การผลิตน้ำเสาวรส *Passiflora edulis*, var. *flavicarpa* เสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

นางสาวอัจฉริยา สอางชัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF PASSION FRUIT *Passiflora edulis,* var. *flavicarpa* JUICE SUPPLEMENTED WITH WHEY PROTEIN CONCENTRATE

Miss Atchariya Saangchai

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตน้ำเสาวรส *Passiflora edulis*, var. *flavicarpa* เสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น
โดย	นางสาวอัจฉริยา สองชัย
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.มยุรฉัตร นาทวรทัต)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัจฉริยา สอางชัย : การผลิตน้ำเสาวรส *Passiflora edulis*, var. *flavicarpa* เสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น. (PRODUCTION OF PASSION FRUIT *Passiflora edulis*, var. *flavicarpa* JUICE SUPPLEMENTED WITH WHEY PROTEIN CONCENTRATE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.สุวรรณา สุภิมารส, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์, 119 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสูตรและสภาวะในการผลิตน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น รวมทั้งอายุการเก็บและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ขั้นแรกศึกษาหาสูตรที่เหมาะสม โดยแปรปริมาณน้ำเสาวรส 2 ระดับ คือ 20 และ 25% (v/v) แปรปริมาณเวย์โปรตีนเข้มข้น (WPC35) 3 ระดับ คือ 4, 6 และ 8% (w/v) และเติมน้ำตาลทราย 10% (w/v) นำตัวอย่างที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale พบว่า สูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ สูตรที่ประกอบด้วยน้ำเสาวรส 25% (v/v) และ WPC35 4% (w/v) ต่อมาศึกษาหาชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวที่ใช้ในการรักษา cloud stability ของผลิตภัณฑ์ โดยแปรปริมาณ low methoxyl pectin 0.1, 0.3 และ 0.5% (w/v), xanthan gum 0.03, 0.06 และ 0.09% (w/v) และ guar gum 0.05, 0.10 และ 0.15% (w/v) พบว่า เมื่อใช้ low methoxyl pectin ปริมาณ 0.5% (w/v) ทำให้ผลิตภัณฑ์มี cloud stability สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และยังได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในเกณฑ์ดี ในการศึกษาหาสภาวะที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์ ด้วยวิธีพาสเจอไรซ์ทั้งบรรจุภัณฑ์ โดยแปรอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางขวด 4 ระดับ คือ 70, 75, 80 และ 85 °C แปรเวลา 2 ระดับ คือ 3 และ 5 นาที พบว่า การพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 5 นาที เพียงพอต่อการทำลายเซลล์ของแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วน cloud stability และปริมาณวิตามินซี ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นศึกษาหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4-8 °C พบว่า น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นมีอายุการเก็บอย่างน้อย 4 สัปดาห์ ในระหว่างการเก็บ cloud stability และปริมาณวิตามินซี ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในเกณฑ์ดี ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และเมื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น 1 หน่วยบริโภค (200 ml) ให้พลังงาน 100 กิโลแคลอรี ซึ่งได้จากโปรตีน 2.8 g และคาร์โบไฮเดรต 24 g และยังประกอบด้วย essential amino acids ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างไปจากน้ำผลไม้ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต อัจฉริยา สอางชัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

4872546023 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEYWORDS : WHEY PROTEIN CONCENTRATE / SUPPLEMENTED PASSION FRUIT JUICE

ATCHARIYA SAANGCHAI : PRODUCTION OF PASSION FRUIT *Passiflora edulis*, var. *flavicarpa* JUICE SUPPLEMENTED WITH WHEY PROTEIN CONCENTRATE. ADVISOR : ASSOC. PROF. SUWANNA SUBHIMAROS, Dr.Ing., CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. NINNART CHINPRAHAST, Ph.D., 119 pp.

The purpose of this research was to formulate and determine conditions for production of passion fruit juice supplemented with whey protein concentrate, shelf-life and nutritional values of the product. The first step was to formulate appropriate formula by varying passion fruit juice at 2 levels of 20 and 25% (v/v), whey protein concentrate (WPC35) at 3 levels of 4, 6 and 8% (w/v) and added sucrose 10% (w/v). The prepared samples were appraised by a sensory test (9-point hedonic scale). The result showed that, the formula containing 25% (v/v) passion fruit juice and 4% (w/v) WPC35 had the highest sensory preference scores ($p \leq 0.05$). Later, various type and quantity of stabilizers were used to stabilize the cloudiness by varying low methoxyl pectin at 0.1, 0.3 and 0.5% (w/v), xanthan gum at 0.03, 0.06 and 0.09% (w/v) and guar gum at 0.05, 0.10 and 0.15% (w/v). The result showed that, 0.5%(w/v) low methoxyl pectin significantly increased cloud stability and sensory preference scores were between like slightly and like very much. The study of conditions for in-bottle-pasteurization was performed by varying temperatures at 70, 75, 80 and 85 °C and varying times at 3 and 5 min. The result showed that, the pasteurization at 75 °C for 5 min. was able to destroy all of bacteria, yeast and mold cells. Sensory qualities of the product was still acceptable and cloud stability and amount of ascorbic acid significantly decreased. The shelf-life study of passion fruit juice was carried out at 4-8 °C and the product could be stored for at least 4 weeks. During storage, cloud stability and amount of ascorbic acid significantly decreased, sensory preference scores of the product were well-accepted and amounts of microorganisms were not significantly changed ($p > 0.05$). For nutritional analyses, the result showed that 1 serving size (200 ml) of the product provided 100 kcal from 2.8 g proteins and 24 g carbohydrates and contained some essential amino acids, indicating that the developed product has different nutritional values from commercial fruit juice.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Food Technology ..... Student's Signature Atchariya Saangchai

Field of Study : Food Technology ..... Advisor's Signature S. Subhimaros

Academic Year : 2008 ..... Co-Advisor's Signature Ninnart Chinprahast

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม เป็นอย่างสูงที่กรุณาช่วยเหลือสนับสนุน ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ในงานวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในด้านต่างๆ จนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์ และ ดร.มยุรฉัตร นาทวรทัต ที่กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้ได้วิทยานิพนธ์ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบคุณคุณสมนึก เจริญคุณมนัส ผู้จัดการฝ่ายขาย แผนกเคมีอุตสาหกรรม บริษัท เอ็มซีฟูดส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เวย์โปรตีนเข้มข้น และ คุณจิราพร สนองสุข พนักงานฝ่ายขาย บริษัท เบอร์ลี่ยุคเกอร์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ low methoxyl pectin, xanthan gum และ guar gum

ขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้อง Lab เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคน ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความร่วมมือ กำลังใจ และความช่วยเหลือในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ชาย คุณศรัณยู สุริยา ที่สนับสนุนในด้านการเงิน กำลังใจ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……จ
กิตติกรรมประกาศ……ฉ
สารบัญ……ช
สารบัญตาราง……ซ
สารบัญภาพ……ฎ

บทที่

1 บทนำ……1
2 วารสารปริทัศน์……3
3 วิธีดำเนินงานวิจัย……23
4 ผลและวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย……35
5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ……76
รายการอ้างอิง……78
ภาคผนวก……84
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……119

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบและสมบัติบางประการของเวย์โปรตีน	3
2	องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เวย์โปรตีนชนิดต่าง ๆ	5
3	ดัชนีแสดงคุณค่าทางอาหารของโปรตีนจากแหล่งต่างๆ	9
4.1	สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบของผลเสาวรส	35
4.2	สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำเสาวรส	36
4.3	ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรส และ WPC35	37
4.4	ค่า TSS pH ความหนืด cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรส และ WPC35	39
4.5	ค่าความหนืด และ cloud stability ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำเสาวรส	40
4.6	ค่าความหนืด และ cloud stability ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณ WPC35	40
4.7	ปริมาณกรด วิตามินซี และโปรตีน ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35	42
4.8	ปริมาณกรด และปริมาณวิตามินซี ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำเสาวรส	42
4.9	ปริมาณโปรตีนของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณ WPC35	43
4.10	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35	44
4.11	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวมของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำเสาวรส	44
4.12	ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวมของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณ WPC35	45

ตารางที่ หน้า

4.13 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว……48

4.14 ค่า TSS pH ความหนืด cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว……..50

4.15 ปริมาณกรด วิตามินซี และโปรตีน ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว……..…53

4.16 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว โดยใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic scal……..54

4.17 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวโดยใช้แบบทดสอบ descriptive analysis with scaling……..…56

4.18 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน…..58

4.19 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์.....59

4.20 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาในการพาสเจอไรซ์……59

4.21 ค่า TSS pH ความหนืด cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน……..…61

4.22 ปริมาตรสารแขวนลอยในน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์……62

4.23 ปริมาตรสารแขวนลอยในน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาในการพาสเจอไรซ์.....62

4.24 ปริมาณกรด และปริมาณวิตามินซี ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน…… 63

4.25 ปริมาณวิตามินซี ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์.....64

4.26 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน.....65

ตารางที่ หน้า

4.27 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน.....66

4.28 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน.....68

4.29 ค่า TSS pH cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของน้ำเสาวรสเสริม เวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน..... 69

4.30 ปริมาณกรด และวิตามินซี ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน..... .70

4.31 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์มของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน.....71

4.32 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน.....72

4.33 ชนิดและปริมาณ amino acids ในผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่พัฒนาขึ้น.....73

4.34 ปริมาณ essential amino acids ในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น 1 หน่วยบริโภค (200 ml) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าประมาณความต้องการ essential amino acids ที่ควรได้รับประจำวันสำหรับผู้ใหญ่โดยองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO).....74

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของผลเสาวรสชนิดพันธุ์ผลสีเหลือง	13
3.1	ปริมาตรสารแขวนลอยจากส่วนขุ่นในน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น	26
4.1	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35	46
4.2	ปริมาตรสารแขวนลอยในน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4-8 °C	52
ข. 1	Calibration curve ของสารละลาย ascorbic acid	88
ฉ. 1	Chromatogram แสดงชนิดของ amino acids ในน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น	104
ซ. 1	ผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่พัฒนาขึ้น	118

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

เสาวรสเป็นผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว กลิ่นหอม ซึ่งผู้บริโภคนิยมดื่มในรูปน้ำผลไม้มากกว่าการรับประทานผลสด น้ำที่คั้นจากเสาวรสใช้เป็นเครื่องดื่มโดยตรง หรือผสมกับน้ำผลไม้ชนิดอื่นๆ ในอัตราส่วน 5–10% เพื่อเพิ่มกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ เสาวรสเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย ให้ผลผลิตต่อไร่สูง และให้ผลผลิตเกือบทั้งปี (ประเสริฐ สายสิทธิ์, 2531) ดังนั้นแนวโน้มการแปรรูปเชิงอุตสาหกรรมจึงมีแนวทางที่จะเป็นไปได้ดี ปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจด้านอาหารสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะเครื่องดื่มเสริมสุขภาพ ซึ่งมีมากมายหลายประเภทตามวัตถุประสงค์ของผู้บริโภค เช่น nutrition supplement drink เป็นเครื่องดื่มที่มีการเติมสารอาหารลงไปเพื่อทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น (O'Carroll, 1997) น้ำเสาวรสก็จัดอยู่ในกลุ่มเครื่องดื่มประเภทเสริมสุขภาพชนิดหนึ่งเช่นกัน เนื่องจากอุดมไปด้วยวิตามิน เกลือแร่ และยังมีเส้นใยอาหาร ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบการขับถ่ายของเสียของร่างกาย การเสริมโปรตีนในน้ำเสาวรส เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น และยังประโยชน์ให้กับผู้บริโภค จึงมีแนวคิดที่จะใช้โปรตีนคุณภาพดี ราคาถูก ที่มีอยู่ในธรรมชาติเสริมลงในน้ำเสาวรส ซึ่งพบว่าเวย์โปรตีนเหมาะที่จะเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสามารถละลายได้ในช่วง pH ที่กว้าง มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายจำนวนมาก สามารถย่อยสลายได้ง่าย มีค่า protein efficiency ratio (PER) net protein utilization (NPU) และ biological value (BV) สูงกว่าโปรตีนจากแหล่งอื่น (Zadow, 1992) จึงให้ประโยชน์ต่อร่างกายในด้านการปรับปรุงภูมิคุ้มกันของร่างกาย ยับยั้งการเจริญของเชื้อไวรัส ต่อต้านการเกิดเซลล์มะเร็ง และช่วยป้องกันการเกิดโรคเนื่องจากความเสื่อมของระบบหลอดเลือดและหัวใจ (Sgarbieri, 2004) นอกจากนี้ยังประกอบด้วย branched chain amino acid (BCAAs) ได้แก่ leucine, isoleucine และ valine ซึ่งมีรายงานว่าสามารถลดการเสื่อมเสียของกล้ามเนื้อในระหว่างออกกำลังกาย ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มประเภท sport drink จึงนิยมใช้เวย์โปรตีนเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ (Ha and Zemel, 2003) ส่วนในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นๆ นิยมใช้เวย์โปรตีนเป็นส่วนผสมอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์เนื้อ และผลิตภัณฑ์นม (Jayaprakasha and Brueckner, 1999) เพราะนอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้ว ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน ซึ่งได้แก่ การละลาย การเกิดเจล การให้ความหนืด การอุ้มน้ำ การเกาะยึดตัว การเกิดอิมัลชัน และการเกิดโฟม เวย์โปรตีนเป็น

โปรตีนในน้ำเวย์ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการผลิตเนยแข็ง ทศวรรษที่ผ่านมาเทคโนโลยีต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตเวย์โปรตีนมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้การผลิตและการใช้เวย์โปรตีนพัฒนามากขึ้น จากผลิตภัณฑ์เวย์ผงไปสู่ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้นหลายชนิด ดังนั้นการนำเวย์โปรตีนมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ จึงเป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้เวย์โปรตีนเป็นส่วนผสมในอาหาร อันจะเป็นการใช้ประโยชน์จากผลผลิตพลอยได้ในระดับอุตสาหกรรมได้อีกทางหนึ่งด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสูตร กระบวนการผลิตที่เหมาะสม อายุการเก็บและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่พัฒนาได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

เวย์ (Whey)

เวย์ คือ ของเหลวใสมีสีค่อนข้างเขียวอมเหลือง เป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการผลิตเนยแข็งหลังจากตกตะกอนเคซีนในน้ำนมด้วยเอนไซม์เรนเนท (rennet enzyme) หรือการเติมกรดโดยตรง (direct acidification) ดังนั้น จึงแบ่งเวย์เป็น 2 ประเภท ได้แก่ สวีทเวย์ (sweet whey) และแอซิดเวย์ (acid whey) (Bordenave-Juchereau et al., 2005) สวีทเวย์ เป็นเวย์ที่ได้หลังจากการตกตะกอนเคซีนในน้ำนมด้วยเอนไซม์เรนเนทในระหว่างการผลิตเนยแข็ง เช่น เชดดาร์ (cheddar) มอซซาเรลลา (mozzarrella) เกาดา (gouda) และเนยแข็งสวิส (Swiss) เวย์ชนิดนี้มีปริมาณกรดต่ำร้อยละ 0.07-0.19 มี pH ประมาณ 5-7 ส่วนแอซิดเวย์ เป็นเวย์ที่ได้หลังจากตกตะกอนเคซีนในนมสดหรือหางนมโดยการเติมกรดในระหว่างการผลิตเนยแข็ง เช่น คอทเทจ (cottage) และริค็อตต้า (ricotta) เวย์ชนิดนี้มีความเป็นกรดร้อยละ 0.28-0.44 มี pH ประมาณ 4-5 (Webb, 1970)

เวย์ประกอบด้วย โปรตีน แลกโทส และแร่ธาตุ โดยเฉพาะในส่วนของโปรตีนนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ที่ดี (Huffman, 1996) ในเวย์มีโปรตีนประมาณ 20% ของโปรตีนทั้งหมดในน้ำนม ซึ่งประกอบด้วย β-lactoglobulin, α-lactalbumin, proteose-peptone, serum albumin และ immunoglobulins (Varnam and Sutherland, 1994) ซึ่งความแตกต่างขององค์ประกอบในเวย์โปรตีน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบและสมบัติบางประการของเวย์โปรตีน

ชนิดของโปรตีน	น้ำหนัก (%)	น้ำหนักโมเลกุล (Dalton)	Isoelectric point
β-lactoglobulin	48	18,400-36,900	5.2
α-lactalbumin	19	14,200	5.1
proteose-peptone	20	4,000-80,000	5.1-6.0
serum albumin	6	69,000	4.8
immunoglobulins	8	160,000	5.5-6.8

ที่มา: Yada (2004)

β-lactoglobulin มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 18,400-36,900 Da แต่ละสายเปปไทด์มีกรดอะมิโนประมาณ 136 หน่วย โมเลกุลไม่ละลายในน้ำกลั่นแต่ละลายในสารละลายเกลือเจือจาง สามารถตกตะกอนได้ด้วยแมกนีเซียมซัลเฟตและแอมโมเนียมซัลเฟต นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนชนิดนี้มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ที่เสียสภาพด้วยความร้อนได้ง่าย มีบทบาทสำคัญต่อกลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์ประเภท fluid dairy food

α-lactalbumin เป็นโปรตีนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบมากกว่าเคซีนถึง 2.5 เท่า โมเลกุลค่อนข้างคงตัว เพราะประกอบด้วยพันธะไดซัลไฟด์ 4 พันธะ มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 14,200 Da แต่ละสายเปปไทด์มีกรดอะมิโนประมาณ 123 หน่วย ในสภาวะที่เป็นกรด (pH 4.5) สามารถตกตะกอนได้ด้วยความร้อน

Proteose-peptone เป็นฟอสโฟกลัยโคโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 4,000-80,000 Da มีกรดอะมิโนกลูตามิคและแอสปาร์ติคเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ในสภาวะที่เป็นกรด (pH 4.7) เมื่อให้ความร้อนถึง 95 °C เป็นเวลา 20 นาที ก็ไม่ตกตะกอน แต่สามารถตกตะกอนด้วยกรดไตรคลอโร-อะซิติคเข้มข้น 12% ได้

Serum albumin มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 69,000 Da มีลักษณะคล้ายกับอัลบูมินของซีรัมในเลือด (blood serum) ประกอบด้วยซัลเฟอร์เป็นจำนวนมาก จึงมีคุณสมบัติเป็น strong antioxidant ที่ดี ถูกทำลายหรือเสียสภาพไปบางส่วนเมื่อพาสเจอไรซ์น้ำนม

Immunoglobulins แบ่งออกเป็น IgM, IgA, IgG1และ IgG2 โดยพบ IgG1และ IgG2 ปริมาณค่อนข้างสูง เป็นโปรตีนโมเลกุลเดี่ยวที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของสายเปปไทด์ 4 สาย ซึ่งประกอบด้วย 2 light chain polypeptide และ 2 heavy chain polypeptide ซึ่งจับกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ มีคุณสมบัติเป็น antibody พบมากในส่วนของเยื่อหุ้มเม็ดไขมัน และเป็นโปรตีนที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำนม (Graham,1977 ; Yada, 2004)

การใช้ประโยชน์จากเวย์โปรตีน

เวย์เป็นผลผลิตพลอยได้ที่เหลืออยู่เป็นจำนวนมากจากการผลิตเนยแข็ง ประกอบด้วยโปรตีนในน้ำนมมากถึง 20% (Varnam and Sutherland, 1994) จึงมีการศึกษาการนำกลับมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารของมนุษย์ ในอดีตมักนำเวย์ที่ผ่านการพาสเจอไรซ์มาผสมกับเครื่องดื่มโดยตรง เช่น เครื่องดื่ม soft drinks, เครื่องดื่มที่มีโปรตีนสูง และน้ำผลไม้ ในยุคกรีกโบราณ 460 ปีก่อนคริสต์ศักราชและในยุคกลาง มีแพทย์หลายคนใช้เวย์เป็นเครื่องดื่มทางโภชนาการของมนุษย์เพื่อรักษาบำบัดโรค ในปี ค.ศ. 1940 ชาวยุโรปใช้เวย์รักษาโรคตับ โรคเก๊าท์ โรคเกี่ยวกับข้อ ปัสสาวะไม่ออก โดยดื่มเวย์ 1500 กรัมต่อวัน (Holsinger, Posati and Devilbiss, 1974)

Nelson และ Brown (1969) ศึกษาการใช้เวย์ที่ได้จากการผลิต cottage cheese ในการผลิต functional beverage และนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยกำหนดให้ 1 คะแนน เท่ากับไม่ชอบมาก และ 7 คะแนน เท่ากับชอบมาก พบว่า การใช้เวย์เป็นเครื่องดื่มเพียงอย่างเดียว ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 1 แต่เมื่อใช้เวย์เพียง 35–40% ผสมกับน้ำองุ่นหรือน้ำผลไม้อื่นๆ 7-20% ได้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสสูงขึ้นถึง 5.9 Holsinger และคณะ (1974) รายงานว่า การผลิตเครื่องดื่มเวย์ ส่วนใหญ่เตรียมจากเวย์ที่ได้จากเนยแข็ง แล้วพาสเจอไรซ์ทันที จากนั้นลดหรือบดบังกลิ่นโดยการเติมกลิ่นรสต่างๆ เช่น น้ำผลไม้ หรือกลิ่นรสสังเคราะห์ เพื่อให้ได้กลิ่นรสที่เหมาะสม และบรรจุสำหรับการบริโภค

เทคโนโลยีปัจจุบันมีความก้าวหน้าไปมาก มีการผลิตเวย์ในรูปแบบต่างๆ ที่มีคุณสมบัติการใช้งานดีขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในทศวรรษที่ผ่านมาเทคโนโลยีต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตเวย์โปรตีนมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้การผลิตและการใช้เวย์โปรตีนพัฒนามากขึ้น จากผลิตภัณฑ์เวย์ผง ไปสู่ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้นหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์เวย์ชนิดกำจัดเกลือแร่ ผลิตภัณฑ์เวย์ชนิดกำจัดแลกโทส ผลิตภัณฑ์เวย์โปรตีนเข้มข้น ซึ่งมีโปรตีนตั้งแต่ 34% จนถึง 80% และ whey protein isolate ซึ่งมีโปรตีน >90% (Yada, 2004) องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เวย์โปรตีนชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เวย์โปรตีนชนิดต่าง ๆ

Product	Protein	Lactose	Ash	Fat	Moisture
Whey powder	11-14.5	63-75	8.2-8.8	1-1.5	3.5-5.0
Reduced lactose whey powder	18-24	52-58	11-22	1-4	3-4
Demineralized whey powder	11-15	70-80	1-7	0.5-1.8	3-4
Whey protein concentrate-34	34-36	48-52	6.5-8.0	3-4.5	3-4.5
Whey protein concentrate-50	50-52	33-37	7.5-8.5	5-6	3.5-4.5
Whey protein concentrate-80	80-82	4-8	3-4	4-8	3.5-4.5
Whey protein isolate	90-92	0.5-1.0	2-3	0.5-1.0	4.5

ที่มา: Yada (2004)

กระบวนการผลิตเวย์โปรตีน

เวย์ที่นำออกมาจากถังพักเนยแข็งจะประกอบด้วยเศษเนยแข็งละเอียด ไขมัน กรด เกลือแร่ จุลินทรีย์ และองค์ประกอบน้ำนมอื่นๆ โดยปกติมักใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง 2 ตัว เพื่อแยกเศษเนยแข็งและไขมันให้หลุดออกจากเวย์ เครื่องหมุนเหวี่ยงตัวแรก ใช้ทำให้เวย์ใส โดยเหวี่ยงเศษเนยแข็งให้หลุดออกไป ขณะที่เครื่องหมุนเหวี่ยงอีกตัว ที่เรียกว่า เครื่องแยก ใช้เหวี่ยงไขมันให้หลุดออกไป ไขมันที่หลุดออกมานี้เรียกว่า ครีมเวย์ การนำไขมันและเศษเนยแข็งออกไปนี้ช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เวย์สุดท้ายให้ดีขึ้น ในระหว่างการผลิตเนยแข็งจะมีการเติมจุลินทรีย์ลงในน้ำนมเพื่อเปลี่ยนน้ำตาลแลกโทสไปเป็นกรดแลกติก ดังนั้นจุลินทรีย์บางส่วนจะอยู่ในน้ำเวย์ จึงต้องรีบพาสเจอไรซ์เวย์ทันที (ด้วยอุณหภูมิ 72-78 °C เป็นเวลา 15–20 วินาที) จากนั้นน้ำเวย์ก็พร้อมเข้าสู่กระบวนการแปรรูปขั้นอื่นต่อไป โดยการกรองด้วยเมมเบรน การแลกเปลี่ยนอิออน การใช้เทคนิคโครมาโตกราฟี ตลอดจนการระเหยและการทำแห้งอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างร่วมกันเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์เวย์มีคุณสมบัติตามที่ผู้ใช้ต้องการ (Zadow, 1992)

การกรองด้วยเมมเบรน

การกรองด้วยเมมเบรนเป็นการกรองโดยใช้ความดันในการขับเคลื่อนสาร เพื่อแยกและทำให้สารมีความเข้มข้นมากขึ้น ในระหว่างการกรอง โมเลกุลขนาดเล็กจะผ่านเมมเบรนออกมา เรียกว่า permeate และส่วนที่ไม่ผ่านรูเมมเบรนและเข้มข้นขึ้น เรียกว่า retentate ซึ่งส่วนประกอบและลักษณะของสารทั้งสองส่วนที่ได้จากการกรอง จะขึ้นอยู่กับขนาดรูของเมมเบรนที่ใช้ (Bylund, 1995) ดังวิธีการต่อไปนี้

Reverse osmosis (RO) เยื่อเมมเบรนชนิดนี้มีรูที่ผิวขนาดเล็กที่สุด มีเพียงโมเลกุลของน้ำที่สามารถไหลผ่านเยื่อเมมเบรนไปได้ ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ทั้งหมดของเวย์จะถูกกักไว้ วิธีนี้ไม่ได้เปลี่ยนแปลงสัดส่วนขององค์ประกอบในเวย์ แต่จะไปทำให้ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นประมาณ 20-22% ซึ่งความเข้มข้นของเวย์ถูกจำกัดโดยความหนืดที่เพิ่มขึ้น และความดันที่เกิดจากการ ออสโมซีสของเวย์ในขณะที่น้ำถูกขจัดออกไป (Bylund, 1995)

Nanofiltration (NF) การกรองด้วยวิธีนี้ยอมให้ monovalet ion บางชนิดผ่านเยื่อเมมเบรนไปได้พร้อมกับน้ำ จากการที่เฉพาะเกลือแร่ที่มีประจุเดี่ยวถูกขจัดออกไปนี้ ทำให้เวย์ลดความเค็มลงไปบ้าง นิยมใช้วิธีนี้ในการลดปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในเวย์บางชนิด (Bylund, 1995)

Ultrafiltration (UF) เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับผลิตเวย์โปรตีนเข้มข้น เยื่อเมมเบรนมีรูขนาดใหญ่กว่าที่ใช้ในการกรองด้วยวิธี RO และ NF การกรองด้วยวิธีนี้ แลกโทสและเถ้าจะผ่านเยื่อออกไป

แต่โปรตีนในเวย์จะถูกกักไว้ และถ้าสามารถขจัดแลกโทสและเถ้าออกไปมาก ปริมาณโปรตีนจะยิ่งสูงมากขึ้น (Bylund, 1995)

Microfiltration (MF) เป็นวิธีการกรองที่เยื่อเมมเบรนมีรูขนาดใหญ่ที่สุด โปรตีน เปปไทด์สายสั้นๆ แลกโทส เกลือแร่ องค์ประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน และน้ำ สามารถซึมผ่านเยื่อเมมเบรนออกมาได้ ส่วนเม็ดไขมันจะถูกกักไว้โดยเมมเบรน ดังนั้น MF จึงใช้ในการกำจัดไขมันที่ยังหลงเหลือจากการหมุนเหวี่ยง ซึ่งการกำจัดไขมันที่เหลือนี้เป็นส่วนสำคัญในการผลิต whey protein isolate (Bylund, 1995 ; Henning et al., 2006)

Electrodialysis เป็นการกรองโดยใช้เยื่อเมมเบรนแบบกึ่งซึมผ่านได้ (semipermeable) และใช้กระแสไฟฟ้าแทนแรงดันเพื่อแยกองค์ประกอบของเวย์ โดยกระแสไฟฟ้าจะดึงอิออนเกลือแร่ผ่านเมมเบรนออกไป ส่วนแลกโทสและโปรตีนจะถูกกักเอาไว้ การกรองด้วยวิธีนี้ไม่ทำให้โปรตีนเสียสภาพ และยังช่วยให้กำจัดเกลือแร่ออกจากเวย์ได้มากถึง 70% (USDEC, 2004)

การแลกเปลี่ยนอิออน (Ion exchange)

เป็นวิธีการทางเคมีอย่างหนึ่งเมื่อต้องการผลิตเวย์ชนิดขจัดเกลือแร่ เวย์จะผ่านคอลัมน์ที่บรรจุ resins ซึ่งคอยจับกับอิออนของเกลือแร่ที่มีประจุ ส่วนโปรตีนและแลกโทสจะผ่านคอลัมน์ออกมา วิธีนี้ไม่ทำให้โปรตีนเสียสภาพ ทำให้เวย์มีความบริสุทธิ์สูงเนื่องจากสามารถขจัดเกลือแร่ออกได้ถึง 98% จากนั้นจึงทำให้เข้มข้นขึ้นโดยใช้ ultrafiltration (USDEC, 2004)

การใช้เทคนิคโครมาโตกราฟี

เป็นวิธีการทางเคมีอย่างหนึ่ง โดยใช้ resins ที่มีประจุไฟฟ้าแยกโปรตีนออกจากองค์ประกอบอื่นในน้ำเวย์ โปรตีนจะเกาะกับ resins ที่มีประจุตรงข้าม ขณะที่องค์ประกอบอื่น เช่น แลกโทส เกลือแร่ จะไหลผ่าน resins ออกไป จากนั้นจะถูกส่งเข้ามาในระบบเพื่อปลดปล่อยโปรตีนที่เกาะอยู่กับ resins จากนั้นสามารถทำให้โปรตีนบริสุทธิ์ต่อไปอีกโดยใช้ ultrafiltration และทำแห้งแบบพ่นสเปรย์ (USDEC, 2004)

