ข้อมูลข่าวสาร วศ.

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
กช
อว 37

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

เรื่องที่ 1

การผลิตน้ำมะนาวผงโดยวิธีโฟมมิงเทคนิค

(Drying of lime juice by Foaming Technique)

นายสมหมาย แปลกลำยอง
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสารของราชการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

งานวิจัยเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม

การพลิตมะนาวพงโดยวิธีโฟมมิ่งเทคนิค

(Drying of Lime Juice By Foaming Technique)

วศ
เลขหมู่ กธ
ลว37
เลขทะเบียน 9942
วันที่ 11 พค. 44

โดย

นายสมหมาย แปลกล่ายอง

นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
วศ
.....

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

การผลิตมะนาวผงโดยวิธีโฟมมิ่งเทคนิค
(DRYING OF LIME JUICE BY FOAMING TECHNIQUE)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีผลิตน้ำมะนาวผงโดยวิธีโฟมมิ่งเทคนิค เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนมะนาวในบางฤดู ซึ่งทำให้มะนาวมีราคาแพงกว่าปกติ 1-5 เท่า และเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและต้นทุนด้านอุปกรณ์การผลิตต่ำ เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนด้านอุปกรณ์การผลิตโดยวิธีนี้กับวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า อุปกรณ์ในการผลิตโดยวิธีนี้ราคาต่ำกว่าวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยมากกว่า 5 เท่า ในการผลิตได้ทำน้ำมะนาวให้เข้มข้น 40-50 องศาบริกซ์ โดยใช้เครื่องอบลมร้อน 60 องศาเซลเซียส ตีปั่นจนมีลักษณะฟู (foam) ซึ่งต้องใช้ไข่ขาวผงหรืออัลบูมินช่วยให้เกิดลักษณะดังกล่าว อบให้แห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส และผสมสารป้องกันการเกาะกันของน้ำมะนาวผงก่อนนำไปบดละเอียด การผลิตโดยวิธีนี้ได้มะนาวผงสีน้ำตาลอ่อน รสเปรี้ยวจัด แต่ไม่มีกลิ่นมะนาว ต้องนำมาผสมกับน้ำมันจากเปลือกมะนาวซึ่งถูกดูดซับไว้ด้วยซอร์บิตอล การทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะนาวผง (เมื่อละลายน้ำ) เปรียบเทียบกับน้ำมะนาวสด พบว่าด้านความขุ่นและรสชาติไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ด้านกลิ่นและสีการยอมรับมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มะนาวผงเมื่อนำมาละลายน้ำจนมีความเข้มข้นเท่ากับน้ำมะนาวสด จะมีปริมาณวิตามินซี 4.04 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำมะนาวสดมีวิตามินซี 17.4 มิลลิกรัม/100 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากมีการสูญเสียวิตามินซีในขั้นตอนการผลิต ดังนั้นจึงควรเติมวิตามินซีให้ใกล้เคียงกับมะนาวสดก่อนนำไปจำหน่าย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ง
บทที่	
1. บทนำ	1
2. การตรวจเอกสาร	3
3. การดำเนินการวิจัย	22
4. ผลการทดลอง	25
5. วิจารณ์	30
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	34

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 แสดงส่วนประกอบของมะนาว 5

2.2 คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ยของน้ำมะนาว 6

2.3 ตัวเสถียรภาพที่ทำให้เกิดโฟมและวิธีกระจายตัว (Foam stabilizers and suggested method of dispersion) 17

4.1 ส่วนประกอบของมะนาวสด 25

4.2 การเปรียบเทียบกรรมวิธีการทำให้เข้มข้น 26

4.3 การใช้อัลบูมินและสารป้องกันการเกาะกัน 27

4.4 ผลการวิเคราะห์วิตามินซีของน้ำมะนาวสดและมะนาวผง 28

4.5 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวสดและน้ำมะนาวที่ได้จากมะนาวผง 29

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 ส่วนประกอบของมะนาวสด 4

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการตีปั่น 18

2.3 ครีเอเตอร์ เทคนิค (The Creater Technique) 19

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศและโฟม 20

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของโฟมกับเวลาในการทำแห้ง 20

2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลา 21

บทที่ 1
บทนำ

มะนาวเป็นพืชที่มีความสำคัญของไทย เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของอาหารและเครื่องดื่มหลายชนิด ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากมะนาวสามารถให้รสเปรี้ยวและกลิ่นหอม แม้มะนาวสามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศ แต่ประเทศไทยยังมีปัญหาการขาดแคลนมะนาวในเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีความแห้งแล้งสูง ทำให้ราคาของมะนาวสูงกว่าปกติ 1-5 เท่า มะนาวมีน้ำน้อย และไม่เพียงพอต่อความต้องการของคนในประเทศ

คนไทยบริโภคมะนาวจำนวนมาก ประมาณ 1 ล้านผลต่อวัน และปัญหาการขาดแคลนในบางช่วงของปี จึงทำให้มีการศึกษาวิธีการเก็บน้ำมะนาวเพื่อยืดอายุการเก็บหรือการแปรรูปน้ำมะนาวในรูปแบบต่าง ๆ

น้ำมะนาวเป็นอาหารเหลวซึ่งมีปริมาณของแข็งต่ำ จึงเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา บรรจุหีบห่อ และการขนส่งมาก ปัจจุบันมีวิธีผลิตมะนาวผงที่ได้ผลดี คือ วิธีสเปรย์ดราย และวิธีฟรีซดราย ซึ่งใช้ผิวมะนาวส่วนที่มีสีเขียวที่เรียกว่า เฟลวิโด (flavedo) ที่กำจัดรสขม และบดละเอียดแล้วนำมาผสมกับน้ำมะนาวก่อนทำให้แห้งเป็นผง แต่การเตรียมผิวน้ำมะนาวผงใช้เวลามาก และเครื่องสเปรย์ดราย และฟรีซดราย มีราคาแพง

ได้ทดลองอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนไฟฟ้า ซึ่งไม่ได้ผลดีเพราะน้ำมะนาวแห้งติดถาดอบแน่น ขูดออกยากมาก และเมื่อบดเป็นผงมีเนื้อแน่น แต่เมื่อนำโฟมมิ่งเทคนิคมาใช้ โดยนำน้ำมะนาวที่ข้นพอเหมาะมาเติมสารช่วยให้เกิดฟอง เช่น อัลบูมินจากไข่ขาว แล้วตีปั่นให้เกิดเป็นฟอง แล้วอบแห้งในตู้อบลมร้อนไฟฟ้า จะได้น้ำมะนาวแห้งที่ขูดออกจากถาดอบได้ง่าย และบดเป็นผงได้ง่าย ซึ่งวิธีนี้ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าทั้งสองวิธีที่กล่าวมาในขั้นต้น การใช้โฟมมิ่งเทคนิคเป็นวิธีหนึ่งซึ่งสามารถเก็บน้ำมะนาวให้มีระยะเวลานานและผลิตภัณฑ์ที่ได้สะดวกในการขนส่ง งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยในการผลิตมะนาวผง การสูญเสียวิตามินซีระหว่างกระบวนการผลิตและการเพิ่มกลิ่นมะนาวในผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นยังช่วยส่งเสริมอุตสาหกรรมการแปรรูปน้ำมะนาวขนาดเล็กอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษากระบวนการผลิตน้ำมะนาวผงเพื่อการผลิตระดับอุตสาหกรรม
2. พัฒนากรรมวิธีการผลิตน้ำมะนาวผง โดยใช้วิธีโฟมมิ่งเทคนิค
3. พัฒนาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมะนาวผง ให้ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวสด

ขอบเขตของการวิจัย

1. ปัจจัยที่มีต่อการผลิตมะนาวผงโดยวิธีโฟมมิ่งเทคนิค ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และปริมาณที่เหมาะสมของไข่ขาวผง
2. การยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวผง โดยเปรียบเทียบกับน้ำมะนาวสด ผู้ประเมินไม่น้อยกว่า 15 คน
3. สมบัติการละลายของมะนาวผง
4. คุณค่าทางโภชนาของน้ำมะนาวผงเปรียบเทียบกับน้ำมะนาวสด

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตที่เหมาะสม
2. ได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางให้กับอุตสาหกรรมมะนาวแปรรูป

ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี

ตั้งแต่ตุลาคม 2537 ถึง กันยายน 2538

ณ ห้องปฏิบัติการฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร 1 กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

มะนาว (lime) เป็นพืชที่มีความสำคัญของไทย เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของอาหาร, เครื่องดื่ม หลายชนิด ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากมะนาวสามารถให้รสเปรี้ยวและกลิ่นหอม แม้ว่ามะนาวสามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศ แต่ประเทศไทยยังมีปัญหาขาดแคลนมะนาวในเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน ทำให้ราคามะนาวมีราคาสูงกว่าปกติ 1-5 เท่า และให้น้ำมะนาวจำนวนน้อย

คนไทยบริโภคมะนาวจำนวนมาก ประมาณ 1 ล้านผลต่อวัน (1, 2) และปัญหาการขาดแคลนในบางช่วงของปี จึงมีการศึกษาวิธีการเก็บมะนาวให้มีระยะเวลาการเก็บนานขึ้น และการแปรรูปน้ำมะนาวในรูปแบบต่าง ๆ วิธีตากแห้งแบบ โฟมแมต (foam-mat drying) เป็นวิธีหนึ่งซึ่งสามารถเก็บน้ำมะนาว เป็นเวลานาน และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสะดวกในการขนส่ง

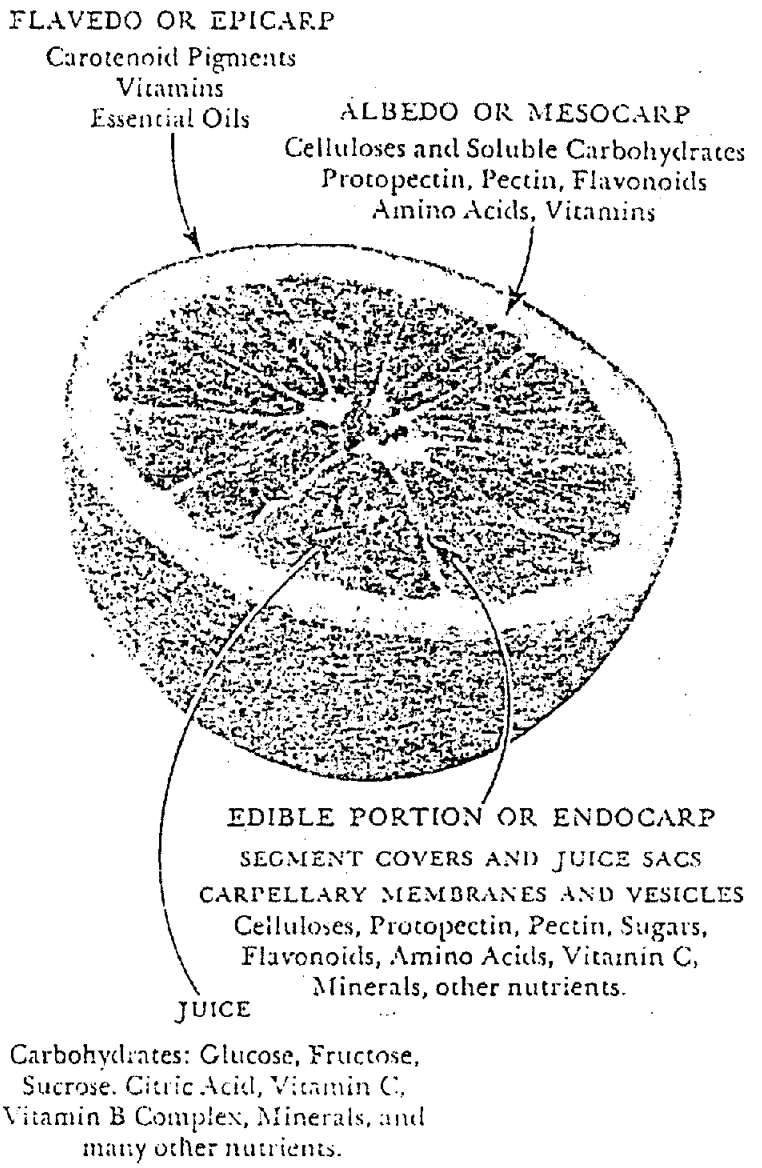
มะนาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ ซิทรัส ออรานติโฟเลีย (Citrus aurantifolia) อยู่ในวงศ์ รูเตซิอี้ (Rutaceae) เป็นพืชตระกูลส้ม ผลมะนาวมีขนาด 7-12 เซนติเมตร มีรูปร่างแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับพันธุ์

1) **ส่วนประกอบ** (5)

1.1 เปลือก (peel) ซึ่งประกอบด้วยเปลือกชั้นนอก (epidermis) เปลือกที่มีสีเขียว (flavedo) ต่อมน้ำมัน (oil glands) เปลือกชั้นในสีขาว (albedo) และเนื้อเยื่อ (vascular bundle)

1.2 กลีบ (segment หรือ section) ประกอบด้วยเมล็ด (seed) เยื่อหุ้มกลีบ (segment wall) เนื้อเยื่อส่วนที่มีน้ำ (juice vascular)

1.3 แกน (core) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ (vascular bundle) และเยื่อชั้นใน (parenchymous tissue)



รูปที่ 2.1 ภาพตัดขวางของผลมะนาวแสดงคุณค่าทางโภชนาการ

2) น้ำมะนาว ส่วนประกอบของน้ำมะนาวขึ้นกับพันธุ์ และสถานที่ปลูก (4) โดยส่วนประกอบของมะนาวไทยมีดังนี้

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลสำคัญในการผลิตมะนาวผง (3)

ส่วนประกอบ	
น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล	52.9 กรัม
ปริมาณเฉลี่ยน้ำมะนาวต่อผล	23 มิลลิกรัม
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid)	7-8 องศาบริกซ์
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	2.1
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar)	0.28 กรัม/100 กรัม
กรดมะนาว (citric acid)	5.5 กรัม/100 กรัม
วิตามินซี (ascorbic acid)	34 มิลลิกรัม/100 กรัม

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ยของน้ำมะนาว 100 กรัม (1)

ส่วนประกอบ		
ไขมัน	2.4	กรัม
โปรตีน	0.8	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	6.3	กรัม
กาก	0.3	กรัม
แคลเซียม	17.3	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.1	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	11	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	10.3	IU.
วิตามินบี 1	0.7	มิลลิกรัม
ไนอาซิน	0.2	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.73	มิลลิกรัม
วิตามินซี	40	มิลลิกรัม
ค่าพลังงานความร้อน	50	กิโลแคลอรี

น้ำตาลประกอบด้วย ฟรุกโตส ร้อยละ 0.4 กลูโคส ร้อยละ 0.4 และซูโครส ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก

ส่วนที่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble solid) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กาก (pulp) (6) ซึ่งช่วยให้เกิดความฟุ่นในน้ำผลไม้ตระกูลส้ม น้ำสับปะรด และอื่น ๆ ประกอบด้วยไขมัน ร้อยละ 2-5 โปรตีน ร้อยละ 30-35 เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 2-5 เพกติน ร้อยละ 4-6 กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) เถ้า (ash) และอื่น ๆ ร้อยละ 25-30

นอกจากนั้นน้ำมะนาวยังประกอบด้วยเพกติกเอนไซม์ (pectic enzyme) ซึ่งมีอยู่ในพืชตระกูลส้ม ปฏิกิริยาของเพกติกเอนไซม์ เป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายเพกตินที่มีอยู่ในน้ำผลไม้ ทำให้สูญเสียความข่นของน้ำมะนาว ซึ่งโดยปกติในผลไม้จะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายเพกตินในกระบวนการสุกของผลไม้ เอนไซม์เป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง จึงสามารถยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วยความร้อน

น้ำมะนาวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่น รส ที่ผิดปกติจากน้ำมะนาวธรรมชาติ เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิสูง สารซึ่งเรียกว่าเทเรเพนธิน (terepenthin) หรือไซมี (cymie) โดยเทอร์พีไน (terpeny) เกิดจากน้ำมันผิวมะนาว (peel oil) ที่ปนอยู่ในน้ำมะนาว (ในกระบวนการคั้นน้ำมะนาว) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (4)

<u>การเสื่อมคุณภาพของน้ำมะนาว</u> เกิดจากหลายสาเหตุ

1) การเกิดสีน้ำตาล (BROWNING REACTION) ซึ่งแบ่งเป็น (7)

ก. การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) แต่ในน้ำมะนาวมีสภาวะไม่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ฟีนอเลส เช่น สภาวะที่มีความเป็นกรดสูงของน้ำมะนาว

ข. การเกิดสีน้ำตาลจากสิ่งที่ไม่ใช่เอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) แบ่งเป็น

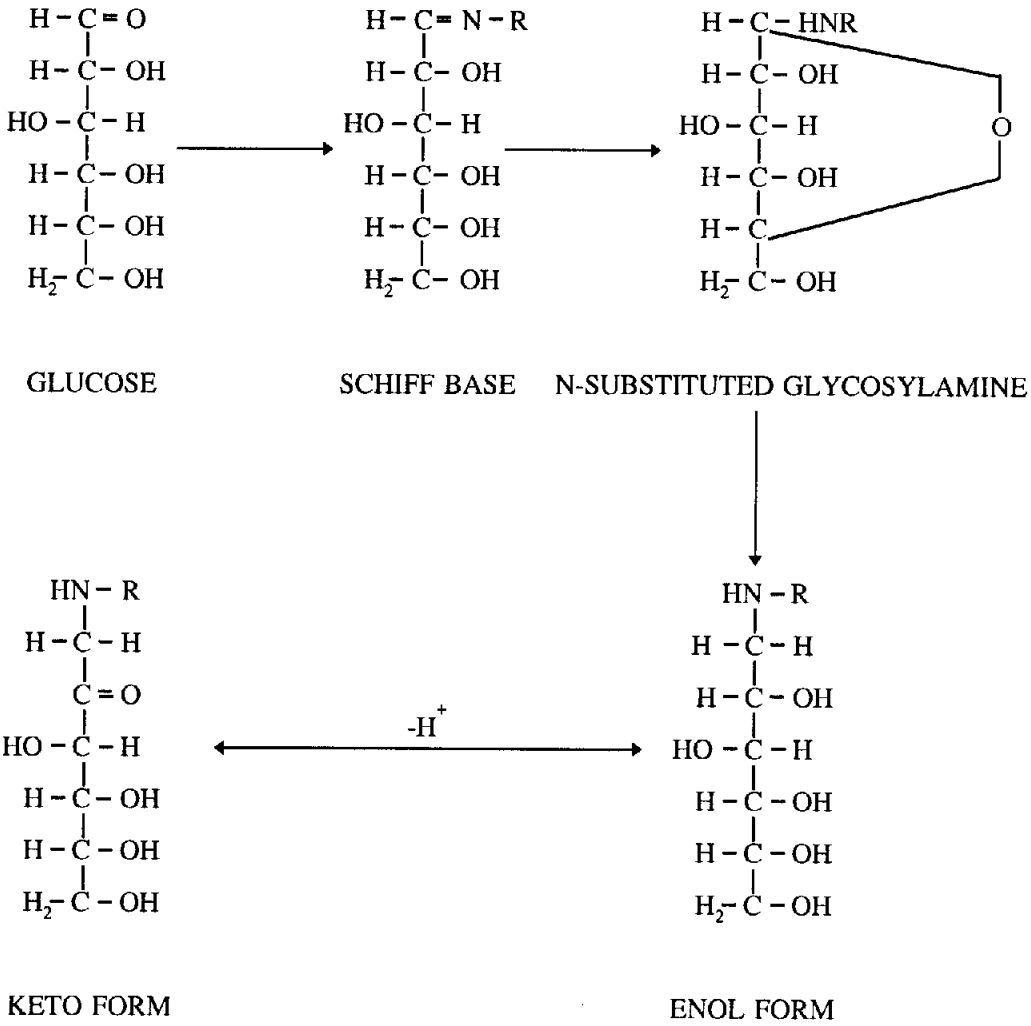
1.1 ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction)

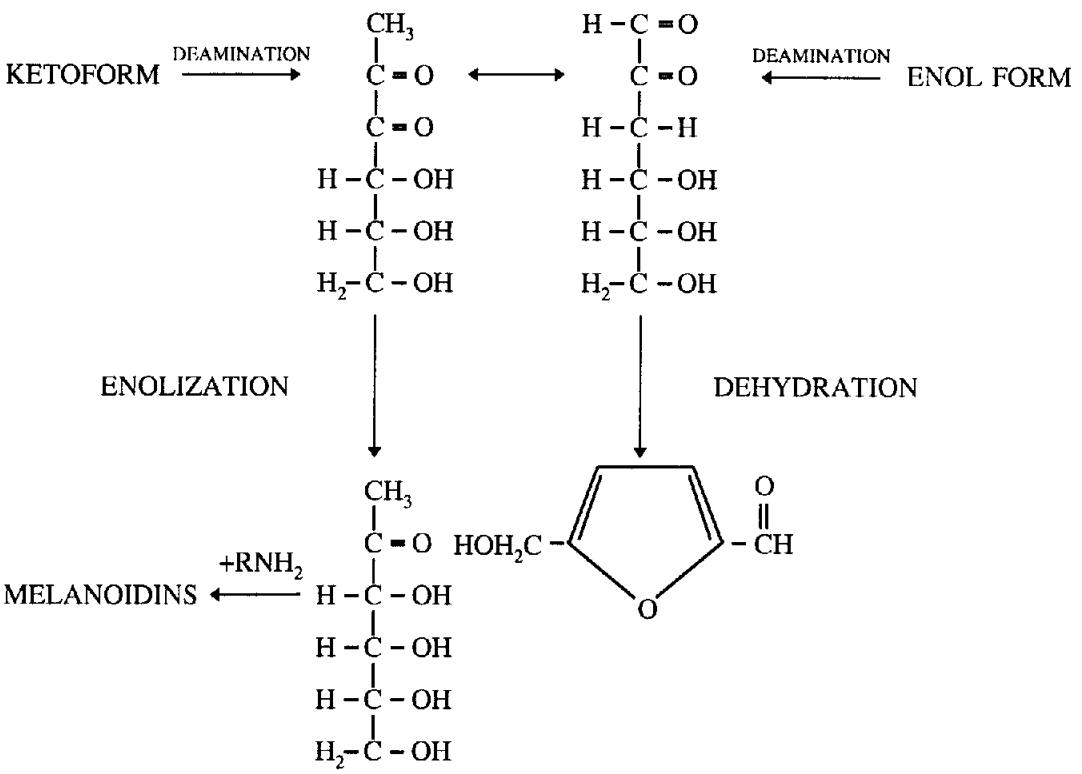
1.2 การเกิดคาราเมล (Caramelization)

1.3 การเกิดออกซิเดชันของวิตามินซี (Ascorbic acid oxidation)

1.1 ปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกิริยาที่ถูกค้นพบโดยชาวฝรั่งเศส สารตั้งต้นคือ สารประเภทอะมีน (amine),กรดอะมิโน (amino acid),โปรตีน กับสารที่มีกลุ่มคาร์บอนิล (carbonyl group) ได้แก่ น้ำตาลรีดิวซิง (reducing sugar) ปฏิกิริยานี้จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ปฏิกิริยาคาร์บอนิลอะมิน (carbonyl-amine reaction) ปฏิกิริยาเมลลาร์ดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะนาว เนื่องจากน้ำมะนาวมีส่วนประกอบของกลุ่มคาร์บอนีล และ โปรตีน

