งานวิจัย

หนังสือนี้เป็นสมบัติของห้องสมุด
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตภาคใต้
ผู้ใดพบเห็นกรุณาส่งคืน จักขอบคุณยิ่ง

เรื่อง

การศึกษาการผลิตมังคุดกระป๋อง

STUDY ON PRODUCTION OF CANNED MANGOSTEEN

โดย

นายพงษ์เทพ เกิดเนตร

055649
ว.634.655
พ 19
2540

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์นครศรีธรรมราช
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

พ.ศ. 2540

การศึกษาการผลิตมังคุดกระป๋อง

พงษ์เทพ เกิดเนตร

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตมังคุดกระป๋อง เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและปรับปรุงคุณภาพให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค พบว่า คุณภาพของวัตถุดิบเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ระดับความสุกของมังคุดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือระดับสีที่ 5 ซึ่งมีผิวสีน้ำตาลแดง-แดง และทำการลวกที่อุณหภูมิ 80 ซ. เป็นเวลา 2นาทีก่อนการปอกเปลือก

จากการศึกษาการใช้สารละลายเกลือร้อยละ0.5 ได้แก่แคลเซียมไฮดรอกไซด์,แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมซัลเฟต และการเติมน้ำเชื่อม 3 ระดับคือ28,31และ35องศาบริกซ์ พบว่าการแช่ในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซม์และเติมน้ำเชื่อม 31องศาบริกซ์ได้รับการยอมรับสูงสุด ซึ่งเนื้อมังคุดมีสีขาวนวล รสชาติหวานอมเปรี้ยว เนื้อมังคุดแข็งกรอบ น้ำเชื่อมใส

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดกระป๋อง ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวส์เพิ่มขึ้นจากร้อละ21.0-30.0,13.80-19.80และ4.20-7.0 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง,ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิกลดลงจาก 3.47-3.35,ร้อยละ0.39-0.18และ1.32-0.78มก./100กรัมเนื้อมังคุด ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของน้ำเชื่อม พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้หมด,น้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวส์ลดลงจากร้อยละ28.2-22.0,20.37-13.70และ7.5-4.0 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง,ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้น จาก3.33-3.81,ร้อยละ0.16-0.24และ0.46-1.26 มก./100กรัมน้ำเชื่อม ตามลำดับ โดยยังมีคุณภาพทั้งทางด้านกลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

STUDY ON PRODUCTION OF CANNED MANGOSTEEN

PONGTHEP KERTNAT

ABSTRACT

The development of processing and quality of canned mangosteen were studied. It was found that the most acceptable product was produced from good quality raw material with optimum ripeness at the fifth stage ,which has a reddish-red skin and blanching at 80 c for 2 minute before peeling.

. Browning and texture loss of canned mangosteen is considered to be a major problem in production. The studied was carried out using salt solution 0.5% calcium-hydroxide, 0.5%calcium chloride and 0.5 % calcium-sulfat with adding syrup at 28,31 and 35 degree brix. The most acceptable product was obtained by soaking prior filling for 20 minutes in a solution of 0.5 % calcium-hydroxide with adding syrup 31 degree brix .The aril had snow white segments and firmness, sour sweet and clearly syrup

The chemical composition of aril of canned mangosteen for 30 days showed that total soluble solid, total sugar and reducing sugar was increased from 21.0-30.0%, 13.70-19.80% and 4.20-7.00% respectively, while pH, total acidity as citric acid and ascorbic acid was decreased from 3.47-3.35, 0.39-0.18% and 1.32-0.78 mg/100 g aril respectively. The chemical composition of syrup of canned mangosteen for 30 days showed that total soluble solid,total sugar and reducing sugar was decreased from 28.2-22.0%"20.37-13.7% and 7.5-4.0% respectively, while pH,total acidity as citric acid and ascorbic acid was increased from 3.33-3.81,0.16-0.24% and 0.46-1.2 mg/100g syrup respectively. The organoleptic quality for odor colour flavour texture and overall acceptabilty was still accepted.

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย ประจำปี 2539 ในครั้งนี้แก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณคณบดีคณะเกษตรศาสตร์นครศรีธรรมราชที่ได้ให้การสนับสนุนสถานที่ และอุปกรณ์ต่างๆที่เอื้ออำนวยต่อการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคุณ เยาวลักษณ์ สุวรรณลภาพร คุณจิรวดี เทือกสุบรรณ คุณสมพร เหมืองทอง และคุณพิไลวรรณ คชเสน ซึ่งเป็นผู้ช่วยในการวิจัยในครั้งนี้

นายพงษ์เทพ เกิดเนตร

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(1)
สารบัญภาพ	(2)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
1. การผลิต คุณค่าทางอาหาร และประโยชน์ของมังคุด	2
2. การเก็บเกี่ยว การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวมังคุด และปัญหาคุณภาพมังคุดสด	5
3. การรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน	13
4. ปัญหาและการแก้ไขการเกิดปฏิกริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Browning Reaction) ในการแปรรูปมังคุด	18
5. ขั้นตอนการทำผลไม้บรรจุกระป๋อง	22
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	27
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	33
สรุป	51
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	60

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปรียบเทียบการผลิต และการส่งออกมังคุดในช่วงระหว่างปี 2529 - 2539	3
2	องค์ประกอบทางอาหารของมังคุดต่อ 100 กรัม ส่วนที่บริโภคได้	5
3	ดัชนีระดับสีผิว และลักษณะของผลมังคุด	6
4	แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารเพคตินต่าง ๆ ของแคร์รอท และพาชนิพ หลังการนึ่งด้วยไอน้ำที่เวลาต่าง ๆ กัน	13
5	ปริมาณแคลเซียมในสารละลายเกลือต่าง ๆ	16
6	แสดงผลของเกลือแคลเซียมต่อลักษณะของเซอรี่กระป๋อง	17
7	แสดงผลของระยะเวลาในการแช่เซอรี่ในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์	17
8	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของมังคุดที่นำมาทดลอง	34
9	แสดงองค์ประกอบทางกายภาพของมังคุดที่นำมาทำการทดลอง	34
10	แสดงลักษณะภายนอกของกระป๋องของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องน้ำเชื่อม ที่ 0 วัน	35
11	แสดงลักษณะภายนอกของกระป๋องของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องน้ำเชื่อม ที่ 15 วัน	36
12	แสดงลักษณะภายนอกของกระป๋องของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องน้ำเชื่อม ที่ 30 วัน	36
13	แสดงลักษณะภายในมังคุดกระป๋อง ที่เก็บรักษาไว้ 0 วัน	37
14	แสดงลักษณะภายในมังคุดกระป๋อง ที่เก็บรักษาไว้ 15 วัน	38
15	แสดงลักษณะภายในมังคุดกระป๋อง ที่เก็บรักษาไว้ 30 วัน	38
16	ผลการตรวจสอบลักษณะปรากฏของมังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่เกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์นาน 20 นาที เมื่อเก็บรักษาไว้ 0, 2, 4 สัปดาห์	40
17	แสดงองค์ประกอบทางเคมีในด้านต่าง ๆ ของเนื้อมังคุดกระป๋อง	41
18	แสดงองค์ประกอบทางเคมีในด้านต่าง ๆ ของน้ำเชื่อมในมังคุดกระป๋อง	45

ตารางที่ หน้า

19 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมังคุดกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ 4 สัปดาห์ ในด้านความหวานและการใช้เกลือแคลเซียมชนิดต่าง ๆ 49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลมังคุดแบบต่าง ๆ	7
2	แสดงการเกิดเกลือแคลเซียมเพคเตท	14
3	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์	19
4	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์	21
5	แสดงกรรมวิธีในการผลิตมังคุดกระป๋อง	29
6	แสดงปริมาณกรดซิตริกในเนื้อมังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความหวาน 28, 31และ 35องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์	43
7	แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเนื้อมังคุดที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์	43
8	แสดงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเนื้อมังคุดที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟตที่ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์	44
9	แสดงปริมาณกรดซิตริกในน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์,แคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	แสดงปริมาณกรดกรดแอสคอร์บิกของน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และ แคลเซียมซัลเฟตที่ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์	47
11	แสดงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง ที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ , แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์	48

คำนำ

มังคุด (Garcinia mangostana Linn.) เป็นผลไม้เขตร้อนที่ได้รับความนิยมสูงชนิดหนึ่ง มังคุดเป็นผลไม้ที่มีลักษณะและสีสันสวยงาม ผลมีลักษณะทรงกลมสีน้ำตาลแดงหรือม่วงเมื่อสุกเต็มที่ ภายในเนื้อสีนวล แบ่งเป็น 4 - 6 กลีบ รสหวานอมเปรี้ยว หอมอร่อย ชวนรับประทาน จึงได้รับการขนานนามว่า "ราชินีแห่งผลไม้" (ชาติชาย และคณะ, 2532 ., Martin, 1980) ในประเทศไทยพื้นที่ปลูกแหล่งใหญ่ที่สุดอยู่ในจังหวัดภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร และ นครศรีธรรมราช ส่วนภาคตะวันออกมีพื้นที่ปลูกรองลงมา ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี และระยอง ส่วนที่เหลือกระจัดกระจายอยู่ตามที่ต่าง ๆ ของประเทศ แต่ไม่พบว่ามีการปลูกมังคุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2534) การส่งออกมังคุดของประเทศไทยมีทั้งในรูปผลสดในแช่เยือกแข็ง โดยมีตลาดที่สำคัญได้แก่ สหรัฐอเมริกา ยุโรป ไต้หวัน ฮ่องกง และญี่ปุ่น การส่งออกในรูปผลสดประสบปัญหามากในเรื่องอายุการเก็บรักษาสั้นและวัตถุดิบด้อยคุณภาพ เนื่องจากมีขนาดผลเล็ก ผิวกร้าน เปลือกแข็ง เนื้อภายในผลช้ำ และเป็นเนื้อแก้ว (เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ, 2530) สำหรับการส่งออกมังคุดแช่เยือกแข็งทั้งผลต้องคัดเลือกผลที่มีคุณภาพดี ได้มาตรฐานอุตสาหกรรม คือน้ำหนักผลไม่ต่ำกว่า 80 กรัมต่อผล ผิวของผลต้องสะอาดสีม่วงอมแดงตามธรรมชาติ เนื้อภายในมีสีขาวนวลไม่มีอาการเนื้อช้ำ เนื้อแก้ว หรือยางซึม แต่มังคุดที่ผลิตได้ในปัจจุบันมักประสบปัญหาไม่ได้คุณภาพดังกล่าวถึงประมาณร้อยละ 45 - 50 จึงควรนำเนื้อมังคุดส่วนที่ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ เช่น มังคุดกึ่งแห้ง มังคุดแช่เยือกแข็งแบบชิ้น มังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง เป็นต้น

เทคโนโลยีการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อนได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ข้อดีของการผลิตอาหารบรรจุกระป๋องคือมีอายุการเก็บรักษานาน แต่ละครั้งสามารถผลิตได้ในปริมาณมากและขนส่งสะดวก ผลไม้กระป๋องที่ผลิตจากประเทศไทยเป็นที่ชื่นชอบของชาวต่างประเทศสามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ผลไม้สูญเสียกลิ่นรสธรรมชาติและเนื้อสัมผัสด้อยลง การพัฒนาการผลิตผลไม้กระป๋องจึงมุ่งเน้นการปรับปรุงรักษากลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของผลไม้ให้มีคุณภาพดี

การตรวจเอกสาร

1. การผลิต คุณค่าทางอาหาร และประโยชน์ของมังคุด

มังคุด (mangosteen) เป็นผลไม้เขตร้อน ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Garcinia mangostana Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae ลักษณะลำต้นขนาดกลางถึงใหญ่ ทรงต้นกลม ใบหนาทึบสีเขียวแก่ ต้นโตเต็มที่สูง 10 - 25 เมตร เป็นผลไม้ที่เจริญเติบโตช้า อายุ 7 - 10 ปี จึงจะให้ผล ขึ้นกับแหล่งที่ปลูกและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลักษณะะผลมังคุดเป็นแบบผลเบอร์รี่ ผลทรงกลมเป็นเปลือกหนา เมื่อผลอ่อนเปลือกจะมีสีเขียว มียางสีเหลือง พอเริ่มแก่จะมีลายเส้นสีแดง เรียกว่า สายเลือด เมื่อสุกจัดเปลือกเป็นสีม่วงดำ เนื้อภายในสีขาวนวล ลักษณะนุ่มฉ่ำน้ำ กลิ่นหอมชวนรับประทาน รสหวานอมเปรี้ยว แบ่งเป็นกลีบประมาณ 4 - 7 กลีบ มีเมล็ดที่เจริญสมบูรณ์ 1 - 3 เมล็ดต่อผล (หลวงบุเรศ บำรุงการ, 2518 ; ทวีศักดิ์ วัฒนกุล, 2532 ; กวิศร์ วานิชกุล, 2536 ; Carnel, 1983)

มังคุดมีถิ่นกำเนิดในมาลายู เป็นพืชเศรษฐกิจที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้นที่มีฝนตกชุก ปลูกกันแพร่หลายในประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และ ไทย สำหรับการปลูกมังคุดในประเทศไทยพบมากในพื้นที่ภาคตะวันออก และภาคใต้ จากรายงานของกรมส่งเสริมการเกษตร (2540) พบว่า ในปี 2539 ผลผลิตมังคุดประมาณ 52,669 ตัน ส่วนในปี 2540 มีประมาณ 79,738 ตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2539 ถึง 51.39 % ส่วนมังคุดในภาคใต้ปี 2540 มีประมาณ 68,918 ตัน ลดลงจากปีที่แล้วซึ่งมีประมาณ 70,209 ตัน เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิตรวมทั้งจากภาคตะวันออก และภาคใต้แล้วพบว่า ผลผลิตรวมมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 122,878 ตัน ในปี 2539 เป็น 148,656 ตันในปี 2540 และจังหวัดที่มีปริมาณผลผลิตมังคุดมากที่สุดในปีนี้ คือ จันทบุรี (ประมาณ 56,781 ตัน) และชุมพร (ประมาณ 34,599 ตัน) สามารถเปรียบเทียบการผลิต และการส่งออกมังคุด ในช่วงระหว่างปี 2529 - 2539 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงเปรียบเทียบการผลิตและการส่งออกมังคุด ในช่วงระหว่างปี 2529 - 2539

พื้นที่ : ไร่ ปริมาณ : ตัน มูลค่า: ล้านบาท

ปี	พื้นที่ปลูก	ปริมาณผลผลิต	ส่งออก ผลสด		ส่งออกแปรรูป มูลค่า	มูลค่ารวมส่งออกรวม
			ปริมาณ	มูลค่า		
2529	77,494	68,746	1,817	15.6	.	na
2530	84,423	64,562	1,301	17.8	.	na
2531	93,841	67,423	1,354	14.5	22.6	37.1
2532	115,644	77,349	659	12.6	69.4	82.0
2533	138,862	90,119	1,077	15.7	27.4	43.1
2534	150,983	90,263	353	5.3	26.0	31.3
2535	161,965	90,940	1,116	24.7	55.3	80.0
2536	198,539	104,096	2,062	31.2	44.6	75.8
2537	213,747	110,204	975	26.5	43.8	70.3
2538	237,421	129,227	3,117	65.7	46.1	111.8
2539	@	@	2,874	96.5	57.0	153.5
เปลี่ยนแปลง	159,927	60,481	1,057	80.9	34.4	116.4
เฉลี่ยต่อปี %	22.9	9.8	5.8	51.9	19.0	39.2

ผลิตภัณฑ์แปรรูป คือ มังคุดแช่แข็ง

หมายเหตุ ข้อมูลการผลิตปี 2538 เป็นข้อมูลเบื้องต้น

@ ยังไม่จัดเก็บข้อมูล : การส่งออกน้อยมากจึงไม่เก็บข้อมูลแยกรายการไว้

(ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร)

ส่วนภาคอื่นมีการปลูกบ้างแต่ปริมาณไม่พอในทางการค้า มังคุดที่ปลูกกันในปัจจุบันมีเพียงสายพันธุ์เดียว คือ พันธุ์พื้นเมืองเนื่องจากมังคุดเป็นผลไม้ที่ไม่มีการกลายพันธุ์ โดยทั่วไปมังคุดออกผลปีละครั้ง เนื่องจากความแตกต่างกัน โดยมังคุดทางภาคตะวันออกจะเก็บผลได้ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม - กรกฎาคม และทางภาคใต้เก็บผลได้ตั้งแต่เดือนสิงหาคม - ตุลาคม จึงทำให้มีช่วงการจัดจำหน่ายมังคุดยาวนานถึง 6 เดือน (ทวีศักดิ์ วัมนกุล, 2532 ; กวิศร์ วานิชกุล, 2536)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ในปริมาณสูง โดยมากอยู่ในรูปของน้ำตาล มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 19.8 องศาบริกซ์ น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 4.3 น้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 17.5 โดยมีน้ำตาลหลักคือ ฟรุกโตส กลูโคส และซูโครส องค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และภูมิอากาศ (Martin, 1980 ; Conel, 1983) สำหรับองค์ประกกอบทางอาหารของมังคุดต่อ 100 กรัม ส่วนที่บริโภคได้ดังแสดงในตารางที่ 2