การระเหยและการทำแห้ง

การทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ เป็นกรรมวิธีขจัดน้ำออกจากเวย์ในขั้นแรก ส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการเพิ่มความเข้มข้นภายใต้สุญญากาศ เครื่องทำให้กลายเป็นไอภายใต้สุญญากาศจะทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอออกไปจากเวย์ได้มากที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C ซึ่งทำให้โปรตีนส่วนใหญ่ไม่เสียสภาพ (USDEC, 2004)

การทำแห้งเป็นกรรมวิธีขจัดน้ำให้ออกจากเวย์ไปอีกขั้นหนึ่ง เครื่องทำแห้งมีหลายชนิด เวย์ที่ผลิตสำหรับบริโภคมักใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นสเปรย์ ส่วนเวย์ที่ผลิตเป็นอาหารสัตว์มักใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ในการทำแห้งแบบพ่นสเปรย์นั้นต้องฉีดละอองเวย์เข้มข้นเข้าไปในกระแสอากาศร้อน น้ำจะระเหยเป็นไอในอากาศอย่างรวดเร็ว จึงเป็นการช่วยป้องกันโปรตีนเวย์ไม่ให้เสียหายจากความร้อน ทำให้ได้ผลผลิตเวย์ผงที่มีคุณสมบัติในการละลาย กลิ่นรส และสีดี (Henning et al., 2006)

การทำแห้งแบบใช้ลูกกลิ้งอาศัยการสัมผัสโดยตรงระหว่างชั้นของเวย์เข้มข้นกับผิวลูกกลิ้งที่ได้รับความร้อน ระดับความร้อนที่รุนแรงมักก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเดิมในผลิตภัณฑ์อย่างถาวร เช่น การเกิด non-enzymatic browning และการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้มกว่าปกติ และมีความสามารถในการละลายไม่ดี (USDEC, 2004)

คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเวย์โปรตีน

ในปัจจุบันนิยมนำเวย์โปรตีนไปเป็น food ingredient ในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์นม และเครื่องดื่ม (Jayaprakasha and Brueckner, 1999) เพราะนอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้ว ยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเชิงหน้าที่ด้านต่างๆ ของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ การละลาย การเกิดเจล ความหนืด การอุ้มน้ำ การเกาะยึดตัว การเกิดโฟม และการเกิดอิมัลชัน (Huffman, 1996)

คุณค่าทางโภชนาการ

เวย์โปรตีนเข้มข้นประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายจำนวนมาก ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ง่าย มีค่า PER มากกว่า 3.0 มีค่า BV สูงกว่าโปรตีนจากแหล่งอื่น และค่า NPU ใกล้เคียงกับไข่ขาว ดังแสดงในตารางที่ 3 นอกจากนี้ยังประกอบด้วย branched chain amino acid (BCAAs) ได้แก่ leucine, isoleucine และ valine ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มประเภท sport drinks (USDEC, 2004) นอกจากนั้นยังเป็นส่วนผสมของอาหารลดน้ำหนัก (Etzel, 2004)

ตารางที่ 3 ดัชนีแสดงคุณค่าทางอาหารของโปรตีนจากแหล่งต่าง ๆ

แหล่งโปรตีน	ค่า BV	ค่า PER	ค่า NPU
เวย์โปรตีนเข้มข้น	104	3.2	92
โปรตีนถั่วเหลือง	74	2.1	61
ไข่ขาว	100	3.8	94
น้ำนมโค	91	3.1	82
เคซีน	77	2.5	76
เนื้อวัว	80	2.9	73

ที่มา: USDEC (2004)

เวย์โปรตีนให้กรดอะมิโนที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายทั้งในวัยเด็กและผู้ใหญ่ นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิด เช่น lysine, threonine, methionine และ isoleucine ซึ่งสามารถใช้เป็นสารเสริมโปรตีนในพืชได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแหล่งอาหารบางชนิดจะมีกรดอะมิโนดังกล่าวนี้น้อย เช่น ข้าว และถั่วเหลืองจะมี lysine ต่ำ (USDEC, 2004)

การละลาย (Solubility)

เวย์โปรตีนมีความสามารถในการละลายสูงมากในช่วงค่า pH กว้างตั้งแต่ 3–8 แต่ในผลิตภัณฑ์อาหาร โปรตีนจะละลายได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปและ pH ในอาหาร (USDEC, 2004) เมื่อค่า pH อยู่ระหว่าง 3-5 การให้ความร้อนสูงกว่า 70 °C ทำให้โปรตีนเสียความสามารถในการละลายไปบางส่วน เนื่องจากเกิดการรวมตัวกันตกตะกอน ณ isoelectric point (pH 4.5-5.5) (Huffman, 1996) นอกจากนี้อิออน เช่น Ca^{2+} ทำให้โปรตีนเสียความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจาก Ca^{2+} ซึ่งเป็น free ion จะจับกับโมเลกุลของโปรตีน แล้วรวมตัวกันตกตะกอน (Fachin and Viotto, 2005) อย่างไรก็ตามความสามารถในการละลายของเวย์โปรตีนในผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความร้อน สามารถปรับให้เพิ่มขึ้นได้โดยการเติมน้ำตาล เช่น ในเครื่องดื่มพร้อมดื่ม (ready to drink) และน้ำสลัด (USDEC, 2004) Pelegrine และ Gasparetto (2005) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิ และ pH ต่อความสามารถในการละลายของเวย์โปรตีน โดยใช้อุณหภูมิ 40 และ 60 °C pH 3.5, 4.5, 5.65 และ 7.8 พบว่า ที่ค่า pH 3.5, 5.65 และ 7.8 แม้ให้ความร้อนถึง 60 °C โปรตีนก็ยังมีความสามารถในการละลายที่ดี ส่วนที่ pH 4.5 การให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 40 เป็น 60 °C ทำให้โปรตีนเสียความสามารถในการละลายไปบางส่วน เนื่องจากโปรตีนบางส่วนรวมตัวกันตกตะกอน ที่ isoelectric point

ความหนืดและความสามารถในการอุ้มน้ำ (Viscosity and water holding capacity)

เมื่อเวย์โปรตีนได้รับความร้อน พันธะที่ทำหน้าที่ยึดโครงร่างจะถูกทำลาย โมเลกุลของโปรตีนจะแผ่ตัวออก บริเวณที่จับกับน้ำจะขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความหนืด และ water holding capacity เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในผลิตภัณฑ์ nutritional beverage นั้น ความหนืดที่ต่ำทำให้สามารถเพิ่มระดับโปรตีนในเครื่องดื่มได้โดยไม่ทำให้กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสเสียไป นอกจากนั้นเวย์ยังให้ความข้นและทึบแสง ให้ลักษณะคล้ายครีมหรือนมในผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติในการอุ้มน้ำช่วยให้ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งและโยเกิร์ตมีความหนืดเพิ่มขึ้นและแยกตัวยากขึ้น (Jayaprakasha and Brueckner, 1999) Varnam and Sutherland (1994) ได้รายงานว่า โยเกิร์ตที่ใช้ whey protein concentrate แทนนมขาดมันเนยบางส่วน จะหดตัวและสูญเสียน้ำน้อยกว่าโยเกิร์ตที่ใช้นมขาดมันเนยเพียงอย่างเดียว

การเกิดเจล (Gelation)

เมื่อได้รับความร้อนเวย์โปรตีนจะกลายเป็นเจลที่ไม่คืนสภาพ (irreversible gel) โดยสร้างลักษณะโครงสร้างตาข่ายและจับกับน้ำเป็น gel matrix เกิดเป็นเจลที่แข็งแรงเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและความชื้น ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มผลผลิต (yield) ในผลิตภัณฑ์ เช่น แฮม ซูริมิ และโยเกิร์ต เวย์โปรตีนจะเริ่มเป็นเจลเมื่อได้รับความร้อนประมาณ 65 °C เจลที่เกิดขึ้นอาจมีลักษณะแตกต่างกัน ตั้งแต่รวมกันเป็นก้อนหรือเป็นเจลที่มีการเยิ้มน้ำ จนกระทั่งเป็นเจลที่เรียบเนียน มีความมันวาว แข็งและยืดหยุ่นได้เช่นเดียวกับเจลของไข่ขาว (Huffman, 1996) Schmidt และคณะ (1979) พบว่า เจลที่เกิดในสารละลายโปรตีนที่มีความเข้มข้น 3–5% ที่อุณหภูมิ 55-70 °C มักโปร่งแสงและนิ่ม ส่วนเจลที่เกิดในสารละลายโปรตีนที่มีความเข้มข้นมากกว่า 10% ที่อุณหภูมิ 90-100 °C มักทึบแสง และใน pH ที่เป็นกรด เจลที่เกิดขึ้นจะทึบแสงและนิ่ม และใน pH สูงๆ เจลที่เกิดขึ้นจะโปร่งแสงและมีความยืดหยุ่น นอกจากนี้ Jayaprakasha และ Brueckner (1999) ได้รายงานว่าอุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโปรตีน ค่า pH ความเข้มข้นของ Ca^{2+} และ Na^{+} และวิธีในการผลิตเวย์โปรตีนผง

คุณสมบัติการเกิดเจลของเวย์โปรตีนมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว คือ เพิ่มความทึบแสงให้แก่เครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์นม รักษาความชื้นในผลิตภัณฑ์ขนมอบและเนื้อสัตว์ ในสารละลาย เวย์โปรตีนจะเริ่มเกิดเจลเมื่อมีปริมาณโปรตีน >7% แต่ในระบบอาหารแม้ว่าจะใช้เวย์โปรตีนปริมาณน้อย ingredients อื่นๆ ที่ใช้ร่วมกับเวย์โปรตีนจะจับกับน้ำทำให้เกิด gel formation ได้ดีขึ้น (USDEC, 2004) คุณสมบัติการเกิดเจลของเวย์โปรตีนสามารถใช้ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารได้ เช่น ใช้ปรับปรุงคุณสมบัติในด้าน hardness, cohesiveness และ elasticity ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ อาหารทะเล และเค้ก เป็นต้น (Morr and Foegeding, 1990 ; Huffman, 1996)

การเกาะยึดตัว (Adhesion)

เวย์โปรตีนจะเพิ่มการเกาะยึดตัวในอาหาร ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น จึงนิยมใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์เนื้อและปลา ใช้เป็นสารช่วยในการเกาะยึดตัวและเคลือบเงาผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Huffman, 1996)

การเกิดโฟม (Foaming)

โฟมจัดเป็นสารแขวนลอยประเภทหนึ่งซึ่งมีเฟสต่อเนื่อง (continuous phase) เป็นของเหลว และมีอากาศเป็นเฟสกระจาย (dispersed phase) การทำให้ฟองอากาศแพร่อยู่ในของเหลวได้อย่างมีเสถียรภาพ จำเป็นต้องมีสารช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างของเหลวและอากาศ สารที่ลดแรงตึงผิวนี้เรียกว่า surface active agent ซึ่งป้องกันการรวมตัวของฟองอากาศที่เกิดในโฟม (Sikorski, 2001) เวย์โปรตีนมีคุณสมบัติของการเป็น surface active agent ที่ดี เนื่องจากโครงสร้างมีทั้งส่วนที่เป็น hydrophilic และส่วนที่เป็น hydrophobic เมื่อตีเอาฟองอากาศเข้าไปในสารละลายโปรตีน โครงสร้างของโปรตีนจะเสียสภาพ โมเลกุลแผ่ตัวออกและเรียงตัวอยู่ที่รอยต่อระหว่างน้ำและอากาศทำให้เกิดเสถียรภาพแก่โฟมได้ นอกจากนี้โครงสร้างของเวย์โปรตีนที่มีความยืดหยุ่นจะช่วยเสริมความแข็งแรงของรอยต่อระหว่างของเหลวและอากาศ ซึ่งสามารถช่วยป้องกันการแตกสลายของโฟมได้ดี จึงมีความสำคัญต่อการผลิตไอศกรีม whipped topping และ meringues (Yada, 2004)

การเกิดอิมัลชัน (Emulsification)

อิมัลชัน (emulsion) จัดเป็นสารแขวนลอยประเภทหนึ่ง โดยเฟสกระจายและเฟสต่อเนื่องอาจเป็นน้ำหรือน้ำมัน เมื่อเฟสกระจายเป็นน้ำและเฟสต่อเนื่องเป็นน้ำมัน อิมัลชันที่ได้เรียกว่า water in oil (w/o) และในทางตรงข้าม หากเฟสกระจายเป็นน้ำมันและเฟสต่อเนื่องเป็นน้ำ อิมัลชันที่ได้เรียกว่า oil in water (o/w) การทำงานของเวย์โปรตีนในอิมัลชันคล้ายคลึงกับในโฟม คือ โปรตีนจะหันส่วนที่มีขั้วและมีประจุ (ส่วนที่เป็น hydrophilic) เข้าหาน้ำ และหันเอาส่วนที่ไม่มีขั้ว (ส่วนที่เป็น hydrophobic) เข้าหาน้ำมัน การเรียงตัวดังกล่าวทำให้ลดแรงตึงผิวที่รอยต่อระหว่างน้ำและน้ำมัน จึงทำให้น้ำและน้ำมันรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี นอกจากนี้การเรียงตัวที่รอยต่อของเวย์โปรตีนจะเปรียบเสมือนเกราะกำบังที่เพิ่มความแข็งแรงให้แก่เฟสกระจาย ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น เวย์โปรตีนเป็นโปรตีนที่มีค่า surface hydrophobicity สูง จึงมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันที่ดี โดยจะทำให้อิมัลชันประเภท o/w มีเสถียรภาพสูง แต่จะเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ไม่ดีในอิมัลชั่นประเภท w/o เนื่องจากโดยปกติโปรตีนมีความสามารถละลายน้ำได้ในระดับหนึ่ง เมื่ออยู่ในระบบ w/o จึงรวมตัวอยู่ในเฟสกระจายที่เป็นน้ำเสียเป็นส่วนมาก ซึ่งทำให้การแผ่ตัวหรือ

แพร่กระจายเข้าไปในส่วนของน้ำมันทำได้ไม่สมบูรณ์ คุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในระบบ o/w ที่ดีนี้ เป็นข้อได้เปรียบในการใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ซอส มายองเนส ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และปลา และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (USDEC, 2004)

เสาวรส (Passion fruit)

เสาวรสหรือกะทกรกฝรั่ง (passion fruit) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Passiflora foltida Linn.* จัดอยู่ในตระกูล Passifloraceae มีอยู่มากกว่า 400 สายพันธุ์ แต่ที่บริโภคได้มีอยู่ประมาณ 50-60 สายพันธุ์ ที่นิยมทางการค้ามี 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ผลสีเหลือง (*Passiflora edulis,* var. *flavicarpa*) และ พันธุ์ผลสีม่วง (*Passiflora edulis*) (Chan, 1978) เสาวรสเป็นพันธุ์ไม้เลื้อยขนาดใหญ่ เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงเมื่อปลูกในที่สูงอากาศหนาวเย็น เช่น ที่ราบตามเชิงดอยหรือบนดอยสูงๆ มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศบราซิล ปารากวัย และอาร์เจนตินา มีผู้นำเข้ามาปลูกในไทยเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2498 โดยทดลองปลูกในภาคเหนือ ต่อมาจึงขยายมาปลูกทางภาคตะวันออกของประเทศ (ประเสริฐ สายสิทธ์, 2531) เป็นพืชที่ปลูกง่ายและให้ผลตอบแทนเร็ว ผลผลิตต่อไร่สูงและต้องการการดูแลรักษาน้อย ในด้านการตลาดพบว่ามีแนวโน้มที่ดีโดยเฉพาะการแปรรูปเป็นน้ำผลไม้และเครื่องดื่มชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ (ธงชัย เนมขุนทด, 2531)

ผลเสาวรสเป็นผลประเภทอวบน้ำ มีลักษณะค่อนข้างกลมหรือรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 5-7 cm น้ำหนักประมาณ 113 g พันธุ์ผลสีม่วง เปลือกจะมีสีม่วงเข้มและมีลักษณะคล้ายหนังฟอก ส่วนพันธุ์ผลสีเหลือง เปลือกจะมีสีเหลืองสดเป็นมัน ภายในผลประกอบด้วยถุงคัพภะ (embryo sac) ซึ่งมีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด (juicy passion arillus tissue) ที่มีสีเหลืองปนส้มห่อหุ้มเมล็ด (seed) ซึ่งมีสีดำหรือสีน้ำตาลแก่มากมาย ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดมีรสเปรี้ยวจัด แต่มีกลิ่นที่เด่นชัดเฉพาะตัวจึงทำให้เป็นที่นิยมบริโภค (Nelson and Tressler, 1980) การเก็บผลเสาวรสที่อุณหภูมิประมาณ 25 °C สามารถเก็บได้นาน 1-2 สัปดาห์ แต่การเก็บผลเสาวรสที่อุณหภูมิต่ำพอเหมาะและมีความชื้นสัมพัทธ์สูงจะสามารถยืดอายุการเก็บได้นานกว่าปกติ เนื่องจากที่สภาวะนี้ช่วยชะลอการหายใจและกระบวนการเมตาบอลิซึมอื่นๆ ภายในผล และยังลดอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Barrett, Somogyi and Hosahalli, 2005) Cereda และคณะ (1976) ได้ศึกษาการเก็บรักษาเสาวรสพันธุ์ผลสีเหลืองทั้งผลดิบและสุกด้วยการเคลือบไข การเก็บในถุงโพลีเอทธิลีน และการใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อราชนิดต่างๆ ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5.6-7.2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% พบว่า การเก็บในสภาพผลสุกจะดีกว่าผลดิบ และการใช้ถุงโพลีเอทธิลีนหรือการ

เคลือบไขทำให้ผลเสาวรสมีคุณภาพที่ยอมรับได้นานขึ้นจาก 4 วัน เป็น 30 วัน อาภัสรา แสงรุ่งเรือง (2531) ได้ศึกษาการเก็บรักษาเสาวรสพันธุ์ผลสีเหลือง พบว่าเมื่อนำผลเสาวรสที่สุกแล้วมาเก็บในถุงโพลีเอทธิลีนที่อุณหภูมิ 5 °C สามารถเก็บได้นานกว่า 28 วัน โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดลดลงเพียงเล็กน้อย

องค์ประกอบของผลเสาวรส

Ishihata, Havashi และ Takeda (1984) ได้ศึกษาองค์ประกอบของเสาวรสพันธุ์ผลสีม่วง พบว่า มีน้ำหนักผล 36.6 $\pm$ 5.38 g น้ำหนักเปลือก 15.5 $\pm$ 3.10 g น้ำหนักน้ำเสาวรส 12.4 $\pm$ 2.48 g และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำเสาวรส เท่ากับ 15.8-16.8 °Brix จารุตม์ บรรเจิดประยูร (2532) ได้ศึกษาองค์ประกอบของเสาวรสพันธุ์ผลสีเหลือง พบว่า มีน้ำหนักผล 72.0 $\pm$ 7.00 g น้ำหนักเปลือก 36.57 $\pm$ 2.33 g น้ำหนักน้ำเสาวรส 20.51 $\pm$ 2.33 g และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำเสาวรส เท่ากับ 15.8–16.0 °Brix

ผลเสาวรสประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของผลเสาวรสชนิดพันธุ์ผลสีเหลือง

เปลือก มีเพคตินอยู่ประมาณ 15-20% โดยน้ำหนักแห้ง เป็นเพคตินที่มีคุณสมบัติที่ดีในการเกิดเจลเท่ากับเพคตินจากเปลือกส้ม มีค่า equivalent weight 669.4 มีองค์ประกอบของ galacturonic acid 76-78% และ methoxyl group 8.9-9.2% (Jagendra, 1980) ในเปลือกยังมีสารคาร์โบไฮเดรตสูงและมีโปรตีนพอสมควร เมื่อนำมาตากแห้งสามารถใช้เลี้ยงวัว ควายได้ และยังผสมกับอาหารอื่นๆ เป็น silage ได้อีกด้วย (Nelson and Tressler, 1980 ; Jagendra, 1980) นอกจากนี้แล้ว อาจใช้ทำเป็นขนมหรืออาหาร เช่น เปลือกเสาวรสกวน เปลือกเสาวรสดอง และเปลือกเสาวรสแช่อิ่ม Spencer และ Seigler (1983) รายงานว่า ประเทศทางแถบอเมริกาใต้นิยม

รับประทานเปลือกของผลเสาวรสสดๆ หรือนำไปปั่นผสมกับน้ำตาลและน้ำเสาวรสได้เครื่องดื่มที่เรียกว่า refresco อีกด้วย

ถุงคัพภะ (embryo sac) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดและเมล็ด

เนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด (juicy passion arillus tissue) เป็นส่วนที่เมื่อนำไปกรอง จะได้น้ำเสาวรส (juice) และรก (pulp) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของน้ำเสาวรส พบว่ามีความชื้น 74.6% โปรตีน 0.88% คาร์โบไฮเดรต 23.45% ไขมัน 0.35% ใยอาหาร 0.04% เถ้า 0.68% และวิตามินซี 11.2 mg/100g น้ำตาลที่พบคือ น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส มีกรดอินทรีย์ประมาณ 3.4% ส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริก รองลงมาคือกรดมาลิก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 16.5 ^{o}Brix และปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูป citric acid) 3.6 g/100ml สีของเสาวรสเกิดจากสาร xanthophylls, β-carotene และ phytofluene (ประเสริฐ สายสิทธ์, 2531) เมื่อตรวจสอบสารให้กลิ่นรสที่สำคัญในน้ำเสาวรส ทั้งพันธุ์ผลสีเหลืองและพันธุ์ผลสีม่วง ด้วยวิธี standard controlled distillation -extraction ร่วมกับการใช้ liquid-solid chromatrography และ capillary GC-MS พบว่า สารให้กลิ่นในเสาวรสประกอบด้วยเอสเทอร์ 25 ชนิด ที่สำคัญได้แก่ ethyl และ hexyl ester ของ butyric acid และ hexanoic acid และสารประกอบพวกแอลกอฮอล์ ซึ่งมีทั้ง secondary alcohol, unsaturated alcohol และ monoterpene alcohols (Chan, 1978; Engel and Tress, 1983)

เมล็ด (seed) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดเสาวรส พบว่า มีความชื้น 7.26% โปรตีน 10.92% ไขมัน 24.05% คาร์โบไฮเดรต 8.91% ใยอาหาร 47.61% และเถ้า 1.25% (ประเสริฐ สายสิทธ์, 2531) ในประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ นิยมผสมเมล็ดเสาวรสลงในผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรส และบดเมล็ดผสมน้ำตาลปั้นใช้โรยหน้าเค้กเพื่อให้กลิ่นรสของเสาวรสอีกด้วย (Nelson and Tressler, 1980)

การสกัดน้ำเสาวรส

การสกัดน้ำเสาวรสโดยทั่วไป นิยมนำผลเสาวรสมาผ่าครึ่ง ใช้ช้อนตักเฉพาะส่วนเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดแยกออกจากเปลือก ตีปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าเพื่อทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดฉีกขาด แล้วกรองแยกเมล็ดและรกออกจากน้ำเสาวรสด้วยผ้าขาวบาง ผ้าไนล่อน หรือตะแกรง นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกเปลือกออกจากเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดได้ โดยใช้เครื่อง centrifugal extractor (Nelson and Tressler, 1980) และเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกน้ำเสาวรสออกจากเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดได้ โดยใช้เครื่อง converging cone extractor หรือใช้ pectinolytic enzyme (Lipitoa และ Robertson, 1977 ; Casimir, Kefford and Whitfield 1981) น้ำเสาวรสที่สกัดได้จะนำมาเข้ากระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต่อไป หรืออาจนำไปเก็บรักษาซึ่งทำได้หลาย

วิธี เช่น การใช้สารเคมี ได้แก่ โซเดียมเบนโซเอท 0.1% โพแทสเซียมซอร์เบต 0.1% หรือโซเดียม-เมตาไบซัลไฟต์ 0.02% (Casimir et al., 1981) การแช่แข็ง การใช้ความร้อน หรือการใช้หลายวิธีร่วมกัน เช่น การใช้ความร้อนควบคู่กับการใช้สารเคมี เป็นต้น แต่การให้ความร้อน เช่น การพาสเจอไรซ์จะทำให้น้ำเสาวรสเสื่อมคุณภาพด้านรสชาติอย่างรวดเร็ว แต่จะเร็วหรือช้าเพียงใดจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาด้วย สำหรับการเก็บรักษาน้ำเสาวรสไว้ในลักษณะผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมีความจำเป็นอย่างมาก เพราะถ้าเก็บเสาวรสไว้ทั้งผลจะเปลืองเนื้อที่และคุณภาพของผลไม้จะเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว ผลไม้ที่ยังสดอยู่เท่านั้นจึงจะได้น้ำเสาวรสที่มีคุณภาพดี จึงจำเป็นต้องรีบแยกเอาน้ำออกมาขณะที่ผลยังคงความสดอยู่มากที่สุด (ประเสริฐ สายสิทธ์, 2531)

น้ำเสาวรสที่สกัดได้มีกลิ่นแรงและมีรสเปรี้ยวจัด เมื่อนำมาทำเป็นเครื่องดื่มจะต้องเติมน้ำตาลและเจือจางด้วยน้ำ หรือใช้น้ำเสาวรส 5-10% ผสมกับน้ำผลไม้ชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มกลิ่นรสให้หลากหลาย ในต่างประเทศนิยมมากเพราะถือเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง ซึ่งจะช่วยให้ร่างกายมีความต้านทานต่อโรคหวัด และสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย จึงมีการผลิตเสาวรสออกมาในรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำเสาวรสพร้อมดื่ม น้ำเสาวรสเข้มข้น เสาวรสผง แยมเสาวรส เยลลี่เสาวรส เป็นต้น (Nelson and Tressler, 1980)

น้ำผลไม้

น้ำผลไม้ หมายถึง ของเหลวที่สกัดได้จากผลไม้ส่วนที่สามารถบริโภคได้ อาจสกัดโดยวิธีบีบคั้นหรือวิธีเชิงกลอื่นๆ โดยทั่วไปน้ำผลไม้ที่ได้มักขุ่น มีองค์ประกอบของเซลล์ที่มีลักษณะเป็น colloids กระจายอยู่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะเนื้อเยื่อของผลไม้นั้น นอกจากนี้อาจมีส่วนที่เป็นน้ำมันหรือไขมัน และรงควัตถุต่างๆ น้ำผลไม้บางชนิดจะบริโภคในลักษณะขุ่นตามธรรมชาติ แต่บางชนิดบริโภคหลังผ่านการทำให้ใสแล้ว น้ำผลไม้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้ (อมร ภูมิรัตน, 2523)

น้ำผลไม้พร้อมดื่ม เป็นของเหลวที่ได้จากผลไม้สุก นำมาผ่านความร้อน น้ำผลไม้ที่ได้นี้ต้องไม่มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ แต่ถ้านำไปหมักก็อาจเกิดแอลกอฮอล์ขึ้นได้ น้ำผลไม้พร้อมดื่มอาจมีการเติมกรดหรือน้ำตาลลงไปเล็กน้อย เพื่อปรับองค์ประกอบให้เหมาะสมต่อการบริโภค นอกจากนี้ยังอาจหมายถึงน้ำผลไม้ที่ได้จากการนำน้ำผลไม้เข้มข้นมาเจือจางด้วยน้ำตามข้อกำหนด ให้มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับน้ำผลไม้สด

น้ำผลไม้เข้มข้น เป็นน้ำผลไม้ที่สะอาด ไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ แต่ถ้านำไปหมักก็อาจเกิดแอลกอฮอล์ขึ้นได้ น้ำผลไม้เข้มข้นทำมาจากผลไม้สุก สะอาด ไม่บูดเน่า ผ่านกรรมวิธีการ

สกัดส่วนของเหลวออกจากผลไม้ และระเหยน้ำเพื่อทำให้เข้มข้น หลังจากนั้นจะผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เพื่อให้เก็บรักษาได้นาน น้ำผลไม้เข้มข้นมีทั้งแบบใสและแบบขุ่น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะไม่ต่ำกว่าสองเท่าของที่มีอยู่ในน้ำผลไม้ตั้งต้น

น้ำผลไม้ดัดแปลง เป็นน้ำผลไม้หรือเนื้อผลไม้ที่สะอาด ไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ แต่ถ้านำไปหมักก็อาจเกิดแอลกอฮอล์ขึ้นได้ โดยทั่วไปมักทำจากผลไม้ที่มีรสเด่นรสเพียงเดียว เช่น เปรี้ยวจัด หวานจัด หรือมีกลิ่นแรง มีน้ำน้อยหรือมีเนื้อมาก นำมาปรุงแต่งโดยเติมน้ำ และสารประกอบอื่นๆ ให้เหมาะสมสำหรับการดื่มยิ่งขึ้น แต่ต้องมีส่วนประกอบที่ได้จากผลไม้ไม่น้อยกว่า 30% มีความเข้มข้นเท่ากับน้ำผลไม้พร้อมดื่ม หรือเท่ากับน้ำผลไม้เข้มข้นก็ได้ และต้องมีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อให้เก็บได้นาน น้ำผลไม้ประเภทนี้ได้แก่ nectar, squash, cordial และน้ำเชื่อมผลไม้ต่างๆ

