b.114545

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณภาพของน้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้นแช่แข็ง
Quality of Frozen Concentrated Pineapple Juice

โดย
ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล
นิรมล สันติภาพวิวัฒนา
ยูถิกา สร้อยระย้า

สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปี 2547
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น ผู้วิจัยขอบพระคุณมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงในการให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

ผู้วิจัยขอบกราบขอบพระคุณ ครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ ให้แก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการอาหารที่คอยอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

คุณภาพของน้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้นแช่แข็ง

Quality of Frozen Concentrated Pineapple juice

ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล , นิรมล สันติภาพวิวัฒนา , ยูถิกา สร้อยระย้า

บทคัดย่อ

สับปะรดนางแลเป็นพืชเศรษฐกิจในจังหวัดเชียงราย ในบางฤดูกาลมีผลผลิตเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ราคาผลผลิตตกต่ำ ดังนั้นการนำสับปะรดมาแปรรูปจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่สับปะรด น้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้นแช่แข็งเป็นแนวความคิดใหม่สำหรับการแปรรูปผลิตดังกล่าว งานวิจัยนี้สนใจศึกษาคุณภาพของน้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้นแช่แข็ง น้ำสับปะรดเข้มข้นเตรียมจาก น้ำสับปะรดแท้ร้อยละ 50 กรดซิตริกร้อยละ 1.2 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 60°Brix ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปแช่แข็งที่ -40°C ใช้เวลา 90 นาที เมื่อประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ -40 °C พบว่า น้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้นแช่แข็งที่เก็บไว้นาน 3 เดือน ค่าความสว่างของสี ปริมาณกรด และปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลง ค่า 5-HMF มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับรวมอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(1)
สารบาญตาราง	(2)
สารบาญภาพ	(3)
บทนำ	1
ตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลและวิจารณ์	20
สรุป	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก ก แสดงการคำนวณส่วนผสมน้ำสับปะรดเข้มข้น	42
ภาคผนวก ข ประวัติผู้วิจัย	45

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบทางเคมีของผลสับปะรด	7
2	การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์ต่างกัน	20
3	คุณภาพของน้ำสับปะรดแท้พันธุ์นางแล	24
4	แสดงส่วนผสมของน้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้น 500 กรัม โดยมีน้ำสับปะรดแท้ในส่วนผสมร้อยละ 25	25
5	คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในของเหลวต่างกัน	25
6	คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นที่มีปริมาณน้ำสับปะรดแท้แตกต่างกัน	26
7	คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นที่มีปริมาณกรดซิตริกแตกต่างกัน	27
8	ค่า L* a* และ b* ของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	29
9	คุณภาพทางเคมีของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	30
10	คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	31
11	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	32
12	ร้อยละของการยอมรับรวม (Overall Quality Acceptance) ของผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็ง	34

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ส่วนประกอบที่สำคัญของสับปะรด	5
2	การเปรียบเทียบกราฟแช่แข็งของน้ำบริสุทธิ์และสารละลายที่มีตัวถูกละลายเพียง 1 ตัว	12
3	กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดแท้	16
4	กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น	17
5	กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งบรรจุถ้วยพลาสติก	18
6	แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน	21
7	แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน	21
8	แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน	22
9	แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน	22
10	กราฟการแช่แข็งของน้ำสับปะรดเข้มข้น	28

คุณภาพของน้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้นแช่แข็ง

Quality of Frozen Concentrated Pineapple Juice

บทนำ

สับปะรดนางแล เป็นสับปะรดที่มีเนื้อสีเหลืองเข้ม รสชาติหวาน กลิ่นหอมเหมือนกลิ่นน้ำผึ้ง ผลมีขนาดตั้งแต่ 0.5 - 2.8 ก.ก. เปลือกมีลักษณะบาง ในจังหวัดเชียงราย ได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกสับปะรดพันธุ์นางแลจำนวนมาก โดยเฉพาะพื้นที่ของตำบลนางแล อำเภอเมือง จนมีชื่อเสียง และนับได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจตัวหนึ่งที่ทำรายได้ให้เกษตรกรเป็นอย่างดี นอกจากผลิตผลสดที่มีออกมาจำหน่ายทุกๆ ปีแล้วยังมีการนำสับปะรดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ทำข้าวเกรียบสับปะรด สับปะรดแก้ว ท็อฟฟี่สับปะรด น้ำสับปะรดเข้มข้น แยมสับปะรด สับปะรดกวน และ ไวน์สับปะรด ซึ่งกระบวนการแปรรูปที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่มักจะใช้ความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็นคุณค่าทางโภชนา สี กลิ่นรส ฯลฯ เพื่อเป็นการรักษาคุณภาพของน้ำสับปะรดให้มีลักษณะใกล้เคียงกับของสดมากที่สุด และช่วยรักษาคุณภาพให้ดีที่สุด จึงน่าจะศึกษากระบวนการแปรรูปน้ำสับปะรดโดยใช้กระบวนการแปรรูปโดยอาศัยความเย็น ซึ่งจะช่วยรักษาคุณภาพต่างๆ เหล่านี้ไว้ได้ ซึ่งเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการแปรรูปสับปะรดและเป็นทางเลือกสำหรับการแปรรูป และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรในท้องถิ่น เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำเอาผลผลิตมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้นแช่แข็ง ตั้งแต่คุณภาพของวัตถุดิบ การแปรรูป ตลอดจนคุณภาพระหว่างอายุการเก็บ

ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาช่วงของระยะการเก็บเกี่ยวสับปะรดที่เหมาะสมต่อคุณภาพน้ำสับปะรดแท้
2. ศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้น
3. ศึกษาอัตราการแช่เยือกแข็งของน้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้นแช่แข็ง
4. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา

ตรวจเอกสาร

ความเป็นมาของสับปะรดในประเทศไทย

ในช่วงเวลาประมาณ 200 ปีหลังจากที่โคลัมโบได้พบสับปะรดในทวีปอเมริกาคือในช่วงปี ค.ศ. 1680-1700 หรือประมาณปลายคริสต์ศตวรรษที่ 17 จึงมีรายงานว่าพบสับปะรดในประเทศไทย ประเทศพม่า และแคว้นอัสสัม แต่ไม่ทราบแน่ชัดว่าใครเป็นผู้นำสับปะรดเข้ามาในประเทศไทยเป็นครั้งแรกและตั้งแต่เมื่อใด ถ้ามีการนำสับปะรดเข้ามาในช่วงปีค.ศ. 1680 ถึง 1700 จะตรงกับพุทธศักราช 2223-2243 ซึ่งอยู่ในสมัยของสมเด็จพระนารายณ์มหาราช จึงอาจสันนิษฐานได้ว่าชาวโปรตุเกสซึ่งเข้ามาติดต่อค้าขายกับประเทศไทยเป็นผู้นำสับปะรดเข้ามา สับปะรดในยุคนั้นควรจะเป็นพันธุ์อินทรชิตหรือพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่ม Spanish ซึ่งมีการปลูกกระจัดกระจายกันอยู่ทั่วไปในประเทศมาเป็นเวลานานจนเรียกเป็นสับปะรดพันธุ์พื้นเมือง (Colins, 1960 และ จารุพันธ์, 2526)

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกมากในปัจจุบัน ในบริเวณจังหวัดภาคตะวันตก เช่น ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี เชื่อกันว่ามีผู้นำพันธุ์เข้ามาจากประเทศอินโดนีเซียและปลูกไว้ในพื้นที่อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ส่วนแหล่งเพาะปลูกในภาคตะวันออก เช่น จังหวัดชลบุรี ระยอง เชื่อว่ามีผู้นำพันธุ์มาจากประเทศอินเดียและนำไปปลูกไว้ที่อำเภอศรีราชา ปรากฏว่าสับปะรดทั้งสองแหล่งนี้มีรสชาติเป็นที่ชื่นชอบของผู้คนจำนวนมากจนเป็นที่รู้จักกันทั่วไปในนามของสับปะรดปราณบุรีและสับปะรดศรีราชา (จารุพันธ์, 2526) ซึ่งในปัจจุบันบริเวณภาคตะวันตกและภาคตะวันออก ก็เป็นแหล่งผลิตสับปะรดที่ใหญ่เป็นลำดับที่หนึ่งและที่สองของประเทศตามลำดับ

สำหรับในจังหวัดลำปางซึ่งก็เป็นแหล่งหนึ่งที่มีการปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมาก (ประสงค์, 2520) รายงานว่าแต่เดิมในบริเวณจังหวัดลำปางมีการปลูกสับปะรดพันธุ์พื้นเมือง (อินทรชิต) กระจัดกระจายอยู่ทั่วไปบ้างแล้วจนประมาณปี พ.ศ. 2460 จึงมีผู้นำสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์เข้ามาปลูกในลำปาง ต่อจากนั้นจึงค่อยๆแพร่หลายออกไปแต่ก็ยังปลูกกันไม่มากนัก จนในระยะช่วงปี พ.ศ. 2510-2514 ซึ่งเริ่มมีโรงงานผลไม้กระป๋องเข้ามาก่อตั้งและเปิดดำเนินกิจการผลิตสับปะรดกระป๋อง การปลูกสับปะรดจึงขยายตัวมากขึ้นและต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันนี้

ทางภาคใต้ซึ่งเป็นแหล่งปลูกสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตหรือสวี มีรายงานว่าเจ้าเมืองหลังสวนชื่อพระจรูญราชโภคาการ (คอซิมเต็ก ณ ระนอง) นำพันธุ์พืชต่างๆ รวมทั้งสับประรดเข้ามาจากเมืองปีนัง ประเทศมาเลเซีย เพื่อแจกจ่ายให้ชาวบ้านในอำเภอหลังสวนและสวี ในระยะนั้นสับปะรดที่นำเข้ามาเรียกกันว่าสับปะรดฝรั่ง เนื่องจากนำมาจากปีนังซึ่งขณะนั้นเป็นอาณานิคมของอังกฤษ ปรากฏว่าสับปะรดที่นำเข้ามาปลูกให้ผลดีในการปลูกแซมในสวนมะพร้าวและในสวนยางพาราในระยะต้นยางยังมีขนาดเล็ก การปลูกจึงแพร่หลายมาจนถึงในปัจจุบันซึ่งจะพบมากในจังหวัดภูเก็ต พังงา และชุมพร (ธงชัย, 2530)

ความสำคัญทางเศรษฐกิจ

สับปะรดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน การปลูกเป็นการค้าพบกระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณระหว่างเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือถึง 30 องศาใต้ แหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของโลกได้แก่ สหภาพอัฟริกาใต้ ไอวอรี่โคสต์ เคนยา เม็กซิโก สหรัฐอเมริกา(ฮาวาย) ออสเตรเลีย (ควีนแลนด์) ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน มาเลเซีย อินโดนีเซีย และประเทศไทย เนื่องจากสับปะรดเป็นพืชที่ไม่สามารถทนต่อสภาพอุณหภูมิต่ำจนถึงจุดน้ำค้างแข็ง (frost) ได้ พื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการปลูกจึงมักจะเป็นบริเวณใกล้ชายทะเลซึ่งจะมีระดับอุณหภูมิและความชื้นไม่แปรปรวนมากนัก คือ ไม่ร้อนจัด หนาวจัด หรือมีความชื้นสูงและต่ำแตกต่างกันมากเหมือนบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในทวีป หรือบริเวณที่มีระดับสูงจากระดับน้ำทะเลมาก (Bartholomew, 1977 and Kadzimin, 1975)

