



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมanggosteenอัดแก๊ส

Product Development of Carbonated Mangosteen Juice

นามผู้วิจัย นางสาวรัชชนก อุดมทรัพย์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทวัน เทอดไทย, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์เทพกัญญา หาญศีลวัต, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

สืบสียงี้ มทวทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมังคุดอัดแก๊ส

Product Development of Carbonated Mangosteen Juice

โดย

นางสาวรัชชนก อุดมทรัพย์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รัชชนก อุดมทรัพย์ 2554: การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุอดแก๊ส ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันท์วัน เทอดไทย, Ph.D. 156 หน้า

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่าน้ำมัจจุอดแก๊สประกอบด้วยเนื้อมัจจุบั่นที่ผ่านการบ่มด้วยเอนไซม์ เพคตินเอส (240 ppm สำหรับน้ำมัจจุที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและ 120 ppm สำหรับน้ำมัจจุที่เติมสารช่วยตกตะกอน) ร้อยละ 62 สารละลายเปลือกมัจจุ (2.5%(w/v)) ร้อยละ 35 และน้ำอุ่นแดงร้อยละ 3 ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เติมสารเพิ่มความคงตัว ความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นทำให้การรวมกันเป็นกลุ่มหมอกและความหนืดของน้ำมัจจุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังนั้นเพื่อลดความหนืดและรักษาเสถียรภาพการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกของน้ำมัจจุ ควรใช้ส่วนผสมของแซนแทนกัม 0.10%(w/v) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.15%(w/v) เป็นสารเพิ่มความคงตัว จากนั้นนำน้ำมัจจุไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ  $85^{\circ}\text{C}$  นาน 15 นาที น้ำมัจจุอดแก๊สที่ได้มีความหนืด  $9.37 \pm 0.47$  cP ค่า  $L^*$   $56.1 \pm 2.64$  ค่า  $a^*$   $17.94 \pm 1.20$  ค่า  $b^*$   $53.19 \pm 1.50$  ความเป็นกรด-เบส  $3.51 \pm 0.01$  ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด  $11.8 \pm 0.1^{\circ}$  ปริมาตร และปริมาณพอลิฟีนอล 124.24 mg GAE/L สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เติมสารช่วยตกตะกอน สารช่วยตกตะกอน ระยะเวลาการบ่ม และความเป็นกรด-เบส ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่า  $L^*$  และร้อยละการส่องผ่านของแสง ( $p \leq 0.05$ ) เพื่อให้ได้ค่า  $L^*$  และร้อยละการส่องผ่านของแสงสูงสุด ควรเติมสารช่วยตกตะกอน (เจลาติน:เบนโทโนในสัดส่วน 0.05:0.15%(w/v)) ที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 ก่อนนำไปปั่นเหวี่ยง นำส่วนที่ใสไปผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ  $85^{\circ}\text{C}$  นาน 15 นาที น้ำมัจจุที่ได้มีค่า  $L^*$   $67.47 \pm 2.86$  ค่า  $a^*$   $17.36 \pm 1.51$  ค่า  $b^*$   $54.62 \pm 1.75$  ความเป็นกรด-เบส  $3.50 \pm 0.02$  ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด  $11.2 \pm 0.1^{\circ}$  ปริมาตร ปริมาณพอลิฟีนอล 118.47 mg GAE/L และปริมาณแทนนิน 86.59 mg TAE/L คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำมัจจุอดแก๊สเป็นไปตามมาตรฐาน (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 290 พ.ศ. 2548) คะแนนความชอบโดยรวมของน้ำมัจจุอดแก๊สอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยได้รับการยอมรับร้อยละ 77.3 และ 89.3 สำหรับน้ำมัจจุอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและน้ำมัจจุอดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนตามลำดับ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ  $35^{\circ}\text{C}$  ค่า  $L^*$  ปริมาณพอลิฟีนอล และปริมาณแทนนินในน้ำมัจจุอดแก๊สมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่า  $a^*$  และ  $b^*$  มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) คะแนนความชอบโดยรวมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) ยกเว้นที่อุณหภูมิการเก็บรักษา  $4^{\circ}\text{C}$  โดยการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิการเก็บรักษาซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการอาร์เรเนียส จากการศึกษาครั้งนี้ น้ำมัจจุอดแก๊สทั้ง 2 ชนิดสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$  ได้อย่างน้อย 8 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 25 และ  $35^{\circ}\text{C}$  ได้อย่างน้อย 4 สัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์ยังมีความปลอดภัยด้านจุลชีววิทยาในการบริโภคและได้รับการยอมรับมากกว่าร้อยละ 50 รวมถึงไม่พบการตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษา

Thanchanok Udomsup 2011: Product Development of Carbonated Mangosteen Juice. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Assistant Professor Nantawan Therdthai, Ph.D. 156 pages.

From product development, carbonated mangosteen juice was comprised of 62% pectinase treated puree (240 ppm pectinase for mangosteen juice with addition of stabilizer and 120 ppm pectinase for mangosteen juice with addition of fining agent), 35% hull solution (2.5%(w/v)) and 3% red grape juice. In development of carbonated mangosteen juice with addition of stabilizer, an increase in xanthan gum concentration significantly increased cloudiness and viscosity of the juice ( $p \leq 0.05$ ). Therefore, to decrease the viscosity and stabilize cloudiness of the juice, a mixture of 0.10%(w/v) xanthan gum and 0.15%(w/v) carboxymethylcellulose should be used as a stabilizer. Then the juice was pasteurized at 85°C for 15 min. The obtained carbonated mangosteen juice had viscosity of  $9.37 \pm 0.47$  cP, L\* value of  $56.1 \pm 2.64$ , a\* value of  $17.94 \pm 1.20$ , b\* value of  $53.19 \pm 1.50$ , pH of  $3.51 \pm 0.01$ , total soluble solid of  $11.8 \pm 0.1$ °brix and polyphenol content of 124.24 mg GAE/L. For development of carbonated mangosteen juice with addition of fining agent, fining agent, incubation time and pH significantly affected L\* value and %transmittance ( $p \leq 0.05$ ). To obtain the highest L\* and %transmittance, fining agent (0.05:0.15%(w/v) gelatin:bentonite ratio) should be used at pH 3.5 before centrifugation. The clear part was taken for pasteurization at 85°C for 15 min. The obtained carbonated mangosteen juice had L\* value of  $67.47 \pm 2.86$ , a\* value of  $17.36 \pm 1.51$ , b\* value of  $54.62 \pm 1.75$ , pH of  $3.50 \pm 0.02$ , total soluble solid of  $11.2 \pm 0.1$ °brix, polyphenol content of 118.47 mg GAE/L and tannin content of 86.59 mg TAE/L. Microbiological quality of the carbonated mangosteen juice met the standard (publication of ministry of health, circulars no. 290, 2005). Overall liking scores were in range of slightly like to moderately like with acceptance of 77.3% and 89.3% for carbonated mangosteen juice with addition of stabilizer and fining agent, respectively. During storage at 4, 25 and 35°C, L\* value, polyphenol content and tannin content of carbonated mangosteen juices were significantly decreased, whereas a\* and b\* values were significantly increased ( $p \leq 0.05$ ). Overall liking scores of both mangosteen juice were significantly decreased as storage time increased ( $p \leq 0.05$ ), in exception at storage temperature 4°C. The change of these physical and chemical qualities, influenced by storage temperature, could be explained by Arrhenius equation. According to this study, both carbonated mangosteen juices could be stored at 4°C for at least 8 weeks and at 25 and 35°C for at least 4 weeks. The products still provided microbiological safety to consume and earned more than 50% acceptance. In addition, no sedimentation was observed during storage.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์นันท์วัน เทอดไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์เทพกัญญา หาญศิริวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่กรุณาให้คำแนะนำในระหว่างการจัดทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการตรวจสอบและแก้ไขเพื่อให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์รัชชัย สุวรรณสีชนันท์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ผลการวิจัย และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ช่วยแนะนำและแก้ไขเพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหัศจรรย์ สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม และบริษัท บางกอกพัฒนาไวน์เนอรี่ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ นิสิตปริญญาโทและนิสิตปริญญาเอกทุกท่านที่ช่วยเหลือตลอดจนเป็นกำลังใจในการดำเนินงานวิจัยจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุน ความห่วงใย ความช่วยเหลือตลอดจนเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แก่ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัยและขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ธัญชนก อุดมทรัพย์

กุมภาพันธ์ 2554

## สารบัญ

## หน้า

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| สารบัญ                                            | (1) |
| สารบัญตาราง                                       | (2) |
| สารบัญภาพ                                         | (5) |
| คำนำ                                              | 1   |
| วัตถุประสงค์                                      | 2   |
| การตรวจเอกสาร                                     | 3   |
| อุปกรณ์และวิธีการ                                 | 26  |
| อุปกรณ์                                           | 26  |
| วิธีการ                                           | 28  |
| ผลและวิจารณ์                                      | 40  |
| สรุปและข้อเสนอแนะ                                 | 114 |
| สรุป                                              | 114 |
| ข้อเสนอแนะ                                        | 116 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง                              | 117 |
| ภาคผนวก                                           | 132 |
| ภาคผนวก ก นามังคุดในท้องตลาดที่นำมาศึกษา          | 133 |
| ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ         | 135 |
| ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี           | 137 |
| ภาคผนวก ง วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา    | 141 |
| ภาคผนวก จ แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส | 148 |
| ภาคผนวก ฉ แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค          | 152 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน                        | 156 |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                                         | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1    อันตราย/การเสื่อมเสียและความปลอดภัยของน้ำผลไม้                                                                              | 24   |
| 2    สูตรน้ำมั่งคุดสำหรับศึกษาผลของขนาดเชื้อเลือกผ่านต่อความชอบด้านกลิ่น<br>กลิ่นรส และความชอบโดยรวม                             | 29   |
| 3    ความหมายของค่า Mean drop                                                                                                    | 30   |
| 4    สูตรน้ำมั่งคุดที่ทำการทดสอบ 9 point Hedonic Scale และการยอมรับเพื่อ<br>คัดเลือกสูตรน้ำมั่งคุดพื้นฐาน                        | 31   |
| 5    ค่าคุณภาพของวัตถุดิบตั้งต้นในการเตรียมน้ำมั่งคุด                                                                            | 40   |
| 6    ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตรของเนื้อมั่งคุดปั่นที่กรองผ่าน<br>เชื้อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร               | 41   |
| 7    ค่า $L^*$ ของเนื้อมั่งคุดปั่นที่กรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร                                                     | 42   |
| 8    ค่า $a^*$ ของเนื้อมั่งคุดปั่นที่กรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร                                                     | 43   |
| 9    ค่า $b^*$ ของเนื้อมั่งคุดปั่นที่กรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร                                                     | 44   |
| 10   ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของเนื้อมั่งคุดปั่นที่กรองผ่านเชื้อเลือกผ่าน<br>ขนาด 20 ไมโครเมตร                            | 45   |
| 11   ค่าความหนืดปรากฏของเนื้อมั่งคุดปั่นที่แรงเฉือน 36.69 ต่อวินาที                                                              | 46   |
| 12   คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คนต่อน้ำมั่งคุดที่<br>กรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด 20, 50 และ 100 ไมโครเมตร | 47   |
| 13   การวิเคราะห์ Graphical Scaling ของน้ำมั่งคุดที่กรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด<br>ต่างๆ                                          | 48   |
| 14   คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คนต่อน้ำมั่งคุด<br>อัดแก๊ส                                                | 51   |
| 15   ต้นทุนของวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำมั่งคุด                                                                                    | 51   |
| 16   ส่วนผสมของน้ำมั่งคุดสูตรต้นแบบและน้ำมั่งคุดในท้องตลาด                                                                       | 52   |
| 17   ค่าคุณภาพของน้ำมั่งคุดสูตรต้นแบบและน้ำมั่งคุดในท้องตลาด                                                                     | 54   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า                                                                                                                                                                                              |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18       | ค่าคุณภาพของของน้ำมัจจุค เมื่อเติมแซนแทนกัมความเข้มข้น 0.20, 0.25 และ 0.30%(w/v)                                                                                                                  |
| 19       | ค่า L* และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตรของน้ำมัจจุค เมื่อเติม แซนแทนกัม 0.2-0.3%(w/v) ที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และ 4.0 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน |
| 20       | ค่าความหนืดของน้ำมัจจุค เมื่อเติมแซนแทนกัม 0.2-0.3%(w/v) ที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และ 4.0 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน                                             |
| 21       | ค่าความหนืด ค่า L* และค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมัจจุค เมื่อเติมแซนแทนกัม ร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในระดับต่างๆ                                                                                   |
| 22       | ค่าคุณภาพของน้ำมัจจุค เมื่อเติมสารช่วยตกตะกอนในสัดส่วนต่างๆ ที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และ 4.0 เมื่อไม่บ่มและบ่มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ณ วันที่ 0                                                         |
| 23       | ค่าคุณภาพทางภาพและเคมีของน้ำมัจจุคอัดแก๊ส                                                                                                                                                         |
| 24       | ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำมัจจุคอัดแก๊ส                                                                                                                                                         |
| 25       | ข้อมูลโภชนาการของน้ำมัจจุคอัดแก๊ส                                                                                                                                                                 |
| 26       | ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค                                                                                                                                                                   |
| 27       | คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุคอัดแก๊ส                                                                                                                                   |
| 28       | การยอมรับและความสนใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุคอัดแก๊ส                                                                                                                             |
| 29       | ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุคอัดแก๊สหากผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะด้านความซ่าเพิ่มขึ้น                                                                                                   |
| 30       | การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำมัจจุคอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                                                     |
| 31       | การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำมัจจุคอัดแก๊ส ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                                                         |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่                                                                                                                                                               | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 32 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                                       | 92   |
| 33 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                                 | 94   |
| 34 ค่าคงที่อัตรา (k) ค่าพลังงานกระตุ้น ( $E_a$ ) และค่าคงที่สมการอาร์เรเนียส ( $k_0$ ) ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส | 96   |
| 35 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                                                    | 98   |
| 36 คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส                      | 101  |
| 37 คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส                     | 102  |
| 38 คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส                     | 103  |
| 39 คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส                         | 104  |
| 40 คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส                        | 105  |
| 41 คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส                        | 106  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่                                                                                                                                                                                   | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 โครงสร้างทั่วไปของแซนโทน                                                                                                                                                               | 4    |
| 2 โครงสร้างของอนุพันธ์แซนโทนที่ได้รับการศึกษามาก                                                                                                                                         | 5    |
| 3 โครงสร้างทั่วไปของแอนโทไซยานิน                                                                                                                                                         | 7    |
| 4 สมดุลของแอนโทไซยานิน                                                                                                                                                                   | 8    |
| 5 ปฏิกริยาระหว่างโปรตีนและพอลิฟีนอล                                                                                                                                                      | 21   |
| 6 กระบวนการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันงาคุดอัดแก๊ส                                                                                                                                      | 39   |
| 7 ค่า Net effect ของคุณลักษณะในน้ำมันงาคุดที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาดต่างๆ                                                                                                             | 49   |
| 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Mean drop และร้อยละของผู้ทดสอบ                                                                                                                                  | 50   |
| 9 น้ำมันงาคุดสูตรต้นแบบและน้ำมันงาคุดในท้องตลาด (ยี่ห้อ ก-ข)                                                                                                                             | 52   |
| 10 การตกตะกอนของน้ำมันงาคุดที่เติมส่วนผสมของแซนแทนกัม (X) และ CMC (C) ที่ระดับความเข้มข้น 0.05X (ก), 0.05X+0.05C (ข), 0.05X+0.15C (ค), 0.05X+0.25C (ง), 0.10X (จ), 0.10X+0.05C%(w/v) (ฉ) | 59   |
| 11 การเปลี่ยนแปลงค่า $L^*$ ของน้ำมันงาคุดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน                                                           | 62   |
| 12 การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันงาคุดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน                                                     | 62   |
| 13 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำมันงาคุดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน                                                          | 63   |
| 14 การเปลี่ยนแปลงค่า $L^*$ ของน้ำมันงาคุดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 (ก) และ 4.0 (ข) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน                    | 68   |
| 15 การเปลี่ยนแปลงค่า $a^*$ ของน้ำมันงาคุดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 (ก) และ 4.0 (ข) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน                    | 69   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                                                                                                                   | หน้า |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 16     | การเปลี่ยนแปลงค่า $b^*$ ของน้ำมันงาคูที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 (ก) และ 4.0 (ข) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน | 70   |
| 17     | การเปลี่ยนแปลงค่า $L^*$ ของน้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                      | 78   |
| 18     | การเปลี่ยนแปลงค่า $L^*$ ของน้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                         | 79   |
| 19     | การเปลี่ยนแปลงค่า $a^*$ ของน้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                      | 80   |
| 20     | การเปลี่ยนแปลงค่า $a^*$ ของน้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                         | 81   |
| 21     | การเปลี่ยนแปลงค่า $b^*$ ของน้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                      | 82   |
| 22     | การเปลี่ยนแปลงค่า $b^*$ ของน้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                         | 83   |
| 23     | น้ำมันงาคูอัดแก๊สชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอน ณ วันที่ 0 ของการเก็บรักษา                                                              | 84   |
| 24     | น้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา                                                                                                      | 84   |
| 25     | น้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษา                                                                                                         | 84   |
| 26     | การเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลในน้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                  | 87   |
| 27     | การเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลในน้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                     | 88   |
| 28     | การเปลี่ยนแปลงปริมาณแทนนินในน้ำมันงาคูอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส                                        | 89   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่     |                                                                                                  | หน้า |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 29         | ความสัมพันธ์ของตัวแปรค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สที่<br>เติมสารเพิ่มความคงตัว  | 108  |
| 30         | ความสัมพันธ์ของตัวแปรค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สที่<br>เติมสารช่วยตกตะกอน     | 109  |
| 31         | ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพของน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคง<br>ตัวและความชอบโดยรวม | 110  |
| 32         | ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพของน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วย<br>ตกตะกอนและความชอบโดยรวม    | 112  |
| ภาพผนวกที่ |                                                                                                  |      |
| ก1         | ผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุคุดในท้องตลาดที่นำมาศึกษา                                                       | 134  |

## การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมังคุดอัดแก๊ส

### Product Development of Carbonated Mangosteen Juice

#### คำนำ

มังคุดเป็นราชินีแห่งผลไม้ที่ได้รับการชื่นชมจากผู้คนทั่วโลกเนื่องด้วยรสและกลิ่นรสที่เฉพาะตัวของมังคุด อย่างไรก็ตามการปลูกมังคุดยังมีมากเพียงในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากภูมิอากาศที่เหมาะสม ทำให้มีการศึกษาการขยายตัวของมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก ในปี 2552 (มกราคม-มิถุนายน) ไทยส่งออกมังคุดสดแช่เย็นและแช่แข็งปริมาณ 81,354 ตัน มูลค่า 1,318 ล้านบาท ซึ่งปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 111.65 และร้อยละ 116.10 ตามลำดับ (กรมการค้าต่างประเทศ, 2552) แสดงให้เห็นถึงความนิยมของประชาชนทั่วโลกต่อมังคุด

ในปัจจุบันที่ผู้บริโภคหันมาสนใจเรื่องการดูแลสุขภาพและคุณสมบัติประโยชน์ของอาหารที่รับประทาน ทำให้มีการนำมังคุดมาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้มากขึ้น เพื่อความสะดวกและคุณสมบัติประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระในมังคุดที่รู้จักกันในนาม “แซนโทน” น้ำมังคุดในท้องตลาดมีทั้งน้ำมังคุดที่มาจากเนื้อมังคุดเพียงอย่างเดียว และเนื้อมังคุดผสมสารสกัดแซนโทนจากเปลือก รวมถึงการแปรรูปน้ำมังคุดจากมังคุดทั้งผลเพื่อให้ได้สารแซนโทนที่หลากหลายยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านรสชาติฝาดของเปลือกที่มีสารแซนโทนและแทนนิน ทำให้การแปรรูปน้ำมังคุดในแบบหลังนี้ยังมีไม่มากนัก นอกจากนี้หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีรูปแบบที่แตกต่างไปจากเดิม เช่น ในรูปน้ำผลไม้อัดแก๊ส ย่อมดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคมากขึ้น โดยพัฒนาน้ำผลไม้ที่คงคุณค่าทางโภชนาการ แต่มีรสชาติของเครื่องดื่มอัดลม นอกจากนี้ยังเป็นการรองรับสัดส่วนการบริโภคเครื่องดื่มอัดลมที่เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันอีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและพัฒนาการผลิตน้ำมังคุดพร้อมดื่มอัดแก๊ส โดยใช้เนื้อและเปลือกของมังคุดมาแปรรูป เพื่อให้ได้ประโยชน์จากแซนโทนที่พบมากในเปลือกของมังคุดร่วมกับรสและกลิ่นรสของมังคุดจากเนื้อในผล อย่างไรก็ตามการเพิ่มสัดส่วนของเปลือกมังคุดอาจทำให้ความฝาดในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น สัดส่วนระหว่างเนื้อและเปลือกมังคุดที่เหมาะสมและกรรมวิธีการผลิตที่สามารถชะลอการตกตะกอนของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาได้ จึงมีความสำคัญในการผลิตน้ำมังคุดอัดแก๊ส เพื่อเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเตรียมวัตถุดิบสำหรับน้ำมัจจุชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอน
2. เพื่อพัฒนาสูตรน้ำมัจจุอัดแก๊สต้นแบบ
3. เพื่อศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตน้ำมัจจุชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอน
4. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุอัดแก๊ส
5. เพื่อทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุอัดแก๊ส
6. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมัจจุอัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษา

## การตรวจเอกสาร

### 1. มังคุด

มังคุด (*Garcinia mangostana* L.) เป็นพืชในตระกูล Clusiaceae ซึ่งเป็นต้นไม้พื้นเมืองที่พบมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่ภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้น ลักษณะเด่นของมังคุดวงศ์ *Garcinia mangostana* L. คือมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ในขณะที่มังคุดพันธุ์อื่นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จะมีรสชาติเปรี้ยวจัดกว่า (Richards, 1990) ประเทศไทยมีแหล่งเพาะปลูกมังคุด 3 แหล่งใหญ่ๆ คือ ภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด และ ปราจีนบุรี ภาคใต้ ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไป และภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี ช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวมังคุดในประเทศไทย คือ ช่วงเดือนพฤษภาคม (ร้อยละ 20) มิถุนายน (ร้อยละ 35) กรกฎาคม (ร้อยละ 35) และสิงหาคม (ร้อยละ 10) (Panapitukul and Chatupotel, 2001) เนื้อมังคุดที่นำมารับประทานสด มีรสหวาน เปรี้ยว ได้รับการยอมรับว่าเป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีรสชาติดี จนได้รับฉายาว่าเป็นราชินีของผลไม้ ภายในผลมังคุดมีเมล็ด 2-3 เม็ด องค์ประกอบของผลมังคุดแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อ และเมล็ด หรืออาจแบ่งเป็นส่วนที่ไม่สามารถรับประทานได้ (เปลือก) หนา 6-8 มิลลิเมตร ประกอบด้วยสารที่มีรสขม ซึ่งมาจากแทนนินและแซนโทนเป็นส่วนใหญ่ และส่วนที่รับประทานได้ (เนื้อ) มี 3-7 กลีบ และมีเพคตินเป็นปริมาณมาก (Martin, 1980) น้ำหนักของผลมังคุดอยู่ในช่วง 55-75 กรัม โดยมีส่วนที่สามารถรับประทานได้เฉลี่ย 26 กรัม (Intengan, 1968)

เนื้อมังคุดมีแร่ธาตุและวิตามินต่ำ (Suwanagul and Tongdee, 1989) แต่มีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และระดับกรดแอสคอร์บิกสูง (Subhadrabandhu *et al.*, 2002) มีของแข็งที่ละลายได้ ร้อยละ 13-20 ขึ้นกับความสุกของผลมังคุด กล่าวคือ ร้อยละ 13.0-15.2 สำหรับมังคุดที่ยังไม่สุก และ ร้อยละ 18.3-19.0 สำหรับมังคุดสุก (Tongdee, 1985; Nakasone and Paull, 1998) เนื้อมังคุดให้พลังงาน 340 กิโลจูลต่อ 100 กรัม (Verheij, 1992)

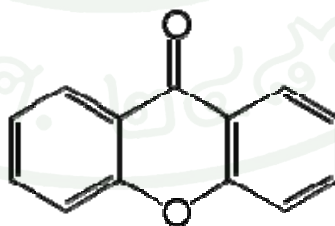
MacLeod and Pieris (1982) ศึกษาสารประกอบให้กลิ่นที่ระเหยได้ในมังคุด พบว่ามีสารประกอบให้กลิ่นที่ระเหยได้ 52 ชนิด และสารประกอบหลักทำให้ได้มาซึ่งกลิ่นมังคุด 3 ชนิด ได้แก่ cis-hex-3-en-1-ol (กลิ่นหญ้าอ่อน กลิ่นผลไม้) ร้อยละ 27.27 hexyl acetate (กลิ่นผลไม้, มังคุด) ร้อยละ 7.87 และ cis-hex-3-enyl acetate (กลิ่นมังคุด) ร้อยละ 1.40 และส่วนผสมของสารประกอบทั้งสามชนิดในอัตราส่วนและความเข้มข้นที่เหมาะสมจะให้กลิ่นมังคุด โดยมังคุด 1 กิโลกรัม (ไม่รวมเปลือก) จะมีกลิ่นเพียงประมาณ 3 ไมโครกรัม

## 2. สารประกอบพอลิฟีนอลในมังคุด

Yu *et al.* (2007) ทำการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกในผลมังคุด (ทั้งผล) โดยสกัดด้วยเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 และใช้วิธีโครมาโทกราฟีเพื่อระบุสารประกอบที่พบ ได้สารที่เป็นองค์ประกอบหลัก 3 ชนิด ได้แก่ 1,3,6,7-tetrahydroxy-2,8-(3-methyl-2-butenyl) xanthone, 1,3,6-trihydroxy-7-methoxy-2,8-(3-methyl-2-butenyl) xanthone และ epicatechin ซึ่งเป็นคอนเดนซ์แทนนิน เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิเคราะห์ hydroxyl radical และ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging รวมถึงความสามารถในการต้านกรดลิโนเลอิกและปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชัน พบว่า 1,3,6,7-tetrahydroxy-2,8-(3-methyl-2-butenyl) xanthone แสดงสมบัติต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

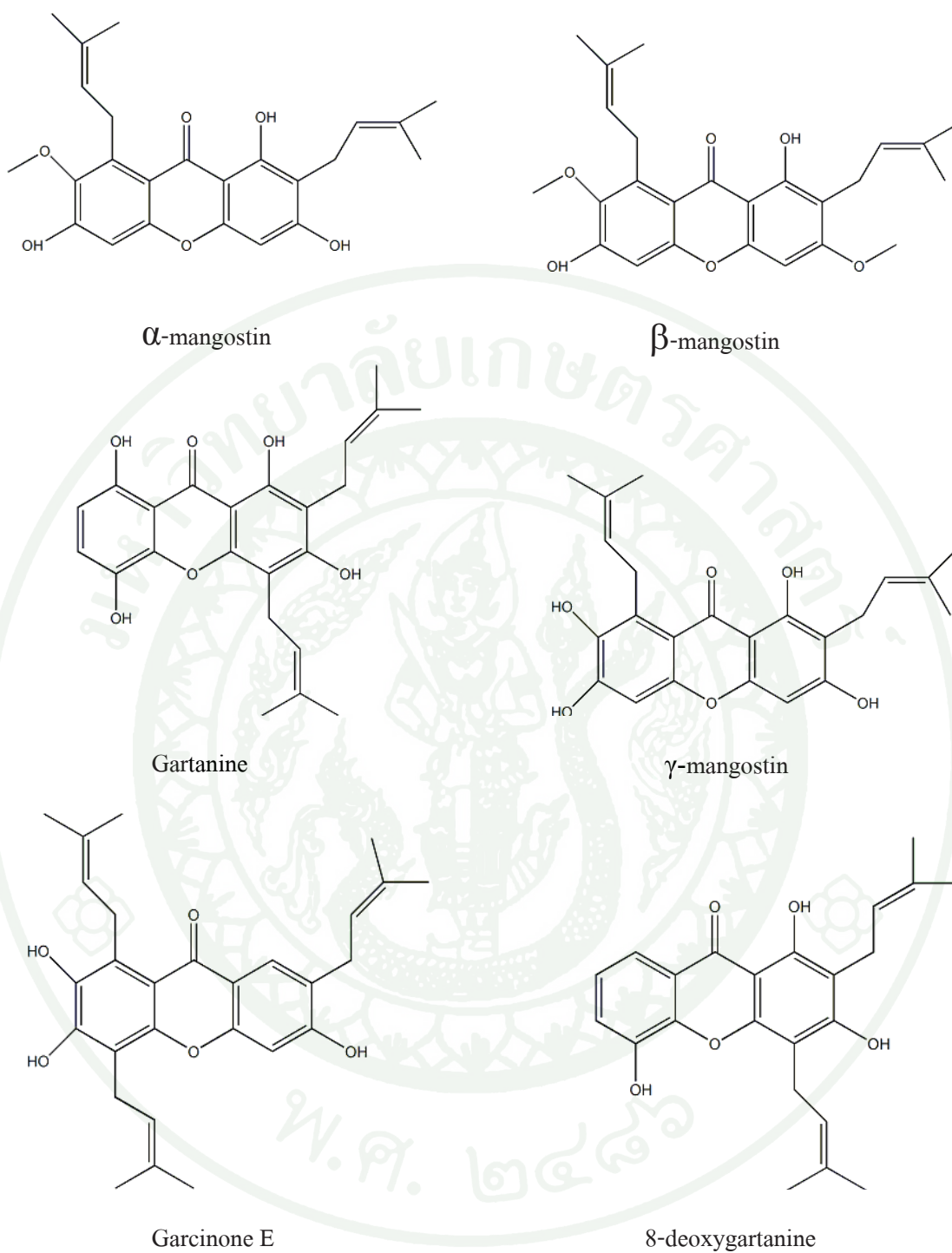
### 2.1 แชนโทน

แชนโทน หรือ xanthen-9H-ones เป็นสารสำคัญในมังคุด ที่ได้รับการศึกษาว่ามีประโยชน์ทางการแพทย์อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติด้านการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดมะเร็ง ป้องกันแบคทีเรีย ฟังไจ และไวรัส รวมถึงป้องกันโรคมาลาเรีย (Pedraza-Chaverri *et al.*, 2008) ช่วยลดความเครียด ลดการอักเสบ เพิ่มภูมิคุ้มกันต้านโรค ป้องกันโรคหัวใจ โรคภูมิแพ้ ช่วยบำรุงระบบการย่อยอาหาร ช่วยฟื้นฟูสภาพผิว และช่วยป้องกันปัญหาทางสายตา (Aaron *et al.*, 2004) โครงสร้างทั่วไปของแชนโทน และโครงสร้างของแมงโกสทินและแชนโทนที่ได้รับการศึกษามากแสดงในภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 โครงสร้างทั่วไปของแชนโทน

ที่มา: Aaron *et al.* (2004)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของอนุพันธ์แซนโทนที่ได้รับการศึกษามาก

ที่มา: Pedraza-Chaverri *et al.* (2008)

แซนโทนพบในผลมังคุด รวมถึงใบและเปลือกของต้นมังคุด โดยส่วนของผลมังคุดที่มีสารแซนโทนมาก คือ เปลือก ซึ่งมีสารแซนโทนมากถึง 50 ชนิด และแซนโทนที่มีปริมาณมากที่สุด ได้แก่ แมงโกสทิน (mangostin หรือ  $\alpha$ -Mangostin) (Pedraza-Chaverri *et al.*, 2008) ส่วนสารแซนโทนชนิดอื่นที่พบมากในเปลือกมังคุด ได้แก่ thwaitesixanthone, mangostinone, mangostenone E, mangostenone D, mangostenone C, mangostanol, mangostanin, gartanin, garcinone E, garcinone D, garcinone C, garcinone B, demethylcalabaxanthone, compound 7, 11-hydroxy-1-isomangostin (Chimnoi *et al.*, 2006), 1-Isomangostin (Gopalakrishnan *et al.*, 1983), 1,2-Dihydro-1,8,10-trihydroxy-2-(2-hydroxypropan-2-yl)-9-(3-Methylbut-2-enyl) furo [3,2-a] xanthen-11-one และ 6-deoxy-7-demethylmangostanin (Chin *et al.*, 2008)

แมงโกสทินเป็นสารแซนโทนที่พบมากที่สุด ในมังคุด เป็นสารประกอบไฮโดรฟอบิก ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ Abe *et al.* (1995) ทำการศึกษาการกักเก็บสารแมงโกสทินลงในไลโปโซมของ L- $\alpha$ -Dipalmitoyl phosphatidylcholine ที่มีประจุแตกต่างกัน (ประจุบวก ลบ และกลาง) โดยศึกษาปฏิกิริยาระหว่างฟอสโฟลิพิดและแมงโกสทิน พบว่าปริมาณแมงโกสทินที่ถูกกักเก็บลงในไลโปโซมที่มีประจุแตกต่างกันมีปริมาณแตกต่างกัน และการละลายของแมงโกสทินในไลโปโซมส่งผลให้ประจุบนพื้นผิวของไลโปโซมแสดงประจุลบมากขึ้น เพิ่มความแข็งแรงของชั้นเมมเบรน และมีการปลดปล่อยกลูโคสออกมาที่น้อย อีกทั้งเพิ่มเสถียรภาพให้กับชั้นของไลโปโซม ทำให้สามารถกักเก็บแมงโกสทินได้นาน 7 วันก่อนแยกออกจากกัน

## 2.2 แทนนิน

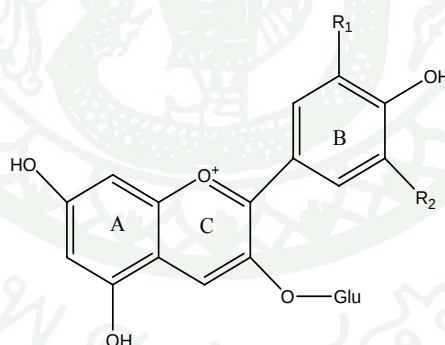
แทนนินเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่มีมวลโมเลกุลสูง (มากกว่า 500) และมีหมู่ฟีนอลิกจำนวนมาก (Hagerman *et al.*, 1998) สามารถแบ่งประเภทของแทนนิน ได้ 2 ประเภท คือ ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน (hydrolysable tannin) และคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannin) (Porter, 1989)

ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนินประกอบด้วยหมู่ฟีนอลิก 2 โมเลกุลขึ้นไปเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเอสเทอร์ สลายตัวได้ง่าย เป็นเอสเทอร์ของกรดแกลลิก เมื่อทำการแยกด้วยน้ำจะได้กรดและน้ำตาล เช่น กรดแกลลิก (gallic acid) และกรดเอลลาจิก (ellagic acid) (Robinson, 1967; Porter, 1989)

คอนเดนซ์แทนนิน หรือที่รู้จักกันในนามโพรแอนโทไซยานิดิน (proanthocyanidins) เป็นแทนนินที่รวมตัวกันอย่างแน่น มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 1000 ขึ้นไป ประกอบด้วยพอลิไฮดรอกฟีโนล (polyhydricphenol) ต่อกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ ไม่สามารถถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดหรือด่าง แต่ละลายได้ดีในน้ำร้อน แอลกอฮอล์ และอะซิโตน เช่น คาเทกิน (catechin) (Robinson, 1967; Porter, 1989)

### 2.3 แอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นรงควัตถุจากธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่ให้สีในช่วงตั้งแต่สีแดง ม่วงจนกระทั่งถึงสีน้ำเงิน เสถียรภาพของสีแอนโทไซยานินขึ้นกับโครงสร้างของแอนโทไซยานิน (นิธิยา, 2539) ความเป็นกรด-เบส (Cabrita, 2000) ออกซิเจน (Cain and Darravingas, 1965; Francis and Starr, 1968) อุณหภูมิ (Brouillard, 1982; Morais, 2002) แสง (Jurd, 1972) และการรวมตัวกับสารประกอบอื่นในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ภายใต้สภาวะการแปรรูป แอนโทไซยานินจะมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ได้สารประกอบซึ่งมีโครงสร้างและสีที่ไม่พึงประสงค์ หรือเกิดผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลขึ้น เนื่องจากการขาดอิเล็กตรอนของ flavylium nuclei ซึ่งมีความไวต่อปฏิกิริยาสูง โครงสร้างทั่วไปของแอนโทไซยานินแสดงดังภาพที่ 3

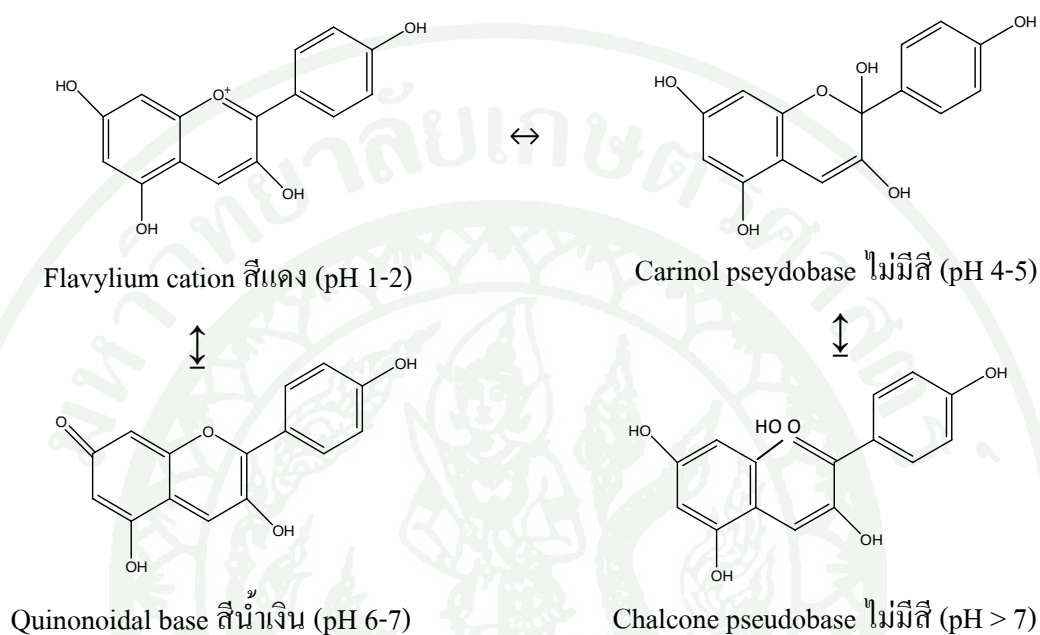


ภาพที่ 3 โครงสร้างทั่วไปของแอนโทไซยานิน

ที่มา: Tiwari *et al.* (2009)

แอนโทไซยานินสามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน โดยอัตราการสลายตัวเป็นแบบจลนศาสตร์อันดับ 1 (first order kinetic) เมื่อพิจารณาภาพที่ 4 จะพบว่า ในสารละลายที่เป็นกรด จะเกิดปฏิกิริยาคูดความร้อน สมดุลจึงเลื่อนไปทางขวา และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ สมดุลจะเลื่อนไปทางขวา

มากขึ้น ทำให้สีของแอนโทไซยานินซีดลง นอกจากนี้ความเป็นกรด-เบสยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานิน โดยสีจะค่อนข้างเปลี่ยนสีน้ำเงินเมื่อความเป็นกรดลดลง และสีจะค่อนข้างแดงมากขึ้นเมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น และจะไม่มีสี เมื่อไม่มีพันธะคู่คอนจูเกต (conjugated double bond)



#### ภาพที่ 4 สมดุลของแอนโทไซยานิน

ที่มา: Strack (1997)

Du and Francis (1977) รายงานว่าเปลือกมังคุดประกอบด้วยสารสีแดงร้อยละ 31.29 ซึ่งมาจากสีของแอนโทไซยานิน 2 ชนิด ได้แก่ cyanidin 3-sophoroside และ cyanidin 3-glucoside

วิญญู และคณะ (2550) ศึกษาเสถียรภาพของแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุด พบว่าเสถียรภาพของสีแอนโทไซยานินจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นที่ความเป็นกรด-เบสต่ำ สีของแอนโทไซยานินมีเสถียรภาพสูงกว่าที่ความเป็นกรด-เบสสูง โดยเฉพาะที่ความเป็นกรด-เบส 1-2 แอนโทไซยานินจะมีเสถียรภาพสูงมาก แม้จะอยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงและมีแสงก็ตาม และเมื่อเปรียบเทียบในสภาวะอุณหภูมิและความเป็นกรด-เบสเดียวกัน พบว่าแสงมีผลต่อเสถียรภาพของแอนโทไซยานินน้อยมาก เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสี พบว่าค่าการดูดกลืนแสงและค่า  $a^*$  มี

การเปลี่ยนแปลงมากกว่าการเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  และ  $b^*$  ในระหว่างการเก็บรักษาทุกสภาวะ และ  
ความเป็นกรด-เบสมีผลต่อเสถียรภาพของแอนโทไซยานินมากกว่าอุณหภูมิและแสง

### 3. น้ำผลไม้

#### 3.1 ความหมาย (The Council of the European Union)

“เนื้อผลไม้ (Fruit puree)” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนสภาพเพราะ  
จุลินทรีย์แต่ต้องมีใช้เพราะการหมักดอง (fermentable but unfermented product) ซึ่งได้มาจากการ  
แยกส่วนที่รับประทานได้และการปอกเปลือก แต่ทั้งนี้ต้องมีได้มีการนำน้ำของผลไม้ดังกล่าว  
ออกไป

“เนื้อผลไม้เข้มข้น (Concentrated fruit puree)” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อผลไม้  
โดยการลดสัดส่วนของปริมาณน้ำ

“น้ำผลไม้ (Fruit juices)” หมายถึง น้ำซึ่งมาจากผลไม้โดยผ่านกระบวนการทางเทคนิค  
ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนสภาพเพราะจุลินทรีย์ได้แต่ต้องมีใช้การหมักดอง (Fermentable but  
unfermented) โดยจะต้องมีสี กลิ่น รส เหมือนกับน้ำผลไม้ตามธรรมชาติ

“น้ำผลไม้จากน้ำผลไม้เข้มข้น (Fruit juice from concentrate)” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่  
ได้โดยการเติมน้ำบางส่วนที่สกัดมาจากน้ำผลไม้ในขณะที่ถูกทำให้เข้มข้น เมื่อเติมน้ำเปล่าลงไป  
น้ำผลไม้ที่ได้ต้องมีลักษณะด้านเคมี จุลินทรีย์ และ โครงสร้างองค์ประกอบเช่นเดียวกับน้ำผลไม้ตาม  
ธรรมชาติ

“น้ำผลไม้เข้มข้น (Concentrated fruit juice)” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งได้จากน้ำผลไม้  
โดยการลดสัดส่วนของปริมาณน้ำ โดยปริมาณน้ำที่ลดลงไปนั้นจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

### 3.2 กฎหมายเกี่ยวกับน้ำผลไม้

มาตรฐานเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 290 (พ.ศ.2548) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 ได้กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของเครื่องดื่ม ดังต่อไปนี้

- (1) มีกลิ่นและรสชาติตามลักษณะเฉพาะของเครื่องดื่มนั้น
- (2) ไม่มีตะกอน เว้นแต่ตะกอนอันมีตามธรรมชาติของส่วนประกอบ
- (3) น้ำที่ใช้ผลิตต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพหรือมาตรฐานตามประกาศกระทรวง

สาธารณสุขว่าด้วยเรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

(4) ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 2.2 ต่อเครื่องดื่ม 100 มิลลิลิตร โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number)

- (5) ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด อี.โคไล (*Escherichia coli*)
- (6) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค
- (7) ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์หรือสารเป็นพิษอื่นในปริมาณที่อาจเป็นอันตราย

ต่อสุขภาพ

- (8) ไม่มียีสต์และเชื้อรา
- (9) ไม่มีสารปนเปื้อน เว้นแต่ดังต่อไปนี้
  - (9.1) สารหนู ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
  - (9.2) ตะกั่ว ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
  - (9.3) ทองแดง ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
  - (9.4) สังกะสี ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
  - (9.5) เหล็ก ไม่เกิน 15 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
  - (9.6) คีบูก ไม่เกิน 250 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม
  - (9.7) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กิโลกรัม

(10) ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือใช้ร่วมกับน้ำตาล นอกจากการใช้น้ำตาลได้โดยให้ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอ โอ/ดับเบิลยู เอช โอ, โคเดกซ์ (Joint FAO/WHO, Codex) ที่ว่าด้วยเรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร

(11) มีแอลกอฮอล์อันเกิดขึ้นจากธรรมชาติของส่วนประกอบและแอลกอฮอล์ที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิต รวมกันได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก ถ้าจำเป็นต้องมีแอลกอฮอล์ในปริมาณสูงกว่าที่กำหนดไว้ต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา แอลกอฮอล์ที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิตต้องไม่ใช่เมทิลแอลกอฮอล์ เครื่องดื่มชนิดเข้มข้นที่ต้องเจือจางหรือ

เครื่องฉีดชนิดหนึ่งที่ต้องละลายก่อนบริโภคตามที่กำหนดไว้ในฉลาก เมื่อเจือจางหรือละลายแล้ว ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มได้ตาม (4) และมีสารปนเปื้อนได้ตามที่กำหนดไว้ใน (9)

### 3.3 ประเภทของน้ำผลไม้

Pollard and Timberlake (1971) อธิบายความหมายของน้ำผลไม้ว่าเป็นของเหลวที่ได้จากการสกัดจากผลไม้ส่วนที่สามารถบริโภคได้ โดยใช้แรงหรือวิธีการเชิงกลอื่นๆ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ น้ำผลไม้ที่เติมสารช่วยตกตะกอน และน้ำผลไม้ที่เติมสารเพิ่มความคงตัว

น้ำผลไม้ที่เติมสารช่วยตกตะกอน เป็นน้ำผลไม้ที่มีความสว่างใส และไม่ขุ่น (Lee *et al.*, 2007) หรือน้ำผลไม้ที่มีอนุภาคกลุ่มหมอก แต่ไม่ก่อให้เกิดการแยกชั้นของตะกอน ขณะที่น้ำผลไม้ที่เติมสารเพิ่มความคงตัวจะมีอนุภาคคอลลอยด์ หรือแขวนลอยผสมอยู่รวมถึงเนื้อผลไม้ ทำให้มองเห็นเป็นความขุ่น (Bentitez and Lozano, 2007; Mollov *et al.*, 2006) ซึ่งหากต้องการผลิตน้ำผลไม้ที่ใส ต้องทำการแยกอนุภาคแขวนลอยเหล่านี้ออก เนื่องจากอนุภาคในสารแขวนลอยมีแนวโน้มที่จะตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษา ตามกฎของสโตค (สมการที่ 1) โดยธรรมชาติอนุภาคที่มีความหนาแน่นสูงกว่าของเหลวที่อนุภาคนั้นแขวนลอยอยู่จะตกตะกอนลงสู่ด้านล่างตามแรงโน้มถ่วง แต่อัตราเร็วในการตกตะกอนจะช้าลงเมื่อมีความหนืดเป็นแรงต้าน (Schramm, 1996)

$$dx/dt = (2a^2(\rho_2 - \rho_1)g)/(9\eta) \quad (1)$$

|       |          |     |                             |
|-------|----------|-----|-----------------------------|
| เมื่อ | $dx/dt$  | คือ | อัตราเร็ว                   |
|       | $a$      | คือ | รัศมีของอนุภาค              |
|       | $\rho_1$ | คือ | ความหนาแน่นของของเหลวภายนอก |
|       | $\rho_2$ | คือ | ความหนาแน่นของอนุภาค        |
|       | $g$      | คือ | ค่าคงที่แรงโน้มถ่วง         |
| และ   | $\eta$   | คือ | ความหนืด                    |

### 4. น้ำอัดลม

น้ำอัดลม คือ น้ำที่มีส่วนผสมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยผ่านการบวนการอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปในน้ำภายใต้ความดัน (Steen, 2006)

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สเฉื่อย ไม่มีสี ไม่มีอันตราย และไม่มีรสชาติ คาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายได้ในของเหลว โดยความสามารถในการละลายจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของของเหลวลดลง และเมื่อละลายลงในของเหลวจะให้ความรู้สึกซ่า (biting taste) เนื่องจากเปลี่ยนรูปเป็นกรดคาร์บอนิก และเปลี่ยนเป็นไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตไอออนในที่สุด ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่คงที่ในระดับที่เหมาะสมสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของ เชื้อจุลินทรีย์ ยีสต์ และราได้ โดยในกรณีของรา แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สามารถเข้าไปจับกับ ออกซิเจนที่ใช้ในการเจริญเติบโต ขณะที่ยีสต์จะหยุดการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์และเอทานอล โดยการหมักของซูโครส (Steen, 2006)

ในปัจจุบันนี้เครื่องดื่มอัดแก๊สได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้น เนื่องด้วยความรู้สึกซ่า ขณะดื่ม (mouthfeel) ความรู้สึกดังกล่าวนี้ เกิดจากการระคายเคืองหรือเจ็บที่เกิเกิดขึ้นที่ลิ้น โดยเมื่อ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กระทบลิ้นจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิกโดยเอนไซม์คาร์บอนิก แอนไฮเดรส จะทำให้เกิดความรู้สึกซ่า (Grabber and Kelleher, 1998) โดยคุณสมบัติการมีฟองของ เครื่องดื่มอัดแก๊สขึ้นกับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในสารละลายและ ความสามารถในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปสู่แก๊ส

อมรรัตน์ (2545) ศึกษาการแปรรูปน้ำผลไม้อัดแก๊ส โดยนำน้ำผลไม้เมืองร้อน ภายในประเทศ ได้แก่ น้ำส้ม น้ำมะนาว และน้ำสับปะรด ที่ได้จากการคั้นน้ำ ไปผ่านกระบวนการ พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และนำไปผ่านกระบวนการอัดแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ด้วยความดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลผลิตกันท์ที่ ได้มีปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในผลิตภัณฑ์ 1.85 ปริมาตร และพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อ คุณภาพน้ำผลไม้อัดแก๊ส คือ องค์ประกอบของวัตถุดิบ อัตราส่วนของน้ำผลไม้ต่อน้ำที่ใช้ ปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และความเป็นกรด-เบสของน้ำผลไม้

สำหรับเครื่องดื่มไวน์ที่มีฟองปริมาณมาก อัตราการโตของฟองแก๊สและความหนืดของ ไวน์เป็นผลเนื่องมาจากความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในของเหลว และสารที่ ส่งผลต่อแรงตึงผิวของของเหลว เช่น โปรตีนหรือน้ำตาลในสารละลาย (Evans *et al.*, 1999; Odake, 2001) การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลจะเพิ่มระดับความสามารถในการละลายของแก๊ส- คาร์บอนไดออกไซด์ลงในสารละลาย นอกจากนี้การที่มีโปรตีนอยู่ในรูปกรดอะมิโนอิสระยังเพิ่ม ความเร็วในการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย ในเครื่องดื่มบางประเภทมีการเติม สารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว และสารสร้างเจล เพื่อปรับความรู้สึกในปาก และเพิ่ม

ระยะเวลาในการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การปรับส่วนผสมของสารในเฟสของเหลวจึงมีผลต่อลักษณะปรากฏและการยอมรับรสชาติของผู้บริโภค โดยปริมาณและขนาดของฟองแก๊สส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของแก๊ส สามารถลดขนาดฟองแก๊สลงได้โดยการเติมสารลดแรงตึงผิว (Marchal *et al.*, 1999) ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าผู้ทดสอบโดยมากยอมรับเครื่องดื่มที่มีฟองอากาศขนาดเล็กเช่นเดียวกันกับการทดสอบของ Barker *et al.* (2002a; 2002b)

การอัดแก๊สลงในเครื่องดื่ม แก๊สจะถูกฉีดผ่านท่ออากาศอย่างต่อเนื่องและผสมเข้ากับเครื่องดื่ม หลังจากนั้นจะถูกนำไปเก็บที่ถังให้ความดันหรือบรรจุลงขวด ในการผลิตเครื่องดื่มอัดแก๊ส การควบคุมปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายลงในสารละลายมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เครื่องมือที่ใช้วัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ Severinghaus electrode (Bradley and Severinghaus, 1958) และ Infrared detector (Munkolm *et al.*, 1988) โดยเครื่องคอมพิวเตอร์จะวัดความกดดันของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อเริ่มกระบวนการอัดแก๊สทุก 20 วินาที (Descoins, 2006)

## 5. ไมโครฟิลเทรชัน

การแปรรูปน้ำผลไม้สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน แต่กระบวนการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่การกรองผ่านเมมเบรน (membrane process) โดยเฉพาะกระบวนการไมโครฟิลเทรชัน (microfiltration)

ไมโครฟิลเทรชันเป็นวิธีการกรองที่นิยมนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เพื่อกรองน้ำผลไม้ให้ใส โดยแยกเส้นใยของผลไม้ ออก ทำให้ได้น้ำผลไม้ใสปราศจากจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสีย และสามารถใช้กระบวนการกรองร่วมกับกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาน้ำผลไม้ หรืออาจนำผลไม้ที่ปอก/แกะเปลือกออกพร้อมเมล็ดไปผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ก่อน เพื่อรักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลไม้ ก่อนนำไปแปรรูปเป็นน้ำผลไม้ (Ganlmann, 1993) อย่างไรก็ตามการประกอบที่ระเหยได้อาจหายไปในขณะที่ผ่านกระบวนการไมโครฟิลเทรชัน (Decloux *et al.*, 1999) แต่ด้วยสถานะของกระบวนการที่ไม่รุนแรง ไม่มีการเปลี่ยนสถานะ และไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อน กระบวนการนี้จึงสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางประสาทสัมผัส

Youn *et al.* (2004) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำแอปเปิ้ลใส โดยใช้เบนโทไนท์ 0.5%(w/v) พอลิไวนิลพอลิไพโรลิดอน (PVPP) 0.2%(w/v) และคาร์บอนขนาด 10-14 เมช 0.1%(w/v) เป็นสารช่วยตกตะกอน หลังจากนั้นนำน้ำแอปเปิ้ลที่ได้ไปผ่านกระบวนการไมโครฟิวเทรชันและอัลตราฟิวเทรชันนาน 60 นาที ร่วมกับการเติมเอนไซม์เพคตินเอส 0.3%(w/v) และอะไมเลส 0.3%(w/v) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที และยับยั้งเอนไซม์ด้วยความร้อน 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าการใช้เบนโทไนท์ทำให้น้ำแอปเปิ้ลมีความใสมากที่สุด ส่วนกระบวนการกรองไมโครฟิวเทรชันและอัลตราฟิวเทรชันนั้นให้น้ำแอปเปิ้ลที่มีความใสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) แต่การเติมเบนโทไนท์ร่วมกับกระบวนการไมโครฟิวเทรชันมีประสิทธิภาพในการทำให้น้ำผลไม้ใสมากกว่ากระบวนการอัลตราฟิวเทรชัน ส่วนคุณภาพด้านความเป็นกรด-เบส ปริมาณน้ำตาล กรดอินทรีย์ และวิตามินซีไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกระบวนการกรอง มีเพียงสีของน้ำแอปเปิ้ลที่ผ่านการเติมเบนโทไนท์ที่ถูกปรับปรุงให้มีสีเหลืองขึ้น

## 6. การพาสเจอร์ไรส์

การพาสเจอร์ไรส์ เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อยืดอายุของผลิตภัณฑ์อาหารโดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความทนทานต่อความร้อนต่ำ และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าของอาหารน้อยที่สุด วัตถุประสงค์ของการพาสเจอร์ไรส์ในน้ำผลไม้ คือการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เช่น เอนไซม์เพคตินเอสเทอร์เรส และเอนไซม์พอลิกลาแลกทูโรเนส อีกทั้งทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย เช่น ยีสต์และรา โดยสภาวะในการให้ความร้อน คือ ที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที, 77 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที หรือ 88 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที (วิไล, 2552)

Sethi (2007) แนะนำวิธีการรักษาน้ำผลไม้และเครื่องดื่มโดยการพาสเจอร์ไรส์ 3 วิธี ได้แก่ การให้ความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส นาน 25-30 นาที สำหรับการพาสเจอร์ไรส์ในครัวเรือน การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าการพาสเจอร์ไรส์ 2.5 องศาเซลเซียส และบรรจุลงในขวดที่ผ่านการสเตอไรส์ให้เต็ม จากนั้นปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปพาสเจอร์ไรส์ วิธีนี้จะช่วยลดปัญหาที่เกิดจากอากาศต่อคุณภาพของน้ำผลไม้ และการทำแฟลชพาสเจอร์ไรส์ ซึ่งให้ความร้อนสูงกว่าการพาสเจอร์ไรส์ ในระยะเวลาที่สั้นกว่าเพียงประมาณ 1 นาที แล้วบรรจุลงในภาชนะปิดสนิทไม่มีอากาศ

นวรรค์ (2541) ศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อน้ำมะขามด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale พบว่าน้ำมะขามที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ได้รับ

คะแนนด้านรสชาติโดยรวมไม่แตกต่างจากน้ำมะขามที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และเมื่อศึกษาผลของเวลาในการพาสเจอร์ไรส์ต่อความชอบโดยรวมของผู้บริโภค พบว่าที่อุณหภูมิการพาสเจอร์ไรส์ 85 องศาเซลเซียส น้ำมะขามที่ให้ความร้อนนาน 15 นาทีที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากระยะเวลาการพาสเจอร์ไรส์ 20 นาที โดยคะแนนที่ได้อยู่ในช่วง 7.4-7.6

การศึกษาของ Ulgen and Ozilgen (1993) พบว่าเมื่อพิจารณาการตายของจุลินทรีย์ การหยุดการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส ซึ่งทนต่อความร้อนและเป็นสาเหตุทำให้เกิดความขุ่นในน้ำผลไม้ รวมถึงปริมาณวิตามินซีที่เหลือเป็นเกณฑ์ สภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรส์น้ำผลไม้ในตระกูลมะนาว คือความเป็นกรด-เบสในช่วง 2.5-4.0 และอุณหภูมิการพาสเจอร์ไรส์ 65-75 องศาเซลเซียส โดยไม่พบเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสในน้ำผลไม้ตระกูลมะนาวที่มีความเป็นกรด-เบสต่ำกว่า 3.5 และเมื่อพิจารณา *Leuconostoc mesenteroides* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในภาวะที่เป็นกรด เป็นเกณฑ์ (ความเป็นกรด-เบสสูงสุดและต่ำสุดที่จุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถทนความร้อน คือที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และ 2.7 ตามลำดับ) พบว่ากระบวนการที่เหมาะสมในการลดจำนวนจุลินทรีย์ คือ น้ำผลไม้ที่ความเป็นกรด-เบส 2.7 พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 นาที

## 7. เพคตินกับการเตรียมน้ำผลไม้

เพคตินเป็นคอลลอยด์เชิงซ้อนของพอลิแซ็กคาไรด์ ประกอบด้วย พอลิเมอร์เส้นตรงของ D-galacturonic acid เชื่อมต่อกับ  $\alpha$ -D-1,4 glycosidic linkages (Pilnik and Voragen, 1970)

Noichinda *et al.* (2007) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเพคตินและเอนไซม์ไฮโดรเลส ในมังคุดระหว่างการเก็บรักษา พบว่าความแน่นของเนื้อมังคุดที่ลดลงเป็นผลเนื่องจากการลดลงของปริมาณเพคตินที่ละลายไม่ได้ และการที่เนื้อมังคุดนุ่มและมีน้ำภายในเป็นผลเนื่องจากการเพิ่มของเพคตินที่ละลายน้ำ ซึ่งสัมพันธ์กับการทำงานของเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรสและพอลิ-กาแลคทูโรเนสในเนื้อมังคุดรวมถึงเอนไซม์อื่นๆ

## 7.1 ผลของความเป็นกรด-เบสต่อเพคติน

ความเป็นกรด-เบสมีผลต่อการก่อเจลของเพคติน โดยเฉพาะกลุ่มเมทอซซิลเพคติน โดยที่ความเป็นกรด-เบสต่ำ หมู่คาร์บอเนตจะแสดงประจุน้อยลง ลดแรงผลักกันระหว่างโซ่เพคตินที่อยู่ติดกัน ทำให้น้ำผลไม้ที่มีค่า DE (Degree of Esterification) หรือปริมาณเมทอซซิลต่ำ (น้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดมากหรือค่าความเป็นกรด-เบสต่ำ) เกิดการก่อตัวของเจลเพคตินได้ช้า โดยการเปลี่ยนระดับความเป็นกรด-เบสเพียงเล็กน้อยส่งผลต่อความสามารถในการก่อตัวของเจลเพคติน ความเป็นกรด-เบสของน้ำผลไม้ที่ทำให้เกิดการก่อตัวของเจลเพคตินได้ช้า คือ ที่ความเป็นกรด-เบส 3.1 และความเป็นกรด-เบสที่ทำให้เกิดการก่อตัวของเจลเพคตินได้เร็ว คือ ที่ความเป็นกรด-เบส 3.4 การแทนที่ซูโครสด้วยน้ำตาลชนิดอื่นในโมเลกุลเพคตินโดยการปรับปฏิกิริยาของหมู่ที่ไม่ละลายน้ำระหว่างโซ่เพคตินจะทำให้การก่อตัวของเจลเพคตินลดลง แม้ในสารละลายที่มีความเป็นกรด-เบสสูงขึ้น นอกจากนี้การสร้างพันธะกับแคลเซียมก็ส่งผลต่อการก่อเจล ทำให้การก่อเจลเกิดขึ้นที่ความเป็นกรด-เบสเข้าใกล้ที่สภาวะเป็นกลาง เนื่องจากหมู่เมทอซซิลลดลง (Albrecht, 1996)

น้ำผลไม้ที่ได้จากการคั้นมีอนุภาคที่ไม่สามารถละลายได้ในปริมาณมาก เรียกว่า “cloud particles” หรืออนุภาคกลุ่มหมอก ซึ่งมีเพคตินเป็นส่วนประกอบหลัก (Kashyap *et al.*, 2001) กระบวนการผลิตน้ำผลไม้จึงนิยมนำน้ำผลไม้ไปทำการเติมเอนไซม์ก่อนเพื่อสลายโมเลกุลและโครงสร้างที่ซับซ้อนของเพคตินในรูปพอลิแซ็กคาไรด์ แต่ผลที่ตามมาคือทำให้ความหนืดของน้ำผลไม้ลดลง

## 7.2 การสลายโมเลกุลเพคตินโดยใช้เอนไซม์ในกระบวนการเตรียมน้ำผลไม้

การคั้นน้ำผลไม้ที่มีปริมาณเพคตินสูงจะได้น้ำผลไม้ที่มีความหนืดมาก และเกิดการจับตัวของน้ำกับเนื้อผลไม้เป็นเยลลี่ซึ่งยากต่อการแยก นอกจากนี้เพคตินยังเป็นอุปสรรคในกรองน้ำผลไม้ เอนไซม์เพคตินเนสจึงถูกนำมาใช้เพื่อปรับสภาพคอลลอยด์ในน้ำผลไม้และลดความหนืดของน้ำผลไม้ ทำให้สามารถบีบคั้นเนื้อผลไม้ได้ง่ายขึ้น อีกทั้งเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ที่สามารถแยกออกได้

เอนไซม์เพคตินเนสช่วยสลายโปรโตเพคตินซึ่งเป็นเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ ได้เป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ เอนไซม์เพคตินเนสมี 2 ประเภท คือ เอนไซม์เพคตินเอสที่มีฤทธิ์เป็นกรดและเอนไซม์เพคตินเอสที่มีฤทธิ์เป็นเบส โดยเอนไซม์เพคตินเอสที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้

และไวน์ ได้แก่ เอนไซม์เพคตินเอสที่มีฤทธิ์เป็นกรดเพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มร้อยละผลผลิตที่ได้จากการคั้นน้ำผลไม้ และช่วยกำจัดสารแขวนลอยในน้ำผลไม้ ทำให้น้ำผลไม้ใสยิ่งขึ้น

การใช้เอนไซม์เป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ จุดประสงค์ในการใช้เอนไซม์มี 2 ประการ คือ การใช้เอนไซม์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคั้นน้ำผลไม้ (mesh treatment) และการใช้เอนไซม์เพื่อทำให้น้ำผลไม้มีความเหลวเพิ่มขึ้น

### 7.2.1 การใช้เอนไซม์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคั้นน้ำผลไม้

การใช้เอนไซม์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคั้นน้ำผลไม้ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการคั้นน้ำออก และเพิ่มผลผลิตของน้ำผลไม้ ในขั้นนี้จะใช้เอนไซม์เพคตินเอส 50 - 100 ppm และให้อุณหภูมิ 10 - 30 องศาเซลเซียส นาน 30 - 60 นาที น้ำผลไม้ที่ได้มีข้อจำกัดในการนำไปผ่านกระบวนการผลิตต่อเนื่องจากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางองค์ประกอบเนื้อเยื่อมากขึ้นหากเก็บไว้นาน โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของเพคตินจากรูปที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ หรือ protopectin เป็นเพคตินที่ละลายได้ซึ่งจะทำให้ความหนืดของน้ำผลไม้เพิ่มขึ้น ในการแก้ปัญหาดังกล่าวอาจทำได้โดยเติมเอนไซม์อื่นร่วมกับเอนไซม์เพคตินเอส นอกจากนี้อาจนำกากที่แยกออกมาให้เอนไซม์ร่วมกับน้ำอุ่นอีกครั้ง เพื่อล้างเอาน้ำตาลที่คงเหลือออก และเพิ่มผลผลิตให้กับน้ำผลไม้ ในกรณีน้ำแอปเปิ้ลการใช้เอนไซม์ช่วยในกระบวนการบดและคั้นน้ำออก จะให้ผลผลิตมากขึ้นร้อยละ 90 (Faigh, 1995)

### 7.2.2 การใช้เอนไซม์เพื่อทำให้น้ำผลไม้มีความเหลวเพิ่มขึ้น

การใช้เอนไซม์เพื่อทำให้น้ำผลไม้มีความเหลวเพิ่มขึ้นเป็นการใช้เอนไซม์เพคตินเอส เซลลูเลส และ เฮมิเซลลูเลสในอัตราส่วนต่างๆ ที่ความเข้มข้น 100 - 300 ppm และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 30 - 50 องศาเซลเซียส นาน 1 - 3 ชั่วโมง เอนไซม์เพคตินเอสเหมาะสำหรับน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรด-เบสในช่วง 3.5 - 4.5 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะทำให้น้ำผลไม้มีความหนืดลดลงร้อยละ 50 - 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากค่าเริ่มต้น ซึ่งทำให้การแยกน้ำออกจากของแข็งทำได้ง่ายและเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งจะแสดงผลชัดเจนเมื่อใช้เอนไซม์เซลลูเลสและเฮมิเซลลูเลสร่วมด้วย

เอนไซม์เพคตินสโนอกจากจะเป็นเอนไซม์ที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้แล้ว ยังนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมไวน์ เพื่อคงความเสถียรและป้องกันการตกตะกอนของไวน์ โดยเป็นกระบวนการเบื้องต้นในการทำให้ไวน์ใส ลดการเกิดจุลินทรีย์ และสะดวกต่อการควบคุมการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์

เพคตินที่ไม่สามารถละลายได้ในผลไม้เกิดจากการย่อยของเซลล์และเอนไซม์เพคโตไลติก เกิดเป็นสารหล่อลื่นที่แผ่นกรองและลดประสิทธิภาพในการคั้นน้ำ ในการแยกเพคตินออกโดยทั่วไปจะทำการเติมเอนไซม์เพคตินสโนความเข้มข้น 50-100 ppm และบ่มนาน 30 นาที ก่อนนำมาคั้นน้ำ โดยเอนไซม์จะเข้าไปทำลายโครงสร้างพอลิแซ็กคาไรด์ตรงส่วนกลาง (middle lamella) และผนังเซลล์ปฐมภูมิ (primary cell wall) เป็นผลให้ร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้น ระยะเวลาการผลิตลดลง และเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดหรือแยกองค์ประกอบที่ต้องการออกจากเนื้อผลไม้ (Albrecht, 1996) นอกจากนี้เอนไซม์เพคตินสโนยังเพิ่มการปลดปล่อยสีของแอนโทไซยานิน ทำให้สีของน้ำผลไม้สดอีกด้วย (Pilnik and Voragen, 1993)