ในการผลิตน้ำผลไม้ นอกจากจะใช้ผลไม้เพียงชนิดเดียวแล้ว ยังอาจนำผลไม้ชนิดอื่นๆ มาผสมเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้น้ำผลไม้ที่มีกลิ่น และรส ตลอดจนลักษณะปรากฏที่แตกต่างกันออกไป การทำน้ำผลไม้ผสมควรใช้ผลไม้ที่มีกลิ่นรสดี หาง่าย ผสมกับผลไม้ที่มีกลิ่นรสไม่เป็นที่นิยมหรือหายาก โดยมักใช้ผลไม้พื้นเมืองหรือผลไม้ที่มีอยู่มากภายในประเทศนั้นๆ เป็นหลัก (Huor et al., 1980)

กระบวนการผลิตน้ำผลไม้

น้ำผลไม้ที่ดี คือน้ำผลไม้ที่ยังคงรักษากลิ่นรสและสีที่มีลักษณะเฉพาะของผลไม้ชนิดนั้นๆ หลังจากผ่านกระบวนการแปรรูปและเก็บรักษาเอาไว้ได้ กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การคัดเลือกผลไม้ การล้าง การสกัดน้ำผลไม้ การทำน้ำผลไม้ให้ใส (clarification) การรักษา cloud stability ของน้ำผลไม้ การไล่อากาศ และการถนอมรักษาด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การให้ความร้อน การทำให้เข้มข้น การใช้วัตถุเจือปนอาหารในการเก็บรักษา และการบรรจุ (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2524)

การคัดเลือกผลไม้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้น้ำผลไม้ที่มีคุณภาพสูง มีความสม่ำเสมอในด้านสี กลิ่น และรส โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้ คือ คัดเลือกผลไม้ที่มีความสุกพอดี หรือมีระยะการสุกที่เท่ากัน เกณฑ์ที่ใช้วัด ได้แก่ ขนาดและรูปร่างของผลไม้ ความถ่วงจำเพาะของผลไม้ และสมบัติการสะท้อนแสง การคัดขนาดมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อกระบวนการแปรรูป ขนาดของผลไม้ต้องสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งอาจคัดเลือกขนาดโดยใช้น้ำหนักหรือตะแกรงที่ออกแบบต่างๆ กันเป็นเกณฑ์ ตะแกรงที่นิยมใช้ ได้แก่ ตะแกรงแนวระนาบ และตะแกรง

รูปทรงกระบอก ที่ปรับช่องเปิดให้มีขนาดต่างๆ กันเพื่อการคัดขนาดได้ สำหรับการคัดเลือกโดยใช้สมบัติการสะท้อนแสง จะอาศัยสีและความมันวาวที่ผิวผลไม้ที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถแยกผลไม้ตามความแก่อ่อนได้ และยังแยกพวกที่มีตำหนิที่ผิว เช่น รอยช้ำ หรือรอยแมลงกัดแทะ การแยกด้วยวิธีนี้สามารถใช้การตรวจสอบได้ 2 แบบ คือ แยกด้วยสายตาคน โดยเปรียบเทียบกับแผ่นสีมาตรฐาน หรือแยกโดยใช้เครื่องคัดแยกอิเลคโทรนิค ซึ่งวัดความเข้มของแสงที่สะท้อนจากผลไม้ในรูปของกระแสไฟฟ้า เปรียบเทียบกับสัญญาณมาตรฐานที่ตั้งไว้ (Brennan, Butler and Cowell, 1976)

การล้างผลไม้ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดหรือลดสิ่งปนเปื้อน เช่น ฝุ่นละออง สิ่งสกปรก ยาฆ่าแมลง ชิ้นส่วนของพืช รวมทั้งจุลินทรีย์ (Woodroof and Luh, 1975) นอกจากนี้ยังช่วยกำจัดไขที่เคลือบผิวผลไม้ได้บางส่วนด้วย (Kimball, 1999) วิธีการล้างทั่วไปที่ใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ การแช่ การล้างด้วยน้ำเคลื่อนไหว การล้างในเครื่องล้างแบบลอยตัว และการล้างด้วยน้ำแบบพ่นฝอย การแช่ เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายแต่ใช้น้ำมากและมีประสิทธิภาพต่ำ จึงใช้เป็นการล้างขั้นต้นของผลไม้ที่สกปรกมาก การล้างวิธีนี้เพิ่มประสิทธิภาพได้ด้วยการขัดถูด้วยแปรง ใช้น้ำอุ่น หรือเติมสารเคมี เช่น คลอรีนในน้ำที่ใช้แช่ การล้างจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นถ้าขณะล้างทำให้น้ำเกิดการเคลื่อนไหวโดยการติดใบพัด ใช้อากาศอัดเข้าไปในถังแช่ หรือใช้คลื่นความถี่สูง ความถี่ที่ใช้ตั้งแต่ 20-100 KHz ซึ่งจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของผลไม้ที่แช่น้ำ ทำให้สิ่งปนเปื้อนหลุดออกได้ง่าย (Woodroof และ Luh, 1975) การล้างด้วยน้ำแบบพ่นฝอย เป็นวิธีที่นิยมและให้ผลดี ประสิทธิภาพขึ้นกับแรงดันของน้ำที่ใช้ ปริมาณน้ำ อุณหภูมิน้ำ ระยะห่างระหว่างหัวฉีดน้ำและผลไม้ และระยะเวลาที่ผลไม้สัมผัสน้ำพ่นฝอย (Brennan et al., 1976) ส่วนการล้างในเครื่องล้างแบบลอยตัวอาศัยหลักความแตกต่างในการลอยตัวระหว่างผลไม้กับสิ่งปนเปื้อน (Duckworth, 1966) นอกจากนั้นยังสามารถล้างผลไม้ด้วยการฉีดน้ำร่วมกับหัวแปรงที่หมุนได้ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กับผลไม้ตระกูลส้ม (Kimball, 1999)

การสกัดน้ำผลไม้ ผลไม้มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มาก น้ำจะเป็นตัวทำละลายสารต่างๆ ได้แก่ วิตามิน น้ำตาล กรด และเกลือต่างๆ เมื่อสกัดน้ำผลไม้ สารเหล่านี้จะถูกสกัดออกมาพร้อมกับสารให้กลิ่นรสที่ละลายอยู่ ผลไม้แต่ละชนิดจะใช้วิธีการสกัดที่แตกต่างกัน ขึ้นกับโครงสร้างและลักษณะของเนื้อเยื่อของผลไม้ชนิดนั้นๆ รวมทั้งลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ การสกัดน้ำผลไม้ประกอบด้วย 2 กระบวนการ ได้แก่ การตีป่น และการคั้น (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2524)

การตีป่น เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของเนื้อเยื่อผลไม้ หลังจากตีป่นจะได้ส่วนที่เป็นของเหลวและเนื้อผลไม้ ซึ่งสารอาหารและสารให้กลิ่นรสจะอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลวเป็นส่วนใหญ่

การตีป่นอาจทำได้โดยใช้เครื่องสับขนาดเล็ก หรือขนาดใหญ่ ที่เรียกว่า hammer mill ซึ่งนิยมใช้กับผลไม้ที่มีเนื้อมาก เช่นสับปะรด แอปเปิล (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2524) Nelson และ Tressler (1980) รายงานว่า การผลิตน้ำแอปเปิลด้วยวิธีนี้ทำให้เมล็ดของแอปเปิลแตก ก่อให้เกิดปัญหาต่อกลิ่นรสของน้ำผลไม้ได้ ในยุโรปจึงนิยมใช้ fixed knife mill ในการผลิตน้ำแอปเปิล อุปกรณ์นี้ประกอบด้วยถังที่หมุนได้ ภายในมี rotor 3 แขนติดตั้งใบมีดที่หมุนด้วยความเร็วสูง ผลแอปเปิลภายในถังจะถูกตัดเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นจะลำเลียงเนื้อแอปเปิลที่ลดขนาดแล้วผ่านตะแกรงเพื่อแยกกากที่ไม่ต้องการออก และจึงนำเนื้อแอปเปิลไปบีบอัดต่อไป

การคั้น มีหลักการคือ ใช้แรงกดทับ หรือใช้แรงกดอัดแบบ hydraulic กับเนื้อผลไม้ตีป่น เพื่อบีบคั้นแยกส่วนที่เป็นของเหลวออกจากส่วนเนื้อผลไม้ตีป่น Woodroof และ Luh (1975) ใช้เครื่อง hydraulic press, pneumatic press, continuous screw-type press, continuous plate press, horizontal basket press และ screening centrifuge ในการคั้นน้ำแอปเปิล สำหรับผลไม้ตระกูลส้ม จะใช้เครื่อง rotary juice press ในการสกัดน้ำ (Nelson and Tressler, 1980)

การสกัดน้ำผลไม้ส่วนใหญ่ทำที่อุณหภูมิห้อง แต่การให้ความร้อนแก่ผลไม้ก่อนการสกัดจะช่วยให้เนื้อผลไม้นิ่มลง สามารถสกัดน้ำออกได้ง่ายขึ้น Tressler และ Joslyn (1971) รายงานว่า การให้ความร้อนแก่ผลองุ่นที่อุณหภูมิ 60-65.5 °C เป็นเวลา 10-15 นาที จะช่วยรักษาสีของน้ำองุ่นและสกัดน้ำองุ่นได้มากขึ้น การลวกมะเขือเทศ ส้ม แอปเปิล ที่อุณหภูมิ 82-85 °C จะทำลาย enzyme pectin methylesterase ที่ทำให้เพคตินตกตะกอนและเกิดการแยกชั้น

นอกจากการตีป่นและคั้นน้ำ ในบางครั้งจะใช้เอนไซม์เพื่อช่วยในการสกัด โดยใช้เอนไซม์ pectinase ย่อยเพคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบในผลไม้ ทำให้ผลไม้นิ่มลง การสกัดของเหลวออกจากเนื้อจึงง่ายขึ้นช่วยเพิ่มผลผลิตได้ Sreekantiah, Jaleel และ Rao (1968) ศึกษาการใช้เอนไซม์ pectinolytic เข้มข้นที่ได้จาก *Aspergillus niger* ปริมาณ 0.2-0.5% (w/w) ในการสกัดน้ำผลไม้จากกล้วย องุ่น แอปเปิล มะม่วง มะละกอ และขนุน โดยบ่มที่อุณหภูมิ 24-25 °C เป็นเวลา 3-8 ชั่วโมง ได้น้ำผลไม้ 87, 91, 80, 92, 85 และ 78% (w/w) ตามลำดับ

การทำให้น้ำผลไม้ใส น้ำผลไม้บางชนิดนิยมบริโภคในลักษณะใส ไม่มีตะกอนหรือความขุ่น เช่น น้ำแอปเปิล และน้ำองุ่น กรรมวิธีทำให้ใสจึงมีบทบาทสำคัญต่อการผลิต ในการพาสเจอไรซ์น้ำผลไม้ ความร้อนจะทำให้สารแขวนลอยต่างๆ ในน้ำผลไม้ตกตะกอน เกิดการแยกชั้นระหว่างส่วนใสและส่วนของตะกอน จึงแยกส่วนใสออกได้ง่ายขึ้น (Barrett et al., 2005)

การกรอง เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการทำให้น้ำผลไม้ใส เป็นการแยกสารแขวนลอยที่มีอนุภาคใหญ่ๆ เช่น เนื้อเยื่อผลไม้ เมล็ด ผิวเปลือก ผ่านตะแกรงซึ่งมีขนาดต่างๆ กัน (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2524)

การใช้เอนไซม์ น้ำผลไม้ที่สกัดแล้วจะมีสารแขวนลอยปะปนมาด้วย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพวกเพคติน ดังนั้นเมื่อเติมเอนไซม์ในกลุ่ม pectic enzymes จะช่วยย่อยเพคตินแล้วทำให้น้ำผลไม้เกิดการแยกชั้นได้ส่วนตะกอนและส่วนใส (Barrett et al., 2005) ในการใช้เอนไซม์นั้นต้องมีการศึกษาสภาวะให้เหมาะสม เอนไซม์ในกลุ่มนี้ทำงานที่อุณหภูมิ 10-40 °C ปริมาณและความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้ขึ้นกับปริมาณเพคตินในน้ำผลไม้ อาจใช้ตั้งแต่ 0.02-0.15% ระยะเวลาที่ทำปฏิกิริยาตั้งแต่ 1-16 ชั่วโมง (Sreekantiah et al., 1968)

การรักษา cloud stability ในน้ำผลไม้ การทำให้น้ำผลไม้ เช่น น้ำส้ม น้ำมะเขือเทศ น้ำแครอท และน้ำเสาวรส มีความขุ่นที่คงตัว เป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากน้ำผลไม้จะเกิดการตกตะกอนแยกชั้นได้ง่าย ซึ่งนอกจากจะให้ลักษณะที่ไม่ชวนบริโภคแล้ว ตะกอนที่แยกออกมายังดูดซับสารให้กลิ่นและรสไว้ได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ (Baker and Bruemmer, 1973) การแยกชั้นของน้ำผลไม้เกิดจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ จากปฏิกิริยาของเอนไซม์ย่อยเพคตินและจากสมบัติทางกายภาพของ cloud ได้แก่ ขนาดและความหนาแน่นของอนุภาค เอนไซม์ย่อยเพคติน โดยเฉพาะ pectin methylesterase จะตัดหมู่ methyl ออกจากโมเลกุลของเพคติน ทำให้เกิดหมู่ carboxyl อิสระ และกรด pectic ซึ่งทำปฏิกิริยากับ divalent ion เช่น calcium ion เกิดเป็น calcium pectate ที่ไม่ละลายน้ำและตกตะกอนลงมาอย่างรวดเร็ว (Baker et al., 1991) การแยกชั้นของน้ำผลไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น โดยปกติอนุภาค colloids มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาโดยอาศัย Brownian movement ที่เกิดจากการเคลื่อนที่แบบสุ่ม ส่งผลให้อนุภาคที่แขวนลอยมีโอกาสเข้ามาใกล้ชิดกันและรวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ได้ โดยเฉพาะถ้ามีแรงดึงดูดอื่นร่วมด้วย เช่น Van der Waals force ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคมากกว่าแรงผลัก อนุภาคจึงรวมตัวกันได้ง่ายขึ้น และเมื่ออนุภาครวมตัวกันใหญ่ขึ้นจะตกตะกอนโดยแรงโน้มถ่วงของโลก นอกจากนี้ถ้าความหนาแน่นของน้ำผลไม้ต่ำกว่าความหนาแน่นของอนุภาคเล็กๆ ที่เกิดจากการรวมตัวกันของอนุภาคที่อยู่ใกล้กัน จะทำให้อนุภาคเหล่านั้นตกลงมาที่ก้นภาชนะ การแยกชั้นของน้ำผลไม้จึงเกิดเพิ่มขึ้น (Genovese and Lozano, 2000)

การรักษา cloud stability ในน้ำผลไม้ทำได้หลายวิธี ได้แก่ การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยเพคติน การเติมสารให้ความคงตัวในน้ำผลไม้ และการใช้วิธีทางกล การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยเพคติน ทำได้โดยการให้ความร้อนแก่น้ำผลไม้ Versteeg และคณะ (1980) รายงานว่า การให้ความร้อนแก่น้ำส้มที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 23 วินาที สามารถลด

activity ของเอนไซม์ pectin methylesterase ลงเหลือเพียง 10% ในขณะที่การเพิ่มเวลาการให้ความร้อนเป็น 1 นาที activity ของเอนไซม์ลดลงน้อยกว่า 5% ของ activity เริ่มต้น Padival, Rangana และ Manjrekar (1980) พบว่า การใช้ low methoxyl pectin ปริมาณ 0.05-0.1% (w/v) และเกลือแคลเซียม 2-6 mg/100ml ในการรักษา cloud stability ในน้ำส้มคั้นนั้น ทำให้น้ำส้มมีความหนืดมากขึ้น สารต่างๆ ที่ละลายในน้ำส้มและเนื้อเยื่อเล็กๆ จึงสามารถลอยตัวอยู่ในน้ำส้มได้ Yen และ Song (1998) กล่าวว่า สารให้ความคงตัวในน้ำผลไม้ เช่น น้ำฝรั่ง นั้น มักเป็นกัมและ เพคตินชนิดต่างๆ โดยสารเหล่านี้จะช่วยเพิ่มความหนืดและการเชื่อมอนุภาคที่กระจายตัวในผลิตภัณฑ์ไว้ด้วยกัน Goodner, Braddock และ Parish (1998) พบว่า การใช้ความดันสูงเป็นอีกวิธีหนึ่งในการยับยั้งเอนไซม์ในน้ำผลไม้ การใช้ความดัน 700 Mpa เป็นเวลา 1 นาที สามารถรักษา cloud stability ของน้ำส้มได้ถึง 90 วัน ส่วนการโฮโมจิไนซ์นั้นมีผลในการลดขนาดอนุภาคสารแขวนลอย นอกจากนี้ยังทำให้พื้นที่ผิวของอนุภาคเพิ่มขึ้น ทำให้เพคตินสามารถเกาะอยู่ที่ผิวอนุภาคได้มากขึ้น อนุภาคแขวนลอยจับกับน้ำได้เพิ่มขึ้น ความคงตัวของน้ำผลไม้จึงเพิ่มขึ้นด้วย

การไล่อากาศ เนื่องจากอากาศที่ละลายอยู่ในน้ำผลไม้ เป็นตัวการที่ทำให้สีและกลิ่นของน้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ วิตามินซี น้ำมันหอมระเหย และสีที่มีในน้ำผลไม้ เช่น lycopenes และ carotenoids ผลของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สารประกอบต่างๆ ลดลงในช่วงการเก็บ เกิดกลิ่นแปลกปลอม และสีซีดจาง (Potter, 1978) ในการเก็บผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพเปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุดในระยะเวลาที่พอเหมาะ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำจัดปริมาณอากาศในน้ำผลไม้ให้มีอยู่น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในอุตสาหกรรมมักใช้เครื่องมือที่เรียกว่า deaerator ซึ่งทำงานเป็นระบบต่อเนื่องในสภาวะสุญญากาศ และใช้ความร้อนต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการไล่อากาศออกแล้ว จะถูกส่งไปยังเครื่องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนทันที นอกจากนี้หากจะไล่อากาศออกก่อนการบรรจุ ก็สามารถทำได้โดยการแทนที่อากาศในน้ำผลไม้ด้วย inert gas หรือใช้กระบวนการ vacuum degassing (Engelbrecht, 1991)

การถนอมรักษาน้ำผลไม้ การเสื่อมเสียของน้ำผลไม้ส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี ชีวเคมี และจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ จึงต้องมีวิธีการเก็บถนอมที่ถูกต้อง และเหมาะสมกับน้ำผลไม้แต่ละชนิด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และมีอายุการเก็บตามที่ต้องการ วิธีการถนอมรักษาน้ำผลไม้อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่ การให้ความร้อน การเก็บที่อุณหภูมิต่ำ การทำให้เข้มข้น การใช้สารกันบูด และการใช้น้ำตาลเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้

การให้ความร้อนแก่น้ำผลไม้ ทำเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ กระบวนการที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ การพาสเจอไรซ์ ซึ่งเป็นการให้ความร้อนระดับปานกลาง เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค แต่ไม่มากพอที่จะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดได้ มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด (2538) รายงานว่า ในการพาสเจอไรซ์น้ำผลไม้ต้องใช้อุณหภูมิและเวลาที่เพียงพอในการทำลายจุลินทรีย์ เช่น อุณหภูมิ 60-65 °C เวลา 2-3 นาที เพียงพอต่อการทำลายยีสต์ อุณหภูมิ 71-75 °C เวลา 4-5 นาที เพียงพอต่อการทำลาย lactic acid bacteria ยีสต์ และเซลล์ของเชื้อรา ส่วนอุณหภูมิ 80 °C เวลา 20 นาที เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของเชื้อราแต่ไม่พอสำหรับทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย แต่เนื่องจากน้ำผลไม้มีสภาพเป็นกรด สปอร์ของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อร่างกายไม่สามารถเจริญได้ โดยทั่วไปจึงพาสเจอไรซ์น้ำผลไม้ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 20 นาที แต่ถ้าน้ำผลไม้มีความเป็นกรดสูง (pH < 3.7) ใช้อุณหภูมิ 72-75 °C เป็นเวลา 3-5 นาที ก็เพียงพอต่อการทำลายเซลล์จุลินทรีย์ และหลังจากการพาสเจอไรซ์ต้องเก็บน้ำผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำ คืออุณหภูมิแช่เย็น หรืออุณหภูมิแช่แข็ง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิต่ำถ้าผลิตภัณฑ์ไม่สัมผัสกับอากาศอายุการเก็บจะยาวขึ้น

การเก็บที่อุณหภูมิต่ำระดับแช่แข็ง จะทำให้น้ำแข็งตัว ทำให้ปฏิกิริยาการเสื่อมเสียที่อาศัยน้ำเป็นสื่อกลางลดลง นอกจากนี้ที่อุณหภูมิต่ำยังทำให้ปฏิกิริยาทางเคมี ชีวเคมี และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ลดลงด้วย Nelson และ Tressler (1980) กล่าวว่า การเก็บน้ำเสาวรสที่อุณหภูมิ –12 ถึง -18 °C นาน 2 ปี จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสี กลิ่น และรส

การทำน้ำผลไม้ให้เข้มข้นจนมีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมากกว่า 45 °Brix จะช่วยรักษา cloud stability และกลิ่นรสของน้ำผลไม้ขณะเก็บได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดภาชนะบรรจุ ประหยัดค่าขนส่งและการเก็บรักษาด้วย การทำน้ำผลไม้ให้เข้มข้นมีหลายวิธี ได้แก่ การทำให้เข้มข้นโดยการแช่แข็ง การระเหยในสุญญากาศ และการใช้ reverse osmosis (Woodroof และ Luh, 1975)

การใช้วัตถุกันเสียในน้ำผลไม้ เป็นวิธีที่นิยมใช้มากเช่นกัน สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ กรด benzoic เกลือ benzoate กรด sorbic และ sulfur dioxide การเลือกชนิดของสารเคมีขึ้นกับค่าความเป็นกรดของน้ำผลไม้ และชนิดของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในน้ำผลไม้ ส่วนปริมาณที่ใช้ขึ้นกับกฎหมายอาหารและมาตรฐานอุตสาหกรรมอาหารของแต่ละประเทศ (Ashurst, 2005) Tressler และ Joslyn (1971) รายงานว่า กรด benzoic และเกลือ benzoate ใช้ได้ดีกับน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง โดยเกลือ benzoate จะละลายน้ำได้ดีกว่า และสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์ได้ดีกว่ารา

การถนอมรักษาน้ำผลไม้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาล ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ โดยทั่วไปจะต้องเติมน้ำตาลประมาณ 65-75% โดยน้ำหนัก ลงในน้ำผลไม้ ซึ่งจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากเกิด high osmotic pressure โดยไม่จำเป็นต้องใช้การถนอมด้วยวิธีอื่นร่วมด้วย Pruthi และ Gridhari (1955) รายงานว่า เมื่อเติมน้ำตาลลงในน้ำเสาวรสจนมีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 50 °Brix แล้วพาสเจอไรซ์ สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นาน 1 ปี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- เสาวรสพันธุ์ผลสีเหลือง (*Passiflora edulis,* var*. flavicarpa*) ได้ติดต่อซื้อจากกลุ่มเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์ (เก็บเกี่ยวในเดือน ก.ค.-ส.ค. พ.ศ.2550) ในสภาพผลแก่เต็มที่ มีดัชนีการเก็บเกี่ยว 70-80 วัน หลังจากดอกบาน ขนาดน้ำหนัก 110–150 กรัม/ผล หลังการเก็บเกี่ยวจะบรรจุผลเสาวรสใส่ลังพลาสติกแล้วขนส่งโดยรถกระบะมายังตลาดวังหิน กรุงเทพมหานคร เมื่อมาถึงตลาดจะแบ่งบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PE ถุงละประมาณ 10 กก. ราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 25-30 บาท หลังจากได้มาจะล้างน้ำสะอาด เช็ดให้แห้งแล้วเก็บในตะกร้าพลาสติก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 วัน จนกระทั่งผลสุกเต็มที่ โดยพิจารณาระดับการสุกจากผิวของเสาวรส ผลที่ยังสุกไม่เต็มที่ผิวจะสากและมีสีเหลืองปนเขียว ส่วนผลสุกเต็มที่จะมีผิวเรียบมันและมีสีเหลืองทั่วทั้งผล จากนั้นผ่าครึ่งผลเสาวรสตามขวาง ตักส่วน embryo sac ออกจากเปลือกไปปั่นในเครื่องปั่นเพื่อให้เยื่อหุ้มเมล็ดฉีกขาดแต่เมล็ดยังไม่แตก กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกรกและเมล็ดออก เก็บน้ำเสาวรสที่ได้ในถุงพลาสติกชนิด HDPE ถุงละ 500 ml ใช้ยางรัดให้แน่นแล้วเก็บที่อุณหภูมิ -18 ºC เพื่อใช้ตลอดการทดลอง
- น้ำตาลทรายขาว บริษัท มิตรผล จำกัด
- เวย์โปรตีนเข้มข้น ตรา Euial Poitouraine มีองค์ประกอบคือ โปรตีน 35% ไขมัน 1.5% แลกโทส 51.5 $\pm$ 2% ความชื้น 5% เถ้า 7%, pH 6.9 $\pm$ 0.2, solubility > 99% ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า WPC35 ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เอ็มซีฟู้ดส์ จำกัด
- low methoxyl pectin (Grindsted® Pectin AMD 481), xanthan gum (Keltrol® F), guar gum powder (RAMCOL F-11) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เบอร์ลี่ยุคเกอร์ จำกัด (มหาชน)

3.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- phenolphthalein (A.R.)

- ethyl alchohol (A.R.)
- sodium hydroxide (A.R.)
- potassium hydrogen phthalate (A.R.)
- oxalic acid (A.R.)
- boric acid (A.R.)
- hydrochloric acid (A.R.)
- sulfuric acid (A.R.)
- selenium reagent mixture (A.R.)
- methyl red indicator (A.R.)
- 2,6-dichloroindophenol (A.R.)