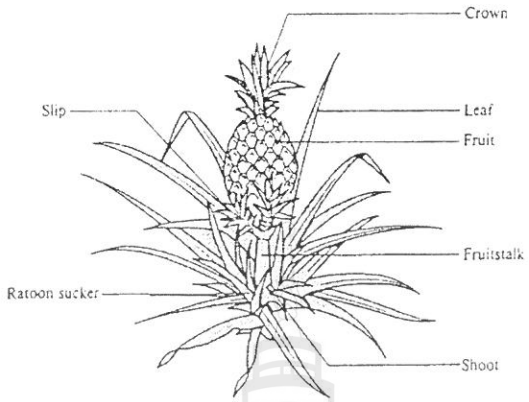
พันธุ์สับปะรดที่นิยมปลูกกันมากคือพันธ์ปัตตาเวีย เพราะมีคุณสมบัติเหมาะสมทั้งในการใบริโภคสด และใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋อง การปลูกในแต่ละท้องถิ่นอาจมีการคัดเลือกสายพันธุ์ (clonal selection) ของพันธุ์ปัตตาเวียนี้ไว้ตามลักษณะที่ต้องการ และตั้งเป็นสายพันธุ์ต่างๆ กันออกไป ส่วนพันธุ์อื่นๆนอกเหนือไปจากพันธุ์นี้ก็มีการปลูกกันบ้างในบางประเทศหรือบางท้องถิ่น แต่มีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ปัตตาเวีย (Bartholomew and Criley, 1983)

ผลผลิตส่วนใหญ่จะแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องชนิดต่างๆ เช่นสับปะรดแว่น (slice) , สับปะรดชิ้นยาว (spear) , สับปะรดชิ้นใหญ่ (chunk) , สับปะรดชิ้นลิ่ม (tidbits) , สับปะรดลูกเต๋า(cube หรือ dice) และน้ำสับปะรด (pineapple juice) เป็นต้น

สัณฐานวิทยาของสับปะรด (Morphology of Pineapple)

สับปะรดที่ปลูกกันโดยทั่วไปจะใช้ส่วนของลำต้นคือ จุก หน่อ และ ตะเกียง เป็นส่วนขยายพันธุ์ อายุการให้ผลสับปะรดในประเทศไทย ถ้าปลูกจากจุกจะใช้เวลานานประมาณ 15-20 เดือน ผลสับปะรดพัฒนามาจากช่อดอกที่เกิดขึ้นที่ปลายยอดของลำต้น เมื่อผลเริ่มพัฒนาไปได้ระยะหนึ่ง ตาที่อยู่ตามมุมใบของลำต้นจะเจริญเติบโตขึ้นมากลายเป็นหน่อ หลังจากเก็บผลสับปะรดจากต้นแม่ (plant crop) ไปแล้วต้นสับปะรดต้นเดิมก็จะเสื่อมโทรมไป หน่อที่เจริญขึ้นมาจากตาตามมุมใบก็จะเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นสับปะรดต้นใหม่ สับปะรดที่พัฒนามาจากหน่อบนต้นแม่นี้เรียกว่า สับปะรดหน่อรุ่นแรก (first ratoon) ซึ่งเมื่อให้ผลแล้วตาที่อยู่มุมใบของสับปะรดหน่อรุ่นแรกก็จะเจริญเติบโต เป็นต้นใหม่ได้อีด สับปะรดต้นใหม่ที่เกิดจากตาตามมุมใบขอหน่อรุ่นแรกนี้ เรียกว่า สับปะรดหน่อรุ่นที่สอง (second ratoon) การเกิดต้นใหม่ทดแทนกันเช่นนี้จะดำเนินไปได้หลายรอบถ้ามีสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโต

สับปะรดที่ปลูกกันอยู่โดยทั่วไปมีหลายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่ปลูกกันแพร่หลายมากที่สุดคือพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งลักษณะต่างที่จะกล่าวถึงต่อไป ส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะของพันธุ์นี้ ต้นสับปะรดที่เจริญเติบโตเต็มที่และพุ่มใบจะมีความกว้างและความสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญคือ ราก ลำต้น ใบ ช่อดอก และผล)



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบที่สำคัญของสับปะรด

ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลสับปะรด

สับปะรดเป็นผลไม้ประเภท Non-climacteric มีอัตราการหายใจต่ำมากในระยะเก็บเกี่ยว คล้ายกับส้ม มะนาว เงาะ และลิ้นจี่ ซึ่งไม่สามารถนำมาบ่มให้สุกได้ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพของสับปะรด ทั้งนี้เนื่องจากสับปะรดในแปลงจะสุกไม่พร้อมกัน แต่จะทยอยกันสุกในช่วงระยะเวลา 3-5 สัปดาห์ ทำให้ต้องทำการเก็บเกี่ยว 3-4 ครั้งจึงจะหมดแปลง (จารุพันธ์, 2526) เมื่อผลสับปะรดเจริญเติบโตถึงระยะเก็บเกี่ยวสีของเปลือกผลจะเปลี่ยนเป็นจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ในบางฤดูผลสับปะรดอาจจะสุกพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้แล้วโดยเนื้อภายในผลอาจจะสุกไปแล้วมากกว่าร้อยละ 50 แต่สีของเปลือกยังเป็นสีเขียวเช่นเดิมไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองการจะดูว่าผลสับปะรดพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้หรือยัง จึงดูจากสีเปลือกเพียงอย่างเดียวไม่ได้ แต่ต้องพิจารณาร่วมกับลักษณะอื่นๆประกอบกันไปด้วย (จินดารัฐ , 2541)ดังนี้

1.ลักษณะภายนอกของผล

ลักษณะภายนอกของผล เช่น สีของเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหรือสีส้มหรือน้ำตาลอมแดง ตาของผลย่อยจะแบนราบ สีของตาเหลืองไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 แต่ตาจะมีสีส้มไม่เกินร้อยละ 20 ผลมีขนาดโตเต็มที่ ก้านผลเหี่ยวตามแนวยาวและเป็นร่อง ผลมีความแข็งแรงลดลงและมีกลิ่นหอม (จารุพันธ์, 2526)

2.การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี

ผลสับปะรดเมื่อแก่จัด จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรดเพิ่มขึ้นมากกว่าผลที่ยังอ่อน นอกจากนี้จะมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุด และมีปริมาณคงที่จนกว่าผลสับปะรดจะเริ่มเสื่อมสภาพ

3.การนับระยะเวลา

อายุของผลนับจากวันที่เริ่มแทงช่อดอกถึงผลดิบจะมีอายุน้อยกว่า 120 วัน ผลแก่ไม่จัดมีอายุ 120-150 วัน ผลแก่จัดมีอายุ 150-165 วัน และระยะผลเริ่มเสื่อมสภาพเมื่ออายุมากกว่า 165 วัน (จารุพันธ์,2526)

4.ความถ่วงจำเพาะ

การวัดความถ่วงจำเพาะเป็นวิธีที่สามารถคัดสับปะรดให้มีระยะความสุกเท่าๆกัน และเป็นวิธีที่ดีที่สุด ซึ่งให้ผลแน่นอน โดยมีหลักการคือ สับปะรดที่ลอยน้ำจะสุกน้อยกว่าสับปะรดที่จมน้ำ และสับปะรดที่จมในสารละลายเกลือร้อยละ 3 จะสุกมาก (Smith, 1984)

ส่วนใหญ่ในการเก็บเกี่ยวสับปะรดเกษตรกรจะอาศัยความชำนาญ ใช้การสังเกตจากสีของเปลือกเพียงอย่างเดียว การเก็บเกี่ยวสับปะรดระยะใดขึ้นกับระยะเวลาการเก็บรักษา การเก็บเกี่ยวเพื่อรับประทานสดเพื่อส่งตลาดต่างประเทศ ผลสับปะรดควรจะมีตาสีเขียวทุกตาหรือมีตาสีเหลืองได้ไม่เกินร้อยละ 20 (โดยเฉพาะการส่งออกทางเรือ) ทั้งนี้เพราะสับปะรดที่สุกเกินไปจะเก็บในอุณหภูมิต่ำได้ไม่นาน จะเกิดอาการผิดปกติทางสรีระ เช่น เกิดอาการไส้สีน้ำตาล ซึ่งทำให้คุณภาพทางการบริโภคไม่ดี ถ้าเกิดมากจะไม่สามารถรับประทานได้ ในกรณีที่ส่งออกทางเครื่องบิน สามารถเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีความแก่ร้อยละ 50 (จินดารัฐ,2541)

องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด

สับปะรดสดประกอบด้วยน้ำร้อยละ 80-85 สารอาหารหลักที่พบในสับปะรดคือ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นน้ำตาลร้อยละ 12-15 ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส แป้งร้อยละ 0.002 ของน้ำหนัก นอกจากนี้ผลสับปะรดยังมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.4 และไขมันร้อยละ 0.1 สำหรับกรดอินทรีย์มีปริมาณร้อยละ 0.6 โดยกรดอินทรีย์ที่สำคัญในสับปะรดมี 2 ชนิด คือ กรดซิตริก และกรดมาลิก(Dull, 1971) องค์ประกอบทางเคมีของสับปรดจะ

ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการสุก และสภาพแวดล้อมขณะปลูก เช่น การบำรุงดูแลรักษา องค์ประกอบทางเคมีของผลสับปะรดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของผลสับปะรด

ส่วนประกอบทางเคมี	ร้อยละ (น้ำหนักสด)
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้	10.80-17.50
น้ำตาลซูโครส	5.90-12.00
น้ำตาลกลูโครส	1.00-3.20
น้ำตาลฟรุกโตส	0.6-2.30
เซลลูโลส	0.43-0.54
เพกติน	0.06-0.16
ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (กรดซิตริก)	0.60-1.62
กรดซิตริก	0.32-1.22
กรดมาลิก	0.1-0.47
กรดออกซาลิก	0.005
เถ้า	0.30-0.42
น้ำ	81.2-86.2
เส้นใย	0.30-0.61
ไนโตรเจน	0.045-0.115
สารสี (ppm ของแคโรทีน)	0.20-2.50
แคโรทีน (mg)	0.13-0.29
แซนโธฟิล (mg)	0.03
เอสเทอร์ (ppm)	0.20-2.50

ที่มา: จินดารัฐ (2541)

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว

การเปลี่ยนแปลงของผลสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากสับปะรดที่เก็บเกี่ยวมาแล้วยังคงมีชีวิต มี

กระบวนการต่างๆที่ยังดำเนินอยู่ในเนื้อเยื่อของผลิตผล (Metabolic activities)เช่น การหายใจ การสูญเสียน้ำ นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีอื่นๆ เช่น การผลิตเอทิลีน การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบคาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน กรดอินทรีย์ ความแน่นเนื้อของผล สีของเนื้อและเปลือก เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเกิดขึ้นช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อมภายหลังการเก็บเกี่ยว (สายชล, 2528 ;E1-Mir และคณะ, 2001) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าสับปะรดเป็นผลไม้ประเภท Non-climacteric มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีไม่มากนัก โดยมีอัตราการหายใจอยู่ในช่วง 22 mg.CO_2/kg.hr ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส มีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่ถึงจุดสูงสุด (Ethylene climacteric) อย่างเห็นได้ชัด โดยสับปะรดจัดว่าเป็นผลไม้ที่มีการผลิตเอทิลีนต่ำในช่วง 0.1 – 1.0 µg /kg.hr (Paull, 1985)