มังคุดโดยทั่วไปมักจำหน่ายและบริโภคในรูปผลสด โดยมีทั้งตลาดภายในและภายนอกประเทศ นอกจากนี้สามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้แก่ มังคุดกระป๋อง มังคุดแช่เยือกแข็ง และมังคุดกวน ซึ่งผลิตภัณฑ์บางประเภทจัดเป็นการใช้ประโยชน์มังคุดในส่วนเกินที่เหลือจากการบริโภคสด และการแปรรูป เช่น มังคุดกระป๋อง ซึ่งจะใช้มังคุดที่มีขนาดเล็กประมาณ 40 กรัมต่อผล บรรจุในน้ำเชื่อมเข้มข้น 18 - 22 บริกซ์ เป็นการผลิตเพื่อการส่งออก (ทวีศักดิ์ วัฒนกุล, 2532) เนื้อและเมล็ดนำมาเชื่อมด้วยน้ำตาล ใช้ราดหน้าไอศกรีมหรือเชอร์เบต เนื่องจากเมล็ดจะให้กลิ่นหอมของถั่วนัต (nutty flavor) (Ochase, et al. , 1961) ส่วนเปลือกของมังคุดมีสารเทนนินในปริมาณสูง เป็นแหล่งสีธรรมชาติที่มีราคาถูก สามารถนำมาผลิตเป็นการค้าได้ (วรรณา ตุลยรัญ และคณะ, 2532) นอกจากนี้เปลือกมังคุดตากแห้งฝนรับประทานแก้ท้องร่วง ใบสดนำมาตำรักษาแผลสด ใบผสมเปลือกยังมีคุณสมบัติเป็นสมุนไพรบรรเทาอาการท้องเสียหรือบิด (ทวีศักดิ์ วัฒนกุล, 2532) และสามารถสกัดเป็นสารกันหืนธรรมชาติ (natural antioxidant) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงเช่นเดียวกับ Butyl Hydroxy Anisol ได้จากเปลือกมังคุด (Yoshikawa และคณะ, 1994)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางอาหารของมังคุดต่อ 100 กรัม ส่วนที่บริโภคได้

องค์ประกอบ	[1]ปริมาณ	[2]ปริมาณ
ส่วนที่บริโภคได้ (ร้อยละ)	26.0	24.0
พลังงาน (แคลอรี่)	76.0	34
ความชื้น (กรัม)	79.2	87.6
โปรตีน (กรัม)	0.5	0.6
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	18.4	5.6
สารเยื่อใย (กรัม)	1.7	5.1
เถ้า (กรัม)	0.2	0.1
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	11.0	7.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	17.0	13.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.9	1.0
ไทอะนิน (มิลลิกรัม)	0.09	0.03
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.06	0.03
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	0.1	0.30
กรดแอสคอบิก (มิลลิกรัม)	2.0	4.2

ที่มา 1 : Horticultural Crop Promotion Division (1993)

2 : Food Habits Research and Development, Malaysia, (1988)

2. การเก็บเกี่ยว การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวมังคุด และปัญหาคุณภาพมังคุดสด

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2529) ได้แบ่งดัชนีแสดงระดับสีผิวของมังคุดออกเป็น 7 ระดับ คือตั้งแต่ระดับที่ 0 ถึงระดับที่ 6 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ดัชนีระดับสีผิว และลักษณะของผลมังคุด

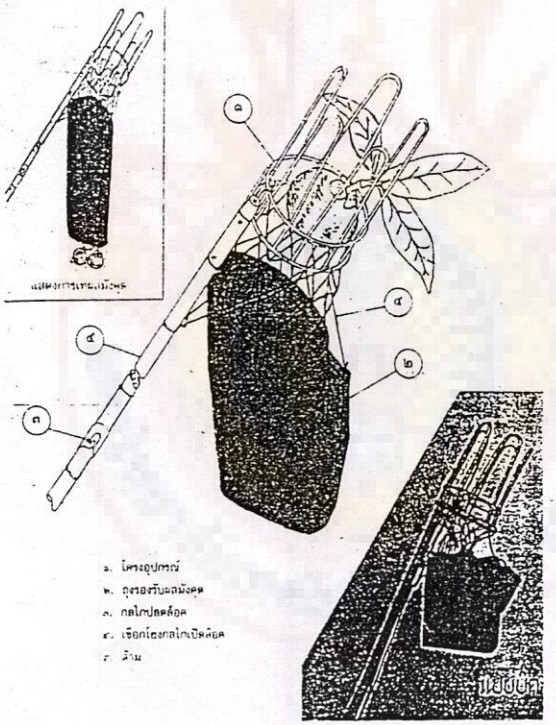
ระดับสีที่	ลักษณะสีผิว	ปริมาณยางในเปลือก	ความยากง่ายในการแยกเนื้อกับเปลือก	ความเหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยว
0	ขาวเหลือง หรือแต้มเขียวอ่อน	มาก	ยาก	ไม่เหมาะ
1	เหลืองอ่อนมีจุดสีชมพูกระจายบางส่วน	มาก	ยาก	ไม่เหมาะ
2	เหลืองอมชมพู มีจุดสีชมพูกระจายทั้งผล	ปานกลาง	ยากปานกลาง	เป็นระยะอ่อนที่สุดสำหรับการเก็บกี่ยว
3	ชมพูสม่ำเสมอ	น้อยถึงน้อยมาก	ยากปานกลางถึงง่าย	เหมาะสำหรับส่งออก
4	แดงหรือน้ำตาลอมแดง	น้อยมากถึงไม่มี	ง่าย	เหมาะสำหรับส่งออก
5	ม่วงอมแดง	ไม่มี	ง่ายมาก	เป็นระยะรับประทานผลสด
6	ม่วงถึงดำ	ไม่มี	ง่ายมาก	เหมาะแก่การรับประทานสด

ที่มา : ดัดแปลงจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2529)

การเก็บเกี่ยวมังคุดควรเก็บผลที่มีวัยเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ โดยปกติมังคุดจะมีการเจริญเติบโตหลังจากติดผลจนเก็บเกี่ยวได้ใช้เวลา 11 - 12 สัปดาห์ เมื่อผลแก่จะเกิดจุดประสีม่วงแตกกระจายอยู่บนผิวเปลือก จากนั้นสีม่วงแดงจะเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนสุกเต็มที่ใช้เวลา 7 วัน มังคุดจะมีสีม่วงอมดำ สำหรับการเก็บเกี่ยวจะเริ่มเก็บได้ตั้งแต่เปลือกเริ่มเปลี่ยนสี โดยมังคุดจะเปลี่ยนสีแล้ว 2 วันจะเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว (ทวีศักดิ์, 2532) กวิศน์ และสุรพงษ์ (2522) ได้แนะนำว่า ระยะที่ผลมีสีม่วงเข้มหรือสีม่วงดำ จะเป็นระยะที่

เหมาะต่อการรับประทานสดมากที่สุด โดยผลมังคุดในระยะนี้จะมีสภาพที่เหมาะสมต่อการรับประทานอยู่ได้ประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องปกติ

วิธีการเก็บเกี่ยวมังคุดเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อคุณภาพของผลผลิต การทำให้ผลมังคุดได้รับความกระทบกระเทือน หรือชอกช้ำ เช่น หล่นกระทบนั้นจะทำให้คุณภาพของผลมังคุดลดลง เมื่อทิ้งไว้ไม่นานผลเหล่านี้จะแข็งและเสียเร็ว การเก็บเกี่ยวผลมังคุดของเกษตรกรนอกจากแบบดั้งเดิม คือใช้ปาด หรือขอเกี่ยวให้ผลหล่นลงมาบนที่รองรับ ซึ่งเตรียมไว้ด้านล่าง เช่น กระสอบ หรือบางครั้งลงบนชั้นหญ้า ปัจจุบัน กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้พัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวมังคุดแบบปิด ดังรูปที่ 1 ซึ่งดัดแปลงมาจากจำปาสอยมังคุด พบว่าสามารถเก็บมังคุดได้ครั้งละ 5-6 ผล ไม่ทำให้มังคุดช้ำ หรือหล่นนอกอุปกรณ์ และไม่ทำให้กลีบผลแตก หรือฉีกขาดเลย ชุดกลไกล๊อค การเทผลช่วยให้เทผลได้รวดเร็ว (ศิวลักษ์ , 2533)



รูปที่ 1 เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลมังคุด

กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร (2534) ได้แนะนำว่า การปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ผลมังคุด ที่มีคุณภาพดีพอสำหรับการส่งออก ควรปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขนย้ายหรือลำเลียงจากสวนไปยังโรงเรือนคัดบรรจุ หรือแหล่งรวบรวมผลผลิต ภาชนะที่ใช้ในการขนย้ายต้องสามารถปกป้องผลมังคุดจากการกระทบกระเทือน หรือเกิดรอยขูดขีด และไม่ควรเทผลซ้อนทับกันเกิน 30 เซนติเมตร เพื่อไม่ให้ผลมังคุดที่อยู่ล่างสุดได้รับแรงกดทับมากเกินไป

2. คัดคุณภาพโดยตัดเอาเฉพาะผลที่มีคุณภาพดี คือไม่มีรอยร้าว รอยบุบที่ผิว ผิวเกลี้ยง ปราศจากรอยแผลกร้าน จากการทำลายของเพลี้ยไฟ ไรแดง และให้เอาผลมังคุดออกจากกันตามสี และขนาดของผลไปพร้อม ๆ กัน

3. ทำความสะอาดผล ใช้มีดขูดยางที่ติดอยู่ตามผิวออกให้หมดโดยดำเนินการไปพร้อม ๆ กับ ขั้นตอนที่ 2 หลังจากนั้นจึงทำความสะอาดใต้กลีบเลี้ยง โดยใช้ลมเป่าเพื่อกำจัดฝุ่นผล และไล่มด แมงมุมหรือแมลงชนิดอื่น ๆ ที่อาจเข้าไปอาศัยอยู่

4. คัดขนาดหรือน้ำหนักของผลมังคุด แบ่งเป็นเกรด ๆ ตามความต้องการของลูกค้า ผลมังคุดเพื่อการส่งออกควรมีขนาดประมาณ 70-100 กรัมต่อผล สำหรับผลที่มีขนาดเล็กบรรจุกล่องขายตลาดภายในประเทศก็จะได้ราคาสูงขึ้น

5. การบรรจุหีบห่อ บรรจุผลมังคุดที่มีความแก่ในวัยเดียวกันในกลุ่มเดียวกัน โดยเรียงผลมังคุดลงในกล่องโดยตรง หรือมีกระดาษลูกฟูก กั้นเป็นช่อง ๆ 1 ช่อง ต่อ 1 ผล หรือจะบรรจุในถาดโฟม ถาดละ 4 ผล หุ้มพีวีซี ก็จะช่วยให้ผลมังคุดมีกลีบเลี้ยงสดอยู่ได้นาน และมีสภาพทั่วไปดีกว่าด้วย

6. การเก็บรักษา ผลมังคุดจากเริ่มเปลี่ยนสีไปจนมีสีม่วงเข้มหรือม่วงดำกินเวลาประมาณ 7 วัน และจะเก็บผลมังคุดไว้ในอุณหภูมิห้องได้นานประมาณ 7 วัน ผลมังคุดจะเริ่มเสื่อมคุณภาพ การขนส่งและเก็บรักษาผลมังคุดในสภาพที่เหมาะสม คือใช้อุณหภูมิประมาณ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 % จะทำให้มังคุด คงสภาพดีอยู่ได้ประมาณ 15 วัน การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดสามารถทำได้หลายวิธี

6.1 การควบคุมอุณหภูมิ และ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิมีผลต่อการเก็บรักษามังคุดอย่างมาก Siddappa และคณะ (1954) ได้เก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิ 1.7 ถึง 5 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 6-7 สัปดาห์ ในขณะที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บได้เพียง 1 สัปดาห์ นอกจากนี้ Augustin และ Azudin (1986) ได้รายงานว่ามังคุดที่เก็บในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 8 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างจากการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (26 องศาเซลเซียส) โดยลักษณะเนื้อยังมีคุณภาพยอมรับได้หลังการเก็บเป็นเวลา 44 วัน อย่างไรก็ตามการเก็บรักษามังคุดสดให้มีคุณภาพดี ควรเก็บในระยะที่เป็นสายเลือด โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลมังคุด คือ 13 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ควรบรรจุผลในถุงพลาสติกเจาะรู ถ้าเก็บมังคุดไว้ในสภาพที่เหมาะสมแล้วมังคุดจะมีสภาพดีอยู่ได้นานถึง 4 สัปดาห์ (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา , 2530)

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

6.3 การใช้สารเคมี มีสารเคมีบางชนิด เช่น Bennomyl ได้ถูกนำมาใช้ในการป้องกันการเสื่อมเสียของมังคุดในระหว่างการเก็บรักษา หลังจากการใช้สารเคมีโดยวิธีจุ่มหรือใช้แปรงทาที่ขั้วผล และห่อด้วยกระดาษแก้ว แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 เป็นเวลา 21 วัน พบว่า Bennomyl สามารถป้องกันการเกิดโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อ Pestalotia flagisetul ได้ (ประวัติ ตันบุญเอก , 2523) นอกจากนี้ Carbaryl ก็มีความเหมาะสมสำหรับฉีดพ่นต้นมังคุดสามารถลดอาการผลกร้าน และยางไหลที่ผลมังคุดได้ (วัลลภา ธีระภาวะ และคณะ , 2531) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาสารเคลือบผิวมังคุด โดยเก็บในอุณหภูมิต่าง ๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาพบว่ามังคุดที่ทำการเคลือบผิวและไม่เคลือบผิวไม่มีความแตกต่างกันในด้านอายุการเก็บรักษา แต่พบว่าผลที่เคลือบผิว มีผิวมันเป็นเงากว่าที่ไม่เคลือบผิวเท่านั้น (กองพืชสวน กรมวิชาการเกษตร , 2519)

6.4 การใช้ภาชนะบรรจุ การใช้ภาชนะบรรจุมังคุดต้องคำนึงถึงความสะอาด มีขนาดพอเหมาะสามารถป้องกันการกระทบกระเทือนและลดความสูญเสียในระหว่างการขนส่งภาชนะบรรจุ ที่ใช้สำหรับการส่งออกมังคุดสดในปัจจุบัน คือ กล่องกระดาษลูกฟูก ขนาด 10 x 15 x 3 นิ้ว เจาะรูระบายอากาศข้างกล่องจำนวน 6 รู บรรจุมังคุดหนัก 2.5 กิโลกรัมต่อกล่อง มีมังคุดประมาณ 24 ผล หรืออีกแบบหนึ่งเป็นถาดโฟมขนาด 13 x 13 เซนติเมตร ถาดหนึ่งจะวางมังคุดได้ 4 ผล แล้วห่อหุ้มด้วยแผ่นพลาสติกพีวีซี บรรจุลงในกล่องกระดาษขนาด 10 x 15 x 3 นิ้ว จำนวน 6 ถาดต่อกล่อง (ดารา พวงสุวรรณ และคณะ , 2529) สำหรับการบรรจุมังคุดในกล่องที่หุ้มด้วยฟิลม์ พีวีดีซี พบว่ามีการสูญเสียในระหว่างการเก็บน้อยกว่าพวกที่ไม่ได้หุ้มฟิลม์ และมีลักษณะโดยทั่วไปของมังคุดสดกว่า (วัลลภา ธีรภาวะ และ คณะ , 2531)

ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของมังคุด (ชื่นใจ , 2533) มังคุดในปัจจุบันยังมีขนาดเล็กเกินไป คือมีขนาด 16-18 ผลต่อกิโลกรัม หรืออาจเล็กกว่านี้ ซึ่งไม่นิยมสำหรับการส่งออก ผิวกร้านมีร่องรอยการทำลายของแมลง เช่น เพลี้ยไฟ และไรแดง มีแมลงเกาะอาศัยใต้กลีบเลี้ยงบริเวณขั้วผล เช่น มดดำ เพลี้ยแป้ง และก่อให้เกิดราดำที่ผล ลักษณะผิวผลแตกร้าวเกิดยางไหลทำให้ดูสกปรก เนื้อภายในช้ำ เป็นเนื้อแก้ว หรือ เปลือกแข็งเป็นสีดำ และภายในเน่าเสีย เมื่อผ่านการคัดคุณภาพแล้วทำให้มังคุดมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการส่งออก สาเหตุของปัญหาดังกล่าวแบ่งได้ดังนี้ คือ

1. <u>การเกิดเปลือกแข็ง</u> กวิศน์ วานิชกุล (2522) พบว่า ผลมังคุดที่เก็บรักษาไว้บางผลจะเกิดอาการแข็งของเปลือก โดยในระยะแรกจะเกิดที่ส่วนใดส่วนหนึ่ง จากนั้นจะขยายกว้างขึ้น จนกระทั่งครอบคลุมตลอดบริเวณผิวเปลือก สมสุข ศรีจักรวาฬ และคณะ (2524) ได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ อันคาดว่าจะเป็นสาเหตุของการเกิดเปลือกแข็งไว้ดังนี้คือ