สารเคมีที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

- potato dextrose agar (PDA)
- plate count agar (PCA)
- tartaric acid ($C_4H_6O_6$) (A.R.)
- peptone from meat

3.3 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

- ผ้าขาวบางชนิดตาละเอียด
- ตู้แช่เยือกแข็งแบบนอน (Sanyo, SF-C95) อุณหภูมิ –18 $\pm$ 1 °C
- ตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 - 8 °C (Toshiba)
- นาฬิกาจับเวลา (ALBA)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BA 4100)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, A 200S)
- ถุงพลาสติก HDPE ตรา P.E. ขนาด 6x9 นิ้ว ความหนา 0.05 มิลลิเมตร จากตลาดสามย่าน
- เทอร์โมมิเตอร์ (วัดได้ 0 – 100 °C)
- ขวดแก้วใสปริมาตร 725 มิลลิลิตร ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางปากขวด 2.5 cm, ก้นขวด 7 cm พร้อมฝาปิด ชนิด twist-off cap ที่ทำจาก TFS (Tin free steel plate) ลามิเนตด้วย PET (Polyethylene terephthalate)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

- เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Kanon, LSM-150)
- Spectrophotometer (Milton Roy, Spectronic 610)
- Brookfield viscometer (model RV II, หัวเข็มเบอร์ 1)
- เครื่องวัดสี (Minolta Chromameter, CR 300)
- Hand refractometer (Atago No.1, Brix 0 - 32%)
- pH meter (Hanna Instruments, 8471)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BA 4100)
- Basket centrifuge (model Verified F)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Kjeldatherm and Vapodest I, Gerhardt, KT85)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BA 4100)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, A 200S)
- ตู้อบลมร้อน (WTB Binder, E-53)
- Spectrophotometer (Milton Roy, Spectronic 610)
- Vortex mixture (Super Mixer, Cat, No.1291)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

- Petrifilm E. coli/Coliform Count Plate (3M)
- autoclave (Tomy, SS-320)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, A 200S)
- ตู้อบลมร้อน (WTB Binder, E-53)
- Water bath
- Incubator (Memmert, B301)
- Vortex mixture (Super Mixer, Cat, NO.1291)
- ตู้ถ่ายเชื้อ (ISSCO, BUT-123)

3.4 วิธีวิเคราะห์และประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์

วิธีวัดทางกายภาพ

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Minolta Chromameter รายงานผลเป็นค่า L*, a* และ b*

  L* แทนค่าความสว่าง

a* แทนค่าสี โดย (+) แทนค่าสีแดง

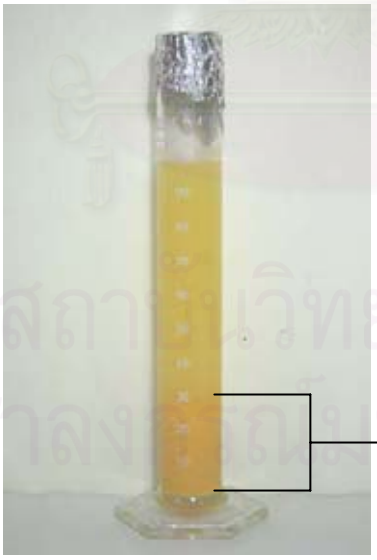
(-) แทนค่าสีเขียว

b* แทนค่าสี โดย (+) แทนค่าสีเหลือง

(-) แทนค่าสีน้ำเงิน

รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก1

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS) ด้วย hand refractometer (อุณหภูมิตัวอย่าง 20 °C)
- ค่า pH ด้วย pH-meter
- ค่าความหนืด ด้วย Brookfield viscometer ความเร็วรอบ 100 rpm (อุณหภูมิตัวอย่าง 20 °C)
- ค่า cloud stability ดัดแปลงจากวิธีของ Okoth, Kaahwa และ Imungi (2000) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก2
- ปริมาตรสารแขวนลอย โดยเก็บตัวอย่างปริมาตร 100 ml ในกระบอกตวงที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 100 ml ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์และเก็บที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะเกิดการแยกชั้นระหว่างสารละลายส่วนที่ใสกว่า (อยู่บน) และส่วนที่ขุ่นกว่า (ส่วนล่าง) ซึ่งมีสารแขวนลอยอยู่หนาแน่น อ่านปริมาตรจากส่วนขุ่น



รูปที่ 3.1 ปริมาตรสารแขวนลอยจากส่วนขุ่นในน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

- ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูป citric acid) ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. (1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข1
- ปริมาณวิตามินซี โดยใช้ spectroscopic method (Pearson, 1976) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข2
- ปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข3
- ชนิดและปริมาณ amino acids ด้วย HPLC โดยส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

วิธีตรวจสอบทางจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยใช้วิธี standard plate count method (Harrigan และ McCance (1976)) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค1
- ปริมาณยีสต์และรา โดยใช้วิธี yeast and mold plate count method (Harrigan และ McCance (1976)) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค2
- ปริมาณ coliform โดยใช้ Petrifilm E.coli/Coliform Count Plate ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค3

วิธีประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คัดเลือกกลุ่มผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน (semi-trained) จำนวน 10-12 คน โดยใช้การทดสอบแบบ triangle test (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ1) จากผู้ทดสอบที่คุ้นเคยและชอบบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ และสร้างความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น โดยการระดมความคิดและประชุมกลุ่ม เพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกันเกี่ยวกับลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่จะทดสอบ รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง

ใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale เพื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยประเมินในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม (Larmond, 1982) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ2 เมื่อศึกษาหาสูตรเบื้องต้น การรักษา cloud stability สภาวะที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ใช้การทดสอบแบบ descriptive analysis with scaling ประเมินในด้านความเข้มสีเหลือง ความข่น รสเปรี้ยว รสหวาน กลิ่นรสเสาวรส กลิ่นรสเวย์ และ mouthfeel (Larmond, 1982) เพื่อบอกลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สูตรเบื้องต้นในด้านต่างๆ รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ3

ใช้การทดสอบแบบ descriptive analysis with scaling ประเมินในด้านความเข้มสีเหลือง ความขุ่น รสเปรี้ยว รสหวาน กลิ่นรสเสาวรส กลิ่นรสเวย์ กลิ่นรสแปลกปลอม mouthfeel ความหนืด และความชอบโดยรวม (Larmond, 1982) เพื่อบอกลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ low methoxyl pectin เป็นสารให้ความคงตัวในปริมาณที่ต่างกัน รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ4

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบต่างๆ นั้น จะเสิร์ฟตัวอย่างครั้งละไม่เกิน 4 ตัวอย่าง โดยมีปริมาตรประมาณ 30 ml อุณหภูมิของตัวอย่างขณะทดสอบประมาณ 5-8 °C ใช้รหัสกำกับตัวอย่างเป็นตัวเลขสุ่ม 3 หลัก และในการทดสอบแต่ละตัวอย่างจะเสิร์ฟขนมปังกรอบและน้ำเปล่าแทรก เพื่อช่วยกำจัดกลิ่นรสและ mouthfeel ที่อาจหลงเหลืออยู่ของตัวอย่างก่อนหน้านี้

3.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.5.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลเสาวรส และสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำเสาวรส

สุ่มผลเสาวรสที่สุกเต็มที่มาชั่งน้ำหนักและวัดเส้นผ่านศูนย์กลางต่อผล จากนั้นนำผลเสาวรสมาผ่าครึ่งตามขวาง ตักส่วน embryo sac ออกจากเปลือกไปปั่นในเครื่องปั่นเพื่อให้เยื่อหุ้มเมล็ดฉีกขาด กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกรกและเมล็ดออก คำนวณ % โดยน้ำหนักของเปลือก รกปนเมล็ด และน้ำเสาวรส นำน้ำเสาวรสที่ได้ไปศึกษาหาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ดังนี้

- ค่าสี (L*, a*, b*)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS)
- ค่า pH
- ปริมาณกรด (ในรูป citric acid)
- ปริมาณวิตามินซี

3.5.2 ศึกษาสูตรเบื้องต้นในการผลิตน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำเสาวรส และ WPC35 โดยแปรปริมาณน้ำเสาวรส 2 ระดับ คือ 20 และ 25% (v/v) แปรปริมาณ WPC35 3 ระดับ คือ 4, 6 และ 8% (w/v)

ขั้นตอนในการเตรียมน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เป็นดังนี้

การเตรียมวัตถุดิบ

- ละลาย WPC35 ในน้ำต้มสุกอุณหภูมิ 50 °C (อัตราส่วน 1:10) แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อให้ WPC35 ละลายอย่างสมบูรณ์ ซึ่งสังเกตได้จากการที่ไม่มีอนุภาคเม็ดเล็กๆ เกาะอยู่ข้างภาชนะที่ใช้เตรียมสาร
- เตรียมน้ำเชื่อม โดยชั่งน้ำตาลทราย 10% โดยน้ำหนักของเครื่องดื่ม ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 ต้มให้เดือดแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง
- ละลายน้ำเสาวรสแช่แข็งแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อแยกอนุภาคขนาดใหญ่ที่รวมตัวกันขณะแช่แข็ง

↓

ผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดให้เข้ากันภายใต้สภาวะที่ถูกสุขลักษณะ โดยผสมสารละลาย WPC 35 กับน้ำเชื่อมก่อน แล้วค่อยๆ เทน้ำเสาวรสลงไปพร้อมกับกวนตลอดเวลา เพื่อให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ

↓

ปรับปริมาตรด้วยน้ำต้มสุกให้ครบ 100% (v/v)

↓

บรรจุตัวอย่าง 700 ml ลงในขวดแก้วใส 725 ml ที่ล้างสะอาด ต้มในน้ำเดือด และผึ่งแห้ง โดยบรรจุให้เหลือ headspace ประมาณ 1 นิ้ว

↓

ปิดฝาที่ผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด

↓

เก็บที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 1 วัน

- ประเมินสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ดังนี้
  - ค่าสี (L*, a*, b*)
  - ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS)
  - ค่า pH
  - ความหนืด
  - ค่า cloud stability
  - ปริมาตรสารแขวนลอย

- ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูป citric acid)
- ปริมาณวิตามินซี
- ปริมาณโปรตีน

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Experiment with Completely Randomized Design (CRD) ขนาด 2 x 3 ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) (Cochran และ Cox, 1992)

- ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม ใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน จากนั้นใช้แบบทดสอบ descriptive analysis with scaling ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความเข้มสีเหลือง ความขุ่น รสเปรี้ยว รสหวาน กลิ่นรสเสาวรส กลิ่นรสเวย์ และ mouthfeel ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 10 คน

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Experiment with Randomized Complete Block Design (RCBD) ขนาด 2 x 3 ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMRT (Cochran และ Cox, 1992)

เลือกตัวอย่างน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นสูตรที่มีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ดีที่สุด และมีสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ดี เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.5.3 ศึกษาวิธีรักษา cloud stability ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

ศึกษาหาชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว โดยแปร low methoxyl pectin (LMP) ปริมาณ 0.1, 0.3 และ 0.5% (w/v), xanthan gum (XG) ปริมาณ 0.03, 0.06 และ 0.09 % (w/v) และ guar gum (GG) ปริมาณ 0.05, 0.10 และ 0.15% (w/v)

ขั้นตอนในการเตรียมน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เป็นดังนี้

การเตรียมวัตถุดิบ

- ละลาย WPC35 ในน้ำต้มสุกอุณหภูมิ 50 °C (อัตราส่วน 1:10) แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อให้ WPC35 ละลายอย่างสมบูรณ์

- ชั่งน้ำตาลทราย 10% โดยน้ำหนักของเครื่องดื่ม แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกใช้ในการเตรียมสารละลายสารให้ความคงตัว โดยผสมสารให้ความคงตัวกับน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:10 ละลายในน้ำอุณหภูมิ 60 °C กวนตลอดเวลาจนกระทั่งสารละลายใส ซึ่งแสดงว่าสารทั้ง 2 ละลายหมด จากนั้นทิ้งไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 1 คืน เพื่อให้ละลายอย่างสมบูรณ์ ซึ่งสารละลายจะใสไม่มีอนุภาคของสารแขวนลอย
- เตรียมน้ำเชื่อม โดยผสมน้ำตาลทรายส่วนที่เหลือกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 ต้มให้เดือด แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง
- ละลายน้ำเสาวรสแช่แข็งแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อแยกอนุภาคขนาดใหญ่ที่รวมตัวกันขณะแช่แข็ง

↓

ผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดให้เข้ากันภายใต้สภาวะที่ถูกสุขลักษณะ โดยผสมสารละลาย WPC 35 กับสารให้ความคงตัวและน้ำเชื่อมก่อน แล้วค่อยๆ เทน้ำเสาวรสลงไปพร้อมกับกวนตลอดเวลาเพื่อให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ

↓

ปรับปริมาตรด้วยน้ำต้มสุกให้ครบ 100% (v/v)

↓

บรรจุตัวอย่าง 700 ml ลงในขวดแก้วใส 725 ml ที่ล้างสะอาด ต้มในน้ำเดือด และผึ่งแห้ง โดยบรรจุให้เหลือ headspace ประมาณ 1 นิ้ว

↓

ปิดฝาที่ผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด

↓

ให้ความร้อนทั้งบรรจุภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 72 °C เป็นเวลา 15 วินาที

↓

ทำให้เย็นด้วยน้ำประปาที่ไหลตลอดเวลา

↓

เก็บที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 1 วัน

- ประเมินสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ดังในข้อ 3.5.2

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMNRT (Cochran และ Cox, 1992)

- ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน

วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMRT (Cochran และ Cox, 1992)

เลือกตัวอย่างน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นสูตรที่มี cloud stability ที่ดี และมีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ สูงสุด เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

สูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองข้างต้น คือ สูตรที่ใช้ low methoxyl pectin ปริมาณ 0.3 และ 0.5% (w/v) ดังนั้นจึงหาปริมาณที่เหมาะสมอีกครั้ง โดยแปรปริมาณ low methoxyl pectin เป็น 0.4, 0.5 และ 0.6% (w/v) แล้วประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความเข้มสีเหลือง ความขุ่น รสเปรี้ยว รสหวาน กลิ่นรสเสาวรส กลิ่นรสเวย์ กลิ่นรสแปลกปลอม mouthfeel ความหนืด และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบ descriptive analysis with scaling ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 10 คน

วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMRT (Cochran และ Cox, 1992)

เลือกตัวอย่างน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นสูตรที่มีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ดีที่สุด และมีสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ดี เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.5.4 **ศึกษาหาสภาวะที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น**

พาสเจอไรซ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ด้วยวิธีพาสเจอไรซ์ทั้งบรรจุภัณฑ์ โดยการแปรอุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 70, 75, 80 และ 85 °C และแปรเวลาเป็น 3 และ 5 นาที

ขั้นตอนในการพาสเจอไรซ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เป็นดังนี้

บรรจุน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น 700 ml ลงในขวดแก้ว 725 ml
ที่ล้างสะอาด ต้มในน้ำเดือด และผึ่งให้แห้ง โดยบรรจุให้เหลือ headspace ประมาณ 1 นิ้ว

↓

ปิดฝาที่ผ่านการลวกด้วยน้ำเดือด

↓

ให้ความร้อนตามสภาวะที่กำหนด โดยพาสเจอไรซ์ตัวอย่างทั้งบรรจุภัณฑ์ในหม้อน้ำร้อนขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถพาสเจอไรซ์ได้ครั้งละ 10 ขวด และในการพาสเจอไรซ์แต่ละครั้ง จะใส่เทอร์โมมิเตอร์ในขวดตัวแทน 3 ขวด เพื่อวัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางขวด

↓

เมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนตามสภาวะที่กำหนดแล้ว ทำให้เย็นด้วยน้ำประปาที่ไหลตลอดเวลา

↓

เก็บที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 1 วัน

- ประเมินสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ดังในข้อ 3.5.2 (ยกเว้นความหนืดและปริมาณโปรตีน) จากนั้นตรวจสอบหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Experiment with CRD ขนาด 4 x 2 ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเฉพาะสมบัติทางกายภาพและเคมี โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMNRT (Cochran และ Cox, 1992)

- ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Experiment with RCBD ขนาด 4 x 2 ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMRT (Cochran และ Cox, 1992)

เลือกตัวอย่างน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่มีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ สูงสุด และมีสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ดี เพื่อใช้ในการศึกษาหาอายุการเก็บซึ่งเป็นงานทดลองขั้นสุดท้าย

3.5.5 ศึกษาหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

เก็บผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่เลือกจากข้อ 3.5.4 ที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ระหว่างการเก็บสุ่มตัวอย่างทุกสัปดาห์ ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- ประเมินสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ดังในข้อ 3.5.4

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเฉพาะสมบัติทางกายภาพและเคมี โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 11.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMRT (Cochran และ Cox, 1992)

- ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบชนิด 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน

วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMRT (Cochran และ Cox, 1992)

3.5.6 ศึกษาหาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

- คำนวณค่าพลังงานที่ได้จากผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยบริโภค (200 ml) (กระทรวงสาธารณสุข, 2541)
- หาชนิดและปริมาณ amino acids ในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ ด้วย HPLC

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลเสาวรส และสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำเสาวรส

เนื่องจากเสาวรสพันธุ์ผลสีเหลือง (*Passiflora edulis,* var *flavicarpa*) เป็นพันธุ์ที่ปลูกแพร่หลายที่สุดในประเทศไทย (ธงชัย เนมขุนทด, 2531) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เสาวรสพันธุ์นี้เป็นวัตถุดิบ โดยใช้ผลสุกเต็มที่ ซึ่งสังเกตได้จากลักษณะทางกายภาพ คือ ผิวเปลือกเรียบมันมีสีเหลืองทั่วทั้งผล จากตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงสมบัติทางกายภาพของผลเสาวรส พบว่า มีน้ำหนักเฉลี่ย 121.51 g เส้นผ่านศูนย์กลาง 6.15 cm ประกอบด้วยส่วนเปลือก รกปนเมล็ด และน้ำเสาวรส 48.82, 23.84 และ 28.48% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับการทดลองของ จารุตม์ บรรเจิดประยูร (2532) ซึ่งรายงานว่า ผลเสาวรสมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm ประกอบด้วยส่วนเปลือก รกปนเมล็ด และน้ำเสาวรส 50.8, 23.8 และ 25.4% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบของผลเสาวรส

สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย[1] $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สมบัติทางกายภาพ	
น้ำหนัก (g)	121.51 $\pm$ 6.32
เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	6.15 $\pm$ 0.19
องค์ประกอบ (% โดยน้ำหนัก)	
เปลือก	48.82 $\pm$ 1.52
รกปนเมล็ด (pulpy seed)	23.84 $\pm$ 1.28
น้ำเสาวรส	28.48 $\pm$ 0.95

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

เมื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของน้ำเสาวรส ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำเสาวรส

สมบัติทางกายภาพและเคมี	ค่าเฉลี่ย[1] ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่าสี	
ความสว่าง (L*)	45.28 ± 0.04
สีแดง (a*)	-4.28 ± 0.03
สีเหลือง (b*)	+20.87 ± 0.08
TSS (^{o}Brix)	13.47 ± 0.12
pH	2.72 ± 0.01
ปริมาณกรด (titratable acidity ในรูป citric acid;%)	6.42 ± 0.15
ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)	13.80 ± 1.51

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากการทดลอง พบว่า น้ำเสาวรส มีค่าสี L*, a*, b* เท่ากับ 45.28, -4.28 และ +20.87 ตามลำดับ TSS เท่ากับ 13.47 ^{o}Brix, pH 2.72, ปริมาณกรด (ในรูป citric acid) 6.42% และปริมาณวิตามินซี 13.80 mg/100ml Nelson และ Tressler (1980) รายงานว่า น้ำเสาวรสมีสีส้มเหลือง ซึ่งเกิดจากรงควัตถุ เช่น xanthophylls, β-carotene และ phytofluene เป็นส่วนใหญ่ และการที่น้ำเสาวรสมี pH ต่ำ และมีปริมาณกรดสูงจึงเป็นผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวจัด TSS เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่วนใหญ่พบในรูปของน้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโทส และซูโครส และในรูปของกรดอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดซิตริก รองลงมา คือ กรดมาลิก (Vera et al., 2003) Landgraf (1978) ได้รายงานว่า น้ำเสาวรสจะมีองค์ประกอบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สายพันธุ์ สภาพภูมิอากาศ สภาพดิน ความสุกของผล นอกจากนี้ฤดูกาลยังมีผลต่อองค์ประกอบของน้ำเสาวรสอีกด้วย โดยน้ำเสาวรสที่ผลิตในช่วงฤดูฝนจะมี TSS ต่ำกว่า แต่มีความเป็นกรดสูงกว่าน้ำเสาวรสที่ผลิตในฤดูแล้ง ในการทดลองใช้ผลเสาวรสที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝน (เดือน ก.ค. – ส.ค.) จึงมี TSS ค่อนข้างต่ำ (13.47 ^{o}Brix) ซึ่งโดยทั่วไปน้ำเสาวรสจะมี TSS ประมาณ 15.8 – 16.5 ^{o}Brix (Lipitoa และ Robertson, 1977 ; ประเสริฐ สายสิทธ์, 2531)

4.2 การศึกษาสูตรเบื้องต้นในการผลิตน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

4.2.1 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำเสาวรส และ WPC35

จากการทดลองเบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ในการแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35 ที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ใช้น้ำเสาวรสเป็นส่วนผสมได้ไม่เกิน 25% (v/v) เนื่องจากมีรสเปรี้ยวจัดซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ ส่วน WPC35 มีกลิ่นรสเวย์ และรสเค็มเป็นข้อจำกัด และเนื่องจาก WPC35 ที่ใช้มีลักษณะเป็นผง ประกอบด้วยโปรตีน 35% และแลกโทส 51.5% เมื่อใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์จะไปเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอย่างมาก ซึ่งโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้พร้อมดื่มจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ในช่วง 12-20 °Brix (อมร ภูมิรัตน, 2523) ดังนั้นจึงใช้ WPC35 เป็นส่วนผสมได้ไม่เกิน 8% (w/v) จากข้อมูลดังกล่าวจึงนำมากำหนดเป็นสูตรที่มีปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35 ต่างกัน 6 สูตร ตามข้อ 3.5.2 จากนั้นนำส่วนผสมแต่ละสูตรมาผ่านขั้นตอนการเตรียมน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

4.2.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

ค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นทั้ง 6 สูตร ที่วัดโดย Chromameter ในระบบ L*, a*, b* ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรส และ WPC35

น้ำเสาวรส (%)	WPC35 (%)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L*	a*	b*
20	4	$59.30^{d} \pm 0.01$	$-8.92^{e} \pm 0.02$	$+20.48^{e} \pm 0.03$
20	6	$63.47^{c} \pm 0.01$	$-8.93^{e} \pm 0.02$	$+20.81^{de} \pm 0.02$
20	8	$65.87^{a} \pm 0.01$	$-8.79^{d} \pm 0.03$	$+21.36^{c} \pm 0.01$
25	4	$58.91^{d} \pm 0.09$	$-8.42^{a} \pm 0.01$	$+21.16^{cd} \pm 0.09$
25	6	$63.00^{c} \pm 0.07$	$-8.66^{c} \pm 0.01$	$+22.40^{b} \pm 0.03$
25	8	$65.01^{b} \pm 0.19$	$-8.58^{b} \pm 0.04$	$+23.37^{a} \pm 0.03$

a, b, c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นทุกสูตรมีสีเหลืองส้ม ปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35 มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า L*, a* และ b* อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้ปริมาณน้ำเสาวรส 20% และ WPC35 8% ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L* สูงที่สุด เท่ากับ 65.87 เมื่อใช้ปริมาณน้ำเสาวรส 25% และ WPC35 4% ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a* สูงที่สุด เท่ากับ -8.42 และเมื่อใช้ปริมาณน้ำเสาวรส 25% และ WPC35 8% ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า b* สูงที่สุด เท่ากับ +23.37 การเพิ่มปริมาณน้ำเสาวรสในสูตรทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองส้มมากขึ้น เนื่องจากน้ำเสาวรสประกอบด้วยรงควัตถุ เช่น β-carotene เป็นจำนวนมากจึงทำให้ค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มปริมาณ WPC35 นั้นทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากสารละลายเวย์โปรตีนมีสีขาวขุ่น ลักษณะอนุภาคเป็นคอลลอยด์ที่กระจายอยู่ในสารละลาย ทำให้เกิดการสะท้อนแสง จึงให้ความสว่างแก่ผลิตภัณฑ์ (Graham, 1977)

การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด, ค่า pH, ความหนืด, ค่า cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอย ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า ปริมาณน้ำเสาวรส และ WPC35 มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า TSS, pH และปริมาตรสารแขวนลอยอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในการพิจารณาปริมาตรสารแขวนลอยนั้น ถ้าค่าปริมาตรสารแขวนลอยจากส่วนขุ่นที่อ่านได้มีค่ามาก แสดงว่า อนุภาคต่างๆ ที่มีขนาดเล็กสามารถแขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ดี ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าค่าที่อ่านได้มีค่าน้อย แสดงว่าอนุภาคสารแขวนลอยตกตะกอนลงมาอยู่ที่ก้นภาชนะบรรจุ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ไม่ชวนดื่ม เมื่อใช้ปริมาณน้ำเสาวรส 25% และ WPC35 8% ผลิตภัณฑ์มีค่า TSS สูงที่สุด เท่ากับ 19.50 $^{\circ}$Brix และเมื่อใช้ปริมาณน้ำเสาวรส 20% และ WPC35 8% ผลิตภัณฑ์มีค่า pH และปริมาตรสารแขวนลอยสูงที่สุด เท่ากับ 3.99 และ 75.33% ตามลำดับ

การเพิ่มปริมาณน้ำเสาวรสลงไปในสูตร ทำให้ TSS เพิ่มขึ้น ส่วน pH และปริมาตรสารแขวนลอยในผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากน้ำเสาวรสประกอบด้วยกรดอินทรีย์จำนวนมากที่ช่วยเพิ่มความเป็นกรดและลด pH และยังมีน้ำตาลชนิดต่างๆ (Vera et al., 2003) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ช่วยเพิ่ม TSS ของผลิตภัณฑ์ เมื่อ pH ของผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้เวย์โปรตีนในเครื่องดื่มเสียสภาพมากขึ้น ความสามารถในการละลายจึงลดลงด้วย อนุภาคที่ไม่ละลายน้ำจะรวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่แล้วตกตะกอนลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก (Fachin and Viotto, 2005) นอกจากนี้เมื่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์มี pH ในช่วง 3.40–3.99 ซึ่งต่ำกว่าค่า pI ของเวย์โปรตีน (pI เท่ากับ 4.5) ทำให้เวย์โปรตีนมีประจุบวก จึงรวมตัวกับเพคตินที่มีประจุลบในน้ำเสาวรส เกิดเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นแล้วตกตะกอนลงมา (USDEC, 2004) เมื่อเกิดการตกตะกอน

ตารางที่ 4.4 ค่า TSS pH ความหนืด cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35

น้ำเสาวรส (%)	WPC35 (%)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
		TSS (^{o}Brix)	pH	ความหนืด (cPs)	cloud stability	ปริมาตรสารแขวนลอย (%)
20	4	16.03^{c} ± 0.06	3.52^{c} ± 0.02	28.97 ± 0.87	0.87 ± 0.00	52.67^{d} ± 1.53
20	6	17.23^{b} ± 0.06	3.72^{b} ± 0.01	36.97 ± 1.00	0.89 ± 0.05	69.67^{b} ± 1.53
20	8	18.67^{a} ± 0.06	3.99^{a} ± 0.01	44.70 ± 0.46	0.94 ± 0.00	75.33^{a} ± 1.53
25	4	16.07^{c} ± 0.06	3.40^{d} ± 0.01	30.30 ± 1.45	0.85 ± 0.00	41.33^{e} ± 1.53
25	6	17.53^{b} ± 0.06	3.59^{c} ± 0.01	38.23 ± 1.16	0.87 ± 0.00	61.67^{c} ± 2.08
25	8	19.50^{a} ± 0.00	3.81^{b} ± 0.01	45.73 ± 0.67	0.92 ± 0.00	73.17^{ab} ± 2.08

a, b, c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ของอนุภาคขนาดใหญ่มากขึ้น สารแขวนลอยซึ่งเป็นอนุภาคขนาดเล็กมีปริมาณลดลง ปริมาตรสารแขวนลอยในผลิตภัณฑ์จึงลดลงด้วย

การเพิ่มปริมาณ WPC35 ลงไปในสูตร ทำให้ผลิตภัณฑ์มี TSS และ pH เพิ่มขึ้น เนื่องจากเวย์โปรตีนที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยโปรตีน 35% และน้ำตาลแลกโทส 51.5% ซึ่งเป็นของแข็งที่ละลายน้ำได้ ดังนั้นจึงทำให้ค่า TSS สูงขึ้น และเมื่อละลาย WPC35 ลงในน้ำ สารละลายจะมี pH ประมาณ 6.9 เมื่อเพิ่มปริมาณในสูตรจึงทำให้ค่า pH สูงขึ้นด้วย

ปริมาณน้ำเสาวรส และ WPC35 ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อความหนืด และ cloud stability ($p > 0.05$) ซึ่งในการพิจารณาค่า cloud stability นั้น ถ้าค่าที่ได้มีค่ามาก (ใกล้ 1) แสดงว่าตัวอย่างมี cloud stability ที่ดี จึงแยกพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำเสาวรส และ WP35 ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ค่าความหนืด และ cloud stability ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำเสาวรส

น้ำเสาวรส (%)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ความหนืด (cPs)	cloud stability
20	$36.88^{b} \pm 7.87$	$0.90^{a} \pm 0.03$
25	$38.09^{a} \pm 7.16$	$0.86^{b} \pm 0.05$

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ค่าความหนืด และ cloud stability ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณ WPC35

WPC35 (%)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ความหนืด (cPs)	cloud stability
4	29.64 ± 0.94^{c}	0.86 ± 0.01^{b}
6	37.60 ± 0.89^{b}	0.85 ± 0.06^{c}
8	45.22 ± 0.73^{a}	0.93 ± 0.01^{a}

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลอง (ตารางที่ 4.5) พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำเสาวรสในสูตร ทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และ cloud stability ลดลง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากน้ำเสาวรสมีปริมาณกรดสูง เมื่อเพิ่มสัดส่วนในสูตรทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า pH ลดลง เวย์โปรตีนจึงเสียสภาพมากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการละลายลดลง และส่วนที่เสียสภาพจะรวมตัวกันเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น แล้วตกตะกอนลงมา cloud stability ของผลิตภัณฑ์จึงลดลง ส่วนความหนืดของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำเสาวรส เนื่องจากค่า TSS ที่เพิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณ WPC35 (ตารางที่ 4.6) พบว่า การเพิ่มปริมาณ WPC35 ลงไปในสูตร ทำให้ความหนืดและ cloud stability ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ซึ่งความหนืดที่เพิ่มขึ้น อาจเกิดจากปริมาณของเวย์โปรตีนเองที่เพิ่มขึ้นและละลายน้ำได้ และจากน้ำตาลแลกโทสที่เป็นองค์ประกอบใน WPC35 จะไปเพิ่ม TSS ในตัวอย่าง และเมื่อความหนืดของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเพิ่มมากขึ้น จะช่วยพยุงอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็กเอาไว้ จึงรักษา cloud stability ไว้ได้ดี

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอย พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นนั้น จะทำให้อนุภาคขนาดเล็กในผลิตภัณฑ์สามารถแขวนลอยอยู่ได้ ส่งผลให้ปริมาตรสารแขวนลอยสูงขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏที่ดีของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์มี cloud stability ที่ดีอีกด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูป citric acid) ปริมาณวิตามินซี และปริมาณโปรตีน ได้ผลดังในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณกรด วิตามินซี และโปรตีน ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35

น้ำเสาวรส (%)	WPC35 (%)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		ปริมาณกรด % citric acid	ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)	ปริมาณโปรตีน %
20	4	0.96 ± 0.04	2.48 ± 0.40	1.41 ± 0.07
20	6	0.95 ± 0.04	2.25 ± 0.40	2.12 ± 0.03
20	8	0.96 ± 0.04	2.45 ± 0.64	2.69 ± 0.08
25	4	1.10 ± 0.04	3.18 ± 0.57	1.43 ± 0.04
25	6	1.12 ± 0.00	3.20 ± 0.39	2.15 ± 0.05
25	8	1.10 ± 0.01	3.07 ± 0.39	2.74 ± 0.11

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณน้ำเสาวรสและเวย์โปรตีนเข้มข้นไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าทั้งสาม ($p > 0.05$) จึงแยกพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำเสาวรส และ WPC35 ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.8 ปริมาณกรด และปริมาณวิตามินซี ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำเสาวรส

น้ำเสาวรส (%)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ปริมาณกรด % citric acid	ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)
20	0.96^{b} ± 0.01	2.39^{b} ± 0.13
25	1.11^{a} ± 0.01	3.15^{a} ± 0.07

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.9 ปริมาณโปรตีนของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณ WPC35

WPC35 (%)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ปริมาณโปรตีน %
4	$1.42^{c} \pm 0.01$
6	$2.14^{b} \pm 0.02$
8	$2.72^{a} \pm 0.04$

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การเพิ่มปริมาณน้ำเสาวรสจาก 20 เป็น 25% (v/v) ทำให้ปริมาณกรด และปริมาณวิตามินซีของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) การเพิ่มปริมาณ WPC35 ในสูตร ทำให้ปริมาณโปรตีนสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) เสาวรสเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูงและมีกรดอินทรีย์เป็นองค์ประกอบจำนวนมาก (Tressler and Joslyn, 1971 ; Vera และคณะ, 2003) และเวย์โปรตีนเข้มข้นที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 35% ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดนี้ เข้าไปในสูตร จึงทำให้องค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะดังกล่าว

4.2.3 **คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น**

เมื่อนำน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่แปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35 ต่างกันทั้ง 6 สูตรมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic scale ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35