ปริมาณของแข็งทีละลายได้ทั้งหมด (TSS) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ในขณะที่ปริมาณกรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (จักรพงษ์, 2535) โดยปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นจากส่วนของแกนผล (4meq/100ml) (Paull, 1997) และค่า pH ภายในผลจะลดลงจาก 3.9 เป็น 3.7 ในผลที่สุกเต็มที่ สับปะรดเป็นผลไม้ที่ไม่มีการสะสมแป้งในระหว่างที่ผลมีการสุก (Dull, 1971) แต่จะสะสมในระหว่างที่มีการเจริญ การเก็บรักษาสับปะรดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และน้ำตาลเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (Paull,1997) ส่วนปริมาณของ Ascorbic acid มีความต่างกันไปตามพันธุ์ และผันแปรไปตามปริมาณแสงที่ได้รับ (Gortner และ Singleton, 1965)

ความรู้พื้นฐานของน้ำและน้ำแข็งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแช่แข็ง

การลดอุณหภูมิอาหาร เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อกระบวนการแช่แข็ง ซึ่งการแช่แข็งหมายถึงกระบวนการที่เปลี่ยนน้ำไปเป็นน้ำแข็ง โดยการดึงความร้อนออกเพื่อลดอุณหภูมิ (Sensible heat) จนอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C โดยที่น้ำในอาหารยังไม่เป็นน้ำแข็ง ในสภาพที่อุณหภูมิของอาหารต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของอาหารนั้นจะเป็นสภาพที่เรียกว่า เย็นยิ่งยวด (Undercool) ขณะที่เกิดน้ำแข็งจำเป็นต้องดึงความร้อนแฝงของการเกิดผลึก (Latent heat of crystallization) ออกด้วย ซึ่งการดึงความร้อนนี้จะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีการกระตุ้นให้เกิดขบวนการเป็นผลึกน้ำแข็งเสียก่อน การกระตุ้นดังกล่าวก็คือ การเกิดนิวเคลียสน้ำแข็ง(Nucleation) เมื่อเกิดนิวเคลียส (ice nuclei) แล้วขณะเดียวกันที่มีการดึงความร้อน(แฝงของการเกิดผลึก) ออกอย่างรวดเร็วก็จะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขึ้น (crystal growth) หากการดึงความร้อนออกไม่เร็วพอ จะเป็นผลให้อุณหภูมิของ

อาหารนั้นเพิ่มสูงขึ้นได้ชั่วขณะ ขณะที่เกิดการดึงความร้อนแฝงออกนั้นอุณหภูมิของน้ำจะคงที่ ณ ที่จุดเยือกแข็งนั้น แต่ในทางปฏิบัติแล้วอุณหภูมิ อุณหภูมิของอาหารทั่วไปจะเปลี่ยนไปเล็กน้อย ขณะที่มีการดึงความร้อนแฝงออก ทั้งนี้ เนื่องจากในอาหารมี

การแช่เยือกแข็ง หมายถึง กรรมวิธีการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำลงกว่าจุดเยือกแข็ง โดยส่วนของน้ำจะแปรเปลี่ยนสภาพไปเป็นผลึกน้ำแข็ง (crystallization) กระบวนการมีสองขั้นตอนคือ การดึงความร้อนของน้ำออกเพื่อลดอุณหภูมิของอาหาร และ การดึงความร้อนแฝงของน้ำออกจนเกิดการกระตุ้นให้เกิดผลึกน้ำแข็ง

กระบวนการเกิดผลึกน้ำแข็ง (Crystallization)

การทำให้เย็นเป็นการดึงความร้อนออกเพื่อลดอุณหภูมิ (sensible heat) สามารถดึงความร้อนและอุณหภูมิของอาหารลงเรื่อยๆ จนต่ำกว่า 0°C โดยที่น้ำในอาหารยังไม่เป็นน้ำแข็ง ในสภาพที่อุณหภูมิของอาหารต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของอาหารนั้นจะเป็นสภาพที่เรียกว่า เย็นยิ่งยวด (undercool) ซึ่งมักจะพบอยู่เสมอในการแช่แข็งอาหาร ขณะที่การเกิดน้ำแข็งจำเป็นต้องดึงความร้อนแฝง (latent heat of crystallization) ของการเกิดผลึกออก การดึงความร้อนนี้เกิดได้ต่อเมื่อมีการกระตุ้นให้เกิดขบวนการเป็นผลึกน้ำแข็งเสียก่อน การกระตุ้นดังกล่าวก็คือ การเกิดนิวเคลียสน้ำแข็ง (nucleation) เมื่อเกิดนิวเคลียส (ice nuclei) แล้วขณะที่มีการดึงความร้อน (แฝงของการเกิดผลึก) ออกอย่างรวดเร็วก็จะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขึ้น (crystal growth) หากการดึงความร้อนออกไม่เร็วพอจะเป็นผลให้อุณหภูมิของอาหารนั้นเพิ่มสูงขึ้นได้ชั่วขณะ ขณะที่เกิดการดึงความร้อนแฝงออกนั้นอุณหภูมิของน้ำจะคงที่ ณ ที่จุดเยือกแข็งนั้น

ในทางปฏิบัติอุณหภูมิของอาหารทั่วไปจะเปลี่ยนไปเล็กน้อยขณะที่มีการดึงความร้อนแฝงออก ทั้งนี้เนื่องจากในอาหารมีสารละลายต่างๆ ปนอยู่ในของเหลว เห็นได้ว่าปัจจัยที่สำคัญในการเกิดน้ำแข็งคือ "ปัญหาการเกิดนิวเคลียสน้ำแข็ง" ที่เป็นปัญหาก็เพราะว่าจากการกระตุ้นให้เกิดนิวเคลียสน้ำแข็งในอาหารนั้นมักจะไม่สามารถควบคุมได้โดยตรงหรือควบคุมไม่ได้เลย คงทำได้โดยการควบคุมทางอ้อม เช่น การควบคุมอัตราการกระจาย และการดึงความร้อนออก โดยปกติน้ำบริสุทธิ์ (pure) นั้นจะเกิดนิวเคลียสน้ำแข็งและจะเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำแข็งอย่างแบบฉับพลันและเกิดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous nucleation) เมื่อลดอุณหภูมิลงถึงประมาณ –40 °C

ไม่ว่าการเกิดน้ำแข็งอย่างฉับพลันจะเป็นที่สนใจและศึกษามากเพียงใด ปรากฏการณ์แช่แข็งในอาหารที่พบโดยทั่วไปมักจะเป็นไปอีกในลักษณะ คือ การเกิดนิวเคลียสน้ำแข็งแบบเป็นเนื้อผสม (Heterogeneous nucleation) ซึ่งจะเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่า –40 °C โดยมีสารอนุมูลต่างๆในส่วนของเหลวของอาหารทำหน้าที่เป็นแบบพิมพ์ (template) ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดนิวเคลียสน้ำแข็งในอาหาร โดยสารแต่ละชนิดประเภทและสภาวะเฉพาะตัวของสารนั้น จะให้ผลในการกระตุ้นให้เกิดน้ำแข็งต่างกันไป

เมื่อเกิดนิวเคลียสน้ำแข็งแล้วผลึกน้ำแข็งก็จะขยายตัวขึ้นจากนิวเคลียส เมื่อมีการดึงความร้อนแฝงของการเกิดผลึกออกอย่างต่อเนื่อง การโตของผลึกน้ำแข็ง คือ การรวมตัวของโมเลกุลของกับโมเลกุลของนิวเคลียสหรือผลึกน้ำแข็งอื่นเพื่อให้อยู่ในสภาพระเบียบสมดุลทางเทอร์โมไดนามิคก์ ซึ่งการเพิ่มขนาดของผลึกน้ำแข็งสามารถเกิดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเพียงเล็กน้อย ส่วนขนาดของผลึกน้ำแข็งนั้นจะขึ้นกับจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นในอาหารและอัตราการดึงความร้อนจากอาหาร

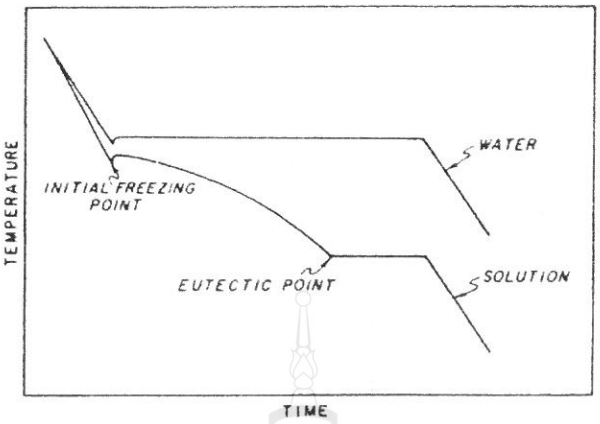
ในการแช่แข็งแบบช้าการโตของผลึกน้ำแข็งจะเกิดได้ต่อเนื่องเป็นผลให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่กว่าในการแช่แข็งแบบเร็ว ขณะที่ในการแช่แข็งแบบเร็วอัตราการดึงความร้อนจะเป็นไปอย่างรวดเร็วจึงทำให้เกิดสภาพความเย็นยิ่งยวด ซึ่งก่อให้เกิดศักยภาพในการกระตุ้นให้เกิดนิวเคลียสน้ำแข็งที่เพิ่มขึ้นจากจำนวนเริ่มต้น จากจำนวนนิวเคลียสน้ำแข็งที่เพิ่มมากกว่าจึงเป็นผลให้ผลึกน้ำแข็งในอาหารมีมาก และมีขนาดเล็กกว่าในการแช่แข็งแบบช้า (Reid,1983)

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า คุณสมบัติของอาหาร เช่น ความสามารถในการซึมผ่านผนังเนื้อเยื่อ (membrane permeability) ความหนืดของของเหลวที่ยังไม่เยือกแข็ง (viscosity of unfrozen liquid) จะมีผลกระทบต่ออัตราการเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำสู่ผลึกน้ำแข็ง (mass transfer) ซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดอัตราการโตของผลึกน้ำแข็งด้วย ส่วนรูปร่างของผลึกน้ำแข็งในอาหารนอกเหนือปัจจัยที่ต่างๆ ดังกล่าวมาแล้ว ยังขึ้นกับทิศทางการดึงความร้อนออกจากอาหาร ลักษณะโครงสร้างเนื้อเยื่อของอาหารและสารที่ไม่ละลายน้ำที่ปะปนอยู่ในอาหาร ขอเน้นว่าแม้ว่าจะทำการแช่แข็งโดยขบวนการเดียวกันในอาหารชนิดเดียวกัน ขนาดและรูปร่างของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในเนื้ออาหารก็สามารถมีความแตกต่างกันไปได้ เนื่องจากคุณสมบัติภายในอาหารนั้นเอง

ดังเช่น ความแตกต่างของผลึกน้ำแข็งที่พบในเนื้อปลาก่อนการคลายตัวเทียบกับหลังการคลายตัว (pre and post rigor) ซึ่งแช่แข็งด้วยอัตราเร็วในการแช่แข็งที่เท่ากัน (Love and Haraldson,1961)

