

การทดลอง

การศึกษานี้ได้ทดลองผลิตน้ำมะขามเปียกเข้มข้น ๒ ชนิดด้วยกัน คือ

๑. น้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดมีเนื้อ เป็นน้ำมะขามเปียกที่ทำให้เข้มข้นโดยยังมีเนื้อ (pulp) ของมะขามเปียกอยู่ โดยทดลองทำให้มีความเข้มข้น ๓ ชนิด คือชนิด ๒๗ องศาบริกซ์, ๓๐ องศาบริกซ์ และ ๓๓ องศาบริกซ์
๒. น้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดไม่มีเนื้อ เป็นน้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดที่แยกเอาเยื่อของมะขามเปียกออกหมด แล้วนำมาทำให้เข้มข้นถึง ๒๒ องศาบริกซ์

เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต

เครื่องมือหลักที่ใช้ในการผลิตในการทดลองนี้ได้แก่

เครื่องเซนตริฟิวจ์ (Nozzle-type Centrifuge)

เครื่องระเหยน้ำแบบหมุนที่ความดันต่ำ (Rotary Vacuum Evaporator)

เครื่องตีเยื่อ (Pulper)

เครื่องเซนตริฟิวจ์

ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเซนตริฟิวจ์ ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ ๓ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ ๕ ส่วนคือ หม้อใส่ตัวอย่าง (หมายเลข ๑), กอกไขตัวอย่าง (หมายเลข ๒), ตัวเซนตริฟิวจ์ (หมายเลข ๓), มอเตอร์ (หมายเลข ๔), และท่อทางออก (หมายเลข ๕)

ตัวอย่างจะถูกใส่ลงในหมายเลข ๑ และควบคุมการไหลด้วยหมายเลข ๒

และเนื้อเยื่อจะถูกแยกออกในหมายเลข ๓ ซึ่งหมุนด้วยความเร็วโดยปรับที่หมายเลข ๔ ส่วนตัวอย่างใส่ที่แยกเนื้อเยื่อออกแล้ว จะออกมาตามท่อในหมายเลข ๕

เครื่องระเหยน้ำแบบหมุนที่ความดันต่ำ

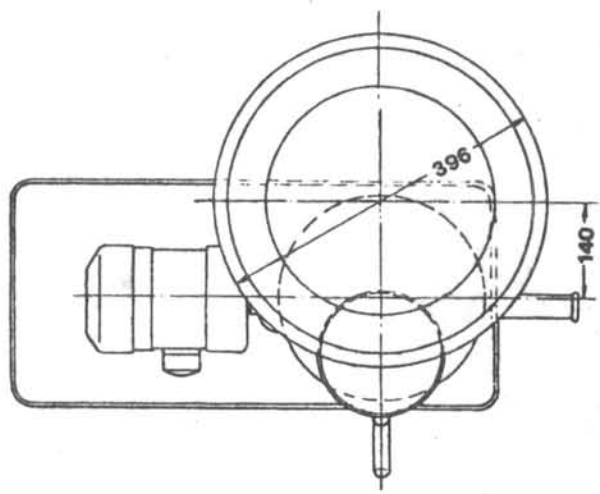
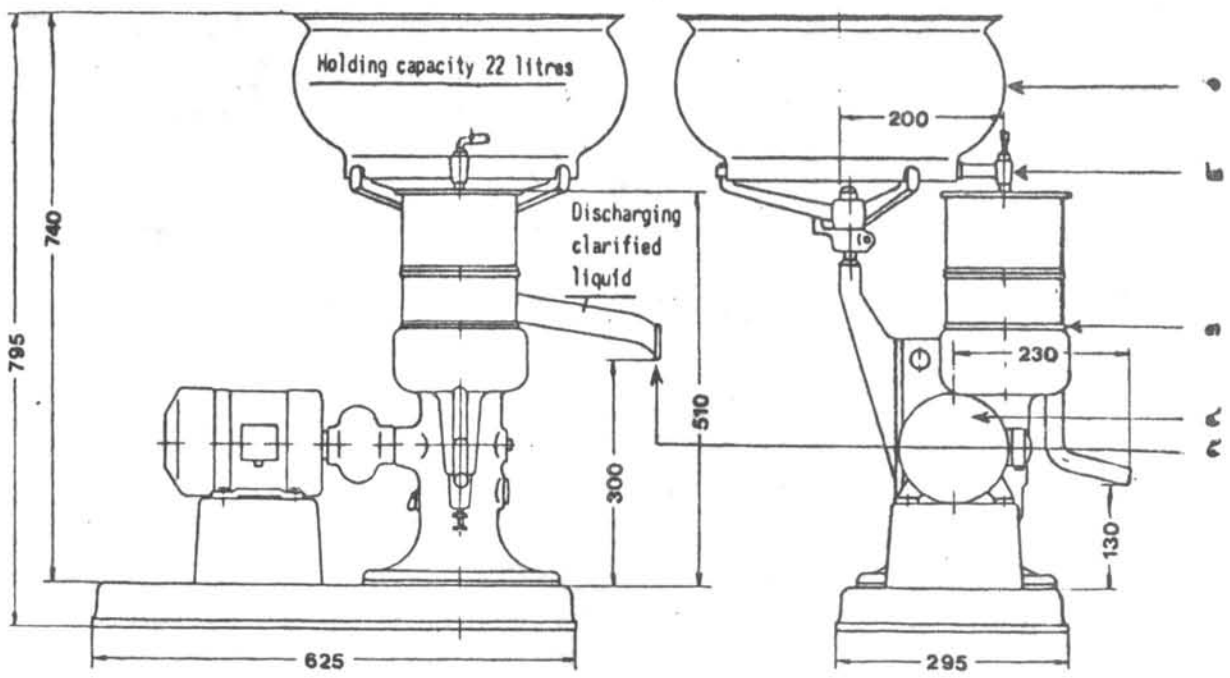
ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องระเหยน้ำแบบหมุนที่ความดันต่ำ ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ ๕ ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๗ ส่วนคือ หลอดบรรจุตัวอย่าง (หมายเลข ๑), เครื่องควมแน่น (หมายเลข ๒), ท่อสูญญากาศ (หมายเลข ๓), แกนหมุนตามมอเตอร์ (หมายเลข ๔), ขวดรองรับสิ่งกลั่น (หมายเลข ๕), ขวดบรรจุตัวอย่าง (หมายเลข ๖), หม้อต้มน้ำไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้ (หมายเลข ๗)