1.1 การขาดน้ำของต้นมังคุด ในช่วงที่มังคุดเริ่มติดผล และในช่วงที่มังคุดเริ่มแก่ มังคุดที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป จะมีผลที่มีลักษณะเปลือกแข็งมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากประสิทธิภาพในการดูดน้ำและธาตุอาหารด้อยกว่ามังคุดที่ยังมีอายุน้อย

1.2 ผลมังคุดที่ถูกกระทบกระเทือนในขณะเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดลักษณะเปลือกแข็ง ณ. จุดที่ถูกระทบกระเทือน และอาการเปลือกแข็งจะค่อย ๆ ลุกลามไปทั้งผล

1.3 ปริมาณธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะ แคลเซียม และ แมกนีเซียม ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเปลือกมังคุด (แคลเซียมเพคเตท) ถ้ามีมากกว่าปกติอาจเป็นสาเหตุของการเกิดเปลือกแข็งได้

1.4 เชื้อราอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เปลือกแข็ง เพราะส่วนใหญ่แล้วผลมังคุดที่มีเปลือกแข็งจะมีเชื้อราเกิดขึ้นภายในผล หรืออาจจะเกิดขึ้นทั้งภายนอกและภายในก็ได้ (ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์ และคณะ , 2519)

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

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

สามารถรับประทานได้ แต่สาเหตุที่แท้จริงนั้นยังทราบไม่แน่ชัด อย่างไรก็ตามจากรายงานของ วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ (2524) พบว่าการฉีดพ่นสารกำจัดแมลง หรือศัตรูพืช สามารถช่วยลดอาการยางซึมที่เปลือกลงได้

3. <u>เนื้อในเป็นแก้ว</u> คือ อาการของเนื้อมังคุดที่มีลักษณะขาวใสอาจเป็นบางส่วนของกลีบบางกลีบ หรือทั้งผล ซึ่งสาเหตุที่แท้จริงยังไม่ทราบแน่ชัด โดยทั่วไปการฉีดพ่นยา การเก็บเกี่ยว และการบรรจุหีบห่อ ไม่มีผลต่อการเกิดเนื้อแก้ว (วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ , 2531)

4. <u>ขนาดของผล</u> มังคุดต้นหนึ่งจะมีขนาดของผลไม่สม่ำเสมอ มีความแก่อ่อนไม่พร้อมกัน ทำให้เกษตรกรต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวจึงไม่ค่อยคำนึงถึงคุณภาพ แต่ สำหรับการส่งออก การคัดขนาดและคุณภาพเป็นสิ่งจำเป็นมาก โดยพ่อค้าผู้ส่งออกจะกำหนดขนาดของผลแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมากกว่า 100 กรัมต่อผล ขนาดกลาง มีน้ำหนัก 80-100 กรัมต่อผล และขนาดเล็ก มีน้ำหนักระหว่า 60-80 กรัมต่อผล แต่จากรายงานของ สุรพงษ์ โกสิยะจินดา (2530) พบว่าขนาดของผลมังคุดไม่มีผลต่อคุณภาพในการรับประทาน โดยขนาดย่อมหรือขนาดเล็กมักจะดีกว่าในแง่ที่มีเมล็ดน้อยหรือไม่มีเมล็ดเลย ทั้งนี้พบว่าในผลที่มีขนาดต่างกัน ปริมาณเนื้อมังคุดจะต่างกัน คิดเป็นร้อยละ 1-2 สำหรับการซื้อขายมังคุดเพื่อบริโภคภายในประเทศนั้นส่วนใหญ่จะไม่มีการแบ่งขนาดและคุณภาพ

5. <u>ความสะอาดของผิวผล</u> ผลมังคุดควรมีผิวนวลตามธรรมชาติ สะอาดและไม่มีร่องรอยการทำลายของโรคและแมลง ซึ่งเกษตรกรควรหมั่นตรวจสอบดูแล ป้องกันและกำจัดศัตรูพืชบางชนิด ตั้งแต่มังคุดเริ่มออกดอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะการส่งออกมังคุดสดจะต้องคัดผลที่มีผิวสวย โดยบริษัทส่งออกจะกำหนดมาตรฐานไว้คือ ต้องมีผลที่มีผิวเป็นมันถึงร้อยละ 70-100 แต่สำหรับมังคุดแช่เยือกแข็ง บริษัทผู้ส่งออกสามารถผ่อนผันให้ผลที่มีผิวเป็นมันมากกว่าร้อยละ 20 ได้ (ข้อมูลที่ไม่ได้ตีพิมพ์) จึงทำให้เกษตรกรมีโอกาสขายมังคุดได้ราคาดีขึ้น

3. การรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน

การให้ความร้อนกับเนื้อเยื่อพืช มักจะทำให้เนื้อเยื่ออ่อนตัวลง มีผลทำให้โครงสร้างทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป มีผลทำให้ลักษณะเนื้อผลไม้ที่ผ่านขบวนการดังกล่าวแตกต่างจากผลไม้สด เมื่อให้ความร้อนกับผลไม้ จะพบว่าปริมาณสารเพคติน และโปรโตเพคตินจะลดลง ขณะเดียวกันก็จะมีการเพิ่มของเพคติน โดยเฉพาะในชั้นของมิดเดิลลาเมลลา จะบาง เมื่อส่องดู้ด้วยกล้องขยาย มีผบทำให้เซลล์แยกตัวจากกันได้ง่าย ความแข็ง-กรอบของผลไม้ลดลง (ประสิทธิ์ , 2527)

De Man (1976) ได้ศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงของสารเพคตินเหล่านี้เกิดจากความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วย สารเพคตินจะลดลงตามระยะเวลาการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารเพคตินต่าง ๆ ของแคร์รอทและพาชนิพ (parsnip) หลังการนึ่งด้วยไอน้ำที่เวลาต่าง ๆ กัน (คิดในรูปร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

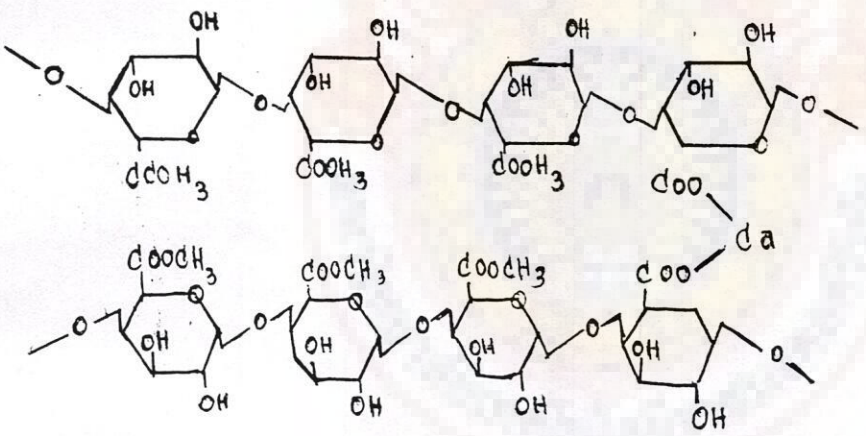
pectic Frection	ไม่นึ่ง		นึ่งไอน้ำ 20 นาที		นึ่งไอน้ำ 45 นาที	
	Carrot	Parsnip	Carrot	Parsnip	Carrot	Parsnip
เพคตินทั้งหมด	18.6	16.4	16.1	15.8	13.7	15.7
โปรโตแพคติน	14.1	10.2	9.0	7.7	3.6	5.7
เพคติน	3.7	4.7	6.0	6.1	8.8	7.9
กรดแพคติค	0.8	1.6	1.0	2.0	1.3	2.1

ที่มา : De Man (1976)

Bartorme และ Hoff (1972) รายงานว่า เมื่อให้ความร้อนแก่มันฝรั่งจนถึงอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส ก่อนการหุงต้ม ความอ่อนตัวของเนื้อเยื่อจะมีมากกว่ามันฝรั่งที่ไม่มีการให้ความร้อนก่อน ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์เมทิลเอสเทอเรสสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส โดยจะทำปฏิกิริยาทำให้เพคตินสลายตัว ได้สารพวก

เมธานอลอิสระ และลดพวกเมทธอกซี ทำให้ความแข็งกรอบของมันฝรั่งลดลง จากหลักการนี้สามารถที่จะนำมาปรับปรุงลักษณะของผักผลไม้ได้โดยการเติมเกลือแคลเซียมลงไป ทำให้เกิดเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ความแข็งกรอบของผลไม้จะเพิ่มขึ้น

การเติมสารเพิ่มความแข็ง-กรอบในรูปของเกลือแคลเซียม จะช่วยให้โครงสร้างของเซลล์คงรูปอยู่ได้โดยทำให้สารเพคตินที่เชื่อมเซลล์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำของแคลเซียมแพคเตท ดังรูปที่ 2 และเพคติเนต เพคตินที่มีกลุ่มเมทธอกซิลต่ำเท่านั้นที่สามารถเกิดเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนเพคตินที่มีเมทธอกซิลสูงไม่เกิดเกลือที่ไม่ละลายน้ำจึ้งไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส (Braverman , 1963) และนอกจากนี้ Labelle (1971) ศึกษาพบว่าแคลเซียมยังมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักเนื้อของผลิตภัณฑ์ด้วย



รูปที่ 2 แสดงการเกิดเกลือแคลเซียมเพคเตท

ที่มา : De Man (1976)

Joux (1967) ศึกษาถึงผลของสารเพคตินต่อความแน่นแข็งของแอปริคอท บรรจุกระป๋อง สรุปว่า โปรโตเพคตินมีส่วนสำคัญมากต่อความแน่น-แข็งของผลไม้ สารเพคตินในรูปอื่น ๆ จะมีผลน้อยต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ดังนั้นจึงไม่ควรให้ความร้อนกับแอปริคอทสูงกว่า 80-85 องศาเซลเซียส ก่อนการเติมด้วยเกลือแคลเซียมเพื่อป้องกันการสลายตัวของโปรโตเพคติน เช่นเดียวกับที่ Durocher และ Roskis (1949) ได้รายงานไว้ว่า การเติมแคลเซียมกับแอปเปิ้ลที่สุกมาก ไม่มีผลทำให้แอปเปิ้ลแว่นบรรจุกระป๋องมีลักษณะเนื้อที่แน่นแข็งได้ จากการที่โปรโตเพคตินถูกย่อยสลายไปในระหว่างการสุก

Bergatren (1971) กล่าวว่า การแทรกซึมของสารละลายเกลือเข้าไปในอาหารนั้นมี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกสารละลายเกลือที่เข้มข้นจะผ่านเยื่อบาง ๆ ทำให้สารพวกเพคตินละลายออกมา และแคลเซียมอิออนของสารละลายเกลือ จะเข้าไปในเซลล์จับกับกลุ่มของเมทธิล กลายเป็นแคลเซียมแพคเตท ซึ่งทำให้โครงสร้างแข็งขึ้น ช่วงที่สอง เป็นช่วงที่มีอัตราการซึมผ่านลดลง สีของผลิตภัณฑ์จะทึบขึ้น และช่วงสุดท้ายเป็นช่วงของความสมดุลย์

วิธีการเติมเกลือแคลเซียมในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ อาจเติมหลังการปอกเปลือกโดยการจุ่มในสารละลายของเกลือ โดยใช้ระบบสูญญากาศเข้าช่วยเพื่อให้การซึมผ่านของเกลือเร็วขึ้น หรืออาจเติมในขั้นตอนการลวก หรือเติมลงในกระป๋องโดยตรง เกลือแคลเซียมที่นิยมใช้ได้แก่เกลือแคลเซียมของกลูโคเนต , ไฮดรอกไซด์ , คลอไรด์ , ซัลเฟต , โมโนแคลเซียมฟอตเฟต , ซิเตรท , แลคเตท เกลือแคลเซียมเหล่านี้ละลายน้ำได้ค่อนข้างจำกัด และบางตัวให้รสเฝื่อนขมด้วย นอกจากนี้ยังอาจใช้เกลือมักนีเซียมคลอไรด์ ซึ่งเกลือตัวนี้นอกจากให้ความแน่นแข็งกับผลิตภัณฑ์แล้ว ยังช่วยรักษาสีเขียวด้วย สารส้มก็มีการใช้ในผลิตภัณฑ์แตงกวาดอง เพื่อเพิ่มความแข็งกรอบ (ประสิทธิ์ , 2527)

Van Baren (1968) ได้ศึกษาผลการเติมแคลเซียมอิออนในช่วงต่าง ๆ ของการแปรรูปที่มีต่อลักษณะเนื้อและการหลุดลอกของถั่วแขก พบว่าการเติมแคลเซียมจะช่วยเพิ่มความแข็งแรง และแคลเซียมที่เติมลงไปก่อนการลงกจะมีผลดีกว่าพวกที่เติมหลังลวกส่วน Seoutt และ Twigg (1967) ได้ศึกษาว่าการแช่มันเทศในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 2 ความแน่นแข็งจะสูงสุดเมื่อใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความแข็งจะเพิ่มตามระยะเวลาในการแช่ ตั้งแต่ 5-30 นาที การเพิ่มความเป็นกรดของสารละลายที่ไปแช่จะช่วยเพิ่มการดูด

055649
๑.๖๓๔.๖๕๕
พ ๑๙
๒๕๔๐

แคลเซียมและความแข็งมันเทศจะเพิ่มขึ้น จึงแนะนำให้ใช้กรดซิตริกในการเพิ่มความเป็นกรดของสารละลายเกลือเป็น พีเอช 4.3 ซึ่งจะไม่มีผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์

ปริมาณเกลือแคลเซียมที่ใช้แช่ผักและผลไม้ มักใช้ในระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1-0.25 คำนวณในรูปของแคลเซียม ในอเมริกาอนุญาตให้ใช้เกลือแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.07 เติมลงในมะเขือเทศบรรจุกระป๋องปริมาณเกลือแคลเซียมในสารประกอบเกลือต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 5 (Anon ,1952)

ตารางที่ 5 ปริมาณแคลเซียมในสารละลายเกลือต่าง ๆ

สารประกอบเกลือ	แคลเซียม (ร้อยละ)
แคลเซียมคลอไรด์	36.0
แคลเซียมซัลไฟด์	25.5
แคลเซียมคาร์บอเนต	40.0
แคลเซียมไฮดรอกไซด์	54.0
แคลเซียมออกไซด์	71.4
แคลเซียมฟอสเฟต	38.7

ที่มา : Anon (1952)

ความเหนียวของผักและผลไม้ จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มปริมาณแคลเซียมพบว่าการใช้สารประกอบฟอสเฟต เช่น โมโนแคลเซียมฟอสเฟตเติมลงในผลิตภัณฑ์ มะเขือเทศ มันฝรั่ง พริกยักษ์ และแครอท จะช่วยให้เนื้อเยื่อผักและผลไม้เหล่านี้มีความคงตัวดีขึ้น (ศิวพร , 2524) นอกจากนี้การศึกษาของ La Belle (1971) ในเรื่องระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์และเวลาในการแช่ที่มีต่อเชอรี่บรรจุกระป๋อง พบว่าเชอรี่ที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ในระดับความเข้มข้นที่สูงกว่า และในระยะเวลาที่นานกว่าจะมีลักษณะเนื้อที่แน่นกว่าเชอรี่ที่แช่แคลเซียมคลอไรด์ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า และในระยะเวลาที่สั้นกว่า ดังตารางที่ 6 และ 7

ตารางที่ 6 แสดงผลของเกลือแคลเซียมต่อลักษณะของเชอรี่กระป๋อง

	ความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)			
	0	0.1	0.2	0.5
ความแน่นแข็งที่วัดด้วยแรงดัน(กก.)	35.5	41.7	47.8	53.1
	74.7	74.9	74.9	74.5
ปริมาตรทั้งหมด(ลิตร/กก.)	0.900	0.922	0.932	0.965

ที่มา : La Belle (1971)

ตารางที่ 7 แสดงผลของระยะเวลาในการแช่เชอรี่ในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์

	เวลา (นาที)			
	0	5	10	20
ความแน่นแข็งวัดด้วยแรงดัน(กก.)	-	44.1	47.8	53.1
	72.7	75.9	74.9	74.5
ปริมาตรทั้งหมด(ลิตร/กก.)	0.880	0.926	0.932	0.956

ที่มา : La Belle (1971)

ในผลิตภัณฑ์แอปเปิ้ลแว่นบรรจุกระป๋อง การใช้เกลือแคลเซียม มาเลต กลูโคเนต ฟอสเฟต ซิเตรท และคลอไรด์ ไม่มีผลแตกต่างกันในด้านเนื้อสัมผัส แต่ผลของแคลเซียมแลคเตทดีกว่าเกลือชนิดอื่น ๆ เล็กน้อย ส่วนเกลือแมกนีเซียมจะให้ผลไม่ดี เกลือคลอไรด์ให้รสเฝื่อนกับผลิตภัณฑ์ได้ ส่วนฟอสเฟต มาเลต หรือเลคเตท ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรสชาติเลย และซิเตรทจะทำให้เกิดผลเสียต่อกลิ่นรสมาก (Holgate และ Kartesz 1949 ., Collins และ Wiley , 1963)