รุ่งนภา(2535) กล่าวว่า กระบวนการแช่แข็งในผลิตภัณฑ์อาหารค่อนข้างจะซับซ้อนกว่าการแช่แข็งน้ำบริสุทธิ์ ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งเปรียบเทียบกราฟของการแช่แข็งของน้ำและสารละลายที่มีตัวถูกละลายเพียงหนึ่งชนิด จะเห็นว่า กราฟของน้ำนั้นจะมีอุณหภูมิลดลงเมื่อความร้อนถูกกำจัดออกจากระบบ จนกระทั่งถึงจุดเยือกแข็ง หลังจากเกิดซุปเปอร์คูลลิ่ง (supercooling : การทำให้เย็นยิ่งยวด คือ อุณหภูมิของน้ำลดต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของผลิตภัณฑ์แต่ยังไม่เกิดผลึกขึ้น) ปริมาณเล็กน้อยแล้วอุณหภูมิจะคงที่ ซึ่งในช่วงนี้ความร้อนจะถูกกำจัดออกไปในรูปของความร้อนแฝงของน้ำ ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง หลังจากน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งจนหมดแล้ว ถ้าความร้อนถูกกำจัดออกไปจากระบบต่อไป อุณหภูมิก็จะลดลงต่อไปอีก แต่ลักษณะของกราฟแช่แข็งของอาหารหรือสารละลายใดๆนั้น อุณหภูมิจะลดลงจนถึงจุดเยือกแข็งเริ่มต้นเช่นเดียวกับน้ำแต่อุณหภูมิจุดเยือกแข็งจะลดต่ำลงการแช่แข็งในช่วงเริ่มต้นนั้นจะก่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งของน้ำทำให้ความเข้มข้นของสารละลายที่เหลืออยู่เพิ่มขึ้น จึงทำให้จุดเยือกแข็งของส่วนที่ยังไม่แข็งตัว (unfrozen) ลดต่ำลงไปอีกด้วย ดังแสดงในภาพที่ 2 กระบวนการจะดำเนินต่อไปทำให้จุดเยือกแข็งของสารละลายเข้มข้นลดลงจนถึงจุดที่เรียกว่า ยูเทกทิก (eutectic point) ของตัวถูกละลาย หลังจากจุดน้ำเมื่อกำจัดความร้อนออกไปอีกจะเกิดผลึกของตัวถูกละลายและผลึกน้ำแข็งขึ้น หลังจากนั้นอุณหภูมิของระบบก็จะลดลง

ในอาหารทั่วไปอาจประกอบด้วยตัวถูกละลายมากกว่า 1 ชนิด ซึ่งอาจมีจุดยูเทกทิกได้หลายจุดในระหว่างกระบวนการแช่แข็ง อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่เป็นจุดยูเทกทิกหลายจุดที่พบมิได้หมายความว่ามีตัวถูกละลายหลายชนิดในระบบนั้น



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบกราฟแช่แข็งของน้ำบริสุทธิ์และสารละลายที่มีตัวถูกละลายเพียง 1 ตัว
ที่มา: Heldman และ Singh (1981)

การเปลี่ยนแปลงของผลึกน้ำแข็ง (maturation and recrystallization)

เป็นปรากฏการณ์ที่ผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็กแล้วจะมีขนาดลดลง และผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ทั้งนี้อาจรวมถึงเปลี่ยนรูปร่างของผลึกน้ำแข็งไปด้วย การเปลี่ยนแปลงของผลึกน้ำแข็งนี้จะเกิดอย่างรวดเร็ว หากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารแช่แข็งขึ้นลง หรือเมื่ออาหารแช่แข็งเก็บในสภาพที่อุณหภูมิไม่ต่ำพอ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร

เมื่อมองถึงความสลับซับซ้อนในองค์ประกอบของอาหารแต่ละชนิดที่มีลักษณะเฉพาะตัว และประกอบด้วยสารละลายหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดก็มีจุดอิ่มตัว และจุดเยือกแข็งต่างกันไป เหล่านี้เองส่งผลต่ออัตราการแช่แข็งและการเกิดผลึก รูปร่างของผลึกน้ำแข็ง ผนวกกับการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารต่างๆ ในอาหารกับน้ำที่เปลี่ยนไปเมื่อความเข้มข้นของส่วนที่เป็นของเหลว (unfrozen liquid) เพิ่มขึ้นระหว่างการแช่แข็ง การเปลี่ยนแปลงในส่วนของเหลวที่ยังไม่เยือกแข็งนี้สามารถมีผลต่อคุณภาพของอาหารได้ ดังนี้

1. ความเป็นกรด-ด่าง อาจเปลี่ยนไป
2. ปฏิกิริยาเคมีทั่วไป อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้โดย

- เกิดช้าลง โดยผลของอุณหภูมิ และความหนืดของของเหลวที่เพิ่มขึ้น (ชะลอการเคลื่อนย้ายของโมเลกุล)
- เกิดเร็วขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น เพราะปริมาตรลดลง

3. ปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์
   - เกิดช้าลง เนื่องจากอุณหภูมิที่ลดลงมีผลโดยตรงต่อขบวนการชีวเคมีและเอนไซม์ หรือผลจากความเป็นกรด-ด่างที่เปลี่ยนไป เนื่องจากการแช่แข็ง
   - เกิดเร็วขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของสาร (substrate) มีมากขึ้นเนื่องจากปริมาตรที่ลดลงของของเหลว

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 สับปะรดพันธุ์นางแล จาก ต.นางแล อ.เมือง จ.เชียงราย

1.2 น้ำตาลทรายขาวตรามิตรผล

1.3 กรดซิตริก

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำสับปะรดแท้ และน้ำสับปะรดเข้มข้น

2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว

2.2 ผ้าขาวบาง

2.3 ตู้แช่แข็ง

3. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorQuestXE

3.2.2 เครื่องชั่ง ยี่ห้อ Ohaus/ARC 120

3.2.3 Hand Refractometer

3.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์กรด

3.2.2 UV / VIS Spectrophotometer

3.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์จุลินทรีย์

3.3.2 ตู้อบเชื้อจุลินทรีย์ ยี่ห้อ Bider รุ่น BD 240

3.3.3 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันสูง ยี่ห้อ SALP รุ่น CL 40M

3.4 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4.1 อุปกรณ์ในการทดสอบ

3.4.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.5 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์อายุการเก็บรักษา

3.5.1 ตู้แช่แข็ง ยี่ห้อ Angelantoni

วิธีการ

1. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกและภายในของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน

สับปะรดพันธุ์นางแลที่ใช้ในการทดลอง ถูกขนส่งจากแหล่งปลูก ณ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายมายังห้องปฏิบัติการทางเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง หลังจากนั้นนำไปทำการวิเคราะห์คุณภาพภายนอกและภายใน

แบ่งการทดลองออกเป็น 3 Treatment Treatment ละ 30 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ผล

Treatment 1 สับปะรดอายุ 4 เดือน

Treatment 2 สับปะรดอายุ 5 เดือน

Treatment 3 สับปะรดอายุ 6 เดือน

วิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

(1) คุณภาพทางกายภาพ

- น้ำหนักผล (ชั่งน้ำหนัก)

(2) คุณภาพางเคมี

- ปริมาณกรดทั้งหมด โดยวิธีการไตเตรทกับสารละลาย NaOH 0.1N (AOAC,
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand Refractometer)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Nelson's reducing sugar)

2. การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับน้ำสับปะรดเข้มข้น

2.1 ศึกษาคุณภาพน้ำสับปะรดแท้

สับปะรดที่ใช้ตลอดการทดลองนี้ เป็นสับปะรดพันธุ์นางแล โดยอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของสับปะรดได้มาจากผลการทดลองในข้อ 1 เตรียมน้ำสับปะรดแท้ดังแผนภาพที่ 3

ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดแท้

นำน้ำสับปะรดแท้ตรวจสอบคุณภาพดังต่อไปนี้

1. ค่าของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว (Total Soluble Solid: TSS) โดยใช้ Hand Refractomemter
2. ค่าความเป็นกรด โดยวิธีไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N (AOAC, 2000)

คุณภาพของน้ำสับปะรดแท้ที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ จะใช้สำหรับเตรียมสูตรน้ำสับปะรดเข้มข้นต่อไป

2.2 ศึกษาระดับความหวานที่เหมาะสมสำหรับน้ำสับปะรดเข้มข้น

ในการทดลองนี้ ศึกษาระดับความหวานที่เหมาะสม โดยผันแปรปริมาณน้ำตาลทราย 4 ระดับ คือ 55, 60, 65 และ 70 °Brix โดยส่วนผสมดังกล่าวมีน้ำสับปะรดแท้ในสูตร 25% กรดซิตริก 0.5% และ เกลือ 0.20% (การคำนวณส่วนผสมน้ำสับปะรดเข้มข้น แสดงดังภาคนวกที่ 1) ผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น ดังแผนภาพที่ 4

ภาพที่ 4 กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

นำน้ำสับปะรดเข้มข้น มาเจือจางด้วยน้ำให้เป็นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม จนได้น้ำสับปะรดที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 14°Brix แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

(1) คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความชอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว กลิ่นรสสับปะรด และความชอบรวม โดยวิธีให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกล 9 ระดับ (9-point hedonic scaling) กับผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

2.3 ศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดแท้ที่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

ปริมาณน้ำสับปะรดแท้ มีผลต่อคุณภาพทางด้านสีกลิ่น และรสชาติของน้ำสับปะรดเข้มข้น ดังนั้นในการทดลองนี้ จะศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดแท้ 5 ระดับ คือ 25, 30, 35, 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ โดยระดับความหวานที่เลือกใช้ ได้จากผลการทดลองในข้อ 2.2 ผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น ดังแผนภาพที่ 4

นำน้ำสับปะรดเข้มข้น มาเจือจางด้วยน้ำให้เป็นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม จนได้น้ำสับปะรดที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 14°Brix แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

(1) คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความชอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว กลิ่นรสสับปะรด และความชอบรวม โดยวิธีให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกล 9 ระดับ (9-points hedonic scaling) กับผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

2.4 ศึกษาปริมาณกรดที่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

กรดในน้ำผลไม้มีความสำคัญคือ ช่วยให้น้ำผลไม้มีรสชาติที่ดี นอกจากนี้กรดยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางประเภทได้ ดังนั้นในการทดลองนี้ ได้ศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม โดยผันแปรปริมาณกรดซิตริก 5 ระดับ คือ 0.5, 0.75, 1.00, 1.25 และ 1.50 ตามลำดับ โดยระดับความหวานที่เหมาะสมและปริมาณน้ำสับปะรดแท้ที่เหมาะสมได้จากการทดลองในข้อ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ ผลิตน้ำสับปะรดแท้ดังแผนภาพที่ 4

นำน้ำสับปะรดเข้มข้น มาเจือจางด้วยน้ำให้เป็นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม จนได้น้ำสับปะรดที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 14°Brix แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

(1) คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความชอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว กลิ่นรสสับปะรด และความชอบรวม โดยวิธีให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกล 9 ระดับ (9-points hedonic scaling) กับผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

3. ศึกษาเวลาแช่แข็งของน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ถูกพัฒนาขึ้น

จากการพัฒนาสูตรในข้อ 2 ทำให้ทราบปริมาณความหวานที่เหมาะสม ปริมาณน้ำสับปะรดแท้ที่เหมาะสม และปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม สำหรับผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น ในการทดลองนี้จะศึกษาหาเวลาแช่แข็งน้ำสับปะรดเข้มข้น โดยผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นดังต่อไปนี้

น้ำสับปะรดแท้แช่แข็ง

↓

ละลาย

↓

ชั่งส่วนผสม

↓

ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน

↓

ต้มฆ่าเชื้อ 95°C 2 นาที

↓

บรรจุใส่ถ้วยพลาสติก 10 มิลลิลิตร

↓

แช่แข็งที่อุณหภูมิ -40°C

ภาพที่ 5 กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งบรรจุถ้วยพลาสติก

บันทึกอุณหภูมิของน้ำสับปะรดทุกๆ 1นาที นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา เพื่อหาเวลาแช่แข็งที่เหมาะสม

4. ศึกษาคุณภาพของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็ง ในระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการทดลองข้อ 2 และ 3 ทำให้ทราบสูตรที่เหมาะสม และเวลาแช่แข็งที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น ในการทดลองนี้จะศึกษาคุณภาพของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น ดังแผนภาพที่ 3 สุ่มตัวอย่างทุกๆ สัปดาห์ตรวจสาอบคุณภาพดังต่อไปนี้

(1) คุณภาพทางกายภาพ

- สี L* a* b* โดยเครื่อง ColorQuest

(2) คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณกรดทั้งหมด โดยวิธีการไตเตรทกับสารละลาย NaOH 0.1N (AOAC, 2000)
- 5HMF(OD 420 nm)
- ปริมาณวิตามินซี

(3) คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด
- ปริมาณยีสต์และรา

(4) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำน้ำสับปะรดเข้มข้น มาเจือจางด้วยน้ำให้เป็นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม จนได้น้ำสับปะรดที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 14°Brix ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว กลิ่นรสสับปะรด และความชอบรวม โดยวิธีให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกล 9 ระดับ (9-points hedonic scaling) กับผู้ทดสอบจำนวน 30 คน และ Overall Quality Acceptance

ผลการทดลอง

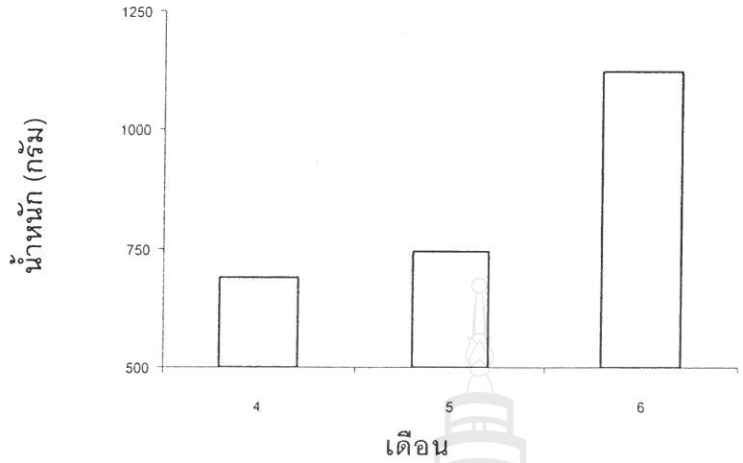
1. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกและภายในของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน

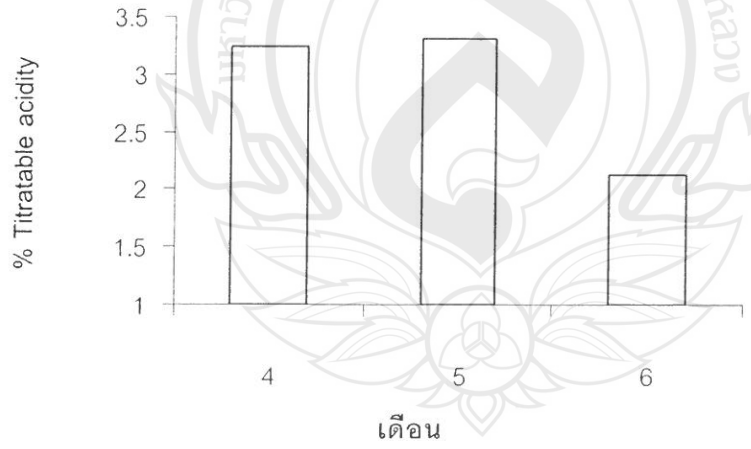
ความบริบูรณ์ (เดือน)	น้ำหนัก (g)	ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (% brix)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/mL)
4	689.01^{b}	3.23^{a}	11.10^{b}	3.90x10$^{-2\,b}$
5	742.39^{b}	3.30^{a}	13.28^{a}	4.32x10$^{-2\,a}$
6	1,124.48^{a}	2.13^{b}	14.04^{a}	4.6x10$^{-2\,a}$

หมายเหตุ a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

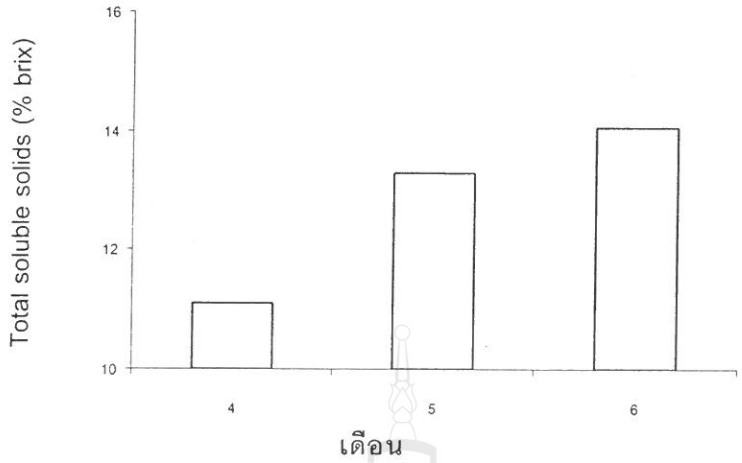
ตารางที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของสับปะรดพันธุ์นางแล ที่มีอายุตั้งแต่ 4 เดือน จนถึง 6 เดือน จากการศึกษาพบว่า สับปะรดมีการสะสมน้ำหนักเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 6 เดือน โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 1,124.48 กรัม ซึ่งเป็นอายุการเก็บเกี่ยวสำหรับรับประทานสด นอกจากนี้ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีปริมาณสูงสุดเมื่อมีอายุ 5 เดือน คือ 3.30% และจะมีปริมาณลดลงเมื่อมีอายุ 6 เดือน โดยมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ลดลงเหลือประมาณ 2.13% นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่ระดับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่าสับปะรดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุดเมื่อมีอายุ 6 เดือน คือ 14.04% brix และมีการสะสมปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อมีอายุ 6 เดือน คือ 4.6×10^{-2} มิลลิกรัม



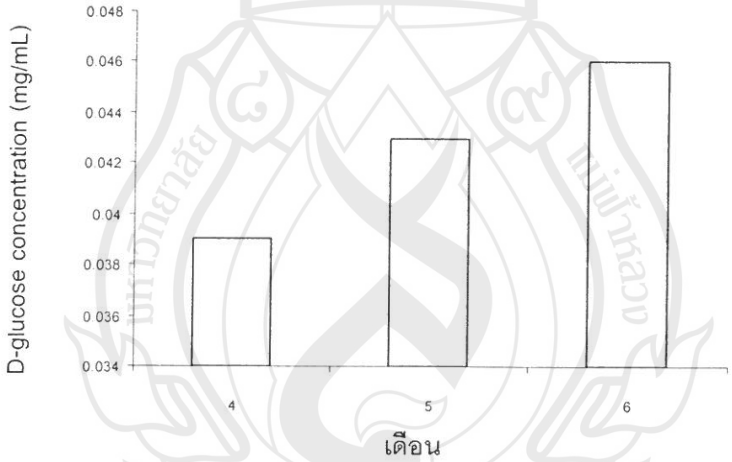
รูปที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน



รูปที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทีไตไตรทได้ของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน



รูปที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน



รูปที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของสับปะรดพันธุ์นางแลที่มีความบริบูรณ์แตกต่างกัน

จารุพันธุ์ (2526) รายงานว่า สับปะรดจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และความเป็นกรดเพิ่มขึ้นมากกว่าผลที่ยังอ่อน นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลซูโคสและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นสูงสุดและมีปริมาณคงที่จนกว่าผลสับปะรดจะเสื่อมสภาพ นอกจากนี้สับปะรดเมื่อแก่จะมีรสเปรี้ยวอมหวาน สารอาหารหลักที่พบในสับปะรดคือ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นน้ำตาลร้อยละ 12-15 ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟลุกโตส (Gonzalez และคณะ, 1999)

สำหรับกรดอินทรีย์มีประมาณร้อยละ 0.6 โดยกรดอินทรีย์ที่สำคัญในสับปะรดมี 2 ชนิด คือ กรดซิตริกและกรดมาลิก (Dull, 1971; Smith, 1984) องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดจะขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาการสุก และสภาพแวดล้อมขณะปลูก เช่น การบำรุงดูแลรักษา (Salvi และ Raiput, 1995) เมื่อผลสับปะรดเจริญเติบโตถึงระยะเก็บเกี่ยวสีของเปลือกผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง เนื้อผลจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง ในบางฤดูผลสับปะรดอาจจะสุกพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้แล้วโดยเนื้อภายในผลอาจจะสุกไปแล้วมากกว่าร้อยละ 50 แต่สีของเปลือกยังเป็นสีเขียวเช่นเดิมไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง การจะดูว่าผลสับปะรดพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้หรือยังจึงดูจากสีเปลือกเพียงอย่างเดียวไม่ได้ แต่ต้องพิจารณาร่วมกับลักษณะอื่นๆ ประกอบกันไปด้วย (จินดารัฐ วีระวุฒิ, 2541) การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลจะเกิดก่อนที่สับปะรดจะแก่เต็มที่เพียงไม่กี่วัน โดยทั่วไปในฤดูร้อนจะเก็บเกี่ยวขณะที่ตามีสีเขียวอ่อน ซึ่งจะมีการพัฒนาปริมาณน้ำตาลและกลิ่นรส ในขณะที่ฤดูหนาวจะเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีสีเหลืองอ่อนบริเวณฐาน ซึ่งจะมีปริมาณกรดสูง และปริมาณน้ำตาลน้อยกว่าฤดูร้อน สำหรับสับปะรดที่ใช้ทำสับปะรดกระป๋องสามารถใช้ผลที่แก่จัดได้ แต่ไม่ควรแก่จัดเกินไป เพราะจะทำให้กลิ่นรสไม่ดีและเน่าเสียง่าย (Pineapple [Online] Available http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/pineapple.html, 1 กันยายน 2548) สำหรับมาตรฐานของสับปะรดฮาวาย จะเก็บเกี่ยวเมื่อมีปริมาณน้ำตาลอย่างต่ำ 12% brix และตามีลักษณะแบนและใหญ่ Pineapple (Ananas comosus[Online]Available http://www.uga.edu/fruit/pinapple.htm,1กันยายน2548)

จากผลการทดลองดังกล่าว จึงคัดเลือกสับปะรดที่มีอายุ 6 เดือนมาใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. ผลการพัฒนาสูตรน้ำสับปะรดเข้มข้น

2.1 ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำสับปะรดแท้

จากการนำสับปะรดแท้พันธุ์นางแลที่มีอายุ 6 เดือน มาคั้นน้ำเพื่อให้ได้น้ำสับปะรดแท้ออกมาทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี แสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพของน้ำสับปะรดแท้พันธ์นางแล

ปัจจัยคุณภาพ	ค่า
กายภาพ	
L* a* b*	90.23 , -1.22 , 12.56
เคมี	
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	14
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปซิตริก (%)	0.658

(1) คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสีในระบบ Hunter L* a* b* ของน้ำสับปะรดแท้มีค่า L* เท่ากับ 90.23 หมายถึง น้ำสับปะรดแท้มีค่าความสว่างค่อนข้างสูง ค่า a* เท่ากับ –1.22 หมายถึง น้ำสับปะรดแท้มีค่าความเป็นสีเขียวเล็กน้อย ค่า b* หมายถึง น้ำสับปะรดแท้มีค่าความเป็นสีเหลืองเล็กน้อย

(2) คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า น้ำสับปะรดแท้มีค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 14°Brix และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปซิตริกเท่ากับ 0.658 ซึ่งค่าทางเคมีดังกล่าวจะใช้สำหรับการคำนวณส่วนผสมในขั้นตอนต่อไป

2.2 ผลการศึกษาระดับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในของเหลวที่เหมาะสมสำหรับน้ำสับปะรดเข้มข้น