อากาศในเครื่องระเหยจะถูกดูดออกทางหมายเลข ๓ ตัวอย่างจะถูกบรรจุด้วยหมายเลข ๑ ลงไปในหมายเลข ๖ ที่หมุนตามหมายเลข ๔ หมายเลข ๗ จะให้ความร้อน น้ำจะระเหยออกจากตัวอย่างขึ้นไปกลั่นตัวเป็นหยดน้ำในหมายเลข ๒ แล้วไหลลงมารวมกันในหมายเลข ๕

เครื่องตีเยื่อ

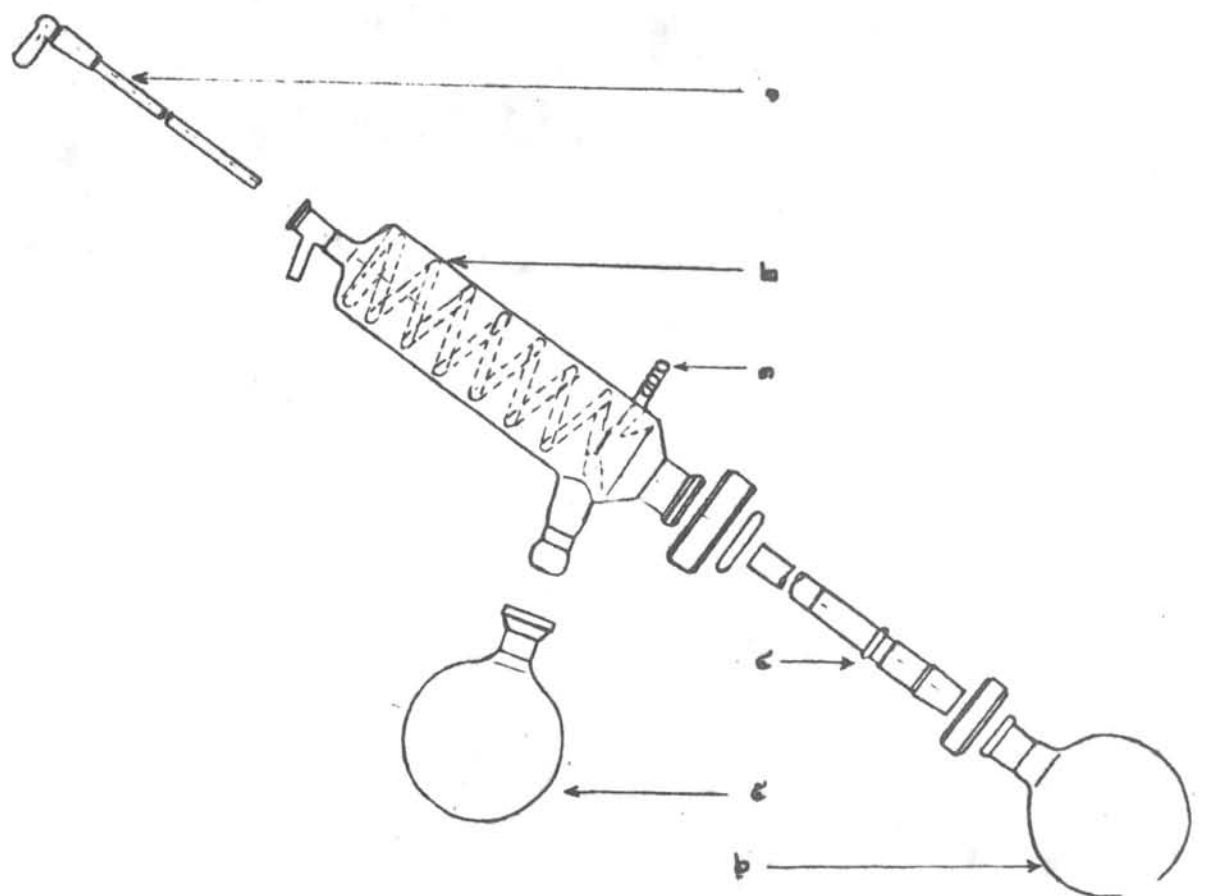
ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องตีเยื่อ ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ ๕ ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ กรวยป้อน (หมายเลข ๑), ใบพัด (หมายเลข ๒), ตะแกรงทรงกระบอก (หมายเลข ๓), ใบมีด (หมายเลข ๔), แปรง (หมายเลข ๕), ทางให้กากออก (หมายเลข ๖), ทางให้ผลิตภัณฑ์ไหลออก (หมายเลข ๗), และมอเตอร์ (หมายเลข ๘)

ตัวอย่างจะถูกใส่ลงในหมายเลข ๑ และถูกตีด้วยหมายเลข ๒ ผ่านไปยังหมายเลข ๓ และจะถูกดูดไปบนตะแกรงด้วยหมายเลข ๔ เนื้อเยื่อจะถูกคั้นผ่านตะแกรงด้วยหมายเลข ๕ แล้วไหลออกไปทางหมายเลข ๖ ส่วนกากจะไหลออกทางหมายเลข ๖ หมายเลข ๘ จะหมุนลูกให้หมายเลข ๒, ๔, ๕ ทำงาน



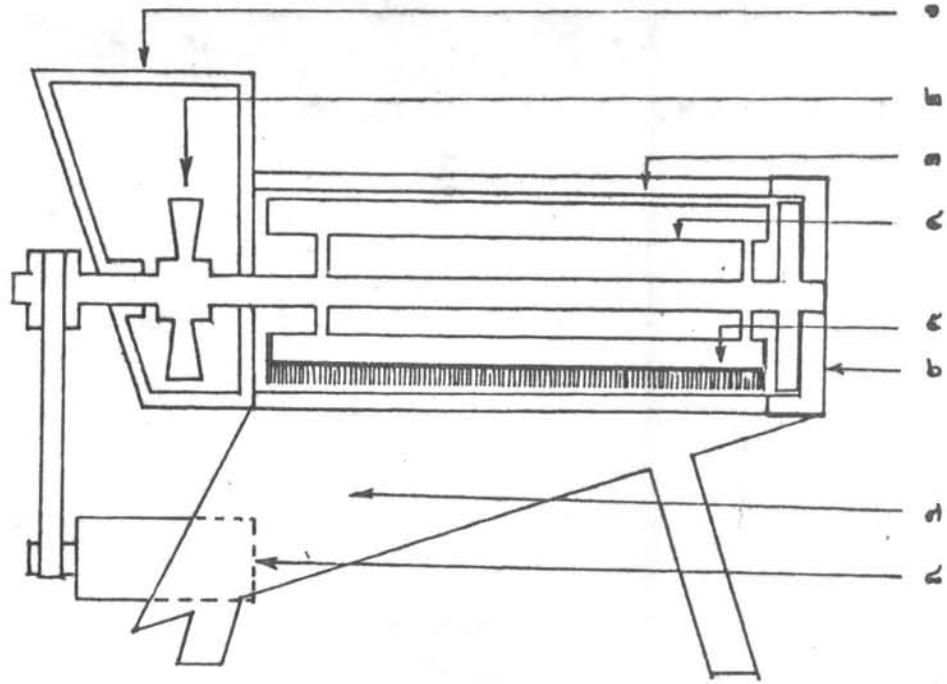
- ๑ หม้อใส่ตัวอย่าง
- ๒ กอกโชตัวอย่างออก
- ๓ หัวเซนทริฟิวจ์
- ๔ มอเตอร์
- ๕ ท่อออกของตัวอย่างใสที่แยกเป็น
ออกแล้ว

ภาพที่ ๑ แสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเซนทริฟิวจ์ (Nozzle-type Centrifuge)



- ๑ หลอดบรรจุตัวอย่าง
- ๒ เครื่องควมแน่น
- ๓ ท่อสูญอากาศ
- ๔ แกนหมุน
- ๕ ขวกรอง รับสิ่งกลัน
- ๖ ขวคบรรจุตัวอย่าง
- ๗ หม้อต้มน้ำไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้

ภาพที่ ๔ แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องระเหยน้ำแบบหมุนที่
ความดันต่ำ (Rotary Vacuum Evaporator)



- ๑ กรวยป้อน
- ๒ ใบพัด
- ๓ ตะแกรงทรงกระบอก
- ๔ ใบมีด
- ๕ แปรง
- ๖ ทางให้กากออก
- ๗ ทางให้ผลิตภัณฑ์ไหลออก
- ๘ มอเตอร์

ภาพที่ ๕ แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องตีเยื่อ (Pulper)



การผลิต

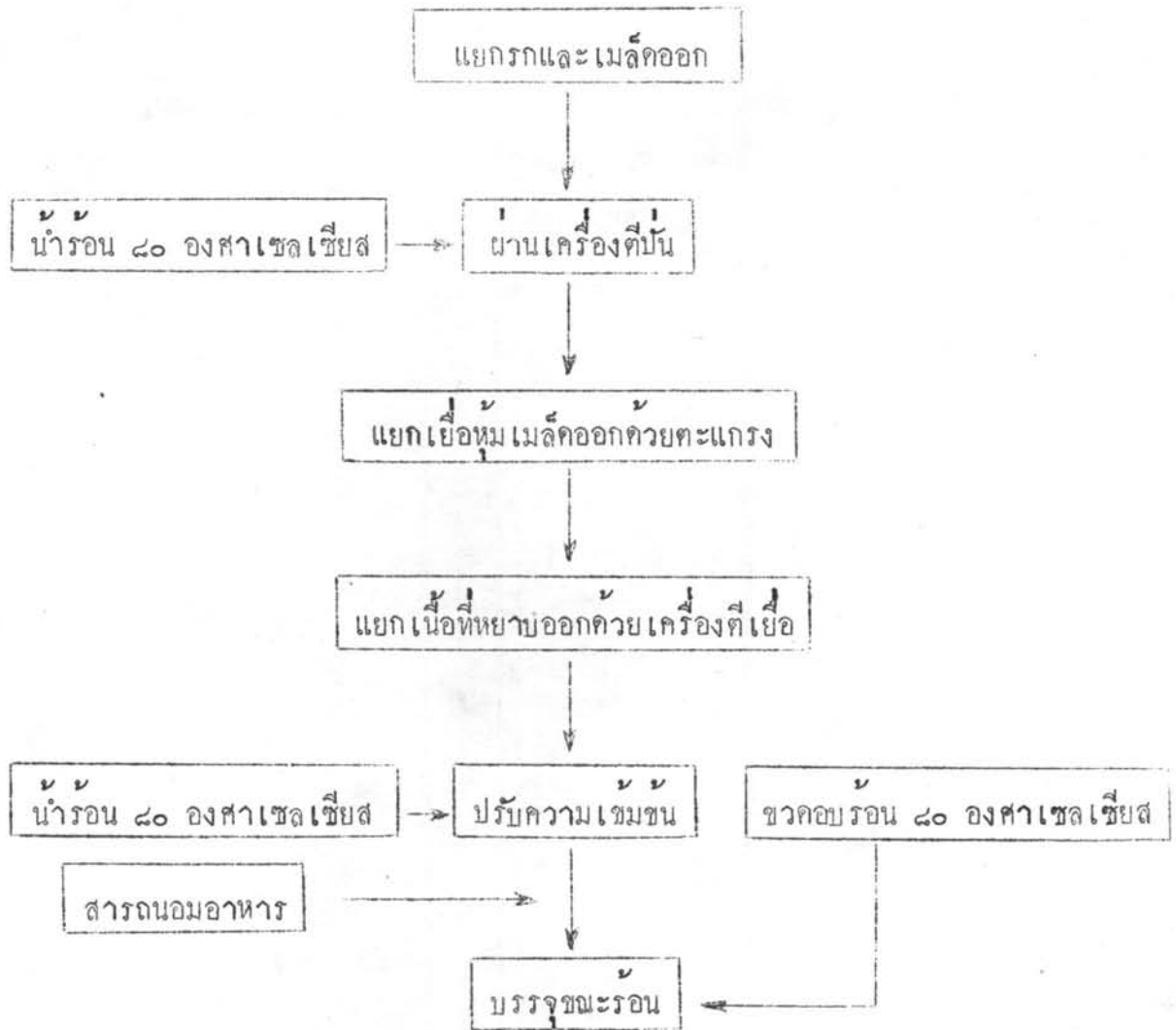
เครื่องมือ เครื่องซัง, เครื่องตีป่น, ตะแกรงลวด, เทอร์โมมิเตอร์, เครื่อง
ตีเยื่อ, เครื่องเซนตริฟิวจ์, เครื่องระเหยน้ำแบบหมุนที่ความดันต่ำ

วัตถุดิบ มะขามเปียก จากแหล่ง กาญจนบุรี (ซอจากปากคลองตลาด)
แหล่ง เพชรบูรณ์ (ซอจากปากคลองตลาด)
แหล่ง สระบุรี (นำมาจากจังหวัดสระบุรี)

น้ำร้อน ๘๐ องศาเซลเซียส
โปแตสเซียม ซอร์เบต

วิธีการ

- ก. นำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดมีเนื้อ ขั้นตอนในการผลิตได้เขียน
เป็นแผนผังไว้ตามภาพที่ ๖ ส่วนรายละเอียดของวิธีการผลิต มีดังนี้
 ๑. มะขามเปียกที่ซอมาจากตลาด จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อ
เยื่อหุ้มเมล็ด รก และมีเมล็ดปนอยู่บ้าง แต่มีบางแหล่งได้เอารกและเมล็ดออกแล้ว
ซึ่งราคาจะแพงกว่า ถ้าซออย่างชนิดที่ยังมีรกและเมล็ดปนอยู่ จำเป็นที่จะต้องนำมา
แยกรกและเมล็ดออกก่อนด้วยมือ เครื่องตีเยื่อที่ทดลองใช้ไม่สามารถแยกเมล็ดออก
มาตามต้องการได้ เนื่องจากมะขามเปียกต่างจากผลไม้ชนิดอื่นคือ มีเนื้อเยื่อมาก
เหนียว จะติดตะแกรงในเครื่อง ทำให้เครื่องตีเยื่อไม่สามารถตีแยกส่วนที่เป็น
เมล็ดและรกรอกออกมาได้ ร้อยละของรกและเมล็ดขึ้นกับความแห้งของมะขามเปียก
ที่ซอมา
 ๒. นำมะขามเปียกที่แยกรกและเมล็ดออกแล้วมาซึ่งน้ำหนัก แบ่ง
มะขามเปียกมาเข้าเครื่องตีป่นเป็นส่วน ๆ รวมกับน้ำร้อน ๘๐ องศาเซลเซียส โดย
ค่อย ๆ ผสมน้ำร้อนทีละน้อยให้มีปริมาณเพียงพอที่จะละลายป่นมะขามเปียก
 ๓. นำน้ำมะขามเปียกชั้น ๆ ที่ได้มาแยกส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มเมล็ดออก
ครึ่งหนึ่งก่อน โดยการผ่านตะแกรงหยาบธรรมดา ใช้มือช่วยคั้น



ภาพที่ ๖ แผนผังการผลิตน้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดมีเนื้อ

๔. นำส่วนที่ผ่านตะแกรงไค้มาผ่านเข้าเครื่องตีเยื่อเพื่อแยกส่วนเนื้อเยื่อหยาบ ๆ ออกอีกทีหนึ่ง เพื่อให้ไค้ น้ำมะขามเปียกเข้มข้นที่มีเนื้อเนียน

๕. นำน้ำมะขามเปียกเข้มข้นที่ไค้มาปรับความเข้มข้นโดยการวัดหาปริมาณของสารปริกซ์ด้วย Refractometer เติมน้ำให้ไค้ปริมาณปริกซ์ลดลงมาเป็น ๒๗, ๓๐ และ ๓๓ องศาปริกซ์ รวม ๓ ชนิดตามที่ต้องการ

๖. เติมน้ำโปแตสเซียมซอร์เบต เป็นสารกนอมด้วยปริมาณร้อยละ (น้ำหนัก/ปริมาตร) ดังนี้คือ ๐.๐๓, ๐.๐๖, ๐.๐๘ และ ๐.๑๐ การเติมทำโดยการนำ โปแตสเซียมซอร์เบต ที่ซึ่งหาน้ำหนักแน่นอนแล้วมาละลายด้วยน้ำเล็กน้อย เติกลงในน้ำมะขามเปียกเข้มข้นแล้วคนให้ทั่ว

๗. นำน้ำมะขามเปียกเข้มข้นที่ไค้มาทำให้ร้อน ๖๕-๗๐ องศาเซลเซียส โดยวางในอ่างน้ำร้อน แล้วคอยคนตลอดเวลาที่ทำให้ร้อน

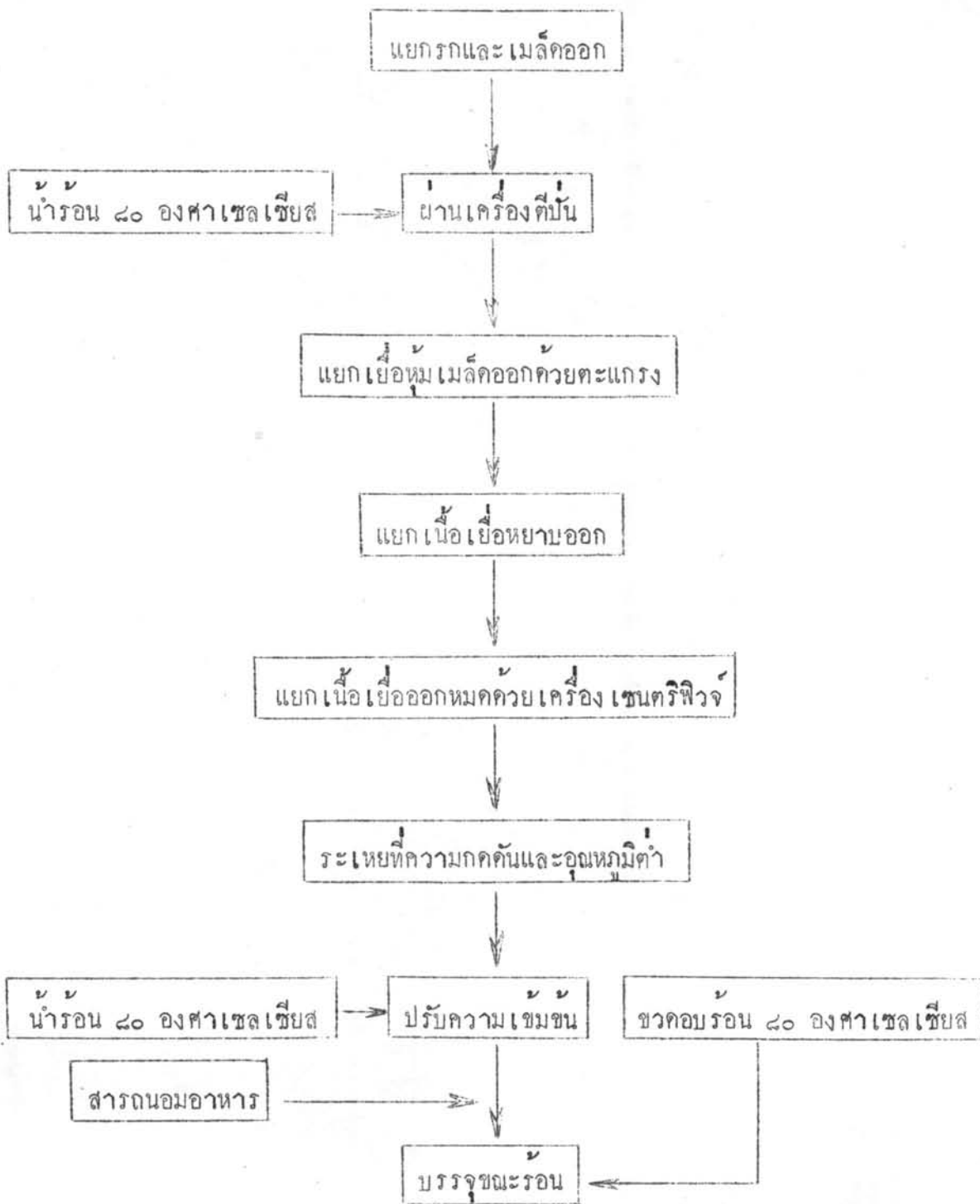
๘. บรรจุขณะร้อนลงในขวดที่อบให้ร้อนที่อุณหภูมิ ๘๐ องศาเซลเซียส ๒ ชั่วโมง

๙. น้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดไม่มีเนื้อ ขั้นตอนในการผลิตได้เขียนเป็นแผนผังไว้ตามภาพที่ ๗ ส่วนรายละเอียดของวิธีการผลิต มีดังนี้

๑. วิธีการผลิตตั้งแต่การแยกรกและเมล็ดคอกจนกระทั่งแยกเยื่อหุ้มเมล็ดคอก เหมือนวิธีการที่กล่าวไว้ในวิธีการผลิตน้ำมะขามเข้มข้นชนิดมีเนื้อ

๒. นำน้ำมะขามเปียกชั้น ๆ ที่แยกเยื่อหุ้มเมล็ดคอกแล้วมาแยกเนื้อมะขามออกครั้งหนึ่งก่อน โดยการคั้นผ่านผ้าขาวบางที่วางบนตะแกรง เนื่องจากน้ำมะขามเปียกมีเนื้อเยื่อมาก และประกอบด้วยวัตถุพวกคอลลอยด์ ซึ่งสามารถกัมน้ำไว้ได้ดี การแยกเนื้อเยื่อออกโดยวิธีตักตะกอนหรือกรองธรรมดาทำไม่ได้ การคั้นผ่านผ้าขาวบางครั้งหนึ่งก่อน จะช่วยลดปริมาณเนื้อเยื่อหยาบที่พอกแยกออกด้วยวิธีธรรมดาได้

๓. นำน้ำมะขามเปียกที่ไค้มาผ่านเข้าเครื่อง เซนทริฟิวจ์ ใช้ความเร็วประมาณ ๑๐,๐๐๐ รอบ/นาที แยกเอาเนื้อเยื่อออก และพบว่าจะต้องผ่าน



ภาพที่ ๓ แผนผังการผลิตน้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดไม่มีเนื้อ

นำมะขามเปียกเข้าเครื่องซ้ำอีกครั้งหนึ่ง นำมะขามเปียกที่ได้จึงจะใส่ปราศจากเนื้อเยื่อ

๔. นำนำมะขามเปียกใส่ที่ได้มาทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยภายใต้ความกดดันต่ำที่อุณหภูมิ ๕๕-๖๐ องศาเซลเซียส หมุนด้วยความเร็ว ๑๐๐-๑๓๐ รอบ/นาที ระเหยจนกระทั่งนำมะขามเปียกมีลักษณะข้นเหนียว ซึ่งจะมีความเข้มข้นประมาณ ๖๒ องศาบริกซ์

๕. นำมะขามเปียกเข้มข้นที่ได้ เติมน้ำปรับความเข้มข้นให้ได้ ๖๒ องศาบริกซ์

๖. เติม โปแตสเซียมซอร์เบต เป็นสารถนอมอาหารด้วย

(น้ำหนัก/ปริมาตร) ดังนี้ ๐.๐๒, ๐.๐๔ และ ๐.๐๖

๗. นำนำมะขามเปียกเข้มข้นที่ได้มาทำให้ร้อน ๖๕-๗๐ องศาเซลเซียส บรรจุลงในขวดที่อบให้ร้อน ๘๐ องศาเซลเซียส ทันที

การควบคุมคุณภาพ

เนื่องจากยังไม่เคยมีผลิตภัณฑ์นำมะขามเปียกเข้มข้นออกสู่ตลาดเลย จึงยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ขึ้น ฉะนั้น ในการทดลองนี้จึงได้ศึกษาถึงวิธีควบคุมคุณภาพด้วย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะตามที่ต้องการ และเป็นแนวทางในการวางมาตรฐานต่อไปในเมื่อมีการผลิตออกจำหน่าย ซึ่งได้กำหนดคุณลักษณะไว้เพื่อเป็นแนวทางการผลิต และควบคุมคุณภาพดังนี้คือ

คุณลักษณะที่ต้องการ

๑. ต้องทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นพอเหมาะ ไม่มีปัญหาในการเทออกจากภาชนะที่บรรจุ

๒. สำหรับนำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดมีเนื้อ เนื้อของมะขามจะต้องแขวนตัวอยู่ในน้ำมะขามได้นาน มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและเนียนน่ารับประทาน

๓. ยังคง สี กลิ่น รส ของมะขามเปียกไว้ได้และชวนบริโภค

๔. สามารถเก็บไว้ได้เป็นระยะเวลาานพอที่ผู้บริโภคจะรับประทานหมด โดยที่ยังคงสภาพเดิมอยู่

โคททดลองศึกษา และเลือกใช้เครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการผลิตน้ำมะขามเปียก
เข้มข้นให้โคคุณลักษณะตามต้องการ และโคททดลองทำน้ำมะขามเปียกที่มีความเข้มข้น
ต่าง ๆ กัน เพื่อเลือกลักษณะที่ดีที่สุด สามารถเก็บได้นานในระยะเวลาไม่ต่ำกว่า ๖ เดือน

การทดลองนี้โคแยกแหล่งที่มาของมะขามเปียก วัตถุดิบที่นำมาทำ โดยทดลอง
ใช้มะขามเปียกจาก ๓ แหล่ง เพื่อเป็นการตรวจคุณภาพของมะขามแต่ละแหล่งว่าต่างกัน
อย่างไรหรือไม่ และโคททดลองใช้มะขามเปียกคั้นสุก (แหล่งเพชรบูรณ์) กับตอนปลายจุก
(แหล่งสระบุรี, กาญจนบุรี) ซึ่งจะสังเกตเห็นสีมะขามเปียกใหม่อ่อนกว่ามะขามเปียกเก่า
มาก ในระหว่างการทำ โคควบคุม ความสะอาด น้ำหนัก ปริมาณกับอุณหภูมิของน้ำที่เติม
และปริมาณของ โปแตสเซียมซอร์เบตที่ใช้เป็นสารถนอมอาหาร เพื่อป้องกันเชื้อจุลินทรีย์
พบวามะขามแต่ละแหล่ง และแต่ละช่วงเวลาที่ใช้ใช้น้ำช่วยในการคั้นแตกต่างกัน น้ำ
มะขามเปียกเข้มข้นที่ทดลองทำสำเร็จออกมา ได้นำมาตรวจสอบคุณภาพ โดยตรวจดู
คุณสมบัติต่าง ๆ ทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ ที่คิดว่าจะเปลี่ยนแปลงไป เมื่อ
มะขามเสื่อมคุณภาพ โดยตรวจสอบคุณสมบัติเหล่านี้ทุก ๒ สัปดาห์ เป็นเวลา ๖ เดือน

การใช้โปแตสเซียมซอร์เบตเป็นสารถนอมอาหาร

น้ำมะขามเปียกเข้มข้นมีความเป็นกรดต่ำ (pH) ประมาณ ๒ และมีลักษณะข้น
แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ยาก แต่ปรากฏว่าเชื้อรายังลงไปเจริญเติบโตได้ โดยเฉพาะ
น้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดมีเนื้อ เชื้อราเจริญเติบโตได้มาก เก็บได้ประมาณ ๔-๕ วัน
ก็จะเริ่มขึ้นรา

สารถนอมอาหารที่นำมาใช้ในน้ำมะขามเปียกเข้มข้นคือ โปแตสเซียมซอร์เบต
เนื่องจากเป็นสารที่ FDA ยอมรับว่าใช้ได้อย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพที่ ใช้ได้ผลที่ปริมาณ
สูงสุดเพียงร้อยละ ๐.๑๐ เหมาะสมที่จะใช้กับผลไม้หรือน้ำผลไม้ เนื่องจากไม่มีกลิ่น รส
ที่ทำให้กลิ่น รส ของน้ำผลไม้เสีย มีประสิทธิภาพที่ความเป็นกรดต่ำของน้ำผลไม้ โดย
เฉพาะสามารถช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของ เชื้อราและยีสต์ได้ดี ซึ่งเป็นปัญหาของน้ำ
มะขามเปียกเข้มข้น ปริมาณสูงสุดของโปแตสเซียมซอร์เบต ที่กฎหมายยอมให้ใช้
คือร้อยละ ๐.๑๐

การทดลองนี้ได้ทดลองเติม โปแตสเซียมซอร์เบต ด้วยปริมาณร้อยละต่าง ๆ เพื่อหาปริมาณค่าสุกของ โปแตสเซียมซอร์เบต ที่สามารถหยุดการเจริญเติบโตของ เชื้อราในน้ำมะขามเปียกเข้มข้นที่บริษัต่าง ๆ ทั้งชนิดมีเนื้อและไม่มีเนื้อ แต่สำหรับชนิดไม่มีเนื้อ ปัญหาเรื่องรามีน้อย จะมีปัญหาเรื่องยีสต์มากกว่า และเนื่องจากมีความเข้มข้นถึง ๖๒ องศาบริกซ์ ปริมาณโปแตสเซียมซอร์เบตที่ทดลองใช้จึงน้อยกว่าอย่างชนิดมีเนื้อ ซึ่งได้ทดลองใช้ โปแตสเซียมซอร์เบตในปริมาณต่าง ๆ ตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อวิธีการผลิต

การตรวจสอบวิเคราะห์

คุณสมบัติทางกายภาพ

๑. ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายได้ (Total soluble solid)
 ตรวจสอบปริมาณโดยใช้ Hand Brix Refractometer
 อ่านค่าเป็นองศาบริกซ์
๒. ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)
 ตรวจสอบโดยใช้ Regnault pycnometer (คู่มือในภาคผนวก)
๓. สี (Colour)
 - ๓.๑ น้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดไม่มีเนื้อ ตรวจสอบโดยใช้ Spectrophotometer
 - ๓.๒ น้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดมีเนื้อ ตรวจสอบโดยใช้ Reflection Densitometer (คู่มือในภาคผนวก)
๔. ปริมาณความชื้น (Moisture Content)
 ตรวจสอบโดยใช้คูลุ่มสุญญากาศ (คู่มือในภาคผนวก)
๕. ปริมาณของแข็งรวม (Total solid)
 ปริมาณร้อยละของปริมาณของแข็งรวม
 = ๑๐๐ - ปริมาณร้อยละของปริมาณความชื้น

๖. ปริมาณเถ้า (Ash content)
ตรวจโดยใช้เตาเผา (Muffle furnace)
(ดูวิธีในภาคผนวก)

๗. การนอนกน (Sedimentation)
ใช้การสังเกต

๘. ความหนืด (Viscosity)

- ๘.๑ น้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดมีเนื้อ
ทดสอบหาโดยใช้ Falling Ball Viscometer
Ostwald-Type Viscometer
Brookfield Viscometer
Bostwick Consistometer

- ๘.๒ น้ำมะขามเปียกเข้มข้นชนิดไม่มีเนื้อ
ทดสอบโดยใช้เทคนิคการไหลผ่านหลอดแก้วฝอย
(Flow through capillary)
(ผลการทดลองอยู่ในแม่ทออีกปราย)

คุณสมบัติทางเคมี

๑. ความเป็นกรดค้าง (pH)
ตรวจวัดโดยใช้ pH-meter

๒. ปริมาณกรดที่ตีเตรตได้ (Titrable Acidity)
ใช้วิธีใน Official Method of Analysis of the
Association of Official Analytical Chemists,
1975. (ดูวิธีในภาคผนวก)

๓. ปริมาณกรดคาร์ตาริกอิสระ (Free Tartaric acid)
ตรวจหาโดยวิธีของ Lewis, Neelakantan
และ Bhatia, (1961) (ดูวิธีในภาคผนวก)