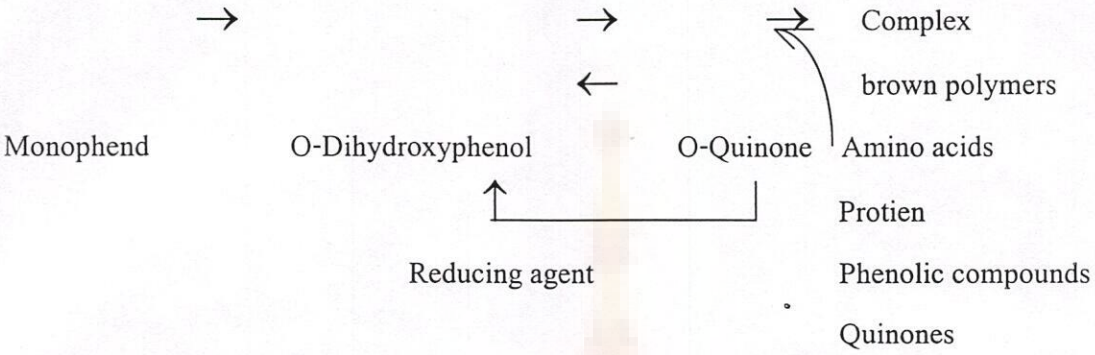
Hoover (1960) เปรียบเทียบผลของเกลือแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ คลอไรด์ และซัลเฟต ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของพริกยักษ์บรรจุกระป๋อง พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ให้ผลดีที่สุดเมื่อใช้ในขั้นก่อนการนึ่งฆ่าเชื้อ Hese (1964) พบว่าการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ก็ให้ผลดีเช่นกัน ในกระหล่ำดอกก่อนการบรรจุกระป๋องโดยไม่ทำให้กลิ่นรสเปลี่ยนแปลง

การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้กระป๋องบางอย่าง อาจไม่ต้องใช้เกลือแคลเซียมโดยตรง แต่ใช้เพคตินเมทธิลเอสเทอเรสที่มีอยู่ตามธรรมชาติในผลไม้และผัก

4. ปัญหาและการแก้ไขการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Browning Reaction) ในการแปรรูปมังคุด

เมื่อปอกผลไม้และผักวางทิ้งไว้จะเกิดเป็นสีน้ำตาลตรงบริเวณที่ปอก การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร ส่วนใหญ่จะไม่เป็นที่ต้องการ เพราะบางครั้งอาจทำให้เกิดรสชาติที่ไม่ดี และทำให้ลักษณะภายนอกของอาหารดูไม่น่ารับประทาน การเกิดสีน้ำตาลไม่ได้เกิดจากเม็ดสี แต่เกิดจากปฏิกิริยาเอนไซม์ (enzymatic browning) หรือ เกิดจากปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (non-enzymatic browing) (ประสิทธิ์ อติวีระกุล , 2527) แบ่งปฏิกิริยา ออกเป็น 2 ชนิดคือ

4.1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง (Enzymic browning reaction) เป็นการเปลี่ยนสีที่เป็นผลมาจากการที่สารประกอบจำพวกโมโนฟีนอล (Monophenol) ในสภาพที่มีออกซิเจน และเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase , PPO) ถูกเติมหมู่ไฮดรอกซิลแล้วเกิดเป็นสารออโทควิโนน (O-Quinones) สารควิโนนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงและทำปฏิกิริยาต่อไปกับสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโน และสารอื่น ๆ โดยไม่ใช้เอนไซม์ แล้วเกิดเป็นสารที่มีโครงสร้างซับซ้อน (phenol) และโพลีฟีนอล (polyphenol) โดยเอนไซม์ซึ่งเรียกชื่อรวมว่า ฟีนอลเลส (phenolase) ซึ่งรวมเอนไซม์ต่อไปนี้ เช่น phenoloxidase , cresolase , dopa oxidase , catecholase , tyrosinase , polyphenoloxidase , phenolase complex เป็นต้น ปฏิกิริยาสีน้ำตาลสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์
ที่มา : McEvily และคณะ (1992)

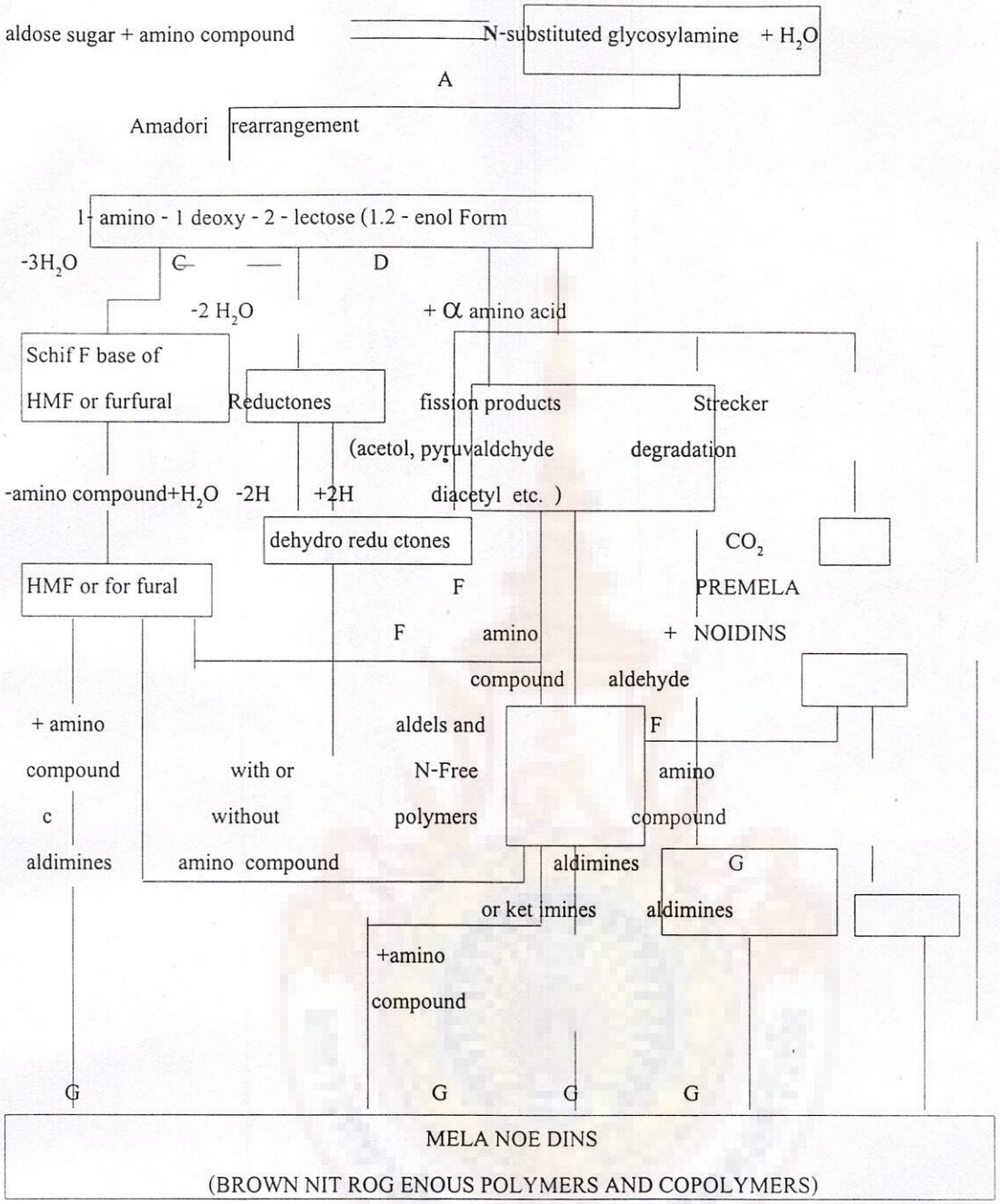
การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์อาจทำได้หลายวิธีจากการศึกษาพบว่า พีเอชที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์อยู่ระหว่าง 5-7 และถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน กรด เฮไลด์ (halide) กรดฟีนอลิก (phenolic acids) สารประกอบซัลไฟท์ สารจับอนุมูลโลหะ (chelating agents) สารประกอบที่เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agents) เช่น กรดแอสคอร์บิก (McEvily et al. , 1992 ; Sapers , 1993) วิธีการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้อาจทำได้โดยการใช้ความร้อนในการลวกเพื่อยับยั้งเอนไซม์ แต่มีผลทำให้ผลไม้สูญเสียกลิ่นรสธรรมชาติ เนื้อสัมผัสนิ่ม และสูญเสียความคงตัวของสารบางชนิด ดังนั้นวัตถุเจือปนอาหารจึงถูกนำมาใช้ยับยั้งเอนไซม์

กรดอินทรีย์เป็นสารเคมีอีกชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล กรดที่นิยมใช้คือ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดฟอสฟอริก และกรดแอสคอร์บิก โดยกรดมีคุณสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) และเป็นตัวจับอนุมูลโลหะ (chelating agent) และทำให้พีเอชของสารละลายลดลงจนไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ โพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่ง Langdon (1987) รายงานว่าที่พีเอชต่ำกว่า 3.0 เอนไซม์จะหยุดการทำงานโดยสิ้นเชิง สอดคล้องกับการทดลองของ Zemel และ คณะ (1990) ซึ่งพบว่าการลดพีเอชของน้ำแอปเปิ้ลให้ต่ำกว่า 3.0 มีผลหยุดชะงักกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ภายใน 0.75 ชั่วโมง เวลาที่ใช้ในการหยุดชะงักการทำงานของเอนไซม์ จะแปรผันตามพีเอชที่ต่ำลง แต่

การลดพีเอชของน้ำแอปเปิ้ลถึง 2.0 จะมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส เนื่องจากมีรสขมที่ชัดเจน

กรดแอสคอร์บิกเป็นกรดที่ถูกนำมาใช้อย่างมาก เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ กรดแอสคอร์บิกสามารถลดการเกิดสารคิวโนนโดยกรดแอสคอร์บิกจะรีดิวซ์สารคิวโนนให้กลับไปเป็นสารตั้งต้นที่ไม่มีสี ก่อนรวมตัวเป็นสารสีน้ำตาล

4.2 ปฏิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (non-enzymic browning reaction) การเปลี่ยนสีเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl group) และหมู่อะมิโนที่เป็นอิสระ ซึ่งนำไปสู่การเกิดเม็ดสีน้ำตาลของเมลานอลดิน (mclanoidin) การเกิดปฏิกิริยา เมลลาร์ด ดังรูปที่ 4 (ประสาร , 2538)



รูปที่ 4 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์

ที่มา : ประสาร (2538)

หมายเหตุ A = Sugar -amine condensation B = Amadori rearrangement

C = Sugar dehydration D = Sugar fragementation

E = Strecker degradation of amino acid moiety

F = aldol condensation

G = aldehyde - amine polymerization and formation of heterocyclic nitrogen compounds

5. ขั้นตอนการทำผลไม้บรรจุกระป๋อง

1. การเตรียมวัตถุดิบ ผลไม้ที่นำมาบรรจุกระป๋องจะต้องอยู่ในระยะที่เหมาะสมมีสีที่เหมาะสม กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสดี การเตรียมวัตถุดิบให้เหมาะสมก่อนเข้ากระบวนการแปรรูปได้แก่ การคัดขนาด รูปร่าง ความแก่อ่อน การล้าง การปอกเปลือก (ประสิทธิ์, 2527)

2. การบรรจุ ประสิทธิ์ (2527) กล่าวว่า ก่อนการบรรจุกระป๋องจะผ่านการล้างและพ่นด้วยไอน้ำ และสะเด็ดน้ำแล้วจึงทำการบรรจุ สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการบรรจุคือ จะต้องควบคุมน้ำหนักสุทธิและสัดส่วนของ ของแข็งกับของเหลวในแต่ละกระป๋องให้คงที่ปกติแล้วมักจะบรรจุอาหารให้ได้น้ำหนักสุทธิราวร้อยละ 50 ของความจุกระป๋อง และควรบรรจุให้มีช่องว่างหัวกระป๋อง (head space) ที่พอเหมาะ ปกติแล้วกระป๋องขนาด 307 x 409 ควรมีช่องว่าง ประมาณ 19/32 นิ้ว ช่องว่างหัวกระป๋องมักจะควบคุมให้มีปริมาตรไม่เกินร้อยละ 10 ของความจุกระป๋อง (Heid และ Joslyn , 1967) ผลไม้กระป๋องนิยมเติมน้ำเชื่อม น้ำเชื่อมที่เติมลงไปมักจะเข้มข้นกว่าปริมาณน้ำตาลที่วัดได้จากผลไม้ในระหว่างการต้มฆ่าเชื้อ และการเก็บรักษาน้ำเชื่อมที่เติมลงไปจะมีความเข้มข้นลดลง แต่ปริมาณน้ำตาลในชิ้นผลไม้จะเพิ่มขึ้น จนในที่สุดความเข้มข้นของน้ำเชื่อมจะเกิดการสมดุลย์กันทั้งกระป๋อง

ในน้ำเชื่อมที่เติมลงไปมักเติมกรดอินทรีย์ โดยเฉพาะกรดซิตริก เพื่อแต่งกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ และปรับความเป็นกรด-ด่างให้ต่ำลง ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อการผลิตภัณฑ์ ผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน เนื่องจากการใช้ความร้อนสูงเพื่อทำลายจุลินทรีย์ เป็นสาเหตุที่ทำให้กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของผลไม้เสียไป การใช้กรดจะช่วยลดอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ลง จึงสามารถรักษากลิ่นรส เนื้อสัมผัสและยืดอายุการเก็บรักษาได้ การเลือกใช้กรดขึ้นอยู่ชนิดของกรดที่มีมากในผลไม้ ดังเช่น การเติมกรดซิตริกร้อยละ 0.25 ในน้ำเชื่อมความเข้มข้น 20 องศาบริกซ์ สำหรับผลิตมะม่วงกระป๋อง การเติมกรดซิตริกร้อยละ 0.2 สำหรับการผลิตเงาะกระป๋องในน้ำเชื่อมเข้มข้น 33 องศาบริกซ์ (สุธี อึ้งวิศิษฏ์วงศ์ , 2527)

3. การไล่อากาศ (Exhausting) ประสิทธิ์ (2527) กล่าวว่า จุดประสงค์ของการไล่อากาศก็เพื่อ

1. ช่วยลดการกัดกร่อนของกระป๋อง การกัดกร่อนจะเกิดน้อยลงในที่ไม่มีออกซิเจน

2. ทำให้จุลินทรีย์พวกต้องการอากาศที่อาจหลงเหลืออยู่หลังผ่าน ความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่สามารถเจริญได้ ทั้งนี้เพราะสปอร์ของพวกจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศจะทนความร้อนได้ดีกว่าพวกไม่ต้องการอากาศ

3. ช่วยรักษาคุณภาพของอาหารโดยเฉพาะในช่วงของการนึ่งฆ่าเชื้อ ถ้ามีออกซิเจนอยู่ด้วย การเหม็นหืน การเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่นรส การทำลายวิตามิน จะเกิดขึ้นได้มาก

4. ป้องกันการบวมของกระป๋องอันเนื่องจาก การขยายตัวของอากาศในช่วงการใช้ความร้อนในการนึ่งฆ่าเชื้อ

5. ทำให้ฝากระป๋องเว้าเข้าเล็กน้อย หรือเรียบ แม้จะนำไปเก็บหรือขนย้ายไปยังที่มีอุณหภูมิของอากาศสูง หรือความดันต่ำ ก็ไม่ทำให้เกิดการบวมขอางกระป๋องขึ้น และเป็นวิธีหนึ่งในการประเมินขั้นต้นที่จะทราบได้ว่าอาหารกระป๋องยังอยู่ในสภาพที่ดี ถ้าเกิดการบวมขึ้น อาจทำให้เข้าใจว่าอาหารนั้นเกิดการสูญเสียโดยเชื้อจุลินทรีย์ได้

6. ในผลไม้กระป๋องซึ่งมีความเป็นกรดสูง กรดจะทำปฏิกิริยากับโลหะที่ใช้ทำกระป๋องแล้วเกิดก๊าซไฮโดรเจนขึ้น การไล่อากาศที่ดี จะทำให้ผลไม้กระป๋องมีอายุการเก็บที่ยาวนาน โดยไม่เกิดการบวมขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นสูญญากาศที่ช่องว่างหัวกระป๋องจะเป็นที่กักเก็บก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น

ระดับความเป็นสูญญากาศที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับการกัดกร่อนของอาหาร และความยากง่ายในการถูกออซิเดชั่น อาหารโดยทั่วไปต้องการค่าความเป็นสูญญากาศราว 10 - 20 นิ้วปรอท (ประสิทธิ์ , 2527)

4. การปิดผนึกด้วยตะเข็บซ้อน (double seaming) ซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูก ลูกกลิ้งตัวแรกจะม้วนขอบของฝาให้สอดเข้าไปที่ด้านในของขอบกระป๋องที่ถูกพับลงมา ลูกกลิ้งตัวที่สองจะทำการบีบเกิดเป็นตะเข็บซ้อน (double seam) ที่ปิดสนิท (ประสิทธิ์ , 2527)

5. การนึ่งฆ่าเชื้อ (processing) หลังการปิดผนึก อาหารจะถูกนำไปผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ในอาหารกระป๋องจนกระทั่งอาหารนั้นอยู่ในสภาพปลอดเชื้อทางการค้า (commerial sterility) ซึ่งหมายถึงการทำให้อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และไม่มีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของอาหาร ที่สามารถเจริญเติบโตในอาหารภายใต้สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษาปกติ เป็นขั้นตอนที่สำคัญยิ่งในกระบวนการผลิต (รัศมี ศุภศรี , 2535)

การนึ่งฆ่าเชื้อผลไม้บรรจุกระป๋อง ผลไม้มักมีกรดสูง ค่าความเป็นกรดด่างจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียจะถูกทำลายได้ง่ายในสภาพที่เป็นกรดและเชื้อ Clostridium botulinum ก็ไม่สามารถเจริญได้ในอาหารที่มีความเป็นกรดด่าง 4.6 หรือต่ำกว่า การต้มฆ่าเชื้อในผลไม้กระป๋องจึงเพียงแต่ต้มในน้ำเดือดจนอุณหภูมิภายในกระป๋องวัดได้ราว 90 องศาเซลเซียส ก็เพียงพอที่จะถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้ (ประสิทธิ์ , 2527)

6. การลดอุณหภูมิของอาหารกระป๋อง (cooling) หลังจากนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จะต้องลดอุณหภูมิของกระป๋องให้ต่ำลงโดยเร็ว เพื่อป้องกันความร้อนที่สะสมทำให้อาหารเปื่อยยุ่ย ช่วยรักษาคุณภาพของสีหรือรสชาติของอาหาร และยังป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์พวกที่เจริญที่อุณหภูมิสูง น้ำที่ใช้ในการลดอุณหภูมิต้องเป็นน้ำสะอาด ในการลดอุณหภูมิจะลดอุณหภูมิของอาหารกระป๋องให้เหลือประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส เพื่อให้ความร้อนที่หลงเหลืออยู่ทำให้กระป๋องแห้งได้เอง (ประสิทธิ์ , 2527)

7. การปิดสลากและการบรรจุกล่อง หลังจากอาหารกระป๋องผ่านการลดอุณหภูมิลงจนเท่ากับอุณหภูมิห้องและแห้งสนิทแล้ว อาหารกระป๋องก็จะถูกนำมาปิดสลาก ลักษณะของสลากตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจะต้องแสดงรายละเอียดของ

7.1 ชื่อและเลขทะเบียนอาหาร

7.2 ชื่อและที่ตั้งสถานที่ผลิต

7.3 เลขหรืออักษารหัสที่แสดงถึง วน / เดือน / ปี ที่ผลิต

7.4 น้ำหนักสุทธิ หรือปริมาตรสุทธิ

7.5 ชนิดและปริมาณของวัตถุเจือปนอาหารที่ใช้

หลังการปิดฉลาก อาหารกระป๋องจะถูกนำมาบรรจุในกล่องกระดาษ เพื่อทำการเก็บรักษาหรือขนส่งต่อไป (ประสิทธิ์ , 2527)

8. การเก็บรักษา (ประสิทธิ์ (2527) กล่าวว่า อาหารกระป๋องไม่มีความจำเป็นต้องเก็บในห้องเย็น การเก็บที่อุณหภูมิระหว่าง 10-30 องศาเซลเซียส ก็สามารถเก็บรักษาได้ดีแต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิสูงเกินไปคุณภาพของอาหารจะเสื่อมลงได้เร็ว อันเกิดจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์พวกที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ทำให้คุณภาพเสื่อมลง การเก็บรักษาอาหารกระป๋องที่อุณหภูมิเหมาะสมอาหารจะคงคุณภาพได้ดีเมื่อก็ไว้ราว 6 เดือน ถึง 2 ปี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม
2. เพื่อศึกษาระดับความหวานที่เหมาะสมในการผลิตมังคุดกระป๋อง
3. เพื่อศึกษาชนิดของสารที่เหมาะสมในการป้องกันการเสื่อมคุณภาพของมังคุดกระป๋อง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ในการทดลอง

1. วัตถุดิบ

เนื้อมังคุดพันธุ์พื้นบ้าน จากอำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร มีสีผิวอยู่ในระดับ 3-4 ตามดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด (สถาบันวิจัยวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2529)

2. เครื่องมือและสารเคมี

2.1 เครื่องปิดฝากระป๋อง

2.2 หม้อนึ่งไอน้ำ

2.3 อุปกรณ์ในการแปรรูป เช่น มีด ถาด

2.4 เครื่องแก้วที่จำเป็นในการวิเคราะห์กรดแอสคอบิก กรดซิตริก ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

2.5 กระป๋องเบอร์ 2 (307 x 409)

2.6 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter)

2.7 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

2.8 ตู้อบสูญญากาศระป๋อง

2.9 รางไล่อากาศ (Exhauster)

2.10 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

2.11 สารเคมีเช่น กรดซิตริก , แคลเซียมคลอไรด์ , แคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมซัลเฟต

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมเนื้อมังคุดที่ซื้อมาจากอำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร โดยคัดเอาเฉพาะมังคุดในระดับ 3 - 4 ล้างให้สะอาดเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2. ศึกษาองค์ประกอบของวัตถุดิบ ได้แก่

2.1 ปริมาณความชื้นโดยวิธีทำแห้งในตู้อบสูญญากาศ (Ranganna, 1977)

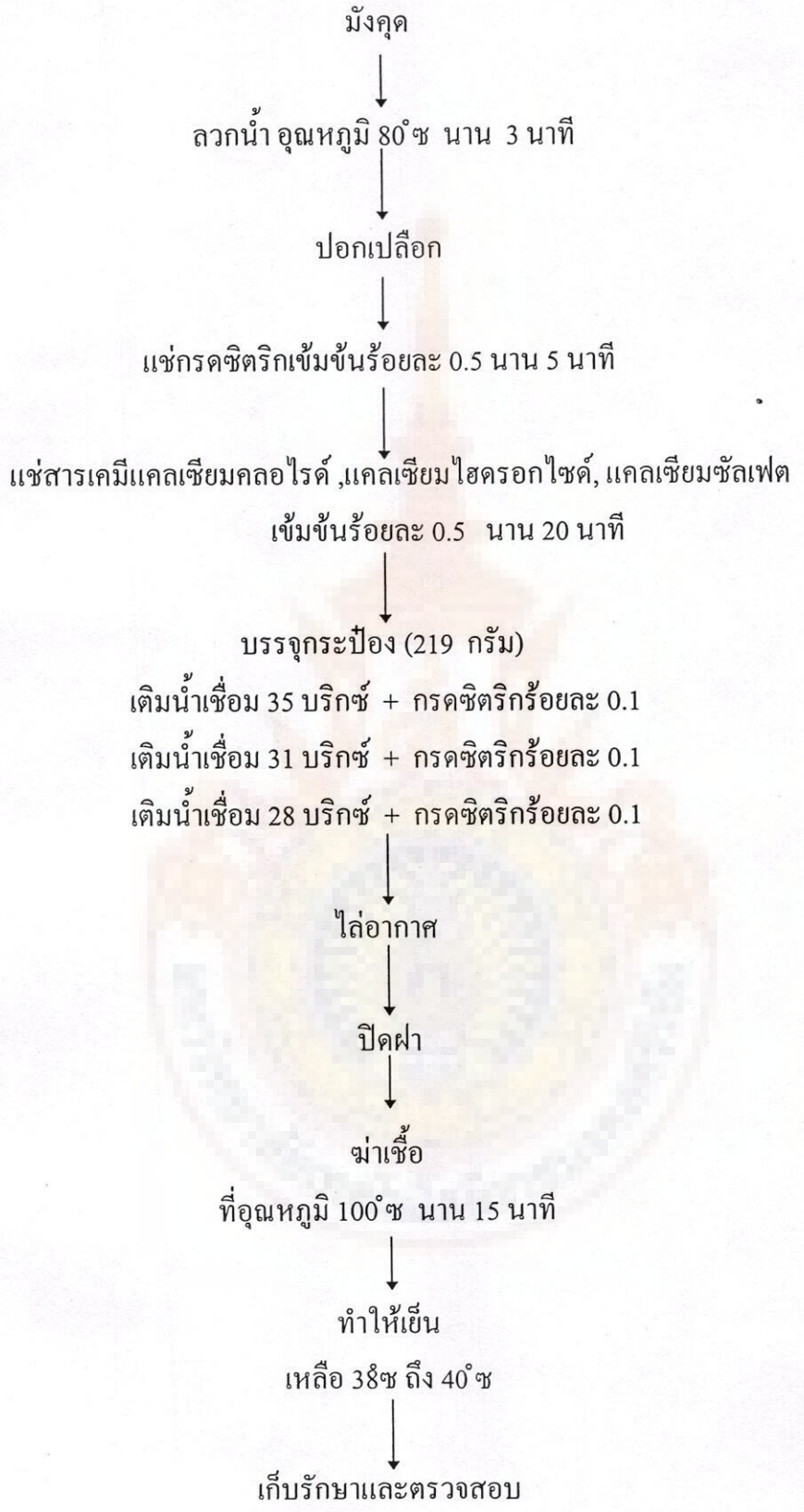
2.2 ค่าพีเอชด้วยพีเอชมิเตอร์ (WTW รุ่น pH 320/set - 1)

2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ด้วย Hand refractometer

2.4 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (Total acidity citric acid) โดยการไตเตรทกับสารละลายด่างมาตรฐาน 0.1 N (Ranganna, 1977)

2.5 ปริมารกรดแอสคอบิก ใช้ 2,6 - dichlorophenol - indophenol visual titration method (Ranganna, 1977)

2.6 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดย Lane and Eynon volumetric method (A.O.A.C. , 1975)



รูปที่ 5 แสดงกรรมวิธีในการผลิตมังคุดกระป๋อง

3. ศึกษาความหวานที่เหมาะสม และการป้องกันการเสื่อมคุณภาพของมังคุดกระป๋อง

3.1 ระดับความหวานของน้ำเชื่อม 3 ระดับ คือ 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์

3.2 สารที่ช่วยป้องกันการเสื่อมคุณภาพ 3 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD ได้ชุดการทดลองทั้งหมด 9 ชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % + กรดซิตริก 0.5 % + ระดับความหวาน 28 B

ชุดการทดลองที่ 2 แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % + กรดซิตริก 0.5 % + ระดับความหวาน 31 B

ชุดการทดลองที่ 3 แคลเซียมคลอไรด์ 0.5 % + กรดซิตริก 0.5 % + ระดับความหวาน 35 B

ชุดการทดลองที่ 4 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5% + กรดซิตริก 0.5 % + ระดับความหวาน 28 B

ชุดการทดลองที่ 5 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5% + กรดซิตริก 0.5 % + ระดับความหวาน 31 B

ชุดการทดลองที่ 6 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5% + กรดซิตริก 0.5 % + ระดับความหวาน 35 B

ชุดการทดลองที่ 7 แคลเซียมซัลเฟต 0.5 % + กรดซิตริก 0.5 % + ระดับความหวาน 28 B

ชุดการทดลองที่ 8 แคลเซียมซัลเฟต 0.5 % + กรดซิตริก 0.5 % + ระดับความหวาน 31 B

ชุดการทดลองที่ 9 แคลเซียมซัลเฟต 0.5 % + กรดซิตริก 0.5 % + ระดับความหวาน 35 B

ทำการผลิตมังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อม ดังมีขั้นตอนการผลิต ดังรูปที่ 5

4. ศึกษาคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทุกชุดการทดลอง นำมาวิเคราะห์ผลต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 0, 15 และ 30 วัน โดยทำการศึกษา ดังนี้

ก. ลักษณะภายนอกกระป๋อง ได้แก่ can size, gross weight , drained weight , net weight และ vaccum/pressure in Hg

ข. ลักษณะภายในกระป๋อง ได้แก่ head space และ % net volume of content

ค. On solid ได้แก่ color , flavor , texture , detect

ง. On drained syrup ได้แก่ Claring / color , pH value , % acidity , soluble solid (brix) , specific gravity

จ. On whole product (cut out value) ได้แก่ pH value , % acidity , soluble solid (brix)

ฉ. การเสื่อมเสีย

ช. ลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม

ซ. ลักษณะทางเคมี ได้แก่

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ด้วย Hand refractometer
- ค่า พีเอช ด้วย pH meter (WTW รุ่น pH 320/set - 1X
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (Total acidity citric acid)
- ปริมาณกรดแอสคอบิก ใช้ 2,6 - dichlorophenol - indophenol visual titration method (Ranganna, 1977)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดย Lane and Eynon volumetric method (A.OC , 1975)

5. ทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ทดลองหลังจากเก็บไว้ 1 สัปดาห์ โดยการใช้วิธีทดสอบชิมแบบ Hedonic Scale

6. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้ Duncun's new multiple range test

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของมังคุด

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมังคุดที่นำมาผลิตมังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อม พบว่า ความชื้น , ความเป็นกรด - ด่าง , ปริมาณของแข็งทั้งหมด , ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก, ปริมาณกรดแอสคอบิก (กรัม) , ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ จะมีปริมาณ 76.5 กรัม, 3.48 , 18.70 บริกซ์ , 0.65 % , 1.08 กรัม, 4.50 % ,13.75 % ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวมีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตมังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง คือ ปริมาณความชื้น และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด จะใช้ในการเตรียมน้ำเชื่อมในการผลิตมังคุดกระป๋อง ส่วนค่าความเป็นกรดด่างจะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการผลิต จากตารางที่ 8 พบว่ามังคุดเป็นผลไม้ที่มีปริมาณกรดสูง (High acid food) ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อมังคุดกระป๋อง ใช้อุณหภูมิน้ำเดือดก็เพียงพอที่จะรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้ (ประสิทธิ์, 2527) นอกจากนั้นปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่มีมากในอาหารจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก (dehydroascorbic acid) แล้วทำปฏิกริยากับกรดอะมิโนเกิดเป็นสารสีน้ำตาลโดยปฏิกริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) หรือเกิดจากปฏิกริยาอื่นที่ไม่ใช้เอนไซม์ (ประสาน, 2538) ส่วนปริมาณน้ำตาล ถ้ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากก็จะเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลได้ง่าย

มังคุดที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตต้องเป็นมังคุดที่อยู่ในช่วงระดับ 3 - 4 ตามดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2529) ส่วนสีของเนื้อมังคุดที่ใช้จะต้องมีสีขาว เมื่อปอกเปือกไม่มียางสีเหลืองติดกับเปลือกและเนื้อ ไม่ทำให้เนื้อช้ำและมีรอยมีดกรีด เพราะจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง จากลักษณะทางกายภาพดังที่กล่าวมาทั้งหมด มีผลต่อการเลือกมังคุดที่จะนำมาทำการผลิต เช่น ความสุกของมังคุดที่เลือกใช้ จะต้องอยู่ในช่วง 3 - 4 ตามดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด ซึ่งความสุกในช่วงนี้จะทำให้เมื่อทำการผลิตมังคุดกระป๋องจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี มีสีขาว มีความแข็ง ตามผลการทดลอง และเมื่อทำการลวกมังคุดก่อนทำการปอกเปลือกก็จะช่วยให้สามารถปอกเปลือกมังคุดได้ง่ายขึ้น และสามารถลดสารที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลได้บางชนิด

ลดกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ส่วนน้ำหนักเฉลี่ยจะใช้เป็นข้อมูลในการคาดคะเนปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ และการคิดต้นทุนการผลิต

ตารางที่ 8 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของมังคุดที่นำมาทำการทดลอง

องค์ประกอบ	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	76.5
ความเป็นกรด - ด่าง	3.48
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (บริกซ์)	18.70
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)	0.65
ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม)	1.08
ปริมาณน้ำตาล	
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	4.50
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	13.75

ตารางที่ 9 แสดงองค์ประกอบทางกายภาพของมังคุดที่นำมาทำการทดลอง

ลักษณะมังคุด	
น้ำหนักมังคุด / ผล	83.3 กรัม
น้ำหนักเนื้อมังคุด / ผล	30.0 กรัม
จำนวนผล / กิโลกรัม	12.0 กรัม
จำนวนเนื้อ / กระป๋อง	7 - 8 ผล
สีของเนื้อ	สีขาว
ความสุก	ระดับ 3 - 4

จากตารางที่ 9 แสดงองค์ประกอบทางกายภาพของมังคุด พบว่า น้ำหนักมังคุดเฉลี่ยต่อผล, น้ำหนักเฉลี่ยของเนื้อมังคุดต่อผล, จำนวนผลต่อกิโลกรัม, จำนวนเนื้อต่อกระป๋อง มีค่าเท่ากับ 83.3 กรัม, 30.0 กรัม, 12.0 ผล และ 7 ถึง 8 ผล ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง

ตารางที่ 10 แสดงลักษณะภายนอกกระป๋องของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อมที่ 0 วัน

ลักษณะภายนอกกระป๋อง	ชนิดของเกลือแคลเซียมและปริมาณบริกซ์								
	$CaCl_2$			$Ca(OH)_2$			$CaSO_4$		
	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B
Can size	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409
Gross weight (g)	692.33	700.0	694.08	695.33	698.33	696	694.12	700	169.5
Drained weight (g)	184.75	191.87	186.5	187.71	189.01	187.8	185.54	190.88	187.02
Net weight (g)	618.21	625.88	619.96	621.21	624.21	621.8	620	625.88	619.88
Vaccuum / pressure in Hg	18	18	18	18	18	18	18	18	18

ตารางที่ 11 แสดงลักษณะภายนอกกระป๋องของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อม ที่เก็บรักษาไว้ 15 วัน

ลักษณะภายนอกกระป๋อง	ชนิดของเกลือแคลเซียมและปริมาณบริกซ์								
	$CaCl_2$			$Ca(OH)_2$			$CaSO_4$		
	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B
Can size	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409
Gross weight (g)	692.33	695.02	694.08	694.12	698.33	696.00	694.08	698.02	695.00
Drained weight (g)	184.75	187.44	186.5	186.54	189.01	189.88	186.6	190.9	187.02
Net weight (g)	618.21	620.9	619.96	620	624.21	621.88	619.96	623.9	620.88
Vaccuum /pressure in Hg	18	18	18	18	18	18	18	18	18

ตารางที่ 12 แสดงลักษณะภายนอกกระป๋องของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อมที่ เก็บรักษา 30 วัน

ลักษณะภายนอกกระป๋อง	ชนิดของเกลือแคลเซียมและปริมาณบริกซ์								
	$CaCl_2$			$Ca(OH)_2$			$CaSO_4$		
	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B
Can size	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409	307 x 409
Gross weight (g)	692.33	696.01	696.08	694.12	696.08	696.00	694.12	697.00	695.00
Drained weight (g)	184.75	189.00	186.50	186.54	186.50	189.21	186.24	190.00	187.02
Net weight (g)	618.21	621.89	619.96	620.00	619.96	621.88	620	622.88	620.87
Vaccuum /pressure in Hg	18	18	18	18	18	18	18	18	18

จากตารางที่ 10 , 11 และ 12 ซึ่งแสดงผลการศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง พบว่า กระป๋องที่ใช้จะเป็นกระป๋องเคลือบดีบุก (Plain can) เพราะกระป๋องเคลือบดีบุก จะเหมาะกับผลไม้ที่มีสีเขียว หรือสีอ่อน เช่น สับปะรด เงาะ ลิ้นจี่ ลำใย ปริมาณดีบุกที่ละลายในผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อยจะช่วยเพิ่มรสชาติ และยังทำให้ผลไม้มีสีน่ารับประทาน (วารุณี, 2536) ขนาดของกระป๋องที่ใช้เป็นขนาด 307 x 409 ซึ่งเป็นขนาดกระป๋องที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ผักผลไม้โดยทั่ว ๆ ไป มีน้ำหนักทั้งหมดอยู่ในช่วง 692.33 - 700 น้ำหนักเนื้อมังคุดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 191.87 - 184.75 น้ำหนักสุทธิ 625.88 ถึง 618.21 กรัม และมีค่าความดันสูญญากาศเท่ากับ 18 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์มังคุดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋อง กล่าวคือในการทำอาหารกระป๋องจะต้องบรรจุอาหารให้ได้น้ำหนักสุทธิร้อยละ 90 ของความจุกระป๋อง (ประสิทธิ, 2527) และมาตรฐานกระป๋องต้องมีความดันสูญญากาศอยู่ในช่วง 10 - 20 นิ้วปรอท นอกจากนั้นข้อมูลในด้านน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ยังใช้ในการคำนวณความเหมาะสมของราคาอีกด้วย

ตารางที่ 13 แสดงลักษณะภายในของมังคุดกระป๋องที่เก็บรักษาไว้ที่ 0 วัน

ลักษณะภายในกระป๋อง	ชนิดของเกลือแคลเซียมและปริมาณบริกซ์								
	$CaCl_2$			$Ca(OH)_2$			$CaSO_4$		
	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B
ช่องว่างเหนืออาหาร	18/32	19/32	19/32	18/32	18/32	17/32	18/32	17/32	18/32
ปริมาณทั้งหมด	96.32	96.45	96.32	96.33	96.71	96.4	96.55	96.67	96.55
สี	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว
กลิ่นรส	อม	อม	อม	หวาน	อม	หวาน	หวาน	หวาน	หวาน
	เปรี้ยว	เปรี้ยว	เปรี้ยว	อม	เปรี้ยว	อม	อม	อม	อม
	หวาน	หวาน	หวาน	เปรียว	หวาน	เปรี้ยว	เปรี้ยว	เปรียว	เปรี้ยว
เนื้อสัมผัส	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น
	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก
ตำหนิ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มียาง	มีสี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
				เหลือง	น้ำตาล				
					1 กลีบ				

ตารางที่ 14 แสดงลักษณะภายในของมังคุดกระป๋องที่เก็บรักษาไว้ที่ 15 วัน

ลักษณะภายในกระป๋อง	ชนิดของเกลือแคลเซียมและปริมาณบริกซ์								
	$CaCl_2$			$Ca(OH)_2$			$CaSO_4$		
	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B
ช่องว่างเหนืออาหาร	18/32	18/32	18/32	18/32	18/32	18/32	18/32	18/32	19/32
ปริมาณทั้งหมด	96.32	96.32	96.11	96.32	96.33	96.00	96.30	96.33	96.41
สี	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว
กลิ่นรส	อม เปรี้ยว หวาน	อม เปรี้ยว หวาน	อม เปรี้ยว หวาน	หวาน	หวาน	หวาน	หวาน	หวาน	หวาน
เนื้อสัมผัส	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น มาก	แน่น มาก	แน่น มาก	แน่น มาก
ตำหนิ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มีสีน้ำตาล 4 กลีบ	มีสีน้ำตาล 1 กลีบ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

ตารางที่ 15 แสดงลักษณะภายในของมังคุดกระป๋องที่เก็บรักษาไว้ที่ 30 วัน

ลักษณะภายในกระป๋อง	ชนิดของเกลือแคลเซียมและปริมาณบริกซ์								
	$CaCl_2$			$Ca(OH)_2$			$CaSO_4$		
	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B	28° B	31° B	35° B
ช่องว่างเหนืออาหาร	18/32	18/32	18/32	18/32	19/32	18/32	18/32	18/32	18/32
ปริมาณทั้งหมด	96.15	96.20	96.20	96.45	96.21	96.17	96.39	96.20	96.42
สี	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว	ขาว
กลิ่นรส	หวาน	หวาน	หวาน	หวาน	หวาน	หวาน	หวาน	หวาน	หวาน
เนื้อสัมผัส	แน่น เล็กน้อย	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น	แน่น เล็กน้อย	แน่น	แน่น เล็กน้อย
ตำหนิ	สีน้ำตาล 1 กลีบ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มียางสีเหลืองออกน้ำตาล

จากตารางที่ 13 , 14 และ 15 แสดงผลการตรวจสอบภายในของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ระยะเวลาการเก็บ 0, 15 และ 30 วัน มีค่าช่องว่างเหนืออาหาร, ปริมาตรบรรจุ, สี, กลิ่นรส, เนื้อสัมผัสและตำหนิ พบว่า ช่องว่างเหนือกระป๋องของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ 0, 15 และ 30 วัน จะอยู่ในช่วง 17/32 - 19/32 นิ้ว ซึ่งเป็นช่วงที่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ให้อาหารกระป๋องมีช่องว่างเหนือกระป๋องเท่ากับ 19/32 นิ้ว(ประสิทธิ์, 2527) ปริมาณเปอร์เซ็นต์การบรรจุ อยู่ในช่วง 96.32 - 96.71 จากตารางจะเห็นได้ว่า % การบรรจุของผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง จะมีแนวโน้มลดลงจากที่ 0, 15 และ 30 วัน เพียงเล็กน้อย ส่วนสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะมีสีขาว เนื้อแข็ง ที่ 0, 15 และ 30 วัน ในทุกชนิดของเกลือแคลเซียมที่ใช้ ส่วนกลิ่นรสจะมีรสเปรี้ยวอมหวาน ที่ 0 วัน และค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นรสหวานที่ 15 และ 30 วัน ในทุกชนิดของเกลือแคลเซียมที่ใช้ สำหรับตำหนิที่พบใน ผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อม คือ การมียางเหลือง และการเกิดสีน้ำตาลในบางส่วน ซึ่งเกิดรอยซ้ำอันเป็นสาเหตุทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์

3. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของมังคุดกระป๋อง

ผลการตรวจสอบลักษณะปรากฏของมังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 นาน 20 นาที เมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 สัปดาห์ พบว่า มังคุดที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 ที่เก็บรักษาไว้ 0 และ 2 สัปดาห์ จะมีสีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อแข็ง ไม่ยุ่ย และมีกลิ่นมังคุด และกลิ่นน้ำเชื่อม มีรสหวานอมเปรี้ยว แต่เมื่อเก็บรักษาไว้ครบ 4 สัปดาห์ พบว่า กลิ่นมังคุดจะหลงเหลืออยู่น้อย ในขณะที่ลักษณะอื่น ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ส่วนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จะมีลักษณะเนื้อมังคุด ในกระป๋องมีสีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อมังคุดแข็งกรอบ มีกลิ่นมังคุด มีรสหวานอมเปรียว เมื่อเก็บไว้ ที่ 0 และ 2 สัปดาห์ ส่วนเมื่อเก็บรักษาไว้ 4 สัปดาห์ กลิ่นมังคุดจะลดลง เช่นเดียวกับแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการตรวจสอบลักษณะปรากฏของมังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่เกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 20 นาที เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ 0, 2 และ 4 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ชนิดของเกลือ	ลักษณะปรากฏ
0	แคลเซียมคลอไรด์	สีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อแน่น ไม่ยุ่ย มีกลิ่นมังคุดและมีกลิ่นน้ำเชื่อม รสหวานอมเปรี้ยว
	แคลเซียมไฮดรอกไซด์	สีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อแข็งกรอบ มีกลิ่นมังคุดและกลิ่นน้ำเชื่อม รสหวานอมเปรี้ยว
	แคลเซียมซัลเฟต	สีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อแข็งกรอบ มีกลิ่นมังคุดและกลิ่นน้ำเชื่อม รสหวานอมเปรี้ยว
2	แคลเซียมคลอไรด์	สีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อแข็งกรอบ มีกลิ่นมังคุดและมีกลิ่นน้ำเชื่อม รสหวานอมเปรี้ยว
	แคลเซียมไฮดรอกไซด์	สีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อแข็งกรอบ มีกลิ่นมังคุดรสหวานอมเปรี้ยว
	แคลเซียมซัลเฟต	สีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อแข็งกรอบ มีกลิ่นมังคุดเล็กน้อย รสหวานอมเปรี้ยว
4	แคลเซียมคลอไรด์	สีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อแข็งกรอบ มีกลิ่นมังคุดรสหวานอมเปรี้ยว
	แคลเซียมไฮดรอกไซด์	สีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อแข็งกรอบ มีกลิ่นมังคุดเล็กน้อย รสหวาน
	แคลเซียมซัลเฟต	สีขาว น้ำเชื่อมใส เนื้อแข็งกรอบ มีกลิ่นมังคุดเล็กน้อย มีรสหวาน

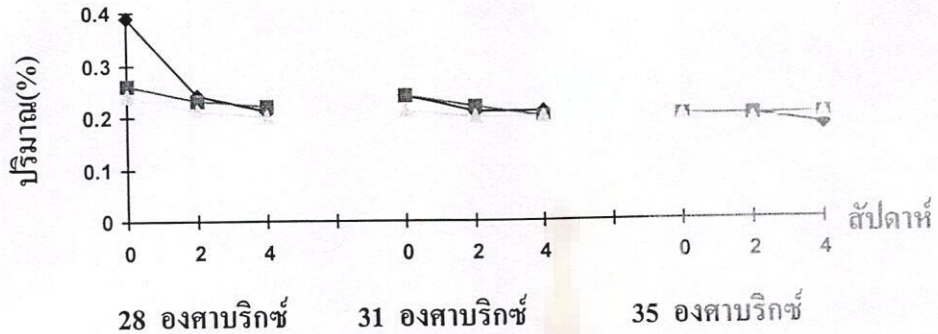
4. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของมังคุดกระป๋อง

ตารางที่ 17 แสดงองค์ประกอบทางเคมีในด้านต่าง ๆ ของเนื้อมังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่เกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต

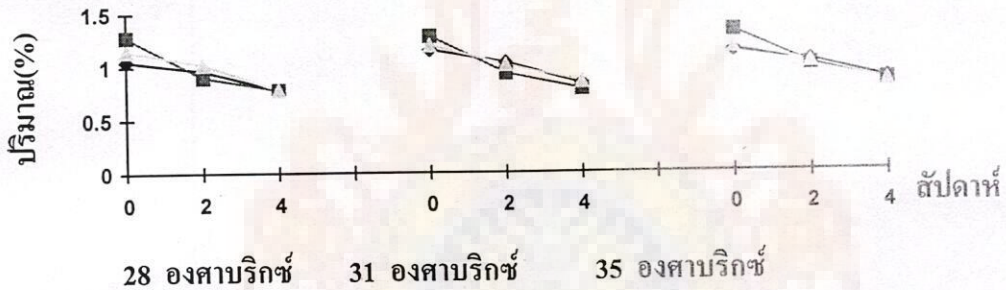
องค์ประกอบทางเคมี	สัปดาห์ที่	ชนิดของเกลือแคลเซียมและปริมาณบริกซ์								
		28°B			31°B			35°B		
		$CaCl_2$	$Ca(OH)_2$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$Ca(OH)_2$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$Ca(OH)_2$	$CaSO_4$
ปริมาณของ	0	21.0	21.1	21.1	25.0	25.4	24.4	27.1	27.3	27.2
แข็งที่ละลายได้	2	22.6	22.8	22.6	26.1	26.4	26.2	29.3	29.4	29.3
(องศาบริกซ์)	4	23.1	23.4	23.0	26.2	26.4	25.9	29.8	30.0	29.7
ความเป็น	0	3.47	3.86	3.47	3.41	3.73	3.58	3.38	3.61	3.59
กรด - ด่าง	2	3.42	3.67	3.43	3.36	3.60	3.55	3.38	3.60	3.55
	4	3.42	3.67	3.42	3.35	3.61	3.40	3.35	3.60	3.41
ปริมาณกรด	0	0.39	0.26	0.24	0.24	0.24	0.21	0.20	0.20	0.20
(ร้อยละ)	2	0.24	0.23	0.21	0.21	0.22	0.20	0.20	0.20	0.19
	4	0.21	0.22	0.20	0.21	0.20	0.20	0.18	0.20	0.20
ปริมาณกรด	0	1.05	1.28	1.15	1.15	1.28	1.19	1.13	1.32	1.16
แอสคอร์บิก	2	0.96	0.90	1.02	1.03	0.93	1.01	1.03	1.00	1.02
(มก./100 ก.)	4	0.78	0.78	0.78	0.83	0.78	0.85	0.86	0.85	0.84
ปริมาณน้ำตาล	0	13.80	13.70	13.9	14.00	13.95	14.00	14.10	14.20	14.09
ทั้งหมด	2	15.00	14.70	14.07	15.90	15.80	16.20	17.50	16.10	17.60
(ร้อยละ)	4	16.70	16.00	15.90	18.00	19.00	18.97	19.80	19.70	19.50
ปริมาณน้ำตาล	0	4.20	4.50	4.20	4.50	4.50	4.56	4.50	4.70	4.50
รีดิวซ์	2	4.95	5.00	5.50	5.90	5.70	5.97	6.00	6.10	6.10
(ร้อยละ)	4	5.80	5.20	5.90	6.00	6.00	6.50	6.70	6.20	7.00

จากตารางที่ 17 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อมังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อม ที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต แล้วทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกเกลือแคลเซียมที่ใช้ และทุกองศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) ปริมาณแอสคอร์บิกของมังคุดที่แช่สารละลายเกลือทั้ง 3 ชนิด ทุกองศาบริกซ์จะมีแนวโน้มลดลง เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความหวาน 28 องศาบริกซ์ มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงที่ 0, 2 และ 4 สัปดาห์ คือ 3.86, 3.67 และ 3.67 ตามลำดับ การลดลงของค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดซิตริก เนื่องจากการแพร่จากในเนื้อมังคุดไปสู่น้ำเชื่อมดังภาพที่ 6 ส่วนปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลง ดังภาพที่ 7 เนื่องจากเกิดการสูญเสียในขั้นตอนการลวกและเกิดจากปริมาณกรดแอสคอร์บิกเริ่มต้นในวัตถุดิบสูง หลังการแปรรูปจึงเกิดการแพร่จากในเนื้อมังคุดไปสู่น้ำเชื่อมที่ใช้แช่

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ของมังคุดที่แช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมทั้ง 3 ชนิด และทุกองศาบริกซ์จะเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 8 และ 9 ที่ระดับความหวาน 31 องศาบริกซ์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ 0, 2 และ 4 สัปดาห์ 13.80, 15.00 และ 16.40 ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ 0, 2 และ 4 สัปดาห์ 4.20, 4.95 และ 5.8 ตามลำดับ เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อม มีรสหวานเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นาน 4 สัปดาห์



รูปที่ 6 แสดงปริมาณกรดซิตริกในเนื้อมังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลาย เกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์

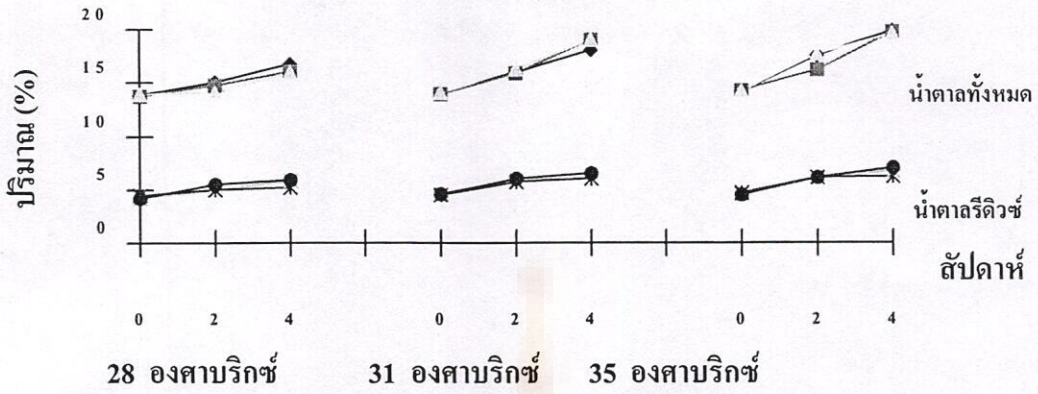


รูปที่ 7 แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเนื้อมังคุดที่ผ่านการแช่สารละลาย เกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต ที่ ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์

□ สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์

● สารละลายเกลือแคลเซียมไฮดรอกไซด์

◆ สารละลายเกลือแคลเซียมซัลเฟต



รูปที่ 8 แสดงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเนื้อมังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ , แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์

□ สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์

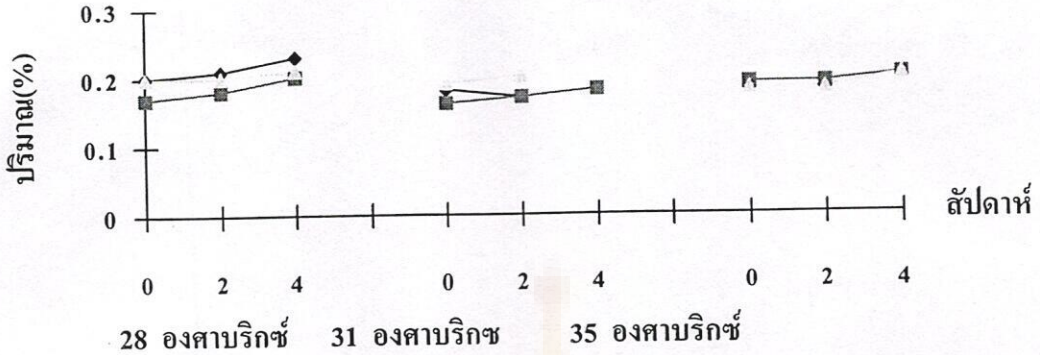
● สารละลายเกลือแคลเซียมไฮดรอกไซด์

◆ สารละลายเกลือแคลเซียมซัลเฟต

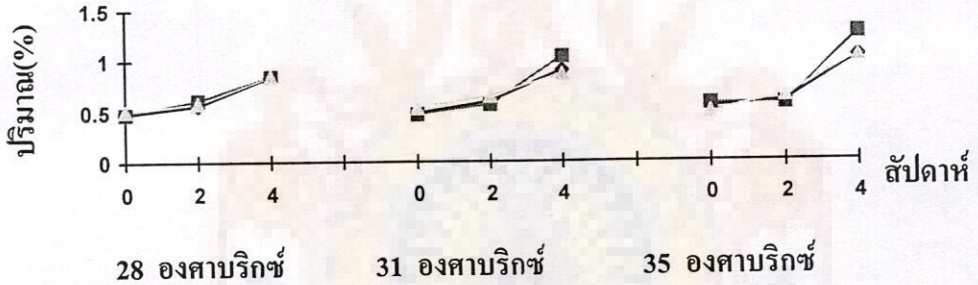
ตารางที่ 18 แสดงองค์ประกอบทางเคมีในด้านต่าง ๆ ของน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่เกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมซัลเฟต

องค์ประกอบทางเคมี	สัปดาห์ที่	ชนิดของเกลือแคลเซียมและปริมาณบริกซ์								
		28°B			31°B			35°B		
		$CaCl_2$	$Ca(OH)_2$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$Ca(OH)_2$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$Ca(OH)_2$	$CaSO_4$
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	0	3.36	3.67	3.40	3.35	3.40	3.76	3.33	3.60	3.46
	2	3.40	3.70	3.42	3.40	3.41	3.77	3.37	3.60	3.46
	4	3.42	3.86	3.45	3.41	3.76	3.81	3.40	3.63	3.49
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้	0	22.2	21.8	22.5	26.0	25.8	26.0	28.2	28.2	28.2
	2	22.2	22.7	22.4	25.8	25.8	26.1	28.0	28.5	28.2
	4	22.0	22.5	22.4	25.5	25.7	26.0	28.0	28.4	28.0
ปริมาณกรดซิตริก	0	0.20	0.17	0.20	0.18	0.16	0.19	0.18	0.19	0.18
	2	0.21	0.18	0.20	0.17	0.17	0.20	0.18	0.19	0.18
	4	0.23	0.20	0.21	0.18	0.18	0.24	0.20	0.20	0.20
ปริมาณกรดแอสคอร์บิก	0	0.48	0.48	0.51	0.48	0.46	0.53	0.53	0.56	0.48
	2	0.56	0.61	0.58	0.59	0.56	0.64	0.58	0.56	0.63
	4	0.84	0.84	0.84	0.90	1.03	0.86	1.02	1.26	1.02
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	0	18.0	17.2	18.2	18.5	19.0	19.17	20.01	20.0	20.37
	2	15.6	15.3	16.1	16.0	16.4	16.49	17.40	18.2	18.60
	4	14.0	13.7	13.9	14.1	14.02	13.78	14.53	13.98	14.37
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	0	5.23	6.0	5.80	6.5	6.04	7.30	7.1	6.01	7.50
	2	5.20	5.01	5.43	6.01	5.9	6.01	6.4	5.30	6.20
	4	4.0	4.31	4.01	4.45	4.5	4.5	4.43	4.41	4.57

จากตารางที่ 18 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่เกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต แล้วทำการรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของเกลือแคลเซียมทั้งสามชนิดที่ทุกองศาบริกซ์มีแนวโน้มลดลง เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความหวาน 31 องศาบริกซ์ ที่เก็บรักษาไว้ 0, 2 และ 4 สัปดาห์ มีค่าของของแข็งที่ละลายได้ 26.0, 25.8 และ 25.5 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรดด่าง, ปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก), ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของเกลือแคลเซียมทั้ง 3 ชนิด ที่ทุกองศาบริกซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 31 องศาบริกซ์ มีค่าความเป็นกรดด่างที่ 0, 2 และ 4 สัปดาห์ เท่ากับ 3.76, 3.77 และ 3.81 ตามลำดับ ซึ่งค่าความเป็นกรดด่างนี้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะมีมากกว่าแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมซัลเฟต เนื่องมาจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถแตกตัวให้แคลเซียมอิออนมากที่สุด ปริมาณกรด(ในรูปกรดซิตริก) และปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่เพิ่มขึ้นมีผลในการช่วยป้องกันการเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลในมังคุดกระป๋อง (ดังแสดงในภาพที่ 10 และ 11) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลง (ดังแสดงในภาพที่ 12 และ 13) เนื่องจากเกิดการแพร่จากในน้ำเชื่อมไปสู่ในเนื้อมังคุด เช่น $CaSO_4$ ที่ระดับความหวาน 35 องศาบริกซ์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ที่ 0, 2 และ 4 สัปดาห์ เท่ากับ 20.37, 18.60 และ 14.31 ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 7.50, 6.20 และ 4.57 ตามลำดับ เป็นต้น



รูปที่ 9 แสดงปริมาณกรดซิตริกของน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง ที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์

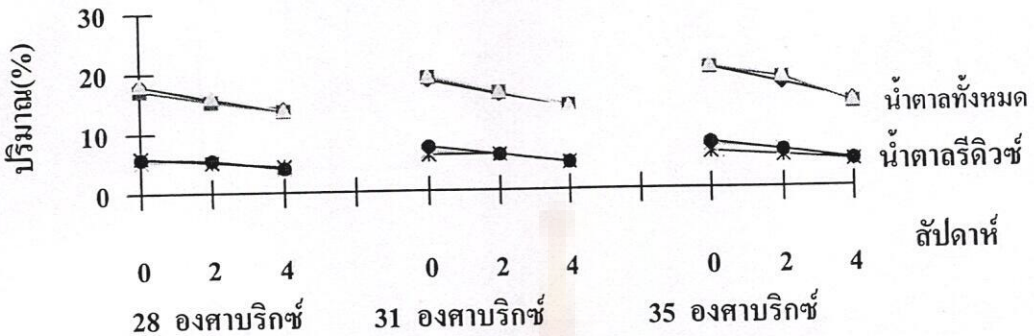


รูปที่ 10 แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิกของน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และ แคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์

□ สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์

● สารละลายเกลือแคลเซียมไฮดรอกไซด์

◆ สารละลายเกลือแคลเซียมซัลเฟต



รูปที่ 11 แสดงปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์มังคุดกระป๋อง ที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความหวาน 28, 31 และ 35 องศาบริกซ์ แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์

□ สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์

● สารละลายเกลือแคลเซียมไฮดรอกไซด์

◆ สารละลายเกลือแคลเซียมซัลเฟต

5. ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

ตารางที่ 19 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมังคุดกระป๋อง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ 4 สัปดาห์ ในด้านความหวานและการใช้เกลือแคลเซียมชนิดต่าง ๆ

Analysis	TREATMENT								
	$CaCl_2$			$Ca(OH)_2$			$CaSO_4$		
	28	31	35	28	31	35	28	31	35
สี	6.93^{ns}	7.4^{ns}	7^{ns}	6.87^{ns}	7.07^{ns}	6.6^{ns}	7.27^{ns}	7.07^{ns}	7.2^{ns}
กลิ่น	6.87^{ns}	6.47^{ns}	6.47^{ns}	6.8^{ns}	6.47^{ns}	6.6^{ns}	6.33^{ns}	6.27^{ns}	6.73^{ns}
รสชาติ	6.2^{ns}	6.67^{ns}	6.53^{ns}	7^{ns}	7.2^{ns}	6.87^{ns}	6.8^{ns}	6.70^{ns}	6.6^{ns}
ความแน่นแข็ง	5.8^{d}	6.2^{bc}	6.4^{abc}	6.67^{abc}	7.67^{a}	7.47^{ab}	5.67^{d}	6^{d}	6.33^{bc}
การยอมรับรวม	6.53^{b}	6.8^{ab}	6.67^{ab}	6.73^{b}	7.47^{a}	6.93^{ab}	6.73^{b}	6.53^{b}	6.93^{ab}

จากตารางที่ 19 แสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของมังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อม ที่อายุการเก็บรักษา4 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ในเรื่องของสี กลิ่น รสชาติ แต่จะแตกต่างกันในด้านการยอมรับรวม ซึ่งการใช้สารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ความหวาน 31 องศาบริกซ์ จะได้คะแนนการยอมรับสูงที่สุด แต่จะแตกต่างกันในเรื่องความแน่นแข็ง ซึ่งการแช่ในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ระดับความหวาน 31 องศาบริกซ์จะได้คะแนนการยอมรับสูงสุด

สรุปผล

1. จากการศึกษาพบว่ากรรมวิธีที่เหมาะสมในขบวนการผลิตจะต้องเลือกมังคุดที่มีสีน้ำตาลแดง - แดง และทำการลวกเพื่อช่วยให้ปอกเปลือกง่าย

2. จากการศึกษาองค์ประกอบภายนอกและภายในของมังคุด พบว่า มีคุณภาพใกล้เคียงมาตรฐานที่กำหนดของอาหารกระป๋อง

3. เนื้อมังคุดที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟต เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่า แคลเซียมคลอไรด์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นจาก 21.0 - 29.8 , 13.80 - 19.80 % และ 4.20 - 6.70 % ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดด่าง, ปริมาณกรด และปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงจาก 3.47 - 3.35 , 3.39 - 0.78 % และ 1.05 - 0.78 mg/100 g เนื้อมังคุด ตามลำดับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ , ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ เพิ่มขึ้นจาก 21.1 - 30.0, 13.7 - 19.2 % และ 4.5 - 6.2 % ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดด่าง, ปริมาณกรดและกรดแอสคอร์บิก ลดลงจาก 3.86 - 3.60 , 0.26 - 0.20 % และ 1.32 - 0.78 mg/100 g เนื้อมังคุด ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นจาก 21.1 - 29.7 , 13.9 - 19.5 % และ 4.2 - 7.0 % ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดด่าง, ปริมาณกรดและกรดแอสคอร์บิก ลดลงจาก 3.59 - 3.10 , 0.24 - 0.20 % และ 1.19 - 0.78 mg2100g เนื้อมังคุด ตามลำดับ

4. น้ำเชื่อมในเนื้อมังคุดกระป๋องที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือทั้ง 3 ชนิด แล้วเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 2 ปละ 4 สัปดาห์ พบว่า แคลเซียมคลอไรด์, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงจาก 28.2 - 22.0 , 20.01 - 14.00 % และ 2.1 - 4.0 % ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดด่าง, ปริมาณกรดและกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้นจาก 3.33 - 3.42, 0.18 - 0.23 % และ 0.48 - 1.02 mg/100 g เนื้อมังคุด ตามลำดับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงจาก 28.2 - 22.5, 20.0 - 13.7 % และ 6.04 - 4.31 % ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดด่าง,ปริมาณกรดและกรดซิตริกเพิ่มขึ้นจาก 3.40 - 3.86, 0.16 - 0.20 % และ 0.46 - 1.26 mg/100 g เนื้อมังคุด แคลเซียมซัลเฟต, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงจาก 28.2 - 22.5 ,

20.37 - 13.78 % และ 2.50 - 4.01 % ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดด่าง, ปริมาณกรดและกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้นจาก 3.45 - 3.81, 0.18 - 0.24 % และ 0.48 - 1.02 mg/100 g เนื้อมังคุด ตามลำดับ

5. การตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของมังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการทดสอบทางสถิติแบบ CRD พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระดับความหวาน 31 องศาบริกซ์ รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระดับความหวาน 35 องศาบริกซ์ , แคลเซียมซัลเฟต ที่ระดับความหวาน 35 องศาบริกซ์ , แคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความหวาน 31 องศาบริกซ์ และ แคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความหวาน 35 องศาบริกซ์ ตามลำดับ -

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีเครื่องมือในการปอกเปลือกมังคุดที่เหมาะสมและทันสมัย
2. เลือกมังคุดที่มียางน้อยและมีความสุกในระดับต่าง ๆ
3. ในการลวกอาจมีการเติมสารเคมีในน้ำลวก หรือทำการลวกในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

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

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

กองส่งเสริมพืชสวน. 2534. ปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้เพื่อการส่งออก. กรมส่งเสริมวิชาการเกษตร. หน้า 62.

เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ. 2530. การปรับปรุงคุณภาพมังคุด. ว. เคหการเกษตร. 11: 72-75.

กวิศน์ วานิชกุล. 2536. 35 คำถามกับการปลูกมังคุด. ว.เกษตรก้าวหน้า. 8: 1-26

กวิศน์ วานิชกุล. 2522. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวมังคุด. ปัญหาพิเศษปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

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

ทวีศักดิ์ วัฒนกุล. 2532. มังคุด : ราชินีแห่งผลไม้. ว.ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร เมษายน-กันยายน : 28-52.

ประสาร สวัสดิ์ชิตัง. 2538. การเกิดสีน้ำตาลของอาหารและการควบคุมป้องกัน. ว. อาหาร กันยายน - ธันวาคม : 160-169.

ประสิทธิ์ อติวีรกุล. 2527. เทคโนโลยีของผักและผลไม้. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ไพโรจน์ ผลประสินธิ์, ตวงพร สุนทรมงคล และเกรียงศักดิ์ พฤกษากิจ. 2519. การศึกษาเกี่ยวกับการแข็งตัวของเปลือกมังคุด. รายงานการค้นคว้าวิจัยปี 2519. กรมวิชาการเกษตร.

รัศมี ศุภศรี. 2535. สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ. อาหาร. 22:43-48.

วรรณา ตุลยธัญ, สุวรรณา สุกิมารส, อรทัย สุขเจริญ และสุภาพรรณ ตุลยพิรุฬหศิลป์. 2532. การสกัดแอนโธไซยานินจากเปลือกมังคุด. อาหาร 19 : 25-32.

วัลลภา ธีรภาวะ, ภคิณี อัครเวสสะพงศ์, ถนอม สุขเจริญ, วารุณี ธนะแพสย์ และดารา พวงสุวรรณ. 2524. โรคและวิธีการเก็บรักษามังคุดหลังเก็บเกี่ยว. รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2524. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 25.

วัลลภา ธีรภาวะ, วารุณี ปรีย์มาโนช, ชัยรัตน์ กระตุฤกษ์ และดารา พวงสุวรรณ. 2529. การศึกษาวิจัยปรับปรุงคุณภาพของมังคุดเพื่อการส่งออก. รายานผลการวิจัย กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

วัลลภา ธรภาวะ, วารุณี ปรีย์มาโนช, ชัยวัฒน์ กระตุฤกษ์ และ ดารา พวงสุวรรณ. 2531. การศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของมังคุดเพื่อการส่งออก. เอกสารเผยแพร่. กลุ่มงานวิจัยโรคพืชผลิตผลเกษตร กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร

ศิวพร ศิวเวชช. 2524. วัตถุเจือปนในอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์. 2533. เครื่องมือเก็บเกี่ยวมังคุดแบบปิด (กวศ.). ว.กสิกร 63 (1) : 46-52 เอกสารเศรษฐกิจการเกษตรเลขที่ 13/2532 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. หน้า 1-149.

สมสุข ศรีจักรวาฬ, เสียงใส พิริยายนฤนต์, ปราโมทย์ เกิดศิริ และ นพรัตน์ หยัดจันทร์. 2524. การเกิดเปลือกแข็งของผลมังคุด. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2524. กองพืช สวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 18.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2529. ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด. เอกสารเผยแพร่. ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.

สุธี อึ้งวิศิษฐ์วงค์. 2527. การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเงาะกระป๋อง ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

หลวงบุเรศบำรุงการ. 2518. การปลูกมังคุดและละมุดฝรั่ง. สำนักพิมพ์แพร่วิทยา. กรุงเทพฯ.

A.O.A.C. 1980 Offical method of analysis of the association of offical analytical chemiats , Washington , D.C.

Anon. 1952. The Merck Index of Chemical and Drugs. 6th ed. Merck and co. Inc , New York.

Braverman , J.B. and S.A. Goldblith. 1963. Pectic Substances , the Introduction to the Biochamistry of Food. E1 sevier Publishing Company London.

Collins , J.L. and R.C. Wiley. 1963. Influene of added Calcium salts on texture of thermal - prosessed apple slice - Univ Maryland Agr. Exp. Sta. Maryland.

Cornel , E.R. 1983. Promising Fruits of the Philippines. College of Agriculture ·Univ. of Philippines-pp. 307-321.

De man , J.M. 1967. Rheology and Texture Food Quality. The AVI Publishing Company , Inc. , Westport Connecticut.

Durocher , J. and G. Roshis. 1949. Official de la Conserve 4: 25 In เทคโนโลยีของผักและผลไม้ แต่งโดยประสิทธิ์ อติวีระกุล 2527. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

Holgate , k. and Z.I. Kertesz. 1949. J. Fruit Food. 28(2) : 37. In เทคโนโลยีของผัก ·และผลไม้ แต่งโดยประสิทธิ์ อติวีระกุล 2527. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

Horticultural Crop Promotion Division. 1993. Thai Fruit Product. Department of Agricultural Extension. pp 62.

Labelle , R.L. 1971. Heat and Calcium treatments for Firming Red Tart Cheeries in a hot-fill process. J. Food Sci. 36 : 323-326

Langdon , T.T. 1987. Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents. Food Technol. 54 : 64-67

Martin , F.W. 1980. Durian and Mangosteen. In Tropical and Subtropical Fruits. (ed. Nagy, S. and Shaw , P.E.) pp. 407-411. Connecticut : The AVI Publishing Co., Inc.

McEvily, A.J. Iyengar , R., and Otwell , W.S. 1992. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. Crit. Rev. Food Sci. Nutri. 32 : 253-273.

Sapers, G.M. 1993 Browning of food : Control by sulfites, antioxidant and other means. Food Technol. 46 : 75-84.

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

Van Buren , J.P. 1968. Adding calcium to snap beens at different stages in processing: Calcium uptake and texture of the canned product. Food Technol. 22(6) : 132-135 In : เทคโนโลยีผักและผลไม้ โดยประสิทธ์ อติวีระกุล. 2527. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Yoshikawa , M., Harada , E., Miki , A., Tsukamoto , K., Si Qian Liang, Yamahava , J. and Murakami , N. 1994. Antioxidant constituents from the fruit of mangosteen. (Garcinia mangostana L.) originating in Vietnam. J. of the Pharmacevtical Society of Japan. 114 : 129-133.

Zemel , G.P. , Sims , C.A. , Marshall , M.R. and Balaban , M. 1990. Low PH inactivation of polyphenol oridase in apple juice. J. Food Sci. 55 : 562-563

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

1. การหาปริมาณความชื้น

วิเคราะห์โดยใช้ ตู้อบความชื้นสูญญากาศ

วิธีการ

อบจานหาความชื้นชนิดอลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ถึง 110 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็น ในเดสิเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักจานและฝาปิดให้ได้น้ำหนักแน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักคงที่แน่นอนใส่ในจานอลูมิเนียมประมาณ 1 - 3 กรัม นำไปอบในตู้อบสูญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศษเวลเซียส นานประมาณ 4 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในเดสิเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนักแน่นอน ทำการอบซ้ำครั้งละ 30 นาที และชั่งน้ำหนักจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณร้อยละของความชื้นของตัวอย่างอาหาร

$$\text{ปริมาณความชื้นร้อยละของน้ำหนัก} = 100\,(w - w) \Big/ (w_1 - w)$$

เมื่อ w คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมพร้อมฝาปิดเป็นกรัม

เมื่อ w_1 คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบเป็นกรัม

เมื่อ w_2 คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบเป็นกรัม

2. การหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก

โดยการไตเตรตกับสารละลายด่างมาตรฐาน 0.1 นอร์มอล (Ranganna, 1977)

สารเคมีและการเตรียม

1. ฟีนอฟทาลีน ใช้เป็นอินดิเคเตอร์
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร และหาความเข้มข้นมาตรฐานของโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยโปตัสเซียมแอซิดพาทาเลท ($KHC_8H_4O_4$)

วิธีการ

ไปเปตตัวอย่างเนื้อมังคุด 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 มิลลิลิตร ทำการไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน 0.1 นอร์มอล

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)} = \frac{\text{ไทเทอร์} \times N \times 64 \times 100}{\text{มล.ของตัวอย่าง} \times 1000}$$

เมื่อ N = นอร์มอลของโซเดียมไฮดรอกไซด์

3. การหาปริมาณกรดแอสคอร์บิก

โดย 2, 6 - dichlorophenol Visual titration method (Rangana, 1977)

หลักการ

กรดแอสคอร์บิกจะรีดิวซ์ indicator dye (2,6 - dichlorophenol) ให้เป็นสารที่ไม่มีสีที่จุดยุติ 2, 6 - dichlorophenol ที่เหลือจะปรากฏเป็นสีชมพูในสารละลายกรดแอสคอร์บิกโดยรักษาความเป็นกรดปฏิกริยา และหลีกเลี่ยงการเกิด autooxidation ของกรดแอสคอร์บิกที่ความเป็นกรดด่างสูง ๆ

อุปกรณ์

1. ปีเปต ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์ ขนาด 100 และ 125 มิลลิลิตร
3. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 25 และ 100 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร
5. ไมโครบิวเรตต์ ขนาด 1 มิลลิลิตร
6. กระดาษกรองเบอร์ 4

สารเคมีและการเตรียม

1. กรดออร์โทฟอสฟอริก (ortho-phosphoric acid 85 %) เข้มข้นร้อยละ 3
   - ชั่งกรดออร์โทฟอสฟอริก 30 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

2. กรดแอสคอร์บิกมาตรฐานเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

- ชั่งแอล-กรดแอสคอร์บิก น้ำหนักแน่นอน 25 มิลลิกรัม
- เติมกรดออร์โทฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 และปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร
- ไปเปตสารละลายข้างต้นมา 10 มิลลิลิตร เจือจางด้วยกรดเมตาฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3. สารละลายสี 2,6 - dichlorophenol indophenol

- ชั่ง 2,6 - dichlorophenol sodium salt 50 มิลลิกรัม
- ละลายในน้ำกลั่นต้มเดือด 150 มิลลิลิตร ซึ่งมีโซเดียมไบคาร์บอเนตอยู่ 42 กรัม
- ทำเย็นและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 200 มิลลิลิตร
- เก็บไว้ในตู้เย็นและปรับปริมาตรใหม่ทุกครั้งที่ใช้

<u>วิธีการ</u>

1. การปรับมาตรฐานสี (หา dye factor)

- ไปเปตกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน 5 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร (ทำ 3 ซ้ำ)
- เติมกรดออร์โทฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ลงไป 5 มิลลิลิตร
- เติมสารละลายสาร ใน ไมโครบิวเรตต์ 2,6-dichlorophenol indophenol
- ไทเตรตกรดแอสคอร์บิกมาตรฐานด้วย indophenol จนเกิดสีชมพูนาน 15 วินาที อ่านปริมาตรของ 2,6 - dichlorophenol indophenol ที่ใช้
- คำนวณ dye factor คือ ปริมาตร (มิลลิลิตร) ของกรดแอสคอร์บิกที่ทำปฏิกริยาพอดีกับ 1 มิลลิลิตร ของ indophenol โดย

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

2. การเตรียมตัวอย่างมังคุด

- ชั่งเนื้อมังคุด 18 - 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
- เติมกรดออร์โทเมตาฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ลงไป 50 มิลลิลิตร

- ตีป่นใน syomacher นาน 2 นาที
- ปรับปริมาตรด้วยกรดออร์โทฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ให้เป็น 100 มิลลิลิตร
- กรองด้วยกระดาษทรายเบอร์ 4

3. การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิก
   - ไปเปตตัวอย่างที่กรองแล้วมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร (ทำ 3 ซ้ำ)
   - เติมกรดออร์โทฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ลงไป 5 มิลลิลิตร
   - ไทเตรตด้วย indophenol จนได้สีชมพูนาน 15 วินาที (ปริมาตรที่ใช้ไม่ควรเกิน 3 - 5 มิลลิลิตร)
   - ไทเตรต blank โดยใช้กรดออร์โทฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 แทนตัวอย่าง

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (มก./100ก.เนื้อมังคุด)} = \frac{\text{ไทเทอร์ x dye factor x มล.ที่ปรับ x 100}}{\text{มล. ตัวอย่างที่ใช้ x น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

4. การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด

โดย Lane and Eynon Volumetric method (ดัดแปลงจาก A.O.C.A.C., 1990)

<u>อุปกรณ์</u>

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ปิเปต ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
3. บิวเรตต์ ขนาด 25 มิลลิลิตร
4. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร
5. เตาให้ความร้อน (hot plate)
6. กระดาษกรองเบอร์ 1 และ เบอร์ 4

สารเคมีและการเตรียม

1. สารละลายเฟ-ลิง A
   - ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต เพนตาไฮเดรต ($CuSO_4$) 69.28 กรัม
   - ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
   - กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4
2. สารละลายเฟลิง- B
   - ชั่งโปตัสเซียมโซเดียมทาเทรต เตตราไฮเดรต ($KNaC_4H_4O_6.4H_2O$) หนัก 346 กรัม
   - ละลายในน้ำกลั่น
   - เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม
   - ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร
3. Methylene blue 1 เข้มข้นร้อยละ 1
   - ละลาย Methylene blue 1 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
4. Neutral lead acetate solution เข้มข้นร้อยละ 10
   - ละลาย neutral lead acetrate 50 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร
5. potussium oxalate solution เข้มข้นร้อยละ 10
   - ละลาย potussium oxalate 50 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร
6. Standard dextrose solution
   - ชั่ง pure anhydrous dextrose ให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1.5 กรัม
   - ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

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 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- ใส่สารละลาย dextrose จากบิวเรตต์ 15 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและต้มให้เดือดโดยเร็ว นาน 15 วินาที
- เติม methylene blue 1-2 หยด (ถ้าไม่เกิดสีน้ำเงินแสดงว่า dextrose มากเกินไป) ไตเตรตจนสีน้ำเงินหายไป ขณะไตเตรตภายในขวดรูปชมพู่ต้องเดือดและเขย่าให้เข้ากันตลอดเวลา
- อ่านปริมาตรของ dextrose (มิลลิลิตร) ที่ใช้

1.2 Accurate method

- ไปเปตสารละลายเฟ-ลิง A และ B มาอย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- ใส่สารละลาย dextrose จากบิวเรตต์ 15 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ให้ปริมาตรน้อยกว่าจุดยุติประมาณ 1 มิลลิลตร
- เขย่า ต้ม ให้เดือดโดยเร็ว และสม่ำเสมอ นาน 2 นาที
- เติม methylene blue 1-2 หยด
- ไตเตรต โดยปล่อยครั้งละ 2-3 หยด ให้ถึงจุดยุติภายในเวลา 1 นาที (ขณะไตเตรต สารละลายในขวดรูปชมพู่ต้องเดือดตลอดเวลา และเขย่าให้เข้ากันเสมอ)
- อ่านปริมาตรของ dextrose (มิลลิลิตร) ที่ใช้
- คำนวณค่า factor ของสารละลาย เฟ-ลิง ดังนี้

factor = titer volume x g.dextrose ใน 1 มล.

2. การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

2.1 การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

- ไปเปตน้ำมังคุดที่กรองแล้วมา 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นเล็กน้อย ต้มใน water bath อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

ภาคผนวกที่ 1ก ค่า fracter และ titer

titer in ml.	Invert sugar	titer in ml.	Invert sugar
15	50.5	33	51.7
16	50.6	34	51.7
17	50.7	35	51.8
18	50.8	36	51.8
19	50.8	37	51.9
20	50.9	38	51.9
21	51.0	39	52.0
22	51.0	40	52.0
23	51.1	41	52.1
24	51.2		52.1
25	51.2		52.2
26	51.3		52.2
27	51.4	45	52.3
28	51.4	46	52.3
29	51.5	47	52.4
30	51.5	48	52.4
31	51.6	49	52.5
32	51.6	50	52.5

ที่มา : Ruck

รายงานการผลิตมังคุดกระป๋อง

ปริมาณมังคุดที่ใช้	40 kg	ราคา	720 บาท
ปริมาณน้ำตาลที่ใช้	8 kg	ราคา	96 บาท
ปริมาณกรดซิตริกที่ใช้	0.0555 kg	ราคา	24.67 บาท
ปริมาณเกลือแคลเซียมที่ใช้	0.03 kg	ราคา	11 บาท
จำนวนกระป๋อง	54 กระป๋อง	ราคา	216 บาท
ค่าแรงและเชื้อเพลิง (ร้อยละ 30)		ราคา	320.30 บาท

ราคาต้นทุนการผลิต 1,388 บาท

จำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	54	กระป๋อง
บรรจุกระป๋องละ	219	กรัม
ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย	26	บาท
ราคาจำหน่าย/หน่วย	55	บาท

ในการผลิตในอุตสาหกรรมจะผลิตเป็นจำนวนมาก ถ้าผลิต 1,000 กระป๋อง จะมีต้นทุน

ปริมาณมังคุดที่ใช้	800 kg	ราคา	14,400 บาท
ปริมาณน้ำตาลที่ใช้	148 kg	ราคา	1,776 บาท
ปริมาณกรดซิตริกที่ใช้	0.1028 kg	ราคา	45.695 บาท
ปริมาณเกลือแคลเซียมที่ใช้	0.556 kg	ราคา	203.7 บาท
จำนวนกระป๋อง	1000 กระป๋อง	ราคา	4,000 บาท
ค่าแรงและเชื้อเพลิง (ร้อยละ 30)		ราคา	6,127.6 บาท

ราคาต้นทุนการผลิต 26,553

ต้นทุนการผลิต / หน่วย 27 บาท