กลไกการทำงานของเอนไซม์ เกิดขึ้นเมื่อเพคตินที่ห่อหุ้มโปรตีนถูกทำลายและแสดงประจุบวกของโปรตีนที่ถูกห่อหุ้มไว้ ทำให้แรงผลักระหว่างอนุภาคเพคตินซึ่งมีประจุลบจึงลดลง และเกิดการรวมกันระหว่างประจุบวกของโปรตีนและประจุลบของเพคตินเป็นอนุภาคนาโนขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถแยกออกจากกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ได้ (Kashyap *et al.* 2001)

## 8. การเติมสารช่วยตกตะกอนในน้ำผลไม้

การเติมสารช่วยตกตะกอนเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ชนิดใส วิธีการนี้นอกจากจะช่วยตกตะกอนอนุภาคคอลลอยด์แล้ว ยังตกตะกอนยีสต์และจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนในน้ำผลไม้อีกด้วย เมื่อแยกอนุภาคเหล่านี้ออกจะได้น้ำผลไม้ที่มีลักษณะโปร่งแสง (transparent) และเมื่อนำไปผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยงจะได้น้ำผลไม้ที่มีลักษณะโปร่งใส (Clear) (Kashyap, 2001)

Zoecklein (1988) และ Benitez and Lozano (2007) อธิบายกลไกการทำงานของสารช่วยตกตะกอนว่าสามารถตกตะกอนกับอนุภาคโปรตีนหรือสารประกอบในเครื่องดื่มได้โดยการดูดซับ (adsorp) หรืออาศัยการดึงดูดกันระหว่างประจุลบของสารช่วยตกตะกอนและประจุบวกของโปรตีน

เจลาติน (gelatin) และเบนโทไนท์ (bentonite) เป็นสารช่วยตกตะกอนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มน้ำผลไม้ (Beveridge *et al.*, 1986) โดยช่วยลดการเกิดกลุ่มหมอกของสารแขวนลอย และชักนำให้เกิดการแยกกันของกลุ่มหมอกและตะกอนออกจากสารละลาย ทำให้น้ำผลไม้ใสยิ่งขึ้น (Heatherbell *et al.*, 1990)

เจลาตินสามารถจับกับสารประกอบพอลิฟีนอลได้ โดยสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของวงเบนซีนในสารประกอบพอลิฟีนอลกับพันธะเพปไทด์ของเจลาติน โดยการศึกษาของ Cosme *et al.* (2009) พบว่าในกลุ่มของสารประกอบพอลิฟีนอล เจลาตินสามารถจับกับฟลาโวนอยด์ได้ดีกว่าพอลิฟีนอลชนิดอื่น

เบนโทไนท์เป็นสารประกอบไฮเดรต อลูมิเนียม ซิลิเกต ที่สามารถเปลี่ยนประจุบวกได้ เบนโทไนท์เป็นสารช่วยตกตะกอนที่ได้จากดินภูเขาไฟ ซึ่งได้รับความนิยมมากในอุตสาหกรรมไวน์ อย่างไรก็ตาม เบนโทไนท์ส่งผลกระทบต่อสารประกอบฟีนอลิก โดยสามารถจับกับโปรตีนและดูดซึมสารประกอบฟีนอลิกบางตัว รวมถึงแอนโทไซยานินที่แสดงประจุบวก และดูดซึมสีของแอนโทไซยานินออกร้อยละ 15 (Zoecklein, 1988)

Lee *et al.* (2007) ทำการศึกษาผลของสารช่วยตกตะกอนเบนโทไนท์ (bentonite) และส่วนผสมของเจลาติน (gelatin) และเบนโทไนท์ (bentonite) ในน้ำกล้วย รวมถึงผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4, 25 และ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 สัปดาห์ พบว่าน้ำกล้วยที่เติมสารช่วยตกตะกอนมีปริมาณพอลิฟีนอลและการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกน้อยกว่าน้ำกล้วยควบคุมที่ไม่เติมสารช่วยตกตะกอน โดยการเปลี่ยนแปลงจะมากขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ( $p \leq 0.001$ ) สอดคล้องกับค่าความใสที่ได้จากการประเมินทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นและรสผลไม้ การวิเคราะห์ทางสถิติพบความแตกต่าง ( $p \leq 0.001$ ) ของน้ำกล้วยในทุกตัวอย่าง แต่การทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างด้านกลิ่นและกลิ่นรสผลไม้ได้ เช่นเดียวกับผลของอุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษา โดยน้ำกล้วยที่เติมสารช่วยตกตะกอนได้รับการยอมรับจนถึงเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา ขณะที่น้ำกล้วยที่ไม่เติมสารช่วยตกตะกอนได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพียง 16 สัปดาห์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Tajchakavit *et al.* (2001a) ที่ศึกษาผลของกระบวนการต่อการเกิดความขุ่นในน้ำแอปเปิ้ลหลังการบรรจุ พบว่าการเติมสารช่วยตกตะกอนช่วยกำจัดสารตั้งต้นในการเกิดการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกได้ จึงช่วยลดโอกาสการเกิดการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกของน้ำแอปเปิ้ลขณะการเก็บรักษา

## 9. อนุภาคคอลลอยด์ในน้ำผลไม้

### 9.1 การเกิดความขุ่น (Haze formation)

นักวิทยาศาสตร์หลายท่านเชื่อว่าความขุ่นในน้ำผลไม้เกิดเนื่องจากสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ในเซลล์พืช เช่น แทนนิน เพคติน แป้ง โปรตีน และสารที่ไม่สามารถละลายน้ำ เช่น การจับตัวกันของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่นิวเคลียสมีประจุบวกกับเพคตินที่มีประจุลบ (Yamasaki *et al.*, 1964; Pilnik and Voragen, 1993) หรือ เกิดจากการรวมตัวกันของพอลิฟีนอลในน้ำผลไม้ โดยสารพอลิฟีนอลเกิดการพอลิเมอไรส์ผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันรวมกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ ทำให้เห็นเป็นกลุ่มหมอกของอนุภาคคอลลอยด์ หรืออาจเกิดจากการรวมกันของสารพอลิฟีนอลกับสารโมเลกุลขนาดเล็กไมโครเมตร เช่น โปรตีน แป้ง หรือ โลหะโมเลกุลคู่ เกิดเป็นสารประกอบ (Siebert, 2006)

Beveridge (1997) และ Van-Buren and Way (1978) รายงานว่าอนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับโปรตีนและพอลิฟีนอลในน้ำผลไม้ ซึ่งสามารถวิเคราะห์อนุภาคเหล่านี้ได้โดยการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกในน้ำผลไม้ (Beveridge and Tait, 1993; Heatherbell, 1976) อย่างไรก็ตามน้ำผลไม้ที่มีปริมาณโปรตีนต่ำหรือไม่มีโปรตีนก็สามารถเกิดการรวมตัวกันของสารประกอบในน้ำผลไม้ทำให้เกิดความขุ่นได้เช่นกัน Boye (1999) อธิบายการเกิดอนุภาคคอลลอยด์ว่าเกิดจากการพอลิเมอไรส์ของพอลิฟีนอลผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ ทำให้เห็นเป็นกลุ่มหมอกของอนุภาคคอลลอยด์ หรืออาจเกิดจากการรวมกันของพอลิฟีนอลกับสารโมเลกุลขนาดเล็กไมโครเมตร เช่น โปรตีน แป้ง หรือ โลหะโมเลกุลคู่ เกิดเป็นสารประกอบ (Armstrong *et al.*, 1980; Van-Buren and Way, 1978)

Tajchakavit *et al.* (2001b) ทำการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการเกิดการรวมกันเป็นกลุ่มหมอก และปัจจัยที่มีอิทธิพลในการพัฒนาการเกิดการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกในน้ำแอปเปิ้ลไซพบว่าน้ำแอปเปิ้ลไซสามารถเกิดการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกได้ โดยเวลาการเก็บรักษาขึ้นกับปริมาณสารประกอบพอลิฟีนอลสุดท้ายที่ได้ และเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อัตราการเกิดการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณแทนนินลดลง และปรากฏเป็นความขุ่น (haze)

Siebert (2006) อธิบายว่าความขุ่นที่ปรากฏในสารละลายเกิดจากการหักเหของแสงเมื่อกระทบกับอนุภาคคอลลอยด์หรืออนุภาคแขวนลอยขนาดใหญ่ ซึ่งอาจมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

และสามารถวัดค่าความขุ่นได้ เมื่อเวลาผ่านไปอนุภาคดังกล่าวจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และตกตะกอน ขณะที่อนุภาคคอลลอยด์ (โดยเฉพาะอนุภาคคอลลอยด์ที่มีขนาดเล็กและมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับสารของเหลวที่อนุภาคเหล่านั้นแขวนลอยอยู่ด้วย) สามารถคงความเสถียรในของเหลวได้ และมีการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (brownian motion) ความขุ่นในเครื่องดื่มโดยมากเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและพอลิฟีนอล เริ่มแรกสารประกอบระหว่างโปรตีนและพอลิฟีนอลอาจอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ แต่เมื่อรวมตัวกันจะมีขนาดใหญ่ขึ้นและตกตะกอนในที่สุด (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและพอลิฟีนอล

ที่มา: Siebert (2006)

## 9.2 การวัดค่าการรวมกลุ่มกันของอนุภาคในน้ำผลไม้ (cloudiness)

Mirhosseini *et al.* (2008) ทำการศึกษาผลของเพคตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ต่อเสถียรภาพทางกายภาพ การรวมกันเป็นกลุ่มหมอก และการปลดปล่อยกลิ่นรสสัมในเครื่องดื่ม อิมัลชันขณะการเก็บรักษา ค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยค้นหาความยาวคลื่นในช่วงความยาวคลื่น 190-1100 นาโนเมตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตรตามวิธีการของ Garti *et al.* (1991) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเพคตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส น้ำส้มจะมีค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกสูงขึ้น โดยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทำให้น้ำส้มมีการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกมากกว่าเพคติน และพบว่าการปลดปล่อยกลิ่นรสสัมในรูปสารประกอบแอลดีไฮด์ลดลงระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและสัมพันธ์กับเสถียรภาพของอิมัลชันและการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกในน้ำส้มที่ลดลง

## 10. สารเพิ่มความคงตัว

เนื่องจากปัญหาหลักของน้ำผลไม้ที่เติมสารเพิ่มความคงตัวคือเสถียรภาพของตะกอน ดังนั้นเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของอนุภาคกลุ่มหมอก ไฮโดรคอลลอยด์จึงถูกนำมาใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว

ไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุในสารละลาย และเพิ่มเสถียรภาพของสารที่ไม่ละลายน้ำ เนื่องจากอนุภาคของน้ำผลไม้มีประจุลบ จึงมีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ซึ่งมีประจุลบลงไปเพื่อเพิ่มแรงผลักระหว่างประจุ ไม่ให้เกิดการรวมกันของอนุภาคและก่อตัวเป็นตะกอน นอกจากนี้ไฮโดรคอลลอยด์ที่เติมลงไป ยังส่งผลให้ความหนืดของน้ำผลไม้มีค่าสูงขึ้น จึงช่วยชะลอการตกตะกอน ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยกฎของสโตค

ไฮโดรคอลลอยด์ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและน้ำผลไม้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการไหล โดยใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว (Somogyi, 1996) เพิ่มเสถียรภาพของสารแขวนลอยไม่ใหัรวมตัวกันและตกตะกอน (Genovese and Lozano, 2001) ปฏิกริยาระหว่างไฮโดรคอลลอยด์และโปรตีนสามารถเกิดได้ 3 รูปแบบ (Dickinson, 2003) คือ

- (1) การไม่รวมตัวกันของไฮโดรคอลลอยด์และโปรตีน (miscibility) เนื่องจากการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ความเข้มข้นต่ำที่มีประจุผลักระหว่างกัน
- (2) การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไฮโดรคอลลอยด์และโปรตีน เมื่อใช้ไฮโดรคอลลอยด์ความเข้มข้นสูงและมีประจุดึงดูดกับโปรตีน
- (3) การแยกชั้นของไฮโดรคอลลอยด์และโปรตีน เมื่อโปรตีนและไฮโดรคอลลอยด์ไม่สามารถจับกันได้ (thermodynamic incompatibility)

### 10.1 แชนแทนกัม

แชนแทนกัมเป็นสารเฮเทอร์โรวอลิแซคคาไรด์ที่ได้จากการหมักกลูโคสหรือซูโครส แชนแทนกัมเสถียรต่ออุณหภูมิ ความแข็งแรงของพันธะไอออนิก ความเป็นกรด-เบส เอนไซม์ และปฏิกิริยาทางเคมี (Speers and Tung, 1986; Liang *et al.*, 2006) แชนแทนกัมให้ความรู้สึกมีเนื้อสัมผัส จึงนิยมนำมาใช้ในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เพื่อให้ผู้บริโภครู้สึกถึงเนื้อสัมผัสของน้ำผลไม้จาก

ธรรมชาติ (Beristain *et al.*, 2006) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแซนแทนกัมทำให้สารละลายมีความหนืดสูงที่แรงเฉือนต่ำ ทำให้มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

## 10.2 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์สายตรง ละลายน้ำได้และแสดงประจุลบ (Beristain *et al.*, 2006, Liang *et al.*, 2006) สามารถเพิ่มเสถียรภาพให้กับน้ำผลไม้ได้ โดยอาศัยการปลั๊กกันระหว่างประจุของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและประจุของอนุภาคกลุ่มหมอก อย่างไรก็ตาม น้ำผลไม้ที่เติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะมีความใสและสว่างมากกว่าน้ำผลไม้ชนิดเดียวกันที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น (Somogyi, 1996)

Liang *et al.* (2006) ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ในน้ำแครอท โดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 5 ชนิด ได้แก่ กัวร์กัม 0.200 กรัม/100 มิลลิลิตร แซนแทนกัม 0.200 กรัม/100 มิลลิลิตร โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) 0.300 กรัม/100 มิลลิลิตร เจลเลน 0.200 กรัม/100 มิลลิลิตร และเจลเลนและแซนแทนในปริมาณ 0.015 และ 0.100 กรัม/100 มิลลิลิตรตามลำดับ พบว่าเจลเลนสามารถป้องกันการตกตะกอนของน้ำแครอทได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและส่วนผสมระหว่างเจลเลนและแซนแทนสามารถลดปริมาณตะกอนของเนื้อแครอทและตะกอนขาวได้เพียง 60 วัน ในขณะที่กัวร์กัมและแซนแทนกัมไม่สามารถป้องกันการตกตะกอนในน้ำแครอทได้

Genovese and Lozano (2001) ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อเสถียรภาพและความหนืดของน้ำแอปเปิ้ลที่เติมสารเพิ่มความคงตัวโดยการวัดค่าศักย์ซีต้า (Zeta potential) ด้วยเครื่องอิเล็กโทรโพรเซส สารไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ ได้แก่ แซนแทนและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส พบว่าที่ความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.4-0.5 สามารถป้องกันการแยกชั้นได้ โดยที่ความเข้มข้นต่ำ โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสสามารถรักษาเสถียรภาพของน้ำแอปเปิ้ลที่เติมสารเพิ่มความคงตัวได้ดีกว่าแซนแทน เนื่องด้วยประจุไฟฟ้าที่เป็นลบ

## 11. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

การเสื่อมเสียของน้ำผลไม้มีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ (ตารางที่ 1) โดยการเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์เป็นสาเหตุหลัก

ตารางที่ 1 อันตราย/การเสื่อมเสียและความปลอดภัยของน้ำผลไม้

| อันตราย/การเสื่อมเสีย       | ผล                                                     |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
| มีจุลินทรีย์ปนเปื้อน        | เชื้อก่อโรคเจริญเติบโต เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์     |
| สารอัลฟาโทกซินจากผลไม้      | ไม่ปลอดภัยและผิดกฎหมาย                                 |
| มียาฆ่าแมลงหลงเหลือ         | ไม่ปลอดภัยและผิดกฎหมาย                                 |
| มีสารปนเปื้อน               | ไม่ปลอดภัย สูญเสียกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์                  |
| การทำงานของเอนไซม์          | การเกิดสีน้ำตาล ความคงตัวและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์        |
| ออกซิเจน                    | การเกิดสีน้ำตาล คุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ |
| ไออนของโลหะประจุบวก         | ไม่ปลอดภัย สูญเสียกลิ่นรส สี และคุณค่าทางโภชนาการ      |
| สารตั้งต้นปฏิกิริยาเมลลาร์ด | การเกิดสีน้ำตาลและสูญเสียคุณภาพ                        |
| เสถียรภาพของคอลลอยด์        | เกิดการตกตะกอน หรือความขุ่น                            |

ที่มา: Bates *et al.* (2001)

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาโดยอาศัยหลักการทางจลนพลศาสตร์สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเวลาในการเก็บรักษา โดยทั่วไปสามารถในรูปสมการอันดับ 0 สมการอันดับ 1 หรือสมการอันดับ 2 ดังแสดงในสมการที่ 2 ถึง 4 (รุ่งนภา, 2550)

$$\text{เมื่อ } n = 0; \quad C_A - C_{A0} = -kt \quad (2)$$

$$\text{เมื่อ } n = 1; \quad \ln(C_A/C_{A0}) = -kt \quad (3)$$

$$\text{เมื่อ } n = 2; \quad 1/C_A - 1/C_{A0} = -kt \quad (4)$$

โดย  $C_A$  คือ ปริมาณสารที่เกิดขึ้นที่เวลาใดๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

$C_{A0}$  คือ ปริมาณสารที่มี ณ จุดเริ่มต้น

$k$  คือ ค่าคงที่อัตรา (kinetic rate constant)

$t$  คือ ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลง (วัน)

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่ขึ้นกับอุณหภูมิการเก็บรักษาสามารถแสดงโดยใช้แบบจำลองสมการอาร์เรเนียส (Arrhenius) ดังสมการที่ 5

$$k = k_0 \exp(-E_a/RT) \quad (5)$$

|       |                                                                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------|
| โดย k | คือ ค่าคงที่อัตรา                                                 |
| $k_0$ | คือ ค่าคงที่สมการอาร์เรเนียส                                      |
| $E_a$ | คือ พลังงานกระตุ้น (kJ/mol)                                       |
| R     | คือ ค่าคงที่ของแก๊ส (gas constant) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.314 J/mol.K |
| T     | คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)                                          |

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. วัตถุดิบ

- 1.1 เนื้อมังคุดปั่น (puree) จากบริษัทบุญ
- 1.2 ผงเปลือกมังคุด จากบริษัทบุญ
- 1.3 น้ำอุ่นแดงเข้มข้น จากบริษัทบุญ
- 1.4 เอนไซม์เพคตินเนส จากบริษัทบางกอกพัฒนาไวน์เนอรี่
- 1.5 กระดาษกรองเบอร์ 4 (เยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร) ยี่ห้อ Whatman
- 1.6 เยื่อเลือกผ่านขนาด 50 และ 100 ไมโครเมตร ยี่ห้อ Hayward
- 1.7 แชนแทนกัม 80 MESH TYPE 402 จากบริษัทพีซีอินเตอร์เทรด จำกัด
- 1.8 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จากบริษัทพีซีอินเตอร์เทรด จำกัด
- 1.9 เบนโทไนท์ (food grade) จากร้าน ก. พนิท
- 1.10 เจลาติน ยี่ห้อแม็กกาเรต บริษัท เจ อาร์ แอนด์ บี จำกัด
- 1.11 โซเดียมซิเตรท จากบริษัท รามา โปรดักชั่น จำกัด

#### 2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบและการผลิต

- 2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว
- 2.2 เตาแก๊ส
- 2.3 เครื่องอัดแก๊สยี่ห้อ ISI รุ่น 2248 ประเทศออสเตรเลีย
- 2.4 ปัม suction ยี่ห้อ EYELA รุ่น A3S ประเทศญี่ปุ่น
- 2.5 เครื่องปั่นเหวี่ยง Refrigerated Centrifuge ยี่ห้อ KOKUSAN รุ่น H-8OR ประเทศญี่ปุ่น
- 2.6 เทอร์โมมิเตอร์

#### 3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

##### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- 3.1.1 เครื่องวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM – 3500d ประเทศญี่ปุ่น

3.1.2 เครื่องวัดความหนืด Brookfield รุ่น DV-III หัว UL-Adapter ประเทศสหรัฐอเมริกา

### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง spectrophotometer ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-160A ประเทศญี่ปุ่น

3.2.2 อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ด้วยการไทเทรต ตามวิธีการของ AOAC (2000)

3.2.3 เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH-meter) ยี่ห้อ EUTECH รุ่น Cyber Scan pH 510 ประเทศสิงคโปร์

3.2.4 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL-α ประเทศญี่ปุ่น

3.2.5 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น DS 224S ประเทศเยอรมนี

3.2.6 อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณแซนโทนด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

3.2.7 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

### 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

3.3.1 เครื่องแก้วในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

3.3.2 เครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (Autoclave-steam sterilizer) ยี่ห้อ Tuttnauer รุ่น 3850M ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.3 ตู้ฆ่าเชื้อลมร้อน ยี่ห้อ BINDER รุ่น FD-115 ประเทศเยอรมนี

### 3.4 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4.1 อุปกรณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.4.2 แบบสอบถาม

## วิธีการ

### 1. การเตรียมวัตถุดิบสำหรับน้ำมัจจุชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอน

#### 1.1 วิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบ

วิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบหลัก ได้แก่ เนื้อมัจจุปั่น สารละลายเปลือก 2.5%(w/v) และน้ำอุ่นแดง โดยทำการเตรียมดังต่อไปนี้

1.1.1 เนื้อมัจจุปั่น นำเนื้อมัจจุปั่นออกจากตู้เย็นเยือกแข็งอุณหภูมิ  $-18^{\circ}\text{C}$  แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง จนเนื้อมัจจุปั่นละลายเป็นของเหลว และคนให้เข้ากัน

1.1.2 สารละลายเปลือกมัจจุ ละลายเปลือกมัจจุ 2.5 กรัมลงในน้ำรีเวิร์สออสโมซิส แล้วนำไปกรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร

1.1.3 น้ำอุ่นแดง เจือจางน้ำอุ่นแดงเข้มข้นด้วยน้ำรีเวิร์สออสโมซิสในสัดส่วน 1:5 (v/v)

นำวัตถุดิบที่เตรียมไปวัดค่าสี ความเป็นกรด-เบส ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร (พิจารณาเป็นค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอก) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

#### 1.2 ศึกษาผลของเอนไซม์ต่อเนื้อมัจจุปั่น

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล  $2 \times 2$  ศึกษาผลของความเข้มข้นเอนไซม์ เพคตินาส (120 และ 240 ppm) และอุณหภูมิการบ่ม (35 และ 50 องศาเซลเซียส) ต่อค่าคุณภาพของเนื้อมัจจุปั่น โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพทางจุลทรรศน์ศาสตร์

นำเนื้อมัจจุปั่นใส่บีกเกอร์วางลงในกะละมังอะลูมิเนียมที่เติมน้ำ และควบคุมอุณหภูมิการบ่มด้วยเครื่อง hot plate สุ่มตัวอย่างเนื้อมัจจุปั่นออกมาทุก 30 นาที และให้ความร้อนจนเนื้อมัจจุปั่นมีอุณหภูมิที่ใจกลาง 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ จากนั้นนำไปหล่อเย็นด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องและน้ำเย็นตามลำดับจนอุณหภูมิลดลงเป็น

25 องศาเซลเซียส แบ่งเนื้อมังคุดปั่นส่วนหนึ่งไปกรองผ่านเชือกเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร และนำไปวัดค่าสี ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เนื้อมังคุดปั่นส่วนที่เหลือนำมาวัดความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 36.69 ต่อวินาที (ความเร็วรอบรอบละ 10 rpm และความเร็วรอบสุดท้าย 250 rpm)

## 2. การพัฒนาสูตรน้ำมังคุดอัดแก๊สต้นแบบ

2.1 ศึกษาผลของขนาดเชือกเลือกผ่านต่อความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส และความชอบโดยรวม

นำเนื้อมังคุดปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินาส 120 ppm มาบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิที่ใจกลาง 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ นำเนื้อมังคุดปั่นที่ได้ไปหล่อเย็นและกรองผ่านเชือกเลือกผ่านขนาด 20, 50 และ 100 ไมโครเมตร ผสมกับสารละลายเปลือกมังคุดความเข้มข้น 2.5%(w/v) ในสัดส่วน 60:40 (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 2** สูตรน้ำมังคุดสำหรับศึกษาผลของขนาดเชือกเลือกผ่านต่อความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส และความชอบโดยรวม

| ส่วนผสม                                                                               | ปริมาณ (มล.) |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| เนื้อมังคุดปั่นที่กรองผ่านเชือกเลือกผ่าน*                                             | 60.00        |
| สารละลายเปลือกมังคุดที่กรองผ่านเชือกเลือกผ่านขนาด 50 ไมโครเมตร (ความเข้มข้น 2.5% w/v) | 40.00        |

หมายเหตุ \* ใช้เชือกเลือกผ่านขนาด 20, 50 และ 100 ไมโครเมตรสำหรับน้ำมังคุด 3 ตัวอย่าง

นำน้ำมังคุดทั้ง 3 ตัวอย่างไปอัดแก๊ส และให้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ประเมินความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale และความพอดี (Just About Right) ในคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล ความขุ่น กลิ่นมังคุด กลิ่นรสมังคุด ความหวาน และความชอบโดยรวม เสิร์ฟตัวอย่างขณะเย็น (5-9 องศาเซลเซียส) ที่ละตัวอย่าง โดยมีแครกเกอร์จืดและน้ำเปล่าให้

รับประทานขึ้นระหว่างตัวอย่าง วิเคราะห์ ANOVA ของคะแนนความชอบและวิเคราะห์ความพอดี ในคุณลักษณะต่างๆด้วยวิธี Graphical Scaling และ Penalty (Mean drop)

วิธี Graphical Scaling สามารถบอกความคิดและทิศทางความแตกต่างในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบทำการประเมินได้ โดยคำนวณค่า Net effect (สมการที่ 6) หากค่าที่ได้อยู่ในช่วง  $\pm 20$  แสดงว่าคุณลักษณะนั้นมีความเข้มพอดี แต่หากมีค่าน้อยกว่า - 20 แสดงว่าคุณลักษณะนั้นมีความเข้มน้อยเกินไป และหากมีค่ามากกว่า 20 แสดงว่าคุณลักษณะนั้นมีความเข้มมากเกินไป

Net effect = ร้อยละของผู้ทดสอบที่บอกว่าคุณลักษณะมีความเข้มมากเกินไป – ร้อยละของผู้ทดสอบที่บอกว่าคุณลักษณะมีความเข้มน้อยเกินไป (6)

วิธี Penalty (Mean drop) ใช้ในการพิจารณาลำดับความสำคัญของคุณลักษณะที่ควรทำการปรับปรุง โดยค่า Mean drop ที่ได้จากการคำนวณ (สมการที่ 7) แสดงลำดับความสำคัญในการปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 3

Mean drop = ค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมของกลุ่มผู้ทดสอบที่บอกว่าคุณลักษณะมีความเข้มไม่พอดี - ค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมของกลุ่มผู้ทดสอบที่บอกว่าคุณลักษณะมีความเข้มพอดี (7)

ตารางที่ 3 ความหมายของค่า Mean drop

| ค่า Mean drop  | ความหมาย            |
|----------------|---------------------|
| 0.0 ถึง -0.99  | มีความสำคัญน้อยมาก  |
| -1.0 ถึง -1.49 | มีความสำคัญเล็กน้อย |
| -1.5 ถึง -1.99 | มีความสำคัญ         |
| -2 ขึ้นไป      | มีความสำคัญมาก      |

## 2.2 การพัฒนาสูตรน้ำมั่งคุดอัดแก๊สต้นแบบ

นำเนื้อมั่งคุดปั่นที่กรองผ่านเยื่อผ่าน (คัดเลือกจากข้อ 2.1) มาผสมกับสารละลาย เปลือกมั่งคุด 2.5%(w/v) ที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร และน้ำอุ่นแดงในสัดส่วน

ต่างๆ (ตารางที่ 4) นำน้ำมันงาคั่วที่ได้ไปอัดแก๊ส และให้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ประเมินความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รส มังคุด ความหวาน และความชอบโดยรวม รวมถึงสอบถามการยอมรับของผู้ทดสอบ เสิร์ฟตัวอย่างขณะเย็น (5-9 องศาเซลเซียส) ที่ละตัวอย่าง โดยมีแครกเกอร์จืดและน้ำเปล่าให้รับประทานขึ้นระหว่างตัวอย่าง

**ตารางที่ 4** สูตรของน้ำมันงาคั่วที่ทำการทดสอบ 9 point Hedonic Scale และการยอมรับเพื่อคัดเลือกสูตรน้ำมันงาคั่วพื้นฐาน

| ส่วนผสม                                                                                  | ปริมาณส่วนผสม (มล.) ในน้ำมันงาคั่วสูตรที่ |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|
|                                                                                          | 1                                         | 2    | 3    | 4    | 5    |
| เนื้อมันงาคั่วปั่นที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 50 ไมโครเมตร                             | 60.0                                      | 64.0 | 62.0 | 57.0 | 63.0 |
| สารละลายเปลือกมันงาคั่วที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร (ความเข้มข้น 2.5% w/v) | 40.0                                      | 36.0 | 35.0 | 40.0 | 35.5 |
| น้ำอุนแดง (น้ำอุนแดงเข้มข้น:น้ำ 1:5 v/v)                                                 | 0.0                                       | 0.0  | 3.0  | 3.0  | 1.5  |

### 2.3 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันงาคั่วสูตรพื้นฐานเทียบกับน้ำมันงาคั่วในท้องตลาด

วัดค่าคุณภาพของน้ำมันงาคั่วในท้องตลาด อันได้แก่ ค่าสี ความเป็นกรด-เบส ความหนืด ปริมาณที่แรงเฉือน 91.72 ต่อวินาที (ความเร็วรอบรอบละ 10 rpm และความเร็วรอบสุดท้าย 250 rpm) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

## 3 ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตน้ำมันงาคั่วที่เติมสารเพิ่มความคงตัว

### 3.1 การเตรียมน้ำมันงาคั่ว

นำเนื้อมันงาคั่วปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินเอส 240 ppm มาบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิที่ใจกลาง 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ นำเนื้อมันงาคั่วปั่นที่ได้ไปหล่อเย็นและกรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 50 ไมโครเมตร ผสมกับสารละลายเปลือกมันงาคั่วความเข้มข้น 2.5%(w/v) ที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตรและน้ำอุนแดง ในสัดส่วนร้อยละ 62:35:3

### 3.2 การเตรียมสารละลายไฮโดรคอลลอยด์

เตรียมสารละลายแซนแทนกัมและการบอซิมิทิลเซลลูโลส (CMC) แยกกัน โดยค่อยๆละลายในน้ำรีเวิร์สออสโมซิส และคนให้สารไฮโดรคอลลอยด์กระจายตัวจนเป็นเนื้อเดียวกัน

### 3.3 การเตรียมน้ำมัจจุที่เติมสารเพิ่มความคงตัว

อุ่นน้ำมัจจุในข้อ 3.1 ให้มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วเติมสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ ในข้อ 3.2 ลงไปและคนจนเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นปรับความเป็นกรด-เบสของน้ำมัจจุให้มีค่า 3.5 และ 4.0 ด้วยโซเดียมซิเตรท (ประมาณ 0.375 กรัม/น้ำมัจจุ 100 มล.)