น้ำเสาวรส	WPC35	ระดับความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
(%)	(%)	สี	กลิ่น	รส	ความชอบโดยรวม
20	4	7.3 ± 1.2	6.8 ± 1.1	7.0 ± 1.3	7.1 ± 1.1
20	6	6.4 ± 1.0	6.7 ± 1.3	6.0 ± 1.4	6.1 ± 0.9
20	8	6.2 ± 1.3	6.2 ± 1.2	5.1 ± 1.9	5.5 ± 1.2
25	4	7.1 ± 1.1	6.9 ± 1.2	7.1 ± 1.5	7.2 ± 1.0
25	6	6.5 ± 0.8	6.8 ± 1.1	6.4 ± 1.3	6.8 ± 0.6
25	8	6.2 ± 0.1	6.2 ± 1.0	5.6 ± 1.6	5.8 ± 1.1

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณน้ำเสาวรสและเวย์โปรตีนไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อระดับคะแนนความชอบลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม ($p > 0.05$) จึงแยกพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35 ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.12

ตารางที่ 4.11 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวมของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำเสาวรส

น้ำเสาวรส	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
(%)	ความชอบโดยรวม
20	6.2 ± 0.8 [b]
25	6.6 ± 0.7 [a]

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

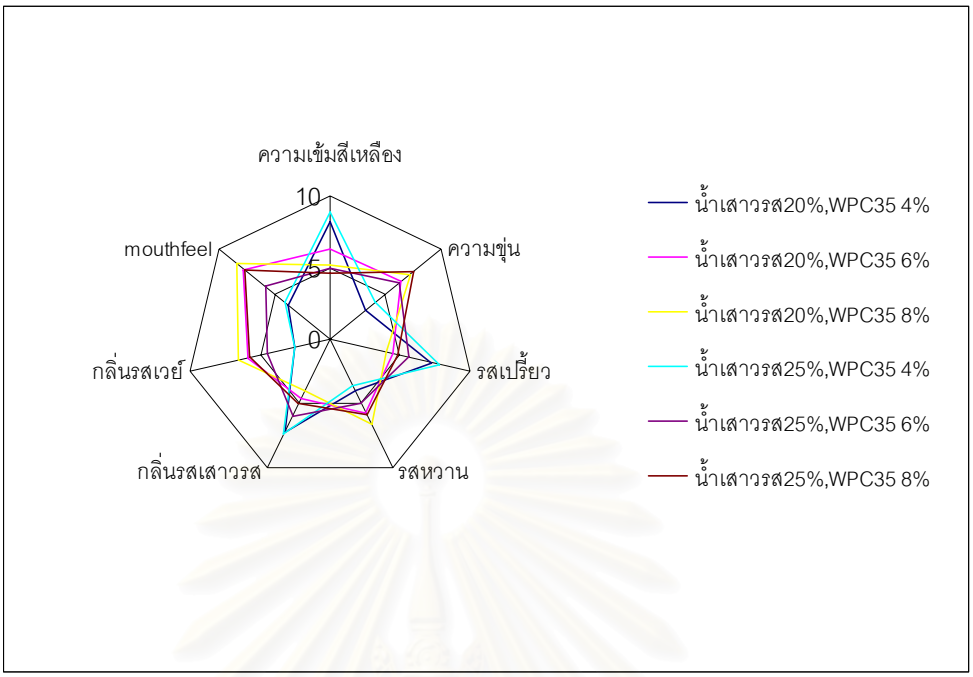
ตารางที่ 4.12 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวมของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณ WPC35

WPC35 (%)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	สี	กลิ่น	รส	ความชอบโดยรวม
4	$7.2^{a} \pm 0.1$	$6.9^{a} \pm 0.0$	$7.0^{a} \pm 0.9$	$7.1^{a} \pm 0.1$
6	$6.5^{b} \pm 0.1$	$6.7^{a} \pm 0.1$	$6.2^{b} \pm 0.9$	$6.4^{b} \pm 0.4$
8	$6.2^{b} \pm 0.0$	$6.2^{b} \pm 0.0$	$5.8^{c} \pm 0.7$	$5.7^{c} \pm 0.2$

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณน้ำเสาวรส (ตารางที่ 4.11) พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำเสาวรสจาก 20 เป็น 25% (v/v) ทำให้ระดับคะแนนความชอบโดยรวมสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) เพราะกลิ่นรสของเสาวรสจะช่วยบดบังกลิ่นรสที่ไม่ดีของเวย์โปรตีน และเมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปริมาณ WPC35 (ตารางที่ 4.12) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ WPC35 ทำให้ระดับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวมลดลง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณ WPC35 มากเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความข่น เนื้อสัมผัสข้น และมีกลิ่นรสเวย์มากขึ้น ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์น้อยลง

เมื่อนำน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่แปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35 ต่างกันทั้ง 6 สูตร มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบชนิด descriptive analysis with scaling ในด้านความเข้มสีเหลือง ความข่น รสเปรี้ยว รสหวาน กลิ่นรสเสาวรส กลิ่นรสเวย์ และ mouthfeel ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งในการประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์ในแต่ละด้านนั้น จะใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่แปรความเข้มของลักษณะต่างๆ และสารละลายมาตรฐาน ให้ผู้ทดสอบดูและชิมก่อนเพื่อจะได้เข้าใจระดับคะแนนที่ตรงกัน (10 คะแนน คือระดับที่สูงสุด) จากการประชุมกลุ่ม พบว่า ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ดีควรมีความเข้มสีเหลืองมาก ความข่นน้อย รสเปรี้ยวมาก รสหวานน้อย กลิ่นรสเสาวรสเด่นชัด กลิ่นรสเวย์น้อย และมี mouthfeel น้อย ซึ่งลักษณะของ mouthfeel คือ มีเนื้อสัมผัสข้นและความรู้สึกที่ลิ้นว่ามีสารเคลือบอยู่



รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรส และ WPC35

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน พบว่า ผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์สูตรที่มีปริมาณน้ำเสาวรส 25% มากกว่า 20% ทั้งนี้เนื่องจากกลิ่นหอมของน้ำเสาวรสจะช่วยกลบกลิ่นเวย์ซึ่งมีกลิ่นคล้ายนม และรสเปรี้ยวของเสาวรสยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีรสที่ดีขึ้นด้วย นอกจากนี้ผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณ WPC35 4% มากกว่าสูตรที่มีปริมาณ WPC35 6 และ 8% เนื่องจากการเพิ่มปริมาณ WPC35 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสเวย์มากเกินไป มีความข้นมากขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสเข้มข้นมากขึ้นด้วย (mouthfeel มากขึ้น) และในเวย์โปรตีนมีน้ำตาลแลกโทสอยู่มากถึง 51.5% จึงอาจเพิ่มความหวานในผลิตภัณฑ์ทำให้มีรสหวานมากเกินไป Kosikowski (1968) ได้ศึกษาการผลิตน้ำเกรพฟรุตผสม acid whey powder ที่ได้จากการผลิต cottage cheese ปริมาณ 0-6 % พบว่า เครื่องดื่มน้ำเกรพฟรุตที่ผสมเวย์โปรตีนผง 4% ให้กลิ่นรสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์

ผลจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่า น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นสูตรที่ใช้น้ำเสาวรสปริมาณ 25% (v/v) และ WPC35 4% (w/v) ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น รส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด (ตารางที่ 4.10) และจากรูปที่ 4.1 พบว่า ผลิตภัณฑ์ในสูตรนี้มีความเข้มสีเหลือง รสเปรี้ยว และกลิ่นรสเสาวรสสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) มีความข้น รสหวาน

กลิ่นรสเวย์ และ mouthfeel ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบเห็นว่าเป็นลักษณะที่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ จึงเลือกใช้สูตรนี้สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

4.3 ศึกษาวิธีรักษา cloud stability ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

4.3.1 ศึกษาหาชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว

เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นมีอนุภาคขององค์ประกอบต่างๆ ในเนื้อเยื่อเสาวรสและเวย์โปรตีนกระจายตัวอยู่ ภายหลังกระบวนการผลิตเมื่อตั้งทิ้งไว้จะเกิดการแยกชั้นของน้ำผลไม้อย่างชัดเจน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ไม่ชวนดื่ม (Baker and Bruemmer, 1973) ตะกอนที่เกิดขึ้น อาจเกิดจากผลของเอนไซม์ pectin methylesterase ซึ่งจะตัดหมู่ methyl ออกจากโมเลกุลของเพคตินในน้ำผลไม้ ทำให้เพคตินรวมตัวกับ calcium ion แล้วเกิดตะกอนของเพคเตทขึ้น (Baker et al., 1991) หรืออาจเกิดจากสมบัติทางกายภาพของตะกอน ได้แก่ ขนาดและความหนาแน่นของอนุภาค เมื่ออนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความหนาแน่นมากขึ้นการแยกชั้นของน้ำผลไม้จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Genovese and Lozano, 2000) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีเวย์โปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ในสภาพที่ pH ของตัวอย่างเท่ากับ 3.4 ซึ่งต่ำกว่าค่า pI ของเวย์โปรตีน ทำให้เวย์โปรตีนมีประจุบวก จึงรวมตัวกันกับเพคตินในน้ำเสาวรสซึ่งมีประจุลบกลายเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น และเมื่อผลิตภัณฑ์มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3–5 โปรตีนบางส่วนจะสูญเสียความสามารถในการละลาย จึงรวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่แล้วตกตะกอน (USDEC, 2004)

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาหาชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวในการรักษา cloud stability ในน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏเป็นที่ยอมรับ จากการศึกษาข้อมูลทางวิชาการเกี่ยวกับองค์ประกอบและการประยุกต์ใช้สารให้ความคงตัว พร้อมทั้งคำแนะนำที่ได้รับจากบริษัทผู้ขายสารดังกล่าวและการทดลองเบื้องต้นในการเลือกใช้ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ จึงเลือกใช้ low methoxyl pectin (LMP) ปริมาณ 0.1, 0.3 และ 0.5% (w/v), xanthan gum (XG) ปริมาณ 0.03, 0.06 และ 0.09% (w/v) และ guar gum (GG) ปริมาณ 0.05, 0.10 และ 0.15% (w/v) เพื่อช่วยในการรักษา cloud stability ของผลิตภัณฑ์ และใช้สมบัติทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ความหนืด cloud stability ปริมาตรสารแขวนลอย และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา เพื่อเลือกชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านต่างๆ ดีที่สุด

4.3.2 สมบัติทางกายภาพ และเคมี ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว

เตรียมน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นตามวิธีในข้อ 3.5.3 หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาวัดและวิเคราะห์สมบัติต่างๆ

ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่แปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว แสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว

ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L*	a*	b*
LMP 0.1	$57.82^{d} \pm 0.01$	$-8.02^{b} \pm 0.03$	$+20.68^{d} \pm 0.01$
LMP 0.3	$57.80^{d} \pm 0.02$	$-8.17^{d} \pm 0.01$	$+20.19^{g} \pm 0.05$
LMP 0.5	$58.02^{c} \pm 0.01$	$-8.12^{c} \pm 0.03$	$+19.76^{h} \pm 0.03$
XG 0.03	$57.77^{d} \pm 0.05$	$-8.18^{d} \pm 0.03$	$+20.49^{e} \pm 0.03$
XG 0.06	$58.17^{b} \pm 0.01$	$-8.24^{d} \pm 0.03$	$+21.40^{b} \pm 0.01$
XG 0.09	$58.65^{a} \pm 0.04$	$-8.26^{d} \pm 0.01$	$+21.71^{a} \pm 0.06$
GG 0.05	$57.42^{e} \pm 0.09$	$-8.01^{b} \pm 0.01$	$+19.82^{h} \pm 0.04$
GG 0.10	$57.48^{e} \pm 0.01$	$-7.96^{a} \pm 0.02$	$+20.35^{f} \pm 0.01$
GG 0.15	$57.97^{c} \pm 0.06$	$-8.03^{b} \pm 0.03$	$+20.95^{c} \pm 0.08$

a, b, c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการวัดสี พบว่า เมื่อใช้ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวต่างกัน ทำให้ค่าสี (L*,a*,b*) ที่วัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ใช้ xanthan gum ปริมาณ 0.09% (w/v) มีค่า L* และ b* สูงที่สุด เท่ากับ 58.65 และ +21.71 ตามลำดับ และตัวอย่างที่ใช้ guar gum ปริมาณ 0.10% (w/v) มีค่า a* สูงที่สุด เท่ากับ -7.96 การเปลี่ยนแปลงค่าสีที่เกิดขึ้นนี้ อาจเกิดเนื่องจากสารให้ความคงตัวที่ใช้ทั้ง 3 ชนิด ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ เมื่อละลายน้ำจะดูดน้ำไว้ในโครงสร้างแล้วเกิดการพองตัว (swelling) ทำให้ความหนืดในผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น อนุภาคขนาดเล็กสามารถแขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้แตกต่างกันตามชนิดและปริมาณที่ใช้ ส่งผลให้ค่าการ

หักเหแสงและสะท้อนแสงเปลี่ยนแปลงไป (Graham, 1977) จึงทำให้วัดค่าสีทั้งด้านความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองได้ต่างกันไป

ผลการวัดค่า TSS pH ความหนืด cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอย ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่ใช้สารให้ความคงตัว แสดงในตารางที่ 4.14 พบว่า เมื่อใช้สารให้ความคงตัวชนิดและปริมาณที่ต่างกัน ทำให้ค่าต่างๆ ดังกล่าวนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ค่า TSS และ pH ของผลิตภัณฑ์ต่างกันเพียงเล็กน้อย เนื่องจากใช้สารให้ความคงตัวเพียง 0.03-0.5% (w/v) ซึ่งเป็นปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับปริมาตรน้ำเสาวรส จึงส่งผลต่อค่าทั้งสองเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ พบว่า ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวที่ใช้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดต่างกันมาก เมื่อใช้ guar gum ปริมาณ 0.15% (w/v) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 74.23 cPs นอกจากนี้ยังพบว่าความหนืดจะขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวที่เติมลงไป เมื่อเปรียบเทียบความหนืดกับปริมาณการใช้ที่ใกล้เคียงกัน (0.09-0.1%) พบว่า xanthan gum เป็นสารที่ให้ความหนืดมากที่สุด รองลงมาคือ guar gum และ low methoxyl pectin ตามลำดับ และสารให้ความคงตัวทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้นสูงจะให้ความหนืดสูงกว่าที่ความเข้มข้นต่ำ ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ เกียรติภูมิ แก้วสว่าง (2545) ซึ่งศึกษาการใช้ pectin, glucomannan, guar gum และ xanthan gum เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำส้มเขียวหวาน พบว่า glucomannan, guar gum และ xanthan gum มีความหนืดสูง เมื่อเพิ่มปริมาณการใช้เพียงเล็กน้อยก็ช่วยเพิ่มความหนืดในผลิตภัณฑ์ได้มาก ส่วน pectin มีความหนืดต่ำจึงต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่า Whistler (1973) ได้รายงานว่า เมื่อ guar gum ละลายน้ำ สายของแมนแนนจะคลายตัวออกทำให้เกิดโครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบที่เรียกว่า random coil ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ random coil แต่ละสายจะอยู่ห่างกันและถูกล้อมรอบด้วยตัวทำละลาย แต่เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้นโอกาสที่สาย random coil จะเคลื่อนที่เข้ามาอยู่ใกล้กันมีมากขึ้น จึงเกิดการเชื่อมกันระหว่างพันธะทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว Nussinovitch (1997) ได้รายงานว่า โครงสร้างของ xanthan gum ประกอบด้วย 1,4-linked β-D glucose เป็นสายหลัก มี mannose 2 โมเลกุล และ glucuronic acid 1 โมเลกุล เป็นสายกิ่ง และ mannose ตัวสุดท้ายในสายกิ่งอยู่ในรูป pyruvic acid มากถึง 60% จึงทำให้ xanthan มีความหนืดมาก ส่วน pectin นั้น เมื่อละลายน้ำ จะดูดน้ำไว้ในโครงสร้างแล้วเกิดการพองตัว (swelling) ทำให้สารละลายมีความหนืดมากขึ้น

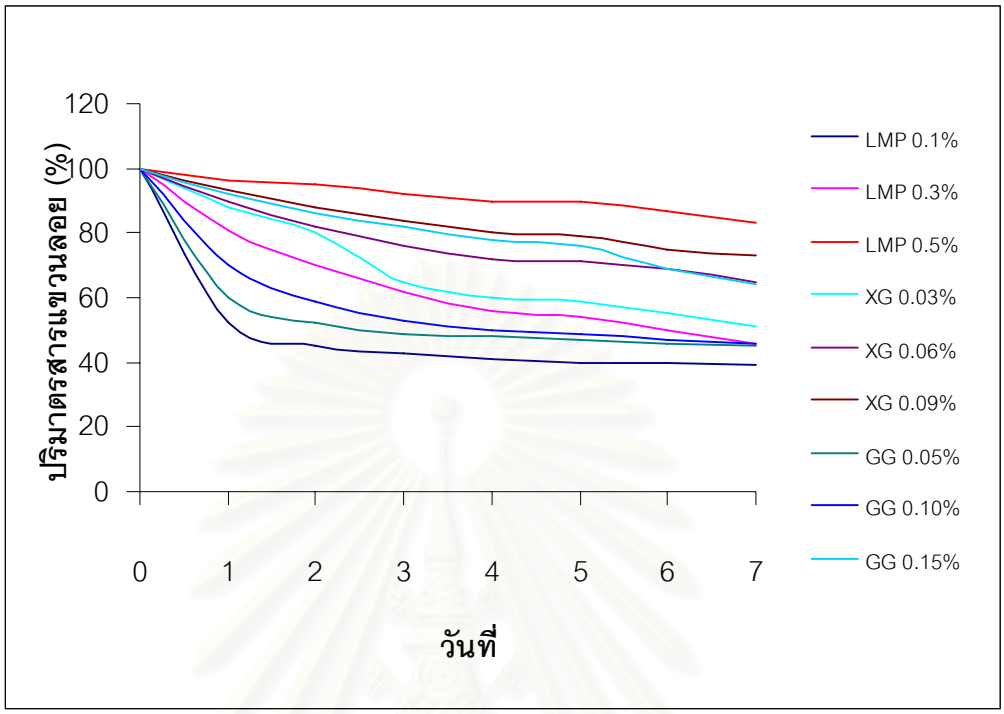
ตารางที่ 4.14 ค่า TSS pH ความหนืด cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว

ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	TSS (°Brix)	pH	ความหนืด (cPs)	cloud stability	ปริมาตรสารแขวนลอย (%)
LMP 0.1	$16.27^{d} \pm 0.12$	$3.48^{abc} \pm 0.01$	$33.13^{h} \pm 0.32$	$0.86^{d} \pm 0.00$	$51.17^{b} \pm 0.76$
LMP 0.3	$16.80^{b} \pm 0.00$	$3.46^{bc} \pm 0.02$	$37.87^{g} \pm 1.80$	$0.89^{cd} \pm 0.00$	$80.83^{a} \pm 0.76$
LMP 0.5	$17.13^{a} \pm 0.12$	$3.48^{abc} \pm 0.01$	$46.13^{e} \pm 0.35$	$0.96^{a} \pm 0.00$	$95.00^{a} \pm 2.00$
XG 0.03	$16.27^{d} \pm 0.12$	$3.46^{bc} \pm 0.03$	$46.00^{e} \pm 1.51$	$0.89^{cd} \pm 0.00$	$87.67^{a} \pm 0.58$
XG 0.06	$16.30^{d} \pm 0.10$	$3.45^{bc} \pm 0.01$	$53.43^{d} \pm 0.71$	$0.91^{bc} \pm 0.00$	$89.33^{a} \pm 0.58$
XG 0.09	$16.33^{d} \pm 0.12$	$3.45^{c} \pm 0.03$	$62.60^{b} \pm 0.85$	$0.94^{ab} \pm 0.00$	$92.33^{a} \pm 0.58$
GG 0.05	$16.33^{d} \pm 0.12$	$3.49^{ab} \pm 0.01$	$40.27^{f} \pm 1.30$	$0.87^{cd} \pm 0.00$	$59.67^{b} \pm 1.53$
GG 0.10	$16.40^{cd} \pm 0.00$	$3.51^{a} \pm 0.01$	$56.80^{c} \pm 0.26$	$0.88^{cd} \pm 0.00$	$69.67^{b} \pm 2.52$
GG 0.15	$16.53^{c} \pm 0.12$	$3.48^{abc} \pm 0.04$	$74.23^{a} \pm 1.16$	$0.90^{bc} \pm 0.00$	$91.67^{a} \pm 1.53$

a, b, c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า cloud stability กับปริมาตรสารแขวนลอย พบว่า เมื่อ cloud stability ของผลิตภัณฑ์มีค่ามาก จะสอดคล้องกับปริมาตรสารแขวนลอยที่อ่านได้มีค่ามากเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากอนุภาคสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กสามารถแขวนลอยอยู่ได้มาก ในการทดลอง พบว่า เมื่อใช้ low methoxyl pectin ปริมาณ 0.5% (w/v) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอย สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 0.96 และ 95% ตามลำดับ ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นแม้ว่าจะต้องใช้ low methoxyl pectin ในปริมาณที่มากกว่าสารให้ความคงตัวชนิดอื่น แต่ก็นับว่า low methoxyl pectin เหมาะกับผลิตภัณฑ์มากกว่า งานวิจัยของ Chopra และ Gandhi (1990) พบว่า เพคติน 0.05-0.1% จะช่วยให้การแยกตัวของเวย์โปรตีนจากเครื่องดื่มน้อยลง แต่ยังมีการแยกชั้นในส่วนของเนื้อผลไม้อยู่บ้าง เมื่อเติมเพคตินลงในผลิตภัณฑ์ เพคตินจะจับอยู่ที่ผิวของอนุภาคโปรตีน โดยเกิดปฏิกิริยา electrostatic ระหว่างประจุบวกของโปรตีนกับกลุ่มคาร์บอกซิลอิสระของเพคติน และเกิดแรงผลักระหว่างเพคตินที่มีประจุเหมือนกัน ทำให้อนุภาคโปรตีนแขวนลอยอยู่ในระบบ เครื่องดื่มเวย์จึงมีความคงตัวมากขึ้น เมื่อพิจารณาการใช้ xanthan gum เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ พบว่า เมื่อใช้ xanthan gum ความเข้มข้นต่ำยังสามารถรักษา cloud stability ของผลิตภัณฑ์ได้ดี เนื่องจาก xanthan gum ช่วยเพิ่มความหนืดในวัฏภาคต่อเนื่อง และทำหน้าที่เป็นสาร protective colloid ที่เชื่อมอนุภาคแขวนลอยและน้ำเข้าด้วยกัน โดยอนุภาคแขวนลอยที่ถูกล้อมรอบด้วย hydrocolloid นี้ จะมีคุณสมบัติเหมือน colloid ซึ่งสามารถกระจายตัวและยึดโมเลกุลของน้ำไว้ได้ดีด้วยพันธะไฮโดรเจน อนุภาคต่างๆ จึงไม่ตกตะกอน (Nussinovitch, 1997) สำหรับการใช้ guar gum เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์นั้น พบว่า เมื่อใช้ guar gum ความเข้มข้นต่ำ ยังสามารถรักษา cloud stability ของผลิตภัณฑ์ได้ดี เนื่องจาก guar gum ช่วยเพิ่มความหนืดในวัฏภาคต่อเนื่องเช่นเดียวกับ xanthan gum นอกจากนี้เมื่อ guar gum ละลายน้ำจะเกิดการสร้างพันธะพอลิเมอร์-พอลิเมอร์ขึ้น เกิดเป็นโครงร่างตาข่าย อนุภาคขนาดเล็กจึงสามารถแขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ (Whistler, 1973)

เพื่อศึกษาความสามารถในการรักษา cloud stability ของอนุภาคสารแขวนลอยในระหว่างการเก็บรักษา จึงเก็บตัวอย่างซึ่งแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว ในกระบอกตวงขนาด 100 ml ที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 7 วัน แล้วอ่านปริมาตรสารแขวนลอยในผลิตภัณฑ์ทุกวัน ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ปริมาตรสารแขวนลอยในน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4-8 °C

จากรูปที่ 4.2 พบว่า เมื่อใช้ low methoxyl pectin เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ในปริมาณ 0.5% (w/v) ปริมาตรสารแขวนลอยที่อ่านได้มีค่าสูงที่สุด แสดงว่า low methoxyl pectin 0.5% นั้นสามารถรักษา cloud stability ของผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุด

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวที่เลือกใช้นั้น ไม่สามารถรักษา cloud stability ได้ 100% ในระหว่างการเก็บ และถ้าเพิ่มปริมาณการใช้ที่มากขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดมากเกินไป ผู้ทดสอบจะให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ลดลง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณกรด (citric acid) วิตามินซี และโปรตีนของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว แสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปริมาณกรด วิตามินซี และโปรตีน ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว

ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ปริมาณกรด ns	ปริมาณวิตามินซี ns	ปริมาณโปรตีน ns
	% citric acid	(mg/100ml)	%
LMP 0.1	0.98 ± 0.07	1.66 ± 0.19	1.40 ± 0.01
LMP 0.3	1.05 ± 0.00	1.64 ± 0.07	1.41 ± 0.02
LMP 0.5	1.07 ± 0.04	1.72 ± 0.24	1.43 ± 0.04
XG 0.03	1.07 ± 0.04	1.87 ± 0.34	1.40 ± 0.02
XG 0.06	1.07 ± 0.04	1.95 ± 0.16	1.40 ± 0.01
XG 0.09	1.10 ± 0.04	1.94 ± 0.25	1.41 ± 0.02
GG 0.05	1.03 ± 0.04	1.86 ± 0.40	1.40 ± 0.02
GG 0.10	1.00 ± 0.04	1.97 ± 0.20	1.40 ± 0.02
GG 0.15	1.05 ± 0.00	1.62 ± 0.38	1.41 ± 0.12

ns ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

จากการทดลอง พบว่า เมื่อใช้ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณกรด วิตามินซี และโปรตีน ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากเติมสารให้ความคงตัวลงไปในผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่น้อยมากเพียง 0.03-0.5% (w/v) และสารให้ความคงตัวทั้ง 3 ชนิด ไม่มีองค์ประกอบของกรดซิตริก วิตามินซี และโปรตีน เมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์จึงไม่ส่งผลต่อค่าดังกล่าว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่แปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว

เมื่อนำน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่แปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic scale ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว โดยใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic scale

ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว	ระดับความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	สี ^{ns}	กลิ่น	รส	ความชอบโดยรวม
LMP 0.1	7.5 ± 0.7	6.9^{a} ± 0.6	6.9^{a} ± 1.0	7.1^{c} ± 0.7
LMP 0.3	7.6 ± 0.6	7.2^{a} ± 0.6	7.1^{a} ± 1.0	7.6^{a} ± 0.9
LMP 0.5	7.6 ± 0.5	7.0^{a} ± 0.8	7.1^{a} ± 0.9	7.6^{ab} ±0.7
XG 0.03	7.5 ± 0.6	7.0^{a} ± 0.7	6.8^{ab} ± 0.9	7.2^{abc} ± 0.8
XG 0.06	7.6 ± 0.7	6.9^{a} ± 0.7	6.4^{bc} ± 0.9	7.0^{c} ± 0.7
XG 0.09	7.6 ± 0.6	6.8^{a} ± 0.2	6.0^{cd} ± 0.9	6.2^{d} ± 0.9
GG 0.05	7.5 ± 0.5	7.0^{a} ± 0.7	6.2^{cd} ± 1.1	7.2^{bc} ± 0.7
GG 0.10	7.5 ± 0.4	6.2^{b} ± 0.9	5.8^{d} ± 0.9	6.2^{d} ± 0.8
GG 0.15	7.5 ± 0.4	5.0^{c} ± 1.2	5.3^{e} ± 1.0	4.3^{e} ± 1.1

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

จากการทดลอง พบว่า เมื่อใช้ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวที่แตกต่างกัน ทำให้ระดับคะแนนความชอบในด้านสีไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ทำให้ระดับความชอบในด้านกลิ่น รส และความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวม พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ low methoxyl pectin ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณ xanthan gum และ guar gum ผู้ทดสอบให้ระดับความชอบลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ low methoxyl pectin เป็นสารให้ความคงตัวไม่ได้เพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์มากจนเกินไป และกลิ่นของเพคตินอาจจะกลมกลืนเข้ากับกลิ่นของผลิตภัณฑ์

ได้ดีอีกด้วย ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนการยอมรับสูงขึ้น ส่วนการเพิ่มปริมาณ xanthan gum และ guar gum ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดมากเกินไป และโครงสร้างที่เกิดการพองตัว (swelling) ยังดูดน้ำไว้ข้างในด้วย ดังนั้นสารให้กลิ่นและรสที่ละลายอยู่ในน้ำจึงถูกกักไว้ในโครงสร้าง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นและรสลดลง การยอมรับในด้านกลิ่นและรสจึงลดลงด้วย นอกจากนี้เมื่อใช้ guar gum มากเกินไป ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นคล้ายเครื่องเทศ ผู้ทดสอบจึงยอมรับผลิตภัณฑ์ลดลง นอกจากนี้ยังเป็นที่น่าสังเกตว่า การเพิ่มปริมาณ low methoxyl pectin ทำให้คะแนนด้านกลิ่น รส และความชอบโดยรวมสูงขึ้น ในขณะที่การเพิ่มปริมาณ xanthan gum และ guar gum จะทำให้คะแนนเหล่านี้ลดลง จึงอาจเป็นขีดจำกัดอีกแง่หนึ่งในการที่จะเลือกใช้สารทั้งสองผสมในน้ำเสาวรสเมื่อเทียบกับการใช้ low methoxyl pectin

ผลจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic scale ในตารางที่ 4.16 ยังชี้ให้เห็นว่า ตัวอย่างที่ใช้ low methoxyl pectin ในปริมาณ 0.3% และ 0.5% (w/v) มีคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงกัน จึงทดลองหาปริมาณ low methoxyl pectin ที่เหมาะสมอีกครั้ง โดยแปรปริมาณ เป็น 0.4, 0.5 และ 0.6% (w/v) และนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ descriptive analysis with scaling ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณ low methoxyl pectin โดยใช้แบบทดสอบ descriptive analysis with scaling

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ปริมาณ low methoxyl pectin		
	0.4% (w/v)	0.5% (w/v)	0.6% (w/v)
ความเข้มสีเหลือง ^{ns}	7.25 ± 0.51	7.10 ± 0.58	7.10 ± 0.62
ความข่น ^{ns}	5.25 ± 0.72	5.30 ± 0.75	5.40 ± 0.81
รสเปรี้ยว ^{ns}	6.95 ± 0.50	7.05 ± 0.37	7.00 ± 0.58
รสหวาน ^{ns}	4.70 ± 0.82	4.70 ± 1.14	4.53 ± 1.17
กลิ่นรสเสาวรส ^{ns}	6.30 ± 0.86	7.00 ± 0.88	6.10 ± 1.15
กลิ่นรสเวย์ ^{ns}	3.35 ± 0.91	3.30 ± 0.82	3.75 ± 1.01
กลิ่นรสแปลกปลอม ^{ns}	0.05 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.10 ± 0.00
mouthfeel	4.80 ^{c} ± 0.81	5.20 ^{b} ± 0.64	6.00 ^{a} ± 0.63
ความหนืด	4.61 ^{b} ± 1.08	5.00 ^{b} ± 0.75	6.56 ^{a} ± 0.81
ความชอบโดยรวม	7.00 ^{b} ± 0.78	7.65 ^{a} ± 0.67	5.45 ^{c} ± 0.90

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

จากการทดลอง พบว่า เมื่อแปรปริมาณเพคตินเป็น 0.4, 0.5 และ 0.6% (w/v) ทำให้คะแนนทางประสาทสัมผัสในด้านความเข้มสีเหลือง ความข่น รสเปรี้ยว รสหวาน กลิ่นรสเสาวรส กลิ่นรสเวย์ และกลิ่นรสแปลกปลอมไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และเมื่อพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้าน mouthfeel และความหนืด พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเพคติน ทำให้ mouthfeel และความหนืดเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวม พบว่า low methoxyl pectin ปริมาณ 0.5% (w/v) ทำให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด จึงอาจเป็นไปได้ว่าผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนแล้วกลุ่มนี้ อาจจะต้องการให้ผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่เตรียมขึ้นใหม่ๆ มีคะแนน mouthfeel ความหนืด ความข่น และรสหวานที่พอเหมาะ (คะแนนใกล้ 5) ต้องการให้มีคะแนนความเข้มสีเหลือง กลิ่นรสเสาวรส และรสเปรี้ยวค่อนข้างสูง (คะแนนใกล้ 7) นอกจากนั้นยังต้องการให้มีกลิ่นรสเวย์ต่ำ และไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม

อีกด้วย ดังนั้นการใช้ low methoxyl pectin ที่ระดับ 0.5% จึงให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เหมาะสมที่สุด

จากการพิจารณาผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ สรุปได้ว่า low methoxyl pectin ปริมาณ 0.5% (w/v) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะทางด้านกายภาพ เคมี และคุณภาพประสาทสัมผัสที่ดี ช่วยรักษา cloud stability ได้ดีที่สุด จึงพิจารณาเลือกใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

4.4 ศึกษาหาสภาวะที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

น้ำผลไม้โดยทั่วไปจะมีความเป็นกรดค่อนข้างสูง pH มักไม่เกิน 4.5 (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2538) จุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีจึงเป็นพวกที่ทนกรดได้ เช่น lactic acid bacteria ยีสต์ และเชื้อราบางชนิด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และมีอายุการเก็บตามต้องการ จึงต้องมีวิธีเก็บถนอมที่ถูกต้อง ซึ่งวิธีที่ใช้กันมาก ได้แก่ การให้ความร้อนแก่น้ำผลไม้ เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่มักใช้ความร้อนระดับปานกลางแบบ pasteurization เพื่อทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย แต่ไม่มากพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดได้ ซึ่งความร้อนในระดับนี้ มีผลทำให้คุณภาพด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รส รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการของน้ำผลไม้เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่อายุการเก็บค่อนข้างสั้น จึงต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (4-8 °C) ร่วมด้วย (สุมาลี เหลืองสกุล, 2539) ในการพาสเจอไรซ์ต้องใช้อุณหภูมิและเวลาที่เพียงพอในการทำลายจุลินทรีย์ เช่น อุณหภูมิ 60-65 °C เวลา 2-3 นาที เพียงพอต่อการทำลายยีสต์ อุณหภูมิ 71-75 °C เวลา 4-5 นาที เพียงพอต่อการทำลาย lactic acid bacteria ยีสต์ และเซลล์ของเชื้อรา ส่วนอุณหภูมิ 80 °C เวลา 20 นาที เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของเชื้อราแต่ไม่พอสำหรับทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย แต่เนื่องจากน้ำผลไม้มีสภาพเป็นกรด สปอร์ของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อร่างกายไม่สามารถเจริญได้ โดยทั่วไปจึงพาสเจอไรซ์น้ำผลไม้ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 20 นาที แต่ถ้าน้ำผลไม้มีความเป็นกรดสูง (pH < 3.7) ใช้อุณหภูมิ 72-75 °C เป็นเวลา 3-5 นาที ก็เพียงพอต่อการทำลายเซลล์จุลินทรีย์ (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2538) สำหรับการพาสเจอไรซ์เวย์โปรตีน ในระบบต่อเนื่องนิยมใช้อุณหภูมิ 72-75 °C เป็นเวลา 15 วินาที แต่ถ้าเป็นการผลิตในปริมาณน้อยมักใช้การอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิ 62-65 °C เป็นเวลา 30 นาที (Robinson, 1994)

จากข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าว จึงนำมาใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ด้วยวิธีพาสเจอไรซ์ทั้งบรรจุภัณฑ์ โดยการแปรอุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 70, 75, 80 และ 85 °C และแปรเวลา 2 ระดับ คือ 3 และ 5 นาที

4.4.1 สมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน

เตรียมน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นตามวิธีในข้อ 3.5.3 และพาสเจอไรซ์ผลิตภัณฑ์ดังขั้นตอนในข้อ 3.5.4 หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาวัดและวิเคราะห์สมบัติต่างๆ

ค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่แปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน

อุณหภูมิ	เวลา	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
(^{o}C)	(นาที)	L* ^{ns}	a*	b*
70	3	52.20 ± 0.02	-4.66 ± 0.06	+14.47 ± 0.04
70	5	52.06 ± 0.08	-4.57 ± 0.01	+14.49 ± 0.06
75	3	51.83 ± 0.04	-4.42 ± 0.01	+14.67 ± 0.04
75	5	51.76 ± 0.09	-4.43 ± 0.05	+14.79 ± 0.22
80	3	51.84 ± 0.04	-4.40 ± 0.04	+14.63 ± 0.06
80	5	52.08 ± 0.54	-4.35 ± 0.04	+14.69 ± 0.02
85	3	51.96 ± 0.59	-4.29 ± 0.03	+14.79 ± 0.02
85	5	51.80 ± 0.59	-4.27 ± 0.02	+14.82 ± 0.06

ns ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ผลจากการวัดสี พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน ทำให้ค่า L* ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) นอกจากนี้อุณหภูมิและเวลาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า a* และค่า b* ($p > 0.05$) จึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ (ตารางที่ 4.19) และอิทธิพลของเวลา (ตารางที่ 4.20)

ตารางที่ 4.19 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์

อุณหภูมิ	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
(°C)	a*	b*
70	-4.62 ^{d} ± 0.01	+14.48 ^{c} ± 0.01
75	-4.43 ^{c} ± 0.04	+14.73 ^{ab} ± 0.08
80	-4.38 ^{b} ± 0.01	+14.66 ^{b} ± 0.04
85	-4.28 ^{a} ± 0.06	+14.81 ^{a} ± 0.02

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.20 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาในการพาสเจอไรซ์

เวลา	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
(นาที)	a*
3	-4.44 ^{b} ± 0.16
5	-4.41 ^{a} ± 0.13

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ (ตารางที่ 4.19) พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ ทำให้ค่า a* และค่า b* เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้อุณหภูมิ 85 °C ผลิตภัณฑ์มีค่า a* และค่า b* สูงที่สุด เท่ากับ -4.28 และ +14.81 ตามลำดับ ค่าสีที่เปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากปฏิกิริยา Maillard ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอนิล ได้แก่ น้ำตาลรีดิวซ์ที่เป็นองค์ประกอบในน้ำเสาวรส และน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยน้ำตาลซูโครสด้วยกรดซิตริกและความร้อน ทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอิสระและโปรตีนในน้ำผลไม้และเวย์โปรตีน และเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล (melanoidins) ในระหว่างการให้ความร้อนขึ้น โดยปฏิกิริยานี้เกิดได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Sapers, 1993) และเมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาในการพาสเจอไรซ์ (ตารางที่ 4.20) พบว่า การเพิ่มเวลาในการพาสเจอไรซ์จาก 3 นาที เป็น 5 นาที

ทำให้ค่า a* มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเวลาในการสัมผัสพลังงานความร้อนของน้ำเสาวรสมากขึ้น หมู่คาร์บอนิลและหมู่อะมิโนจึงมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาได้เพิ่มมากขึ้น (Sapers, 1993)

ผลการวัดค่า TSS pH cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.21 พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์ ทำให้ TSS และ pH ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) สำหรับค่า cloud stability นั้น พบว่า อุณหภูมิและเวลามีอิทธิพลร่วมกันต่อ cloud stability ของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาทำให้ cloud stability ลดลง โดยเมื่อใช้อุณหภูมิ 85 °C เป็นเวลา 5 นาที ทำให้ cloud stability ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.85 (ตารางที่ 4.21) นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิและเวลาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาตรสารแขวนลอยของผลิตภัณฑ์ จึงแยกพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.22 และ 4.23

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 ค่า TSS pH ความหนืด cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		TSS (°Brix) ^{ns}	pH ^{ns}	cloud stability	ปริมาตรสารแขวนลอย (%)
70	3	16.93 ± 0.12	3.48 ± 0.02	0.96 ^{a} ± 0.00	67.33 ± 1.53
70	5	17.00 ± 0.00	3.49 ± 0.02	0.94 ^{b} ± 0.00	66.00 ± 1.73
75	3	16.93 ± 0.12	3.49 ± 0.01	0.92 ^{c} ± 0.00	61.67 ± 1.15
75	5	17.00 ± 0.00	3.49 ± 0.02	0.92 ^{c} ± 0.00	57.33 ± 1.53
80	3	17.00 ± 0.00	3.48 ± 0.02	0.89 ^{d} ± 0.00	56.33 ± 1.15
80	5	17.00 ± 0.00	3.48 ± 0.02	0.88 ^{e} ± 0.00	53.00 ± 1.00
85	3	17.07 ± 0.12	3.48 ± 0.02	0.86 ^{f} ± 0.00	50.67 ± 0.58
85	5	16.93 ± 0.12	3.47 ± 0.02	0.85 ^{g} ± 0.00	49.00 ± 1.00

a, b, c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.22 ปริมาตรสารแขวนลอยในน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์

อุณหภูมิ (°C)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปริมาตรสารแขวนลอย (%)
70	66.67 [a] ± 0.94
75	59.50 [b] ± 3.07
80	54.67 [c] ± 2.35
85	49.84 [d] ± 1.18

a, b, c,… ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.23 ปริมาตรสารแขวนลอยในน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาในการพาสเจอไรซ์

เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปริมาตรสารแขวนลอย (%)
3	59.00 [a] ± 7.14
5	56.33 [b] ± 7.29

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ทำให้ปริมาตรสารแขวนลอยลดลง ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิ 85 °C ปริมาตรสารแขวนลอยมีค่าต่ำที่สุด คือ 49.84% และเมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของเวลาได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.23 พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาในการพาสเจอไรซ์จาก 3 นาที เป็น 5 นาที ทำให้ปริมาตรสารแขวนลอยมีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) อุณหภูมิที่สูงขึ้นจาก 70 เป็น 85 °C และเวลาที่เพิ่มขึ้นจาก 3 เป็น 5 นาที ทำให้อนุภาคที่แขวนลอยในน้ำผลไม้ตกตะกอนมากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมี cloud stability ลดลง ดังนั้นค่าปริมาตรสารแขวนลอยที่อ่านได้จึงลดลงด้วย ซึ่งอนุภาคขนาดใหญ่ที่ตกตะกอนนั้นเกิดจากการที่เวย์โปรตีนบางส่วนในผลิตภัณฑ์เสียสภาพจากความร้อนจึงรวมตัวกันเป็นก้อนได้มากขึ้นแล้วตกตะกอนลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่ง Li-Chan (1983) อธิบายไว้ว่า ความร้อนทำให้เวย์โปรตีนเสียสภาพ โดย

ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน (โปรตีนคลายตัว) โดยจะทำลาย van der Waals interaction, hydrogen bond และ electrostatic forces ที่ทำให้โปรตีนคงสภาพธรรมชาติที่มีอยู่ดั้งเดิมได้ แล้วทำให้เกิดการ expose ของ hydrophobic groups ของ globular protein ที่เพิ่มมากขึ้น โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติไปจึงรวมตัวกันตกตะกอน

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูป citric acid) และปริมาณวิตามินซี แสดงในตารางที่ 4.24 และ 4.25

ตารางที่ 4.24 ปริมาณกรด และปริมาณวิตามินซี ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
		ปริมาณกรด ns % citric acid	ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)
70	3	0.98 ± 0.07	1.26 ± 0.17
70	5	1.05 ± 0.00	0.96 ± 0.11
75	3	1.07 ± 0.04	0.67 ± 0.14
75	5	1.03 ± 0.04	0.46 ± 0.08
80	3	1.00 ± 0.04	ND
80	5	1.05 ± 0.00	ND
85	3	1.07 ± 0.04	ND
85	5	1.07 ± 0.04	ND

ns ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ND หมายถึง not detected

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 ปริมาณวิตามินซี ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์

อุณหภูมิ (°C)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปริมาณวิตามินซี (mg/100ml)
70	1.11 [a] ± 0.21
75	0.57 [b] ± 0.15
80	ND
85	ND

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ND หมายถึง not detected

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซี พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์ ทำให้ปริมาณกรดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) นอกจากนี้อุณหภูมิและเวลาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณวิตามินซี เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิจาก 70 °C เป็น 75 °C ทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง ($p \leq 0.05$) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ >80 °C ทำให้วิตามินซีในผลิตภัณฑ์สลายตัวหมด ที่ความดันบรรยากาศ เมื่อผลิตภัณฑ์ได้ความร้อน วิตามินซีจะเกิดปฏิกิริยา oxidation โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้วิตามินสลายตัวไป (Fennema, 1996)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อตามสภาวะที่กำหนดและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 1 วัน มาตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ โดยหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	จำนวนเฉลี่ย (CFU/ml)		
		จุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์และรา	โคลิฟอร์ม
70	3	< 300	-	-
70	5	< 300	-	-
75	3	< 300	-	-
75	5	-	-	-
80	3	-	-	-
80	5	-	-	-
85	3	-	-	-
85	5	-	-	-

(-) หมายถึง ตรวจไม่พบ

จากการทดลอง พบว่า การพาสเจอไรซ์ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 3 และ 5นาที และที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 3 นาที ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด แต่เมื่อพาสเจอไรซ์ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 5 นาที และอุณหภูมิ $\geq$80 °C สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ในทุกตัวอย่าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 5 นาที เพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นมีความเป็นกรดสูง (pH~3.4) อีกทั้งยังได้ควบคุมการผลิตให้อยู่ภายใต้สภาวะถูกสุขลักษณะ ความร้อนในระดับนี้จึงสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด (สุมาลี เหลืองสกุล, 2535)

4.4.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่แปรอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 1 วัน โดยใช้แบบทดสอบ 9-point hedonic scale ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน

อุณหภูมิ	เวลา	ระดับความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
(°C)	(นาที)	สี ^{ns}	กลิ่น	รส	ความชอบโดยรวม
70	3	7.5 ± 0.7	6.9^{a} ± 0.6	6.9^{a} ± 1.0	7.1^{b} ± 0.7
70	5	7.6 ± 0.6	7.2^{a} ± 0.6	7.1^{a} ± 1.0	7.2^{a} ± 0.9
75	3	7.6 ± 0.5	7.0^{a} ± 0.8	7.1^{a} ± 0.9	7.6^{a} ±0.7
75	5	7.5 ± 0.5	7.0^{a} ± 0.7	6.2^{cd} ± 1.1	7.2^{ab} ± 0.7
80	3	7.5 ± 0.4	7.0^{a} ± 0.7	6.8^{ab} ± 0.9	7.2^{ab} ± 0.8
80	5	7.5 ± 0.4	7.0^{a} ± 0.7	6.4^{bc} ± 0.9	7.0^{b} ± 0.7
85	3	7.5 ± 0.6	6.2^{b} ± 0.9	5.8^{d} ± 0.9	6.2^{c} ± 0.8
85	5	7.6 ± 0.7	5.0^{c} ± 1.2	5.3^{e} ± 1.0	4.3^{d} ± 1.1

a, b, c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์ผลิตภัณฑ์ ไม่มีผลต่อระดับคะแนนการยอมรับในด้านสี ($p > 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อสีของผลิตภัณฑ์ในเกณฑ์ดีทุกตัวอย่าง (>7 คะแนน) เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์ต่อระดับคะแนนการยอมรับในด้านอื่นๆ พบว่า อุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์มีอิทธิพลร่วมกันต่อระดับคะแนนในด้านกลิ่น รส และความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) เมื่อให้ความร้อนมากกว่า 80 °C คะแนนการยอมรับในด้านต่างๆ ลดลง เนื่องจากความร้อนจะไปทำลายสารให้กลิ่นรสในน้ำเสาวรส ซึ่ง Kuo และคณะ (1985) ได้รายงานว่า การพาสเจอไรซ์น้ำเสาวรสพร้อมดื่มที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 1 นาที มีผลทำให้สูญเสียสารให้กลิ่นรส (volatile components) ในน้ำเสาวรสถึง 35%

จากการพิจารณาผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ สรุปได้ว่า การพาสเจอไรซ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 5 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท คือ ไม่มีจุลินทรีย์ก่อโรค ตรวจพบโคลิฟอร์ม โดยวิธี MPN น้อยกว่า 2.2 ต่อเครื่องดื่ม 100 ml และตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด *Escherichia coli* (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) และเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำเสาวรส คือ มียีสต์และราไม่เกิน 100 CFU/ml (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดี จึงเลือกใช้สภาวะนี้ในการพาสเจอไรซ์ผลิตภัณฑ์เพื่อศึกษาอายุการเก็บต่อไป

4.5 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

4.5.1 สมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษา

บรรจุน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นลงในขวดแก้วขนาด 725 ml ที่ล้างสะอาด ต้มในน้ำเดือด และผึ่งให้แห้ง ปิดฝาซึ่งผ่านการลวกฆ่าเชื้อแล้ว ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 5 นาที โดยเริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางขวดของตัวอย่างเท่ากับ 75 °C ทำให้เย็นด้วยน้ำประปา สุ่มตัวอย่างมาเพื่อหาเชื้อจุลินทรีย์ในสัปดาห์ที่ 0 แล้วเก็บตัวอย่างในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ระหว่างเก็บสุ่มตัวอย่างทุกสัปดาห์มาวัดและวิเคราะห์สมบัติต่างๆ

ผลการวัดค่าสี (L*,a*,b*) แสดงในตารางที่ 4.28 พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นทำให้ค่า L*, a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้น ค่า L* มีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) อาจเกิดจากอนุภาคที่แขวนลอยเกิดการตกตะกอนมากขึ้น เมื่ออนุภาคสารแขวนลอยมีปริมาณน้อย การสะท้อนแสงจึงลดลงทำให้ค่า L* ลดลง และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้นผลิตภัณฑ์มีค่า a* มากขึ้นด้วยและค่า b* ลดลง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา Maillard ในระหว่างเก็บทำให้เกิดสารสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Sapers, 1993) นอกจากนั้นค่าสีเหลืองที่ลดลงอาจเนื่องมาจาก β-carotene ซึ่งเป็นรงควัตถุในน้ำเสาวรสเกิดการสลายตัวได้ง่ายจากปฏิกิริยา oxidation ซึ่งจะเปลี่ยนพันธะคู่ในรูป *trans* ไปอยู่ในรูป *cis* ทำให้สีจางลง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังบรรจุในขวดแก้วใส และมิได้ดึงอากาศออก อีกทั้งยังมี headspace เหลืออยู่ในขวด ดังนั้นแสงและออกซิเจนจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา oxidation ได้อีกด้วย (Fennema, 1996)

ตารางที่ 4.28 ค่าสีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน

สัปดาห์	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L*	a*	b*
0	$50.76^{a} \pm 0.09$	$-4.40^{e} \pm 0.04$	$+15.14^{a} \pm 0.15$
1	$50.47^{b} \pm 0.06$	$-4.22^{d} \pm 0.03$	$+15.00^{ab} \pm 0.25$
2	$50.02^{cd} \pm 0.02$	$-4.17^{cd} \pm 0.02$	$+14.79^{bc} \pm 0.22$
3	$49.55^{f} \pm 0.15$	$-4.16^{cd} \pm 0.01$	$+14.75^{bcd} \pm 0.19$
4	$49.15^{g} \pm 0.12$	$-4.12^{c} \pm 0.02$	$+14.65^{cde} \pm 0.11$
5	$49.81^{e} \pm 0.16$	$-4.12^{c} \pm 0.08$	$+14.66^{cde} \pm 0.13$
6	$50.04^{cd} \pm 0.10$	$-4.01^{b} \pm 0.08$	$+14.46^{dfe} \pm 0.05$
7	$50.13^{c} \pm 0.05$	$-3.95^{ab} \pm 0.0\,6$	$+14.36^{ef} \pm 0.07$
8	$49.93^{de} \pm 0.07$	$-3.71^{a} \pm 0.07$	$+14.32^{f} \pm 0.26$

a, b, c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวัดค่า TSS pH cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของผลิตภัณฑ์ แสดงในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 ค่า TSS pH cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	TSS (^{o}Brix) ^{ns}	pH ^{ns}	cloud stability	ปริมาตรสารแขวนลอย (%)
0	16.97 ± 0.15	3.42 ± 0.01	0.92 ^{a} ± 0.01	100.00 ^{a} ± 0.00
1	17.07 ± 0.12	3.41 ± 0.01	0.89 ^{b} ± 0.01	28.67 ^{b} ± 0.58
2	16.93 ± 0.12	3.41 ± 0.01	0.84 ^{c} ± 0.01	25.07 ^{cd} ± 0.58
3	17.00 ± 0.00	3.42 ± 0.01	0.75 ^{d} ± 0.01	25.00 ^{cd} ± 0.00
4	17.07 ± 0.12	3.40 ± 0.01	0.63 ^{e} ± 0.01	25.00 ^{cd} ± 1.00
5	16.93 ± 0.12	3.40 ± 0.01	0.61 ^{f} ± 0.01	25.00 ^{cd} ± 0.00
6	17.00 ± 0.00	3.42 ± 0.01	0.56 ^{g} ± 0.01	24.67 ^{cd} ± 0.58
7	17.07 ± 0.12	3.40 ± 0.01	0.55 ^{h} ± 0.01	24.67 ^{cd} ± 0.58
8	17.00 ± 0.02	3.41 ± 0.01	0.54 ^{h} ± 0.01	24.33 ^{d} ± 0.58

a, b, c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

จากการทดลอง พบว่า ค่า TSS และ pH ไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ($p > 0.05$) แต่เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอยของผลิตภัณฑ์ลดลง ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่า cloud stability นั้นจะลดลงทุกๆ สัปดาห์ ส่วนปริมาตรสารแขวนลอยจะเปลี่ยนแปลงมากและลดลงเหลือ 28.67% ตั้งแต่สัปดาห์แรก และลดลงเหลือ 25.07% ในสัปดาห์ที่ 2 จากนั้นปริมาตรสารแขวนลอยจะเริ่มคงที่ การลดลงของปริมาตรสารแขวนลอยนั้นเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างโมเลกุลของเพคตินและโปรตีนในผลิตภัณฑ์ ทำให้อนุภาคที่แขวนลอยมีขนาดใหญ่ขึ้น ความหนาแน่นจึงเพิ่มมากขึ้นแล้วตกตะกอนลงมา (Shomer, 1991) cloud stability ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นลดลงเมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคสารแขวนลอยซึ่งเคลื่อนที่ตลอดเวลาอย่างอิสระและไร้ทิศทาง มีผลทำให้อนุภาคมีโอกาสเคลื่อนที่

เข้าใกล้กัน แล้วรวมตัวกันเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้ามีแรงดึงดูดอื่นเสริมด้วย เช่น van der Waals force ซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่เกิดระหว่างอนุภาค ยิ่งจะทำให้อนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย (Fennema, 1996) ทำให้อนุภาคตกตะกอนมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณกรด และวิตามินซี ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 0-8 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 ปริมาณกรด และวิตามินซี ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ปริมาณกรด [ns]	ปริมาณวิตามินซี
	% citric acid	(mg/100ml)
0	1.03 $\pm$ 0.04	0.86 $\pm$ 0.40
1	1.05 $\pm$ 0.00	ND
2	1.05 $\pm$ 0.07	ND
3	1.07 $\pm$ 0.04	ND
4	1.05 $\pm$ 0.00	ND
5	1.03 $\pm$ 0.04	ND
6	1.07 $\pm$ 0.04	ND
7	1.05 $\pm$ 0.00	ND
8	1.05 $\pm$ 0.00	ND

ns ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ND หมายถึง not detected

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณกรดไม่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ที่ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนปริมาณวิตามินซีสลายตัวหมดตั้งแต่สัปดาห์แรก ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนในการพาสเจอไรซ์ แสง และออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา oxidation ของวิตามินทำให้วิตามินสลายตัวไป (Fennema, 1996) ซึ่งทั้งแสงและออกซิเจนอาจเป็นสาเหตุหลักของการสลายตัวในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากบรรจุผลิตภัณฑ์ในขวดแก้วใส และมิได้ดึงอากาศออก อีกทั้งยังมี headspace เหลืออยู่ในขวด เนื่องจากมิได้บรรจุจนเต็มขวด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นำผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บทุกๆ สัปดาห์ มาตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์ม ได้ผลดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา และโคลิฟอร์มของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่อายุการเก็บต่างกัน

สัปดาห์ที่	จำนวนเฉลี่ย (CFU/ml)		
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์และรา	โคลิฟอร์ม
0	-	-	-
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	< 30	-	-
6	< 30	-	-
7	< 300	-	-
8	< 300	-	-

(-) หมายถึง ตรวจไม่พบ

จากผลการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 0-4 สัปดาห์ ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ แต่เริ่มพบการเจริญของจุลินทรีย์ในช่วงการเก็บรักษาตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณจุลินทรีย์ที่ต่ำและยังสามารถยอมรับได้ จึงแสดงว่า อุณหภูมิ 75 °C เวลา 5 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในผลิตภัณฑ์ได้ แต่ยังมีบางส่วนที่รอดชีวิตและหลงเหลืออยู่ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถฟื้นตัวและปรับตัวให้เจริญต่อไปได้เมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่ง (สุมาลี เหลืองสกุล, 2539) ตลอดระยะเวลาการเก็บ ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท คือ ไม่มีจุลินทรีย์ก่อโรค ตรวจพบโคลิฟอร์มโดยวิธี MPN น้อยกว่า 2.2 ต่อเครื่องดื่ม 100 ml และตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด *Escherichia coli* (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) และเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำเสาวรส คือ มียีสต์และราไม่เกิน 100 CFU/ml (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547)

4.5.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองข้างต้น จะเห็นได้ว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 5 สัปดาห์ จะเริ่มมีการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพียง 4 สัปดาห์เท่านั้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน

สัปดาห์ที่	ระดับความชอบเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	สี ^{ns}	กลิ่น	รส ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
0	7.8 ± 0.7	$7.3^{a} \pm 0.7$	7.5 ± 0.9	7.6 ± 0.7
1	7.6 ± 0.7	$7.2^{a} \pm 0.7$	7.3 ± 0.9	7.4 ± 0.8
2	7.6 ± 0.7	$7.2^{a} \pm 1.0$	7.3 ± 0.8	7.4 ± 0.8
3	7.6 ± 0.6	$7.1^{a} \pm 0.9$	7.2 ± 0.9	7.3 ± 0.8
4	7.6 ± 0.6	$6.5^{b} \pm 0.9$	7.0 ± 0.7	7.2 ± 0.8

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาระดับความชอบในด้านสี รส และความชอบโดยรวม จะเห็นว่า หลังจากเก็บผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผู้ทดสอบยังให้คะแนนความชอบในเกณฑ์ที่ดี (>7 คะแนน) และเป็นค่าคะแนนที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับคะแนนของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เริ่มเก็บ ส่วนระดับความชอบในด้านกลิ่นนั้น พบว่า สัปดาห์ที่ 4 ผู้ทดสอบมีความชอบในด้านกลิ่นลดลง เนื่องจากเริ่มมีกลิ่นผิดปกติในระหว่างการเก็บ ทั้งนี้อาจเกิดจากความร้อนในการพาสเจอไรซ์มีผลในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ volatile components ทำให้เกิดสารออกซิไดซ์ที่มีกลิ่นขึ้น (Kuo et al., 1985) และกลิ่นของผลิตภัณฑ์อาจถูกดูดซับไว้ในตะกอน