ในการทดลองนี้ ศึกษาระดับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในของเหลวที่เหมาะสม โดยผันแปรปริมาณน้ำตาลทราย 4 ระดับ คือ 55, 60, 65 และ 70 °Brix โดยส่วนผสมดังกล่าวมีน้ำสับปะรดแท้ในสูตร 25% กรดซิตริก 0.5% และ เกลือ 0.20% สูตรที่ใช้สำหรับการทดลองแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงส่วนผสมของน้ำสับปะรดปรุงรสเข้มข้น 500 กรัม โดยมีน้ำสับปะรดแท้ในส่วนผสมร้อยละ 25

ส่วนผสม	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว (°Brix)			
	55	60	65	70
น้ำสับปะรดแท้	125.00	125.00	125.00	125.00
น้ำตาล	254.82	279.82	304.82	329.82
กรด	1.68	1.68	1.68	1.68
เกลือ	1.00	1.00	1.00	1.00
น้ำสะอาด	117.50	92.50	67.50	42.50

ผลิตน้ำสับปะรดตามแผนภาพที่ 2 นำน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ผลิตได้ มาเจือจางด้วยน้ำให้เป็นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม จนได้น้ำสับปะรดที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 14°Brix นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ค่าคะแนนความชอบแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในของเหลวแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ระดับความหวาน (°Brix)			
	55	60	65	70
รสหวาน^{ns}	6.83 ± 1.60	7.53 ± 1.38	6.97 ± 1.54	7.17 ± 1.76

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 5 พบว่าตัวอย่างที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว 60°Brix เมื่อนำมาเจือจางด้วยน้ำจนได้ปริมาณของแข็งที่ละลายในของเหลว 14°Brix มีค่าคะแนนความชอบรวมสูงสุด ซึ่งปริมาณดังกล่าวนี้จะใช้ในการทดลองในขั้นต่อไป

2.3 ผลการศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดแท้ที่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

จากการทดลองในข้อ 2.2 ทำให้ทราบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในของเหลวที่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำเข้มข้น ดังนั้นในการทดลองนี้จึงสนใจที่จะศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดแท้ที่เหมาะสม เนื่องจากปริมาณน้ำสับปะรดแท้จะมีผลต่อคุณภาพด้านสี กลิ่น และรสชาติของน้ำเข้มข้น การทดลองนี้ได้ผันแปรปริมาณน้ำสับปะรดแท้ 5 ระดับ คือ ร้อยละ 30, 35, 40, 45 และ 50 ผลิตน้ำเข้มข้นตามแผนภาพที่ 2 นำน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ผลิตได้ มาเจือจางด้วยน้ำให้เป็นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม จนได้น้ำสับปะรดที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 14°Brix นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ค่าคะแนนความชอบแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นที่มีปริมาณน้ำสับปะรดแท้แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณน้ำสับปะรดแท้ (%)				
	30	35	40	45	50
สี	6.77 ± 1.86^{b}	6.94 ± 1.90^{b}	6.94 ± 1.77^{b}	6.97 ± 2.02^{b}	7.26 ± 1.88^{a}
กลิ่น^{ns}	6.68 ± 1.37	6.29 ± 1.90	6.61 ± 1.67	6.06 ± 2.03	6.83 ± 2.00
รสหวาน^{ns}	6.45 ± 1.03	6.39 ± 1.43	6.23 ± 1.98	6.55 ± 1.05	6.45 ± 1.05
รสเปรี้ยว^{ns}	4.55 ± 1.06	4.97 ± 1.14	4.48 ± 1.71	4.74 ± 1.83	4.48 ± 1.84
กลิ่นรสสับปะรด	6.06 ± 1.61^{b}	6.06 ± 1.67^{b}	6.87 ± 1.71^{a}	6.81 ± 1.83^{a}	7.13 ± 1.61^{a}
ความชอบรวม	5.98 ± 1.47^{c}	5.65 ± 1.74^{c}	6.53 ± 1.73^{b}	6.59 ± 1.80^{b}	7.08 ± 1.45^{a}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 6 พบว่าเมื่อปริมาณน้ำสับปะรดแท้เพิ่มขึ้น ค่าคะแนนความชอบของทุกๆ คุณลักษณะ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่าคะแนนความชอบของตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำสับปะรดแท้ 50% มีค่าคะแนนความชอบมากที่สุด เนื่องจากตัวอย่างดังกล่าว สีของน้ำเข้มข้นมีสีเหลืองเข้มกว่าทุกๆ ตัวอย่าง กลิ่นสับปะรดหอมกว่าทุกๆ ตัวอย่าง ในขณะเดียวกันเมื่อนำน้ำสับปะรดเข้มข้นมาเจือจางด้วยน้ำให้เป็นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม น้ำสับปะรดที่ได้มีสี กลิ่น และรสชาติที่โดดเด่นกว่าทุกๆ ตัวอย่าง ดังนั้นตัวอย่างดังกล่าวจะถูกนำไปใช้สำหรับศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2.4 ผลการศึกษาปริมาณกรดที่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

จากผลการทดลองในข้อ 2.2 และ 2.3 ทำให้ทราบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในของเหลวที่เหมาะสม และปริมาณน้ำสับปะรดแท้ที่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น ผลจากการทดสอบชิมผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรปรับรสเปรี้ยวให้มากขึ้นกว่านี้ เนื่องจากเมื่อลองชิมผลิตภัณฑ์แล้ว มีแต่รสหวานเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการทดลองนี้ ได้ผันแปรปริมาณกรดซิตริกที่จะเติมลงในผลิตภัณฑ์ 5 ระดับ คือ 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 และ 1.5 % ตามลำดับ ผลิตน้ำเข้มข้นตามแผนภาพที่ 2 นำน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ผลิตได้ มาเจือจางด้วยน้ำให้เป็นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม จนได้น้ำสับปะรดที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 14°Brix นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ค่าคะแนนความชอบแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นที่มีปริมาณกรดซิตริกแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณกรด (%)				
	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5
สี^{ns}	6.70 ± 1.99	6.24 ± 1.13	6.10 ± 1.99	6.79 ± 1.84	7.41 ± 1.29
กลิ่น^{ns}	6.97 ± 1.90	6.17 ± 1.93	6.90 ± 1.52	6.69 ± 1.05	7.59 ± 1.18
รสหวาน	6.10 ± 1.21^{b}	6.31 ± 1.71^{b}	6.24 ± 1.98^{b}	6.21 ± 1.24^{b}	7.69 ± 1.33^{a}
รสเปรี้ยว	5.34 ± 1.84^{b}	5.79 ± 1.68^{b}	5.28 ± 1.53^{b}	5.79 ± 1.82^{b}	7.69 ± 1.35^{a}
กลิ่นรสสับปะรด	6.69 ± 1.58^{b}	6.90 ± 1.47^{a}	6.03 ± 1.18^{c}	6.97 ± 1.86^{a}	7.25 ± 2.10^{a}
ความชอบรวม	6.07 ± 1.91^{b}	6.45 ± 1.55^{b}	6.79 ± 1.72^{b}	6.52 ± 1.55^{b}	7.41 ± 1.11^{a}

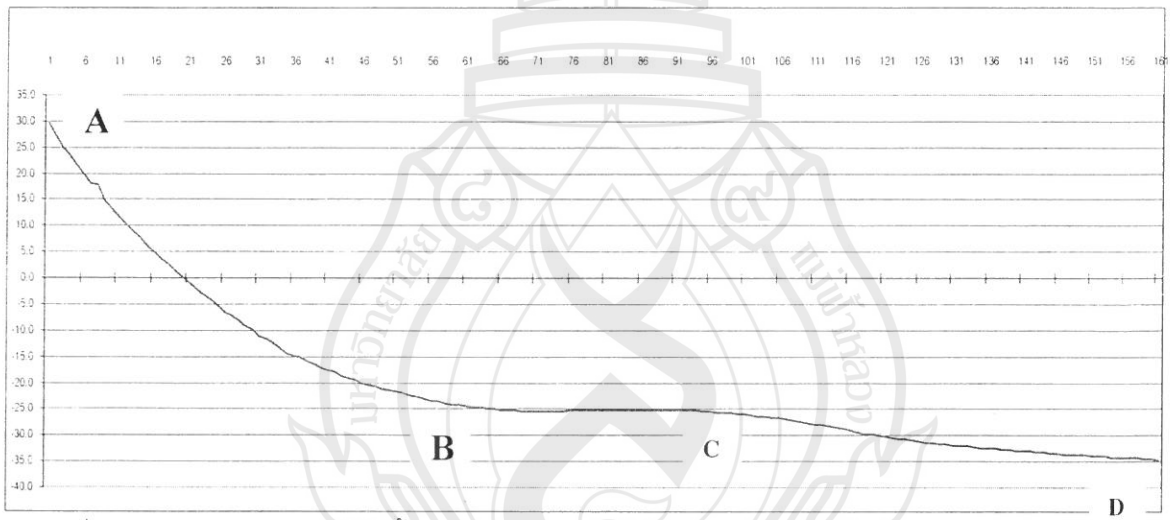
หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 7 พบว่าเมื่อปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะด้านสีและกลิ่นของน้ำสับปะรด ($p>0.05$) แต่จะมีผลต่อค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะด้านรสหวาน รสเปรี้ยว กลิ่นรสสับปะรด และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่าคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยของตัวอย่างที่มีปริมาณกรด ซิตริก 1.5% มีค่าคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยทุกคุณลักษณะสูงที่สุด

จากการพัฒนาสูตรสำหรับผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น พบว่าสูตรที่ดีที่สุด ประกอบไปด้วย น้ำสับปะรดร้อยละ 50 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในของเหลวที่เหมาะสมคือ 60°Brix ปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 1.5 สูตรดังกล่าวจะใช้สำหรับในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

3. ผลการศึกษาเวลาแช่แข็งน้ำสับปะรดเข้มข้น

จากสูตรน้ำสับปะรดที่ถูกพัฒนาขึ้นจากข้อ 2 ได้ถูกนำมาศึกษาเวลาแช่แข็ง โดยเตรียมน้ำสับปะรดดังแผนภาพที่ 2 จากนั้นนำน้ำสับปะรดเข้มข้นบรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 4 ออนซ์ โดยบรรจุถ้วยละ 10 มิลลิลิตร ปิดฝา จากนั้นนำไปแช่แข็งในตู้ Freezer ที่อุณหภูมิ –40°C บันทึกอุณหภูมิของน้ำสับปะรดเข้มข้นทุกๆ 1 นาที นำข้อมูลที่ได้ไปพลอตกราฟเพื่อหาเวลาสำหรับการแช่แข็งของน้ำสับปะรด กราฟของการแช่แข็งน้ำสับปะรดเข้มข้นแสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 กราฟการแช่แข็งของน้ำสับปะรดเข้มข้น

จากภาพที่ 10 แสดงลักษณะการแช่แข็งของน้ำสับปะรดเข้มข้น อธิบายได้ดังนี้ ในช่วงแรกของการแช่แข็ง อุณหภูมิของน้ำสับปะรดจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยจากจุด A ถึง จุด B เนื่องจากมีการกำจัดความร้อนออกจากระบบจึงทำให้อุณหภูมิของน้ำสับปะรดลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ในช่วงนี้จะก่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งของน้ำทำให้ความเข้มข้นของสารละลายที่เหลืออยู่เพิ่มขึ้น (รุ่งนภา, 2535) จึงทำให้จุดเยือกแข็งของสารละลายในส่วนที่ยังไม่แข็งตัวมีอุณหภูมิลดต่ำลงไปอีก จากจุด B ถึง จุด C จะเห็นว่ากราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่คงที่ เนื่องจากในช่วงนี้จะมีการกำจัดออกไปในรูปความร้อนแฝงของน้ำ ทำให้เกิดผลึกของตัวถูกละลายและผลึกของน้ำแข็งขึ้น เมื่อสารละลายเกิดเป็นผลึกจนหมด ถ้าหากมีการดึงความร้อนออกจากระบบจะทำ