ในขั้นแรกกลุ่มอัลฟาอะมิโน (α-amino group) กับสารที่มีกลุ่มคาร์บอนีล (carbonyl group) รวมตัวกันได้เป็นกลูโคซามีน glucosamine กลูโคซามีนจะเกิด การเรียงตัวใหม่ (Amadori rearrangement) ในรูปอีนอล (enol form) และคีโต (keto form) แล้วเปลี่ยนแปลงต่อจนได้สารสีน้ำตาลเมลานอยดิน (melanoidins)


GLUCOSE
SCHIFF BASE
N-SUBSTITUTED GLYCOSYLAMINE
-H+
KETO FORM
ENOL FORM



5-Hydroxyl methyl furfural

ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ด

1) ชนิดของน้ำตาล น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวประเภทเฮกโซส (hexose) จะเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าน้ำตาลโมเลกุลคู่ที่เป็นน้ำตาลรีดิวซิง

2) อุณหภูมิ ทุก ๆ 10 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเดิม

3) ความเป็นกรด-ด่าง ที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำจะไม่เกิดปฏิกิริยา เนื่องจากที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำไม่เหมาะสำหรับการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

4) ปริมาณน้ำ ถ้ามีน้ำมากปฏิกิริยาจะเกิดได้ไม่ดี

วิธีควบคุมปฏิกิริยา

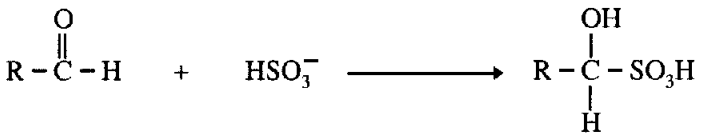
1) ปรับความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ให้เป็นกรด

2) ควบคุมปริมาณน้ำให้พอเหมาะ

3) กำจัดสารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งออกไป เช่น กรดอะมิโน, น้ำตาลรีดิวซิง

4) เติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ลงไป เพื่อช่วยกันหมู่ที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาดังนี้

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3 \longrightarrow H^+ + HSO_3^-$$



SO_2 จะไปทำปฏิกิริยากับกลุ่มคาร์บอร์นิลก่อน จึงทำให้ไม่มีกลุ่มคาร์บอนิลที่จะไปทำปฏิกิริยาต่อได้

ผลของปฏิกิริยาเมลลาร์ด ที่มีต่ออาหาร

1) สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น

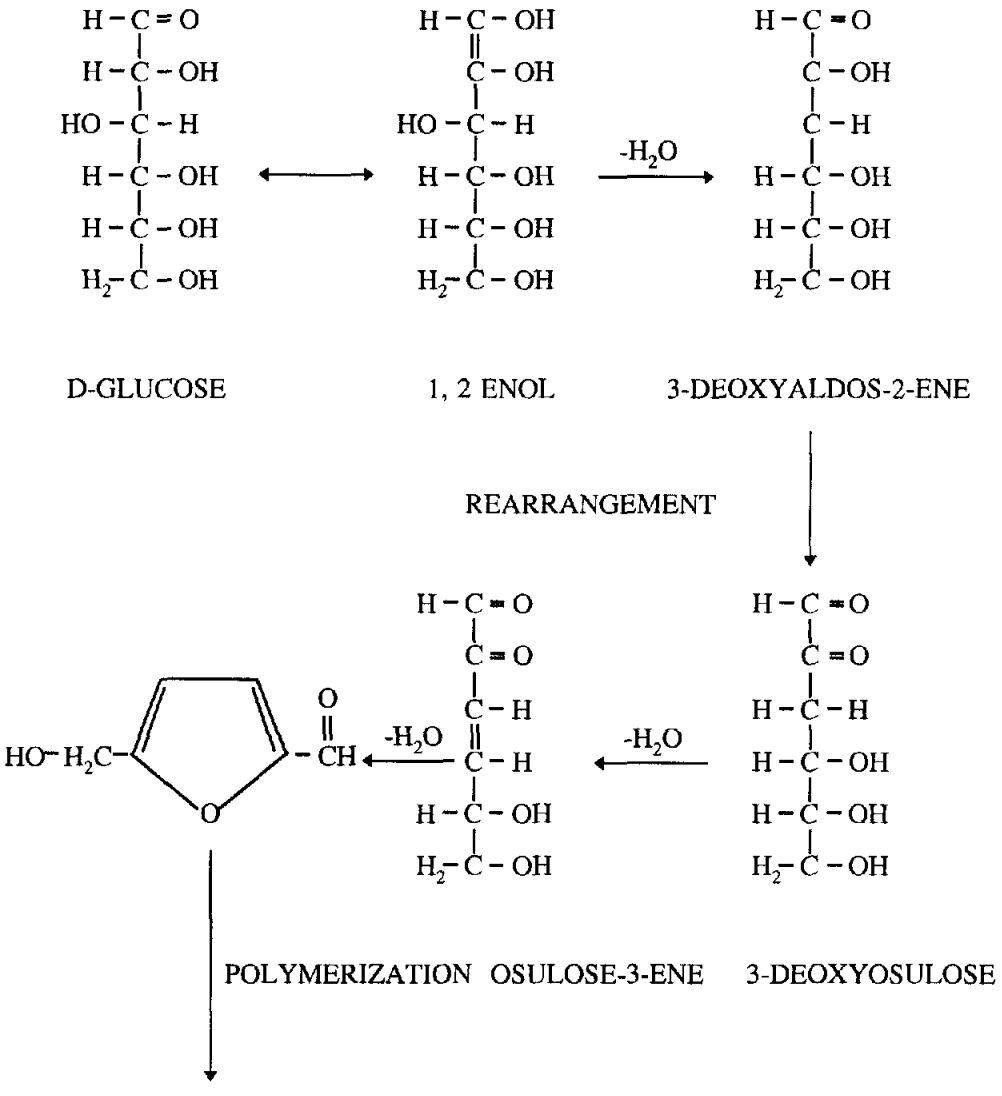
2) สมบัติการละลายลดลง

3) รสชาติของอาหารเปลี่ยนไปจากธรรมชาติ

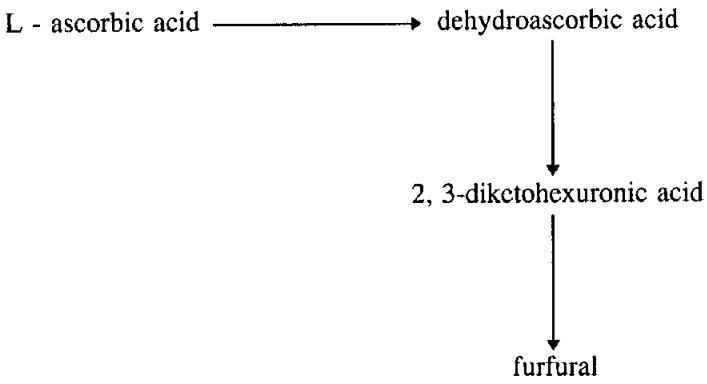
4) ลดคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีน เพราะเกิดการสูญเสียกรดอะมิโน เช่น ไลซิน (lysine)

5) สูญเสียวิตามินซี

1.2 การเกิดคาราเมล เป็นการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้สารคาร์โบไฮเดรตสลายตัว (degradation) ด้วยความร้อน, เกิดสารโมเลกูลเล็ก และการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) ของสารประกอบคาร์บอน ปฏิกิริยานี้จึงไม่เกิดกับน้ำมะนาว เนื่องจากน้ำมะนาวมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ การเกิดคาราเมลมีขั้นตอนดังนี้



1.3 การเกิดออกซิเดชันของวิตามินซี มีขั้นตอนดังนี้



ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของวิตามินซี

1) อุณหภูมิ อุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี

2) ความเป็นกรด-ด่าง ที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำปฏิกิริยาจะเกิดไม่ดี เนื่องจากความเป็นกรด-ด่างไม่เหมาะสมสำหรับการเกิดปฏิกิริยา

3) ปริมาณน้ำ ปริมาณน้ำมากปฏิกิริยาจะเกิดไม่ดี

4) ปริมาณก๊าซออกซิเจน เนื่องจากเมื่อปริมาณออกซิเจนต่างกัน ปฏิกิริยาที่เกิดจะแตกต่างกัน

5) โลหะในอาหาร เช่นโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำมะนาว

นอกจากนั้นองค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ น้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคส ซึ่งสามารถเพิ่มความคงตัวของวิตามินซี (9)

2) การสูญเสียวิตามินซี

น้ำมะนาวสด และน้ำมะนาวเข้มข้น ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจะสูญเสียวิตามินซีมาก โดยการสลายตัวของวิตามินซีสัมพันธ์กับสีที่เข้มขึ้นของน้ำผลไม้ จากปัจจัยที่มีผลต่อออกซิเดชันของวิตามินซีทำให้ทราบว่า การกำจัดออกซิเจนออก ทำให้วิตามินซีและสารให้กลิ่นรส มีความคงตัวในระหว่างกระบวนการ แต่มีผลน้อยในระหว่างการเก็บในกระป๋อง (10)

3) การสูญเสียกลิ่นรสธรรมชาติ (off-flavor) (12)

การสูญเสียกลิ่นรสธรรมชาติ เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาของไขมันและน้ำมัน ซึ่งแบ่งเป็น

- ปฏิกิริยาไอโซเมอร์ไรเซชัน คือ ปฏิกิริยาการเกิดไอโซเมอร์ของสารสีคาโรเทนอยด์ (carotenoid pigment)

- ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารที่ได้จากการไฮโดรไลซ์สารสีคาโรเทนอยด์ และสารลิพิด (lipid material), น้ำมันที่ให้กลิ่นรส (flavoring oil)

เมื่อน้ำมันมะนาวสัมผัสกับอากาศ จะเกิดการสูญเสียกลิ่นรสธรรมชาติ ได้สารจำพวกเทอร์เพนทิน (terpenthin) หรือไซมี (cymie) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแกมม่าเทอร์พินิน (gamma-terpinene) เป็นพารา-ไซมีน (p-cymene) ทำให้เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้ง่าย

$$\text{gamma-terpinene} \xrightarrow{\text{oxidation}} \text{p-cymene} + \text{hydrogenperoxide}$$

ในน้ำมันจากเปลือกมะนาว

4) การสูญเสียความขุ่น (13)

ลักษณะเฉพาะของน้ำผลไม้ตระกูลส้มคือความขุ่น ซึ่งแตกต่างจากน้ำผลไม้ชนิดอื่น ความขุ่นเกิดจากการกระจายตัวของเพกตินที่อยู่ในน้ำผลไม้ตระกูลส้ม, น้ำสับปะรด, น้ำฝรั่ง และอื่น ๆ การสูญเสียความขุ่นเกิดจากปฏิกิริยา deesterification ของเพกติน โดยมีเพกติเนสเทอเรส (pectinesterase) และแคลเซียมอิออนเข้ามามีส่วนร่วมในปฏิกิริยา ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่เป็นเจล หรือ เกิดการแยกชั้น (การแยกเป็นส่วนตะกอนและส่วนใส)

การป้องกันการสูญเสียความขุ่น ทำได้โดยการใช้ความร้อนยับยั้งหรือทำลายเอนไซม์ ถ้าใช้ความร้อนต่ำเกินไปจะไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ทั้งหมด เนื่องจากเพกติเนสเทอเรสสามารถทนความร้อนสูงได้ ซึ่งเป็นผลมาจากรูปร่างโมเลกุลที่ต่างกันของเพกติเนสเทอเรสในแต่ละไอโซเมอร์

5) การเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์

ลักษณะการเสียของน้ำมะนาวขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ ในพืชตระกูลส้มมักปนเปื้อนด้วยยีสต์, รา และแบคทีเรียประเภทที่สร้างกรดแล็กติกและกรดอะซิติก ได้แก่ Lactobacillus sp., Leuconostoc sp. และอื่น ๆ แต่น้ำมันหอมละเหย (essential oil) จากเปลือกมะนาวที่ปะปนในน้ำมะนาว สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบางชนิดแต่ไม่มีผลต่อยีสต์และรา (16)

การตากแห้งโดยวิธี โฟมแมต

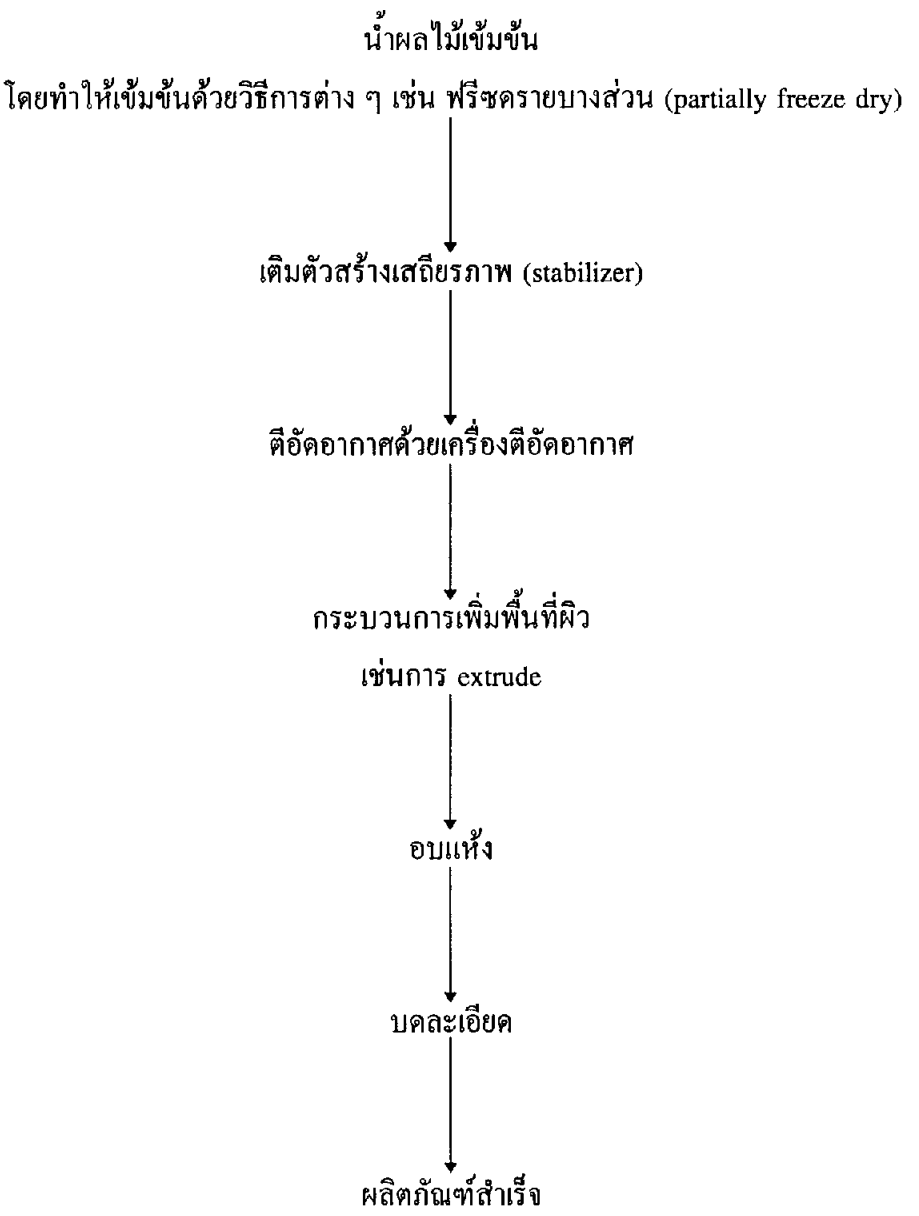
(FOAM-MAT DRYING)

เป็นการทำแห้งโดยใช้เทคนิคการทำให้อาหารเหลวเกิดฟอง (foam) ก่อนนำไปทำแห้ง การทำแห้งโดยวิธีนี้สามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิด ได้แก่ องุ่น, กาแฟ, แอปริคอท, มะนาว, แอปเปิ้ล และอื่น ๆ ที่อยู่ในรูปของเหลว ซึ่งต้องอาศัยการเกิดโฟมของอาหาร (ลักษณะของอาหารซึ่งมีฟองอากาศอยู่ภายใน) ก่อนนำไปทำแห้ง อาหารที่จะนำไปทำให้เกิดโฟมต้องมีลักษณะดังนี้

1) เข้มข้นเพียงพอ เช่น น้ำมะเขือเทศควรมีปริมาณของแข็ง ร้อยละ 30
2) มีของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) สูง หรือมีการเติมตัวสร้างเสถียรภาพ (stabilizer)

โฟมที่ดีต้องทนทานต่อกระบวนการทางกลและการทำแห้ง รวมทั้งต้องสามารถถูก extrude (การดันโฟมออกมาเป็นเส้นยาวเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว) ได้ เนื่องจากโฟมที่ไม่ทนทานต่อการทำแห้งจะเกิดการยุบตัวของโฟม เวลาที่ใช้ในการทำแห้งจึงมากขึ้น (14)

ขั้นตอนการทำแห้ง



กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโฟม (14)

1) โปรตีนที่ละลายได้ (soluble protein) และโมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) ช่วยทำให้โฟมคงตัว เช่น ในไข่ขาว, beef extract, นม และอื่น ๆ

2) ตัวสร้างเสถียรภาพทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดโฟม (foaming agent) เนื่องจากอาหารส่วนใหญ่ไม่สามารถเกิดโฟมด้วยตนเอง จึงต้องอาศัยตัวสร้างเสถียรภาพ ช่วยให้เกิดโฟม

3) อุณหภูมิในขณะเกิดโฟม ซึ่งมีผลต่ออัตราการเกิดโฟมและปริมาณตัวสร้างเสถียรภาพ stabilizer ที่ใช้ เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้โฟมไม่คงตัว

4) ก๊าซที่แทรกตัวเป็นฟองอากาศในโฟม เช่น อากาศและก๊าซไนโตรเจนจะให้โฟมที่ดี แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้โฟมที่มีลักษณะไม่คงตัว

5) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) ซึ่งมีผลต่อการคงตัวของโฟม อาหารที่มีจำนวนของแข็งที่ละลายได้ต่ำ ต้องใช้ตัวสร้างเสถียรภาพจำนวนมาก

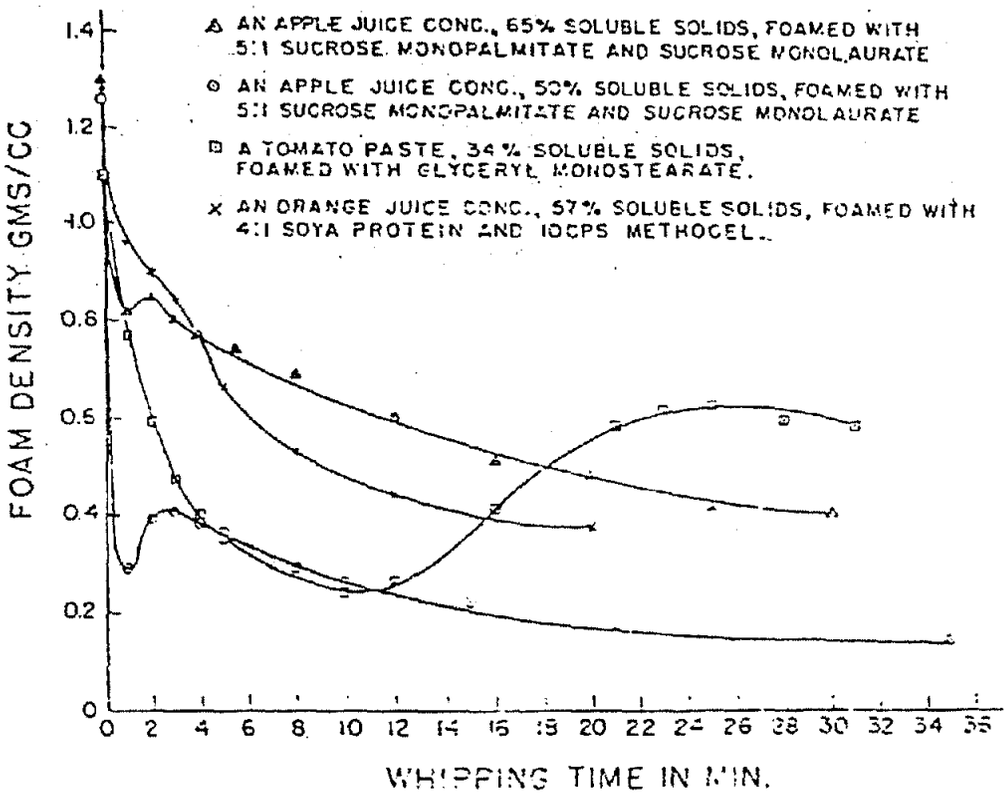
6) ความเร็วในการกวน ถ้าความเร็วในการกวนเพิ่มขึ้น อัตราการเกิดโฟมจะเพิ่ม แต่ถ้าความเร็วมากเกินไปจะไม่สามารถเกิดโฟมได้ เนื่องจากการสูญเสียก๊าซซึ่งอยู่ในฟองอากาศ

ตัวสร้างเสถียรภาพที่ใช้ในการเกิดโฟมมีหลายชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และการเปลี่ยนแปลงของโฟมต่อเวลากวน แสดงในภาพที่ 2 (14)

ตารางที่ 2.3 ตัวเสถียรภาพทำให้เกิดโฟม และวิธีทำให้กระจายตัว

(Foam stabilizers and suggested method of dispersion)

ตัวสร้างเสถียรภาพ (Stabilizer)	วิธีทำให้กระจายตัว (Method of dispersion)
กลีเซอริล โมโนสเตียเรต (*Glyceryl monostearate*)	ใช้สารละลายกลีเซอริลโมโนสเตียเรต ร้อยละ 5 ถึง 10 ในน้ำ ผสมให้เข้ากัน เก็บที่อุณหภูมิ 155 องศาฟาเรนไฮท์ หรือทำให้กระจายตัวในเครื่องตีปั่นที่อุณหภูมิ 170 องศาฟาเรนไฮท์ และเก็บที่อุณหภูมิ 130 องศาฟาเรนไฮท์
สารละลายโปรตีนถั่วเหลือง (Solubilized soya protein)	ใช้สารละลายโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิ 170 องศาฟาเรนไฮท์
ซูโครส โมโนปาล์มิเตต (Sucrose monopalmitate)	ใช้สารละลายซูโครส โมโนปาล์มิเตตร้อยละ 1 ถึง 5 ในน้ำ ผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 160 ถึง 180 องศาฟาเรนไฮท์ สารละลายร้อยละ 1 เก็บที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮท์หรือสูงกว่านี้ สารละลายร้อยละ 5 เก็บที่อุณหภูมิ 130 องศาฟาเรนไฮท์หรือสูงกว่า
ซูโครส โมโนลอเรต (Sucrose monolaurate)	ใช้สารละลายซูโครสโมโนลอเรตร้อยละ 1 ถึง 5 ในน้ำผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 160 ถึง 180 องศาฟาเรนไฮท์ เก็บที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮท์
อัลบูมินจากไข่ขาว (Egg albumin)	ใช้สารละลายอัลบูมินร้อยละ 10 (ในน้ำ) ที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮท์
ซอร์บิแทน โมโนสเตียเรต (Sorbitan monosterate)	ใช้ซอร์บิแทน โมโนสเตียเรตร้อยละ 9.2 ผสมให้เข้ากัน เก็บที่อุณหภูมิ 70 ถึง 140 องศาฟาเรนไฮท์



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการตีปั่นและความหนาแน่นของโฟม

รูปที่ 2.2 การทำให้เนื้อมะเขือเทศเข้มข้นเกิดโฟม หลังจากที่การตีอัดอากาศผ่านไป 10 นาที ความหนาแน่นของโฟมจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำผลไม้เข้มข้นบางชนิดสามารถเกิดโฟมที่มีความหนาแน่นต่ำสุดภายในเวลา 1-2 นาที โฟมที่ได้มีลักษณะฟองอากาศใหญ่ ถ้าตีอัดอากาศต่อไปจะได้ฟองอากาศขนาดเล็กและมีความคงตัวดี

ตัวสร้างเสถียรภาพของโฟม (FOAM STABILIZER)

ตัวสร้างเสถียรภาพของโฟมที่ให้ผลดีคือ โปรตีนจากถั่วเหลือง อัลบูมิน ซูโครสแฟตตี เอซิดเอสเทอร์ (sucrose fatty acid ester) และ กลีเซอริลโมโนสเตียเรต (glyceryl monostearate) เป็นตัวสร้างสเถียรภาพ ที่ให้ประโยชน์หลายด้าน วิธีการใช้กลีเซอริลโมโนสเตียเรต มี 2 วิธีคือ (15)

1) เติม กลีเซอริลโมโนสเตียเรต 1 ส่วน ในน้ำ 9 ส่วนที่อุณหภูมิ 180 องศาฟาเรนไฮท์ เมื่อผสมเข้าด้วยกันจะได้อิมัลชันที่คงตัว ถ้าเก็บอิมัลชันไว้ที่อุณหภูมิ 120-130 องศาฟาเรนไฮท์ จะคงตัวได้ 2-3 วัน เมื่อใส่อิมัลชันลงในอาหารและนำไปตีอัดอากาศ ทำให้เกิดโฟมที่เสถียรเรียกว่า warm emulsion technique

2) นำกลีเซอริลโมโนสเตียเรตผสมกับอาหารที่อุณหภูมิ 170 องศาฟาเรนไฮท์ ในสุญญากาศ, ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องและตีอัดอากาศจนถึงอุณหภูมิห้อง

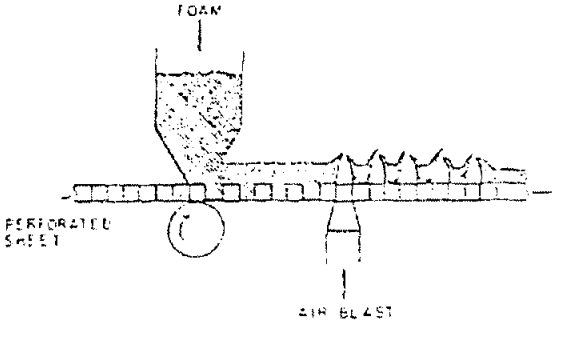
ในอาหารส่วนใหญ่ใช้ตัวสร้างเสถียรภาพ ร้อยละ 1 (น้ำหนักแห้ง) แต่ถ้าอาหารมีความหนืดต่ำและมีจำนวนของแข็งน้อย ต้องใช้ตัวสร้างเสถียรภาพมากขึ้น การตีอัดอากาศใช้เวลาประมาณ 5 นาที

โฟมที่แผ่บนถาดจนมีความหนาน้อย ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าโฟมที่หนากว่า เช่น โฟมหนา 1/8 นิ้ว ใช้ความร้อน 160 องศาฟาเรนไฮท์ 60 นาที ถ้าโฟมหนา 1/16-1/8 นิ้ว ใช้เวลา 15 นาที

ครีเอเตอร์ เทคนิค (THE CREATER TECHNIQUE)

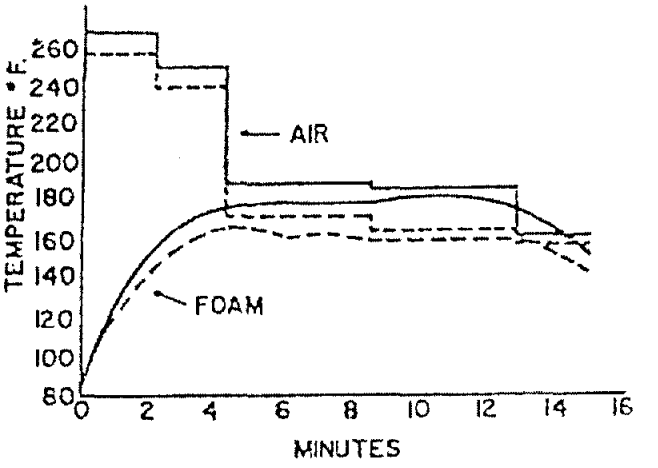
เป็นวิธีที่ทำให้โฟมมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น จึงใช้เวลาในการทำแห้งน้อยลง โดยมีวิธีการดังนี้ (15)

1) นำโฟมมาแผ่บนถาดที่มีรู
2) อากาศถูกพ่นจากรูใต้ถาด ทำให้รูมีโฟมเกิดขึ้นโดยทั่ว
3) อากาศถูกพ่นจากรูใต้ถาดจนโฟมแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.3



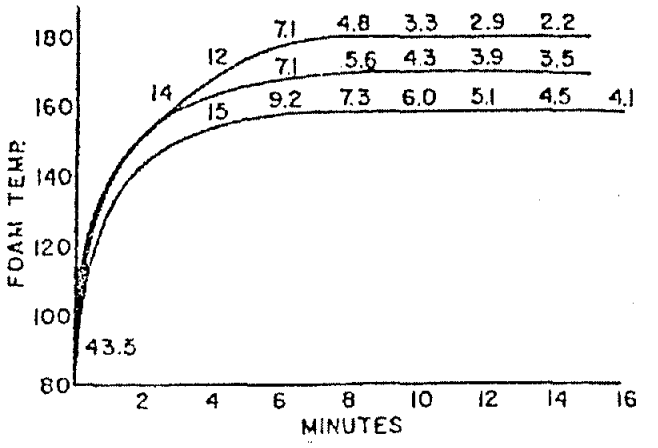
รูปที่ 2.3 แสดง THE CREATER TECHNIQUE

น้ำส้มซึ่งมีของแข็งร้อยละ 55-65 ถูกทำให้เกิดโฟม โดยใช้กลีเซอริลโมโนสเตียเรต ด้วยวิธี warm emulsion technique ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรสดีและละลายได้ในน้ำเย็น จากการศึกษาทดลองพบการเปลี่ยนแปลงดังภาพที่ 2.4, 2.5 และ 2.6



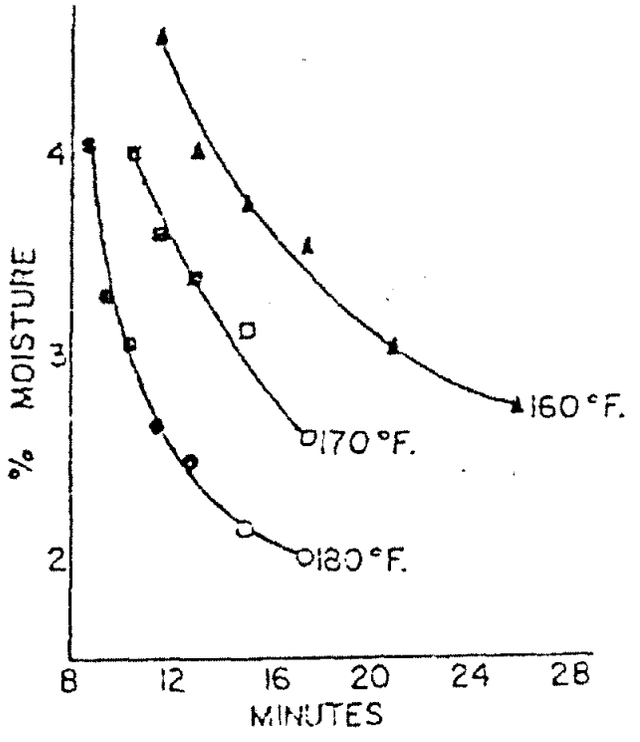
รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศและโฟม

รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอากาศและโฟม สำหรับการทดลอง 2 ซ้ำ ในช่วงแรกใช้อุณภูมิสูงของอากาศร้อน และในช่วงต่อมาใช้อุณหภูมิต่ำลง



รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของโฟมกับเวลา

รูปที่ 2.5 การทำแห้งต้องใช้เวลา 7 นาที สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิของโฟมให้ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ในช่วงแรกโฟมมีอัตราการสูญเสียความชื้นสูง การสูญเสียความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการทำแห้งนานขึ้น



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลา

รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ทึบในภาพ หมายถึง กลิ่นรสเปลี่ยนแปลงที่ระดับนัยสำคัญ ร้อยละ 5 สัญลักษณ์โปร่ง หมายถึง กลิ่นรสไม่เปลี่ยนแปลงที่ระดับนัยสำคัญ ร้อยละ 5 แม้ว่าอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งสูงขึ้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำลง แต่อุณหภูมิและเวลาที่สูงขึ้น ทำให้โอกาสการสูญเสียกลิ่นรสมีมากขึ้น

จากกราฟ ที่ 170 และ 180 องศาฟาเรนไฮท์ เวลา 15 และ 17.5 นาที เกิดการสูญเสียกลิ่นรสที่ระดับนัยสำคัญ ร้อยละ 5 แต่ 180 องศาฟาเรนไฮท์ 13 นาที ไม่เกิดการสูญเสียกลิ่นรสที่ระดับนัยสำคัญ ร้อยละ 5

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 วัตถุดิบ - มะนาวสด (พันธุ์มะนาวแป้น)

3.1.2 การเตรียมน้ำมะนาว

นำมะนาวสดมาล้างทำความสะอาด ผ่าซีก คั้นเอาน้ำมะนาวสด กรองด้วยผ้าขาวบาง วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และวิเคราะห์ปริมาณกรดเป็นร้อยละของกรดซิตริก (หมายเหตุ : ชั่งน้ำหนักมะนาวสดก่อนคั้นน้ำ และวัดปริมาณน้ำมะนาวในแต่ละผล)

3.2 อุปกรณ์และสารเคมี

3.2.1 อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง
2. ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer)
3. เครื่องตีปั่น (Blender)
4. มาตรดัชนีหักเหแบบมือถือ (Hand Refractometer)
5. เครื่องอุ่นอาหาร (Food warmer)
6. เครื่องระเหยไอน้ำร้อน (Water bath)
7. เครื่องบดละเอียด

3.2.2 สารเคมี เกรดอาหาร

1. บิทอล
2. แมกนีเซียมสเตียเรต
3. แคลเซียมสเตียเรต

3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.3.1 ศึกษาส่วนประกอบของน้ำมะนาวสด

นำมะนาวสดมาล้างทำความสะอาด นับจำนวน ชั่งน้ำหนักมะนาว ผ่าซีก คั้นเอาน้ำมะนาวสด ชั่งน้ำหนักน้ำมะนาวสด กรองด้วยผ้าขาวบาง วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และวิเคราะห์ปริมาณกรดเป็นร้อยละของกรดซิตริก

3.3.2 ศึกษากรรมวิธีการทำน้ำมะนาวเข้มข้น

นำน้ำมะนาวที่เตรียมไว้ตามข้อ 3.3.1 มาทำให้เข้มข้นด้วยวิธีการระเหยน้ำออก โดยใช้เครื่องต่าง ๆ กันดังนี้ เครื่องอุ่นอาหาร เครื่องละเหยไอน้ำร้อน ตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60-100 องศาเซลเซียส จนได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 40-45 องศาบริกซ์ เปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธี ทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องที่ต่างกัน (ตารางที่ 4.2)

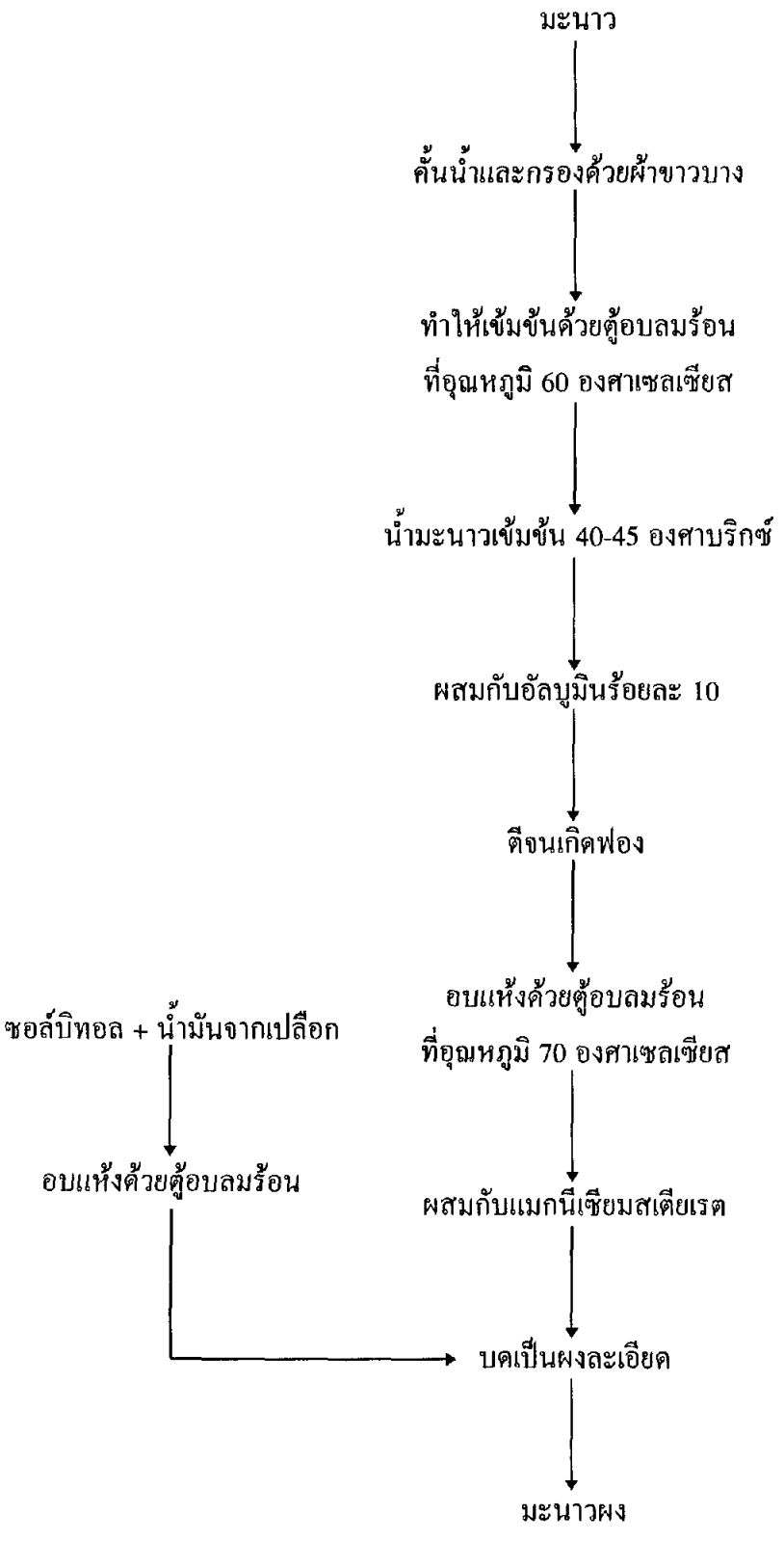
3.3.3 ศึกษากรรมวิธีการทำมะนาวผงโดยวิธีโฟมมิงเทคนิคจากน้ำมะนาวเข้มข้น

เตรียมน้ำมะนาวเข้มข้นตามข้อ 3.3.2 ที่ให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด ผสมกับไข่ขาวผงร้อยละ 10-20 อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท บดละเอียด ผสมกับแมกนีเซียมสเตียเรตร้อยละ 10 หรือ แคลเซียมสเตียเรตร้อยละ 10 เปรียบเทียบกลิ่นรสผิดปกติของมะนาวผงอันเกิดจากสารป้องกันการเกาะกัน พบว่ามะนาวผงที่เติมแมกนีเซียมสเตียเรตมีกลิ่นรสใกล้เคียงธรรมชาติ ดีกว่าใช้เคลเซียมสเตียเรต

3.3.4 ศึกษากรรมวิธีการเพิ่มกลิ่นในมะนาวผง

เตรียมมะนาวผงตามข้อ 3.3.3 โดยใช้แมกนีเซียมสเตียเรต เป็นสารป้องกันการเกาะกันผสมกับน้ำมันหอมจากเปลือกมะนาว นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในลักษณะ น้ำมะนาวที่ได้จากมะนาวผง เปรียบเทียบกับน้ำมะนาวสด โดยใช้ Hedonic Scale Test 9 ระดับ (แบบทดสอบที่ใช้แสดงในภาคผนวก ข.) คำนวณผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPS และนำมะนาวผงสำเร็จรูปมาวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี โดยเปรียบเทียบกับปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวสด

กรรมวิธีการผลิตมะนาวผง



บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาส่วนประกอบของมะนาวสด

การเตรียมน้ำมะนาวสดเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง และส่วนต่าง ๆ ของมะนาวสด ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลสำคัญในการผลิต (ใช้พันธุ์มะนาวแป้น)

การทดลองที่	จำนวนมะนาว (ผล)	น้ำหนักมะนาว (กรัม)	น้ำมะนาว (กรัม)	ส่วนทิ้ง (กรัม)	องศาบริกซ์เฉลี่ย	ปริมาณกรดซิตริก/100 กรัมน้ำมะนาว
1	31	766	277	489	9.09	5.99
2	23	706	235	471	9.38	6.79
3	30	1251	500	751	8.05	6.99
4	25	806	365	441	8.28	7.59
5	24	839	363	476	8.20	7.53
สรุปรวม	133	4368	1740			

สรุปผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำมะนาว

เป็นน้ำหนักน้ำมะนาว	1740	กรัม (39.84 %)
เป็นน้ำหนักเปลือกและเมล็ด	2628	กรัม
รวมเป็นน้ำหนักสูญเสีย	2628	กรัม (60.16 %)
ค่าองศาบริกซ์เฉลี่ย	8.6	
ค่าความเป็นกรดเฉลี่ยร้อยละ	6.98	(คิดเป็นกรดมะนาว)

4.2 ศึกษากรรมวิธีการทำน้ำมะนาวเข้มข้น

วิธีทำให้น้ำมะนาวเข้มข้น

- ระเหยโดยใช้ เครื่องละเหยไอน้ำร้อน
- ระเหยโดยใช้ เครื่องอุ่นอาหาร (food warmer)
- ระเหยโดยใช้ตู้อบลมร้อนไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
- ระเหยโดยใช้ตู้อบลมร้อนไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส

รายละเอียดของการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบกรรมวิธีการทำน้ำมะนาวให้เข้มข้น

การทดลองที่	น้ำมะนาวสด (กรัม)	องศาบริกซ์	กรรมวิธีทำให้ข้น	เวลาชั่วโมง	น้ำมะนาวข้น (กรัม)	องศาบริกซ์	ลักษณะของน้ำมะนาวข้น
1	322.4	9.09	เครื่องระเหยไอน้ำร้อน ที่ 100 องศาเซลเซียส	12	37.5	40	สีน้ำตาลเข้ม, เปรี้ยวจัด ไม่มีกลิ่นมะนาว
2	235.0	9.38	เครื่องอุ่นอาหารที่ 100 องศาเซลเซียส	15	28.5	40	สีน้ำตาลเข้ม, เปรี้ยวจัด ไม่มีกลิ่นมะนาว
3	491.0	8.05	ตู้อบลมร้อนไฟฟ้าที่ 70 องศาเซลเซียส	10	50.2	45	สีน้ำตาลเข้ม, เปรี้ยวจัด ไม่มีกลิ่นมะนาว
4	460.0	8.28	ตู้อบลมร้อนไฟฟ้าที่ 60 องศาเซลเซียส	12	83.9	45	สีน้ำตาลอ่อน, เปรี้ยวจัด ไม่มีกลิ่นมะนาว

4.3 ศึกษากรรมวิธีการทำมะนาวผงโดยวิธีโฟมมิ่งเทคนิคจากน้ำมะนาวเข้มข้น

นำตัวอย่างน้ำมะนาวเข้มข้นที่เตรียมจากข้อ 4.2 มาเติมอัลบูมินจากไข่ขาวผง และเติมสารป้องกันการเกาะกัน คือ ใช้แคลเซียมสเตียเรต หรือ แมกนีเซียมสเตียเรต ตีปั่นให้น้ำมะนาวข้นเป็นฟองและอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้งกรอบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การใช้อัลบูมินและสารป้องกันการเกาะกัน

การทดลองที่	น้ำมะนาวข้น (กรัม)	องศาบริกซ์	อัลบูมิน (%)	สารป้องกันการเกาะกัน	กรรมวิธี	มะนาวผง (กรัม)	ปริมาณกรดซิตริก/100 กรัมมะนาวผง
1	37.5	40	10	แคลเซียม-สเตียเรต 10%	นำส่วนผสมมาตีให้เกิดฟอง, อบในตู้อบลมร้อนไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจนแห้ง และบดละเอียด	11.23	50.65
2	28.5	40	10	แมกนีเซียม-สเตียเรต 10%		10.50	42.07
3	50.2	45	20	,,		19.45	52.31
4	47.5	45	20	,,		16.68	51.46
5	36.4	45	20	,,		10.80	50.50

4.4 ศึกษากรรมวิธีการเพิ่มกลิ่นในมะนาวผง การละลายและปริมาณวิตามินซี

4.4.1 การเพิ่มกลิ่นมะนาว

การเพิ่มกลิ่นมะนาวทำได้โดยการสกัดน้ำมันหอมจากผิวมะนาวสด โดยนำเฉพาะผิวมะนาวสีเขียวมาใช้การ กลั่นด้วยไอน้ำ ทำให้ได้กลิ่นอยู่ในลักษณะน้ำมัน นำมาผสมกับซอร์บิทอลผง นำไปอบแห้ง เติมลงในมะนาวผงและผสมให้เข้ากัน จะได้มะนาวผงที่มีกลิ่นมะนาว

4.4.2 การละลายของมะนาวผง

ตามวัตถุประสงค์มะนาวผงต้องการให้ใช้ประโยชน์ได้ทันที แต่ถ้าต้องการนำมาทำเป็นน้ำมะนาวจะต้องเติมน้ำในปริมาณที่สูญเสียไป (ประมาณ 7 เท่า) จากการทดลองพบว่า การละลายจะมีตะกอนเหลืออยู่ แต่เมื่อกรองตะกอนออกแล้วจะได้น้ำมะนาวที่มีลักษณะขาวขุ่นคล้ายน้ำมะนาวสด

4.4.3 ปริมาณวิตามินซี

นำมะนาวผงมาวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี เปรียบเทียบกับปริมาณวิตามินซีในน้ำมะนาวสด โดยใช้น้ำมะนาวสดน้ำหนักแน่นอน 20 กรัม

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีของน้ำมะนาวสดและมะนาวผง

	มะนาวสด		มะนาวผง		น้ำมะนาวจากมะนาวผง	
ตัวอย่างที่	1	2	1	2	1	2
ปริมาณ (มิลลิกรัม/100 กรัม)	19.4	15.4	35.1	24.4	4.03	4.05

น้ำมะนาวสด 100 กรัมใช้พันธุ์มะนาวแป้น 8 ผล (4.1)

จากตารางพบว่า น้ำมะนาวสดมีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ย 17.4 มิลลิกรัม/100 กรัม และมะนาวผงมีวิตามินซีเฉลี่ย 29.8 มิลลิกรัม/100 กรัม มะนาวผงเมื่อนำมาละลายน้ำ จนมีความเข้มข้นเท่ากับน้ำมะนาวสด จะมีปริมาณวิตามินซี 4.04 มิลลิกรัม/100 กรัม มะนาวสดมีวิตามินซี 17.4 มิลลิกรัม/100 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากมีการสูญเสียวิตามินซีในขั้นตอนการผลิต ดังนั้นจึงควรเติมวิตามินซี ให้ใกล้เคียงกับมะนาวสดก่อนนำไปจำหน่าย

4.4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในลักษณะน้ำมะนาวที่ได้จากมะนาวผง เปรียบเทียบกับน้ำมะนาวสด โดยใช้เฮโดนิค สเกล (Hedonic Scale Test) 9 ระดับ ผู้ทดสอบ 15 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.5 และได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และแบบ Duncan's New Multiple Ranger Test (DMRTY) พบว่าด้านความขุ่นและรสชาติไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 แต่ด้านกลิ่น สี และการยอมรับมีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 โดยคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับด้านกลิ่น สี และการยอมรับของน้ำมะนาวที่ได้จากมะนาวผงต่ำกว่าน้ำมะนาวสด

ตารางที่ 4.5 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวสดและน้ำมะนาวที่ได้จากมะนาวผง

ลักษณะ	ปริมาณกลิ่นมะนาวที่เติม (ร้อยละ) ข้อ 4.4.1			น้ำมะนาวสด
	5	7.5	10	
ความข่น	5.9	6.13	5.87	6.47
รสชาติ	5.13	5.93	5.40	6.67
กลิ่น	4.67	4.93	4.87	7.80
สี	5.33	5.54	5.54	7.53
การยอมรับ	5.34	5.73	5.07	7.30

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการศึกษาทดลอง

1. การทำมะนาวผงโดยวิธีโฟมมิ่งเทคนิค จำเป็นต้องระเหยน้ำออก โดยทำให้น้ำมะนาวมีความเข้มข้นประมาณ 40-45 องศาบริกซ์ ซึ่งเมื่อเติมสารช่วยให้เกิดฟองแล้วจึงจะไม่ยุบตัวและช่วยให้ตากแห้งได้เร็วขึ้น

จากการศึกษาทดลองระเหยน้ำมะนาวให้ข้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 4.2 พบว่าการทำให้ข้นโดยตากแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส จะได้น้ำมะนาวเข้มข้นที่มีลักษณะดีที่สุด กล่าวคือ มีสีน้ำตาลอ่อน รสเปรี้ยวจัด นอกจากนี้ การตากในตู้อบลมร้อนสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย และยังทำน้ำมะนาวเข้มข้นได้ครั้งละมาก ๆ อีกทั้งยังเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตากแห้งน้ำมะนาวผงอยู่แล้ว จึงเป็นการใช้เครื่องมือที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ และเป็นการช่วยลดต้นทุนอุปกรณ์ในขบวนการผลิตมะนาวผงด้วย

2. การใช้อัลบูมินจากไข่ขาวผงในขบวนการผลิตน้ำมะนาวผง ซึ่งจากผลการศึกษาทดลอง ข้อ 4.3 นั้น อัลบูมินมีคุณสมบัติในการทำให้น้ำมะนาวเข้มข้นเกิดฟอง เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส ช่วยทำให้การตากแห้งน้ำมะนาวได้เร็วขึ้น และอัลบูมินเป็นสารที่ผลิตจากไข่ขาว ซึ่งปลอดภัย มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย

สำหรับปริมาณอัลบูมินที่เหมาะสม ไม่เกินร้อยละ 20 ของน้ำมะนาวเข้มข้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณอัลบูมินนั้น แม้ว่าจะช่วยทำให้เกิดฟองมากก็ตาม แต่จะทำให้กลิ่นรสของมะนาวผงเปลี่ยนไปไม่เป็นที่ยอมรับ

ส่วนการใช้แคลเซียมสเตียเรต และแมกนีเซียมสเตียเรต เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของมะนาวผงนั้น จากการศึกษาทดลองพบว่า แคลเซียมสเตียเรตทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติไม่เป็นที่ยอมรับ ส่วนแมกนีเซียมสเตียเรตไม่ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติใด ๆ

3. ในการศึกษาทดลองครั้งนี้ พบว่ามะนาวผงที่ได้มีลักษณะและสีดี รสเปรี้ยวจัด แต่ไม่มีกลิ่นมะนาว จึงทำการศึกษาทดลองเติมกลิ่นที่สกัดจากผิวมะนาว แล้วดูดซับด้วยซอร์บิทอล ร้อยละ 10 (การศึกษา ฯ ข้อ 4.4.1) พบว่ามะนาวผงที่ได้มีกลิ่นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ตารางที่ 4.5

4. จากวัตถุประสงค์ของการศึกษาทดลองผลิตมะนาวผงนั้น ต้องการให้ใช้ประโยชน์ได้ทันที แต่ถ้านำไปใช้ในลักษณะเป็นน้ำมะนาวจะต้องมีการเติมน้ำในอัตราส่วน 6-7 เท่า เพื่อให้มีปริมาณกรดซิตริกเท่ากับกรดซิตริกที่มีในน้ำมะนาวสดเฉลี่ยร้อยละ 6.7 (ตารางที่ 4.1) น้ำมะนาวที่ได้ยังมีตะกอนเหลืออยู่ จำเป็นต้องกรองตะกอนออกก่อน จึงจะได้น้ำมะนาวที่มีลักษณะขาวขุ่นคล้ายมะนาวสด

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 กรรมวิธีการทำน้ำมะนาวเข้มข้นที่เหมาะสม คือ การระเหยน้ำโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

6.1.2 สารป้องกันการเกาะกันของมะนาวผงที่เหมาะสม คือ แมกนีเซียมสเตียเรตร้อยละ 10 จะได้มะนาวผงที่ไม่มีกลิ่นผิดปกติอันเกิดจากสารป้องกันการเกาะกัน

6.1.3 มะนาวผงที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน รสเปรี้ยวจัด และไม่มีกลิ่นมะนาว จึงต้องเติมน้ำมันหอมจากเปลือกมะนาวเพื่อเพิ่มกลิ่น นอกจากนั้นมะนาวผงที่ได้มีบางส่วนที่ไม่สามารถละลายน้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากโปรตีนในไข่ผงสูญเสียสภาพธรรมชาติ ดังนั้นการใช้ในรูปน้ำมะนาวต้องผ่านกระบวนการกรองก่อนนำไปใช้

6.1.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของมะนาวผง (เมื่อละลายน้ำ) เปรียบเทียบกับมะนาวสด พบว่าความขุ่นและรสชาติไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 แต่ด้านกลิ่น สี การยอมรับ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

6.1.5 มะนาวผงเมื่อนำมาละลายน้ำในปริมาณที่เหมาะสมแล้วจะมีปริมาณวิตามินซี 4.04 มิลลิกรัม/100 กรัม ในขณะที่น้ำมะนาวสดมีปริมาณวิตามินซี 17.4 มิลลกรัม/100 กรัม

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ควรมีการทดลองหากรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่น ความขุ่น และการละลายของมะนาวผง

6.2.2 ศึกษากรรมวิธีการลดการสูญเสียวิตามินซีในระหว่างกระบวนการผลิตและเก็บรักษามะนาวผง

เอกสารอ้างอิง

1. กองบรรณาธิการ กลุ่มบัณฑิตเกษตรอาษา, "การปลูกมะนาว," ธันวาคม 2529
2. กองบรรณาธิการเฉพาะกิจ ฐานเกษตรกรรม, "ฐานเกษตรกรรมฉบับพิเศษ มะนาว," เฉพาะกิจ ที่ 12 สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม บางเขน กรุงเทพฯ, ธันวาคม 2529.
3. Prakittachakul, p., "A Study of Dehydration Process of Lime Juice,." Master's Thesis, Department of Chemical Technology, Graduate School.
4. Swisher, H. E., and W. K. Highy, "Lemon and Lime Juice," Fruit and Vegetable Processing (tressler, D. K., and M. A. Joslyn, eds.) 903-933, the Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, 1961.
5. Kefford, J.F., "The Chemical Constituents of Citrus Fruits," Advance in Food Research, (Chichester, C. O., E. M. Mark, and G. F. stewart, eds.), Vol. 9, 285-373, 1959.
6. Klim, M., and S. Nagy, "An Improved Method to Determine Nonenzymatic Browning in Citrus Juice," J. Agric Food Chem., 36, 1271, 1988.
7. Eskin, N. A. M., H. M. Henderson, and R. J. Towsend, "Browning Reaction in Foods," Biochemistry of Food, 69-108, Academic Press, New York, 1971.
8. Clegg, K. M., "Citric Acid and the Browning of Solution Containing Ascorbic Acid," J. Sci. Food Agric., 17-546, 1966.
9. Kennedy, J. F., Z. S. Rivera, F. P. Waaner, L. L. Lloyd, and K. Junnel, "Analysis of Carbohydrates and Amino Acids in Aqueous Solution of L-Ascorbic Acid and Correlation of their Role in the Non-enzymatic Borwning of Vitamin C." J. Micronutrient Analysis, 6 (1), 1-17, 1989.
10. Singh, R. P., D. R. Heldman, and J. R. Kirk, "Kinetics of Quality Degradation: Ascorbic Acid Oxidation in Infant Formula During Storage," J. Food Sci., 41, 304, 1976.
11. Mack, T. E., D. R. Heldman, and R. P. Singh, "Kinetics of Oxygen Uptake in Liquid Foods," J. Food Sci., 309, 1976.
12. Ikeda, R. M., W. L. Stanley, S. H. Vannier, and L. A. Rolle, "Deterioration of Lime oil. Formation of P-cymene from Gamma-terpinene," Food Technol., 15, 379-380, 1961.
13. Baker, R. A. "The Role of Pectin in Citrus Nutrition," Citrus Nutrition and Quality, (Nagy, S. and J. Attaway, eds.) American Chemical Society, Washington, 1980.

14. M. R. Hart, R. P. Graham, L. F. Ginnette, and A. I. Morgan, Jr. "Foams for Foam-Mat Drying," Food Technol., 1302-1304, 1963.

15. O. W. Bissett, J. H. Tatum, C. J. Wagner, Jr., and M.K. Veldhuis, "Foam-mat Dried Orange Juice," Food Technol., 210-213, 1963.

16. Linkevich, O. A., E. A. Suryaninova, S. I. Yurchenko, and S.F. Ponomarenko, "Antibacterial Properties of Juice from Certain Varieties of Tadzhikistan Lemon," Pishchevaya promyshunnost Republikanskii Mazhvedomststvennyi Nauchno-Tekhicheskii Sbonrnik, 18, 31, 1974.

17. London, Robert and Anne. Cocktail and Snacks. A. Dolphin Handbok, 1962

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและการคำนวณ

ก.1 การหาปริมาณกรด (Titratable acidity)

1.1 สารละลายเคมี

1.1.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

1.1.2 สารละลายฟีนอลทาลีน (Phenolphthalein) ความเข้มข้น ร้อยละ 1.0 ในเอทานอลร้อยละ 95

1.2 วิธีวิเคราะห์

1.2.1 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างน้ำผลไม้มา 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร และหยดสารละลายฟีนอลทาลีน 1-2 หยด เขย่าให้เข้ากัน

1.2.2 ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ นำมาคำนวณหาร้อยละของกรดซิตริกจากสูตร

1.3 การคำนวณ

$$\text{กรดซิตริก ร้อยละ} = 6.404 \frac{V_b N}{V_s}$$

เมื่อ V_b คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรตเป็นมิลลิลิตร

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นนอร์มัล

V_s คือ ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้เป็นมิลลิลิตร

ก.2 การหาปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) (17)

2.1 สารละลายเคมีและวิธีเตรียม

2.1.1 สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก ร้อยละ 6

ละลายกรดเมตาฟอสฟอริก (เกรดคุณภาพวิเคราะห์) 60 กรัม ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร คนจนละลายหมด เจือจางให้มีปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็น (ไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 สัปดาห์)

2.1.2 สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 3

เตรียมได้โดยนำสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก ร้อยละ 6 จากข้อ 2.1.1 จำนวน 500 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร

2.1.3 สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอบิก

ละลายกรดแอสคอบิก (เกรดคุณภาพวิเคราะห์) 20 มิลลิกรัม ในสารละลายข้อ 2.1.2 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตร

1 มิลลิลิตร = 0.2 มิลลิกรัมวิตามินซี

2.1.4 สารละลาย 2, 6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.025

ละลายเกลือโซเดียมของ 2, 6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล 50 มิลลิกรัม ในน้ำร้อน 150 มิลลิลิตร ซึ่งมีโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) ละลายอยู่ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร และเก็บในขวดสีน้ำตาลในตู้เย็น (ไม่ควรเก็บสารละลายไว้นานเกิน 1 สัปดาห์)

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1 ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอบิก จากข้อ 2.1.3 มา 5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก ร้อยละ 3 จนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปไตเตรตด้วยสารละลาย 2,6 ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล จนกระทั่งถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรที่ได้ ไว้เพื่อใช้ในการคำนวณ

2.2.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 20 กรัมให้ได้น้ำหนักแน่นอน ละลายและเจือจางด้วยสารละลายกรดเมตาฟอส-ฟอริก ร้อยละ 6 ให้มีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร นำไปกรอง

2.2.3 ปิเปตตัวอย่างจากข้อ 2.2.2 มา 25 มิลลิลิตร หากสารละลายมีสีจะทำให้ดูจุดยุติได้ยาก ต้องสกัดเอาสีออกด้วยคลอโรฟอร์ม 2-3 ครั้ง เก็บชั้นน้ำ (aqueous) ที่อยู่ด้านบนไว้วิเคราะห์ต่อในข้อ 2.2.4

2.2.4 นำสารละลายที่ได้จากข้อ 2.2.3 มาเจือจางด้วยสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกร้อยละ 3 จนมีปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปไตเตรตด้วยสารละลาย 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ร้อยละ 0.025 จนกระทั่งถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรของ (V) ที่ใช้ไว้นำมาคำนวณตามสูตร

2.3 <u>การคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณวิตามินซี มิลลิกรัม/100 กรัม} = \frac{V \times T \times 100}{W}$$

โดย V คือ ปริมาตรของ สารละลาย 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร

T คือ น้ำหนักเป็นมิลลิกรัมของวิตามินซีที่อยู่ในสารละลายมาตรฐาน กรดแอสคอบิก (ข้อ 2.1.3) ซึ่งทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล 1 มิลลิลิตร

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างเป็นกรัม .

ภาคผนวก ข

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ข.1 การเตรียมน้ำมะนาวจากมะนาวผง

ส่วนผสม	น้ำมะนาวผง	1.5	กรัม
	น้ำ	300	มิลลิกรัม
	น้ำตาลทราย	100	กรัม

หมายเหตุ : น้ำมะนาวที่ได้ต้องผ่านกระบวนการกรองด้วยผ้าขาวบางชนิดละเอียด ก่อนนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส

ข.2 การเตรียมน้ำมะนาวสด

ส่วนผสม	น้ำมะนาวสด	150	กรัม
	น้ำ	150	มิลลิกรัม
	น้ำตาลทราย	100	กรัม

ข.3 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่ออาหาร น้ำมะนาวพร้อมดื่ม วันที่ _____

ผู้ชิม _____

code ตัวอย่าง	คะแนน				
	ความข้น	สี	กลิ่น	รส	การยอมรับ
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ _____

หมายเหตุ โปรดให้คะแนนในช่วง 1-9

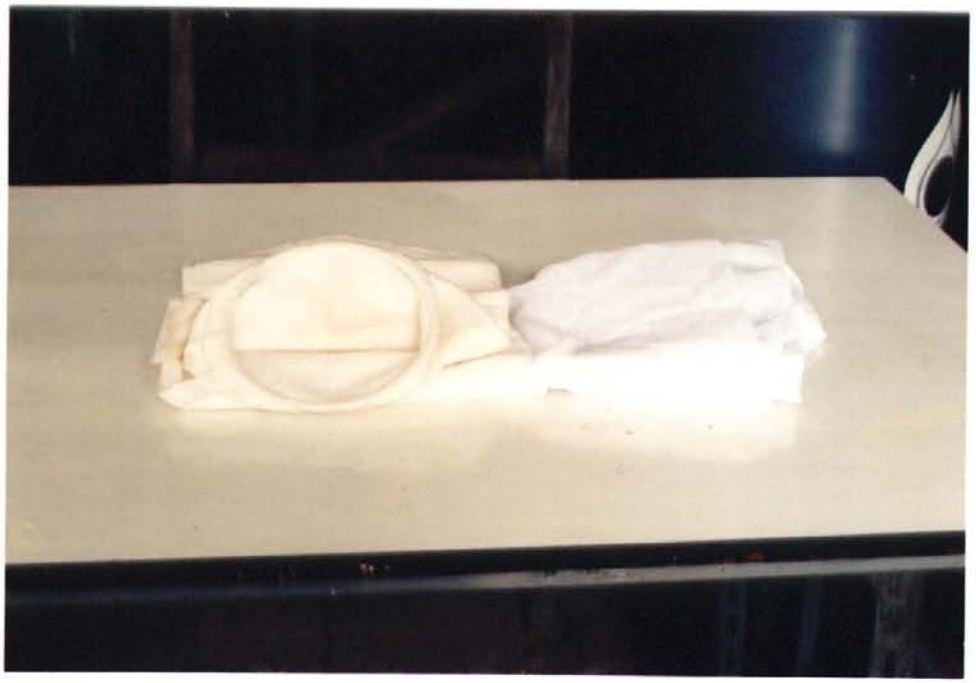
1. ไม่ชอบมากที่สุด
2. ไม่ชอบมาก
3. ไม่ชอบปานกลาง
4. ไม่ชอบเล็กน้อย
5. เฉย ๆ
6. ชอบเล็กน้อย
7. ชอบปานกลาง
8. ชอบมาก
9. ชอบมากที่สุด

ภาคผนวก ค

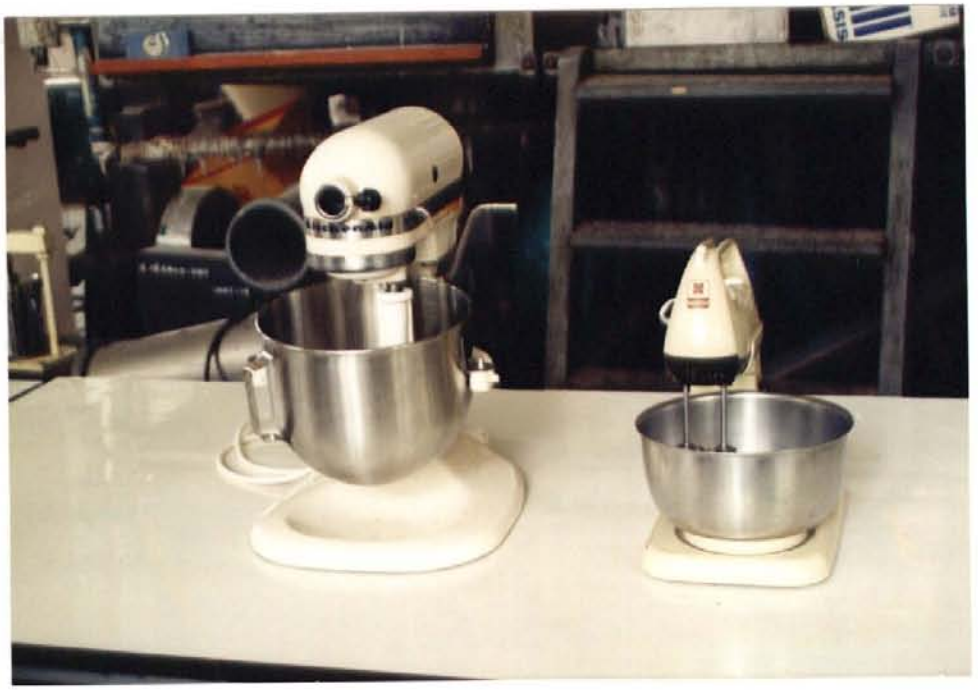
รูปประกอบรายงาน

รูปที่ 1 มะนาวสด

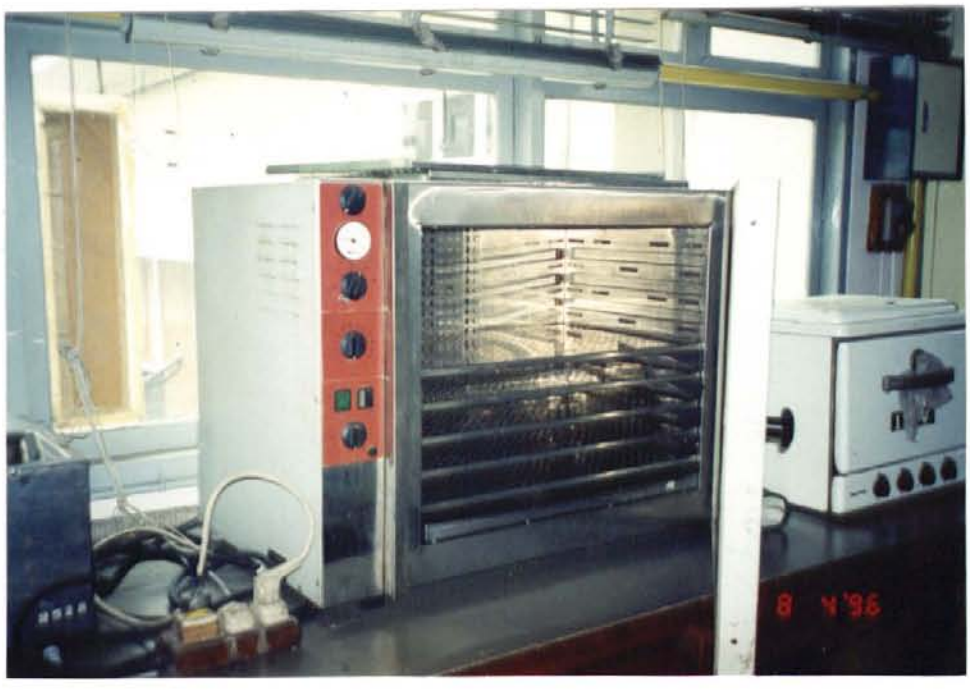
รูปที่ 2 อุปกรณ์การสกัดน้ำมะนาว



รูปที่ 3 อุปกรณ์การกรองน้ำมะนาวสด



รูปที่ 4 เครื่องตีปั่น



รูปที่ 5 ตู้อบลมร้อน

รูปที่ 6 เครื่องบดละเอียด