4.6 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

การพิจารณาคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น จะใช้การเปรียบเทียบกับค่าปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน สำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (ค่า Thai RDI) ซึ่งกำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ (กระทรวงสาธารณสุข, 2541) โดยกำหนด 1 หน่วยบริโภคของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 200 ml เมื่อคำนวณพลังงานที่ได้จากผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น 1 หน่วยบริโภค ให้พลังงานทั้งหมด 100 กิโลแคลอรี ซึ่งได้จากโปรตีน 2.8 กรัม และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 24 กรัม

เมื่อหาชนิดและปริมาณ total amino acids ในผลิตภัณฑ์ ด้วย HPLC โดยการส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ ได้ผลดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 ชนิดและปริมาณ amino acids ในผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่พัฒนาขึ้น

Amino acids	mg/100ml *	Amino acids	mg/100ml *
Aspartic acid	185.15	Proline	139.37
Serine	100.57	Tyrosine	53.33
Glutamic acid	322.60	Valine	85.53
Glycine	38.25	Lysine	116.54
Histidine	34.15	Isoleucine	73.50
Arginine	86.30	Leucine	159.97
Threonine	91.68	Phenylalanine	69.47
Alanine	78.84		

(* ปริมาณ amino acid ได้จากการคำนวณพื้นที่ใต้ chromatogram ในรูป ฉ1)

ข้อมูลในตารางที่ 4.33 ชี้ให้เห็นว่า เวย์โปรตีนเข้มข้นที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์นั้นเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี ประกอบด้วย essential amino acids หลายชนิด ซึ่ง Zadow (1992) ได้รายงานว่าเวย์โปรตีนมีค่า PER, NPU และ BV สูงกว่าหรือเทียบเท่าโปรตีนจากแหล่งอื่น ร่างกายสามารถย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย นอกจากนี้ยังประกอบด้วย branched chain amino acid (BCAAs) ได้แก่ leucine, isoleucine และ valine ซึ่งมีรายงานว่าสามารถลดการเสื่อมเสียของ

กล้ามเนื้อในระหว่างออกกำลังกายได้ (Ha and Zemel, 2003) ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มประเภท sport drink จึงนิยมใช้เวย์โปรตีนเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์

สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณ essential amino acids ในผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นกับค่าประมาณความต้องการ essential amino acids ที่ควรได้รับประจำวันขององค์การอนามัยโลกสำหรับผู้ใหญ่ แสดงในตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.34 ปริมาณ essential amino acids ในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น 1 หน่วยบริโภค (200 ml) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าประมาณความต้องการ essential amino acids ที่ควรได้รับประจำวันสำหรับผู้ใหญ่โดยองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO)

กรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์ (mg/ 1 หน่วยบริโภค)	ค่าประมาณความต้องการขององค์การอนามัยโลก (mg/นน.ตัว 50 kg)	% เปรียบเทียบกับค่าประมาณความต้องการขององค์การอนามัยโลก
Isoleucine	147	500	29.4
Leucine	319.94	700	45.71
Lysine	233.08	600	38.97
Methionine และ Cystine	NA	650	-
Phenylalanine และ Tyrosine	245.6	700	35.09
Threonine	183.36	350	52.39
Tryptophan	NA	175	-
Valine	171.06	500	34.21
Histidine	68.3	500	13.66

NA หมายถึง not available

ผลจากตาราง 4.34 ชี้ให้เห็นว่า เมื่อบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสที่พัฒนาขึ้น 1 หน่วยบริโภค จะได้รับปริมาณ essential amino acids ที่มีอยู่มากกว่า 20% ของความต้องการ essential amino acids ที่ควรได้รับประจำวันขององค์การอนามัยโลก จึงเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างจากน้ำผลไม้ที่วางจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด ซึ่งเป็นการเพิ่ม

ทางเลือกให้กับผู้บริโภค โดยเฉพาะกลุ่มที่มีความเข้าใจเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของอาหารและเครื่องดื่มได้เป็นอย่างดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาหาสูตรและสภาวะในการผลิตน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ได้กำหนดสูตรเบื้องต้น โดยแปรปริมาณน้ำเสาวรส 20 และ 25% (v/v) แปรปริมาณเวย์โปรตีนเข้มข้น (WPC35) 4, 6 และ 8%(w/v) และเติมน้ำตาลทราย 10% (w/v) พบว่า สูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด คือ สูตรที่มีปริมาณน้ำเสาวรส 25% WPC35 4% และน้ำตาลทราย 10% ซึ่งผลิตภัณฑ์ในสูตรนี้มีระดับความเข้มสีเหลือง รสเปรี้ยว และกลิ่นรสเสาวรส สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และมีกลิ่นรสเวย์ และรสหวาน ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมีอนุภาคขนาดเล็กแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้จะเกิดการตกตะกอนแยกชั้น จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้สารให้ความคงตัวเพื่อช่วยยับยั้งการแยกชั้นในเครื่องดื่ม โดยแปรปริมาณ low methoxyl pectin เป็น 0.1, 0.3 และ 0.5% (w/v), แปรปริมาณ xanthan gum เป็น 0.03, 0.06 และ 0.09% (w/v) และแปรปริมาณ guar gum เป็น 0.05, 0.10 และ 0.15% (w/v) พบว่า เมื่อเติม low methoxyl pectin ในปริมาณ 0.5% (w/v) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า cloud stability และปริมาตรสารแขวนลอย สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และยังได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อได้สูตรที่เหมาะสมแล้วจะพาสเจอไรซ์ผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีพาสเจอไรซ์ทั้งบรรจุภัณฑ์ โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ 700 ml ลงในขวดแก้วใสขนาด 725 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว บรรจุให้เหลือ head space ประมาณ 1 นิ้ว ปิดฝา จากนั้นให้ความร้อนโดยแปรอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางขวด 4 ระดับ คือ 70, 75, 80 และ 85 °C แปรเวลา 2 ระดับ คือ 3 และ 5 นาที พบว่า การพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 5 นาที สามารถทำลายเซลล์แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ได้ทั้งหมด ผลิตภัณฑ์มีค่า a* และ b* สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองส้มมากขึ้น) ส่วนค่า cloud stability ปริมาตรสารแขวนลอย และปริมาณวิตามินซี ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดี

ในการศึกษาหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4-8 °C พบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บอย่างน้อย 4 สัปดาห์ และในระหว่างการเก็บ ค่า cloud stability ปริมาตรสารแขวนลอย และปริมาณวิตามินซี ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี รส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ส่วนความชอบ

ด้านกลิ่นลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น 1 หน่วยบริโภค (200 ml) ให้พลังงานทั้งหมด 100 กิโลแคลอรี ซึ่งได้จากโปรตีน 2.8 g คาร์โบไฮเดรต 24 g นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังประกอบด้วย essential amino acids ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างไปจากน้ำผลไม้ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการใช้น้ำเวย์ที่ได้จากกระบวนการผลิตเนยแข็งภายในประเทศ มาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ เพื่อลดต้นทุนการผลิตและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตพลอยได้นี้อีกด้วย รวมทั้งศึกษาการใช้น้ำผลไม้ชนิดอื่นๆ มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เสริมเวย์โปรตีนเพื่อเพิ่มทางเลือกในการใช้วัตถุดิบ ได้เครื่องดื่มที่แปลกใหม่ และมีคุณภาพดี

2. ในการวิจัยครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า cloud stability ของผลิตภัณฑ์ลดลงในขณะพาสเจอไรซ์และระหว่างการเก็บค่อนข้างมาก การเก็บผลิตภัณฑ์ในขวดแก้วใส จะทำให้มองเห็นการแยกชั้นระหว่างส่วนใสและส่วนขุ่นของตะกอนได้อย่างชัดเจน จึงควรมีการศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ที่สามารถปิดบังการแยกชั้นของตะกอนได้ เช่น ขวดแก้วมีสี กล่องกระดาษลามิเนตหรือกระป๋องโลหะ แล้วเขียนคำแนะนำข้างบรรจุภัณฑ์ว่า “ควรเขย่าก่อนดื่ม” นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่า การใช้สารให้ความคงตัวเพียงชนิดเดียวไม่สามารถรักษา cloud stability ของผลิตภัณฑ์ได้ 100% ดังนั้นจึงควรศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวต่างชนิดร่วมกันเพื่อเสริมฤทธิ์กันในการรักษา cloud stability ของผลิตภัณฑ์ เช่น การใช้ xanthan gum ร่วมกับ guar gum

3. ในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ปริมาณวิตามินซีในน้ำเสาวรสลดลงค่อนข้างมาก จึงควรมีการศึกษาการเติมวิตามินซีลงในผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยการพาสเจอไรซ์แบบ hot filling และเติมวิตามินซีหลังการพาสเจอไรซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกียรติภูมิ แก้วสว่าง. 2545. การรักษาเสถียรภาพความขุ่นในน้ำส้มเขียวหวาน *Citrus reticulate* Blanco. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จารุตม์ บรรเจิดประยูร. 2532. การปรับปรุงคุณภาพของเครื่องดื่ม แยม และเยลลีจากเสาวรส. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทนง ภัครัชพันธุ์. 2524. อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธงชัย เนมขุนทด. 2531. แพสชันฟรุท. กรุงเทพมหานคร: เรืองแสงการพิมพ์.

ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2531. น้ำเสาวรส:น้ำผลไม้ของโลกเขตร้อน. วารสารอาหาร 18: 165-177.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2538. การฝึกอบรมหลักสูตรการแปรรูปผลผลิตการเกษตรให้แก่เจ้าหน้าที่ศูนย์แปรรูปผลิตการเกษตรในโครงการพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (2 ต.ค. – 20 ต.ค. 2538). กรุงเทพมหานคร: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สาธารณสุข, กระทรวง. 2541. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ.2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

สาธารณสุข, กระทรวง. 2543. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 214) พ.ศ.2543 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

สุมาลี เหลืองสกุล. 2539. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

อมร ภูมิรัตน. 2523.น้ำผลไม้และเครื่องดื่มประเภทไม่มีแอลกอฮอล์ (ตอนที่1). วารสารอาหาร 12: 1-7.

อาภัสรา แสงรุ่งเรือง. 2531. คุณภาพของผลแพสชันฟรุทในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน สำหรับน้ำเสาวรส (มผช 276/2547). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Vol.2. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.

Ashurst, P. R. 2005. Chemistry and Technology of Soft Drink and Fruit Juices. 2nd ed. UK: Blackwell.

Baker, R. A., and Bruemmer, J. H. 1973. Protease and pectase additive to citrus juice. United States Patent 3754932.

Baker, R. A., Crandall, P. G., Davis, K.. C., and Wicker, L. 1991. Calcium supplementation and processing variable effects on orange juice quality. J. Food Sci. 56: 1369-1371.

Barrett, D. M., Somogyi, L. and Hosahalli, R. 2005. Processing Fruits: Science and Technology. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press.

Bordenave-Juchereau, S., Almeida, B., Piot, J., and Sannier, F. 2005. Effect of protein concentrate, pH, lactose content and pasteurization on thermal gelation of acid caprine whey protein concentrates. J. Dairy Res. 72: 34-38.

Brennan, J.G., Butter, J.R., and Cowell, N.D. 1976. Food Engineering Operations. 2nd ed. London: Applied Science.

Bylund, G. 1995. Dairy Processing Handbook. Lund: Tetra Pak

Casimir, J. D., Kefford, J.F., and Whitfield, F.B. 1981. Technology and flavour chemistry of passion fruit juice and concentrates. Adv. in Food Res. 27: 243-295.

Cereda,E., Cereda, M. P., Brazil, M. A. M., and Lima, U. A. 1976. Preservation of yellow passion fruit for utilization. Acta Horticulture. 57: 145-150. (FSTA(1978) 10: 1J 103)

Chan, H. T. 1978. The composition and flavour qualities of passion fruit. Abtracts of Paper, American Chemical Society. 176, AGFD44. (FSTA(1979) 11: 2J 289.)

Chopra, R. and Gandhi, D. N. 1990. Effect of stabilizers on the control of whey separation in fermented beverages prepared from sweet cream buttermilk. J. Food Sci Technol. 27: 182-183.

Cochran, W. C., and Cox, G. M. 1992. Experimental Designs. 2nd ed. New York:John Wiley & Sons.

Duckworth, R. B. 1966. Fruit and Vegetables. London: Pergamon Press.

Engel, K. H., and Tress, R. 1983. Differentiation of yellow and purple passion fruit by investigation of their ester composition. Chemie Mikrobiologle Technologic der Lebensmittel. 8: 33-39. (FSTA(1984) 16: 7 J 1208.)

Engelbrecht, J. 1991. Gas uptake and removal during the manufacture of fruit and vegetable juice. Lebensmitteltechnik. 23: 557-558.

Etzel, M. R. 2004. The emerging role of dairy protein and bioactive peptide in nutrition and health : Manufacture and use of dairy protein fractions. J. Nutr. 134: 996-1002.

Fachin, L., and Viotto, W. H. 2005. Effect of pH and heat treatment of cheese whey on solubility and emulsifying properties of whey protein concentrate produced by ultrafiltration. International Dairy J. 15: 325-332.

Fennema, O. R. 1996. Food Chemistry. 3rd ed. New York: Marcel Dekker.

Genovese, D. B., and Lozano, J. E. 2000. Effect of cloud particle characteristics on the viscosity of cloudy apple juice. J. Food Sci. 65: 641-645.

Goodner, J. K., Braddock, R. J., and Parish, M. E. 1998. Inactivation of pectinesterase in orange and grape fruit juice by high pressure. J. Agric. Food chem. 46: 1997-2000.

Graham, H. D. 1977. Food Colloids. Westport, Connecticut: AVI.

Ha, E., and Zemel, M. B. 2003. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids : Mechanisms underlying health benefits for active people. J. Nutr. Biochem. 14: 251-258.

Harrigan, W. F., and McCance, M. E. 1976. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. London: Academic Press.

Henning, D. R., Baer, R. J., Hassan, A. N., and Dave, R. 2006. Major advances in concentrated and dry milk products, cheese, and milk fat based spreads. J. Dairy Sci. 89: 1179-1188.

Holsinger, V. H., Posaft, L. P., and Devilbiss, E. D. 1974. Whey beverages. J. Dairy Sci. 57: 849-859.

Huffman, L. M. 1996. Processing whey protein for use as a food ingredient. Food Technol. 50: 49-52.

Huor, S. S., Ahmed, E. M., Carter, R.. D., and Huggart, R. L. 1980. Color and flavor qualities of white grapefruit: Watermelon juice mixture. J. Food Sci. 45: 1419-1421.

Ishihata, K., Havashi, M., and Takeda, M. 1984. Improvement of fruit set and fruit quality by the artificial pollination in purple passion fruit, *Passiflora edulis* Sim. Bulletin of Facultry of Agriculture, Kagoshima University. 34: 9-16. (FSTA(1985) 17: 9 J 43.)

Jagendra, P. 1980. Pectin and oil from passion fruit waste. Fiji Agric. J. 42: 45-48. (FSTA(1981) 13: 11 J 1783.)

Jayaprakasha, H. M., and Brueckner, H. 1999. Whey protein concentrate: A potential functional ingredient for food industry. J. Food Sci. Technol. 36: 189-204.

Kimball, D. A. 1999. Citrus Processing: A Complete Guide. 2nd ed. Gaithersburg, Md: Aspen.

Kosikowski, F. V. 1968. Nutrition beverage from acid whey powder. J.Dairy Sci. 51: 1299-1301.

Kuo, M., Chan, S., Wu, C., and Chan, C. 1985. Change in volatile components of passion fruit juice as affected by centrifugation and pasteurization. J. Food Sci. 50: 1208-1210.

Landgraf, H. 1978. Cultivation and processing of passion fruit in Brazil. Flussiges Abst : 45: 226-231. (FSTA(1979) 11: H 139.)

Larmond, E. 1982. Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food. Ottawa: Canada Department of Agriculture, Research Branch.

Li-Chan, E. 1983. Heat-induced changes in the proteins of whey protein concentrate. J. Food Sci. 48: 47-56.

Lipitoa, S., and Robertson, G. L. 1977. The enzymatic extraction of juice from yellow passion fruit pulp. Trop. Sci. 19: 105-112.

Morr, C. V., and Foegeding, E. A. 1990. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates: A status report. Food Technol. 44: 100-113.

Nelson, F. E., and Brown, W. C. 1969. Whey utilization in fruit juice drinks. J. Dairy Sci. 52: 900.

Nelson, P. E., and Tressler, D. K. 1980. Fruit and Vegetable Juice Processing Technology. 3rd ed. Westport, Connecticut: AVI.

Nussinovitch, A. 1997. Hydrocolloid Applications: Gum Technology in the Food and Other Industries. London: Blackie Academic & Professional.

O'Carroll, P. 1997. Nutrition beverage. Food Ingred. and Anal. Int. 21: 19-23.

Okoth, M. W., Kaahwa, A. R., and Imungi, J. K. 2000. The effect of homogenisation, stabilizer and amylase on cloudiness of passion fruit juice. J. Food Control. 11: 305-311.

Padival, R. A., Rangana, S., and Manjrekar, S. P. 1980. Cloud stabilization in citrus beverages by low methoxyl pectin. Food Technol. 34: 25-34.

Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Foods. 7th ed. New York: Churchill Livingston.

Pelegrine, D. H. G., and Gasparetto,C. A. 2005. Whey protein solubility as function of temperature and pH. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 38: 77-80.

Potter, N. N. 1978. Food Science. 3rd ed. Westport, Connecticut: AVI.

Pruthi, J. S., and Gridhari, L. 1955. Technological aspects of manufacture of passion fruit juice and squash. Chemical Agric. (India). 6: 39-48.

Rangana, G. M. 1978. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products. 2nd ed. New Delhi: McGraw-Hill.

Robinson, R. K. 1994. Modern Dairy Technology. 2nd ed. London: Chapman & Hall.

Sapers, G. M. 1993. Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants and other means. Food Technol. 47: 75-84.

Schmidt, R. H., Illingworth, B. L., Deng, J. C. and Cornell, J. A. 1979. Multiple regression and response surface analysis of the effects of calcium chloride and cysteine on heat-induced whey protein gelation. J. Agric. Food Chem. 27: 529-532.

Sgarbieri, C. V. 2004. Physiological-functional properties of milk whey proteins. Rev. Nutr. 17: 397-409.

Shomer, I. 1991. Protein coagulation cloud in citrus fruit extact. 1. Formation of coagulates and their bound pectin and neutral sugars. J. Agric. Food Chem. 39: 2263-2266.

Sikorski, Z. E. 2001. Chemical & Functional Properties of Food Proteins. Lancaster: Technomic.

Spencer, K. C., and Seigler, D. S. 1983. Cyanogenesis of *Passiflora edulis*. J. Agric. Food Chem. 31: 794-796.

Sreekantiah, K. R., Jaleel, S. A., and Rao, T. N. R. 1968. Preparation of fruit juice by enzyme processing. J. Food Sci. Technol. 5: 129-132.

Tressler, D. K., and Joslyn, M. A. 1971. Fruit and Vegetable Juice Processing Technology. Westport, Connecticut: AVI.

USDEC. 2004. Products, Definition, Composition and Functions: Reference Manual for U.S. Whey and Lactose Products. United States Dairy Expert Council.

Varnam, A. H., and Sutherland, J. P. 1994. Milk and Mlik Products: Technology, Chemistry and Microbiology. New York: Chapman & Hall.

Vera, E., Dornier, M., Ruales, J., Vaillant, F., and Reynes, M. 2003. Comparison between different ion exchange resins for the deacidification of passion fruit juice. J. Food Eng. 57: 199-207.

Versteeg, C., Rombouts, F. M., Spaansen, C. H., and Pilnik, W. 1980. Thermal stability and orange juice cloud destability properties of multiple pectinesterase from orange. J. Food Sci. 45: 969-971.

Webb, B. H. 1970. By Products from Milk. Westport, Connecticut: AVI.

Whistler, R.. L. 1973. Industrial Gums: Polysaccharides and Their Derivatives. New York: Academic Press.

Woodroof, J. G., and Luh, B. S. 1975. Commercial Fruit Processing. Westport, Connecticut: AVI.

Yada, R. Y. 2004. Proteins in Food Processing. Cambridge: Woodhead Publishing.

Yen, G. C., and Song, T. Y. 1998. Characteristics of clouding substances in guava puree. J. Agric. Food Chem. 46: 3435-3439.

Zadow, J. G. 1992. Whey and Lactose Processing. London: Elsevier Applied Science.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

ก. 1 การวัดสีด้วยเครื่อง Minolta Chromameter (CR 300)

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่อง โดยเลื่อนสวิทซ์ power on พร้อมกับกดปุ่ม all data clear
2. กดปุ่ม index set
3. กดเลือกแหล่งแสง C (CIE Standard luminant C) แล้วกดปุ่ม enter
4. กดเลือก calibrate เพื่อป้อนค่า Y x y ตามแหล่งแสงจากแผ่น calibrate
5. วางหัววัดลงบนแผ่น calibrate กดปุ่ม measureแล้วรอจนเกิดการ reflect ของแสงครบ 3 ครั้ง
6. กดปุ่ม color space select เพื่อเลือกระบบสีที่ต้องการเป็น L*, a*, b*
7. วัดสีของตัวอย่างโดยวางหัววัดลงบนอุปกรณ์เสริม CRA-70 ซึ่งบรรจุตัวอย่างอยู่ กดปุ่ม measure และอ่านค่าที่ได้

ก. 2 การวัด cloud stability (ดัดแปลงจากวิธีของ Okoth และคณะ, 2000)

1. ปิเปตตัวอย่าง 50 ml ใส่ในหลอดเหวี่ยง
2. หมุนเหวี่ยงที่ 10000 x g อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที
3. เทส่วนใส (supernatant) มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 660 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Milton Roy, Spectronic 610) แล้วรายงานค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเป็นค่า cloud stability ถ้าตัวอย่างมีค่าการดูดกลืนแสงเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวอย่างมี cloud stability ที่ดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ข. 1 การวิเคราะห์หาปริมาณกรด (titratable acidity) ในรูป citric acid (ดัดแปลงจาก A.O.A.C. 1995)

สารเคมี

1. สารละลาย phenolphthalein indicator

   ชั่ง phenolphthalein 0.05 g ละลายใน ethyl alcohol 95% ปริมาตร 50 ml เติม sodium hydroxide 0.1 N ทีละหยดจนหยดแรกให้สีชมพู แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 ml

2. สารละลาย sodium hydroxide 0.1 N

   ชั่ง sodium hydroxide ประมาณ 4 g ละลายในน้ำกลั่น 1000 ml แล้วนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน โดยไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน potassium hydrogen phthalate (KHP) ใช้สารละลาย phenolphthalein เป็น indicator

   $$\text{ความเข้มข้นของ NaOH (N)} = \frac{\text{g ของ KHP x ml ของ KHP}}{\text{ml ของ NaOH x 204.229}}$$

3. สารละลายมาตรฐาน potassium hydrogen phthalate(KHP)

   ชั่งน้ำหนัก KHP ซึ่งผ่านการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 0.7–0.9 g ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอน ละลายในน้ำกลั่น 50 ml

วิธีการทดลอง

1. ปิเปตน้ำเสาวรสตัวอย่าง 1 ml ใส่ใน flask ขนาด 250 ml เติมน้ำกลั่น100 ml
2. หยดสารละลาย phenolphthalein 2-3 หยด
3. ไตเตรทด้วยสารละลาย sodium hydroxide ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว จนถึงจุดยุติ ซึ่งสารละลายมีสีชมพูอ่อน
4. คำนวณ titratable acidity ในรูป citric acid จากสูตร

   $$\text{ปริมาณกรดซิตริก (\%)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH x ml ของ NaOH x 0.07 x 100}}{\text{ml ของตัวอย่าง}}$$

   (Factor : citric acid monohydrate = 0.07)

ข. 2 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี โดยใช้ spectroscopic method (Pearson, 1976)

สารเคมี

1. สารละลาย oxalic acid 0.4%
   ชั่ง oxalic acid 4 g ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 ml
2. สารละลาย 2,6-dichlorophenolindophenol 0.0012%
   ชั่ง 2,6-dichloroindophenol 0.0012 g ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ml
3. สารละลาย ascorbic acid 0.1%
   ชั่ง ascorbic acid 0.1 g ละลายในสารละลาย oxalic acid 0.4% แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ml
4. สารละลาย ascorbic acid 1, 2, 3 และ 4 mg/100ml
   ปิเปตสารละลาย ascorbic acid 0.1% มา 1, 2, 3 และ 4 ml แล้วปรับปริมาตรด้วย oxalic acid 0.4% ให้เป็น 100 ml

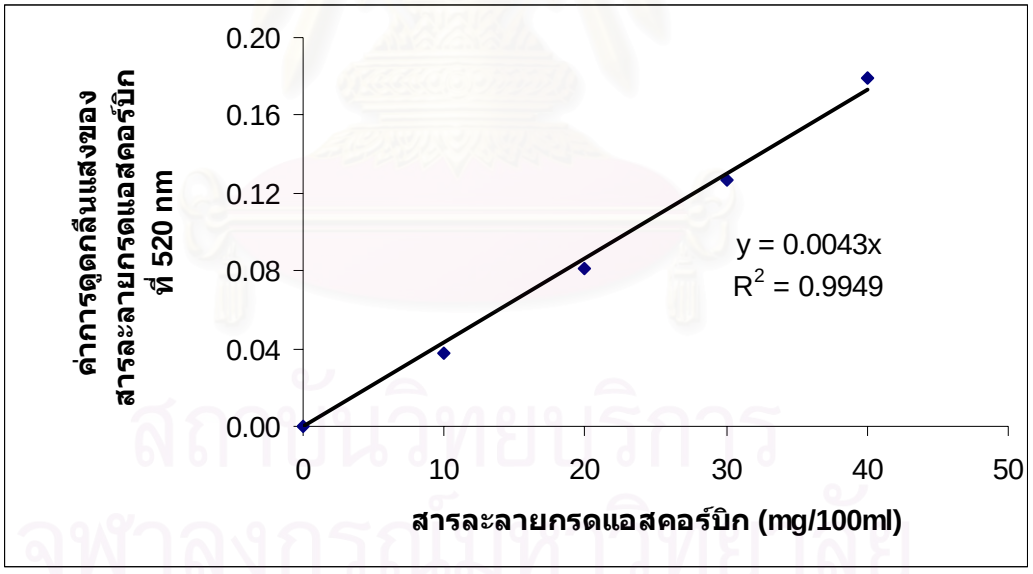
วิธีการทดลอง

1. เจือจางตัวอย่างลง 10 เท่าด้วยสารละลาย oxalic acid 0.4%
2. ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางแล้วมา 1 ml เติมน้ำกลั่น 9 ml ปรับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm เป็นศูนย์
3. ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางแล้วมา 1 ml เติมสารละลาย 2,6-dichloroindophenol 0.0012% 9 ml แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm ภายในเวลา 15 วินาที อ่านค่าการดูดกลืนคลื่นแสงเป็นค่า L_X
4. คำนวณค่า $L_1 - L_X$ (L_1 คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ blank) แล้วอ่านค่าความเข้มข้นของวิตามินจาก calibration curve จะได้ความเข้มข้นของวิตามินซีในตัวอย่างก่อนเจือจาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสร้าง calibration curve ทำโดยการนำสารละลาย ascorbic acid 1, 2, 3 และ 4 mg/100ml มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm ตามขั้นตอนดังนี้

1. ปรับค่าการดูดกลืนแสงให้เท่ากับศูนย์ด้วยน้ำกลั่น
2. ปิเปตสารละลาย oxalic acid 0.4% มา 1 ml เติมสารละลาย 2,6-dichloroindophenol 0.0012% 9 ml แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm ภายในเวลา 15 วินาที อ่านค่าการดูดกลืนคลื่นแสงเป็นค่า L_1 (blank)
3. ปิเปตสารละลาย ascorbic acid 1, 2, 3 และ 4 mg/100ml มา 1 ml เติมน้ำกลั่น 9 ml ใช้ปรับค่าการดูดกลืนแสงเป็นศูนย์ ตามลำดับ
4. ปิเปตสารละลาย ascorbic acid 1, 2, 3 และ 4 mg/100ml มา 1 ml เติมสารละลาย 2,6-dichloroindophenol 0.0012% 9 ml แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm ภายในเวลา 15 วินาที อ่านค่าการดูดกลืนแสงเป็นค่า L_2, L_3,L_4 และ L_5 ตามลำดับ
5. เขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย ascorbic acid กับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ascorbic acid ซึ่งหักลบกับค่า L_1 แล้ว ($L_1 - L_2$, $L_1 - L_3$, $L_1 - L_4$, $L_1 - L_5$) ตามลำดับ



รูปที่ ข. 1 Calibration curve ของสารละลาย ascorbic acid

ข. 3 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl method (A.O.A.C. 1995)

อุปกรณ์

1. Gerhardt Micro-Kjeldahl Digestion Unit
2. ชุดเครื่องกลั่น
3. Digestion flask

สารเคมี

1. สารละลาย boric acid 4%
2. สารละลาย hydrochoric acid 0.1 N
3. สารละลาย sodium hydroxide ความเข้มข้น 40%
4. สารละลาย sulfuric acid เข้มข้น
5. คะตะลิสต์ (Selenium reagent mixture)
4. สารละลาย bromocresol green indicator
   ชั่ง methyl red และ bromocresol green ร้อยละ 1:5 ละลายใน ethyl alcohol 95% ให้ได้ความเข้มข้น 0.1%

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 5 ml ใส่ในหลอดย่อย (digestion flask) ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างควบคู่ไปด้วย
2. เติมคะตะลิสต์ 1 g และสารละลาย sulfuric acid เข้มข้น 20 ml
3. ย่อยบนเตาย่อยจนได้ของเหลวสีเขียวใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. เทสารละลาย boric acid 4% ลงใน flask ขนาด 250 ml จำนวน 25 ml เติม bromocresol green 2-3 หยด แล้วนำ flask ดังกล่าวต่อเข้ากับส่วนปลายของ condenser ของเครื่องกลั่น
5. ต่อหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วเข้ากับเครื่องกลั่น เติมน้ำกลั่น 50 ml และ sodium hydroxide ความเข้มข้น 40% 20 ml
6. กลั่นตัวอย่าง แล้วนำสารที่กลั่นได้ทั้งหมดมาไตเตรทด้วยสารละลาย hydrochoric acid 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติจากสารละลายสีเขียวเป็นสีชมพูแดง

7. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจน และปริมาณโปรตีน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%) = $\frac{\{(Va - Vb)N \times 14/100\}}{g \text{ ของตัวอย่าง}} \times 100$

ปริมาณโปรตีน (%) = % ไนโตรเจน x CF

กำหนดให้

Va = ปริมาณของ hydrochoric acid ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

Vb = ปริมาณของ hydrochoric acid ที่ใช้ไตเตรท blank

N = ความเข้มข้นของ hydrochoric acid ที่ใช้ไตเตรท

CF = conversion factor สำหรับเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นโปรตีน

โดยงานวิจัยนี้ใช้ conversion factor เท่ากับ 6.38 เนื่องจากโปรตีนที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เป็นโปรตีนจากน้ำนม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

วิธีตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

ค. 1 การหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ Harrigan และ McCance (1976)

อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar

ชั่ง plate count agar 23.5 g ละลายในน้ำร้อน 1000 ml บรรจุลงใน flask ปิดปากขวดด้วยสำลี นำมาฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ 121 °C ความดัน 15 lb/in^2 เป็นเวลา 15 นาที

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลายเจือจางของตัวอย่าง ที่ dilution 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3} ด้วย peptone 0.1% ที่ปลอดเชื้อ
2. ปิเปตสารละลายเจือจางที่ dilution ต่างๆ 1 ml ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ dilution ละ 3 จาน เท plate count agar (อุณหภูมิ 40-45 °C) ลงในจานเลี้ยงเชื้อประมาณจานละ 15-20 ml หมุนจานไปมาเพื่อให้สารละลายเจือจางของตัวอย่าง และ plate count agar ผสมกันให้ทั่ว ทิ้งให้แข็งตัว
3. บ่มจานเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 °C นาน 2-3 วัน ตรวจนับเชื้อแบคทีเรียแล้วรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 ml

ค. 2 การหาปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีของ Harrigan และ McCance (1976)

อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar

1. ชั่ง potato dextrose agar 39.0 g ละลายในน้ำร้อน 1000 ml บรรจุลงใน flask ปิดปากขวดด้วยสำลี นำมาฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ 121 °C ความดัน 15 lb/in^2 เป็นเวลา 15 นาที ปรับ pH ด้วยสารละลาย tartaric acid ปลอดเชื้อ ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1.6 ml ต่อ potato dextrose agar 100 ml เทลงในจานเลี้ยงเชื้อประมาณจานละ 15-20 ml ทิ้งให้แข็งตัว

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลายเจือจางของตัวอย่าง ที่ dilution 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3} ด้วย peptone 0.1% ที่ปลอดเชื้อ
2. ปิเปตสารละลายเจือจางที่ dilution ต่างๆ 0.1 ml ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ dilution ละ 3 จาน แล้วใช้แท่งแก้วรูปตัว L ที่จุ่มแอลกอฮอล์และลนไฟแล้ว เกลี่ยสารละลายเจือจางของตัวอย่างให้กระจายทั่วผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ
3. บ่มจานเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 °C นาน 2-3 วัน ตรวจนับเชื้อแบคทีเรียแล้วรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 ml

ค. 3 การหาปริมาณโคลิฟอร์ม (A.O.A.C. 1995)

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลายเจือจางของตัวอย่าง ที่ dilution 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3} ด้วย peptone 0.1% ที่ปลอดเชื้อ แล้วปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ด้วย สารละลาย NaOH เข้มข้น 1 N
2. ปิเปตสารละลายเจือจางที่ dilution ต่างๆ 1 ml ลงบนแผ่นเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (3M Petrifilm™ E. coli/Coliform Count) dilution ละ 3 แผ่น แล้วใช้ spreader ด้านเรียบคว่ำหน้าลงสัมผัสแผ่นฟิล์มแผ่นบน ให้ส่วนวงกลมครอบบริเวณตัวอย่าง ใช้นิ้วกดตรงกลางแผ่น spreader จนเห็นตัวอย่างกระจายทั่วบริเวณวงกลม ทิ้งให้เนื้อเจลแข็งตัว
3. บ่มแผ่นเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่อุณหภูมิ 35-37 °C นาน 2-3 วัน ตรวจนับเชื้อแบคทีเรียแล้วรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 ml

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

วิธีคัดเลือกและฝึกฝนผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

การคัดเลือก

คัดเลือกผู้ทดสอบที่คุ้นเคยและชอบบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้พร้อมดื่ม โดยพิจารณาตามความสมัครใจ จากบุคลากรและนิสิตในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จำนวน 20 คน

การฝึกฝน

1. แปรสี กลิ่นรสเสาวรส กลิ่นรสเวย์โปรตีน และความขุ่น ประเมินคุณภาพโดยใช้แบบทดสอบ Triangle จำนวน 10 ครั้ง คัดเลือกผู้ทดสอบที่ประเมินความแตกต่างของสมบัติดังกล่าวนี้ได้ถูกต้องมากที่สุดจำนวน 10 คน เป็นผู้ทดสอบตลอดการทดลอง

2. สร้างความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น โดยผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการคัดเลือก 10 คน จะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์คนละ 30 ml เพื่อใช้ในการประชุมกลุ่ม จากนั้นอภิปรายลักษณะต่างๆ ที่สามารถรับรู้ได้ ในด้านลักษณะปรากฏ รส กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส นำคำศัพท์ที่ใช้อธิบายลักษณะผลิตภัณฑ์ของทุกคนมาอภิปรายร่วมกันและพิจารณาระดับความเข้มของตัวอย่างในแต่ละด้าน เพื่อกำหนดคำศัพท์ที่ใช้ในการอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบทุกคนมีความเข้าใจตรงกัน โดยมีการกำหนดสิ่งอ้างอิงในแต่ละลักษณะ ซึ่งสิ่งอ้างอิงจะใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หรือส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ที่ระดับความเข้มน้อยที่สุดและมากที่สุดของแต่ละลักษณะ เพื่อให้ผู้ทดสอบแยกความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น แล้วฝึกผู้ทดสอบแต่ละคนให้คุ้นเคยกับความเข้มแต่ละระดับของลักษณะทางประสาทสัมผัส และทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบโดยการให้คะแนนความเข้มแต่ละลักษณะ เมื่อผู้ทดสอบคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์แล้วจึงให้ลองประเมินตัวอย่างที่มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ทดสอบสามารถประเมินความแตกต่างแต่ละด้านของตัวอย่างได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ ง1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์จากการสนทนากลุ่ม คำศัพท์ที่ใช้อธิบาย ความหมาย และเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาระดับความเข้มของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	คำศัพท์ที่ใช้อธิบาย	ความหมายที่ทำให้เข้าใจตรงกัน หรือสิ่งอ้างอิง	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาระดับความเข้ม 0-10 คะแนน
ลักษณะปรากฏ			
สี	สีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่มองด้วยตาเปล่า คือ สีเหลือง	สีมาตรฐานจาก Munsell book	สีขาว = 0 สีเหลืองอ่อน = 5 สีเหลืองเข้ม = 10
ความขุ่น	ความขุ่นของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากอนุภาคสารแขวนลอย	ผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสที่เติม WPC35 0, 5 และ 10%	ใส = 0 ขุ่นปานกลาง = 5 ขุ่นมาก =10
รส			
รสเปรี้ยว	รสเปรี้ยวจากกรดซิตริก	สารละลายกรดซิตริก 0, 0.05 และ 0.1%	สารละลายกรดซิตริก 0% คือ ไม่มีรสเปรี้ยว = 0 สารละลายกรดซิตริก 0.05% คือ เปรี้ยวปานกลาง = 5 สารละลายกรดซิตริก 0.1% คือ เปรี้ยวมาก =10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	คำศัพท์ที่ใช้อธิบาย	ความหมายที่ทำให้เข้าใจตรงกัน หรือสิ่งอ้างอิง	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาระดับความเข้ม 0-10 คะแนน
รสหวาน	รสหวานจากน้ำตาลซูโครส	สารละลายน้ำตาลซูโครส 0, 5 และ 10%	สารละลายน้ำตาลซูโครส 0% คือ ไม่มีรสหวาน = 0 สารละลายน้ำตาลซูโครส 5% คือหวานปานกลาง = 5 สารละลายน้ำตาลซูโครส 10% คือ หวานมาก =10
กลิ่นรส			
กลิ่นรสเสาวรส	กลิ่นของน้ำเสาวรสที่สกัดจากผลเสาวรสมาใหม่ๆ	น้ำเสาวรสที่สกัดมาใหม่ๆ	น้ำเสาวรสที่สกัดมาใหม่ๆ คือ มีกลิ่นรสเสาวรสมาก = 10
กลิ่นรสเวย์	กลิ่นรสของเวย์โปรตีน	สารละลาย WPC35 0, 5 และ 10%	สารละลาย WPC35 0% คือ ไม่มีกลิ่นรสเวย์ = 0 สารละลาย WPC35 5% คือ มีกลิ่นรสเวย์ปานกลาง = 5 สารละลาย WPC35 10% คือ มีกลิ่นรสเวย์มาก =10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	คำศัพท์ที่ใช้อธิบาย	ความหมายที่ทำให้เข้าใจตรงกัน หรือสิ่งอ้างอิง	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาระดับความเข้ม 0-10 คะแนน
เนื้อสัมผัส			
mouthfeel	ความรู้สึกภายในปากว่าผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสข้นและมีสารเคลือบอยู่ที่ลิ้น	ผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสที่มี WPC35 0, 5 และ 10%	ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติม WPC35 คือ ไม่มี mouthfeel = 0 ผลิตภัณฑ์ที่มี WPC35 5% คือ มี mouthfeel ปานกลาง = 5 ผลิตภัณฑ์ที่มี WPC35 10% คือ มี mouthfeel มาก = 10
ความหนืด	ความหนืดของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีน	ผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสที่เติม low methoxyl pectin (LMP) 0, 0.5 และ 1.0%	ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติม LMP คือ ไม่หนืด = 0 ผลิตภัณฑ์ที่เติม LMP 0.5% คือ หนืดปานกลาง = 5 ผลิตภัณฑ์ที่เติม LMP 1.0% คือ หนืดมาก = 10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

จ. 1 แบบประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

TRIANGLE TEST

DIFFERENCE ANALYSIS

วันที่_____

ผู้ทดสอบ_____

คำแนะนำ

ผลิตภัณฑ์สองในสามตัวอย่างนี้ มีสี กลิ่นรสเสาวรส กลิ่นรสเวย์โปรตีน ความขุ่น ที่เหมือนกัน ขณะที่อีกตัวอย่างแตกต่างกันออกไป โปรดใช้ความสามารถทางประสาทสัมผัสของท่านเลือกตัวอย่างที่มีลักษณะที่แตกต่างจากอีกสองตัวอย่าง

1. สี

รหัสตัวอย่าง	ตัวอย่างที่แตกต่าง
_____	_____
_____	_____
_____	_____

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. กลิ่นรสเสาวรส

รหัสตัวอย่าง	ตัวอย่างที่แตกต่าง
_____	_____
_____	_____
_____	_____

3. กลิ่นรสเวย์โปรตีน

รหัสตัวอย่าง	ตัวอย่างที่แตกต่าง
_____	_____
_____	_____
_____	_____

4. ความข่น

รหัสตัวอย่าง	ตัวอย่างที่แตกต่าง
_____	_____
_____	_____
_____	_____

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ _____

_____

จ. 2 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

Hedonic scale

ชื่อ _____ วันที่ _____

กรุณาชิมตัวอย่างตามลำดับที่เสนอจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนตามระดับความชอบที่ตรงกับความรู้สึกของท่านในด้านสี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนตามลำดับดังนี้

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

(ให้ระดับคะแนนที่ต่ำกว่า 5 หมายถึง ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์)

รหัสตัวอย่าง	_____	_____	_____	_____
สี	_____	_____	_____	_____
กลิ่น	_____	_____	_____	_____
รส	_____	_____	_____	_____
ความชอบโดยรวม	_____	_____	_____	_____

ข้อเสนอแนะ _____
_____

ขอบคุณค่ะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ. 3 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้ในการหาสูตรเบื้องต้น

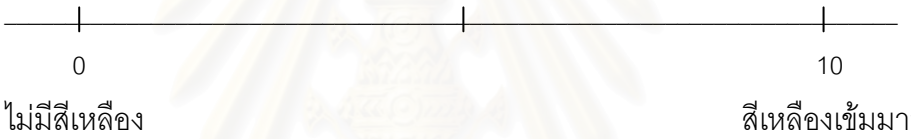
Descriptive analysis with scaling

ชื่อ_____ วันที่_____

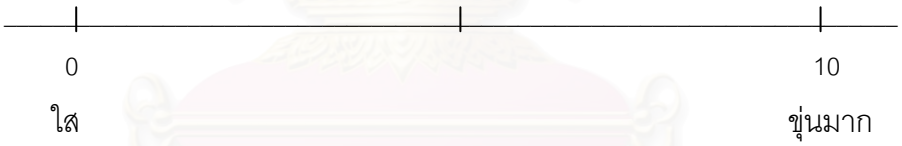
คำแนะนำ : ทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ โดยบ้วนปากด้วยน้ำที่เตรียมให้ก่อนทดสอบตัวอย่างทุกตัวอย่าง กรุณาระบุว่า ตัวอย่างนั้นมีความเข้มของลักษณะผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับใด โดยลากเส้นตั้งฉากบนเส้นที่แสดงระดับคุณลักษณะดังกล่าวนั้น พร้อมทั้งใส่หมายเลขกำกับตัวอย่างไว้ด้วย

ก. ลักษณะปรากฏ

- ความเข้มสีเหลือง

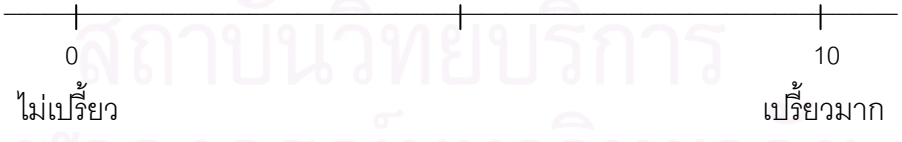


- ความขุ่น

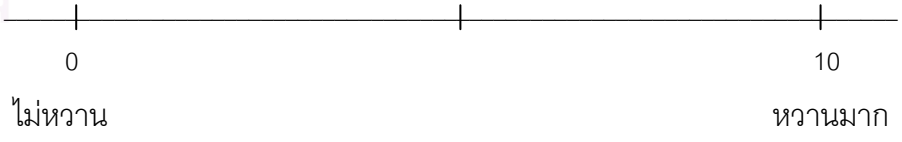


ข. รส

- รสเปรี้ยว



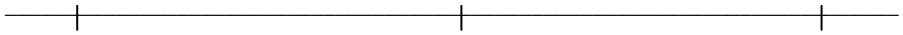
- รสหวาน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. กลิ่นรส

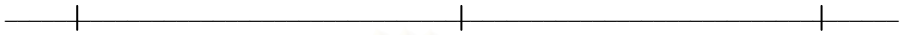
- กลิ่นรสเสาวรส



0 10

ไม่มีกลิ่นรสเสาวรส กลิ่นรสเสาวรสเด่นชัด

- กลิ่นรสเวย์

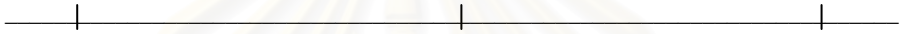


0 10

ไม่มีกลิ่นรสเวย์ กลิ่นรสเวย์เด่นชัด

ง. เนื้อสัมผัส

- mouthfeel



0 10

ไม่มี mouthfeel มี mouthfeel มาก

ข้อเสนอแนะ_____

_____

ขอบคุณค่ะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ. 4 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้ศึกษาการรักษา cloud stability ของผลิตภัณฑ์

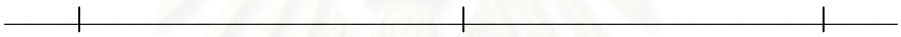
Descriptive analysis with scaling

ชื่อ_____ วันที่_____

คำแนะนำ : ทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ โดยบ้วนปากด้วยน้ำที่เตรียมให้ก่อนทดสอบตัวอย่างทุกตัวอย่าง กรุณาระบุว่า ตัวอย่างนั้นมีความเข้มของลักษณะผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับใด โดยลากเส้นตั้งฉากบนเส้นที่แสดงระดับคุณลักษณะดังกล่าวนั้น พร้อมทั้งใส่หมายเลขกำกับตัวอย่างไว้ด้วย

ก. ลักษณะปรากฏ

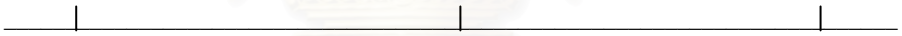
- ความเข้มสีเหลือง



0 10

ไม่มีสีเหลือง สีเหลืองเข้มมาก

- ความขุ่น

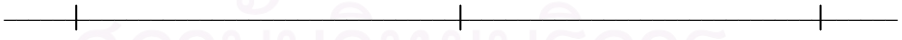


0 10

ใส ขุ่นมาก

ข. รส

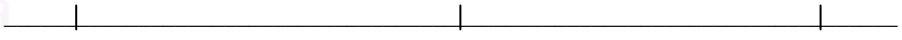
- รสเปรี้ยว



0 10

ไม่เปรี้ยว เปรี้ยวมาก

- รสหวาน



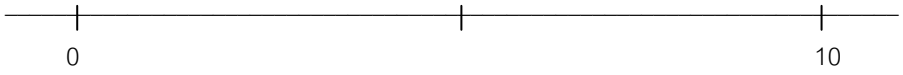
0 10

ไม่หวาน หวานมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

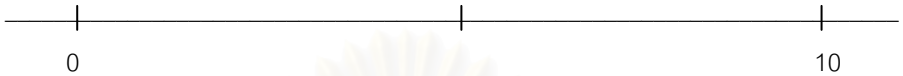
ค. กลิ่นรส

- กลิ่นรสเสาวรส



ไม่มีกลิ่นรสเสาวรส กลิ่นรสเสาวรสเด่นชัด

- กลิ่นรสเวย์



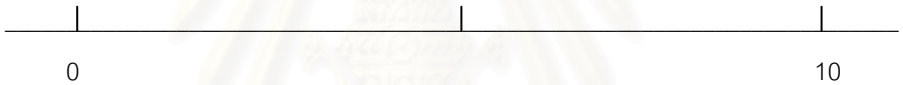
ไม่มีกลิ่นรสเวย์ กลิ่นรสเวย์เด่นชัด

- กลิ่นรสแปลกปลอม

ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม กลิ่นรสแปลกปลอมเด่นชัด

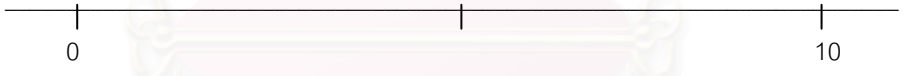
ง. เนื้อสัมผัส

- mouthfeel



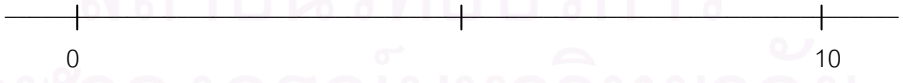
ไม่มี mouthfeel มี mouthfeel มาก

- ความหนืด



ไม่หนืด หนืดมาก

ง. ความชอบโดยรวม



ไม่ชอบมาก ชอบมาก

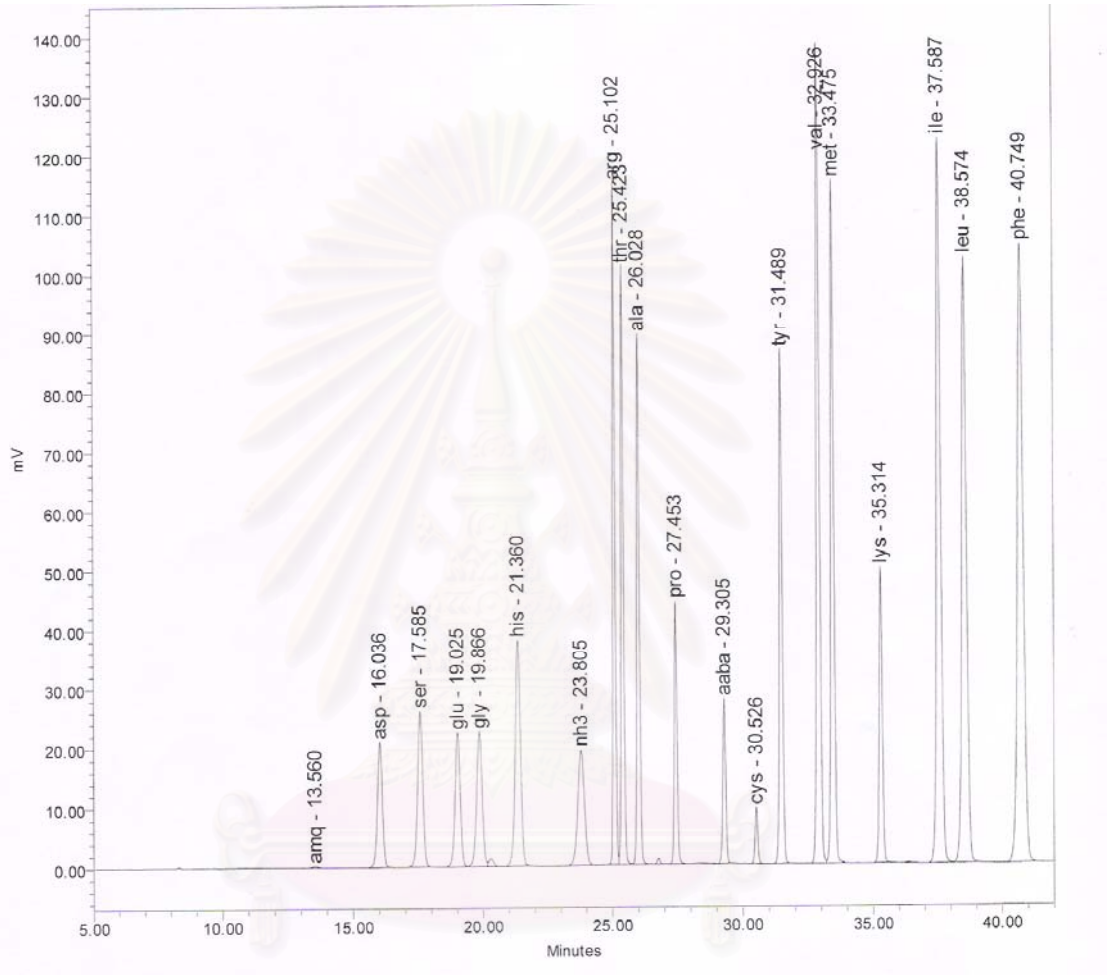
ข้อเสนอแนะ_____

_____

ขอบคุณค่ะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ



รูปที่ ฉ. 1 Chromatogram แสดงชนิดของ amino acids ในผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

ตารางที่ ช1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติทางกายภาพของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35

SOV	df	MS							
		สี			TSS	pH	**ความหนืด**	cloud stability	**ปริมาตรสารแขวนลอย**
		L*	a*	b*					
น้ำเสาวรส (A)	1	1.479*	0.474*	9.145*	0.681*	0.095*	6.601*	0.002*	231.125*
WPC35 (B)	2	61.969*	0.029*	3.581*	13.869*	0.292*	364.322*	0.007*	1164.681*
A x B	2	0.095*	0.035*	0.699*	0.249*	0.002*	0.037	3.792E-06	32.292*
error	12	0.008	0.001	0.020	0.003	1.000E-04	0.979	8.430E-06	3.125

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติทางเคมีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35

SOV	df	MS		
		ปริมาณกรด	**ปริมาณวิตามินซี**	**ปริมาณโปรตีน**
น้ำเสาวรส (A)	1	0.103*	2.584*	0.010
WPC35 (B)	2	8.889E-05	0.017	2.527*
A x B	2	0.001	0.043	0.001
error	12	0.001	0.225	0.005

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (ด้วยแบบทดสอบ hedonic scale) ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35

SOV	df	MS			
		สี	**กลิ่น**	**รส**	**ความชอบโดยรวม**
น้ำเสาวรส (A)	1	0.022	0.613	4.512	5.339*
WPC35 (B)	2	14.626*	6.754*	42.085*	32.675*
A x B	2	0.193	0.254	0.329	0.918
panelist	29	1.611	3.311*	4.677*	2.054*
error	145	1.055	0.931	1.717	0.838

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (ด้วยแบบทดสอบ descriptive analysis) ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณน้ำเสาวรสและ WPC35

SOV	df	MS						
		ความเข้มสีเหลือง	**ความขุ่น**	**รสเปรี้ยว**	**รสหวาน**	**กลิ่นรสเสาวรส**	**กลิ่นรสเวย์**	mouthfeel
น้ำเสาวรส (A)	1	2.817*	1.677*	9.204*	6.667*	8.438*	8.438*	6.667*
WPC35 (B)	2	75.413*	75.564*	56.263*	28.754*	46.588*	55.017*	78.004*
A x B	2	4.804*	1.804*	0.404	0.104	0.787	2.150*	7.204*
panelist	9	1.609*	2.211*	1.426*	3.807*	3.510*	3.013*	1.835*
error	45	0.487	0.361	0.296	0.284	0.421	0.497	0.491

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติทางกายภาพของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว

SOV	df	MS							
		สี			TSS	pH	**ความหนืด**	cloud stability	**ปริมาตรสารแขวนลอย**
		L	a*	b*					
ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว	8	0.409*	0.035*	1.332*	0.264*	0.001*	510.528*	0.002*	1066.354*
error	18	0.002	0.001	0.002	0.010	4.694E-04	1.122	3.743E-04	146.352

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติทางเคมีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว

SOV	df	MS		
		ปริมาณกรด	**ปริมาณวิตามินซี**	**ปริมาณโปรตีน**
ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว	8	0.003	0.063	3.750E-04
error	18	0.001	0.072	5.499E-04

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (ด้วยแบบทดสอบ hedonic scale) ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว

SOV	df	MS			
		สี	**กลิ่น**	**รส**	**ความชอบโดยรวม**
ชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัว	8	0.070	13.844*	11.150*	31.170*
panelist	29	1.325*	1.058*	1.307	1.511*
error	232	0.189	0.565	0.871	0.566

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ด้วยแบบทดสอบ descriptive analysis) ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น เมื่อแปรปริมาณสารให้ความคงตัว (low methoxyl pectin, LMP)

SOV	df	MS									
		ความเข้มสีเหลือง	**ความขุ่น**	**รสเปรี้ยว**	**รสหวาน**	**กลิ่นรสเสาวรส**	**กลิ่นรสเวย์**	**กลิ่นรสแปลกปลอม**	mouthfeel	**ความหนืด**	**ความชอบโดยรวม**
ปริมาณ LMP	2	0.075	0.058	0.025	0.300	2.233	0.525	0.025	3.733*	9.300*	12.775*
panelist	9	0.934*	1.379*	0.278	2.890*	1.422	4.222*	0.019	1.278*	4.226*	1.052*
error	18	0.084	0.179	0.291	0.393	0.706	0.164	0.025	0.178	0.254	0.405

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติทางกายภาพของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน

SOV	df	MS						
		สี			TSS	pH	cloud stability	ปริมาตรสารแขวนลอย
		L*	a*	b*				
อุณหภูมิ (A)	3	0.121	0.118*	0.117*	0.020	1.594E-04	0.009*	309.444*
เวลา (B)	1	0.006	0.010*	0.020	0.000	1.667E-05	0.001*	42.667*
A x B	3	0.051	0.003	0.003	0.013	7.222E-05	4.648E-05*	3.000
error	16	0.125	0.001	0.008	0.010	2.665E-4	9.865E-06	1.583

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติทางเคมีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน

SOV	df	MS	
		ปริมาณกรด	**ปริมาณวิตามินซี**
อุณหภูมิ (A)	3	0.001	1.084*
เวลา (B)	1	3.408E-4	0.035
A x B	3	0.001	0.035
error	16	0.001	0.022

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (ด้วยแบบทดสอบ hedonic scale) ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ใช้สภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่างกัน

SOV	df	MS			
		สี	**กลิ่น**	**รส**	**ความชอบโดยรวม**
อุณหภูมิ (A)	3	0.057	29.271*	22.150*	60.240*
เวลา (B)	1	0.126	4.267*	10.004*	14.017*
A x B	3	0.076	5.939*	2.826*	15.053*
panelist	29	1.109*	0.861	1.390*	1.193*
error	203	0.199	0.599	0.878	0.579

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน

SOV	df	MS							
		สี			TSS	pH	cloud stability	**ปริมาตรสารแขวนลอย**	**ปริมาณกรด**
		L*	a*	b*					
เวลาเก็บ	8	0.669*	0.125*	0.230*	0.009	1.250E-04	0.070*	1861.333*	0.001
error	18	0.010	0.002	0.030	0.014	6.371E-05	3.316-5	0.296	0.001

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (ด้วยแบบทดสอบ hedonic scale) ของน้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่อายุการเก็บต่างกัน

SOV	df	MS			
		สี	**กลิ่น**	**รส**	**ความชอบโดยรวม**
เวลาเก็บ	4	0.257	3.093*	0.783	0.750
panelist	29	0.474	0.758	0.584	0.648
error	116	0.446	0.700	0.753	0.571

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ

รูปที่ ซ. 1 ผลิตภัณฑ์น้ำเสาวรสเสริมเวย์โปรตีนเข้มข้นที่พัฒนาขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอัจฉริยา สอางชัย เกิดเมื่อวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร จากคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2547 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย