยรักษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

1. ผลมังคุด ซื้อจากตลาดสด อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ซึ่งเป็นมังคุดจากจังหวัดในภาคใต้ของไทย ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม 2532 อยู่ในระยะผิวสีน้ำตาลอมแดงจนถึงสีม่วงเข้ม และมีน้ำหนัก 70-115 กรัมต่อผล

2. เทปกาวพลาสติก ยี่ห้อ Blenderm ชนิดกันน้ำและฝุ่น มีขนาด 0.5 นิ้ว x 5 หลา จากบริษัท 3M แห่งประเทศไทยจำกัด

3. สารเคมี

   3.1 กรดซิตริก ชั้นคุณภาพ BP (British Phamacopoeia)

   3.2 กรดแอสคอบิก ชั้นคุณภาพ BP

   3.3 แคลเซียมคลอไรด์ ชั้นคุณภาพ AG (Analytical Grade)

4. ถุงพลาสติก ชนิด โพลีโพพีลีน

5. กล่องกระดาษแข็ง

อุปกรณ์

1. <u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบ</u> ได้แก่

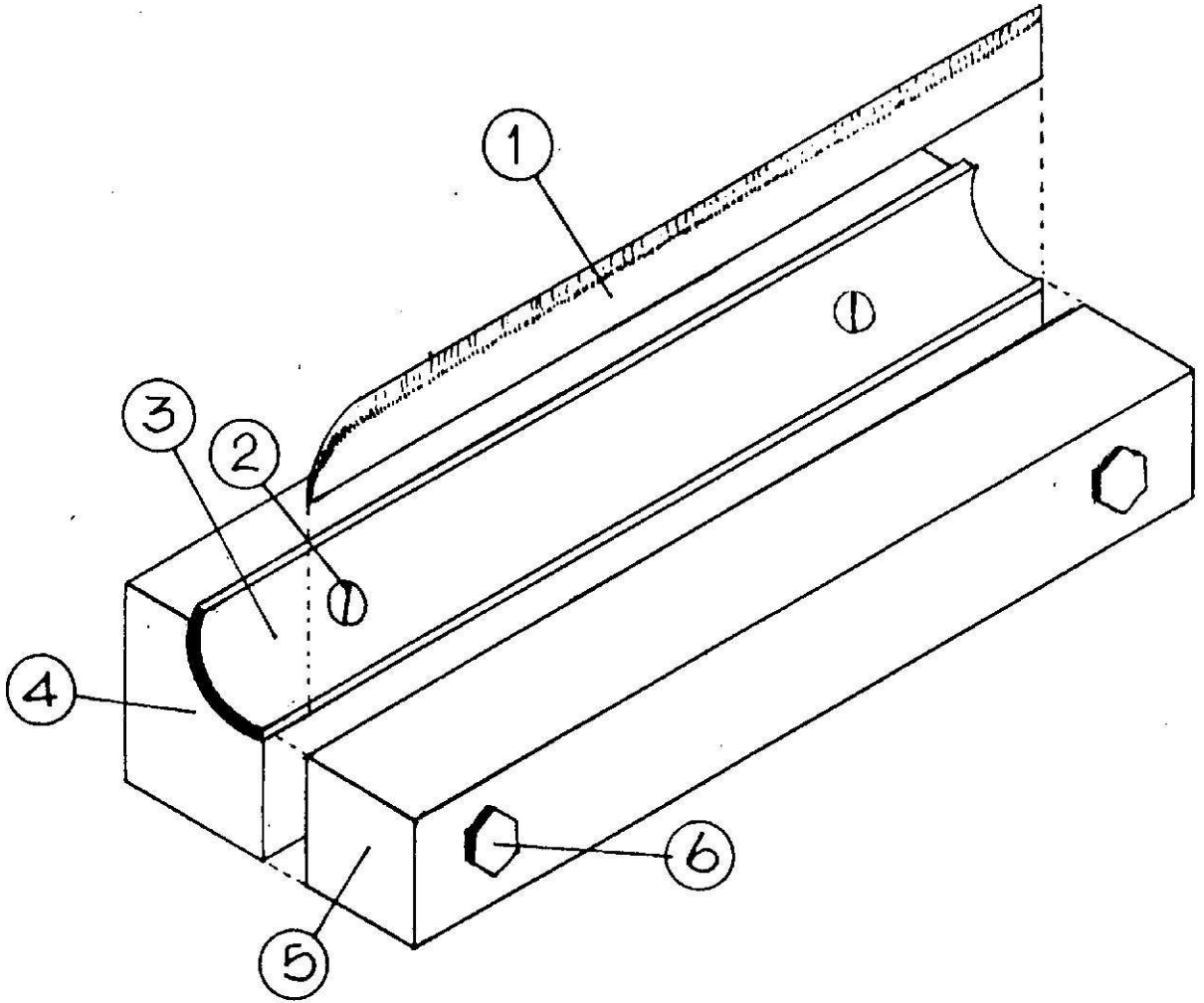
   1.1 แท่นผ่ามังคุด (รูปที่ 2) ประกอบด้วยโครงไม้ 2 โครงมาประกบกันโดยโครงทางขวามือของคนผ่าจะใช้แผ่น พีวีซี ที่บ่งมาจากท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ทำให้เกิดส่วนเว้าโค้งที่ฐานร่อง เพื่อเป็นตัวช่วยประคองส่วนล่างของผลมังคุดให้กลิ้งเป็นเส้นตรงขณะผ่า และตรงกลางร่องเป็นที่สำหรับใส่ใบมีดในลักษณะหงายขึ้นสามารถปรับระดับสูงต่ำได้ โดยอาศัยโครงไม้ที่ประกบกันนั้นเป็นตัวยึดใบมีด

   1.2 มีดตัดแต่งเปลือก และมีดขูดยางที่ผิว

   1.3 ถาดอลูมิเนียม สำหรับใส่สารละลายผสมขณะแช่มังคุด

   1.4 พัดลม สำหรับเป่ามังคุดให้แห้ง

   1.5 ห้องเย็น อุณหภูมิ 4 °ซ



	รายการ
1	มีดขนาด 2.5 x 26 ซม.
2	สกรูเกลียวปล่อยสแตนเลส
3	ท่อ พีวีซี ขนาด 2" ผ่า 1/4
4	ไม้โครงหลักขนาด 5 x 5.5 x 30 ซม.
5	ไม้โครงประกบขนาด 4 x 4 x 30 ซม.
6	นอต และสกรูยึดใบมีด

รูปที่ 2 ลักษณะของแท่นผ่ามังคุด

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง

2.1 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัส ชนิด plate junior, รุ่น CAJ7-422 จากบริษัท Samifi Babcock

2.2 เทอร์โมคอปเปิล แบบ digital type CTD บริษัท ELLAB A/S Copenhagen ประเทศเดนมาร์ก

2.3 ห้องเย็น อุณหภูมิ -20 °ซ

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมี และกายภาพของมังคุด ได้แก่

3.1 ตู้อบสูญญากาศ (DUO vac oven) บริษัท Lab-line instruments

3.2 พีเอชมิเตอร์ รุ่น PHM 61a บริษัท Radiometer A/S Copenhagen ประเทศเดนมาร์ก

3.3 Hand refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น N.1 ประเทศญี่ปุ่น

3.4 อุปกรณ์ และเคมีภัณฑ์สำหรับวิเคราะห์

- ปริมาณกรดแอสคอบิก
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด

วิธีการ

ทำการศึกษาคุณภาพและแนวทางป้องกันการเสื่อมคุณภาพของเนื้อมังคุดแช่เยือกแข็ง แบ่งออกเป็น

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพของมังคุด ได้แก่

1.1 ปริมาณความชื้น โดยวิธีทำแห้งในตู้อบสูญญากาศ (Ranganna, 1977)

1.2 ค่าพีเอช ด้วย พีเอชมิเตอร์

1.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ด้วย hand refractometer

1.4 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (total acidity as citric acid) โดยการไตเตรทกับสารละลายด่างมาตรฐาน 0.1N (Ranganna, 1977)

1.5 ปริมาณกรดแอสคอบิก ใช้ 2,6-dichlorophenol-indophenol visual titration method (Ranganna, 1977)

1.6 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด วัดโดย Lane and Eynon volumetic method (AOAC., 1975)

รายละเอียดการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของมังคุด แสดงในภาคผนวก ก.

2. ศึกษาแนวทางป้องกันการเสื่อมคุณภาพของเนื้อมังคุดแช่เยือกแข็ง

2.1 กรรมวิธีการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง กระบวนการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็งดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

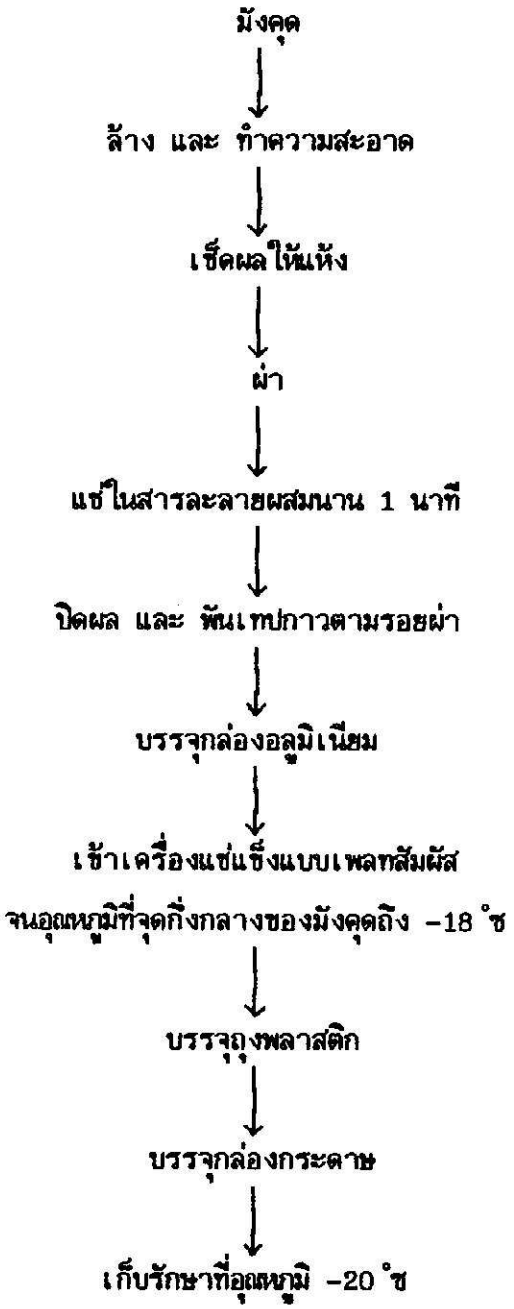
(1) การเตรียมวัตถุดิบ

คัดเลือกมังคุดที่มีผิวสีม่วงอมแดง ซึ่งจัดอยู่ในระดับสีที่ 5 ตามดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2530) ในกรณีที่มังคุดยังไม่ได้แปรรูปภายในวันที่ซื้อมังคุด จะเก็บไว้ในห้องอุณหภูมิ 4 °ซ เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวและการเสื่อมเสียที่อาจทำให้คุณภาพลดลง นำมังคุดมาล้างน้ำและทำความสะอาด กรณีที่มีมดดำหรือใยแมงมุมอยู่ใต้กลีบเลี้ยงให้ใช้น้ำฉีดออก ถ้ามียางเปื้อนที่ผลให้ใช้มีดเล็กขูดออกเบา ๆ จากนั้นนำมาเป่าพัดลมให้แห้ง จัดแบ่งมังคุดที่ได้เป็น 2 ขนาดคือ ขนาดเล็กน้ำหนักระหว่าง 70-85 กรัมต่อผล และขนาดใหญ่น้ำหนักระหว่าง 90-115 กรัมต่อผล ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการจัดระดับใบมีดของแท่นผ่า

(2) การผ่า และการตัดแต่ง

- จัดเตรียมอุปกรณ์ ใส่ใบมีดที่คมอยู่ระหว่างกลางร่องโดยปรับระดับใบมีดตามความหนาของเปลือกเพื่อป้องกันไม่ให้ใบมีดถูกเนื้อมังคุด การวัดความหนาของเปลือกทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างมังคุดมาประมาณ 8-10 ผล ของแต่ละขนาดมาผ่าและวัดความหนาของเปลือกโดยเลือกวัดตำแหน่งที่มีเปลือกบางที่สุดแล้วคำนวนหาค่าเฉลี่ย

- ยึดแท่นผ่าให้ติดกับโต๊ะเพื่อไม่ให้เคลื่อนที่ขณะผ่า จับผลในลักษณะตะแคงโดยให้แนวผ่าตรงตามแนวกลางผล หมุนมังคุดตามร่องในลักษณะเข้าหาตัวคนผ่า (รูปที่ 4) การผ่าต้องผ่าแล้วได้รอยเดียว รอยต้องเรียบและสม่ำเสมอ และควรระวังไม่ให้ใบมีดถูกเนื้อภายใน



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง

- เมื่อผ่ามังคุดรอบผลแล้วเปิดเปลือกด้านก้นออก ขณะเปิดผลควรบีบเบา ๆ ไม่ให้แรงกดกระทบถึงเนื้อภายใน ส่วนเนื้อจะติดอยู่กับเปลือกด้านที่มีขั้วผลและกลีบเลี้ยงอยู่ สำหรับผลที่มีเปลือกติดอยู่กับเนื้อให้ใช้มีดปลายแหลมเขี่ย และแต่งเศษเปลือกที่อยู่ตามร่องกลีบเนื้อให้ดูเรียบร้อย จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายผสมเป็นเวลา 1 นาที (รูปที่ 5)

(3) <u>การปิดผล และพันเทปกาว</u>

เมื่อผ่านการแช่สารละลายผสมแล้ว นำขึ้นมาสะเด็ดน้ำประกบฝาให้ตรงตามรอยเดิม เช็ดผลให้แห้งและพันเทปกาวพลาสติกที่สามารถยืดหยุ่นได้ดี ให้จับผลมังคุดด้วยมือซ้ายในลักษณะหันก้นเข้าหาตัว ต้องดึงเทปให้ตึงและแนบสนิทกับผิวผล บีบผลเบาๆในขณะพันเทปเพื่อป้องกันไม่ให้เปลือกแยกออกจากกันให้แนวที่ผ่าอยู่กึ่งกลางตลอดแนวแผ่นเทป โดยให้จุดเริ่มต้นกับจุดสุดท้ายเหลื่อมกันประมาณ 1 ซม. (รูปที่ 6)

(4) <u>การแช่เยือกแข็ง</u>

เรียงมังคุดในถาดอลูมิเนียมขนาด 14 x 17.5 x 6 ซม. โดยวางผลในลักษณะตะแคง จัดให้เต็มถาดแล้วนำเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบเพลทสัมผัสอุณหภูมิ -30 °ซ (รูปที่ 7) บันทึกอุณหภูมิในระหว่างการแช่เยือกแข็ง โดยใช้เทอร์โมคอปเปิลเสียบให้ปลาย probe อยู่ตรงกึ่งกลางผล อ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมคอปเปิลทุกๆ 5 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิถึง -18 °ซ นำมาบรรจุถุงพลาสติกชนิดโพลีโพพีลีน ผนึกปากถุงและบรรจุกล่องกระดาษ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ

2.2 <u>การใช้สารละลายผสมในการยับยั้งการเปลี่ยนสี และรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุด</u>

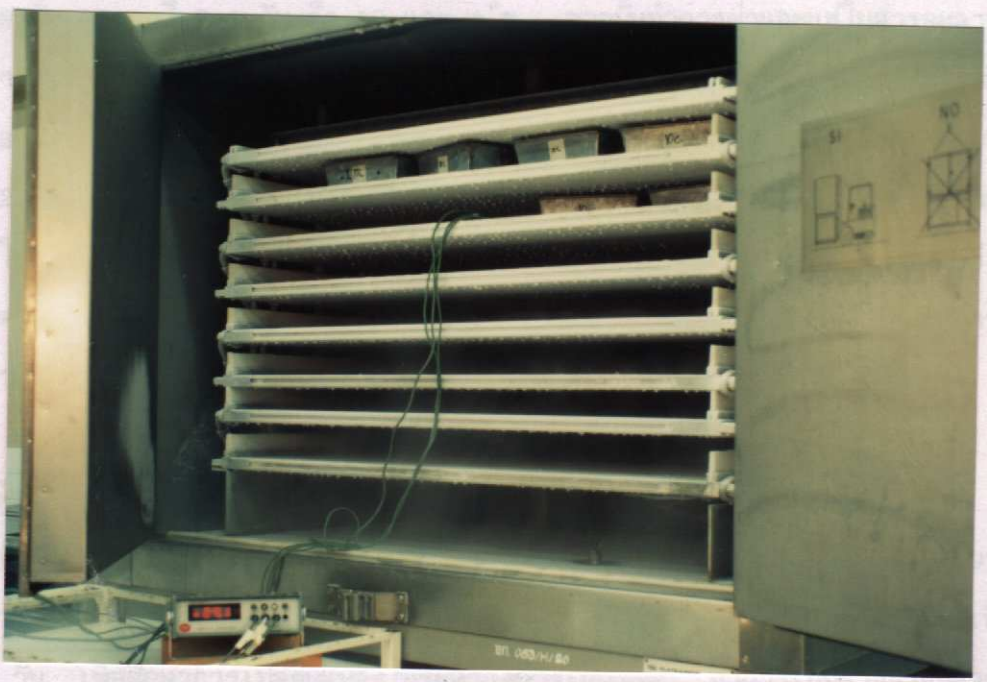
(1) มังคุดที่ผ่านกระบวนการแปรรูป จะต้องผ่านขั้นตอนการแช่ในสารละลายผสมซึ่งประกอบด้วยสารเคมี 3 ชนิดคือกรดซิตริก กรดแอสคอบิก และแคลเซียมคลอไรด์ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD = Completely Randomized Design) โดยจัดชุดการทดลองแบบ factorial design ที่มีระดับความเข้มข้น 3 x 3 x 2 ระดับ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) รวมทั้งหมด 18 ชุดการทดลอง โดยใช้มังคุดชุดการทดลองละ 25 ผล ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

(2) ผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็งหลังจากเก็บรักษาที่ -20 °ซเป็นเวลา 1 วัน นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ก่อนทดสอบให้นำตัวอย่างมังคุดแช่เยือกแข็งมาผ่านน้ำเป็นเวลาประมาณ 30 วินาที เพื่อให้น้ำแข็งที่ส่วนเปลือกเกิดการละลายทำให้เปิดได้สะดวกยิ่งขึ้น ทั้งนี้ให้ทดสอบครั้งละไม่เกิน 6 ตัวอย่าง ในการทดสอบนี้ดูการยอมรับ

รูปที่ 4 ลักษณะการผ่ามังคุด

รูปที่ 5 การแช่มังคุดในสารละลายผสม

รูปที่ 6 การพันเทปกาวตามรอยผ่า



รูปที่ 7 การแช่เยือกแข็งมังคุดด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัส

ด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็ง โดยมีการให้คะแนนเป็นแบบ hedonic scale ประกอบด้วย 9 ระดับคะแนน เมื่อระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุดและระดับคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด (Larmond, 1977) คะแนนการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA = analysis of variance) และความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองแบบ DMRT (Duncan's Multiple Range Test) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2531)

(3) การใช้กรดแอสคอบิกที่เหมาะสม คัดเลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมจากข้อ (2) มา 1 ชุด เพื่อศึกษาหาความเข้มข้นของกรดแอสคอบิกที่เหมาะสมที่สุดอีกครั้งหนึ่ง โดยจัดระดับความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0 - 0.5 (ตารางที่ 5) แล้วทดสอบคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเดียวกับข้อ (2)

3. การศึกษาวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง

ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิ (pre-cooling) ของมังคุดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยทำการแช่มังคุดทั้งผลในน้ำผสมน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิของน้ำคงที่ (1 ± 0.5 °ซ) จนกระทั่งอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของผลมังคุดลดลงที่ 2 ระดับ คือ 10 และ 4 °ซ จากนั้นทำการผ่าและแช่ในสารละลายที่คัดเลือกจากข้อ (3) ใน 2.2 ปฏิบัติตามกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 5 เปรียบเทียบกับการผลิตตามปกติคือ ไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็งหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 1 วัน นำมาประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเดียวกับข้อ (2) ใน 2.2 คะแนนการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) และความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยวิธี Turkey test (Larmond, 1977) เพื่อคัดเลือกกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ทำการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็งตามกระบวนการผลิตที่คัดเลือกจากข้อ 3 และจากกระบวนการผลิตตามปกติคือ ไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 90 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา ทำการเก็บตัวอย่างที่ความถี่ทุกๆ 15 วัน มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพโดยวิธีเดียวกับข้อ 1 และ

ทำการเก็บตัวอย่างทุก 1, 30, 60 และ 90 วัน มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเดียวกับข้อ (2) ใน 2.2 คะแนนการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) และความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยวิธี Turkey test (Larmond, 1977)

ตารางที่ 4 ชุดการทดลอง การใช้สารละลายผสมในการยับยั้งการเปลี่ยนสี และรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุด

ชุดการทดลอง	ส่วนประกอบของสารละลายผสม (ร้อยละ)		
	แคลเซียมคลอไรด์	กรดแอสคอบิก	กรดซิตริก
1	-	-	-
2	-	-	0.3
3	-	-	0.5
4	-	0.3	-
5	-	0.3	0.3
6	-	0.3	0.5
7	-	0.5	-
8	-	0.5	0.3
9	-	0.5	0.5
10	0.25	-	-
11	0.25	-	0.3
12	0.25	-	0.5
13	0.25	0.3	-
14	0.25	0.3	0.3
15	0.25	0.3	0.5
16	0.25	0.5	-
17	0.25	0.5	0.3
18	0.25	0.5	0.5

ตารางที่ 5 ชุดการทดลอง การใช้สารละลายผสมที่ปรับความเข้มข้นของกรดแอสคอบิกที่ระดับต่างๆ ในการยับยั้งการเปลี่ยนสี และรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุด

ชุดการทดลอง	ส่วนประกอบของสารละลายผสม (ร้อยละ)		
	แคลเซียมคลอไรด์	กรดซิตริก	กรดแอสคอบิก
1	0.25	0.5	-
2	0.25	0.5	0.1
3	0.25	0.5	0.2
4	0.25	0.5	0.3
5	0.25	0.5	0.4
6	0.25	0.5	0.5

ผลการทดลอง และวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพของมังคุด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของมังคุดสด (ตารางที่ 9) พบว่า ส่วนเนื้อที่รับประทานได้นั้นมีปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละ 80.0 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ Intengan และคณะ (1968) ได้รายงานไว้คือร้อยละ 79.7 ปริมาณแทรดแอสคอบิก 7.2 มก./100 กรัมเนื้อมังคุด ซึ่งพบว่ามีปริมาณมากกว่าผลการทดลองของ Intengan และคณะ (1968) รายงานไว้คือ 2.0 มก./100 กรัมเนื้อมังคุด ทั้งนี้เนื่องจากแหล่งวัตถุดิบที่ต่างกัน องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆที่วิเคราะห์ในรูปน้ำมังคุด พบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 18.5 บริกซ์ ค่าพีเอช 3.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด และกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกคิดเป็นร้อยละ 3.9, 17.5 และ 0.57 ตามลำดับ โดยมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Augustin และ Azudin (1986)

ลักษณะทางกายภาพของมังคุดที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบด้วยระดับสีต่าง ๆ คือ 4, 5 และ 6 ตามดัชนีการแบ่งสีผิวของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(2529) คิดเป็นร้อยละ 7, 76 และ 15 ตามลำดับ จากการทดลองครั้งนี้พบว่ามังคุดในระดับสีที่ 5 ซึ่งมีผิวสีม่วงอมแดงเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแช่เยือกแข็ง เนื่องจากภายในเปลือกไม่มียางเปลือกไม่หนาเกินไป เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย และเนื้อมีความแน่นดี สำหรับมังคุดที่จัดซื้อในตลาดแต่ละครั้งนั้นเมื่อทำการสุ่มตัวอย่างหาความหนาของเปลือก เพื่อใช้ในการกำหนดระดับในมีดที่ใช้ผ่ามังคุด พบว่ามังคุดขนาดเล็กน้ำหนักระหว่าง 70-85 กรัมต่อผลและขนาดใหญ่น้ำหนักระหว่าง 90-105 กรัมต่อผลนั้น มีความหนาของเปลือกอยู่ระหว่าง 6.5-7.0 และ 7.5-8.0 มม.ตามลำดับ ในการทดลองได้อาศัยความสัมพันธ์ของแนวโน้มระหว่างความหนาของเปลือกกับขนาดของผล โดยผลใหญ่มีเปลือกหนา ส่วนผลเล็กมีเปลือกบางกว่า แต่พบว่าความสัมพันธ์นี้ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากมังคุดที่มีขนาดใหญ่บางผลจะมีเปลือกบาง จึงอาศัยการสังเกตจากขั้วผลพบว่าผลที่มีขั้วผลเล็กมีโอกาสเป็นไปได้ว่ามีเปลือกบางเป็นต้น หลังจากทำการเปิดเปลือกออกครึ่งผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพภายใน พบว่ามีผลเสียอยู่ในช่วงร้อยละ 30-60 ลักษณะที่พบคือ มีเปลือกแข็งบางส่วน ผิวเปลือกยุบและเป็นสีน้ำตาลเฉพาะจุด มียางสีเหลืองแทรกตามกลีบเนื้อและไส้แกนกลาง เนื้อเป็นแก้ว เนื้อติดเปลือกตลอดจนช้ำและเน่าเสีย จากการสังเกตพบว่าขนาด

และระดับความสุกของมังคุดอาจมีผลต่อกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยมังคุดผลเล็กไม่มีเมล็ดจะมีรสชาติดีกว่าผลใหญ่ นอกจากนี้ผลเล็กยังมีปริมาณผลเสียน้อยกว่าด้วย มังคุดที่สุกจัดจะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวมากกว่าระยะอื่น สุรพงษ์ โกสิยะจินดา (2530) แนะนำไว้ว่า มังคุดสดที่รับประทานได้อร่อยที่สุด(prime eating quality)นั้นจะต้องเป็นระยะที่มีระดับสีที่ 6 คือผิวผลมีสีม่วงเข้มหรือม่วงดำ แต่จากการทดลองผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง พบว่ามังคุดระยะนี้เปลือกจะนิ่มเกินไป และมังคุดที่วางจำหน่ายในตลาดระยะนี้มีโอกาสพบเปลือกแข็งได้มาก กรณีที่มียางสีเหลืองตามผิวผล ซึ่งเกิดจากการทำลายของแมลงขณะที่ผลกำลังเจริญเติบโตหรือจากการกระทบกระแทกขณะเก็บเกี่ยวนั้น เมื่อเปิดผลออกมักพบยางซึมเข้าไปข้างในกลีบเนื้อด้วย และบางครั้งพบยางสีเหลืองแทรกอยู่ตามไส้แกนกลางและส่วนล่างของเนื้อด้านขั้วผล ซึ่งการเปิดออกครั้งผลนั้นก็ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังพบผลเสียเหล่านี้อยู่บ้าง

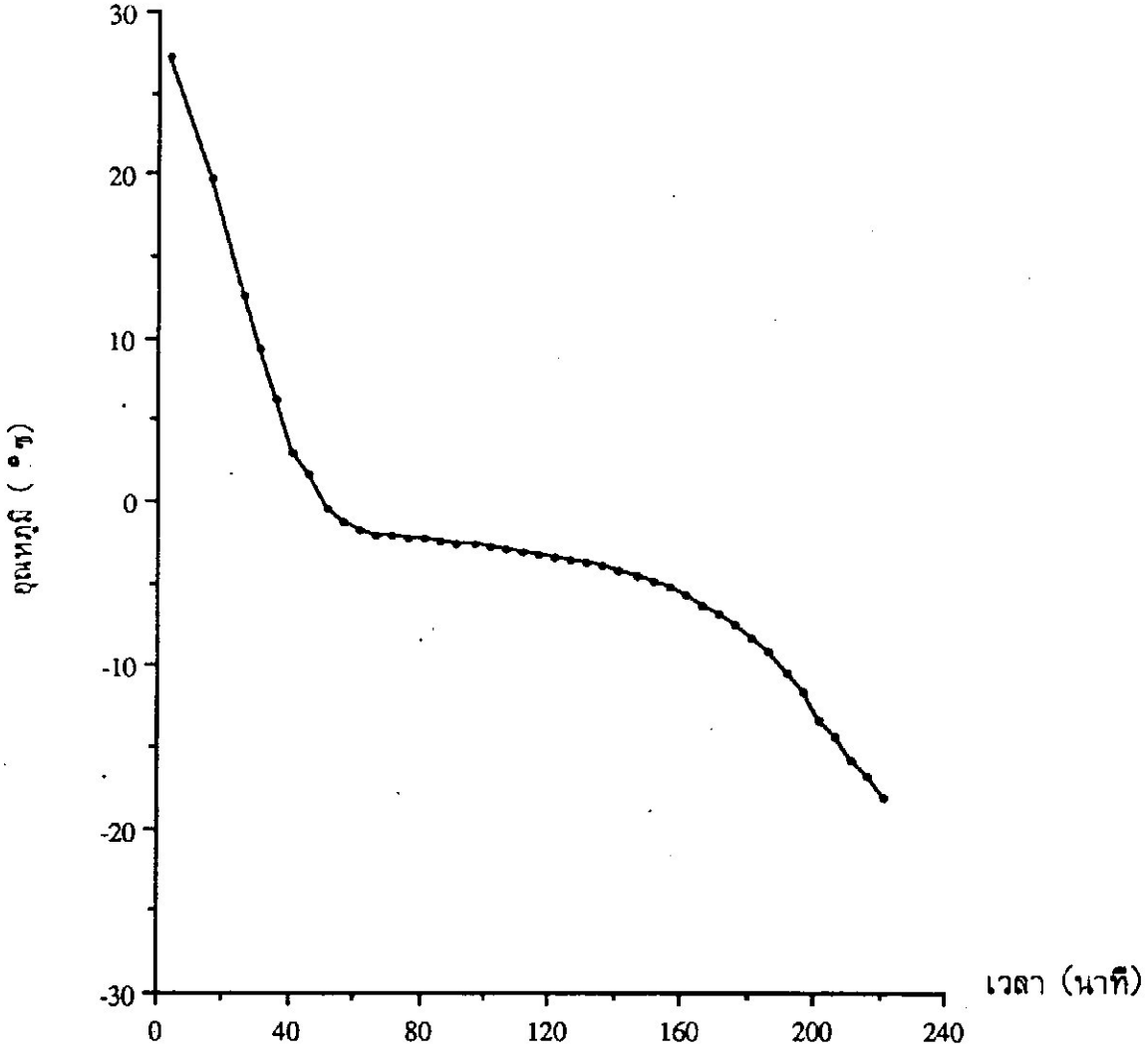
แนวทางป้องกันการเสื่อมคุณภาพของเนื้อมังคุดแช่เยือกแข็ง

1. <u>กรรมวิธีการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง</u>

มังคุดที่ซื้อจากตลาดหากไม่ได้แปรรูปโดยทันที จะนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 °ซ เพราะที่อุณหภูมิ 4 °ซ สามารถเก็บรักษามังคุดไว้ได้นาน 44 วัน โดยมีผลที่สามารถยอมรับได้ร้อยละ 63 (Augustin and Azudin, 1986) สำหรับขั้นตอนการผลิตเช่น การผ่า การปิดผลและพันเทปกาว พบว่าเทคนิคต่างๆเหล่านี้ล้วนมีผลต่อคุณภาพ และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เมื่อศึกษาถึงอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็ง พบว่ามังคุดที่แช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัสที่อุณหภูมิของเครื่องประมาณ - 30 °ซ จนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางผลถึง -18 °ซ ใช้เวลาประมาณ 220 นาที (3 ชั่วโมง 40 นาที) โดยมีจุดเยือกแข็งที่อุณหภูมิ -1.5 °ซ (รูปที่ 8)

2. <u>ผลของการใช้สารละลายผสมในการยับยั้งการเปลี่ยนสี และรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุด</u>

เพื่อเป็นการทดสอบสภาพความสมบูรณ์ภายในของผลมังคุดก่อนนำไปเข้าเครื่องแช่เยือกแข็ง จึงต้องทำการผ่าผลมังคุด ขณะที่เปิดเปลือกมังคุดออกพบว่าเนื้อที่สัมผัสกับอากาศจะเกิดการเปลี่ยนสีทำให้เนื้อมังคุดมีสีคล้ำลง (browning) ฉะนั้นเพื่อรักษาสีของเนื้อมังคุดให้มีสีขาวเหมือนเดิม จึงได้ทำการศึกษาผลของการแช่มังคุดในสารละลายผสมก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง ซึ่งได้ผลดังนี้คือ



รูปที่ 8 อัตราการเย็นตัวของมังคุดด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัส

2.1 <u>ผลของแคลเซียมคลอไรด์ กรดแอสคอบิก และกรดซิตริก</u>

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยประเมินคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นเวลา 1 นาทีก่อนการแช่เยือกแข็ง ได้ผลแสดงในตารางที่ 6

<u>สี</u> พบว่าการแช่มังคุดในสารละลายผสมก่อนการแช่เยือกแข็งมีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1) ต่อการยอมรับสีของเนื้อมังคุดคือยังมีสีขาวนวล โดยตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมทุกชุดการทดลองที่มีส่วนประกอบของแคลเซียมคลอไรด์ (ชุดการทดลองที่ 10 ถึง 18) ได้คะแนนการยอมรับด้านสีในระดับชอบเล็กน้อย ถึงชอบมาก และอยู่ในระดับที่สูงกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมที่ไม่มีแคลเซียมคลอไรด์ทั้งหมด (ชุดการทดลองที่ 1 ถึง 9) ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ เพราะที่ผิวหน้าของมังคุดมีลักษณะเละ ไม่คงตัว และมีสีน้ำตาล ในขณะเดียวกันชุดการทดลองที่มีแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับกรดแอสคอบิก และ/หรือ กรดซิตริก (ชุดการทดลองที่ 11 ถึง 18) พบว่าได้คะแนนการยอมรับสูงกว่าชุดการทดลองที่มีแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว (ชุดการทดลองที่ 10)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าแคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อการยับยั้งการเปลี่ยนสี รวมทั้งการรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุด และการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับกรดซิตริก แคลเซียม-คลอไรด์ร่วมกับกรดแอสคอบิก และแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับกรดซิตริกและแอสคอบิก พบว่าได้คะแนนการยอมรับด้านสีดีขึ้นเป็นลำดับ

<u>กลิ่นรส</u> พบว่าการแช่มังคุดในสารละลายผสมทุกชุดการทดลองก่อนการแช่เยือกแข็ง ไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรส ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1) คือเนื้อมังคุดยังคงมีรสหวานอมเปรี้ยวแต่จะสังเกตเห็นว่าคะแนนการยอมรับกลิ่นรสมีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบเริ่มต้นเช่น ระดับความสุกและขนาดผล มากกว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการแช่ในสารละลายผสม โดยมีคะแนนการยอมรับอยู่ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (ตารางที่ 6)

<u>เนื้อสัมผัส</u> มังคุดแช่เยือกแข็งจะมีเนื้อสัมผัสแตกต่างไปจากมังคุดสด ทั้งนี้เพราะว่ามังคุดแช่เยือก-แข็งจะรับประทานในลักษณะที่เป็นน้ำแข็งหรือเป็นน้ำแข็งบางส่วนซึ่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายไอศครีม จึงจัดเป็นการบริโภคในรูปแบบใหม่ซึ่งผู้บริโภคสามารถยอมรับได้ และจากการทดลองแช่มังคุดในสารละลายผสมทุกชุดการทดลองก่อนการแช่เยือกแข็ง พบว่าไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1) เช่นเดียวกับกลิ่นรส (ตารางที่ 6) แม้ว่าชุดการ

ทดลองที่มีแคลเซียมคลอไรด์ส่วนใหญ่จะมีคะแนนการยอมรับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนการยอมรับระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

<u>คุณลักษณะรวม</u> เมื่อพิจารณาถึงคะแนนการยอมรับคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าการแช่มังคุดในสารละลายผสมก่อนการแช่เยือกแข็ง มีผลต่อคุณลักษณะรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1) โดยมีการเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับใกล้เคียงกับคะแนนการยอมรับด้านสี คือชุดการทดลองที่มีแคลเซียมคลอไรด์ทั้งหมด ได้คะแนนการยอมรับสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีแคลเซียมคลอไรด์ (ตารางที่ 6) ฉะนั้นคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์จึงขึ้นอยู่กับคุณภาพด้านสีเป็นปัจจัยหลัก ซึ่งมีคะแนนการยอมรับระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางเช่นเดียวกัน

2.2 <u>ผลของกรดแอสคอบิก</u>

จากผลการทดลองในตารางที่ 6 สรุปว่าแคลเซียมคลอไรด์มีผลช่วยรักษาสีและความคงตัวของเนื้อมังคุด ซึ่งมีกรดซิตริกและกรดแอสคอบิกเป็นตัวเสริมช่วยรักษาสี และความคงตัวให้ดีขึ้น แต่จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของกรดซิตริก และ/หรือกรดแอสคอบิกไม่แสดงผลความแตกต่างในเรื่องสี และคุณลักษณะรวมอย่างชัดเจน ทำให้ไม่อาจตัดสินได้ว่าควรใช้กรดแอสคอบิกที่ความเข้มข้นใดจึงจะเหมาะสม และเหตุผลสำคัญที่พิจารณาว่า อาจไม่จำเป็นต้องใช้สารละลายผสมที่ประกอบด้วยกรดแอสคอบิกที่ความเข้มข้นสูงมาก เนื่องจากกรดแอสคอบิกมีราคาแพงกว่าสารเคมีอีก 2 ชนิดมาก เพื่อเป็นการลดปริมาณการใช้กรดแอสคอบิก และลดต้นทุนในการผลิต จึงได้คัดเลือกชุดการทดลองที่ประกอบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 กรดซิตริกร้อยละ 0.5 และศึกษาผลของกรดแอสคอบิกที่ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 0-0.5 ดังชุดการทดลองที่แสดงในตารางที่ 5.2 เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยประเมินคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวม จากผลการทดสอบพบว่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1) โดยมีคะแนนการยอมรับเฉลี่ยอยู่ระหว่างชอบปานกลางถึงชอบมาก (ตารางที่ 7)

ฉะนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง จึงได้คัดเลือกชุดการทดลองที่ประกอบด้วย แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 กับกรดซิตริกร้อยละ 0.5 เป็นชุดการทดลองที่เหมาะสมเพื่อนำไปศึกษาวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตต่อไป

ตารางที่ 6 ผลของการแช่สารละลายผสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็ง

ลำดับชุดการทดลอง	สารละลายผสม (ร้อยละ)			คะแนนการยอมรับเฉลี่ย*			
	แคลเซียมคลอไรด์	กรดแอสคอบิค	กรดซิตริก	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	-	-	-	4.9±1.5 def	6.3±1.2	6.7±0.8	5.9±1.3 bc
2	-	-	0.3	4.9±1.8 def	6.1±1.3	6.7±1.2	5.9±1.3 bc
3	-	-	0.5	4.4±1.6 ef	6.3±1.0	6.7±0.9	5.8±1.2 bc
4	-	0.3	-	5.2±1.8 def	6.4±1.0	7.1±0.7	6.3±1.4 abc
5	-	0.3	0.3	4.3±1.7 ef	6.0±1.3	6.5±1.0	5.5±1.5 c
6	-	0.3	0.5	4.9±1.8 def	6.3±1.3	6.8±1.0	6.0±1.2 bc
7	-	0.5	-	4.2±1.4 f	6.3±1.0	6.8±1.0	5.7±1.6 c
8	-	0.5	0.3	4.4±2.0 ef	6.5±1.5	6.7±1.2	5.5±1.8 c
9	-	0.5	0.5	4.7±2.1 ef	6.3±1.4	6.5±1.4	5.4±2.0 c
10	0.25	-	-	5.7±1.9 cde	6.9±1.1	7.3±0.9	6.6±1.5 abc
11	0.25	-	0.3	6.1±1.8 bcd	6.5±1.3	7.0±1.0	6.5±1.3 abc
12	0.25	-	0.5	6.8±1.4 abc	6.7±1.1	7.1±1.1	7.0±1.3 ab
13	0.25	0.3	-	6.9±1.2 abc	6.6±1.5	7.0±1.1	7.0±1.3 ab
14	0.25	0.3	0.3	7.1±1.3 ab	7.0±1.2	7.1±1.2	7.3±1.3 a
15	0.25	0.3	0.5	7.7±0.8 a	6.9±1.1	7.3±0.8	7.4±0.9 a
16	0.25	0.5	-	7.7±1.0 a	6.7±1.6	7.5±0.9	7.3±1.3 a
17	0.25	0.5	0.3	7.5±1.2 a	6.9±1.3	7.4±1.1	7.0±1.4 ab
18	0.25	0.5	0.5	7.9±1.0 a	6.5±1.5	7.2±1.0	7.5±1.8 a

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 15 คน
(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ยอมรับมากที่สุด, ..., คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด)
ค่าในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 7 ผลของกรดแอสคอบิกต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็ง

ลำดับชุดการทดลอง	สารละลายผสม (ร้อยละ) แคลเซียมคลอไรด์	กรดซิตริก	กรดแอสคอบิก	คะแนนการยอมรับเฉลี่ย* สี ns	กลิ่นรส ns	เนื้อสัมผัส ns	คุณลักษณะรวม ns
1	0.25	0.5		7.4±1.1	7.3±1.1	7.7±0.8	7.3±1.2
2	0.25	0.5	0.1	7.7±1.0	7.4±1.2	7.6±0.9	7.5±1.2
3	0.25	0.5	0.2	8.0±0.9	7.8±1.2	7.9±0.7	7.7±1.0
4	0.25	0.5	0.3	8.1±1.0	7.6±1.2	7.9±0.9	7.5±1.2
5	0.25	0.5	0.4	7.9±1.0	7.7±0.9	7.9±0.8	7.7±1.0
6	0.25	0.5	0.5	8.0±1.1	7.8±1.3	7.8±1.0	7.7±1.2

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 15 คน
(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ยอมรับมากที่สุด,.....,คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด)

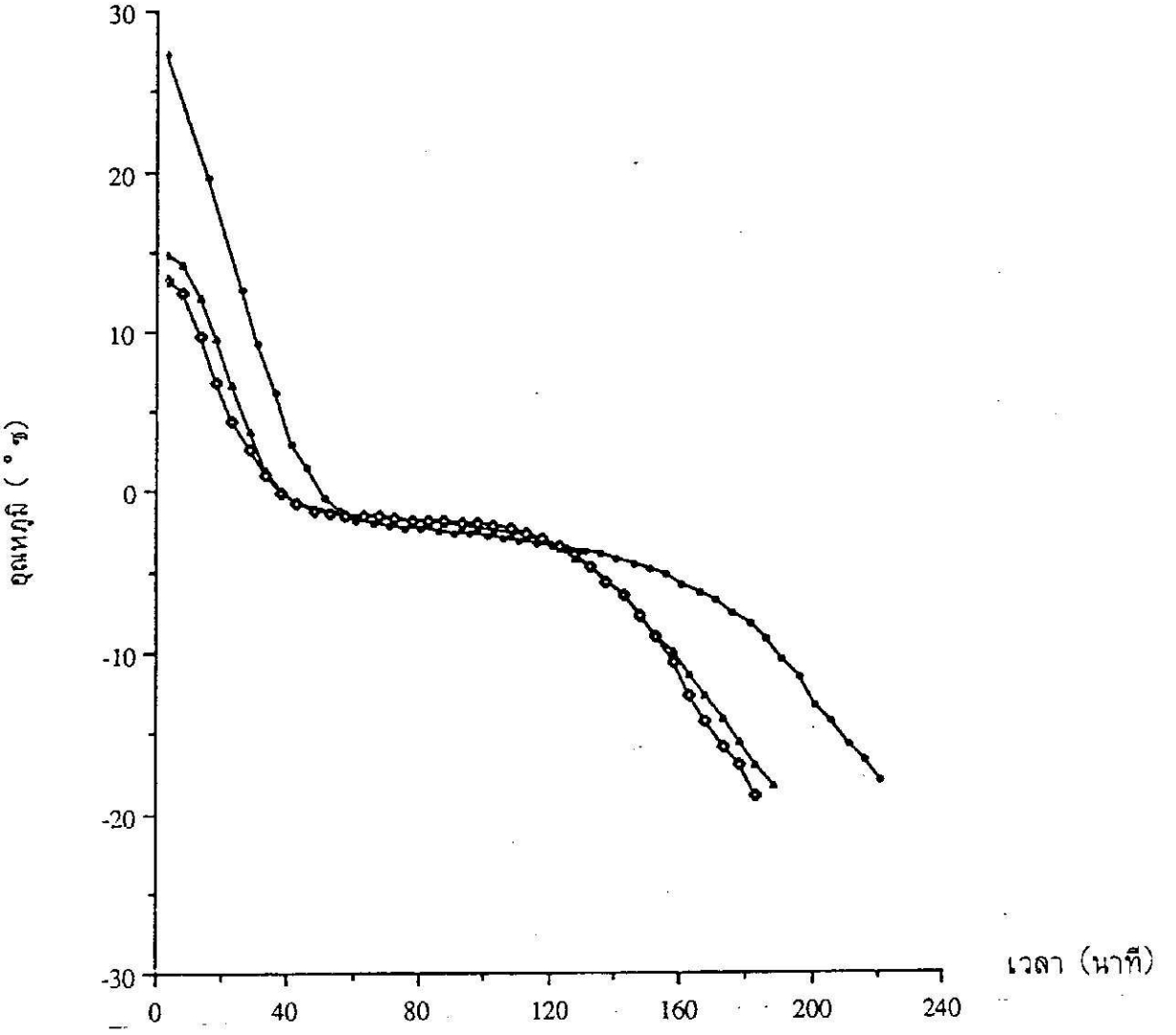
ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาพัฒนากระบวนการผลิตมังคุดแช่เยือกแข็ง

จากการทดลองได้ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิของผลมังคุดก่อนการผ่า เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อมังคุดทางหนึ่ง ทั้งนี้ Satjawatcharaphong และคณะ (1983) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์ โพลีฟีนอล ออกซิเดส คือ 30 °ซ และประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง จากการทดลองแช่ผลมังคุดในน้ำผสมน้ำแข็งซึ่งรักษาอุณหภูมิคงที่ (1±0.5 °ซ) โดยให้อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของผลมังคุดลดลงที่ 2 ระดับ คือ 10 และ 4 °ซ พบว่าต้องใช้เวลา 15 และ 30 นาที ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการผลิตตามปกติคือไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง พบว่าตัวอย่างที่ไม่มีการลดอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิลงที่ 10 และ 4 °ซ ก่อนทำการผ่ามังคุดนั้น มีอุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการแช่เยือกแข็งเท่ากับ 27.4, 14.1 และ 12.5 °ซ ตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางผลมังคุดลดลงถึง -18 °ซ คือ 220, 180 และ 175 นาที ตามลำดับ (รูปที่ 9) สำหรับอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งมังคุด จะเห็นได้ว่ามังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งสามารถช่วยลดเวลาในการแช่เยือกแข็งให้สั้นลง

มังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิ (4 และ 10 °ซ) และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งนำมาผ่า และแช่ในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 กับกรดซิตริกร้อยละ 0.5 ผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็งที่ได้นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดสอบพบว่าการลดอุณหภูมิของมังคุดก่อนการแช่เยือกแข็ง มีผลต่อคะแนนการยอมรับสี และคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อกลิ่นรสและเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 8) โดยตัวอย่างที่มีการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง จะมีคะแนนการยอมรับด้านสีและคุณลักษณะรวมสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิ ส่วนระดับอุณหภูมิที่ลดลงนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 3) ในด้านการยอมรับสี นอกจากคุณลักษณะรวมเท่านั้นพบว่าตัวอย่างที่ลดอุณหภูมิถึง 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็งนั้น ได้คะแนนการยอมรับสูงกว่าตัวอย่างที่ลด อุณหภูมิถึง 10 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การลดอุณหภูมิมังคุดก่อนการแช่เยือกแข็งช่วยปรับปรุงคุณภาพสีและคุณลักษณะรวมของผลิตภัณฑ์ ส่วนระดับอุณหภูมิที่ลดลงที่ให้ผลดีที่สุดคือ 4 °ซ ดังนั้นก่อนการผ่ามังคุดจึงได้ทำการลดอุณหภูมิมังคุดลงถึง 4 °ซ แล้วจึงผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ต่อไป



รูปที่ 9 อัตราการแช่เยือกแข็งมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัส

ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง

ลดอุณหภูมิถึง 10 ° ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง

ลดอุณหภูมิถึง 4 ° ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 8 ผลของการลดอุณหภูมิมังคุดก่อนการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็ง

มังคุดแช่เยือกแข็ง	คะแนนการยอมรับเฉลี่ย*			
	สี	กลิ่นรส ns	เนื้อสัมผัส ns	คุณลักษณะรวม
ที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิ :	7.3±1.3 b	7.3±0.8	7.7±0.7	7.3±0.8 c
ที่ลดอุณหภูมิถึง 10 °ซ :	7.8±0.9 a	7.4±0.9	7.5±0.7	7.6±0.9 b
ที่ลดอุณหภูมิถึง 4 °ซ :	7.9±0.9 a	7.7±1.2	7.7±0.8	8.1±0.9 a

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 15 คน
(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ยอมรับมากที่สุด,.....,คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด)
ค่าในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็ง

1. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็งทั้งที่ผ่านการลดอุณหภูมิ (4 °ซ) และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ เป็นเวลา 90 วัน ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกระยะ 30 วันได้ผลดังนี้

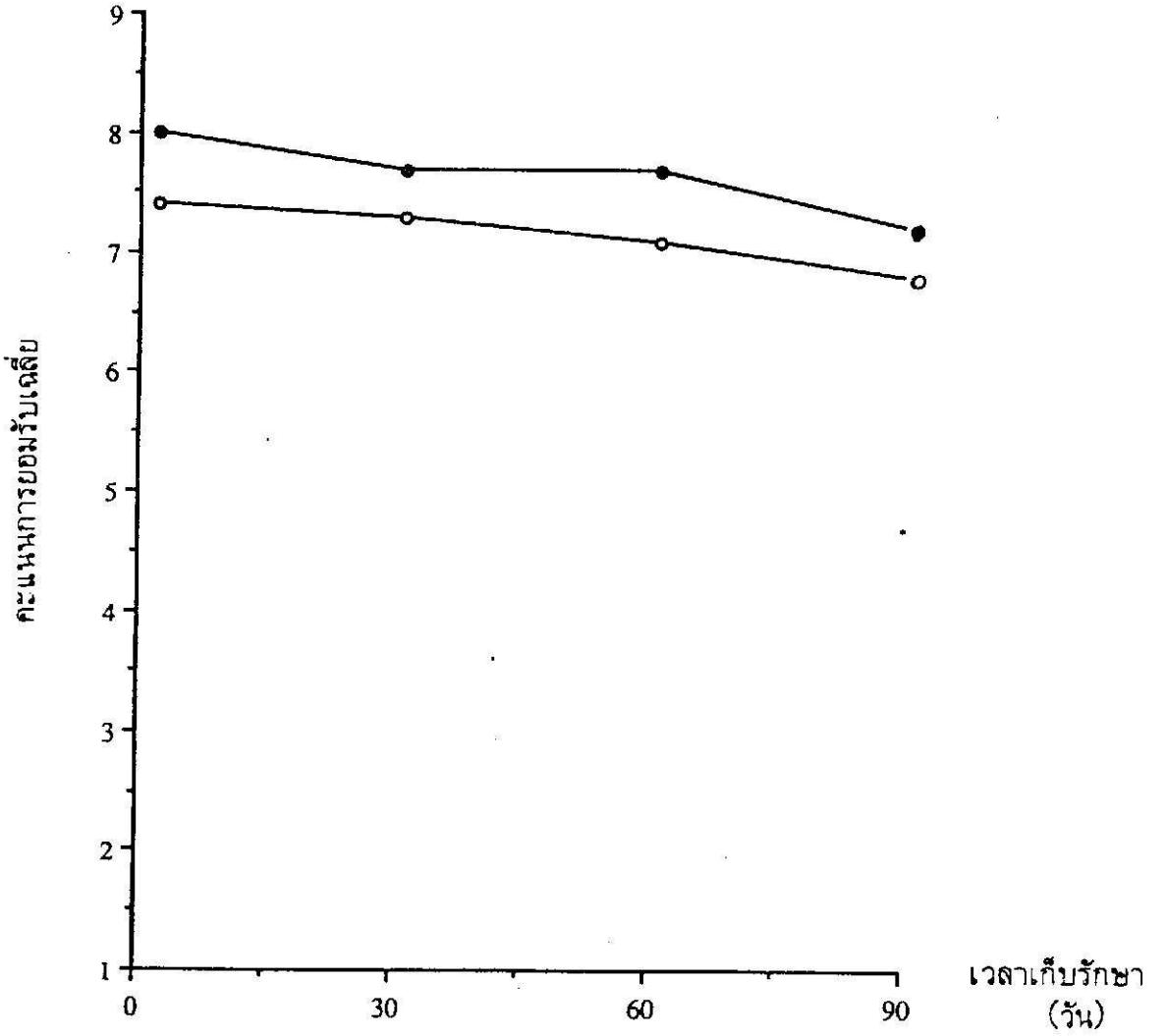
สี (รูปที่ 10) คะแนนการยอมรับสีของมังคุดแช่เยือกแข็งทั้งที่ผ่านการลดอุณหภูมิ (4 °ซ) และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 4 และ 5) โดยมีคะแนนการยอมรับลดลง เมื่อมีอายุการเก็บรักษามากขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าคะแนนการยอมรับสีเนื้อมังคุดที่ระยะเวลาเก็บรักษาครบ 90 วัน มีคะแนนการยอมรับสืออยู่ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (ตารางผนวกที่ 6 และ 7)

กลิ่นรส (รูปที่ 11) พบว่าให้ผลคล้ายกับคุณภาพด้านสี คือคะแนนการยอมรับของมังคุดแช่เยือกแข็งทั้งที่ผ่านการลดและไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษานั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 4 และ 5) และตัวอย่างทั้งสองมีคะแนนการยอมรับลดลงตามอายุการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน โดยส่วนรวมแล้วรสชาติของมังคุดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้ว เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่ามักให้รสเปรี้ยวเด่นกว่ามังคุดสด นอกจากนี้ยังพบว่า มังคุดแช่เยือกแข็งจะให้กลิ่นหอมเฉพาะตัวจางกว่าผลสดเช่นกันโดยเฉพาะเมื่อมีอายุการเก็บรักษามากขึ้น จากการทดลองของ Augustin และ Azudin (1986) พบว่าผลมังคุดสดเมื่อเก็บรักษา ที่อุณหภูมิต่ำ 4 และ 8 °ซ เป็นเวลา 44 วัน จะมีกลิ่นหมักเกิดขึ้น แต่ยังอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ อย่างไรก็ตามจากการทดลองเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 90 วัน พบว่ามีคะแนนการยอมรับกลิ่นรสอยู่ ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (ตารางผนวกที่ 6 และ 7)

เนื้อสัมผัส (รูปที่ 12) พบว่าเนื้อสัมผัสของมังคุดทั้งตัวอย่างที่ผ่านการลดและไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 4 และ 5) โดยมีคะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสลดลงเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยที่ระยะเวลาเก็บ 60 และ 90 วันของตัวอย่างทั้งที่ผ่านการลดและไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง เริ่มมีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามลำดับ จากข้อสังเกตของผู้ทดสอบชิมพบว่าที่เวลาเก็บรักษาครบ 90 วัน มีมังคุดบางผลเมื่อเปิดเปลือกออกพบ

มีเกล็ดน้ำแข็งเล็ก ๆ เกาะอยู่ที่ผิวหน้า โดยเฉพาะเกิดกับมังคุดที่มีขนาดเล็กและมีเปลือกบาง สันนิษฐานว่าปัญหาดังกล่าวสามารถเกิดได้จาก 2 สาเหตุ คือ การไม่คงที่ของอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการละลายน้ำแข็งบางส่วน ทำให้น้ำสูญเสียออกภายนอกเซล เมื่อทำการเก็บรักษาต่อไปจะทำให้เกิดการแช่เยือกแข็งซ้ำ (refreezing) ในอัตราที่ช้ากว่าครั้งแรก และ/หรือสาเหตุจากขั้นตอนการจุ่มในสารละลายผสม ซึ่งอาจมีน้ำเกาะอยู่ที่ผิวหน้ามากเกินไปในกรณีที่ไม่ได้สะเด็ดน้ำให้ดี จึงเป็นสาเหตุให้คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสลดลง อย่างไรก็ตามที่เวลาเก็บรักษา 90 วัน พบว่ามีคะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสอยู่ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (ตารางผนวกที่ 6 และ 7)

<u>คุณลักษณะรวม</u> (รูปที่ 13) สำหรับคะแนนการยอมรับคุณลักษณะรวมของมังคุดแช่เยือกแข็งทั้งที่ผ่านการลด และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 4 และ 5) ซึ่งเป็นผลจากคุณภาพสี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษานั่นเอง โดยตัวอย่างที่ผ่านการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง มีคะแนนการยอมรับสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งทุกระยะของการเก็บรักษา จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างเห็นได้ชัด แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของตัวอย่างที่ผ่านการลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกนั้นลดลงเร็วกว่าปกติ จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทั้งสองตัวอย่างที่ระยะเวลาเก็บ 90 วัน พบว่ามีคุณลักษณะรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (ตารางผนวกที่ 6 และ 7)

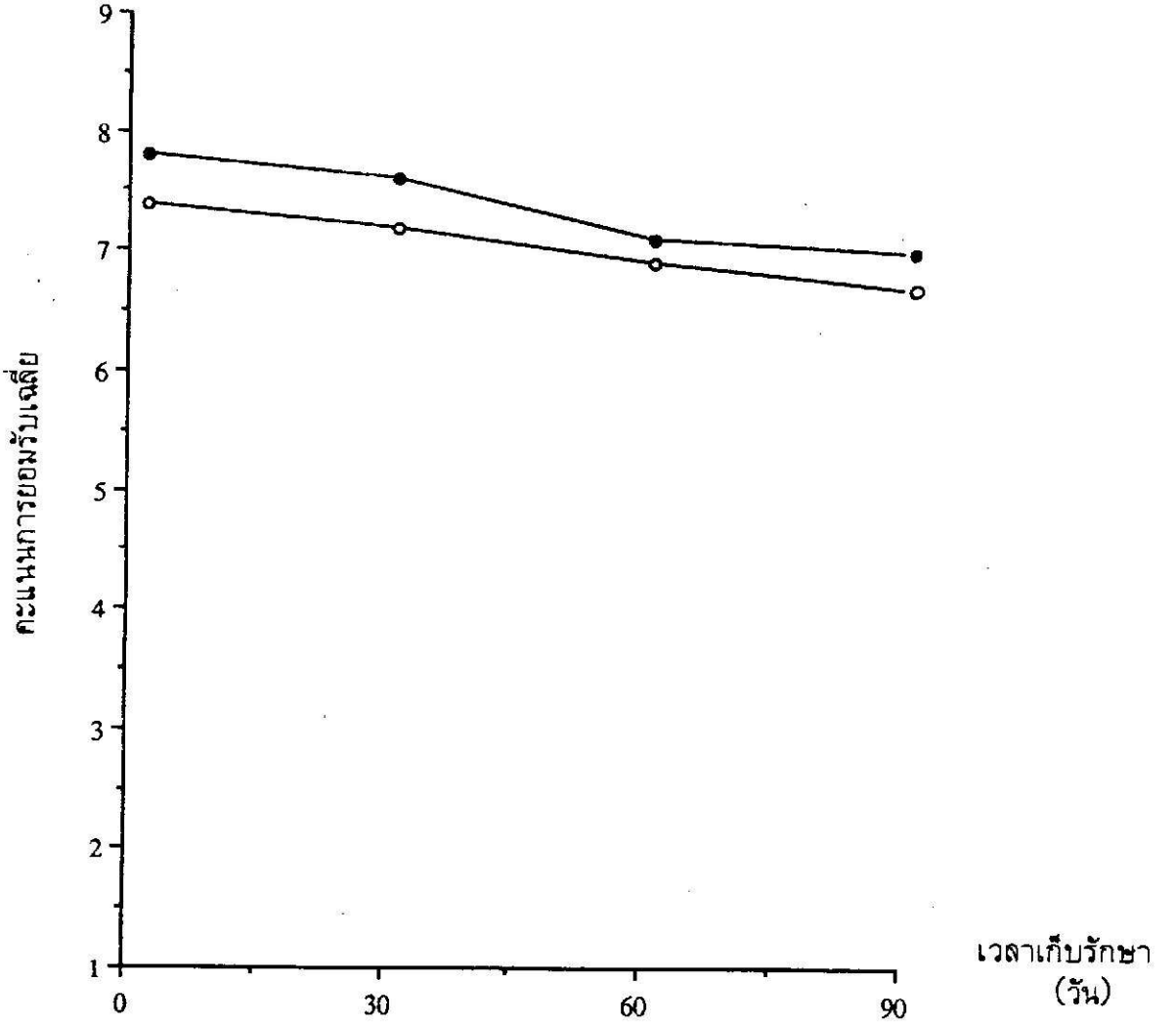


รูปที่ 10 คะแนนการยอมรับสีของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลดและไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งในระหว่างเก็บรักษา

(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ยอมรับมากที่สุด,.....,คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด)

—o— ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง

—•— ลดอุณหภูมิถึง 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง

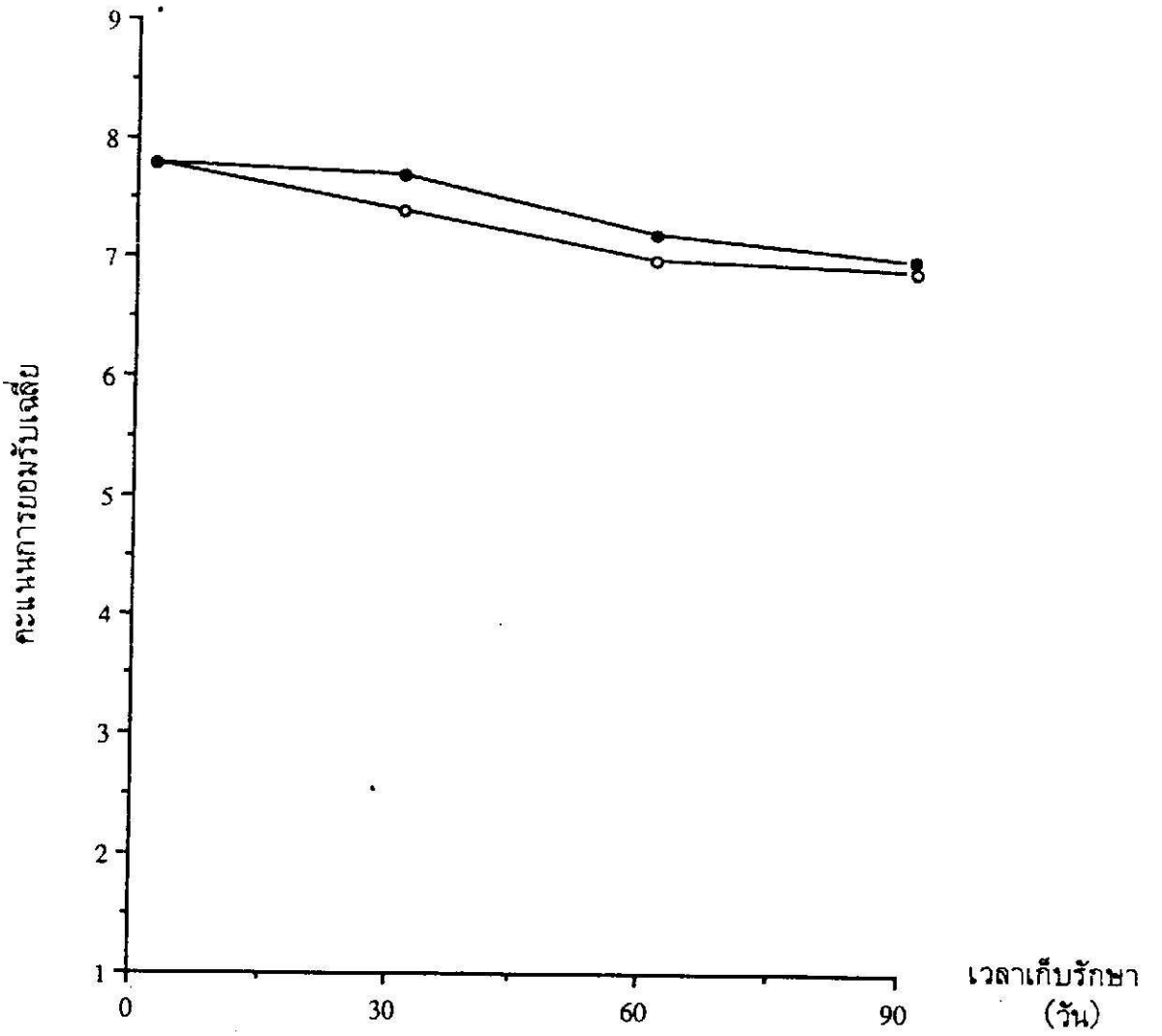


รูปที่ 11 คะแนนการยอมรับกลิ่นรสของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลดและไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งในระหว่างเก็บรักษา

(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ยอมรับมากที่สุด,.....,คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด)

—○— ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง

—●— ลดอุณหภูมิถึง 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง

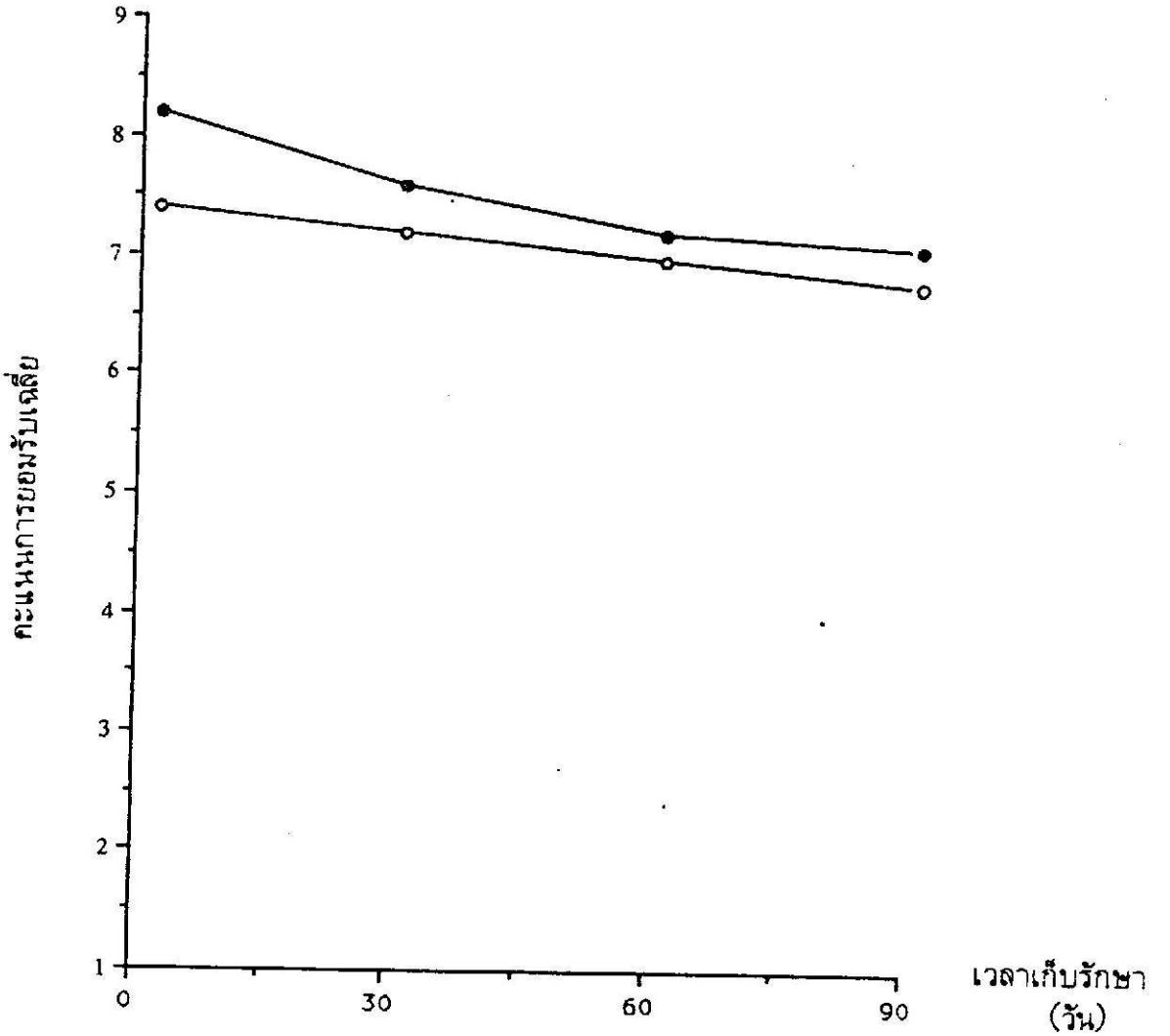


รูปที่ 12 คะแนนการยอมรับเนื้อสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลดและไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งในระหว่างเก็บรักษา

(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ยอมรับมากที่สุด,.....,คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด)

—o— ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง

—●— ลดอุณหภูมิถึง 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง



รูปที่ 13 คะแนนการยอมรับคุณลักษณะรวมของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลดและไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งในระหว่างเก็บรักษา

(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ยอมรับมากที่สุด, ... ,คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด)

—o— ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง

—●— ลดอุณหภูมิถึง 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง

2. องค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของมังคุดแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ เพื่อพิจารณาการยอมรับของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 9) พบว่ามังคุดที่ผ่านการลดและไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง มีแนวโน้มการแปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือมีค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกอยู่ระหว่าง 3.4-3.8 และร้อยละ 0.49-0.59 ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาเก็บรักษาคือมีความเป็นกรดลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Augustin และ Azudin (1986) พบว่ามังคุดสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิต่ำ (8 และ 4 °ซ) มีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงเมื่อเวลาเก็บรักษานานขึ้นเช่นกัน สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 17.6-18.4 บริกซ์ และร้อยละ 16.0-18.7 ตามลำดับ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในแนวเดียวกันคือ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลาเก็บรักษานานขึ้น จากการทดลองพบว่าน้ำตาลรีดิวซ์ของทั้งสองตัวอย่างมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 3.6-4.8 ซึ่งจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเวลาเก็บรักษานานขึ้น และจากการวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอบิกของมังคุดแช่เยือกแข็งทั้งสองตัวอย่าง พบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณกรดแอสคอบิกเริ่มต้นโดยเฉลี่ย 4.2 มก./100 กรัมเนื้อมังคุด และมีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้นจนมีประมาณ 1.2 มก./100 กรัมเนื้อมังคุด เมื่อเวลาเก็บรักษาที่ 90 วัน ในขณะที่มังคุดสดมีปริมาณกรดแอสคอบิก 7.2 มก./100 กรัมเนื้อมังคุด (ตารางที่ 9) แสดงว่ากรดแอสคอบิกได้สูญเสียไปในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา ทั้งนี้ Ponting และ Joslyn (1948) กล่าวว่ากรดแอสคอบิกสามารถถูกกระทบได้ง่ายโดยพีเอช อุณหภูมิ การทำงานของเอนไซม์ ออกซิเจน ทองแดง เหล็ก และความเข้มข้นของสารตั้งต้น

สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของมังคุดแช่เยือกแข็งทั้งที่ผ่านการลด และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งพบว่ามีปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 79.1 และ 79.6 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และจากการบันทึกน้ำหนักของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ใน 1 บรรจุภัณฑ์ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาพบว่า มังคุดแช่เยือกแข็งไม่มีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากมังคุดมีเปลือกหนาสามารถรักษาความชื้นของเนื้อภายในได้ดี

เมื่อประเมินลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา 90 วัน พบว่าสีผิวของมังคุดแช่เยือกแข็งทั้งสองตัวอย่างยังไม่เปลี่ยนแปลงไปจากวัตถุดิบเริ่มต้น คือมีสีม่วงอมแดง เมื่อนำมังคุดแช่เยือกแข็งมาล้างน้ำพบว่าผิวยังมีความเต่งดี แต่ความมันวาวได้ลดลงเล็กน้อยทั้งนี้เนื่องจากขั้นตอนการล้างอาจทำให้ไขที่เคลือบผิวสูญเสียไป ส่วนลักษณะของกลีบเลี้ยงและขั้วผลจะมีสีคล้ำลงและเกิดการหดตัวเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น การสูญเสียความชื้นทำให้กลีบเลี้ยงของมังคุดมีความเปราะ และหักง่ายขึ้น ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่าการบรรจุถุงพลาสติกทันทีหลังจากการแช่เยือกแข็งแล้วสามารถช่วยชะลอการสูญเสียความชื้น และความคงตัว ทำให้ชะลอการหดตัวและการเปลี่ยนสีของกลีบเลี้ยงและขั้วผลได้ และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ ยกเว้นปริมาณแอสคอบิกที่มีปริมาณลดลงอย่างชัดเจน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็งสามารถเก็บรักษาได้ไม่ต่ำกว่า 90 วัน โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของมังคุดสด และมังคุดแช่เยือกแข็ง

ผลิตภัณฑ์	เวลาเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณความชื้น* (ร้อยละ)	ปริมาณกรดแอสคอบิค* (มก./100ก. เนื้อมังคุด)	พีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก* (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด* (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์* (ร้อยละ)	น้ำหนักที่สูญหาย (ร้อยละ)
มังคุดสด :	-	80.0±0.6	7.2±0.2	3.3	0.57±0.1	18.5	17.5±0.0	3.90±0.0	
มังคุดแช่เยือกแข็งที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง :									
	1	79.8±0.6	4.0±0.1	3.5	0.55±0.1	18.4	17.42±0.0	3.66±0.0	-
	15	79.1±0.4	3.8±0.7	3.4	0.56±0.0	17.6	16.00±0.3	3.75±0.0	0.2
	30	78.9±0.1	3.0±0.2	3.5	0.53±0.0	18.0	17.45±0.1	4.08±0.0	0.3
	45	79.6±0.2	2.3±0.1	3.5	0.53±0.0	18.0	17.27±0.1	4.62±0.3	0.3
	60	80.2±0.3	2.3±0.0	3.7	0.52±0.0	17.7	16.86±0.2	4.38±0.0	0.3
	75	80.2±0.5	2.2±0.1	3.7	0.51±0.0	17.8	17.17±0.1	4.41±0.0	0.3
	90	79.6±0.2	1.0±0.1	3.8	0.49±0.0	18.0	17.11±0.0	4.48±0.1	0.3

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	เวลาเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณความชื้น* (ร้อยละ)	ปริมาณกรดแอสคอบิค* (มก./100ก. เนื้อมังคุด)	พีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก* (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด* (°บริกซ์)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด* (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์* (ร้อยละ)	น้ำหนักที่สูญหาย (ร้อยละ)
มังคุดแช่เยือกแข็งที่ลดอุณหภูมิ (4 ซ)ก่อนการแช่เยือกแข็ง :									
	1	78.8±0.4	4.4±0.1	3.4	0.59±0.0	18.4	18.11±0.3	3.72±0.0	-
	15	78.9±0.5	3.8±0.7	3.6	0.56±0.0	18.0	17.84±0.1	3.78±0.1	0.2
	30	79.7±0.2	3.3±0.2	3.6	0.56±0.0	18.2	17.78±0.2	4.32±0.0	0.2
	45	79.6±0.2	2.9±0.1	3.4	0.57±0.0	18.4	18.75±0.2	4.23±0.0	0.2
	60	78.5±0.9	2.5±0.2	3.8	0.56±0.0	18.4	17.86±0.0	4.38±0.1	0.2
	75	79.9±0.3	2.3±0.1	3.7	0.56±0.0	18.2	16.76±0.1	4.41±0.1	0.2
	90	78.3±0.8	1.4±0.1	3.7	0.53±0.1	17.8	16.53±0.2	4.27±0.1	0.2

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าคุณภาพของวัตถุดิบเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับคุณภาพของมังคุดแช่เยือกแข็งเช่น ความสด และความอ่อน-แก่ของผล เป็นต้น โดยมังคุดที่มีระดับสีที่ 5 ซึ่งมีผิวสีม่วงอมแดง เป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแช่เยือกแข็ง มังคุดจากการทดลองพบว่ามีผลเสียร้อยละ 30-60 ลักษณะที่พบคือ มีเปลือกแข็งบางส่วน ผิวเปลือกยุบและเป็นสีน้ำตาลเฉพาะจุด มียางสีเหลืองแทรกอยู่ตามกลีบเนื้อและไส้นกนกลาง เนื้อเป็นแก้วตลอดจนช้ำและเน่าเสีย

ผลของการแช่มังคุดในสารละลายผสมก่อนการแช่เยือกแข็ง เพื่อยับยั้งการเปลี่ยนสีและรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุด พบว่าแคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อการยับยั้งการเปลี่ยนสี และรักษาความคงตัวของเนื้อมังคุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยมีกรดซิตริกและกรดแอสคอบิกเป็นตัวเสริมช่วยรักษาสีและความคงตัวให้ดีขึ้น และการแช่มังคุดในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 0.25 และกรดซิตริกร้อยละ 0.5 ได้รับการยอมรับสูงสุด

เมื่อทำการแช่เยือกแข็งมังคุดด้วยเครื่องแบบเพลทสัมผัส จนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางผลถึง -18 °ซ พบว่าใช้เวลาประมาณ 220 นาที การลดอุณหภูมิของมังคุดลงมาที่ 10 และ 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็งสามารถลดเวลาในการแช่เยือกแข็งให้สั้นลง (180 และ 175 นาที ตามลำดับ) และมีผลต่อการยอมรับสีและคุณลักษณะรวมของมังคุดแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อกลิ่นรสและเนื้อสัมผัส โดยตัวอย่างที่ลดอุณหภูมิลงมาที่ 4 °ซ ได้คะแนนการยอมรับสูงที่สุด

อายุการเก็บรักษาของมังคุดแช่เยือกแข็ง เมื่อทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนการยอมรับเฉลี่ย มีแนวโน้มลดลงตามอายุการเก็บรักษา เมื่อเวลาการเก็บรักษาครบ 90 วัน มังคุดแช่เยือกแข็งยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของมังคุดสด และมังคุดแช่-เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกันและมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามังคุดแช่เยือกแข็ง โดยมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 79.5 มีค่าพีเอช 3.3-3.8 มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.49-0.59, 17.6-18.4, 3.6-4.8 และ 16.0-18.7

ตามลำดับ ส่วนการดแอสคอบิกพบว่ามีปริมาณลดลงหลังจากแช่เยือกแข็งแล้วจาก 7.2 เป็น 4.2 มก./100 ก. เนื้อมังคุด และลดลงตามอายุการเก็บรักษา

สำหรับคุณลักษณะทางกายภาพของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 90 วัน พบว่าสีผิวของมังคุดแช่เยือกแข็งยังไม่เปลี่ยนแปลงไปจากวัตถุดิบ แต่ความมันวาวของผิวได้ลดลงเล็กน้อย ส่วนกลีบเลี้ยงและขั้วผลมีสีเขียวคล้ำลง

ผลิตภัณฑ์มังคุดแช่เยือกแข็งยังคงมีเปลือกหุ้มเหมือนกับผลมังคุดสด ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการชิมของสี และน้ำจากเปลือกทำให้เนื้อมังคุดมีสีชมพูหรือม่วงแดงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไป ดังนี้คือ

1. พัฒนารูปแบบของมังคุดแช่เยือกแข็ง เช่น การเปิดผลมังคุดแล้วแช่เยือกแข็งเฉพาะส่วนเนื้อที่ติดกับเปลือก
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาทางด้านเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส
3. พัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์ย่อยที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์, มโนธรรม สัจจ์ถาวร, อดุลย์ พงศ์สุวรรณ, บรรณ บูรณะ และ ลิขิต เอียดแก้ว. 2530. มังคุด. พิมพ์ครั้งที่ 1 สหมิตรออฟเซท กรุงเทพฯ. หน้า 1-70.

กวิศน์ วานิชกุล. 2522. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวมังคุด. ปัญหาพิเศษปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

กวิศน์ วานิชกุล และ สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2522. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวผลมังคุด. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ 13(12):45-62.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2531. สถิติการเพาะปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นปีการเพาะปลูก 2528/29. เอกสารเผยแพร่. กระทรวงกระเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

กองการค้นคว้าทดลอง กรมกสิกรรม. 2510. การทดลองเก็บมังคุดสุกไว้ในอุณหภูมิต่างๆกัน. รายงานประจำปี 2510. กองการค้นคว้าทดลอง กรมกสิกรรม กรุงเทพฯ. หน้า 18.

กองพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 2519ก. การทดลองเก็บมังคุดในห้องเย็น. รายงานสรุปผลการทดลองพืชสวน. กองพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 20.

กองพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 2519ข. การศึกษาเกี่ยวกับการแข็งตัวของเปลือกมังคุด. รายงานสรุปผลการทดลองพืชสวน. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 20.

ดารา พวงสุวรรณ, ชจรศักดิ์ ภวกุล, สุชาติ วิจิตรานนท์, วัลลภา ธีรภาวะ, สุภา สุขเกษม และ วารุณี ปรีย์มาโนช์. 2529. การปรับปรุงคุณภาพผลไม้และผักสดเพื่อการส่งออก. เอกสารเผยแพร่. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 13-16.

ดารา พวงสุวรรณ. 2531. แนวทางการปรับปรุงการผลิตผักและผลไม้เป็นอุตสาหกรรมแช่แข็ง. ว.เคหการเกษตร 12(133):41-45.

ดวงพร สุนทรมงคล, เกรียงศักดิ์ พฤกษากิจ, ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์ และ สมชาย เลิศปัญญพงษ์. 2518. การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวมังคุด. รายงานสรุปผลการทดลองพืชสวน. กองพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 33.

ทวีศักดิ์ วัฒนกุล. 2532. มังคุด:ราชินีแห่งผลไม้. ว.ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร เมษายน-กันยายน : 28-51.

ประวิติ ตันบุญเอก. 2523. การศึกษาวิธีการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารเคมีเคลือบส่วนต่างๆของผลมังคุด. อ้างโดย สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้. การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวมังคุด. งานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้ 2530. หน้า 20.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2529. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 314-371.

พโรจน์ ผลประสิทธิ์, ดวงพร สุนทรมงคล และ เกรียงศักดิ์ พฤกษากิจ. 2519.การศึกษาเกี่ยวกับการแข็งตัวของเปลือกมังคุด. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2519. กรมวิชาการเกษตร. หน้า 87.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2531. สถิติสำหรับการวิจัยทางเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา. หน้า 93-150.

วิเชียร ศันสนียวรรณ์. 2530. การศึกษาการทำเงาะแช่เย็นแข็ง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วัลลภา ธีรภาวะ, ภคินี อัครเวสสะพงศ์, ถนอม สุขเจริญ, วารุณี ธนะแพสย์ และ ดารา พวงสุวรรณ. 2524. โรคและวิธีการเก็บรักษามังคุดหลังเก็บเกี่ยว. รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2524. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 25.

วัลลภา ธีรภาวะ, วารุณี ปรีย์มาโนช์, ชัยวัฒน์ กระตุฤกษ์ และ ดารา พวงสุวรรณ. 2531. การศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของมังคุดเพื่อการส่งออก. เอกสารเผยแพร่. กลุ่มงานวิจัยโรคพืชผลิตผลเกษตร กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์. 2533. เครื่องมือเก็บเกี่ยวมังคุดแบบบิด (กวศ.). ว.กสิกร 63(1):46-52.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2531. การผลิตและการตลาดมังคุดปี 2530/31. เอกสารเศรษฐกิจการเกษตรเลขที่ 13/2532 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. หน้า 1-149

สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้. 2530.การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดของเกษตรกรในภาคใต้ งานพืชสวน ฝ่ายฝึกและนิเทศ สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้ กรมส่งเสริมการเกษตร. หน้า 1-24.

สมทรง ปวีณการก์ และนิลวรรณ ลิอังกูลเสถียร. 2531. ผลไม้แปรรูป. เอกสารเผยแพร่. งานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 1-9.

สมสุข ศรีจักรวาฬ, เสียงใส พิริยานนท์, ปราโมทย์ เกิดศิริ และ นพรัตน์ หยัดจันทร์. 2524. การเกิดเปลือกแข็งของผลมังคุด. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2524. กองพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 18.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2529. ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด. เอกสารเผยแพร่. ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2531. การศึกษาการใช้ประโยชน์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเก็บรักษามังคุดเพื่อส่งออก. การวิจัยเสนอการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2527. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวบางประการของทุเรียน เงาะ และมังคุด. รายงานการสัมมนาเรื่องการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของทุเรียน เงาะ และ มังคุด ณ.ห้องประชุมโรงแรมอีสเทอร์น จันทบุรี. 20 มิถุนายน 2527 หน้า 62-65.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2530. แนะแนวัยสำหรับการเก็บเกี่ยวมังคุดเพื่อรับประทานให้อร่อยที่สุด. ว.เคหการเกษตร 11(121):25-31.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา และ สุมาลี ตันติศิริกุล. 2531. การหายใจและการผลิตก๊าซเอทธิลีนของผลิตผลพืชสวนสด. ว.อาหาร 18(1):1-10.

หลวงบุเรศบำรุงการ. 2518. การปลูกมังคุดและละมุดฝรั่ง. สำนักพิมพ์แพร่วิทยา กรุงเทพฯ. หน้า 1-80.

อาภรณ์ คงสวัสดิ์. 2532. การผลิตและการตลาดมังคุด. ว.ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร 35(391) : 6-13.

AOAC., 1975. Official methods of analysis. 12th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. Washington D.C.

Augustin, M. A. and Azudin, M. N. 1986. Storage of mangosteen(Garcinia mangostana Linn.). ASEAN Food J. 2(2):78-80.

Baldry, J., Breag, G. R., Caygill, J. C., Cooke, R. D., Ferber, C.E.M. and Kanagasabapathy, L. 1976. Alternative methods of processing mangos. Indian Food Packer. 30(5):56-62.

Burkill, I. H. 1935. A dictionary of the economic products of the Malay Peninsula. Crow Agent for the Colonies, England. Cited in Colonel, E. R. 1983. Promising fruits of the Philippines. Collagge of Agriculture, Univ. of Philippines. Los Banos. PP. 319-320.

Charles, R. S., Cash, J. N. and Vannorman, D. J. 1988. Ascorbic acid/ Citric acid compositions in the processing of frozen apple slices. J. of Food Sci. 53(6):1713-1736.

Coronel, E. R. 1983. Promising fruits of the Philippines. Collagge of Agriculture, Univ. of Philippines. Los Banos. pp. 307-321.

Cruess, W. V. 1958. Commercial fruit and vegetable products. 4th ed. McGraw-Hill Book Co. New York.

Drake, S. R. and Fridlund, P. R. 1986. Apple quality as influenced by method of $CaCl_2$ application. J. of Food Quality. 9:121-128.

Eskin, N. A. M., Handerson, H. M. and Townsend, R. J. 1971. Browning reaction in foods. PP.69-108. In : Biochemistry of foods. (ed. Eskin, N. A. M.) Academic Press, New York.

FDA. 1986. Chemical preservatives. Food and Drug Admin. Code of Fed. Regulations, Title 21, Part 182, Part 101. Cited by Langdon, T.T. 1987. Preventing of browning in fresh prepared potatos without the use of sulfiting agent. Food Technol. 5:64-67.

Gorgati-Netto, A., Bleinroth, E. W. and Lazzarini, L. C. 1973. Quality evaluation of frozen sliced mangoes in syrup.In Proceedings of the XIII International Congress of Refrigeration. Paris:International Institute of Refrigeration PP.267-270.

Intengan, C. L. et al. 1968. Food composition table recommended for use in the Philippines. Food Nut. Res. Handb. 1. Nat. Sci. Dev. Board, Manila. Cited by Coronel, E.R. 1983. Promising fruits of the Philippines. Collagge of Agriculture, Univ. of Philippines. Los Banos. PP. 319-320.

Isaacs, A. R. 1986. The freezing of mango slices (Mangifera indica var. Kensington) Food Technology in Australia. 38(9):383-385.

Korobkina, Z. V., Danilenko, G. V., Druzhinskays, L. P. and Mandrika, B. I. 1978. Effect of preliminary treatment of raw material on retention of vitamins in frozen fruit and vegetables. Konservnayai Ovoshchesushil'naya Promyshlennost. 5:36-39.

Langdon, T. T. 1987. Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents. Food Technol. 5:64-67.

Larmond, E. 1977. Laboratory method for sensory evaluation of food. Reseach Branch Canada Department of Agricuture Publication.P.56-58

Leverington, R. E. 1957. Mango processing. Food Technol. in Aust. 9:205-209.

Luh, B. S. and Woodroof, J. G. 1975. Comercial vegetable processing. The AVI Publishing Co.,Inc. Westport,Conn.

Luh, B. S., Feinberg, B. and Chung, J. I. 1975. Freezing of fruits processing. The AVI Publishing Co.,Inc. Westport,Conn.

Martin, I. W. 1980. Durian and mangosteen. PP.407-415. In Nagy, P.E. tropical and subtropical fruits. (ed. Nagy, P.E.) AVI Publishing, Inc.

Ochse, J. J., Soul, M. J., Dijikman, M. J. and Wehlburg, C. 1961. Tropical and subtropical agriculture. MacMillan Co., New York. Cited by Coronel, E.R. 1983. Promising fruits of the Philippines. Collagge of Agriculture, Univ. of Philippines. Los Banos. PP. 319-320.

Ponting, J. D. and Joslyn, M. A. 1948. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tisue extracts. Arch. Biochem. 19:47. Cited by Charles,R.S., Cash, J. N. and Vannorman, D. J. 1988. Ascorbic acid/Citric acid compositions in the processing of frozen apple slices. J. of Food Sci. 53(6) : 1713-1736.

Ponting, J. D. 1960. The control of enzymatic browning of fruits. PP.105-124.In : Food Enzyming (ed. Schultz, H.W.). The AVI Publishing Co.Inc. Westport,Conn.

Ponting, J. D. Jackson, R. and Watters, G. 1972. Refrigeration apple slices preservative effects of ascobic acid, calcium and sulfites. J. Food Sci. 37:434.

Raman, K. R., Raman, N. V. and Sadasivam, R. 1974. A note on storage behavious of mangosteen (Garcinia mangostana L.). South Indian Horticulture.19:85-86. Cited in Augustin.M.A. and Azudin,M.N. 1986. Storage of mangosteen (Garcinia mangostana Linn.). ASEAN Food J. 2(2) : 78-80.

Ranganna, S. 1977. Manual of analysis of fruit and vegetable products. TaTa McGraw-Hill Publishing. Corp.Ltd., New Delhi. PP.1-95.

Santerre, C. R., Cash, J. N. and Vannorman, D. J. 1988. Ascorbic acid/ citric acid combinations in the processing of frozen apple slices. J. of Food Sci. 53(6):1713-1736.

Satjawacharaphong, C., Rymal, W. A. and Smith, R. C. 1983. Polyphenol oxidase system in Red delicious apples. J. of Food Sci. 48 : 1879-1880.

Siddappa, G. S. and Bhatia, S. S. 1954. Preservation of mangosteen (Garcinia mangostana L.). The Central Food Technol. Res. Inst. (Mysore) Bull. 3:296.

Simon, M., Wagner, J. R., Silveira, V. G. and Hendel, C. E. 1955. Calciumchoride as nonenzymatic browning retardant for dehydrated white potatoes. Food Technol. 6:271.

Srivata, H. G., Singh, K. K. and Mather, P. B. 1962. Refrigerated storage of mangosteen (Garcinia mangostana L.). Food Sci.(Mysore) 11 : 226-228. Cited in Augustin, M. A. and Azudin, M. N. 1986. Storage of mangosteen (Garcinia mangostana Linn.). ASEAN Food J. 2(2) : 78-80.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพของมังคุด

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีทำแห้งในเตาอบสูญญากาศ (Rangana, 1977)

อุปกรณ์

1. ตู้อบสูญญากาศ อุณหภูมิ 70 °ซ
2. ภาชนะหาความชื้น (moisture can)
3. เดสิเคเตอร์
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

ชั่งตัวอย่างเนื้อมังคุดที่บดละเอียดประมาณ 3-5 กรัม (โดยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง) ใส่ใน moisture can ที่มีฝาปิด นำเข้าเตาอบสูญญากาศอุณหภูมิ 70 °ซ โดยควบคุมความดันในเตาอบให้ไม่เกิน 100 มล.ของปรอท เป็นเวลา 7-8 ชั่วโมง ปิดฝาอย่างรวดเร็ว ทำให้เย็นในเดสิเคเตอร์ และชั่งน้ำหนักทันทีเมื่อตัวอย่างเย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง ทำการอบซ้ำจนน้ำหนักในแต่ละครั้งไม่แตกต่างกันมากกว่า 3 มก.

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2. การวัดค่าพีเอช ด้วยพีเอชมิเตอร์

วิธีการ

นำตัวอย่างมังคุดที่ผ่านการคั้น และกรองด้วยผ้าขาวบาง วัดค่าพีเอชด้วยพีเอช-มิเตอร์ ที่ผ่านการปรับด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน พีเอช 4.0 และ 7.0

3. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ด้วย Hand refractometer

วิธีการ

นำตัวอย่างน้ำมังคุดที่ผ่านการคั้น และกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อกรองเอาเส้นใยออก วัดด้วย hand refractometer อ่านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในหน่วยองศาบริกซ์

4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก โดยการไตเตรทกับสารละลายด่างมาตรฐาน 0.1 N (Rangana, 1977)

วิธีการ

ดูดตัวอย่างน้ำมังคุดมา 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 มล. ทำการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน 0.1 N

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)} = \frac{\text{ไตเตอร์} \times N \times 64 \times 100}{\text{มล.ของตัวอย่าง} \times 100}$$

เมื่อ N = นอร์มอลของโซเดียมไฮดรอกไซด์

5. การหาปริมาณน้ำหนักที่สูญหาย (weigh loss)

วิธีการ

การหาปริมาณน้ำหนักที่สูญหายของมังคุดแช่เยือกแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ ทำได้โดยนำมังคุดแช่เยือกแข็งมาตัวอย่างละ 1 บรรจุภัณฑ์ ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นที่แน่นอน จากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวมาชั่งน้ำหนักที่ความถี่ทุกๆ 15 วัน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา บันทึกน้ำหนักที่ได้ แล้วคำนวณหาร้อยละของน้ำหนักที่สูญหาย

6. การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอบิก โดย 2,6-dichlorophenol indophenol visual titration method (Rangana, 1977)

หลักการ กรดแอสคอบิกจะรีดิวซ์ indicator dye (2,6 Dichlorophenol) ให้เป็นสารที่ไม่มีสีที่จุดยุติ 2,6 Dichlorophenol ที่เหลือจะปรากฏเป็นสีชมพูในสารละลาย

กรดแอสคอบิก โดยรักษาความเป็นกรดของปฏิกิริยา และหลีกเลี่ยงการเกิด autooxidation ของกรดแอสคอบิกที่ พีเอชสูงๆ

อุปกรณ์

1. ปิเปต ขนาด 5 และ 10 มล.
2. บีกเกอร์ ขนาด 100 และ 125 มล.
3. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50 มล.
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มล.
5. ไมโครบูเรตต์ ขนาด 25 มล.
6. กระดาษกรอง เบอร์ 4

สารเคมี และการเตรียม

1. กรดเมตาฟอสฟอริก เข้มข้น 3 %
   - ชั่งกรดเมตาฟอสฟอริก 15 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มล.
   - ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มล.
2. กรดแอสคอบิกมาตรฐานเข้มข้น 0.1 มก./มล.
   - ชั่ง แอล-กรดแอสคอบิก น้ำหนักแน่นอน 25 มก.
   - เติม 3 % กรดเมตาฟอสฟอริก และปรับปริมาตรเป็น 25 มล.
   - ไปเปตสารละลายข้างต้นมา 10 มล. เจือจางด้วย 3 % กรดเมตาฟอสฟอริกเป็น 100 มล.
3. สารละลายสี 2,6 Dichlorophenol indophenol
   - ชั่ง 2,6 Dichlorophenol sodium salt 50 มก.
   - ละลายในน้ำกลั่นต้มเดือด 150 มล. ซึ่งมีโซเดียมไบคาบอเนตอยู่ 42 มก.
   - ทำให้เย็น และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 200 มล.
   - เก็บไว้ในตู้เย็น และปรับมาตรฐานใหม่ทุกครั้งที่ใช้

วิธีการ

1. การปรับมาตรฐานสี (หา dye factor)
   - ไปเปตกรดแอสคอบิกมาตรฐานมา 5 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. (ทำ 3 ซ้ำ)

- เติม 3 % กรดเมตาฟอสฟอริก 5 มล.

- เติมสารละลายสี 2,6 Dichlorophenol indophenol ในไมโครบูเรตต์

- ไตเตรท กรดแอสคอบิกมาตรฐานด้วย indophenol จนเกิดสีชมพูนาน 15 วินาที อ่าน มล.ของ 2,6 Dichlorophenol indophenol ที่ใช้

- คำนวณหา dye factor คือ มก.กรดแอสคอบิคที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 1 มล. indophenol โดย

$$\text{dye factor} = \frac{0.5}{\text{ไตเตอร์}}$$

2. การเตรียมตัวอย่างมังคุด

- ชั่งเนื้อมังคุดมา 15-20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มล.

- เติม 3 % กรดเมตาฟอสฟอริก 50 มล.

- ปั่นใน homogenizer ความเร็ว 3000 rpm. , นาน 1-2 นาที

- ปรับปริมาตรด้วย 3 % กรดเมตาฟอสฟอริกเป็น 100 มล.

- กรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 4

3. การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอบิก

- ไปเปตตัวอย่างที่กรองแล้วมา 5 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. (ทำ 3 ซ้ำ)

- เติม 3 % กรดเมตาฟอสฟอริก 5 มล.

- ไตเตรทด้วย indophenol จนได้สีชมพูนาน 15 วินาที (ปริมาตรที่ใช้ไม่ควรเกิน 3-5 มล.)

- ไตเตรท blank โดยใช้ 3 % กรดเมตาฟอสฟอริกแทนตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดแอสคอบิก (มก./100 ก.เนื้อมังคุด)} = \frac{\text{ไตเตอร์} \times \text{dye factor} \times \text{มล.ที่ปรับ} \times 100}{\text{มล.ตัวอย่างที่ใช้} \times \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

7. การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด โดย Lane and Eynon volumetric method (AOAC.,1975)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล.
2. ปิเปต ขนาด 10 และ 20 มล.
3. บูเรตต์ ขนาดความจุ 50 มล.
4. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 และ 500 มล.
5. เตาให้ความร้อน (hot plate) หรือ ตะเกียงบุนเสน
6. กระดาษกรองเบอร์ 1 และ เบอร์ 4

สารเคมี และการเตรียม

1. สารละลายเฟ-ลิง A
   - ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต เพนตาไฮเดรต ($CuSo_4 \cdot 5H_2O$) 69.28 กรัม
   - ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
   - กรองผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 4
2. สารละลายเฟ-ลิง B
   - ชั่งโปตัสเซียมโซเดียมทาเทรต เตตราไฮเดรต ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$) หนัก 346 กรัม
   - ละลายในน้ำกลั่น
   - เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม
   - ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร
3. Methylene blue เข้มข้น 1 %
   - ละลาย methylene blue 1 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มล.
4. Neutral lead acetate solution เข้มข้น 10 %
   - ละลาย neutral lead acetate 50 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มล.

5. Potassium oxalate solution เข้มข้น 10 %

- ละลาย potassium oxalate 50 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มล.

6. Standard dextrose solution

- ชั่ง pure anhydrous dextrose ให้ได้น้ำหนักแน่นอน 3 กรัม
- ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มล.

วิธีการ

1. การหาค่ามาตรฐานสารละลายเฟ-ลิง

การหาค่ามาตรฐานใช้ Incremental method หรือ Preliminary method และ Standard method หรือ Accurate method ดังนี้

1.1 Preliminary method

-ไปเปตสารละลายเฟ-ลิง A และ B มาอย่างละ 5 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล.

-ใส่สารละลาย dextrose จากบิวเรตประมาณ 15 มล. เขย่าให้เข้ากัน และต้มให้เดือดโดยเร็ว นาน 15 วินาที

-เติม methylene blue 2-3 หยด (ถ้าไม่เกิดสีน้ำเงินแสดงว่า dextrose มากเกินไป) ไตเตรทจนสีน้ำเงินหายไป ขณะไตเตรทภายในขวดรูปชมพู่ ต้องเดือด และเขย่าให้เข้ากันตลอดเวลา

-อ่าน มล. ของ dextrose ที่ใช้

1.2 Accurate method

-ไปเปตสารละลายเฟ-ลิง A และ B มาอย่างละ 5 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล.

-ปล่อยสารละลาย dextrose ลงในขวดรูปชมพู่ ให้ปริมาตรน้อยกว่าจุดยุติประมาณ 1 มล.

-เขย่า ต้มให้เดือดโดยเร็ว และสม่ำเสมอนาน 2 นาที

-เติม methylene blue 2-3 หยด

-ไตเตรท โดยปล่อยครั้งละ 2-3 หยด ให้ถึงจุดยุติภายในเวลา 1 นาที (ขณะไตเตรท สารละลายในขวดรูปชมพู่ ต้องเดือดตลอดเวลา และเขย่าให้เข้ากันเสมอ)

-อ่าน มล.ของ dextrose ที่ใช้

-คำนวณค่า factor ของสารละลายเฟ-ลิง ดังนี้

Factor (F) = titer volume x g.dextrose ใน 1 มล.

2.การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

2.1 การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

-ไปเปตน้ำมังคุดที่กรองแล้วมา 20 มล.ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มล.เติมน้ำกลั่นเล็กน้อย ต้มใน water bath อุณหภูมิ 70 °ซ นาน 1 ชม.

-เติม 10 % neutral lead acetate 2 มล.เขย่าและทิ้งไว้ 10 นาที

-เติม 10 % potassium oxalate 0.9 มล.

-ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 250 มล.

-ผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 4 (ตัวอย่างที่กรองได้แบ่งส่วนหนึ่งไว้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด)

-นำไปไตเตรทตามวิธีในข้อ 1.

-อ่าน มล.ของน้ำผลไม้ตัวอย่างที่ใช้

2.2 การหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

-ไปเปตตัวอย่างที่กรองได้จากข้อ 2.1 มา 20 มล.ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล.

-เติม HCl (1+1)ลงไป 5 มล.

-นำไปอุ่นใน water bath อุณหภูมิ 70 °ซ , นาน 15 นาที

-ทำให้เย็น และทำให้เป็นกลางด้วย 1 N NaOH

-ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มล.

-นำไปไตเตรทตามวิธีในข้อ 1.

คำนวณหา

$$\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์, น้ำตาลทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{แฟคเตอร์ x ปริมาณเจือจาง x 100}}{\text{ไตเตอร์ x ปริมาตรตัวอย่าง}}$$

ภาคผนวก ข แบบทดสอบชิม Hedonic method

ชื่อ,นามสกุล.....เพศ.....

วัน, เดือน, ปี.....เวลา.....

ชุดการทดลองที่.....

กรุณาชิมตัวอย่างมังคุดแช่เยือกแข็งเหล่านี้ เพื่อทดสอบการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยให้ระดับคะแนนตามความหมายต่อไปนี้

ระดับคะแนน	ความหมาย
9	ชอบมากที่สุด
8	ชอบมาก
7	ชอบปานกลาง
6	ชอบเล็กน้อย
5	เฉยๆ
4	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	ไม่ชอบปานกลาง
2	ไม่ชอบมาก
1	ไม่ชอบมากที่สุด

ระหัสตัวอย่าง ลักษณะ						
สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความชอบรวม						

ข้อเสนอแนะ :

ภาคผนวก ค. ตารางผลการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 1 ค่าวาเรียนซ์ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่สารละลายผสมก่อนการแช่เยือกแข็ง

การยอมรับ	Source	df	Sum of Square	Mean of Square	variance ratio
สี	Treatment	17	463.7	27.2	10.3*
	Error	252	661.0	2.6	
	Total	269	1124.7	4.1	
กลิ่นรส	Treatment	17	21.5	1.2	0.7ns
	Error	252	439.8	1.7	
	Total	269	461.4	1.7	
เนื้อสัมผัส	Treatment	17	26.0	1.5	1.3ns
	Error	252	293.6	1.1	
	Total	269	319.6	1.1	
คุณลักษณะรวม	Treatment	17	137.2	8.0	3.9*
	Error	252	518.1	2.0	
	Total	269	655.3	2.4	

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 2 ค่าวาเรียนซ์ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่สารละลายผสมที่ปรับความเข้มข้นของกรดแอสคอบิคที่ระดับต่าง ๆ ก่อนการแช่เยือกแข็ง

การยอมรับ	Source	df	Sum of Square	Mean of Square	Variance ratio
สี	Treatment	5	4.9	0.9	0.8^{ns}
	Error	84	97.6	1.1	
	Total	89	102.5	1.1	
กลิ่นรส	Treatment	5	2.9	0.5	0.4^{ns}
	Error	84	122.6	1.4	
	Total	89	125.6	1.4	
เนื้อสัมผัส	Treatment	5	1.2	0.2	0.2^{ns}
	Error	84	70.5	0.8	
	Total	89	71.7	0.8	
คุณลักษณะรวม	Treatment	5	1.9	0.3	0.2^{ns}
	Error	84	118.0	1.4	
	Total	89	119.9	1.3	

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 3 ค่าวาเรียนซ์ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลดอุณหภูมิ(10 และ 4 °ซ) และไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง

การยอมรับ	Source	df	Sum of Square	Mean of Square	Variance ratio
สี	Sample	2	3.3	1.6	8.6*
	Judge	14	49.7	3.5	
	Error	28	5.4	0.2	
	Total	44	58.4		
กลิ่นรส	Sample	2	1.4	0.7	3.4ns
	Judge	14	39.9	2.8	
	Error	28	5.9	0.2	
	Total	44	47.3		
เนื้อสัมผัส	Sample	2	0.4	0.2	0.7ns
	Judge	14	18.0	1.3	
	Error	28	7.6	0.3	
	Total	44	26.0		
คุณลักษณะรวม	Sample	2	5.6	2.8	26.3*
	Judge	14	31.9	2.3	
	Error	28	3.0	0.1	
	Total	44	40.6		

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 4 ค่าวาเรียนซ์ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในระหว่างการเก็บรักษาของมังคุดที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง

การยอมรับ	Source	df	Sum of Square	Mean of Square	Variance ratio
สี	Sample	3	5.1	1.7	8.5*
	Judge	14	55.5	4.0	
	Error	27	6.4	0.2	
	Total	44	67.0		
กลิ่นรส	Sample	3	7.0	2.3	12.4*
	Judge	14	94.6	6.8	
	Error	27	5.0	0.2	
	Total	44	106.6		
เนื้อสัมผัส	Sample	3	7.5	2.5	10.9*
	Judge	14	47.9	3.4	
	Error	27	6.2	0.3	
	Total	44	61.6		
คุณลักษณะรวม	Sample	3	2.5	0.8	5.1*
	Judge	14	48.3	3.4	
	Error	27	4.2	0.2	
	Total	44	55.0		

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 5 ค่าวาเรียนซ์ของการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในระหว่างการเก็บรักษาของมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิถึง 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง

การยอมรับ	Source	df	Sum of Square	Mean of Square	Variance ratio
สี	Sample	3	4.2	1.4	4.7*
	Judge	14	106.3	7.6	
	Error	27	7.3	0.3	
	Total	44	117.8		
กลิ่นรส	Sample	3	4.5	1.5	5.0*
	Judge	14	58.1	4.2	
	Error	27	8.2	0.3	
	Total	44	70.8		
เนื้อสัมผัส	Sample	3	7.3	2.4	4.8*
	Judge	14	37.0	2.6	
	Error	27	12.7	0.5	
	Total	44	57.0		
คุณลักษณะรวม	Sample	3	0.8	0.3	2.4*
	Judge	14	42.6	3.0	
	Error	27	3.4	0.1	
	Total	44	46.8		

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 6 คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาของมังคุดที่ไม่ได้ลดอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็ง

เวลาเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับเฉลี่ย*			
	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	คุณลักษณะรวม
1	7.3±1.3 a	7.3±0.8 a	7.7±0.7 a	7.3±0.8 a
30	7.2±1.2 ab	7.1±1.0 ab	7.3±0.6 ab	7.1±0.8 ab
60	7.0±1.2 ab	6.8±1.0 ab	6.9±1.0 b	6.9±0.9 ab
90	6.7±1.7 b	6.6±1.4 b	6.8±1.1 b	6.7±1.0 b

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 15 คน
(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ยอมรับมากที่สุด,.....,คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด)
ค่าในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางผนวกที่ 7 คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาของมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิถึง 4 °ซ ก่อนการแช่เยือกแข็ง

เวลาเก็บรักษา (วัน)	คะแนนการยอมรับเฉลี่ย			
	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	คุณลักษณะรวม
1	7.9±0.9 a	7.7±1.2 a	7.7±0.8 a	8.1±0.9 a
30	7.6±1.1 ab	7.5±1.1 ab	7.6±0.9 ab	7.5±0.9 b
60	7.6±0.9 ab	7.0±1.3 b	7.1±0.8 b	7.1±0.9 b
90	7.1±0.9 b	6.9±1.4 bc	6.9±1.1 bc	7.0±1.0 b

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 15 คน
(คะแนนสูงสุดคือ 9 = ยอมรับมากที่สุด,.....,คะแนนต่ำสุดคือ 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด)
ค่าในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)