ให้อุณภูมิลดลงอีก ดังแสดงให้เห็นจากจุด C ถึง จุด D จะเห็นว่าอุณหภูมิลดต่ำลงเรื่อยๆ จากกราฟดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้สำหรับแช่แข็งน้ำสับปะรดเข้มข้น โดยเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งจนหมดใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 90 นาที

4. ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็ง ในระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองเก็บน้ำสับปะรดเข้มข้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ สัปดาห์ตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสี คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปซิตริก, 5-hydroxymethylfurfural (HMF) และปริมาณวิตามินซี คุณภาพทางจุลินทรีย์ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ รา และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 8, 9, 10 และ 11 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ค่า L* a* และ b* ของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ค่าสี		
	L*	a*	b*
1	85.78	-1.77	14.12
2	83.51	-2.04	14.79
3	84.83	-1.74	13.35
4	80.78	-1.30	10.90
5	79.35	-2.00	14.48
6	74.38	-1.84	13.22
7	70.12	-1.56	10.09
8	69.23	-1.44	9.22

หมายเหตุ L* หมายถึง ค่าความสว่างของสี
a* หมายถึง (+a) สีแดง (-a) สีเขียว
b* หมายถึง (+b) สีเหลือง (-b) สีน้ำเงิน

จากตารางที่ 6 พบว่าค่าความสว่างของสีและค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น เมื่อสังเกตสีของน้ำสับปะรดจะมีสีคล้ำขึ้น

ตารางที่ 9 คุณภาพทางเคมีของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	คุณภาพทางเคมี		
	ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดซิตริก)	5-HMF(OD 420)	Vitamin C (mg)
1	0.13	0.040	0.29
2	0.13	0.043	0.31
3	0.10	0.056	0.25
4	0.10	0.149	0.22
5	0.12	0.281	0.23
6	0.09	0.334	0.19
7	0.07	0.442	0.16
8	0.06	0.532	0.15

จากตารางที่ 9 พบว่าปริมาณกรดและ 5-HMF มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลง Babsky และคณะ ได้กล่าวว่า ในช่วงการเก็บรักษาจะเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลชนิด nonenzymatic browning ซึ่งปฏิกริยาดังกล่าวมีความเกี่ยวโยงกับปฏิกริยา caramelization การสูญเสียปริมาณกรด ascorbic และปฏิกริยา maillard โดยปฏิกริยา maillard เกิดในกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งในน้ำสับปะรดเข้มข้นมีน้ำตาลเป็นส่วนผสม เมื่อน้ำตาลโดนความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกริยา maillard ทำให้น้ำสับปะรดมีสีคล้ำมากกว่าน้ำสับปะรดแท้ นอกจากนี้ปฏิกิริยา maillard ทำให้เกิดการสะสม 5-HMF จะซึ่งการเกิดฏิกริยาดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพอาหารได้แก่ ด้านสีโดยจะส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น สูญเสียคุณค่าทางโภชนการ ปฏิกิริยา maillard เป็นสาเหตุทำให้เกิดการสะสม 5-HMF ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณ 5-HMF เพิ่มขึ้น ปริมาณกรดจะลดลง และเมื่อพิจารณาค่าความสว่างของสี (ตารางที่) จะเห็นว่าเมื่อค่า 5-HMF เพิ่มขึ้น ค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองจะลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดงจะเพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าสังเกตุสีของผลิตภัณฑ์จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างคล้ำ

ตารางที่ 10 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ชนิดจุลินทรีย์	
	Total Plate Count(CFU/g)	Yeast and Mold(CFU/g)
1	ND	ND
2	ND	ND
3	1*10	3*10
4	2*10	4*10
5	2*10	8*10
6	3.5*10	1.3*10
7	2.0*10	1.2*10
8	4.3*10	2.1*10

หมายเหตุ: ND หมายถึง Not Detectable (ไม่พบโคโลนี)

จากตารางที่ 10 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บมากขึ้นจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่จำนวนจุลินทรีย์ยังคงอยู่ในระดับที่กฎหมายกำหนดไว้ โดยกฎหมายได้กำหนดคุณภาพของอาหารไว้ว่า จำนวนโคโลนีที่พบจะต้องมีปริมาณไม่เกิน $1*10^5$ (ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์)

ตารางที่ 11 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็งที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

คุณลักษณะ	สัปดาห์ที่	ชนิดตัวอย่าง	
		ตัวอย่างควบคุม	น้ำสับปะรดที่ผ่านการเก็บรักษา
สี	1[ns]	7.37 ± 0.36	7.03 ± 0.56
	2[ns]	7.37 ± 0.96	7.00 ± 0.86
	3	7.10 ± 1.06[a]	6.43 ± 1.22[b]
	4	7.80 ± 1.30[a]	6.17 ± 0.79[b]
	5	7.97 ± 0.96[a]	6.27 ± 1.28[b]
	6	7.07 ± 0.74[a]	5.00 ± 1.17[b]
	7	7.10 ± 0.50[a]	5.10 ± 0.17[b]
	8	7.05 ± 0.64[a]	5.20 ± 0.57[b]
กลิ่น	1[ns]	6.80 ± 1.16	6.73 ± 1.39
	2[ns]	6.50 ± 0.78	6.37 ± 0.67
	3[ns]	6.63 ± 0.85	6.40 ± 1.04
	4[ns]	6.87 ± 0.94	6.27 ± 1.01
	5[ns]	6.20 ± 0.76	6.53 ± 1.20
	6[ns]	6.00 ± 1.01	6.90 ± 1.32
	7[ns]	6.10 ± 1.53	6.00 ± 1.07
	8[ns]	6.35 ± 0.63	6.20 ± 1.01
รสหวาน	1[ns]	7.70 ± 0.65	7.50 ± 0.78
	2[ns]	7.10 ± 0.96	7.03 ± 1.03
	3	7.33 ± 0.92[a]	6.87 ± 1.11[b]
	4	7.70 ± 0.88[a]	6.97 ± 0.72[b]
	5	7.77 ± 1.04[a]	6.67 ± 1.32[b]
	6	7.83 ± 0.87[a]	6.42 ± 1.30[b]
	7	7.50 ± 0.54[a]	6.77 ± 1.44[b]
	8	7.73 ± 0.87[a]	6.83 ± 0.57[b]

รสเปรี้ยว	1[ns]	7.00 ± 1.20	7.08 ± 1.30
	2[ns]	6.57 ± 0.22	6.60 ± 0.67
	3	6.80 ± 0.61[a]	6.08 ± 1.16[b]
	4	6.97 ± 0.81[a]	6.67 ± 1.45[b]
	5	6.37 ± 0.59[a]	6.20 ± 1.49[b]
	6	6.03 ± 0.96[b]	6.17 ± 1.12[a]
	7	6.47 ± 0.69[a]	6.27 ± 0.59[b]
	8	6.23 ± 0.76[a]	6.03 ± 1.06[b]
กลิ่นรส	1[ns]	7.27 ± 0.87	7.20 ± 0.76
	2[ns]	7.63 ± 0.72	7.60 ± 0.86
	3[ns]	7.60 ± 0.86	7.30 ± 1.24
	4	7.63 ± 0.70[a]	6.47 ± 1.07[b]
	5	7.03 ± 0.72[a]	6.73 ± 1.39[b]
	6	7.02 ± 0.81[a]	6.97 ± 1.07[b]
	7	7.13 ± 0.42[a]	6.45 ± 0.22[b]
	8	7.10 ± 0.11[a]	6.02 ± 0.61[b]
ความชอบรวม	1[ns]	7.40 ± 0.01	7.47 ± 0.91
	2[ns]	7.40 ± 0.77	7.07 ± 0.86
	3[ns]	7.27 ± 0.85	7.10 ± 0.96
	4	7.53 ± 0.57[a]	6.90 ± 1.18[b]
	5	7.07 ± 0.90[a]	6.50 ± 1.04[b]
	6	7.00 ± 0.68[a]	6.03 ± 1.03[b]
	7	7.17 ± 0.40[a]	6.50 ± 0.40[b]
	8	7.05 ± 0.08[a]	6.25 ± 0.28[b]

หมายเหตุ ตัวอย่างควบคุม หมายถึง ตัวอย่างน้ำสับปะรดที่เตรียมขึ้นมาใหม่ ณ.วันที่ทำการทดสอบ เพื่อใช้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ผ่านการเก็บรักษา

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 11 พบว่าค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของน้ำสับปะรดเข้มข้นในทุกคุณลักษณะ มีแนวโน้มลดลง โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบเล็กน้อย (6.00-7.00)

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะด้านสี รสหวาน และรสเปรี้ยว พบว่าน้ำสับปะรดที่ผ่านการเก็บรักษา ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะดังกล่าวไม่แตกต่างจากน้ำสับปะรดตัวอย่างควบคุม ($p>0.05$) ใน 2 สัปดาห์แรก เมื่อเวลาการเก็บผ่านไป 3 สัปดาห์พบว่าค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยมีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาค่าสีที่วัดได้จากเครื่อง Color Quest ในระบบ Hunter (ตารางที่ 8) พบว่าแนวโน้มค่าความสว่างของสีมีแนวโน้มลดลงเมื่อสังเกตุสีของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่คล้ำขึ้น แสดงวาความสว่างของสีมีผลต่อค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภค โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสหวานและรสเปรี้ยวมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน เนื่องจากน้ำตาล และกรดที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ถูกเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปสารประกอบ 5-HMF จึงมีผลทำให้ค่าคะแนนความชอบด้านรสหวานและรสเปรี้ยวมีแนวโน้มลดลง

คุณลักษณะด้านกลิ่น พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้นไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบรวมเฉลี่ย ($p>0.05$)

คุณลักษณะด้านกลิ่นรส ในสัปดาห์ที่ 1-3 ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของตัวอย่างควบคุมไม่มีความแตกต่างกับน้ำสับปะรดที่ผ่านการเก็บรักษา ($p>0.05$) เมื่อเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ กลิ่นรสของตัวอย่างน้ำสับปะรดจะแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

ค่าคะแนนความชอบรวมของน้ำสับปะรดที่ผ่านการเก็บรักษาอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานลาง (6.03-7.47) ซึ่งค่าคะแนนมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 12 ร้อยละของการยอมรับรวม (Overall Quality Acceptance) ของผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็ง

สัปดาห์ที่	ร้อยละของการยอมรับรวม
1	95
2	90
3	86
4	80

ตารางที่ 12(ต่อ)

สัปดาห์ที่	ร้อยละของการยอมรับรวม
5	77
6	75
7	74
8	70

หมายเหตุ ถ้าร้อยละการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่า ร้อยละ50 หมายความว่า จะไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์นั้น

เมื่อพิจารณาร้อยละของการยอมรับ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น ค่าการยอมรับรวมมีแนวโน้มลดลง เมื่อเก็บน้ำสับปะรดเข้มข้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าร้อยละการยอมรับรวมยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ถ้าหากค่าร้อยละการยอมรับรวมต่ำกว่า 50 ผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่เป็นที่ยอมรับ หรือกล่าวโดยสรุปว่า ผลิตภัณฑ์นั้นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่ในการทดลองนี้ค่าร้อยละของการยอมรับรวมมีค่ามากกว่าร้อยละ 50 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจึงสามารถเก็บได้มากกว่า 8 สัปดาห์

จากการทดลองหาอายุการเก็บที่เหมาะสม พบว่าเมื่อเก็บน้ำสับปะรดเข้มข้นสามารถเก็บได้มากกว่า 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ $-40^{\circ}C$ โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ยังอยู่ในเกณฑ์ของกฎหมาย

สรุป

1. สับปะรดที่มีความบริบูรณ์ 6 เดือน น้ำหนักของผลมีขนาด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด ในขณะที่ ปริมาณกรดมีปริมาณต่ำที่สุด

2. จากการพัฒนาสูตรที่ดีที่สุดสำหรับน้ำสับปะรดเข้มข้น ประกอบด้วยส่วนผสมดังต่อไปนี้ น้ำสับปะรดแท้ร้อยละ 50 กรดซิตริกร้อยละ 1.5 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว 60°Brix

3. เวลาที่เหมาะสมสำหรับแช่แข็งผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น ใช้เวลาทั้งหมด 90 นาที

4. คุณภาพของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็ง ในระหว่างการเก็บรักษา 2 เดือน พบว่าค่าความสว่างของสีมีแนวโน้มลดลง ค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มลดลง คุณภาพทางเคมี พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปซิตริกและปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า 5-HMF มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น คุณภาพทางจุลินทรีย์ยังอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด และคุณภาพทางประสาทสัมผัสค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มลดลง และผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

เอกสารอ้างอิง

จารุพันธ์ ทองแถม. 2526. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 198 น.

จินดารัฐ วีระวุฒิ. 2541. สับปะรดและสรีรสิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 196 หน้า

ธงชัย เนมขุนทด. 2530. สับปะรด. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.

ปนัดดา นนทนำ. 2546. การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมะนาวด้วยวิธีแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 62 หน้า

ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. มปป. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.

ประสงค์ ตังกนะภัคย์. 2520. การทำไร่สับปะรดเพื่อการค้า. บ้านทรายทอง หมู่ที่ 5 ตำบลบ้านแลง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง. ภาควิชาภูมิศาสตร์, คณะสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัเชียงใหม่.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร: การถนอมอาหาร. สำนักพิมพ์ โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ. หน้า 121-151.

วิไล รังสาดทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ. หน้า 317-347

สายชล เกตุษา, 2528, **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้**, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 364 หน้า.

สินธนา ลีนานุรักษ์. 2542. การแปรรูปผักและผลไม้. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

Ananas comosus [Online] Available http://www.uga.edu/fruit/pinapple.htm , 1 กันยายน2548.Pineapple[Online]Availablehttp://www.hort.purdue.edu, 1 กันยายน 2548

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th ed. AOAC International, Gaitersburg, Maryland.

Bartholomew, D. P. 1977. Inflorescence development of pineapple (*Ananas comosus L. Merr.*) induced to flower with ethephon. Bot. Gaz. 138: 312-320.

Bartholomew, D. P. 1982. Environment control of carbon assimilation and dry matter production by pineapple, in Ting. I. P., and M. Gibbs. Eds. Crassulacean Acid and Metabolism. Am. Soc. Plant Physiol., Rockville, pp. 279-294.

Bartholomew, D. P. and R.A. Criley. 1993. Tropical fruit and beverage crops. P. 111. In Nickel, L.G. (ed.), Plant Growth Regulating Chemicals II. CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida.

Braddock, R.J. and Marcy, J.E. 1985. Freeze Concentration of pineapple juice, Journal of food science, Vol.50, pp.1636-1639.

Camara, M., Diez, C.,& Torija, E. 1995. Chemical characterization of pineapple juices and nectars, principal components analysis, Food chemistry, Vol.54, pp.93-100.

Colins, J. L. 1960. The pineapple Botany, Cultivation and Utilization, Leonard Hill Ltd., London.

David Kilcast and Persis Subramaniam. 2000. The stability and shelf life of food. CRC Press LLC, New York.

Deshpande, S.S., Bolin, H.R. and Salunkhe, D.K. 1982. Freeze concentration of fruit juices, Food Technology, Vol.36, pp.68-82.

Dull, G. G. 1971. The pineapple: General. Pp. 303-324. In Hulme, A. C., ed. The Biochemistry of Fruits and Their Products, Vol.2, Academic Press, New York.

Edgar R. Elkins, Roy Lyon, C.J. Huang and Allen Matthys. 1997. Characterization of commercially produced pineapple juice concentrate, Journal of food composition and analysis, Vol.10, pp.285-298.

Elss S., Preston C., Hertzig C., Heckel F., Richling E. and Schreier P. 2005. Aroma Profile of pineapple fruit (Ananas comosus [L.] Merr.) and pineapple product, LWT, Vol.38, pp.263-274.

Fontana, A. J., Howard, L., Criddle, R. S., Hansen, L. D.,&Wilhelmsen, E. 1993. Kinetics of deteriortion of pineapple concentrate, Journal of food science, Vol.58, pp.1411-1417.

F.Roger Harker, Karen Lau and F. Anne Gunson. 2003. Juiciness of fresh fruit: a time-intensity study, Postharvest biology and technology, Vol.29, pp.55-60.

González, J., Remaud, G., Jamin, E., Naulet, N. and Martin, G.G., 1999, "Specific Natural Isotope Profile Studied by Isotope Ratio Mass Spectrometry (SNIP-IRMS): 13C/12C Ratios of Fructose, Glucose, and Sucrose for Improved Detection of

Sugar Addition to Pineapple Juices and Concentrates", **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Vol. 47, No. 6, pp. 2316-2321

Gortner, W. A. and V. L. Singleton. 1965. Chemical and physical development of the pineapple fruit. III. Nitrogenous and enzyme constituents. J. Food Sci. 30: 24-29.

Hande Selen Burdurlu and Feryal Karadeniz. 2003. Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates, Food Chemistry, Vol. 80, pp.91-97.

Heldman, D.R. and R.P. Singh. 1981. Food Process Engineering.2nd ed. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.

Kadzimin, S. B. 1975. Effect of water stress on pineapple (Ananas comosus (L.) Merr.), M.S. thesis, University of Hawaii, Honolulu.

Maisa Rattanathanalerk, Naphaporn Chiewchan and Walaiporn Srichumpoung. 2005. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice, Journal of Food Engineering, Vol. 66, pp.259-265.

Mitra S.K. 1997. Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. CAB International, New York. p.123-139.

Paull, R. E. and K. G. Rohrbach. 1985. Symptom development of chilling injury in pineapple. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 110: 100-105.

Paull, R. E. and K. G. Rohrbach. 1982. Juice characteristics and internal atmosphere of waxed Smooth Cayenne pineapple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 448-452.

Salvi, M.J. and Rajput, J.C., 1995, Pineapple, pp. 171 -182., In D.K. Salunkhe and S.S. Kadam (eds.), **Handbook of Fruit Science and Technology Production, Composition, Storage and Processing**, Mercel Dekker. Inc., New York.

Smith, L.G., 1984, "Pineapple Specific Gravity as an Index of Eating Quality", **Tropical Agriculture**, Vol. 61, pp. 196-199.

ภาคผนวก ก
แสดงการคำนวณส่วนผสมน้ำสับปะรดเข้มข้น

การคำนวณส่วนผสมน้ำสับปะรดเข้มข้น

กำหนดคุณลักษณะของน้ำสับปะรด (Product Specification) **เข้มข้นที่ต้องการ ดังนี้**

น้ำสับปะรดแท้	25%
ค่าของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว	60°Brix
ค่าความเป็นกรด	0.5%
ปริมาณเกลือ	0.20%

โดยน้ำสับปะรดแท้มีคุณภาพเริ่มต้น ดังนี้

ค่าของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว	14°Brix
ค่าความเป็นกรด	0.658%

ถ้าต้องการเตรียมน้ำสับปะรดเข้มข้นจำนวน 500 กรัม จะประกอบด้วยส่วนผสมต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

น้ำสับปะรดแท้ (25/100)*500		125 กรัม
ค่าของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว	(60/100)*500	300 กรัม
ค่าความเป็นกรด (0.5/100)*500		2.5 กรัม
ปริมาณเกลือ (0.2/100)*500		1.0 กรัม

คำนวณส่วนผสมที่จะต้องเติมลงไป

1. กรดซิตริก

ในน้ำสับปะรดแท้ 100 กรัม มีกรดซิตริก 0.658 กรัม

ถ้าในน้ำสับปะรดแท้ 125 กรัม จะมีกรดซิตริก 0.82 กรัม

ดังนั้น จะต้องเติมกรดซิตริกเพิ่ม 2.5-0.82 = 1.68 กรัม

2. เกลือ

ในน้ำสับปะรดแท้ไม่มีเกลืออยู่ในน้ำสับปะรด ดังนั้น ปริมาณเกลือที่เติมลงไป จึงเติมลงไป 1 กรัม

3. น้ำตาล

ในน้ำสับปะรดแท้ 100 กรัม มีค่าของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว 14 กรัม

ถ้าในน้ำสับปะรดแท้ 125 กรัม จะมีค่าของแข็งที่ละลายได้ในของเหลว

(14/100)*125 = 17.5 กรัม

ดังนั้น จะต้องเติมน้ำตาลลงไป = 300-(1.68+1.0+17.5)

= 279.82 กรัม

สรุปส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้สำหรับผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น จำนวน 500 กรัม ประกอบด้วยส่วนผสมดังต่อไปนี้

น้ำสับปะรดแท้	125	กรัม
กรดซิตริก	1.68	กรัม
น้ำตาล	279.82	กรัม
เกลือ	1.00	กรัม
น้ำสะอาด	92.5	กรัม

ภาคผนวก ข
ประวัติผู้วิจัย

1.ชื่อ นางปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล
Mrs. Piyaporn Chaumchaitrakun

2.ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3.หน่วยงานที่สังกัด สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง
จังหวัดเชียงราย 57100
โทรศัพท์ 0-5391-6738 , 0-5391-6749

4.ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา ประเทศ	ระดับ ปริญญา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบัน
2542 ไทย	ปริญญาตรี	วท.บ (วิทยาศาสตร์บัณฑิต)	เทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2545 ไทย	ปริญญาโท	วท.ม. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)	พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ประวัติการทำงาน

1 มิถุนายน 2545 – 31 พฤษภาคม 2546 อาจารย์ประจำคณะวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตลำปาง

1 มิถุนายน 2546 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

6. ประวัติงานวิจัย

2546 คุณภาพของน้ำสับปะรดเข้มข้นแช่แข็ง (หัวหน้าโครงการ)

2547 การศึกษาคุณสมบัติของแป้งเหลือใช้จากกระบวนการผลิตขนมอบกรอบญี่ปุ่น (หัวหน้าโครงการ)

2548 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำลูกหม่อนผงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟมเมท (หัวหน้าโครงการ)

1.ชื่อ นางสาวนิรมล สันติภาพวิวัฒนา

Miss. Niramon Suntipabpvivattana

2.ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3.หน่วยงานที่สังกัด สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง

จังหวัดเชียงราย 57100

โทรศัพท์ 0-5391-6738 , 0-5391-6754

4.ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา ประเทศ	ระดับ ปริญญา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบัน
2542 ไทย	ปริญญาตรี	วท.บ (วิทยาศาสตร์บัณฑิต)	พืชไร่	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2545 ไทย	ปริญญาโท	วท.ม. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)	เทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

1.ชื่อ นางสาวยูถิกา สร้อยระย้า

Miss. Utiga Soiraya

2.ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์

3.หน่วยงานที่สังกัด ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง

จังหวัดเชียงราย 57100

โทรศัพท์ 0-5391-6270

4.ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา ประเทศ	ระดับ ปริญญา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบัน
2542 ไทย	ปริญญาตรี	วท.บ (วิทยาศาสตร์บัณฑิต)	เทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัย
แม่ฟ้าหลวง

มหาวิทยาลัย
แม่ฟ้าหลวง