อุ่นน้ำมัจจุที่เติมสารเพิ่มความคงตัว จนมีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และบรรจุลงในขวดแก้วใสขณะร้อน จากนั้นนำไปพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที เก็บตัวอย่างน้ำมัจจุทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน เพื่อศึกษาเสถียรภาพของน้ำมัจจุ

### 3.4 ศึกษาคุณภาพของน้ำมัจจุที่เติมสารเพิ่มความคงตัว

#### 3.4.1 ศึกษาผลการเติมแซนแทนกัมเป็นสารเพิ่มความคงตัวเพียงชนิดเดียว

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล  $3 \times 2$  ศึกษาผลของความเข้มข้นของแซนแทนกัม (0.20, 0.25 และ 0.30%(w/v)) และความเป็นกรด-เบส (3.5 และ 4.0) ต่อคุณภาพของน้ำมัจจุ โดยวัดค่าความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 305.75 ต่อวินาที (ความเร็วรอบรอบละ 25 rpm และความเร็วยาวสุดท้าย 250 rpm) ค่า  $L^*$  และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ณ วันที่ 0 และทุก 3 วันของการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน

#### 3.4.2 ศึกษาผลการเติมแซนแทนกัมและ CMC เป็นสารเพิ่มความคงตัวร่วมกัน

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล  $3 \times 4$  ศึกษาผลของความเข้มข้นของแซนแทนกัม (0.05, 0.10 และ 0.15%(w/v)) และความเข้มข้นของการบอซิมิทิลเซลลูโลส (0, 0.05, 0.15 และ 0.25%(w/v)) โดยวัดค่าความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 305.75 ต่อวินาที (ความเร็วรอบรอบละ 25 rpm และความเร็วยาวสุดท้าย 250 rpm) ค่า  $L^*$  และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ณ วันที่ 0 และทุก 3 วันของการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน

#### 4. ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตน้ำมันงาคูที่เติมสารช่วยตกตะกอน

##### 4.1 การเตรียมน้ำมันงาคู

นำเนื้อมันงาคูปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินาส 120 ppm มาบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิที่ใจกลาง 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ นำเนื้อมันงาคูปั่นที่ได้ไปหล่อเย็นและกรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 50 ไมโครเมตร ผสมกับสารละลายเปลือกมันงาคูความเข้มข้น 2.5%(w/v) ที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตรและน้ำอุ่นแดง ในสัดส่วนร้อยละ 62:35:3

##### 4.2 การเตรียมสารช่วยตกตะกอน

เตรียมสารละลายเจลาติน 1%(w/v) และสารละลายเบนโทไนท์ 10%(w/v) โดยละลายในน้ำรีเวิร์สออสโมซิสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส คนสารละลายให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที นำสารละลายส่วนที่ใสมาใช้

##### 4.3 การปรับความเป็นกรด-เบส

ปรับความเป็นกรด-เบสของน้ำมันงาคูในข้อ 4.1 ให้มีค่า 3.5 และ 4.0 ด้วยโซเดียม-ซิเตรท (ประมาณ 0.375 กรัม/น้ำมันงาคู 100 มล.) หลังจากนั้นเติมสารละลายช่วยตกตะกอนที่เตรียมในข้อ 4.2 ลงไป

##### 4.4 การเตรียมน้ำมันงาคูที่เติมสารช่วยตกตะกอน

เติมสารละลายช่วยตกตะกอนเจลาติน:เบนโทไนท์ในสัดส่วน 0.20:0.00, 0.15:0.05, 0.10:0.10, 0.05:0.15 และ 0.20:0.00%(w/v) ลงในน้ำมันงาคูจำนวน 2 ชุด (กลุ่มที่ไม่บ่มและกลุ่มที่บ่มนาน 1 ชั่วโมง) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว  $6915 \times g$  ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที โดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิ (refrigerated centrifuge) อุณหภูมิที่เติมสารช่วยตกตะกอนจนมีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และบรรจุลงในขวดแก้วใสขณะร้อน จากนั้นนำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที เก็บตัวอย่างน้ำมันงาคูทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน เพื่อศึกษาเสถียรภาพของน้ำมันงาคู

#### 4.5 ศึกษาคุณภาพของน้ำมั่งคุดที่เติมสารช่วยตกตะกอน

วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล  $5 \times 2 \times 2$  ศึกษาผลของสัดส่วนของเจลาติน: เบนโทไนท์ (0.20:0.00, 0.15:0.05, 0.10:0.10, 0.05:0.15 และ 0.20:0.00%(w/v)) ความเป็นกรด-เบส (3.5 และ 4.0) และระยะเวลาการบ่ม (0 และ 1 ชั่วโมง) เทียบกับน้ำมั่งคุดควบคุมที่ไม่เติมสารช่วยตกตะกอน โดยวัดค่าสีและค่าร้อยละการส่องผ่านแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ณ วันที่ 0 และทุก 3 วันของการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน

#### 5. การศึกษาคุณภาพและข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส

5.1 วัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอน ดังนี้

5.1.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 305.75 ต่อวินาที (ความเร็วรอบรอบละ 25 rpm และความเร็วรอบสุดท้าย 250 rpm)

5.1.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณพอลิฟีนอล ปริมาณแทนนิน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-เบส ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณแซนโทน

5.1.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์มและ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus*

5.2 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอน อันได้แก่ เถ้า โปรตีน ไขมัน Dietary Fiber ความชื้น ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด พลังงาน พลังงานจากไขมัน วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 แคลเซียม โซเดียม และเหล็ก

#### 6. การศึกษาความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส

นำน้ำมั่งคุดที่ได้ในข้อที่ 3 และ 4 มาอัดแก๊ส ด้วยเครื่องอัดแก๊สยี่ห้อ ISI รุ่น 2248 ประเทศออสเตรเลีย จากนั้นทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Central Location Test (CLT) บริเวณโรงอาหารกลาง 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ใช้แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค (ภาคผนวก ข) โดยให้ผู้บริโภคจำนวน 150 คนประเมินความชอบด้วยวิธี 9-point

Hedonic Scale ในคุณลักษณะด้านสี ความใส/ความขุ่น กลิ่นมั่งคุด กลิ่นรสมั่งคุด ความหวาน และความชอบโดยรวม รวมทั้งสอบถามการยอมรับและความตั้งใจซื้อ เสิร์ฟตัวอย่างขณะเย็น (5-9 องศาเซลเซียส) ที่ละตัวอย่าง โดยมีแครกเกอร์จืดและน้ำเปล่าให้รับประทานขึ้นระหว่างตัวอย่าง

## 7. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันงาคั่วอัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษา

นำน้ำมันงาคั่วที่ได้ในข้อที่ 3 และ 4 มาอัดแก๊ส ด้วยเครื่องอัดแก๊สยี่ห้อ ISI รุ่น 2248 ประเทศออสเตรเลีย จากนั้นทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ โดยเก็บตัวอย่างในขวดแก้วใสในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส สุ่มน้ำมันงาคั่วอัดแก๊สออกมาวัดค่าคุณภาพทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์สำหรับน้ำมันงาคั่วอัดแก๊สที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 4 สัปดาห์ สำหรับน้ำมันงาคั่วอัดแก๊สที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ค่าคุณภาพที่ศึกษาได้แก่

7.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 305.75 ต่อวินาที (ความเร็วรอบรอบละ 25 rpm และความเร็วรอบสุดท้าย 250 rpm)

7.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณพอลิฟีนอล ปริมาณแทนนิน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-เบส และปริมาณกรดทั้งหมด

7.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์มและ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus*

7.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คนประเมินความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale ในคุณลักษณะด้านสี ความใส กลิ่นมั่งคุด กลิ่นรสมั่งคุด ความหวาน รสชาติโดยรวม ความหนืด และความชอบโดยรวม รวมถึงสอบถามการยอมรับของผู้ทดสอบ เสิร์ฟตัวอย่างขณะเย็น (5-9 องศาเซลเซียส) ที่ละตัวอย่าง โดยมีแครกเกอร์จืดและน้ำเปล่าให้รับประทานขึ้นระหว่างตัวอย่าง

## 7.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบและจำแนกกลุ่มน้ำมัจจุอดแก้ระหว่างการเก็บรักษา

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุอดแก้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาต่างๆ สร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยลดจำนวนตัวแปรด้านคุณภาพจากหลายๆค่าให้เป็นตัวแปรใหม่ ด้วยเทคนิค Principle Component Analysis (PCA) และจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกันด้วยเทคนิค Cluster Analysis

## 7.6 การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายและเคมีต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุอดแก้

ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีกับความชอบโดยรวมของน้ำมัจจุอดแก้ชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอนด้วยเทคนิคแผนภาพความชอบ (Preference Mapping) ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS)

## 8. การวัดค่าคุณภาพ

### 8.1 ค่าคุณภาพทางกายภาพ

8.1.1 ค่าสี (ระบบการส่องผ่าน) ในระบบ CIE  $L^* a^* b^*$  โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D65/10° ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น CM 3500d ยี่ห้อ Minolta ประเทศญี่ปุ่น

8.1.2 ความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield รุ่น DVIII หัว UL-Adapter วัดความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

8.1.3 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น CM 3500d ยี่ห้อ Minolta ประเทศญี่ปุ่น พิจารณาเป็นค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอก (cloudiness) (Okoth *et al.*, 2001; Mirhosseini *et al.*, 2008)

8.1.4 ค่าร้อยละการส่องผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร (Parish, 1998) ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น CM 3500d ยี่ห้อ Minolta ประเทศญี่ปุ่น

## 8.2 คุณภาพทางเคมี

8.2.1 ปริมาณฟอลิฟีนอล ด้วยวิธี Folin-Ciocalteus (Ayoola *et al.*, 2008) ดังแสดงในภาคผนวก ก

8.2.2 ปริมาณแทนนิน ด้วยวิธี Folin Denis (Youn *et al.*, 2004) ดังแสดงในภาคผนวก ก

8.2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ด้วยเครื่อง refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น PAL- $\alpha$  ประเทศญี่ปุ่น

8.2.4 ความเป็นกรด-เบส ด้วย pH-meter ยี่ห้อ EUTECH รุ่น Cyber Scan pH 510 ประเทศสิงคโปร์

8.2.5 ปริมาณกรดทั้งหมด ด้วยการไทเทรต ตามวิธีการของ AOAC (2000) ดังแสดงในภาคผนวก ก

8.2.6 ปริมาณแซนโทนด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

## 8.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

8.3.1 จุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ BAM (2001) ดังแสดงในภาคผนวก ง

8.3.2 ยีสต์และรา ตามวิธีของ BAM (2001) ดังแสดงในภาคผนวก ง

8.3.3 โคลิฟอร์มและ *Escherichia coli* โดยวิธี Most Probable Number (MPN) ตามวิธีของ BAM (2001) ดังแสดงในภาคผนวก ง

8.3.4 *Staphylococcus aureus* ตามวิธีของ BAM (2001) ดังแสดงในภาคผนวก ง

## 8.4 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

8.4.1 เถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2005)

8.4.2 โปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (2005)

8.4.3 ไขมัน ตามวิธีการของ AOAC (2005)

8.4.4 Dietary Fiber ตามวิธีการของ AOAC (2005)

8.4.5 ความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2005)

8.4.6 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีการของ JAOAC (2005)

8.4.7 คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ตามวิธีการของ NLH (1995)

8.4.8 พลังงาน ตามวิธีการของ NLH (1995)

8.4.9 พลังงานจากไขมัน ตามวิธีการของ NLH (1995)

8.4.10 วิตามินเอ ตามวิธีการของ JCAFB

8.4.11 วิตามินบี 1 ตามวิธีการของ JAFC (1984)

8.4.12 วิตามินบี 2 ตามวิธีการของ JAFC (1984)

8.4.13 แคลเซียม ตามวิธีการของ AOAC (2005)

8.4.14 โซเดียม ตามวิธีการของ AOAC (2005)

8.4.15 เหล็ก ตามวิธีการของ AOAC (2005)

## 9. วิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและหากสิ่งทดลองมีความแตกต่าง ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS<sup>®</sup> เวอร์ชัน 12.0

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค Principle Component Analysis (PCA), Cluster Analysis และ Partial Least Square (PLS) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป XL STAT<sup>®</sup> เวอร์ชัน 2006

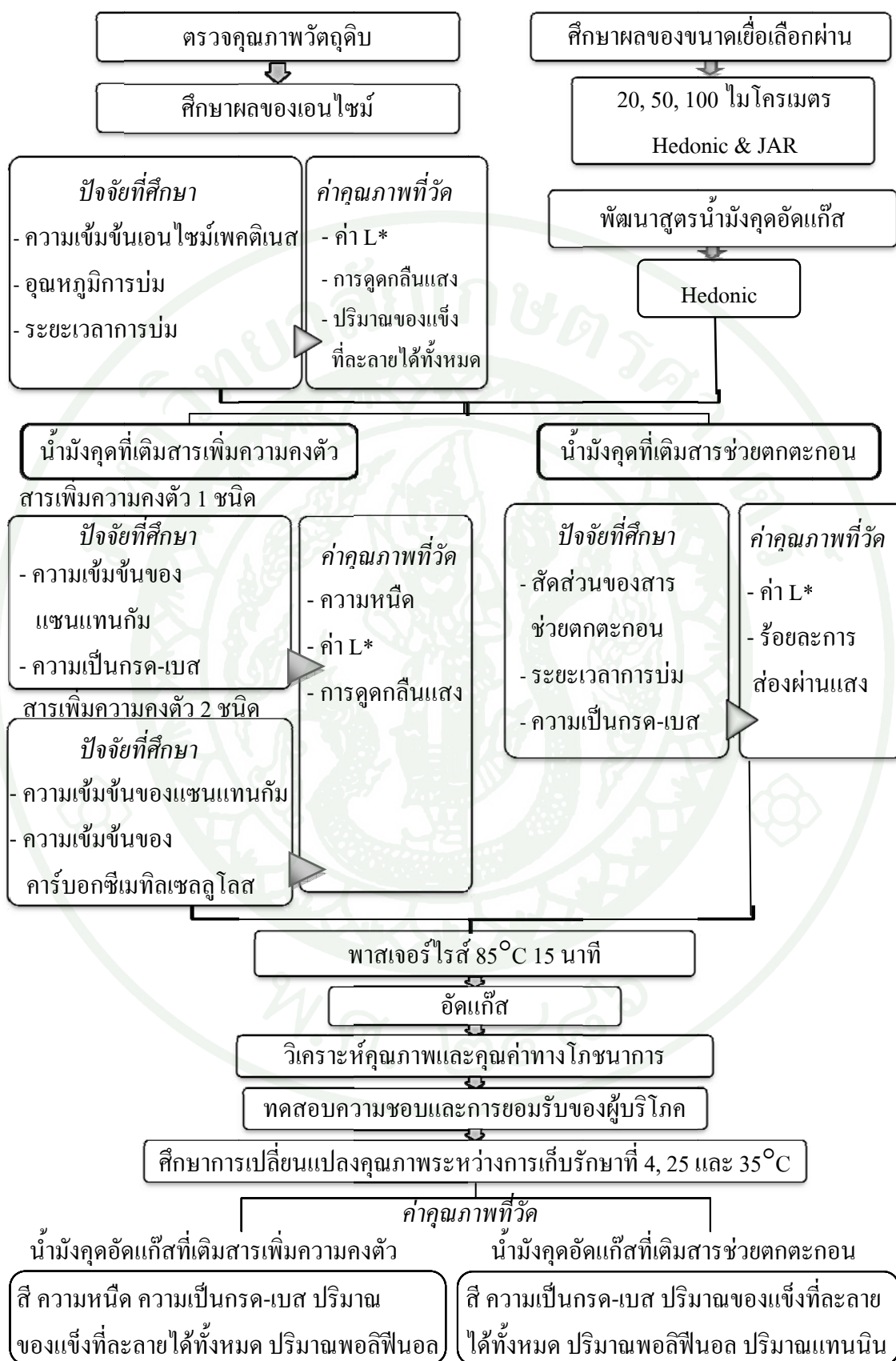
ขั้นตอนการศึกษาตลอดโครงการวิจัยสามารถสรุปได้ดังแสดงในภาพที่ 6

## 10. สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## 11. ระยะเวลาการวิจัย

เริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2552 ถึงเดือนมกราคม 2554



ภาพที่ 6 กระบวนการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส

## ผลและวิจารณ์

### 1. การเตรียมวัตถุดิบสำหรับน้ำมันกูดชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอน

#### 1.1. คุณภาพของวัตถุดิบ

จากการศึกษาค่าคุณภาพทางกายและเคมีของวัตถุดิบสำหรับเตรียมน้ำมันกูด อันได้แก่ น้ำมันกูดป่น สารละลายเปลือก 2.5%(w/v) และน้ำองุ่นแดงเจือจางซึ่งเตรียมจากน้ำองุ่นแดงเข้มข้น และน้ำรีเวิร์สออสโมซิสในสัดส่วน 1:5%(v/v) พบว่าน้ำมันกูดป่นมีสีเหลืองอมน้ำตาล ในขณะที่สารละลายเปลือกมีสีน้ำตาล ส่วนน้ำองุ่นแดงเจือจางมีสีม่วงแดงสอดคล้องกับค่าสีที่ได้ (ตารางที่ 5) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่ามากในน้ำมันกูดป่นและน้ำองุ่นแดง โดยมีความสัมพันธ์กับความหวานของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงสามารถใช้น้ำมันกูดป่นและน้ำองุ่นแดงในการปรับความหวานของผลิตภัณฑ์ได้ ด้านการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกซึ่งพิจารณาจากค่าการคอลลอยด์แสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร (Okoth *et al.*, 2000; Mirhosseini *et al.*, 2008) พบว่าสารละลายเปลือกมีค่าการคอลลอยด์แสง (ค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกสูงที่สุด) ซึ่งเป็นไปได้ว่าหากน้ำมันกูดเกิดการตกตะกอนหลังจากผสมวัตถุดิบทั้งสามเข้าด้วยกัน อาจเนื่องมาจากสารละลายเปลือกมีค่าการคอลลอยด์แสงสูงเกินไป

ตารางที่ 5 ค่าคุณภาพของวัตถุดิบตั้งต้นในการเตรียมน้ำมันกูด

| ค่าคุณภาพ                                       | น้ำมันกูดป่น | สารละลายเปลือก<br>กูด 2.5%(w/v) | น้ำองุ่นแดง  |
|-------------------------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| ความเป็นกรด-เบส                                 | 3.49 ± 0.02  | 4.24 ± 0.01                     | 2.98 ± 0.01  |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด<br>(องศาบริกซ์) | 19.1 ± 3.18  | 1.6 ± 0.00                      | 12.6 ± 0.00  |
| ค่าความสว่าง (L*)                               | 30.28 ± 4.79 | 14.91 ± 0.54                    | 13.45 ± 0.10 |
| ค่าความเข้มสีแดง-เขียว (a*)                     | 14.86 ± 5.13 | 27.01 ± 0.14                    | 39.60 ± 0.16 |
| ค่าความเข้มสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)                | 38.46 ± 3.98 | 25.48 ± 0.93                    | 22.30 ± 0.04 |
| ค่าการคอลลอยด์แสง                               | 0.78 ± 0.12  | 0.93 ± 0.01                     | 0.67 ± 0.01  |

## 1.2 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเอสและอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อมังคุดป็น

1.2.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร (พิจารณาเป็นค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกของอนุภาคในน้ำมังคุด) ค่าการดูดกลืนแสงมาก แสดงว่าตัวอย่างมีการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกมาก

ตารางที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตรของเนื้อมังคุดป็นที่กรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร

| เวลา (นาท) | เอนไซม์เพคตินเอส 120 ppm   |                              | เอนไซม์เพคตินเอส 240 ppm    |                            |
|------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|            | อุณหภูมิห้อง               | 50 องศาเซลเซียส              | อุณหภูมิห้อง                | 50 องศาเซลเซียส            |
| 0          | 0.020 <sup>a</sup> ± 0.000 | 0.064 <sup>c</sup> ± 0.009   | 0.359 <sup>ab</sup> ± 0.011 | 0.284 <sup>a</sup> ± 0.004 |
| 30         | 0.016 <sup>a</sup> ± 0.000 | 0.096 <sup>a</sup> ± 0.019   | 0.382 <sup>a</sup> ± 0.003  | 0.261 <sup>b</sup> ± 0.010 |
| 60         | 0.000 <sup>a</sup> ± 0.000 | 0.081 <sup>abc</sup> ± 0.010 | 0.287 <sup>bc</sup> ± 0.057 | 0.153 <sup>c</sup> ± 0.002 |
| 90         | 0.004 <sup>a</sup> ± 0.000 | 0.069 <sup>c</sup> ± 0.012   | 0.272 <sup>c</sup> ± 0.153  | 0.238 <sup>c</sup> ± 0.005 |
| 120        | 0.078 <sup>a</sup> ± 0.000 | 0.090 <sup>ab</sup> ± 0.010  | 0.359 <sup>ab</sup> ± 0.021 | 0.202 <sup>d</sup> ± 0.013 |
| 150        | 0.049 <sup>a</sup> ± 0.000 | 0.077 <sup>bc</sup> ± 0.016  | 0.359 <sup>ab</sup> ± 0.001 | 0.137 <sup>f</sup> ± 0.005 |
| 180        | 0.093 <sup>a</sup> ± 0.000 | 0.077 <sup>bc</sup> ± 0.014  | 0.234 <sup>c</sup> ± 0.010  | 0.137 <sup>f</sup> ± 0.006 |

หมายเหตุ <sup>a-f</sup> แสดงความแตกต่างในแนวตั้งของค่าการดูดกลืนแสงของเนื้อมังคุดป็นที่กรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร ( $p \leq 0.05$ )

ค่าการดูดกลืนแสงของเนื้อมังคุดป็นที่ผ่านการกรองมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการบ่มนานขึ้น โดยพบการเปลี่ยนแปลงชัดเจนในเนื้อมังคุดป็นที่เดิมเอนไซม์เพคตินเอส 240 ppm และบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องมาจากเพคตินถูกย่อยด้วยเอนไซม์เพคตินเอสเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก และเกิดการรวมตัวกันของโมเลกุลเพคตินซึ่งแสดงประจุลบและเอนไซม์ที่แสดงประจุบวก เมื่อนำมากรอง โมเลกุลที่รวมตัวกันจะถูกแยกออก ทำให้เนื้อมังคุดป็นที่ผ่านการกรองแล้วมีการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกลดลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของเนื้อมังคุดป็นที่เทียบกับเนื้อมังคุดป็นที่ผ่านการกรองแล้ว พบว่าเนื้อมังคุดป็นที่เดิมเอนไซม์เพคตินเอส 120 ppm บ่มที่

อุณหภูมิทั้งสองระดับมีการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง (0.675-0.770) มากกว่าเนื้อมังคุดปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินาส 240 ppm (0.384-0.611) ซึ่งอาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินาสที่ 120 และ 240 ppm สามารถเปลี่ยนเพคตินที่ไม่ละลายน้ำเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ แต่ที่ความเข้มข้นระดับสูง (240 ppm) ทำให้เนื้อมังคุดปั่นมีความเหลวเพิ่มขึ้นและเพิ่มผลผลิตปริมาณของแข็งที่สามารถละลายได้ ส่งผลให้ความสามารถในการกรองตะกอน หรือโมเลกุลขนาดใหญ่ของเนื้อมังคุดปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินาส 120 ppm มากกว่าเนื้อมังคุดปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินาส 240 ppm

### 1.2.2 ค่าความสว่าง (ค่า L\*) มีค่าในช่วง 100 (สีขาว) ถึง 0 (สีดำ)

ตารางที่ 7 ค่า L\* ของเนื้อมังคุดปั่นที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร

| เวลา (นาที) | เอนไซม์เพคตินาส 120 ppm   |                            | เอนไซม์เพคตินาส 240 ppm    |                           |
|-------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|             | อุณหภูมิห้อง              | 50 องศาเซลเซียส            | อุณหภูมิห้อง               | 50 องศาเซลเซียส           |
| 0           | 95.22 <sup>d</sup> ± 0.01 | 96.00 <sup>a</sup> ± 0.01  | 79.37 <sup>ab</sup> ± 0.48 | 67.88 <sup>f</sup> ± 0.30 |
| 30          | 96.11 <sup>c</sup> ± 0.01 | 94.29 <sup>b</sup> ± 0.01  | 77.44 <sup>bc</sup> ± 0.15 | 69.57 <sup>e</sup> ± 0.75 |
| 60          | 98.98 <sup>a</sup> ± 0.03 | 95.34 <sup>ab</sup> ± 0.03 | 75.97 <sup>c</sup> ± 4.20  | 80.03 <sup>b</sup> ± 0.20 |
| 90          | 97.14 <sup>b</sup> ± 0.03 | 96.32 <sup>a</sup> ± 0.03  | 79.18 <sup>ab</sup> ± 3.90 | 71.79 <sup>d</sup> ± 0.52 |
| 120         | 88.64 <sup>f</sup> ± 0.01 | 95.09 <sup>ab</sup> ± 0.01 | 78.69 <sup>ab</sup> ± 1.22 | 75.46 <sup>c</sup> ± 0.67 |
| 150         | 91.97 <sup>c</sup> ± 0.01 | 95.96 <sup>a</sup> ± 0.01  | 78.93 <sup>ab</sup> ± 0.01 | 82.12 <sup>a</sup> ± 0.68 |
| 180         | 87.13 <sup>g</sup> ± 0.01 | 95.91 <sup>a</sup> ± 0.01  | 81.45 <sup>a</sup> ± 1.41  | 82.27 <sup>a</sup> ± 0.55 |

หมายเหตุ <sup>a-g</sup> แสดงความแตกต่างในแนวตั้งของค่า L\* ของเนื้อมังคุดปั่นที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร (p ≤ 0.05)

ค่า L\* ของเนื้อมังคุดปั่นที่ผ่านการกรองแล้วมีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นเนื้อมังคุดปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินาส 120 ppm บ่มที่อุณหภูมิห้อง และเนื้อมังคุดปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินาส 240 ppm มีค่า L\* น้อยกว่าเนื้อมังคุดปั่นที่มีเอนไซม์ 120 ppm สอดคล้องกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร

### 1.2.3 ค่า $a^*$ มีค่าในช่วง +100 (สีแดง) ถึง -100 (สีเขียว)

ตารางที่ 8 ค่า  $a^*$  ของเนื้อมังคุดป่นที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร

| เวลา (นาทีก) | เอนไซม์เพคตินเอส 120 ppm |                   | เอนไซม์เพคตินเอส 240 ppm |                   |
|--------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
|              | อุณหภูมิห้อง             | 50 องศาเซลเซียส   | อุณหภูมิห้อง             | 50 องศาเซลเซียส   |
| 0            | $2.33^d \pm 0.01$        | $1.10^b \pm 0.01$ | $4.43^b \pm 0.32$        | $6.92^a \pm 0.01$ |
| 30           | $1.81^f \pm 0.01$        | $2.16^a \pm 0.01$ | $4.54^b \pm 0.01$        | $6.94^a \pm 0.06$ |
| 60           | $2.37^d \pm 0.02$        | $2.10^a \pm 0.02$ | $5.23^{ab} \pm 1.20$     | $4.99^d \pm 0.03$ |
| 90           | $2.31^c \pm 0.01$        | $2.23^a \pm 0.01$ | $4.16^b \pm 0.40$        | $6.45^b \pm 0.13$ |
| 120          | $3.12^b \pm 0.01$        | $2.54^a \pm 0.01$ | $4.34^b \pm 0.22$        | $5.44^c \pm 0.60$ |
| 150          | $2.66^c \pm 0.01$        | $2.50^a \pm 0.01$ | $4.72^{ab} \pm 0.01$     | $4.07^c \pm 0.31$ |
| 180          | $3.24^a \pm 0.01$        | $2.44^a \pm 0.01$ | $4.37^b \pm 0.64$        | $4.04^c \pm 0.10$ |

หมายเหตุ <sup>a-f</sup> แสดงความแตกต่างในแนวตั้งของค่า  $a^*$  ของเนื้อมังคุดป่นที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร ( $p \leq 0.05$ )

ค่า  $a^*$  ในเนื้อมังคุดป่นที่เติมเอนไซม์เพคตินเอส 120 ppm และกรองผ่านเยื่อเลือกผ่านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิการบ่ม 50 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  เพียงในช่วง 30 นาทีแรก หลังจากนั้นไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนเนื้อมังคุดป่นที่เติมเอนไซม์เพคตินเอส 240 ppm บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและกรองผ่านเยื่อเลือกผ่านมีค่า  $a^*$  ลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยความไม่เสถียรของแอนโทไซยานินต่อความร้อน (Strack, 1997)

### 1.2.4 ค่า b\* มีค่าในช่วง +100 (สีเหลือง) ถึง -100 (สีน้ำเงิน)

ตารางที่ 9 ค่า b\* ของเนื้อมังคุดปั่นที่กรองผ่านเชือเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร

| เวลา (นาท) | เอนไซม์เพคตินเอส 120 ppm  |                          | เอนไซม์เพคตินเอส 240 ppm   |                           |
|------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
|            | อุณหภูมิห้อง              | 50 องศาเซลเซียส          | อุณหภูมิห้อง               | 50 องศาเซลเซียส           |
| 0          | 6.63 <sup>d</sup> ± 0.01  | 3.71 <sup>b</sup> ± 0.01 | 15.06 <sup>b</sup> ± 0.48  | 19.51 <sup>a</sup> ± 0.03 |
| 30         | 5.49 <sup>c</sup> ± 0.03  | 5.79 <sup>a</sup> ± 0.03 | 15.68 <sup>ab</sup> ± 0.19 | 19.43 <sup>a</sup> ± 0.04 |
| 60         | 3.89 <sup>g</sup> ± 0.04  | 5.39 <sup>a</sup> ± 0.04 | 16.53 <sup>a</sup> ± 2.09  | 15.31 <sup>d</sup> ± 0.15 |
| 90         | 5.02 <sup>f</sup> ± 0.04  | 5.10 <sup>a</sup> ± 0.04 | 14.68 <sup>b</sup> ± 1.36  | 18.60 <sup>b</sup> ± 0.20 |
| 120        | 9.95 <sup>b</sup> ± 0.02  | 6.39 <sup>a</sup> ± 0.02 | 15.06 <sup>b</sup> ± 0.49  | 16.94 <sup>c</sup> ± 0.53 |
| 150        | 7.79 <sup>c</sup> ± 0.03  | 5.84 <sup>a</sup> ± 0.03 | 15.49 <sup>ab</sup> ± 0.01 | 13.85 <sup>c</sup> ± 0.45 |
| 180        | 10.44 <sup>a</sup> ± 0.02 | 5.69 <sup>a</sup> ± 0.02 | 14.42 <sup>b</sup> ± 1.07  | 13.56 <sup>c</sup> ± 0.21 |

หมายเหตุ <sup>a-g</sup> แสดงความแตกต่างในแนวตั้งของค่า b\* ของเนื้อมังคุดปั่นที่กรองผ่านเชือเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร ( $p \leq 0.05$ )

การเปลี่ยนแปลงค่า b\* มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับแนวโน้มของการเปลี่ยนค่า a\* ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานิน

### 1.2.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS)

เนื้อมังคุดปั่นที่ผ่านการกรองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และสอดคล้องกับค่าความหนืด โดยพบปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 120-150 นาทีซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เนื้อมังคุดปั่นให้ความหนืดสูงสุดก่อนมีความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากการเปลี่ยนรูปของเพคตินจากเพคตินที่ไม่ละลายน้ำเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นและมีความหนืดเพิ่มขึ้นตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Brasil *et al.* (1995) ที่พบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เพิ่มขึ้นและสัมพันธ์กับปฏิกิริยาการไฮโดรไลซ์ของเอนไซม์เพคติกที่สายโซ่พอลิกลาเลกุลและสายโซ่โครโมไลซ์ของน้ำตาลที่ไม่รีดิวซ์ (non-reducing sugar)

**ตารางที่ 10** ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของเนื้อมั่งคุดปั่นที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่าน  
ขนาด 20 ไมโครเมตร

| เวลา (นาทีก) | เอนไซม์เพคตินเอส 120 ppm  |                            | เอนไซม์เพคตินเอส 240 ppm   |                             |
|--------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|              | อุณหภูมิห้อง              | 50 องศาเซลเซียส            | อุณหภูมิห้อง               | 50 องศาเซลเซียส             |
| 0            | 16.95 <sup>a</sup> ± 2.27 | 14.57 <sup>c</sup> ± 2.27  | 17.60 <sup>b</sup> ± 0.78  | 17.45 <sup>ab</sup> ± 3.16  |
| 30           | 18.82 <sup>a</sup> ± 4.95 | 16.13 <sup>bc</sup> ± 4.95 | 20.08 <sup>a</sup> ± 1.73  | 15.53 <sup>bc</sup> ± 0.26  |
| 60           | 19.92 <sup>a</sup> ± 3.43 | 15.05 <sup>c</sup> ± 3.43  | 16.65 <sup>bc</sup> ± 0.12 | 16.95 <sup>abc</sup> ± 1.47 |
| 90           | 18.85 <sup>a</sup> ± 3.70 | 15.60 <sup>bc</sup> ± 3.70 | 15.97 <sup>c</sup> ± 0.62  | 17.30 <sup>ab</sup> ± 3.69  |
| 120          | 16.47 <sup>a</sup> ± 0.63 | 15.32 <sup>bc</sup> ± 0.63 | 15.90 <sup>c</sup> ± 1.68  | 14.55 <sup>c</sup> ± 1.48   |
| 150          | 16.35 <sup>a</sup> ± 1.00 | 18.08 <sup>a</sup> ± 1.00  | 16.65 <sup>bc</sup> ± 1.01 | 18.27 <sup>a</sup> ± 0.95   |
| 180          | 16.92 <sup>a</sup> ± 1.16 | 17.17 <sup>ab</sup> ± 1.16 | 16.70 <sup>bc</sup> ± 0.62 | 19.13 <sup>a</sup> ± 0.71   |

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> แสดงความแตกต่างในแนวตั้งของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของเนื้อมั่งคุดปั่นที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร ( $p \leq 0.05$ )

1.2.6 ความหนืด พิจารณาค่าความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 36.69 ต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ค่าความหนืดของเนื้อมั่งคุดปั่นทั้ง 4 ตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 150 นาทีแรก (ตารางที่ 11) และมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อบ่มนานกว่า 150 นาที โดยการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่เพิ่มขึ้นในช่วงแรกนั้นอาจเกิดเนื่องจากการเปลี่ยนเพคตินที่ไม่สามารถละลายน้ำได้เป็นเพคตินที่ละลายได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Suad *et al.* (2002) ซึ่งศึกษาอิทธิพลของของเอนไซม์เพคตินเอสและเซลล์ลอสต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของน้ำเชื่อมอินทผลัม โดยพบว่าความหนืดของน้ำเชื่อมเพิ่มขึ้นในช่วง 1 ชั่วโมงแรก ก่อนลดลงเกือบเท่าตัวจากความหนืดเริ่มต้น ในการศึกษาไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนของค่าความหนืดของเนื้อมั่งคุดปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินเอส 120 ppm และบ่มที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งอาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้ (120 ppm) ต่ำกว่าระดับเอนไซม์ที่ใช้ในการทำให้น้ำผลไม้เหลว ขณะที่พบการเปลี่ยนแปลงความหนืดอย่างชัดเจนในเนื้อมั่งคุดปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินเอส 240 ppm และบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยความหนืดมีค่าลดลงร้อยละ 10 เมื่อเพิ่มเวลาการบ่มจาก 150 นาที เป็น 180 นาที

ตารางที่ 11 ค่าความหนืดปรากฏของเนื้อมังคุดปั่นที่แรงเฉือน 36.69 ต่อวินาที

| เวลา (นาทีก) | เอนไซม์เพคตินเอส 120 ppm     |                              | เอนไซม์เพคตินเอส 240 ppm    |                              |
|--------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|              | อุณหภูมิห้อง                 | 50 องศาเซลเซียส              | อุณหภูมิห้อง                | 50 องศาเซลเซียส              |
| 0            | 183.68 <sup>ab</sup> ± 10.99 | 187.59 <sup>ab</sup> ± 14.54 | 183.58 <sup>c</sup> ± 2.22  | 191.04 <sup>abc</sup> ± 5.40 |
| 30           | 170.84 <sup>b</sup> ± 11.74  | 178.27 <sup>b</sup> ± 12.73  | 183.36 <sup>c</sup> ± 0.82  | 174.19 <sup>d</sup> ± 2.45   |
| 60           | 190.51 <sup>a</sup> ± 2.57   | 176.14 <sup>b</sup> ± 23.53  | 189.02 <sup>bc</sup> ± 8.18 | 177.18 <sup>d</sup> ± 6.42   |
| 90           | 190.62 <sup>a</sup> ± 21.62  | 178.84 <sup>b</sup> ± 19.32  | 193.92 <sup>b</sup> ± 9.34  | 183.15 <sup>c</sup> ± 3.39   |
| 120          | 178.24 <sup>ab</sup> ± 6.19  | 185.67 <sup>ab</sup> ± 14.43 | 207.11 <sup>a</sup> ± 7.65  | 200.86 <sup>a</sup> ± 4.32   |
| 150          | 188.48 <sup>a</sup> ± 9.46   | 203.52 <sup>a</sup> ± 7.16   | 214.55 <sup>a</sup> ± 3.89  | 203.95 <sup>a</sup> ± 5.37   |
| 180          | 188.27 <sup>a</sup> ± 12.73  | 200.21 <sup>a</sup> ± 12.97  | 207.95 <sup>a</sup> ± 7.43  | 185.28 <sup>bc</sup> ± 6.66  |

หมายเหตุ<sup>a-c</sup> แสดงความแตกต่างในแนวตั้งของค่า b\* ของเนื้อมังคุดปั่นที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่าน ขนาด 20 ไมโครเมตร ( $p \leq 0.05$ )

การศึกษาของ Carvalho *et al.* (2008) พบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของ น้ำสับปะรดเมื่อเติมเอนไซม์ Ultrazym 100G ร่วมกับเอนไซม์เซลแลกเตส (Celuctast) และเอนไซม์ เซแลกเตสเพียงอย่างเดียว ในปริมาณ 100 และ 300 ppm บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการบ่มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยการใช้เอนไซม์ Ultrazym 100G เพียงอย่างเดียวสามารถลดความหนืดของน้ำสับปะรดได้มากกว่าการใช้เอนไซม์ Ultrazym 100G ร่วมกับเอนไซม์เซลแลกเตส (Celuctast) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการบ่มและชนิดของเอนไซม์มี ผลต่อความหนืดที่ลดลงของน้ำผลไม้

การศึกษาของ Okoth *et al.* (2000) พบว่าการเติมเอนไซม์อะไมเลสที่ระดับ ความเข้มข้น 0.02%(w/v) (ณ ความเข้มข้นสุดท้ายของน้ำผลไม้) ลงในน้ำเสาวรสก่อนนำไป พาสเจอร์ไรส์ ให้ค่าการดูดกลืนแสง (ค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอก) ไม่แตกต่างกันที่ระยะเวลาการ บ่มต่างกัน แต่จะแตกต่างกันเมื่อนำไปพาสเจอร์ไรส์ก่อนทำการวัดค่า

เมื่อพิจารณาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร หรือค่าการ รวมกันเป็นกลุ่มหมอกและค่า L\* เป็นเกณฑ์ เพื่อให้ได้น้ำมังคุดที่มีค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอก และค่า L\* สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมังคุดที่เติมสารเพิ่มความคงตัว ควรเตรียมน้ำมังคุดจาก

เนื้อมังคุดปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินเอส 240 ppm และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ขณะที่ให้น้ำมังคุดที่มีค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกที่ต่ำและค่า  $L^*$  สูงสำหรับกระบวนการผลิต-น้ำมังคุดที่เติมสารช่วยตกตะกอน ควรเตรียมน้ำมังคุดจากเนื้อมังคุดปั่นที่เติมเอนไซม์เพคตินเอส 120 ppm และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

## 2. การพัฒนาสูตรน้ำมังคุดอัดแก๊สดันแบบ

### 2.1 ผลของขนาดเชื้อเลือกผ่านต่อความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส และความชอบโดยรวม

จากการทดสอบน้ำมังคุดที่เตรียมจากการกรองผ่านเชื้อเลือกผ่าน 3 ขนาด (20, 50 และ 100 ไมโครเมตร) ด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale พบว่าผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน มีความชอบต่อน้ำมังคุดทั้ง 3 ตัวอย่างไม่แตกต่างกัน ( $p>0.05$ ) เช่นเดียวกับคุณลักษณะด้านต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 12 โดยคะแนนความชอบที่ได้อยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยจนถึงไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุงต่อไป โดยพิจารณาจากผลการทดสอบความพอดี ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี Graphical Scaling และ Penalty (Mean drop)

ตารางที่ 12 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คนต่อน้ำมังคุดที่กรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด 20, 50 และ 100 ไมโครเมตร

| คุณลักษณะ                   | คะแนนความชอบเมื่อกรองน้ำมังคุดผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด |              |               |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|--------------|---------------|
|                             | 20 ไมโครเมตร                                         | 50 ไมโครเมตร | 100 ไมโครเมตร |
| สีน้ำตาล <sup>ns</sup>      | 3.9 ± 1.6                                            | 4.0 ± 1.7    | 3.8 ± 1.6     |
| ความขุ่น <sup>ns</sup>      | 4.6 ± 1.8                                            | 4.5 ± 1.8    | 4.1 ± 1.8     |
| กลิ่นมังคุด <sup>ns</sup>   | 4.3 ± 1.5                                            | 4.7 ± 1.4    | 4.8 ± 1.7     |
| กลิ่นรสมังคุด <sup>ns</sup> | 4.7 ± 1.4                                            | 4.9 ± 1.9    | 4.7 ± 1.9     |
| ความหวาน <sup>ns</sup>      | 5.0 ± 1.5                                            | 5.2 ± 1.8    | 5.0 ± 2.0     |
| ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup> | 4.6 ± 1.4                                            | 4.7 ± 1.6    | 4.7 ± 1.7     |

หมายเหตุ <sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคะแนนความชอบในคุณลักษณะใดๆของน้ำมังคุดเมื่อกรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาดต่างๆ ( $p>0.05$ )

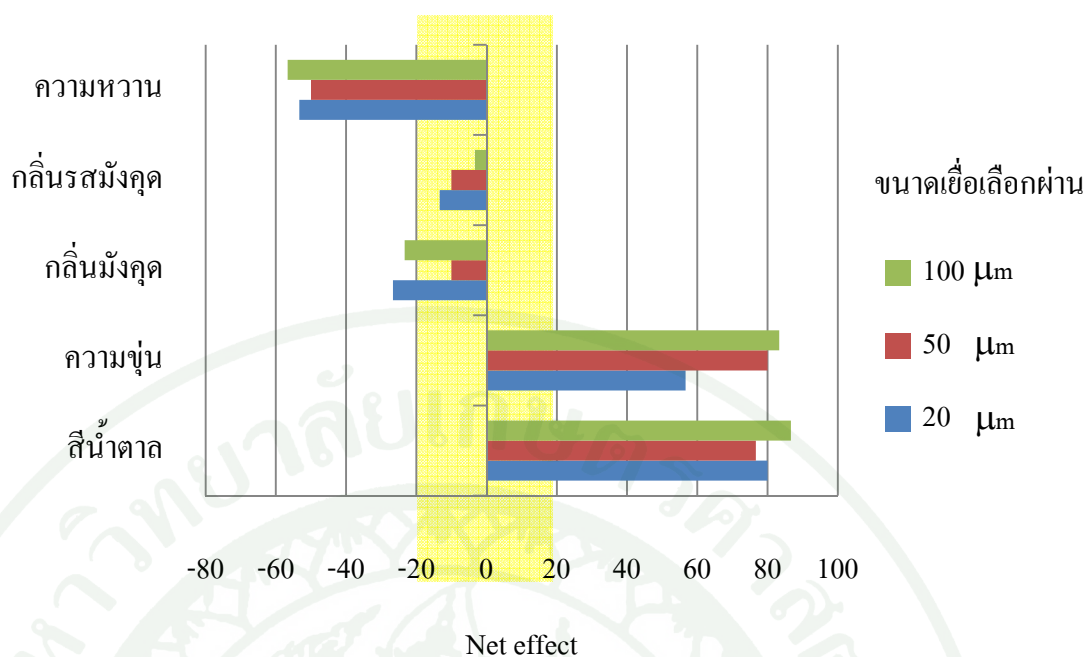
### 2.1.1 การวิเคราะห์ Graphical Scaling

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความพอดีควบคู่กับคะแนนความชอบด้วยวิธี Graphical Scaling โดยพิจารณาค่า Net effect ซึ่งเป็นค่าร้อยละของจำนวนผู้ทดสอบที่บอกว่า คุณลักษณะมีความเข้มมากเกินไปลดด้วยร้อยละของจำนวนผู้ทดสอบที่บอกว่ามีความเข้มน้อยเกินไป ลักษณะที่มีความพอดีคือลักษณะที่มีค่า Net effect ในช่วง  $\pm 20$  (ASTM, 2009) พบว่า น้ำมั่งคุดที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 50 ไมโครเมตร มีความพอดีด้านกลิ่นและกลิ่นรสมังคุด มากกว่าน้ำมั่งคุดที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 และ 100 ไมโครเมตร โดยไม่ต้องปรับปรุงกลิ่น และกลิ่นรสมังคุด เนื่องจากค่า Net effect อยู่ในช่วง  $\pm 20$  (ตารางที่ 13 และภาพที่ 7) ขณะที่การใช้เยื่อเลือกผ่านขนาด 20 และ 100 ไมโครเมตร มีค่า Net effect ของคุณลักษณะด้านกลิ่นมั่งคุดต่ำกว่า -20 นั่นคือ มีกลิ่นมั่งคุดน้อยเกินไป จึงควรทำการปรับปรุงให้มีกลิ่นมั่งคุดมากขึ้น ส่วนสีน้ำตาล และค่าการดูดกลืนแสงควรปรับลดลง เนื่องจากมีค่า Net effect มากกว่า 20 ส่วนความหวานควรปรับเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีค่า Net effect น้อยกว่า -20

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์ Graphical Scaling ของน้ำมั่งคุดที่กรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาดต่างๆ

| คุณลักษณะ     | ค่า Net effect เมื่อกรองน้ำมั่งคุดผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด |              |               |
|---------------|----------------------------------------------------------|--------------|---------------|
|               | 20 ไมโครเมตร                                             | 50 ไมโครเมตร | 100 ไมโครเมตร |
| สีน้ำตาล      | 80.00                                                    | 76.67        | 86.67         |
| ความขุ่น      | 56.67                                                    | 80.00        | 83.33         |
| กลิ่นมั่งคุด  | -26.67                                                   | -10.00*      | -23.33        |
| กลิ่นรสมังคุด | -13.33*                                                  | -10.00*      | -3.33*        |
| ความหวาน      | -53.33                                                   | -50.00       | -56.67        |

หมายเหตุ \* แสดงคุณลักษณะที่ไม่ต้องปรับปรุงของน้ำมั่งคุดเมื่อกรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาดต่างๆ ( $-20 < \text{ค่า Net effect} < 20$ ) (ASTM, 2009)



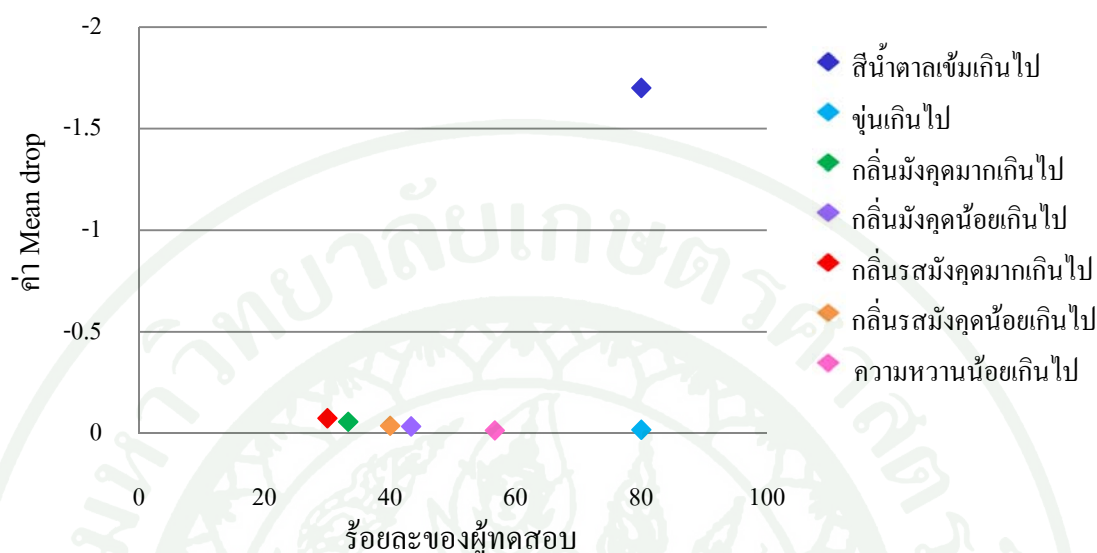
ภาพที่ 7 ค่า Net effect ของคุณลักษณะในน้ำมังคุดที่กรองผ่านเชือเลือกผ่านขนาดต่างๆ

ในการศึกษาขั้นต่อไปจึงเลือกเนื้อมังคุดปั่นที่กรองผ่านเชือเลือกผ่านขนาด 50 ไมโครเมตรเป็นน้ำมังคุดตั้งต้นในการเตรียมน้ำมังคุดชนิดต่างๆ โดยปรับสูตรน้ำมังคุดพื้นฐานให้มีสีน้ำตาลและความชุ่มน้อยลง ซึ่งสามารถทำได้โดยลดขนาดของเชือเลือกผ่านในการกรองสารละลายเปลือกมังคุดซึ่งเป็นส่วนผสมที่ให้สีน้ำตาลจากขนาด 50 ไมโครเมตรเป็น 20 ไมโครเมตร สำหรับความหวาน ทำการปรับเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมังคุด (เนื้อมังคุดปั่นที่กรองผ่านเชือเลือกผ่าน)

### 2.1.2 การวิเคราะห์ Penalty (Mean drop)

ทำการวิเคราะห์ Penalty (Mean drop) เพื่อพิจารณาภาพรวมในการปรับสูตรน้ำมังคุด ผลการวิเคราะห์แสดงในภาพที่ 8 พบว่าสีน้ำตาลที่เข้มเกินไปของน้ำมังคุดส่งผลต่อความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน และมีความจำเป็นในการปรับปรุงเป็นลำดับแรก โดยมีค่า Mean drop -1.7 ซึ่งมีความสำคัญมากในการปรับปรุง (เมื่อค่า Mean drop อยู่ในช่วง -1.5 ถึง -1.99) จากคำแนะนำของผู้ทดสอบพบว่าสีของน้ำมังคุดที่ควรเป็น คือ สีม่วง ดังนั้นนอกจากการปรับขนาดเชือเลือกผ่านในการกรองสารละลายเปลือกมังคุดแล้ว การเติมน้ำองุ่นแดงเพื่อเพิ่มสีม่วง

ให้กับน้ำมัจจุยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าจะช่วยปรับปรุงลักษณะสีให้ตรงกับความต้องการของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนได้



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Mean drop และร้อยละของผู้ทดสอบ

## 2.2 การปรับสูตรน้ำมัจจุอัดแก๊ส

### 2.2.1 ผลการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale

จากสูตรพื้นฐานและขนาดเชื้อเลือกผ่านที่เหมาะสมสำหรับการกรองที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2.1 สามารถปรับเป็นสูตรต่างๆได้ 5 สูตร โดยใช้เนื้อมัจจุปั่นที่กรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด 50 ไมโครเมตร และสารละลายเปลือกมัจจุ 2.5%(w/v) ที่กรองผ่านเชื้อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร เพื่อปรับลดสีน้ำตาลและเพิ่มสีม่วงด้วยน้ำอุนแดง นำน้ำมัจจุทั้ง 5 สูตรไปทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale โดยให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆและความชอบโดยรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุอัดแก๊สดังแต่ 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) จนถึง 9 (ชอบมากที่สุด) ผลการทดสอบได้คะแนนความชอบดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คนต่อน้ำมัจจุสดัดแก้ไข

| คุณลักษณะ                   | สูตรน้ำมัจจุสดัดแก้ไข  |                        |                        |                         |                         |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                             | 1                      | 2                      | 3                      | 4                       | 5                       |
| สี                          | 5.9 <sup>b</sup> ± 1.3 | 5.9 <sup>b</sup> ± 1.5 | 6.5 <sup>a</sup> ± 1.0 | 5.9 <sup>b</sup> ± 1.6  | 6.3 <sup>ab</sup> ± 1.2 |
| กลิ่นรสมัจจุสดัด            | 5.7 <sup>b</sup> ± 1.6 | 5.7 <sup>b</sup> ± 1.6 | 6.5 <sup>a</sup> ± 1.2 | 6.1 <sup>ab</sup> ± 1.3 | 6.0 <sup>ab</sup> ± 1.4 |
| ความหวาน <sup>ns</sup>      | 6.2 ± 1.4              | 5.9 ± 1.3              | 6.4 ± 1.4              | 6.1 ± 1.4               | 6.0 ± 1.4               |
| ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup> | 6.1 ± 1.1              | 5.8 ± 1.5              | 6.5 ± 1.3              | 6.2 ± 1.5               | 6.0 ± 1.3               |

หมายเหตุ <sup>a-b</sup> แสดงความแตกต่างในแนวนอนของน้ำมัจจุสดัดแก้ไขในแต่ละคุณลักษณะ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคุณลักษณะ ( $p > 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำมัจจุสดัดแก้ไขทั้ง 5 สูตรได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่มีคะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นรสมัจจุสดัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยสูตรที่ 3 และ 5 ได้รับคะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นรสมัจจุสดัดสูงสุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่เมื่อพิจารณาต้นทุน (ตารางที่ 15) พบว่าน้ำมัจจุสดัดแก้ไขสูตรที่ 3 มีต้นทุนต่ำกว่าสูตรที่ 5 จึงเลือกน้ำมัจจุสดัดแก้ไขสูตรที่ 3 เป็นสูตรต้นแบบ

ตารางที่ 15 ต้นทุนของวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำมัจจุสดัดแก้ไข

| ส่วนผสม           | ราคา (บาท/1000 มล.) ของน้ำมัจจุสดัดแก้ไขสูตรที่ |        |        |        |        |
|-------------------|-------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                   | 1                                               | 2      | 3      | 4      | 5      |
| เนื้อมัจจุสดัด    | 204.33                                          | 217.95 | 211.14 | 194.11 | 214.55 |
| เปลือกมัจจุสดัด   | 69.15                                           | 62.23  | 60.50  | 69.15  | 61.37  |
| น้ำอุนแดง         | 0.00                                            | 0.00   | 0.05   | 0.05   | 0.02   |
| รวมเป็นเงิน (บาท) | 273.48                                          | 280.19 | 271.69 | 263.31 | 275.94 |

### 2.3 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพของน้ำมัจจุสูตรพื้นฐานเทียบกับน้ำมัจจุในท้องตลาด

ตัวอย่างน้ำมัจจุทางการค้าที่นำมาศึกษา ได้แก่ ชิปมี แบบที่แต่งกลิ่นเลียนแบบธรรมชาติ (ยี่ห้อ ก) ชิปมี แบบไม่ใช้สีสังเคราะห์และแต่งกลิ่นเลียนแบบธรรมชาติ (ยี่ห้อ ข) เกรทเอเชีย (ยี่ห้อ ค) เซฟซี (ยี่ห้อ ง) อรายซ์ (ยี่ห้อ จ) ไบรท์ดี (ยี่ห้อ ฉ) และชาววัง (ยี่ห้อ ช) รูปและส่วนผสมของแต่ละผลิตภัณฑ์แสดงในภาพที่ 9 และตารางที่ 16



ภาพที่ 9 น้ำมัจจุสูตรต้นแบบและน้ำมัจจุในท้องตลาด (ยี่ห้อ ก-ช)

ตารางที่ 16 ส่วนผสมของน้ำมัจจุสูตรต้นแบบและน้ำมัจจุในท้องตลาด

| ยี่ห้อ     | ปริมาณ (ร้อยละ) |           |                |                                                      |
|------------|-----------------|-----------|----------------|------------------------------------------------------|
|            | น้ำเปลือกมังคุด | น้ำมัจจุ  | สารให้ความหวาน | อื่นๆ                                                |
| สูตรต้นแบบ | 35              | 62        | -              | 3 (น้ำอุนแดงเจือจาง)                                 |
| ก*         | 58              | 25        | 7 (ฟรุคโตส)    | 10 (น้ำมะเมาะ)                                       |
| ข          | 58              | 25        | 8 (ฟรุคโตส)    | 10 (น้ำมะเมาะ)                                       |
| ค          | -               | 100       | -              | -                                                    |
| ง          | -               | 86        | 6 (น้ำเชื่อม)  | 8 (น้ำเสาวรส)                                        |
| จ*         | -               | 86.4      | 9.1 (ซูโครส)   | 2.5 (น้ำทับทิมเข้มข้น)<br>2 (น้ำแครนเบอร์รี่เข้มข้น) |
| ฉ*         | -               | 88 (สกัด) | 10 (ซูโครส)    | 2 (น้ำแอปเปิ้ลเข้มข้น)                               |
| ช          | -               | 33        | 10.9 (ฟรุคโตส) | -                                                    |

หมายเหตุ \* แต่งสีและกลิ่นธรรมชาติ

ในกลุ่มตัวอย่างน้ำมัจจุคที่นำมาศึกษามีเพียงน้ำมัจจุคยี่ห้อ ค ที่มีส่วนผสมของ น้ำมัจจุคร้อยละ 100 ซึ่งมีค่าความหนืดสูงสุด ขณะที่น้ำมัจจุคโดยมากมีการเติมน้ำผลไม้ชนิดอื่น และเติมสารให้ความหวานเพิ่ม อย่างไรก็ตามปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าแตกต่างกัน ไม่มาก โดยมีค่าในช่วง 11.90-13.5 องศาบริกซ์ ขณะที่สูตรต้นแบบที่ใช้การวิจัยนี้มีส่วนผสมของ น้ำจากเปลือกและเนื้อมัจจุคเป็นส่วนผสมหลัก และมีน้ำองุ่นแดงเจือจางร้อยละ 3 หรือน้ำองุ่นแดง เข้มข้นร้อยละ 0.5 เนื่องจากไม่มีการแต่งสีทำให้น้ำมัจจุคสูตรต้นแบบมีค่า  $b^*$  สูงกว่าน้ำมัจจุคใน ท้องตลาด ซึ่งเป็นสีของวัตถุดิบตั้งต้น เช่นเดียวกับค่า  $L^*$  ที่สูงกว่าน้ำมัจจุคในท้องตลาด ซึ่งอาจ เนื่องมาจากค่า  $a^*$  ที่ค่อนข้างต่ำ โดยมีการผสมน้ำผลไม้ชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงสีในสัดส่วนที่น้อยกว่า น้ำมัจจุคในท้องตลาด) อย่างไรก็ตาม ค่า  $a^*$  ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-เบส และความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 91.72 ต่อวินาที ของน้ำมัจจุคต้นแบบอยู่ในช่วงความหนืดของ น้ำมัจจุคในท้องตลาด (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ค่าคุณภาพของน้ำมังคุดต้นแบบและน้ำมังคุดในท้องตลาด

| ชื่อผลิตภัณฑ์ | ค่า L*                    | ค่า a*                     | ค่า b*                    | TSS<br>(องศาบริกซ์)     | ความเป็นกรด-เบส         | ความหนืด (cP)             |
|---------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| สูตรต้นแบบ    | 52.99 <sup>a</sup> ± 1.80 | 17.63 <sup>d</sup> ± 0.23  | 51.81 <sup>a</sup> ± 0.60 | 12.2 <sup>c</sup> ± 0.1 | 3.35 <sup>b</sup> ± 0.0 | 4.18 <sup>d</sup> ± 0.24  |
| ก             | 30.39 <sup>d</sup> ± 0.15 | 0.18 <sup>g</sup> ± 0.03   | 11.90 <sup>f</sup> ± 0.06 | 11.8 <sup>f</sup> ± 0.1 | 3.28 <sup>c</sup> ± 0.0 | 5.16 <sup>d</sup> ± 0.60  |
| ข             | 28.27 <sup>c</sup> ± 0.61 | 11.25 <sup>c</sup> ± 0.32  | 7.14 <sup>g</sup> ± 0.41  | 12.1 <sup>c</sup> ± 0.0 | 3.30 <sup>c</sup> ± 0.0 | 1.48 <sup>d</sup> ± 0.17  |
| ค             | 22.05 <sup>g</sup> ± 0.08 | 24.09 <sup>c</sup> ± 0.03  | 35.18 <sup>c</sup> ± 0.04 | 12.5 <sup>d</sup> ± 0.1 | 2.91 <sup>d</sup> ± 0.0 | 50.96 <sup>a</sup> ± 5.70 |
| ง             | 24.49 <sup>f</sup> ± 0.12 | 26.48 <sup>b</sup> ± 0.02  | 36.60 <sup>b</sup> ± 0.12 | 12.6 <sup>c</sup> ± 0.1 | 3.29 <sup>c</sup> ± 0.0 | 13.35 <sup>c</sup> ± 1.51 |
| จ             | 29.59 <sup>d</sup> ± 0.03 | 27.60 <sup>a</sup> ± 0.05  | 31.21 <sup>d</sup> ± 0.07 | 13.5 <sup>a</sup> ± 0.1 | 2.85 <sup>c</sup> ± 0.0 | 2.51 <sup>d</sup> ± 0.29  |
| ฉ             | 38.35 <sup>c</sup> ± 0.87 | 27.55 <sup>ab</sup> ± 0.84 | 3.03 <sup>h</sup> ± 1.29  | 12.8 <sup>b</sup> ± 0.0 | 3.76 <sup>a</sup> ± 0.0 | 1.19 <sup>d</sup> ± 0.12  |
| ช             | 45.51 <sup>b</sup> ± 0.21 | 9.34 <sup>f</sup> ± 0.03   | 28.17 <sup>c</sup> ± 0.08 | 12.4 <sup>d</sup> ± 0.0 | 3.43 <sup>b</sup> ± 0.0 | 28.16 <sup>b</sup> ± 3.14 |

หมายเหตุ <sup>a-h</sup> แสดงความแตกต่างในแนวตั้งของน้ำมังคุดในแต่ละค่าคุณภาพ ( $p \leq 0.05$ )

### 3. สูตรและกรรมวิธีการผลิตน้ำมันงาคูที่เติมสารเพิ่มความคงตัว

#### 3.1 ผลของความเข้มข้นของแซนแทนกัมต่อเสถียรภาพของน้ำมันงาคู

การศึกษาผลของความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ระดับ 0.20, 0.25 และ 0.30%(w/v) ที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และ 4.0 ต่อค่าความหนืด ค่า  $L^*$  และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร (ค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอก) ผลการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของแซนแทนกัมส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความหนืด ค่าการดูดกลืนแสง และค่า  $L^*$  ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนความเป็นกรด-เบสและปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-เบสและความเข้มข้นของแซนแทนกัมส่งผลต่อค่าการดูดกลืนแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

**ตารางที่ 18** ค่าคุณภาพของของน้ำมันงาคู เมื่อเติมแซนแทนกัมความเข้มข้น 0.20, 0.25 และ 0.30%(w/v)

| ความเข้มข้นของ<br>แซนแทนกัม (%w/v) | ความเป็น<br>กรด-เบส | ความหนืด (cP)      | ค่า $L^*$             | ค่าการดูดกลืนแสง       |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| 0.20 %(w/v)                        | 3.5                 | $15.47^d \pm 0.29$ | $44.88^a \pm 0.52$    | $0.464^d \pm 0.008$    |
|                                    | 4.0                 | $16.42^c \pm 1.88$ | $44.33^b \pm 0.23$    | $0.474^{bc} \pm 0.004$ |
| 0.25 %(w/v)                        | 3.5                 | $20.45^b \pm 0.45$ | $44.63^{ab} \pm 0.08$ | $0.468^{cd} \pm 0.003$ |
|                                    | 4.0                 | $20.29^b \pm 0.18$ | $43.40^c \pm 0.10$    | $0.495^a \pm 0.002$    |
| 0.30 %(w/v)                        | 3.5                 | $23.82^a \pm 0.52$ | $43.38^a \pm 0.12$    | $0.490^a \pm 0.001$    |
|                                    | 4.0                 | $24.09^a \pm 0.48$ | $44.56^{ab} \pm 0.05$ | $0.480^b \pm 0.002$    |

หมายเหตุ <sup>a-d</sup> แสดงความแตกต่างในแนวตั้งของน้ำมันงาคูในแต่ละค่าคุณภาพ ( $p \leq 0.05$ )

ความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้นทำให้ความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 305.75 ต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันงาคูมีค่าสูงขึ้น แต่ค่า  $L^*$  ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ขณะที่น้ำมันงาคูที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 มีค่าการดูดกลืนแสงสูงขึ้นและค่า  $L^*$  ลดลงเมื่อเทียบกับน้ำมันงาคูที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ยกเว้นที่ความเข้มข้นของแซนแทนกัม 0.3%(w/v) ที่ไม่พบความแตกต่างของค่า  $L^*$  ของ

น้ำมัจจุที่มีความเป็นกรด-เบสทั้ง 2 ระดับ (ตารางที่ 18) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากที่ความเข้มข้นของแซนแทนกัม 0.3%(w/v) เพียงพอที่จะจับกับสารประกอบในน้ำมัจจุ (Tolstoguzov, 1986) และสามารถรักษาเสถียรภาพของน้ำมัจจุได้ ขณะที่การศึกษาของ Okoth *et al.* (2000) ไม่พบความแตกต่างของค่าการดูดกลืนแสง (ค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอก) ของน้ำเสาวรสที่เติมสารเพิ่มความคงตัว 0.3% ขึ้นไป โดยอธิบายว่าปริมาณสารเพิ่มความคงตัวที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความหนืดมากขึ้น อนุภาคจึงเคลื่อนที่ได้น้อยลง ส่งผลให้ค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกซึ่งวัดจากค่าการดูดกลืนแสงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )

ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (ตารางที่ 19-20) พบว่าค่า  $L^*$  ของน้ำมัจจุมีแนวโน้มลดลงสอดคล้องกับค่าการดูดกลืนแสงที่สูงขึ้น แสดงว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น น้ำมัจจุมีค่า  $L^*$  ลดลง และมีการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกของอนุภาคเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 19) โดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน น้ำมัจจุที่เติมแซนแทนกัม 0.2%(w/v) ที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 มีค่าการดูดกลืนแสงมากกว่าและค่า  $L^*$  น้อยกว่าน้ำมัจจุที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 เมื่อเติมแซนแทนกัมในระดับความเข้มข้นเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) โดยไม่พบตะกอนในน้ำมัจจุทุกตัวอย่าง เมื่อพิจารณาความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 305.75 ต่อวินาที (ตารางที่ 20) พบว่าที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 น้ำมัจจุที่เติมแซนแทนกัม 0.2%(w/v) ให้น้ำมัจจุที่มีความหนืดต่ำที่สุดและแตกต่างจากน้ำมัจจุที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) อย่างไรก็ตามความหนืดที่ได้ ( $15.47 \pm 0.29$  cP) ยังมีค่าสูงกว่าความหนืดของน้ำผลไม้ที่เติมสารเพิ่มความคงตัวซึ่ง Will *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับน้ำแอปเปิ้ลที่เติมสารเพิ่มความคงตัว พบว่าความหนืดที่เหมาะสมคือ 11.5 cP ดังนั้นจึงทำการศึกษาการใช้ส่วนผสมของแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นต่ำลงรวมกับการใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในน้ำมัจจุที่ความเป็นกรด-เบส 3.5

ตารางที่ 19 ค่า L\* และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตรของน้ำมั่งคุด เมื่อเติมแซนแทนกัม 0.2-0.3%(w/v) ที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และ 4.0 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

| คุณภาพ           | วันที่ | ความเข้มข้นของแซนแทนกัม (%(w/v)) ที่ |                             |                             |                             |                            |                            |
|------------------|--------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                  |        | ความเป็นกรด-เบส 3.5                  |                             |                             | ความเป็นกรด-เบส 4.0         |                            |                            |
|                  |        | 0.2%                                 | 0.25%                       | 0.3%                        | 0.2%                        | 0.25%                      | 0.3%                       |
| ค่า L*           | 0      | 44.88 <sup>a</sup> ± 0.52            | 44.63 <sup>ab</sup> ± 0.08  | 43.38 <sup>c</sup> ± 0.12   | 44.33 <sup>b</sup> ± 0.23   | 43.40 <sup>c</sup> ± 0.10  | 44.56 <sup>ab</sup> ± 0.06 |
|                  | 3      | 43.15 <sup>a</sup> ± 0.85            | 42.84 <sup>ab</sup> ± 0.15  | 42.37 <sup>ab</sup> ± 0.92  | 42.75 <sup>ab</sup> ± 0.75  | 41.93 <sup>b</sup> ± 0.33  | 42.28 <sup>ab</sup> ± 0.40 |
|                  | 6      | 41.39 <sup>d</sup> ± 0.52            | 43.03 <sup>a</sup> ± 0.16   | 41.15 <sup>d</sup> ± 0.11   | 42.06 <sup>c</sup> ± 0.09   | 42.55 <sup>b</sup> ± 0.09  | 42.68 <sup>ab</sup> ± 0.18 |
|                  | 9      | 40.47 <sup>d</sup> ± 0.11            | 40.63 <sup>cd</sup> ± 0.04  | 39.42 <sup>c</sup> ± 0.35   | 41.68 <sup>b</sup> ± 0.45   | 41.00 <sup>c</sup> ± 0.36  | 42.31 <sup>a</sup> ± 0.04  |
|                  | 12     | 39.38 <sup>d</sup> ± 0.40            | 39.31 <sup>d</sup> ± 0.31   | 38.88 <sup>d</sup> ± 0.78   | 41.24 <sup>b</sup> ± 0.42   | 40.58 <sup>c</sup> ± 0.04  | 42.04 <sup>a</sup> ± 0.14  |
| ค่าการดูดกลืนแสง | 0      | 0.464 <sup>d</sup> ± 0.007           | 0.468 <sup>cd</sup> ± 0.003 | 0.490 <sup>a</sup> ± 0.001  | 0.474 <sup>c</sup> ± 0.004  | 0.495 <sup>a</sup> ± 0.002 | 0.480 <sup>b</sup> ± 0.002 |
|                  | 3      | 0.479 <sup>c</sup> ± 0.009           | 0.489 <sup>bc</sup> ± 0.003 | 0.500 <sup>ab</sup> ± 0.009 | 0.491 <sup>bc</sup> ± 0.012 | 0.506 <sup>a</sup> ± 0.007 | 0.511 <sup>a</sup> ± 0.005 |
|                  | 6      | 0.496 <sup>c</sup> ± 0.007           | 0.486 <sup>d</sup> ± 0.002  | 0.511 <sup>a</sup> ± 0.001  | 0.500 <sup>bc</sup> ± 0.004 | 0.496 <sup>c</sup> ± 0.002 | 0.503 <sup>b</sup> ± 0.002 |
|                  | 9      | 0.502 <sup>c</sup> ± 0.002           | 0.508 <sup>b</sup> ± 0.001  | 0.528 <sup>a</sup> ± 0.003  | 0.500 <sup>c</sup> ± 0.004  | 0.511 <sup>b</sup> ± 0.002 | 0.509 <sup>b</sup> ± 0.001 |
|                  | 12     | 0.507 <sup>c</sup> ± 0.003           | 0.526 <sup>a</sup> ± 0.007  | 0.531 <sup>a</sup> ± 0.006  | 0.500 <sup>d</sup> ± 0.002  | 0.515 <sup>b</sup> ± 0.001 | 0.509 <sup>c</sup> ± 0.002 |

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> แสดงความแตกต่างในแนวนอนของน้ำมั่งคุดในแต่ละค่าคุณภาพ (p≤0.05)

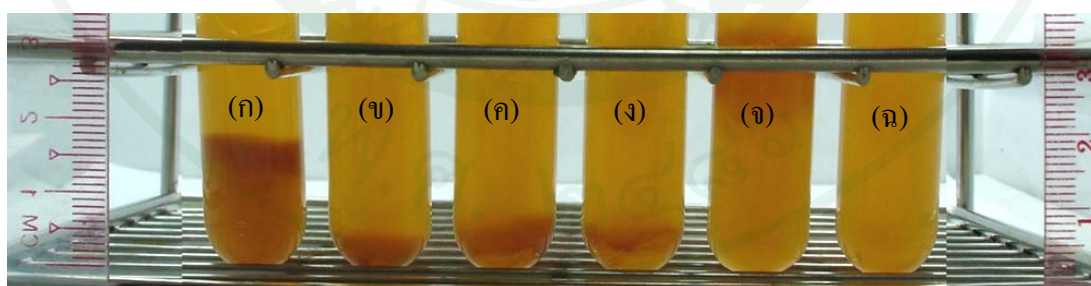
**ตารางที่ 20** ค่าความหนืดของน้ำมันงาคูค เมื่อเติมแซนแทนกัม 0.2-0.3%(w/v) ที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และ 4.0 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

| คุณภาพ        | วันที่ | ความเข้มข้นของแซนแทนกัม (w/v) ที่ |                           |                           |                           |                           |                           |
|---------------|--------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|               |        | ความเป็นกรด-เบส 3.5               |                           |                           | ความเป็นกรด-เบส 4.0       |                           |                           |
|               |        | 0.2%                              | 0.25%                     | 0.3%                      | 0.2%                      | 0.25%                     | 0.3%                      |
| ความหนืด (cP) | 0      | 15.47 <sup>d</sup> ± 0.29         | 20.45 <sup>b</sup> ± 0.25 | 23.82 <sup>a</sup> ± 0.52 | 16.42 <sup>c</sup> ± 0.28 | 20.29 <sup>b</sup> ± 0.18 | 24.09 <sup>a</sup> ± 0.48 |
|               | 3      | 14.88 <sup>f</sup> ± 0.14         | 18.93 <sup>d</sup> ± 0.42 | 23.50 <sup>b</sup> ± 0.26 | 15.55 <sup>c</sup> ± 0.16 | 19.83 <sup>c</sup> ± 0.42 | 24.21 <sup>a</sup> ± 0.15 |
|               | 6      | 15.41 <sup>e</sup> ± 0.23         | 19.85 <sup>c</sup> ± 0.12 | 23.50 <sup>b</sup> ± 0.07 | 16.23 <sup>d</sup> ± 0.24 | 20.22 <sup>c</sup> ± 0.32 | 24.84 <sup>a</sup> ± 0.31 |
|               | 9      | 15.64 <sup>f</sup> ± 0.01         | 19.93 <sup>d</sup> ± 0.12 | 24.02 <sup>b</sup> ± 0.12 | 16.45 <sup>e</sup> ± 0.04 | 20.93 <sup>c</sup> ± 0.15 | 25.01 <sup>a</sup> ± 0.29 |
|               | 12     | 14.18 <sup>f</sup> ± 0.01         | 19.17 <sup>d</sup> ± 0.30 | 22.62 <sup>b</sup> ± 0.13 | 15.01 <sup>c</sup> ± 0.24 | 19.81 <sup>c</sup> ± 0.11 | 24.68 <sup>a</sup> ± 0.40 |

หมายเหตุ <sup>a-f</sup> แสดงความแตกต่างในแนวนอนของความหนืดของน้ำมันงาคูค ( $p \leq 0.05$ )

### 3.2 ผลของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อเสถียรภาพของน้ำมัจจุ

จากการศึกษาผลของแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้น 0.05, 0.10 และ 0.15%(w/v) ร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับความเข้มข้น 0.00, 0.05, 0.15, 0.25%(w/v) พบว่าที่ความเข้มข้นของสารไฮโดรคอลลอยด์ระดับต่ำ อันได้แก่ ความเข้มข้นของแซนแทนกัม 0.05%(w/v) และแซนแทนกัม 0.05%(w/v) ร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.05, 0.15 และ 0.25%(w/v) มีการตกตะกอนของไฮโดรคอลลอยด์เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 10 การแยกชั้นระหว่างไฮโดรคอลลอยด์และชั้นน้ำ (ภาพที่ 10 ก-ง) สามารถอธิบายได้ด้วยการไม่จับกันของไฮโดรคอลลอยด์และโปรตีน (thermodynamic incompatibility) (Dickinson, 2003) โดยเมื่อใช้แซนแทนกัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์เพียงชนิดเดียว (ภาพที่ 10, ก) จะพบการแยกชั้นของไฮโดรคอลลอยด์สูงกว่าการใช้ส่วนผสมของแซนแทนกัมร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ภาพที่ 10, ข-ง) ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากการตกตะกอนแบบ Segregative โดยแซนแทนกัมอยู่ในส่วนที่เป็นอนุภาคคอลลอยด์ (disperse phase) ในน้ำมัจจุ ขณะที่คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสอยู่ในส่วนที่เป็นเนื้อเดียวกัน (continuous phase) (Boyd, 2005) ส่วนน้ำมัจจุที่เติมแซนแทนกัม 0.10%(w/v) ปรากฏเป็นวงแหวนลอยอยู่กลางหลอดทดลอง (ภาพที่ 10, จ) น้ำมัจจุที่เติมแซนแทนกัม 0.10%(w/v) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.05%(w/v) พบการตกตะกอนของส่วนผสมของน้ำมัจจุที่ก้นขวด (ภาพที่ 10, ฉ) หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน การตกตะกอนของอนุภาคในน้ำมัจจุสามารถอธิบายได้ตามกฎของสโตค (Stokes' Law) ซึ่งขึ้นกับขนาดของอนุภาคและความหนืดของสารคอลลอยด์หรือแขวนลอย และตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงของโลก



**ภาพที่ 10** การตกตะกอนของน้ำมัจจุที่เติมส่วนผสมของแซนแทนกัม (X) และ CMC (C) ที่ระดับความเข้มข้น 0.05X (ก), 0.05X+0.05C (ข), 0.05X+0.15C (ค), 0.05X+0.25C (ง), 0.10X (จ), 0.10X+0.05C%(w/v) (ฉ)

นำน้ำมัจจุที่ไม่ตกตะกอน (น้ำมัจจุที่เติมส่วนผสมของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับความเข้มข้น 0.10X+0.15C, 0.10X+0.25C, 0.15X, 0.15X+0.05C, 0.15X+0.15C และ 0.15X+0.25C%(w/v) ไปศึกษาคุณภาพด้านความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 305.75 ต่อวินาที ค่า L\* และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ค่าคุณภาพที่ได้แสดงในตารางที่ 21

**ตารางที่ 21** ค่าความหนืด ค่า L\* และค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมัจจุ เมื่อเติมแซนแทนกัมร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในระดับต่างๆ

| ความเข้มข้นแซน-<br>แทนกัม (%w/v) | ความเข้มข้น<br>CMC (%w/v) | ความหนืด (cP)             | ค่า L*                    | ค่าการดูดกลืนแสง            |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 0.10                             | 0.15                      | 9.37 <sup>c</sup> ± 0.47  | 56.67 <sup>a</sup> ± 0.86 | 0.251 <sup>d</sup> ± 0.004  |
|                                  | 0.25                      | 9.45 <sup>c</sup> ± 1.01  | 57.43 <sup>a</sup> ± 1.00 | 0.264 <sup>d</sup> ± 0.123  |
| 0.15                             | 0.00                      | 8.46 <sup>c</sup> ± 0.63  | 57.24 <sup>a</sup> ± 0.44 | 0.284 <sup>a</sup> ± 0.002  |
|                                  | 0.05                      | 10.21 <sup>c</sup> ± 0.12 | 57.68 <sup>a</sup> ± 0.57 | 0.267 <sup>c</sup> ± 0.001  |
|                                  | 0.15                      | 14.17 <sup>b</sup> ± 1.68 | 57.97 <sup>a</sup> ± 0.05 | 0.270 <sup>bc</sup> ± 0.001 |
|                                  | 0.25                      | 18.2 <sup>a</sup> ± 0.15  | 57.58 <sup>a</sup> ± 0.03 | 0.272 <sup>b</sup> ± 0.001  |

หมายเหตุ <sup>a-d</sup> แสดงความแตกต่างในแนวนอนของน้ำมัจจุในแต่ละค่าคุณภาพ ( $p \leq 0.05$ )

การวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับต่างๆ ไม่ส่งผลต่อค่า L\* ของน้ำมัจจุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ขณะที่ความเข้มข้นของแซนแทนกัมมีอิทธิพลต่อค่าความหนืดของน้ำมัจจุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เช่นเดียวกับการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับความเข้มข้น 0.15 และ 0.25%(w/v) ร่วมกับแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.15%(w/v) ที่ทำให้ความหนืดของน้ำมัจจุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

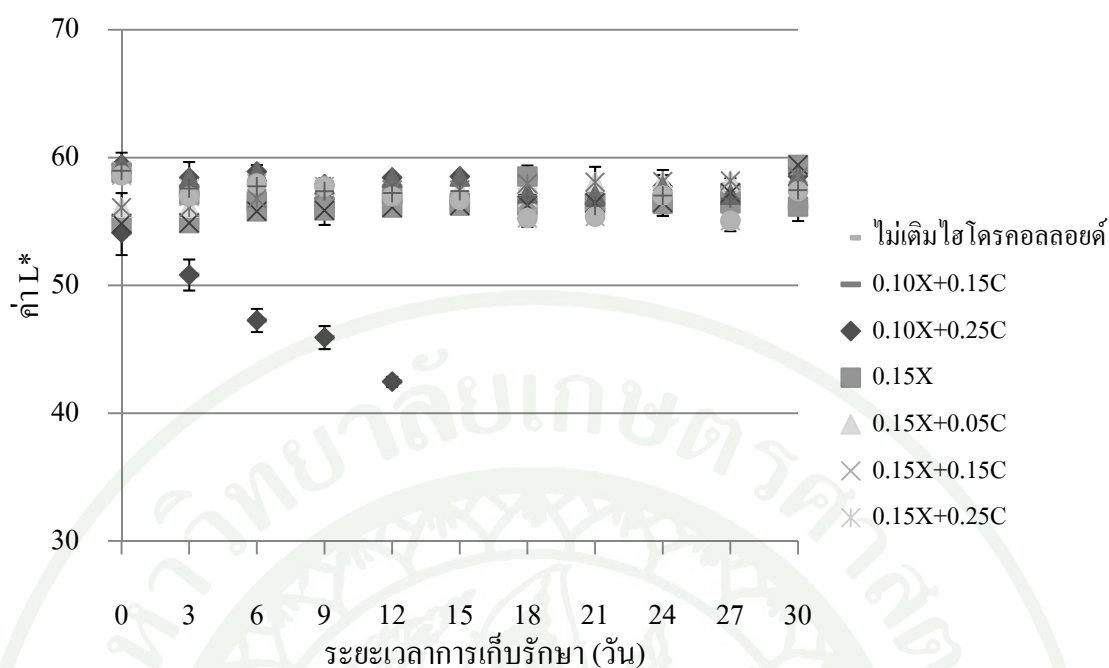
Fonseca *et al.* (2009) พบว่าเมื่อใช้แซนแทนกัม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และ โพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol alginate; PGA) ร่วมกัน ทำให้สารละลายมีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและโพรตีน อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สูงขึ้นไม่ได้ทำให้ความหนืดของน้ำมัจจุที่เติมแซนแทนกัมความเข้มข้น 0.10%(w/v) มี

ค่าสูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Boyd (2005) ที่พบว่า การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระดับความเข้มข้นต่ำๆ ( $<1\%$ ) ลงในแซนแทนกัมไม่ส่งผลให้ความหนืดมีค่าสูงขึ้น

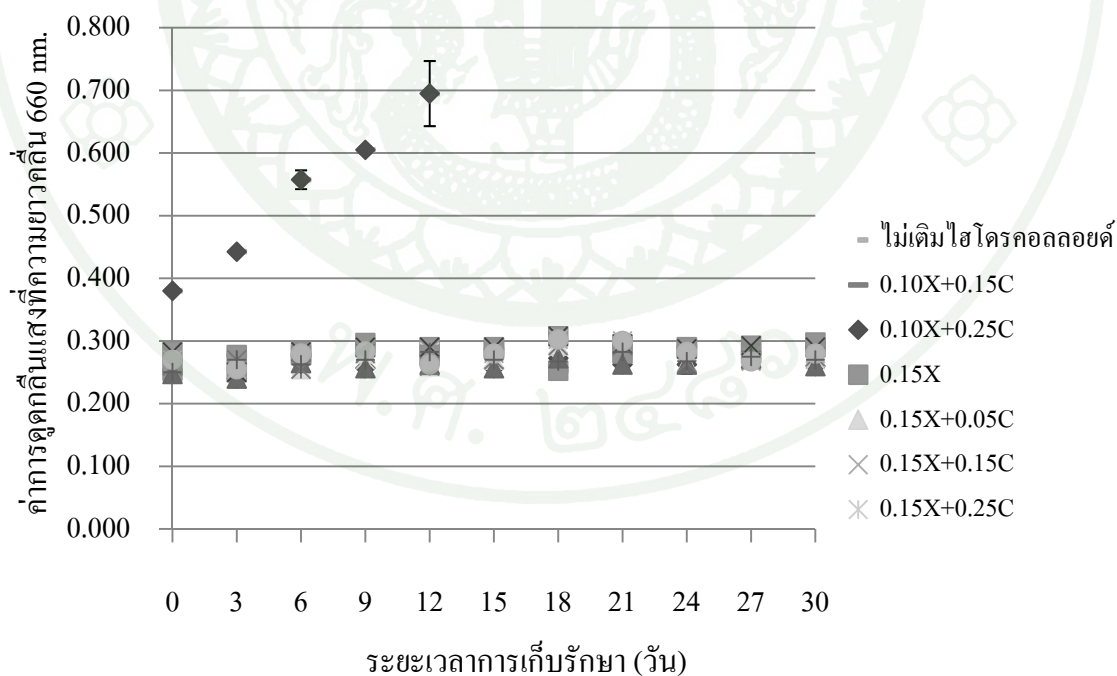
นอกจากนี้ความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่สูงขึ้นยังทำให้น้ำมัจควมมีค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกสูงขึ้น แต่ค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงเมื่อเติมส่วนผสมของแซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (เทียบกับการใช้แซนแทนกัมเพียงชนิดเดียวที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน) ซึ่งอาจเนื่องมาจากการดึงดูดซึ่งกันระหว่างโปรตีนและไฮโดรคอลลอยด์เมื่อใช้ไฮโดรคอลลอยด์ร่วมกัน 2 ชนิด (Dickinson, 2003) ในทางตรงกันข้ามเมื่อใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร่วมกับแซนแทนกัม ความเข้มข้นของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สูงขึ้นจะเพิ่มค่าการดูดกลืนแสงในน้ำผลไม้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Mirhosseini *et al.* (2008) ที่พบว่าค่าการดูดกลืนแสง (ค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอก) ของเครื่องดื่มกลั่นรสส้มจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกที่ต่ำและความหนืดที่เหมาะสม (ต่ำกว่า 11.5 cP) โดยใช้ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์น้อยที่สุด จึงควรเตรียมน้ำมัจควมที่เติมสารเพิ่มความคงตัวจากส่วนผสมของแซนแทนกัม 0.10%(w/v) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.15%(w/v)

3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพของน้ำมัจควมที่เติมสารเพิ่มความคงตัวขณะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน

ขณะเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน น้ำมัจควมควบคุมที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่า  $L^*$  ลดลง ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น และพบการตกตะกอนอย่างชัดเจนหลังวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ขณะที่น้ำมัจควมที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ไม่พบการตกตะกอน แต่ค่า  $L^*$  ลดลง และค่าการดูดกลืนแสงสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) การเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  และการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกแสดงดังภาพที่ 11 และ 12 ตามลำดับ

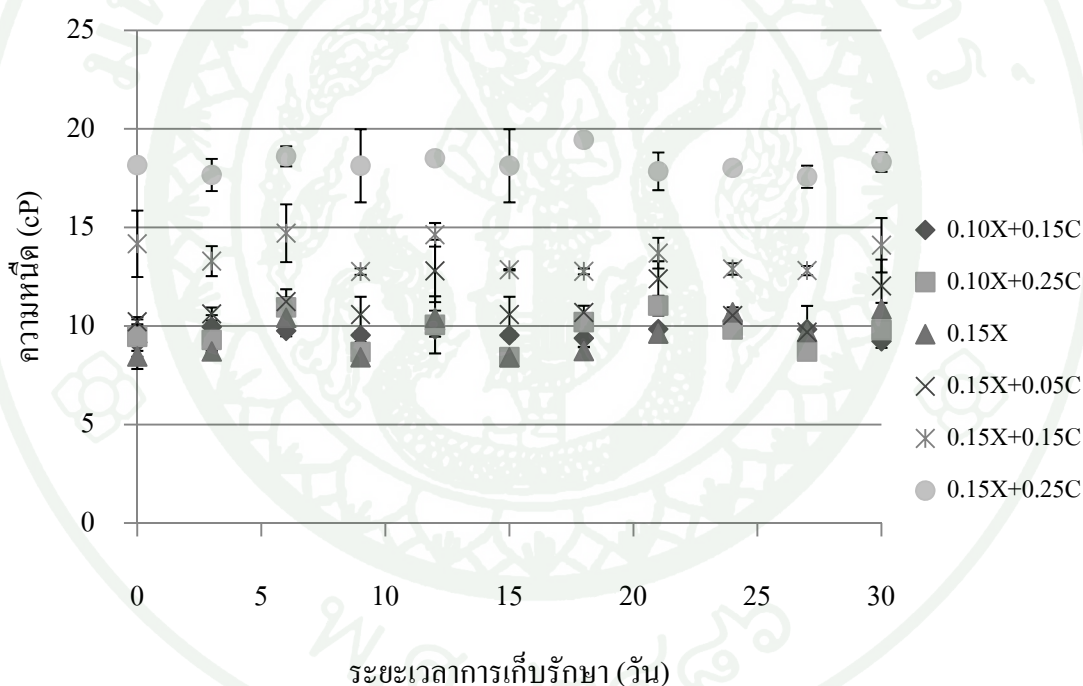


ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  ของน้ำมั่งคุดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมั่งคุดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ความหนืดปรากฏที่แรงเฉือน 305.75 ต่อวินาทีของน้ำมัจจุคที่เติมสารเพิ่มความคงตัว ทุกตัวอย่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการเก็บรักษา ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีค่า ในช่วง 8.86-10.68 cP สำหรับน้ำมัจจุคที่เติมแซนแทนกัม 0.10%(w/v) ร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.15%(w/v), 9.45-11.04 cP สำหรับน้ำมัจจุคที่เติมแซนแทนกัม 0.10%(w/v) ร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.25%(w/v), 8.46-10.85 cP สำหรับน้ำมัจจุคที่เติมแซนแทนกัม 0.15%(w/v), 10.21-12.80 cP สำหรับน้ำมัจจุคที่เติมแซนแทนกัม 0.15%(w/v) ร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.05%(w/v), 12.78-14.71 cP สำหรับน้ำมัจจุคที่เติมแซนแทนกัม 0.15%(w/v) ร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.15%(w/v) และ 12.57-19.45 cP สำหรับน้ำมัจจุคที่เติมแซนแทนกัม 0.15%(w/v) ร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.25%(w/v) การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำมัจจุคที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

#### 4 สูตรและกรรมวิธีการผลิตน้ำมันงาคูที่เติมสารช่วยตกตะกอน

4.1 ผลของสัดส่วนเจลาติน:เบนโทไนท์ ความเป็นกรด-เบส และระยะเวลาการบ่มต่อค่าสีของน้ำมันงาคู

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าสัดส่วนของสารช่วยตกตะกอน (เจลาติน:เบนโทไนท์) มีอิทธิพลต่อค่าสีและร้อยละการส่องผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร (%T) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ขณะที่ระยะเวลาการบ่มไม่มีอิทธิพลต่อค่า  $L^*$  และ ความเป็นกรด-เบสไม่มีอิทธิพลต่อค่า  $b^*$  ( $p > 0.05$ ) ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเกือบทุกปฏิกริยามีอิทธิพลต่อค่าสี ( $p \leq 0.05$ ) ยกเว้นปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาและความเป็นกรด-เบสที่ไม่มีผลต่อค่า  $a^*$  และ  $b^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าความเป็นกรด-เบสและระยะเวลาการบ่มไม่มีอิทธิพลต่อค่า  $a^*$  และ  $b^*$  เมื่อใช้สารช่วยตกตะกอน เช่นเดียวกับปฏิกริยาสัมพันธ์ของทั้ง 3 ปัจจัยที่ไม่มีผลต่อค่า  $L^*$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) กล่าวคือ ค่า  $L^*$  ของน้ำมันงาคูที่เติมสารช่วยตกตะกอนมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเป็นกรด-เบสและระยะเวลาการบ่มที่ระดับต่างๆ ( $p > 0.05$ ) ค่าคุณภาพของน้ำมันงาคูที่เติมสารช่วยตกตะกอนในสัดส่วนต่างๆ ที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และ 4.0 เมื่อไม่บ่มและบ่มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ณ วันที่ 0 แสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่าคุณภาพของน้ำมั่งคุด เมื่อเติมสารช่วยตกตะกอนในสัดส่วนต่างๆ ที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และ 4.0 เมื่อไม่บ่มและบ่มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ณ วันที่ 0

| ค่า<br>คุณภาพ | เจลาติน:เบนโท-<br>ไนท์ (%(w/v)) | ความเป็นกรด-เบส 3.5         |                             | ความเป็นกรด-เบส 4.0         |                             |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|               |                                 | ไม่บ่ม                      | บ่ม 1 ชั่วโมง               | ไม่บ่ม                      | บ่ม 1 ชั่วโมง               |
| %T            | 0.20:0.00                       | 71.24 <sup>cd</sup> ± 0.65  | 69.70 <sup>efg</sup> ± 0.13 | 65.92 <sup>j</sup> ± 0.48   | 64.73 <sup>k</sup> ± 0.28   |
|               | 0.15:0.05                       | 68.31 <sup>i</sup> ± 0.16   | 70.55 <sup>de</sup> ± 0.51  | 69.45 <sup>fgh</sup> ± 0.05 | 65.67 <sup>j</sup> ± 0.17   |
|               | 0.10:0.10                       | 69.31 <sup>fgh</sup> ± 0.43 | 71.51 <sup>bc</sup> ± 0.23  | 68.90 <sup>ghi</sup> ± 0.93 | 68.57 <sup>hi</sup> ± 0.23  |
|               | 0.05:0.15                       | 73.43 <sup>a</sup> ± 0.45   | 71.16 <sup>cd</sup> ± 0.34  | 69.81 <sup>efg</sup> ± 0.15 | 68.78 <sup>hi</sup> ± 0.33  |
|               | 0.00:0.20                       | 71.52 <sup>bc</sup> ± 0.35  | 72.26 <sup>b</sup> ± 0.31   | 69.38 <sup>fgh</sup> ± 0.14 | 69.98 <sup>ef</sup> ± 0.29  |
| L*            | 0.20:0.00                       | 67.49 <sup>b</sup> ± 0.24   | 65.15 <sup>f</sup> ± 0.12   | 62.34 <sup>hi</sup> ± 0.73  | 62.65 <sup>h</sup> ± 0.13   |
|               | 0.15:0.05                       | 65.13 <sup>f</sup> ± 0.15   | 65.32 <sup>ef</sup> ± 0.11  | 61.56 <sup>j</sup> ± 0.40   | 63.77 <sup>g</sup> ± 0.05   |
|               | 0.10:0.10                       | 67.45 <sup>b</sup> ± 0.13   | 66.95 <sup>bc</sup> ± 0.20  | 62.05 <sup>hi</sup> ± 0.11  | 64.73 <sup>f</sup> ± 0.14   |
|               | 0.05:0.15                       | 68.73 <sup>a</sup> ± 0.22   | 66.42 <sup>cd</sup> ± 0.09  | 66.03 <sup>de</sup> ± 2.13  | 65.47 <sup>ef</sup> ± 0.13  |
|               | 0.00:0.20                       | 67.17 <sup>b</sup> ± 0.17   | 67.04 <sup>bc</sup> ± 0.29  | 66.02 <sup>de</sup> ± 0.10  | 67.03 <sup>bc</sup> ± 0.09  |
| a*            | 0.20:0.00                       | 17.03 <sup>d</sup> ± 0.30   | 15.90 <sup>f</sup> ± 0.20   | 19.43 <sup>a</sup> ± 0.65   | 16.50 <sup>e</sup> ± 0.09   |
|               | 0.15:0.05                       | 18.16 <sup>bc</sup> ± 0.14  | 16.28 <sup>ef</sup> ± 0.12  | 19.69 <sup>a</sup> ± 0.33   | 16.93 <sup>d</sup> ± 0.05   |
|               | 0.10:0.10                       | 17.79 <sup>c</sup> ± 0.35   | 16.15 <sup>ef</sup> ± 0.26  | 15.92 <sup>f</sup> ± 0.11   | 17.03 <sup>d</sup> ± 0.07   |
|               | 0.05:0.15                       | 14.68 <sup>h</sup> ± 0.14   | 15.31 <sup>g</sup> ± 0.13   | 14.89 <sup>h</sup> ± 0.59   | 18.33 <sup>b</sup> ± 0.09   |
|               | 0.00:0.20                       | 14.85 <sup>h</sup> ± 0.10   | 14.70 <sup>h</sup> ± 0.31   | 18.17 <sup>bc</sup> ± 0.49  | 16.39 <sup>e</sup> ± 0.08   |
| b*            | 0.20:0.00                       | 56.01 <sup>cde</sup> ± 0.39 | 54.43 <sup>fgh</sup> ± 0.19 | 57.12 <sup>bc</sup> ± 0.81  | 53.48 <sup>h</sup> ± 0.16   |
|               | 0.15:0.05                       | 57.60 <sup>b</sup> ± 0.12   | 54.90 <sup>efg</sup> ± 0.11 | 59.11 <sup>a</sup> ± 3.14   | 54.18 <sup>gh</sup> ± 0.07  |
|               | 0.10:0.10                       | 56.54 <sup>bcd</sup> ± 0.33 | 55.51 <sup>def</sup> ± 0.28 | 51.58 <sup>i</sup> ± 0.14   | 53.87 <sup>gh</sup> ± 0.16  |
|               | 0.05:0.15                       | 53.48 <sup>h</sup> ± 0.20   | 54.26 <sup>gh</sup> ± 0.15  | 51.80 <sup>i</sup> ± 0.54   | 55.60 <sup>def</sup> ± 0.15 |
|               | 0.00:0.20                       | 53.58 <sup>h</sup> ± 0.07   | 53.74 <sup>gh</sup> ± 0.31  | 55.64 <sup>def</sup> ± 1.13 | 54.22 <sup>gh</sup> ± 0.10  |

หมายเหตุ <sup>a-k</sup> แสดงความแตกต่างของค่ากายภาพในแต่ละคุณลักษณะ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 22 แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของเบนโทไนท์ที่เพิ่มขึ้นในสัดส่วนของสารช่วยตกตะกอนรวม 0.02%(w/v) ในน้ำมั่งคุดทั้งแบบที่ไม่บ่มและบ่มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้น้ำมั่งคุด มีค่า L\* และร้อยละการส่องผ่านของแสง (% T) สูงขึ้น แต่ค่า a\* ลดลง ขณะที่การใช้

เจลาตินเป็นสารช่วยตกตะกอนมีประสิทธิภาพในการทำให้น้ำมัจจุคใส่น้อยกว่าเบนโทไนท์ อย่างไรก็ตามเจลาตินมีอิทธิพลต่อสารประกอบเชิงซ้อนพอลิฟีนอล (Zoecklein, 1988) และฟลาโวนอยด์ในไวน์ขาว (Cosme *et al.*, 2008) ซึ่งอาจเนื่องมาจากความสามารถของเจลาตินในการจับกับสารประกอบดังกล่าวตกตะกอน ดังนั้นการใช้ส่วนผสมของเจลาตินและเบนโทไนท์จึงให้ค่า  $L^*$  สูงกว่าการใช้เบนโทไนท์เพียงชนิดเดียว

สำหรับผลของความเป็นกรด-เบส พบว่าการเติมสารช่วยตกตะกอนที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 ให้ค่า  $L^*$  และร้อยละการส่องผ่านของแสงสูงกว่าที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากความเป็นกรด-เบสที่สูงขึ้น ทำให้ความสามารถในการละลายของแทนนินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการพอลิเมอร์ไรส์ของแทนนินและการเกิดอนุภาคกลุ่มหมอก (haze formation) ทำให้ค่า  $L^*$  และร้อยละการส่องผ่านของแสงลดลง Anirudhan and Ramachandran (2006) รายงานว่าสารช่วยตกตะกอนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงความเป็นกรด-เบส 3.0-4.0 เนื่องจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลฟีนอลิกของแทนนินและ hydrogen bonding site ของเบนโทไนท์ โดยจะพบปริมาณแทนนินมากขึ้นที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 อย่างไรก็ตามสารช่วยตกตะกอนสามารถจับประจุบวกในน้ำมัจจุคได้ไม่แตกต่างกันที่ระยะเวลาการบ่มที่จำกัด 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปปั่นเหวี่ยงและกรอง ทำให้ปริมาณแทนนินที่เหลือในน้ำมัจจุคที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 มีมากกว่าที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 นอกจากนี้ความเป็นกรด-เบสยังส่งผลต่อประจุของโปรตีน โดยความแตกต่างระหว่างความเป็นกรด-เบสของน้ำผลไม้และไอโซอิเล็กทริกพอยท์ (isoelectric point) ของโปรตีนที่สูง จะทำให้โปรตีนแสดงประจุมากขึ้นและเพิ่มแรงอิเล็กโตรสตาติก (electrostatic force) ทำให้ประจุบวกของโปรตีนสามารถเกาะจับกับสารช่วยตกตะกอนได้ดียิ่งขึ้น (Zoecklein, 1988) เมื่อพิจารณา isoelectric point ของโปรตีนในน้ำองุ่นและไวน์ซึ่งมีค่าในช่วง 4.1-5.7 (Bourse *et al.*, 2010) ในน้ำมัจจุคที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 อนุภาคโปรตีนที่ความเป็นกรด-เบสสูงกว่า 3.5 จะแสดงประจุบวก ซึ่งสามารถจับกับประจุลบของสารช่วยตกตะกอนเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่และตกตะกอนในที่สุด ขณะที่ที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 มีค่าใกล้เคียงกับ isoelectric point ของโปรตีนในน้ำผลไม้ จึงจำกัดการแสดงประจุของโปรตีน ทำให้ไม่สามารถจับกับสารช่วยตกตะกอนได้

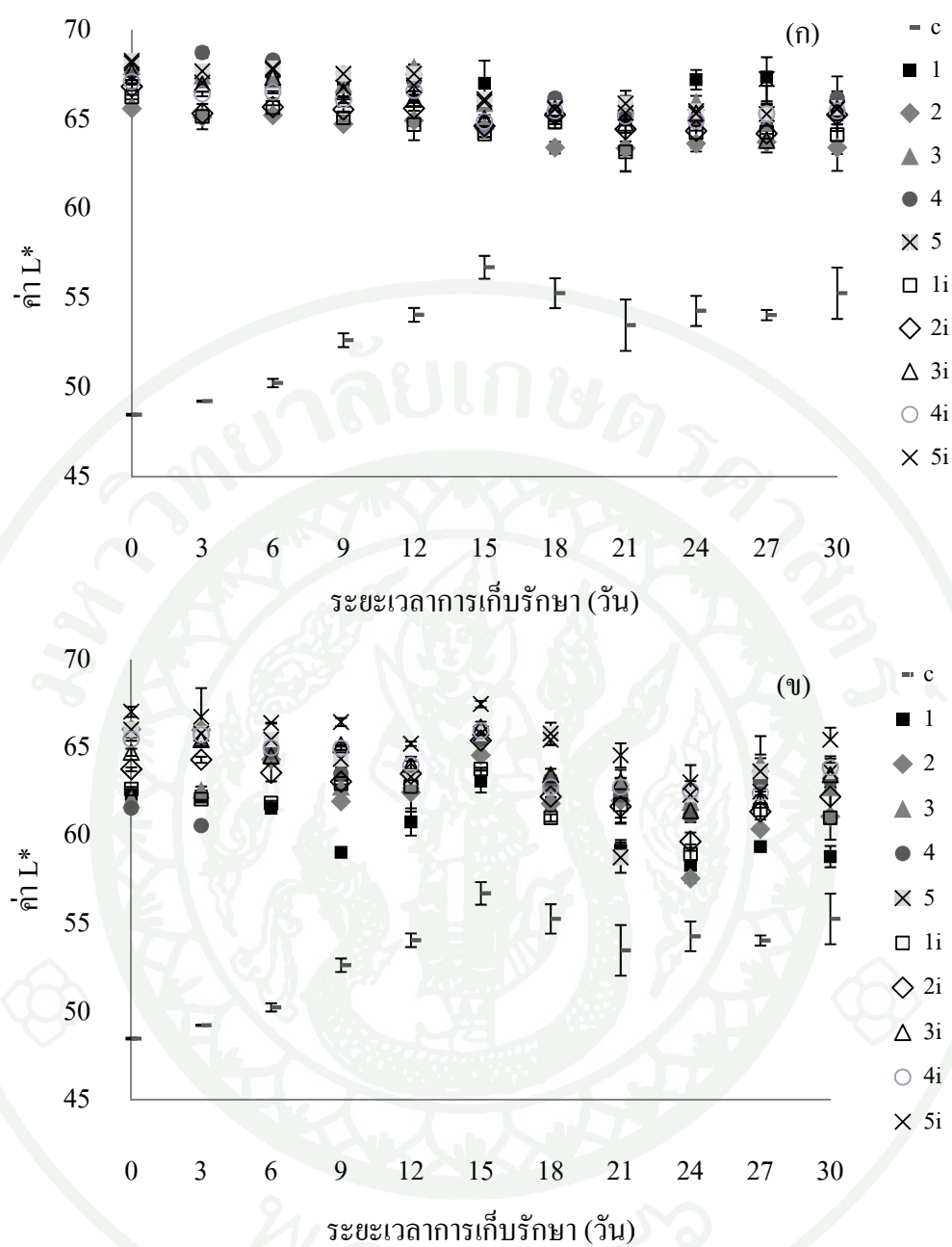
เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการบ่ม พบว่าที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 การบ่มสารช่วยตกตะกอนกับน้ำมัจจุคเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนนำไปปั่นเหวี่ยงและกรอง ไม่ได้ทำให้ค่า  $L^*$  สูงขึ้น ขณะที่ร้อยละการส่องผ่านของแสงมีค่าสูงขึ้นทั้งที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และ 4.0 ยกเว้นในน้ำมัจจุคที่เติมเจลาตินเพียงชนิดเดียวและสารช่วยตกตะกอนผสมในสัดส่วนของเจลาตินต่อเบนโทไนท์ 0.05:0.15%(w/v) Zoecklein (1988) รายงานว่าเบนโทไนท์สามารถจับโปรตีน

ตกตะกอนได้โดยใช้เวลาเพียงไม่กี่นาที และการบ่มเบนโทไนด์ในเครื่องต้มจะเพิ่มโอกาสที่โปรตีนซึ่งจับกับเบนโทไนด์จะกลับออกมาในน้ำผลไม้ใหม่อีกครั้ง การใช้ค่า  $L^*$  และร้อยละการส่องผ่านของแสงเป็นดัชนีในการพิจารณาความใสของน้ำมัจจุคพบว่าค่า  $L^*$  สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับความสามารถในการจับกันระหว่างสารช่วยตกตะกอนและโปรตีนในน้ำผลไม้ได้ดีกว่าค่าร้อยละการส่องผ่านของแสง สอดคล้องกับการศึกษาของ Hetherington and MacDougall (1991) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ของคุณลักษณะที่ได้จากการมองเห็นและค่าคุณภาพที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือพบว่าความใสของน้ำผลไม้ที่ได้จากการประเมิณทางประสาทสัมผัสมีความสัมพันธ์กับค่า  $L^*$

อย่างไรก็ตามน้ำมัจจุคที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 และเติมสารช่วยตกตะกอนเจลาตินต่อเบนโทไนด์ในสัดส่วน 0.05:0.15%(w/v) ให้ค่า  $L^*$  และร้อยละการส่องผ่านของแสงสูงที่สุดเมื่อพิจารณาค่าคุณภาพที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 พบว่าน้ำมัจจุคที่เติมสารช่วยตกตะกอนที่มีส่วนผสมของเบนโทไนด์และบ่มเป็นเวลา 1 ชั่วโมงให้ค่า  $L^*$  ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เนื่องจากที่ความเป็นกรด-เบสต่ำ แตนินจะแสดงสมบัติการไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ทำให้แตนินถูกดูดซับได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นการเติมสารช่วยตกตะกอนลงในน้ำมัจจุคที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 จึงต้องการเวลาในการดูดซับแตนินมากกว่าที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 สอดคล้องกับการศึกษาของ Fang *et al.* (2007) และ Lee *et al.* (2007) ที่แนะนำให้ทำการบ่มสารช่วยตกตะกอนกับน้ำผลไม้เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการตกตะกอนอย่างสมบูรณ์ก่อนนำน้ำผลไม้ไปกรองแยกตะกอนออก การศึกษาเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการบ่มส่งผลต่อค่า  $L^*$  ของน้ำผลไม้แตกต่างกันไปตามระดับความเป็นกรด-เบสของน้ำผลไม้

4.2 ค่าสีของน้ำมัจจุคระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน เพื่อศึกษาเสถียรภาพของน้ำมัจจุคและการเกิดอนุภาคกลุ่มหมอก

ระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน น้ำมัจจุคควบคุมที่ไม่เติมสารช่วยตกตะกอน) เกิดการตกตะกอนอย่างชัดเจนในวันที่ 15 ขณะที่น้ำมัจจุคที่เติมสารช่วยตกตะกอนมีค่า  $L^*$  ลดลงทั้งที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 (ภาพที่ 14 ก) และ 4.0 (ภาพที่ 14 ข) ส่วนค่า  $a^*$  และ  $b^*$  ของ น้ำมัจจุคควบคุม มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของแอนโทไซยานิน ขณะที่น้ำมัจจุคที่เติมสารช่วยตกตะกอนมีค่า  $a^*$  และ  $b^*$  เพิ่มขึ้นทั้งที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 (ภาพที่ 15-16 ก) และ 4.0 (ภาพที่ 15-16 ข) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า  $a^*$  และ  $b^*$  อาจเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาควมแน่นของแอนโทไซยานิน



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  ของน้ำมั่งคุดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 (ก) และ 4.0 (ข) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

คำอธิบายสัญลักษณ์

— c ไม่เติมสารช่วยตกตะกอนที่ความเป็นกรด-เบส 3.5

■ 1 G:B = 0.20:0.00, ไม่บ่ม

◆ 2 G:B = 0.15:0.05, ไม่บ่ม

▲ 3 G:B = 0.10:0.10, ไม่บ่ม

● 4 G:B = 0.05:0.15, ไม่บ่ม

✕ 5 G:B = 0.00:0.20, ไม่บ่ม

\*G:B สัดส่วนของเจลาติน:เบนโทไนท์ (%(w/v))

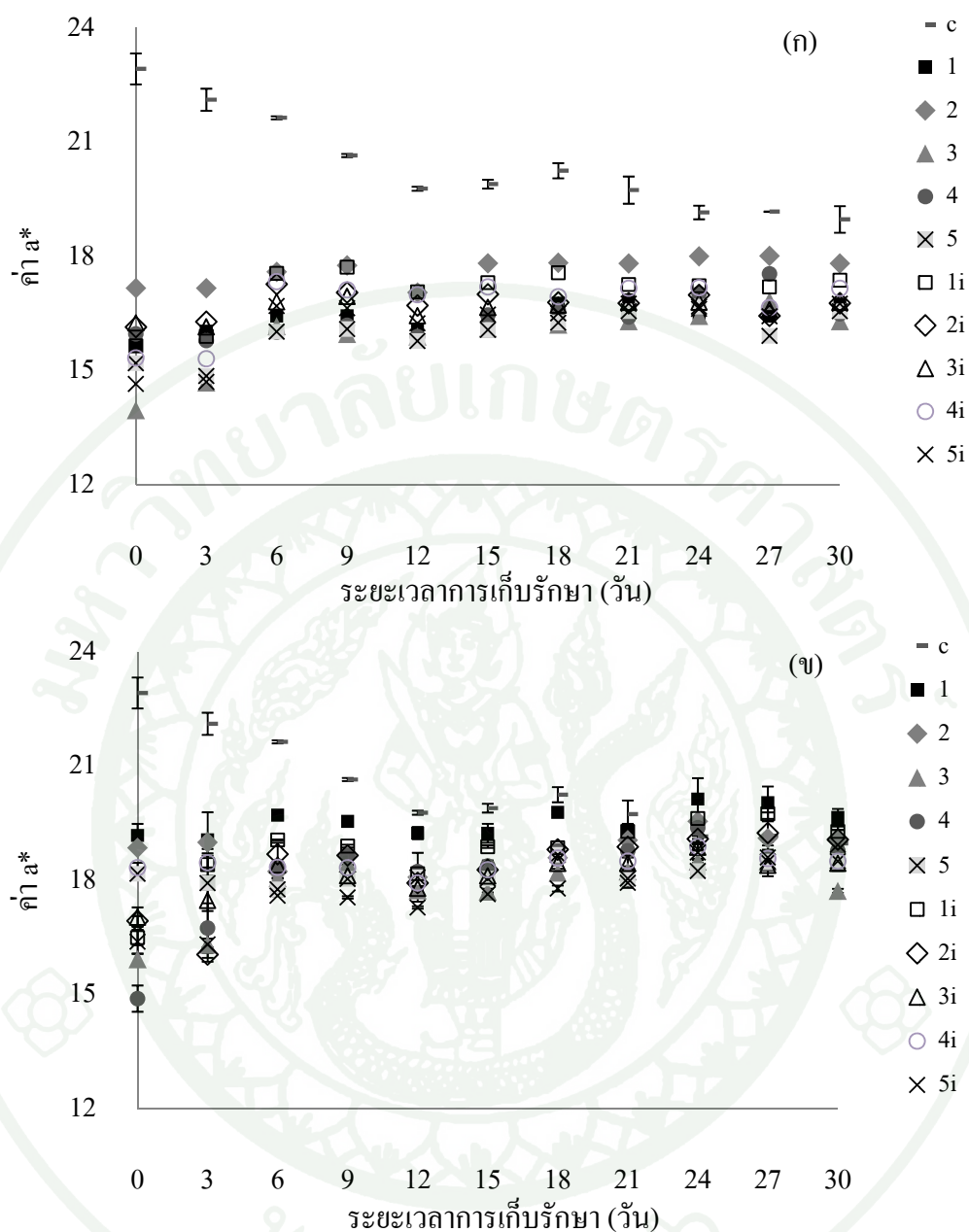
□ 1i G:B = 0.20:0.00, บ่ม 1 ชม.

◇ 2i G:B = 0.15:0.05, บ่ม 1 ชม.

△ 3i G:B = 0.10:0.10, บ่ม 1 ชม.

○ 4i G:B = 0.05:0.15, บ่ม 1 ชม.

✕ 5i G:B = 0.00:0.20, บ่ม 1 ชม.



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  ของน้ำมันงาคั่วที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 (ก) และ 4.0 (ข) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

คำอธิบายสัญลักษณ์

c ไม่เติมสารช่วยตกตะกอนที่ความเป็นกรด-เบส 3.5

■ 1 G:B = 0.20:0.00, ไม่บ่ม

◆ 2 G:B = 0.15:0.05, ไม่บ่ม

▲ 3 G:B = 0.10:0.10, ไม่บ่ม

● 4 G:B = 0.05:0.15, ไม่บ่ม

✕ 5 G:B = 0.00:0.20, ไม่บ่ม

\*G:B สัดส่วนของเจลาติน:เบนโทไนท์ (%(w/v))

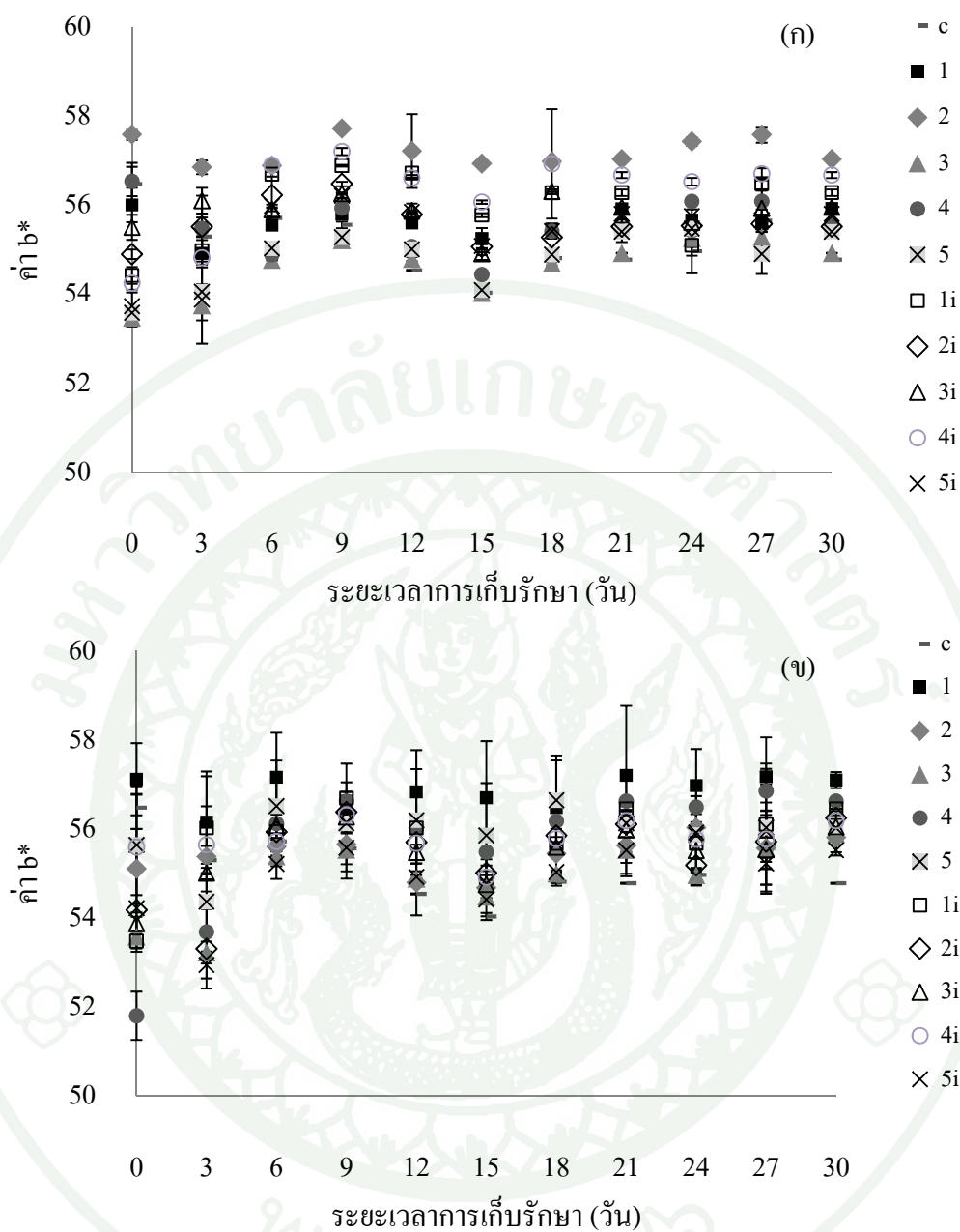
□ 1i G:B = 0.20:0.00, บ่ม 1 ชม.

◇ 2i G:B = 0.15:0.05, บ่ม 1 ชม.

△ 3i G:B = 0.10:0.10, บ่ม 1 ชม.

○ 4i G:B = 0.05:0.15, บ่ม 1 ชม.

✕ 5i G:B = 0.00:0.20, บ่ม 1 ชม.



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่า  $b^*$  ของน้ำมันงาคั่วที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่ความเป็นกรด-เบส 3.5 (ก) และ 4.0 (ข) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

คำอธิบายสัญลักษณ์

— c ไม่เติมสารช่วยตกตะกอนที่ความเป็นกรด-เบส 3.5

■ 1 G:B = 0.20:0.00, ไม่บ่ม

◆ 2 G:B = 0.15:0.05, ไม่บ่ม

▲ 3 G:B = 0.10:0.10, ไม่บ่ม

● 4 G:B = 0.05:0.15, ไม่บ่ม

✕ 5 G:B = 0.00:0.20, ไม่บ่ม

\*G:B สัดส่วนของเจลาติน:เบนโทไนท์ (%(w/v))

□ 1i G:B = 0.20:0.00, บ่ม 1 ชม.

◇ 2i G:B = 0.15:0.05, บ่ม 1 ชม.

△ 3i G:B = 0.10:0.10, บ่ม 1 ชม.

○ 4i G:B = 0.05:0.15, บ่ม 1 ชม.

✕ 5i G:B = 0.00:0.20, บ่ม 1 ชม.

## 5 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพและข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาคุดอัดแก๊ส

นำผลิตภัณฑ์น้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่ผ่านการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคมาวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี (ตารางที่ 23) และจุลินทรีย์ (ตารางที่ 24) รวมถึงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 25) พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันงาคุดอัดแก๊สทั้งชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอนมีความปลอดภัยและเป็นไปตามประกาศมาตรฐานเครื่องหมายในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 290 (พ.ศ. 2548) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522

ตารางที่ 23 ค่าคุณภาพทางภาพและเคมีของน้ำมันงาคุดอัดแก๊ส

| ค่าคุณภาพ                                       | น้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่เติม<br>สารเพิ่มความคงตัว | น้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่เติม<br>สารช่วยตกตะกอน |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| ค่า L*                                          | 56.17 ± 2.64                                   | 67.47 ± 2.86                                |
| ค่า a*                                          | 17.94 ± 1.20                                   | 17.36 ± 1.51                                |
| ค่า b*                                          | 53.19 ± 1.50                                   | 54.62 ± 1.75                                |
| ความเป็นกรด-เบส                                 | 3.47 ± 0.03                                    | 3.47 ± 0.03                                 |
| ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)                       | 0.51 ± 0.02                                    | 0.47 ± 0.04                                 |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด<br>(องศาบริกซ์) | 12.5 ± 0.05                                    | 12.5 ± 0.05                                 |
| ปริมาณพอลิฟีนอล (mg GAE/L)                      | 124.24 ± 1.05                                  | 118.47 ± 1.26                               |
| ปริมาณแทนนิน (mg TAE/L)                         | ND                                             | 86.55 ± 1.53                                |
| ปริมาณแซนโทน (mg/kg)                            | 6.65 ± 0.03                                    | 3.08 ± 0.02                                 |
| ความหนืด (cP)                                   | 10.79 ± 1.35                                   | ND                                          |

หมายเหตุ ND หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์

ตารางที่ 24 ค่าคุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำมัจจุคอดแก๊ส

| คุณภาพทางจุลินทรีย์                   | น้ำมัจจุคอดแก๊สที่<br>เติมสารเพิ่มความคง<br>ตัว | น้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติม<br>สารช่วยตกตะกอน |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|
| จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)       | <1 est.                                         | <1 est.                                  |
| ยีสต์และรา (cfu/ml)                   | <1 est.                                         | <1 est.                                  |
| โคลิฟอร์มและ <i>E. coli</i> (MPN/ml)  | < 2.2                                           | < 2.2                                    |
| <i>Staphylococcus aureus</i> (cfu/ml) | ไม่พบ                                           | ไม่พบ                                    |

หมายเหตุ est. หมายถึง Estimated Standard Plate Count คือ จำนวนจุลินทรีย์ที่นับได้ไม่ได้อยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี/จานเพาะเชื้อ หรือไม่มีโคโลนีเจริญในจานเพาะเชื้อ ที่ระดับการเจือจางที่มีความเข้มข้นสูงที่สุด

ตารางที่ 25 ข้อมูลโภชนาการของน้ำมัจจุคอดแก๊ส

| สารอาหาร                                  | น้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติม<br>สารเพิ่มความคงตัว | น้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติม<br>สารช่วยตกตะกอน |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| พลังงาน (kcal/100g)                       | 47.6                                        | 46.0                                     |
| พลังงานจากไขมัน (kcal/100g)               | 0                                           | 0                                        |
| Dietary Fiber ทั้งหมด (g/100g)            | 0.51                                        | 0.41                                     |
| ความชื้น (g/100g)                         | 87.9                                        | 88.3                                     |
| ไขมัน (g/100g)                            | 0                                           | 0                                        |
| โปรตีน (N*6.25) (g/100g)                  | <0.20                                       | <0.20                                    |
| คาร์โบไฮเดรต (รวม Dietary Fiber) (g/100g) | 11.9                                        | 11.5                                     |
| เถ้า (g/100g)                             | 0.22                                        | 0.19                                     |
| น้ำตาลทั้งหมด (g/100g)                    | 10.60                                       | 9.71                                     |
| วิตามินเอ (เรตินอล) ( $\mu$ g/100g)       | ไม่พบ                                       | ไม่พบ                                    |
| วิตามินบี 1 (mg/100g)                     | 0.03                                        | 0.02                                     |
| วิตามินบี 2 (mg/100g)                     | <0.01                                       | <0.01                                    |

## ตารางที่ 25 (ต่อ)

| สารอาหาร           | น้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติม | น้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติม |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|
|                    | สารเพิ่มความคงตัว        | สารช่วยตกตะกอน           |
| แคลเซียม (mg/100g) | 8.69                     | 5.19                     |
| โซเดียม (mg/100g)  | 14.40                    | 2.58                     |
| เหล็ก (mg/100g)    | 0.07                     | 0.04                     |

### 6. ผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส

ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคกับผู้ทดสอบทั่วไปที่รักษสุขภาพ จำนวน 150 คน บริเวณโรงอาหารกลาง 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ด้วยวิธี Central Location Test (CLT) ทำการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale โดยให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) ที่ผู้บริโภคมีต่อน้ำมั่งคุดอัดแก๊สชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอนในคุณลักษณะด้านสี ความขุ่น กลิ่นมั่งคุด ความหวาน กลิ่นรสมั่งคุด รสชาติโดยรวม ความหนืด และความชอบโดยรวม

ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค (ตารางที่ 26) พบว่าผู้บริโภคที่ทำการทดสอบเป็นเพศชาย ร้อยละ 38.7 และเพศหญิง ร้อยละ 61.30 อายุส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 20-30 ปี โดยเป็นนิสิต/นักศึกษา ที่มีการศึกษาสูงสุดระดับปริญญาตรี มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนในช่วง 5,000-10,000 บาท ร้อยละ 34 และมีรายได้ในช่วงอื่นกระจายกันไป ด้านความถี่ในการดื่มน้ำผลไม้ ผู้บริโภคโดยมากก่อนข้างนิยมน้ำผลไม้ โดยมีความถี่ในการดื่มน้ำผลไม้ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์

ตารางที่ 26 ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค

| ข้อมูล                  | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|-------------------------|------------|--------|
| เพศ                     |            |        |
| ชาย                     | 58         | 38.7   |
| หญิง                    | 92         | 61.3   |
| อายุ                    |            |        |
| ต่ำกว่า 20 ปี           | 14         | 9.3    |
| 20-30 ปี                | 83         | 55.3   |
| 31-40 ปี                | 20         | 13.3   |
| 41-50 ปี                | 15         | 10.0   |
| มากกว่า 50 ปี           | 18         | 12.0   |
| การศึกษาสูงสุด          |            |        |
| ต่ำกว่ามัธยมศึกษา       | 3          | 2.0    |
| มัธยมศึกษา              | 8          | 5.3    |
| อนุปริญญา (ปวช./ปวส.)   | 13         | 8.7    |
| ปริญญาตรี               | 94         | 62.7   |
| สูงกว่าปริญญาตรี        | 31         | 20.7   |
| อาชีพ                   |            |        |
| นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา | 88         | 58.7   |
| ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ   | 24         | 16.0   |
| พนักงานบริษัทเอกชน      | 19         | 12.6   |
| ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย    | 18         | 12.0   |
| แม่บ้าน                 | 1          | 0.7    |
| รายได้เฉลี่ยต่อเดือน    |            |        |
| น้อยกว่า 5,000 บาท      | 32         | 21.3   |
| 5,000-10,000 บาท        | 51         | 34.0   |
| 10,001-15,000 บาท       | 16         | 10.7   |
| 15,001-20,000 บาท       | 20         | 13.3   |
| 20,001-25,000 บาท       | 10         | 6.7    |
| มากกว่า 25,000 บาท      | 21         | 14.0   |

ตารางที่ 26 (ต่อ)

| ข้อมูล                    | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|---------------------------|------------|--------|
| ความถี่ในการดื่มน้ำผลไม้  |            |        |
| น้อยกว่า 1-2 ครั้ง/เดือน  | 8          | 5.3    |
| 1-2 ครั้ง/เดือน           | 25         | 16.7   |
| 1-2 ครั้ง/สัปดาห์         | 28         | 18.7   |
| 2-3 ครั้ง/สัปดาห์         | 46         | 30.7   |
| 3-4 ครั้ง/สัปดาห์         | 17         | 11.3   |
| มากกว่า 3-4 ครั้ง/สัปดาห์ | 26         | 17.3   |

ผลการทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี ความชุ่ม/ความใส กลิ่นมั่งคุด ความหวาน กลิ่นรสมั่งคุด รสชาติโดยรวม ความหนืด และความชอบโดยรวมในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ยกเว้นคุณลักษณะด้านความหนืดของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่ได้คะแนนในช่วงไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ก่อนมาทางชอบเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส

| คุณลักษณะ       | คะแนนความชอบเฉลี่ย       |                          |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|
|                 | น้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติม | น้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติม |
|                 | สารเพิ่มความคงตัว        | สารช่วยตกตะกอน           |
| สี              | 6.1 ± 1.5                | 6.6 ± 1.4                |
| ความชุ่ม/ความใส | 6.1 ± 1.4                | 7.0 ± 1.3                |
| กลิ่นมั่งคุด    | 5.6 ± 1.3                | 6.2 ± 1.3                |
| ความหวาน        | 6.1 ± 1.3                | 6.4 ± 1.3                |
| กลิ่นรสมั่งคุด  | 6.1 ± 1.4                | 6.5 ± 1.3                |
| รสชาติโดยรวม    | 6.1 ± 1.3                | 6.6 ± 1.2                |
| ความหนืด        | 5.7 ± 1.5                | 6.7 ± 1.3                |
| ความชอบรวม      | 6.1 ± 1.3                | 6.7 ± 1.2                |

เมื่อสอบถามการยอมรับและความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคต่อน้ำมัจจุคอดแก็ส พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุคอดแก็สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวร้อยละ 82.7 และไม่ยอมรับร้อยละ 17.3 สำหรับความสนใจซื้อ ผู้บริโภคมีความสนใจซื้อร้อยละ 60.7 และไม่สนใจซื้อร้อยละ 39.3 โดยเหตุผลที่ไม่ยอมรับและไม่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์คือน้ำมัจจุคอดแก็สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวมีความหนืดมากเกินไปและไม่ชอบกลิ่นและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 28) ส่วนน้ำมัจจุคอดแก็สที่เติมสารช่วยตกตะกอน ผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 89.3 และไม่ยอมรับร้อยละ 10.7 สำหรับความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคมีความสนใจซื้อร้อยละ 77.3 และไม่สนใจซื้อร้อยละ 22.7 โดยเหตุผลที่ไม่ยอมรับและไม่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์คือไม่ชอบกลิ่นและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์และต้องการให้มีความหวานเพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 28** การยอมรับและความสนใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุคอดแก็ส

| การยอมรับ/ความสนใจซื้อ | น้ำมัจจุคอดแก็สที่เติม<br>สารเพิ่มความคงตัว |        | น้ำมัจจุคอดแก็สที่เติม<br>สารช่วยตกตะกอน |        |
|------------------------|---------------------------------------------|--------|------------------------------------------|--------|
|                        | จำนวน (คน)                                  | ร้อยละ | จำนวน (คน)                               | ร้อยละ |
| การยอมรับ              |                                             |        |                                          |        |
| ยอมรับ                 | 116                                         | 77.3   | 134                                      | 89.3   |
| ไม่ยอมรับ              | 34                                          | 22.7   | 16                                       | 10.7   |
| ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์  |                                             |        |                                          |        |
| สนใจซื้อ               | 91                                          | 60.7   | 124                                      | 82.7   |
| ไม่สนใจซื้อ            | 59                                          | 39.3   | 26                                       | 17.3   |

ด้านความซ่าของผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุคอดแก็สทั้งชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอน พบว่าผู้บริโภคกลุ่มที่ยอมรับผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะชอบผลิตภัณฑ์น้อยลงหากน้ำมัจจุคอดแก็สมีความซ่าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 29) โดยให้เหตุผลว่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์ดูไม่เป็นน้ำผลไม้ ขณะที่ความซ่าไม่ได้ทำให้ผู้บริโภคกลุ่มที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ชอบผลิตภัณฑ์มากขึ้นแต่อย่างใด โดยผู้บริโภคในกลุ่มนี้มีแนวโน้มที่จะชอบผลิตภัณฑ์มากขึ้นและลดลงเท่ากัน

**ตารางที่ 29** ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันงาคุดอัดแก๊สหากผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะด้านความซ่าเพิ่มขึ้น

| น้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่ | กลุ่มผู้บริโภค     | ร้อยละของผู้บริโภคเมื่อผลิตภัณฑ์มีความซ่าเพิ่มขึ้น |                   |           |
|-----------------------|--------------------|----------------------------------------------------|-------------------|-----------|
|                       |                    | ชอบมากขึ้น                                         | ชอบไม่ต่างจากเดิม | ชอบน้อยลง |
| เดิมสารเพิ่ม          | ยอมรับผลิตภัณฑ์    | 13.3                                               | 19.9              | 43.8      |
| ความคงตัว             | ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ | 6.1                                                | 10.8              | 6.1       |
| เดิมสารช่วย           | ยอมรับผลิตภัณฑ์    | 12.0                                               | 18.6              | 58.4      |
| ตกตะกอน               | ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ | 4.1                                                | 2.8               | 4.1       |

## 7. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันงาคุดอัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษา

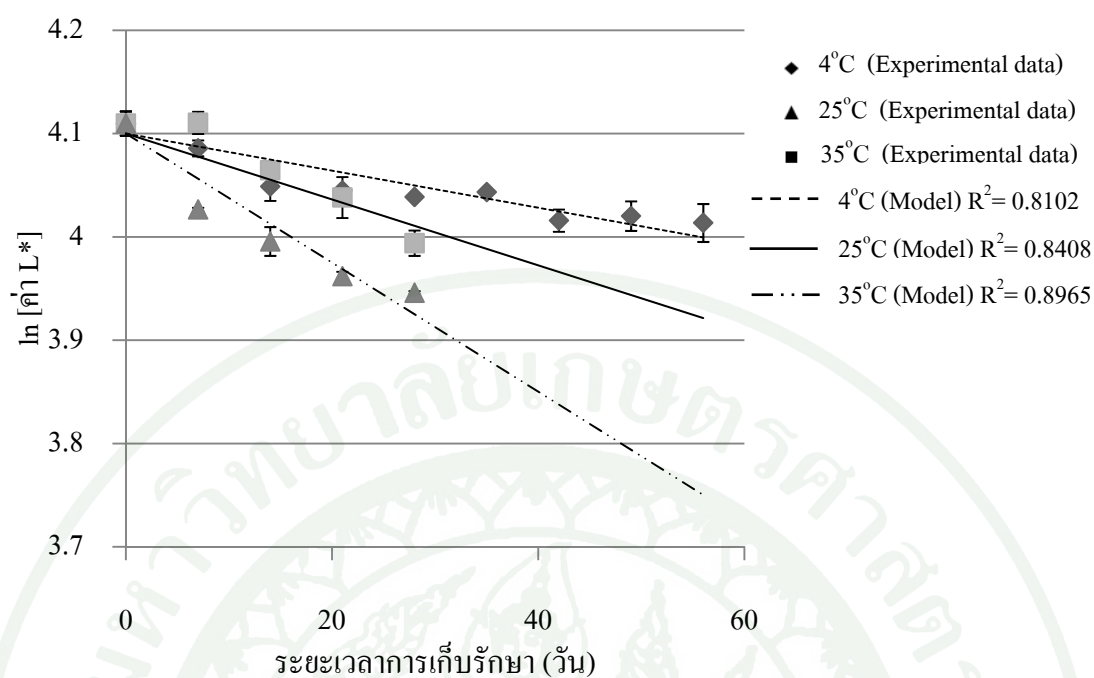
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการศึกษาคูณภาพทุกสัปดาห์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

### 7.1 คุณภาพทางกายภาพ

#### 7.1.1 ค่าสี

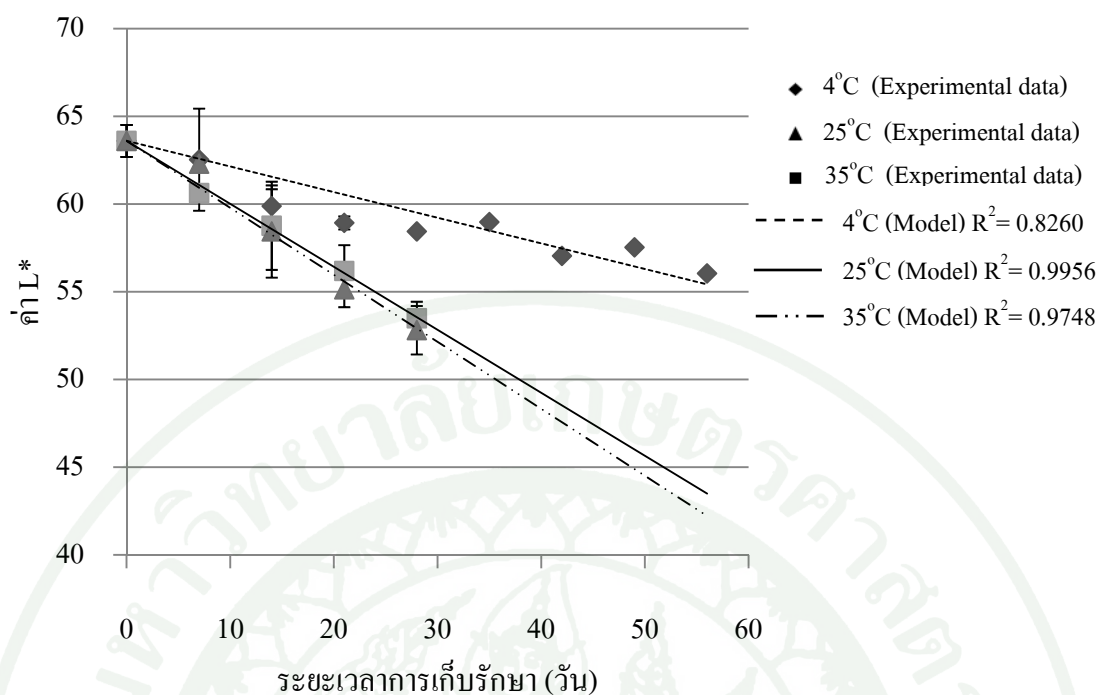
ระหว่างการเก็บรักษา น้ำมันงาคุดอัดแก๊สทั้งชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอนมีค่า  $L^*$  ลดลง แต่มีค่า  $a^*$  และ  $b^*$  เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

การเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  ของน้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส สามารถอธิบายได้ด้วยสมการ empirical kinetic โดยค่าคงที่อัตรา ( $k$ ) มีค่าเท่ากับ 0.0018, 0.0032 และ 0.0062 ต่อวันตามลำดับ (ภาพที่ 17) เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  ด้วยแบบจำลองอาร์เรเนียส (Arrhenius) ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ศึกษา ได้ค่าพลังงานกระตุ้น ( $E_a$ ) เท่ากับ 26.61 kJ/mol ( $R^2 = 0.9303$ )



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  ของน้ำมัจจุคอดแก็สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  ของน้ำมัจจุคอดแก็สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส สามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ โดยค่าคงที่อัตรา ( $k$ ) มีค่าเท่ากับ 0.1463, 0.3591 และ 0.3820 ต่อวัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ภาพที่ 18) เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  ด้วยแบบจำลองอาร์เรเนียสที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ศึกษา ได้ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 23.27 kJ/mol ( $R^2 = 0.9440$ )

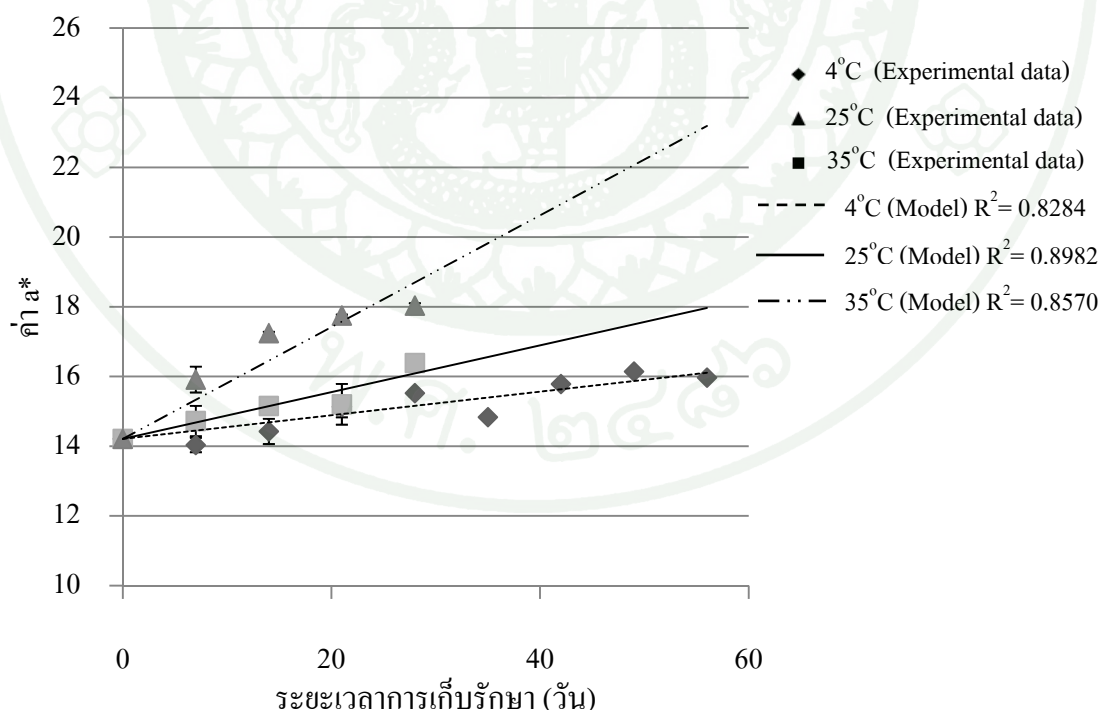


ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  ของน้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

ระหว่างการเก็บรักษา ค่า  $L^*$  ของน้ำมันงาคุดอัดแก๊สทั้งที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและไม่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างพอลิฟีนอลกับโปรตีนหรือการพอลิเมอร์ไรส์ของพอลิฟีนอล ทำให้เกิดความขุ่น ส่งผลให้ค่า  $L^*$  ลดลง สอดคล้องกับศึกษาของ Lee and Coates (2003), Esteve (2005) และ Damasceno *et al.* (2008) ที่พบการลดลงของค่า  $L^*$  ในน้ำส้มและน้ำมันมะม่วงหิมพานต์ตามลำดับ การลดลงของค่า  $L^*$  ในน้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวสามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับ 1 นั่นคือค่า  $L^*$  จะไม่ลดต่ำลงจนเป็นศูนย์ แต่จะลดลงอย่างต่อเนื่องจึงถึงระดับหนึ่ง หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงจะเกิดช้าลง และมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ที่เติมลงไปสามารถรักษาเสถียรภาพของอนุภาคในน้ำมันงาคุดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวได้ดี ในขณะที่น้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนมีโอกาสที่ค่า  $L^*$  จะลดลงอย่างต่อเนื่อง (อธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับ 0) และเกิดการตกตะกอนของอนุภาคในน้ำมันงาคุดได้มากกว่าเมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บรักษาใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับค่าพลังงานกระตุ้นของน้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนที่มีค่าต่ำกว่าน้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงค่า  $L^*$  ของน้ำมันงาคุดที่เติมสารช่วยตกตะกอนเกิดขึ้นได้เร็วกว่าน้ำมันงาคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว

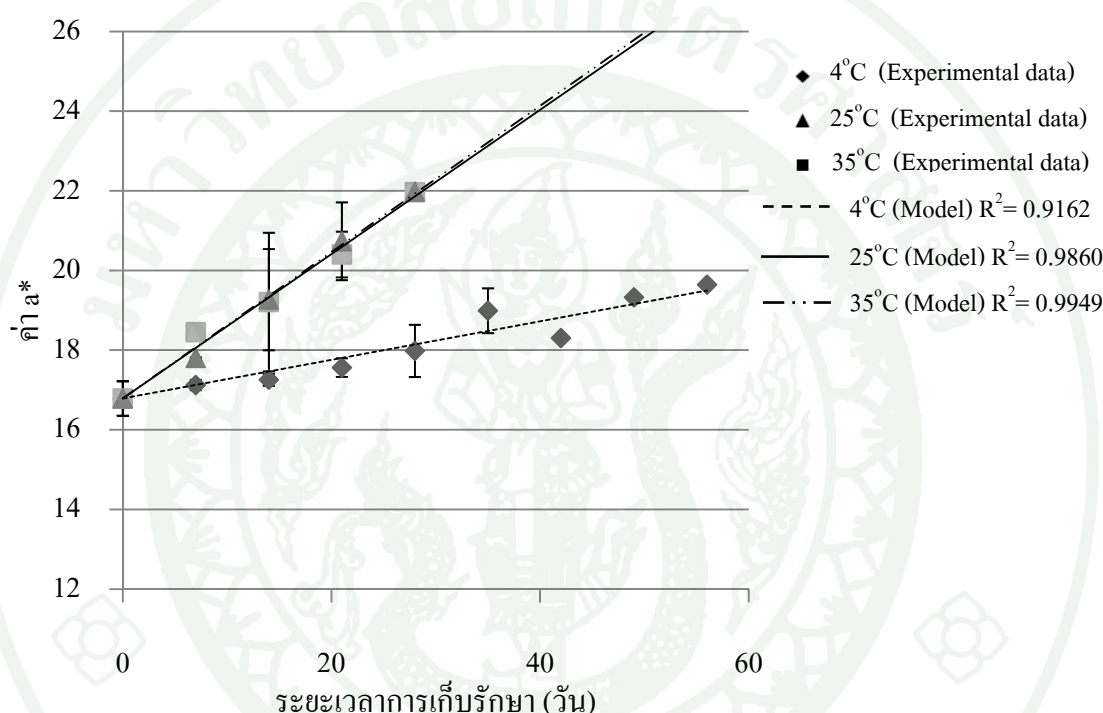
ความสว่างของน้ำผลไม้สัมพันธ์กับความใส และความขุ่นที่ปรากฏในน้ำผลไม้ (Hetherington and MacDougall, 1991) แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการรวมกันเป็นกลุ่มหมอก (Cloud loss) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Polydera *et al.* (2005) และ Igual *et al.* (2010) ที่พบว่าน้ำผลไม้ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 วินาที และ 98 องศาเซลเซียส นาน 21 วินาที สามารถยับยั้งเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรสได้ ร้อยละ 95 และ 98 ตามลำดับ ส่วนร้อยละที่เหลือของเอนไซม์สามารถทำงานได้ภายใต้ความร้อนและความดันสูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มหมอกระหว่างการเก็บรักษา (Polydera *et al.*, 2005)

การเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  ของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส สามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ โดยค่าคงที่อัตรา ( $k$ ) มีค่าเท่ากับ 0.0339, 0.0671 และ 0.1603 ต่อวัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ภาพที่ 19) เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  ด้วยแบบจำลองอาร์เรเนียสที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ศึกษา ได้ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 33.20 kJ/mol ( $R^2 = 0.9144$ )



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  ของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  ของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส สามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ โดยค่าคงที่อัตรา ( $k$ ) มีค่าเท่ากับ 0.0483, 0.1811 และ 0.1836 ต่อวัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ภาพที่ 20) เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  ด้วยแบบจำลองอาร์เรเนียสที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ศึกษา ได้ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 32.80 kJ/mol ( $R^2 = 0.9196$ )

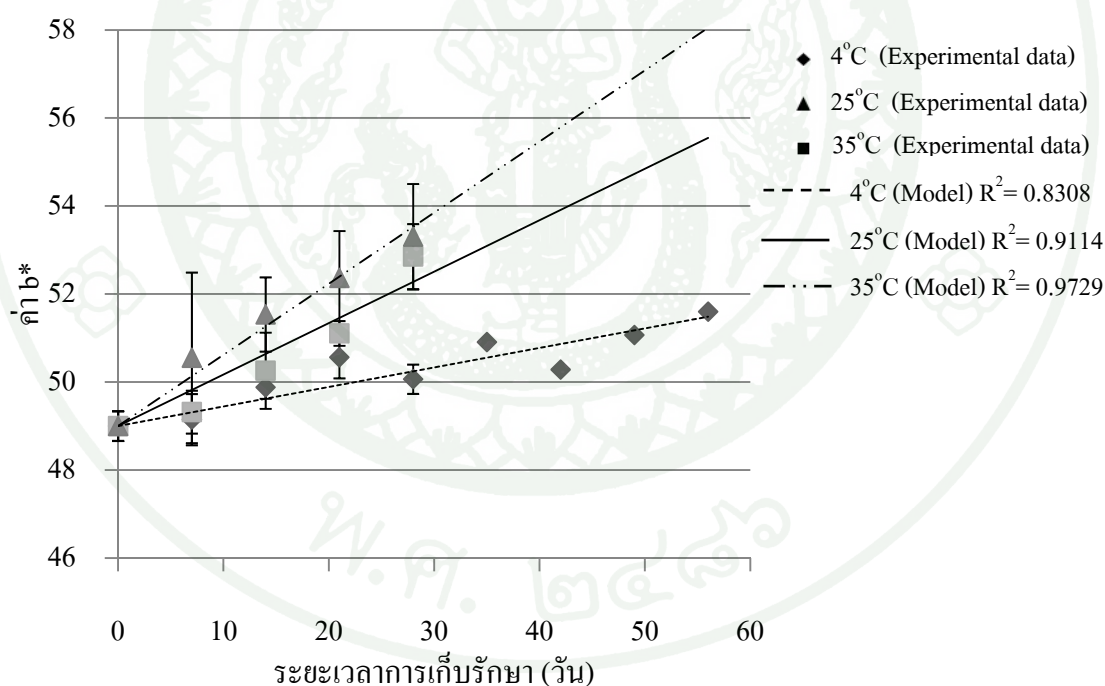


ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  ของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

ค่า  $a^*$  ที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากการสลายตัวของแอนโทไซยานินและการเกิดผลิตภัณฑ์ควบแน่นขึ้น เนื่องจากการใช้สารช่วยตกตะกอนสามารถตกตะกอนโปรตีน ทำให้มีปริมาณพอลิฟีนอลเหลือในปริมาณที่สูงขึ้น จึงเพิ่มโอกาสในการควบแน่นของแอนโทไซยานินและพอลิฟีนอล ซึ่งปฏิกิริยาการควบแน่นนี้สามารถถูกเร่งด้วยอะซีตัลดีไฮด์ (Wrolstad *et al.*, 2005) ซึ่งเป็นสารระเหยให้กลิ่นในมั่งคุด (Osman and Milan, 2006) และกระบวนการให้ความร้อน (Corrales *et al.*, 2008) นอกจากนี้การควบแน่นของแอนโทไซยานินยังเร่งปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบของกรดไพรูวิก แอนโทไซยานิน (anthocyanin pyruvic acid adducts) ซึ่งให้สีแดง (Corrales *et al.*,

2008) สอดคล้องกับการศึกษาของ Corrales *et al.* (2008) ที่รายงานค่าโครมาที่เพิ่มขึ้นของว่า  
เนื่องมาจากการสลายตัวของแอนโทไซยานินและเกิดผลิตภัณฑ์ควบแน่นและโอลิโกเมอร์  
การศึกษาของ Brownmiller *et al.* (2008) ยังรายงานการลดลงของค่าสีมอนอเมอริกของน้ำบลูเบอร์รี่  
สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของสีพอลิเมอร์แอนโทไซยานิน ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาการ  
ควบแน่นของแอนโทไซยานินและสารประกอบฟอลิฟีนอลิกอื่นๆ

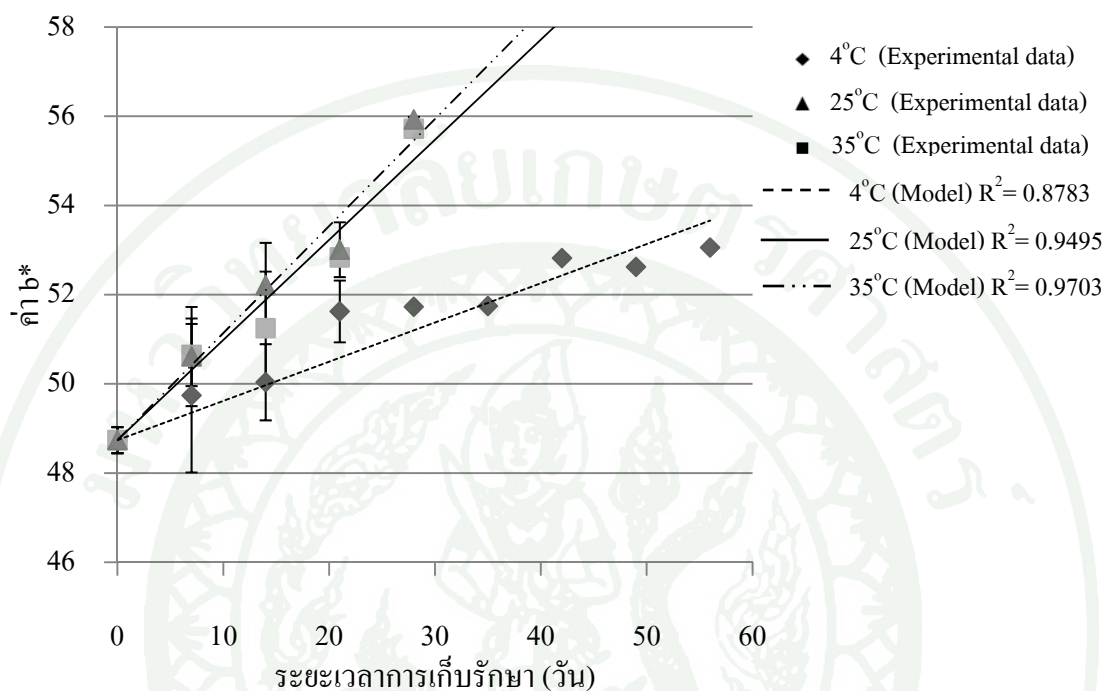
การเปลี่ยนแปลงค่า  $b^*$  ของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส สามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ โดยค่าคงที่อัตรา ( $k$ ) มีค่าเท่ากับ 0.0444, 0.1169 และ 0.1616 ต่อวัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ภาพที่ 21) เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า  $b^*$  ด้วยแบบจำลองอาร์เรเนียสที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ศึกษา ได้ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 29.93 kJ/mol ( $R^2 = 0.9972$ )



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่า  $b^*$  ของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงค่า  $b^*$  ของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส สามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์

อันดับศูนย์ โดยค่าคงที่อัตรา (k) มีค่าเท่ากับ 0.0879, 0.2245 และ 0.2399 ต่อวันสำหรับการเก็บ-รักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ภาพที่ 22) เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า  $b^*$  ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ศึกษา ได้ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 24.33 kJ/mol ( $R^2 = 0.9447$ )



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงค่า  $b^*$  ของน้ำมัจจุอดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

สีของน้ำมัจจุอดแก๊สชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอน ณ วันที่ 0 ของการเก็บรักษาแสดงในภาพที่ 23 พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุอดแก๊สที่เติมสารช่วย-ตกตะกอนมีค่า  $L^*$  มากกว่าและใสกว่า แต่มีสีอ่อนกว่าผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว ระหว่างการเก็บรักษาสีของน้ำมัจจุอดแก๊สทั้ง 2 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยมีสีเข้มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น อย่างไรก็ตามที่สัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา น้ำมัจจุอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวไม่พบความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า (ภาพที่ 24) ขณะที่น้ำมัจจุอดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 35 องศาเซลเซียสมีสีแตกต่างจากที่อุณหภูมิอื่นอย่างชัดเจนเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า และระหว่างการเก็บรักษามีสีเข้มขึ้นจากน้ำมัจจุอดแก๊ส ณ วันที่ 0 (ภาพที่ 25)



ชนิดที่เติมสาร  
เพิ่มความคงตัว

ชนิดที่เติมสาร  
ช่วยตกตะกอน

ภาพที่ 23 น้ำมัจจุคอดักแก๊สชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอน ณ วันที่ 0 ของการเก็บรักษา



ภาพที่ 24 น้ำมัจจุคอดักแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 25 น้ำมัจจุคอดักแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษา

### 7.1.2 ความหนืด

ระหว่างการเก็บรักษา ความหนืดปรากฏของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่แรงเฉือน 305.75 ต่อวินาที (25 องศาเซลเซียส) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 30) สอดคล้องกับการศึกษาของ Polydera *et al.* (2005) ที่ทำการวัดความหนืดของน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 - 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน โดยพบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อความหนืด เช่นเดียวกับการศึกษาของ Esteve (2005) ที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยหากความหนืดมีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษา สามารถบ่งชี้ได้ว่าผลิตภัณฑ์เริ่มเสียหรือเอนไซม์ภายในน้ำผลไม้สามารถทำงานได้อีกครั้ง (Esteve, 2005)

**ตารางที่ 30** การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์) | 4 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 25 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 35 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0                           | 10.79 ± 1.35                 | 10.79 ± 1.35                  | 10.79 ± 1.35                  |
| 1                           | 10.83 ± 1.54                 | 10.85 ± 1.60                  | 10.88 ± 1.47                  |
| 2                           | 11.04 ± 0.79                 | 10.44 ± 1.01                  | 10.88 ± 1.00                  |
| 3                           | 10.47 ± 1.01                 | 10.40 ± 0.78                  | 10.05 ± 0.89                  |
| 4                           | 11.16 ± 1.43                 | 10.80 ± 0.92                  | 10.14 ± 0.71                  |
| 5                           | 10.68 ± 0.79                 | ND                            | ND                            |
| 6                           | 10.95 ± 1.03                 | ND                            | ND                            |
| 7                           | 11.37 ± 1.29                 | ND                            | ND                            |
| 8                           | 10.93 ± 1.27                 | ND                            | ND                            |

หมายเหตุ <sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิใดๆ ( $p > 0.05$ )

ND หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์

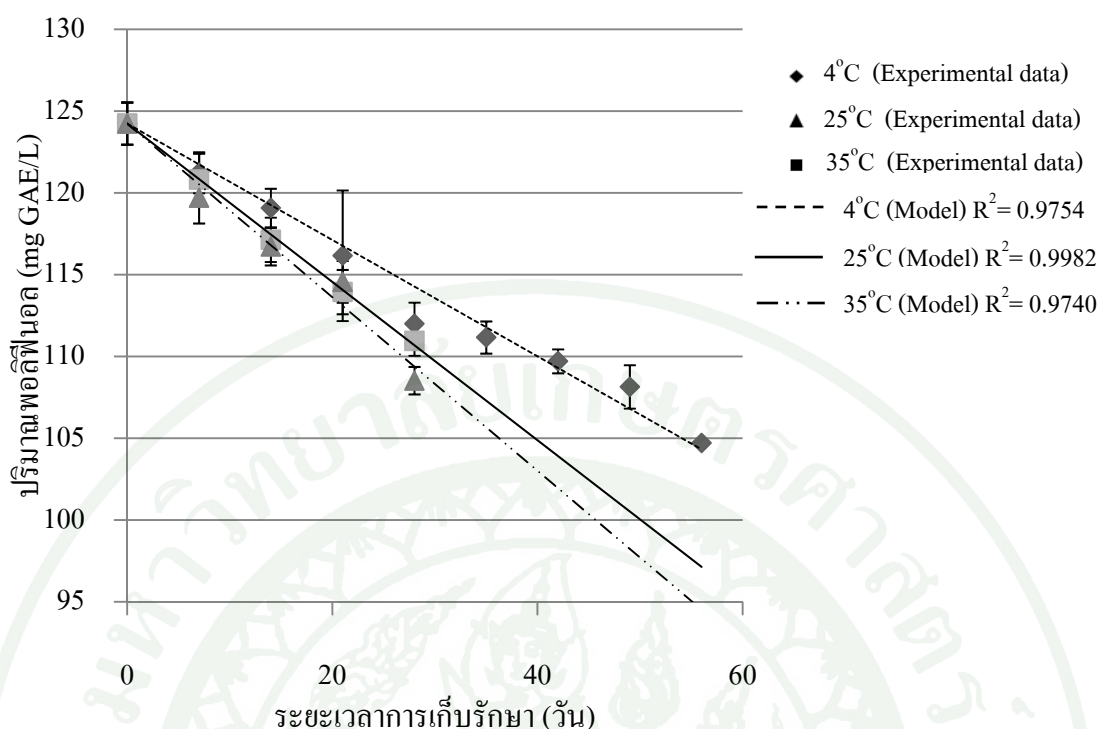
## 7.2 คุณภาพทางเคมี

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของน้ำมันकुอดักแก๊ส อันได้แก่ ปริมาณพอลิฟีนอล ปริมาณแทนนิน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-เบส และปริมาณกรดทั้งหมด พบว่ามีเพียงปริมาณพอลิฟีนอลและแทนนินที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-8 สัปดาห์ โดยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

### 7.2.1 ปริมาณพอลิฟีนอล

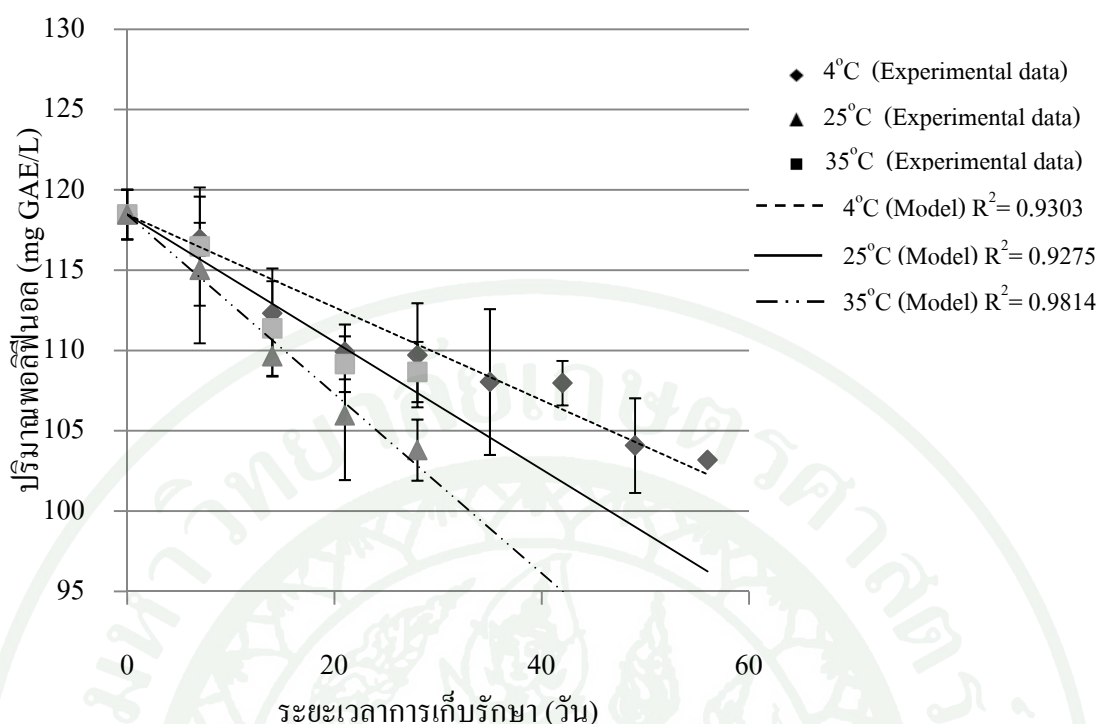
ระหว่างการเก็บรักษา น้ำมันकुอดักแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและที่เติมสารช่วยตกตะกอนมีปริมาณพอลิฟีนอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

การเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลในน้ำมันकुอดักแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส สามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ โดยค่าคงที่อัตรา ( $k$ ) มีค่าเท่ากับ 0.3557, 0.4840 และ 0.5306 ต่อวัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ภาพที่ 26) เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลด้วยแบบจำลองอาร์เรเนียสที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ศึกษา ได้ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 9.31 kJ/mol ( $R^2 = 0.9943$ )



**ภาพที่ 26** การเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลในของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส สามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ โดยค่าคงที่อัตรา ( $k$ ) มีค่าเท่ากับ 0.2890, 0.3969 และ 0.5587 ต่อวัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ภาพที่ 27) เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลด้วยแบบจำลองอาร์เรเนียสที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ศึกษาได้ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 14.25 kJ/mol ( $R^2 = 0.9394$ )



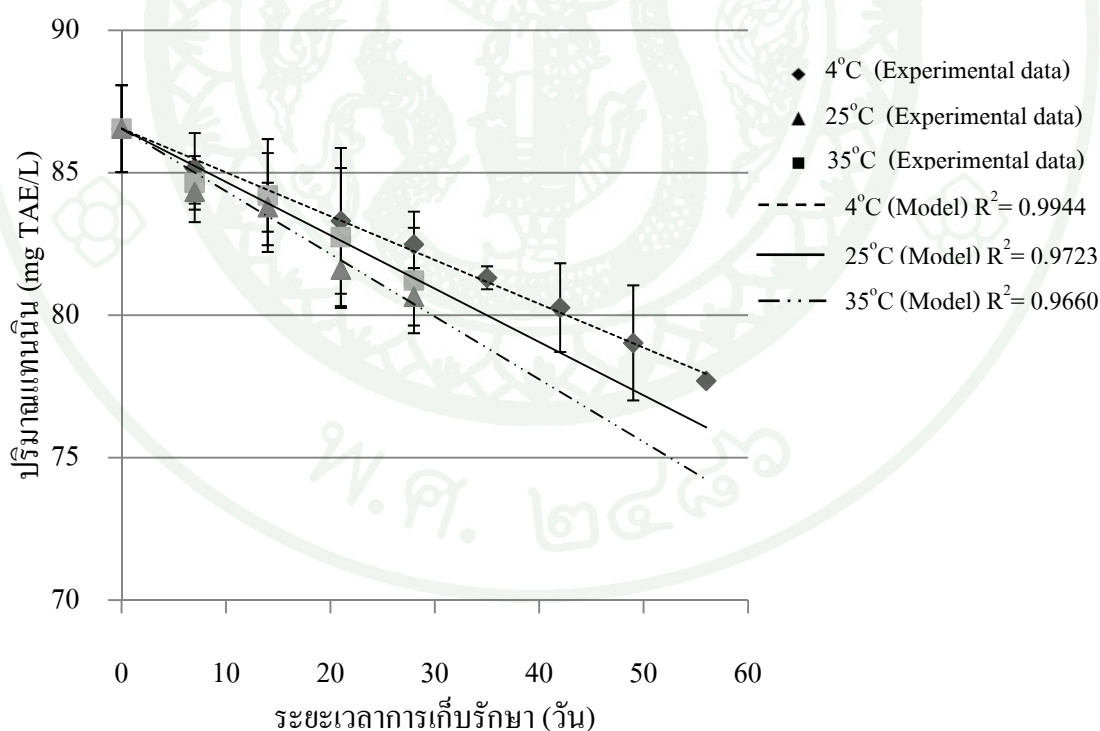
ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อสารประกอบฟีนอลิกในอาหาร (Klimczak *et al.*, 2007) การเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สในการวิจัยนี้สามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลในน้ำสับปะรดที่พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 90 วินาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5- 45 องศาเซลเซียส ในที่มีด (Zheng and Lu, 2011) โดยค่าคงที่อัตราามีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นตามความสัมพันธ์ของสมการอาร์เรเนียส ขณะที่ Gozalez-Molina *et al.* (2009) รายงานการลดลงของปริมาณพอลิฟีนอลในน้ำมะนาวและน้ำทับทิมร้อยละ 15-20 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 70 วัน และการศึกษาของ Igual *et al.* (2010) พบว่าปริมาณพอลิฟีนอลในน้ำส้มโอมีการลดลงตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

### 7.2.1 แทนิน

ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแทนนินในน้ำมัจจุคุดแก็สที่เดิมสารช่วยตกตะกอน เพื่อหาความสัมพันธ์กับค่า  $L^*$  ที่ลดลง หรือโอกาสในการเกิดความขุ่นในน้ำมัจจุคุดแก็สที่เดิมสารช่วยตกตะกอน โดยระหว่างการเก็บรักษาพบว่าน้ำมัจจุคุดแก็สที่เดิมสารช่วยตกตะกอนมีปริมาณแทนนินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

การเปลี่ยนแปลงปริมาณแทนนินในน้ำมัจจุคุดแก็สที่เดิมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส สามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ โดยค่าคงที่อัตรา ( $k$ ) มีค่าเท่ากับ 0.1538, 0.1873 และ 0.2200 ต่อวัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ภาพที่ 28) เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแทนนินที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ศึกษาด้วยแบบจำลองอาร์เรเนียส ได้ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 7.88 kJ/mol ( $R^2 = 0.9717$ )



ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแทนนินในน้ำมัจจุคุดแก็สที่เดิมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

Tajchakavit *et al.* (2001b) พบการลดลงของปริมาณแทนนินระหว่างการเก็บ-รักษาน้ำแอปเปิ้ลที่เติมสารช่วยตกตะกอนที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นร้อยละ 27, 24 และ 67 ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับ 1 ขณะที่การลดลงของปริมาณแทนนินในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนสามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ เนื่องจากสมการจลนพลศาสตร์อันดับ 1 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณแทนนินได้ดีกว่า เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานานขึ้น ซึ่ง Tajchakavit *et al.* (2001b) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเป็นเวลา 25 สัปดาห์ และพบการเปลี่ยนแปลงที่ช้าลงหลังการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 8 นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณแทนนินที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับความขุ่นที่เพิ่มขึ้นในน้ำแอปเปิ้ล โดยเกิดการจับกันระหว่างสารประกอบพอลิฟีนอลรวมถึงแทนนิน และโปรตีน หรือการพอลิเมอไรส์ของโพรไซยานิดิน ซึ่งเป็นแทนนินหลักในน้ำแอปเปิ้ลเป็นสารเชิงซ้อนขนาดใหญ่ ทำให้น้ำแอปเปิ้ลมีความขุ่นเพิ่มขึ้น และตกตะกอนในที่สุด (Beveridge and Tait, 1993; Boye 1999) แม้ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาสูงสุดที่ 30 องศาเซลเซียสนั้นไม่สูงพอที่จะทำให้โปรตีนสลายตัวเป็นกรดอะมิโนที่จะจับกับสารประกอบพอลิฟีนอลได้ แต่ปริมาณแทนนินที่ลดลงในอุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูง สามารถอธิบายได้ว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้อนุภาคเคลื่อนที่มากขึ้น จึงเพิ่มโอกาสในการเกิดปฏิกิริยา (Tajchakavit *et al.*, 2001b)

Gonzales-Molina *et al.* (2009) ศึกษาปริมาณการเปลี่ยนแปลงของไฮโดรไลซ์แทนนิน (punicalgin) และ ellagic acid ในน้ำทับทิมด้วยวิธี HPLC พบว่า punicalgin มีปริมาณลดลง แต่ ellagic acid มีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดเนื่องจากการสลายตัวของ punicalgin และปลดปล่อย hexahydroxydiphenic acid จาก ellagitannin และเปลี่ยนรูปเป็น ellagic acid โดยอัตราการสลายของ punicalgin สูงกว่าการเกิด ellagic acid

### 7.2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ระหว่างการเก็บรักษาไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)               | 4 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 25 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 35 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> |
|-------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| น้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว |                              |                               |                               |
| 0                                         | 11.8 ± 0.1                   | 11.8 ± 0.1                    | 11.8 ± 0.1                    |
| 1                                         | 11.7 ± 0.1                   | 11.6 ± 0.2                    | 11.9 ± 0.1                    |
| 2                                         | 11.7 ± 0.1                   | 11.9 ± 0.1                    | 11.9 ± 0.1                    |
| 3                                         | 11.8 ± 0.1                   | 11.9 ± 0.1                    | 12.0 ± 0.1                    |
| 4                                         | 11.7 ± 0.1                   | 11.7 ± 0.2                    | 12.0 ± 0.1                    |
| 5                                         | 11.7 ± 0.1                   | ND                            | ND                            |
| 6                                         | 11.8 ± 0.1                   | ND                            | ND                            |
| 7                                         | 11.9 ± 0.1                   | ND                            | ND                            |
| 8                                         | 11.8 ± 0.2                   | ND                            | ND                            |
| น้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอน    |                              |                               |                               |
| 0                                         | 11.2 ± 0.1                   | 11.2 ± 0.2                    | 11.2 ± 0.2                    |
| 1                                         | 11.2 ± 0.1                   | 11.4 ± 0.1                    | 11.7 ± 0.2                    |
| 2                                         | 11.3 ± 0.3                   | 11.4 ± 0.1                    | 11.6 ± 0.2                    |
| 3                                         | 11.3 ± 0.1                   | 11.4 ± 0.1                    | 11.7 ± 0.1                    |
| 4                                         | 11.2 ± 0.1                   | 11.4 ± 0.2                    | 11.7 ± 0.1                    |
| 5                                         | 11.6 ± 0.1                   | ND                            | ND                            |
| 6                                         | 11.7 ± 0.1                   | ND                            | ND                            |
| 7                                         | 11.7 ± 0.1                   | ND                            | ND                            |
| 8                                         | 11.7 ± 0.1                   | ND                            | ND                            |

หมายเหตุ <sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิใดๆ (p>0.05)

ND หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสามารถใช้เป็นลักษณะบ่งชี้คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำผลไม้ได้ โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำผลไม้จะมีค่าลดลงเมื่อมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการหมักซูโครส (Rivas *et al.*, 2006) สอดคล้องกับการไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำผลไม้พาสเจอร์ไรส์ดังนี้ น้ำส้มที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 และ 8 องศาเซลเซียส นาน 16 สัปดาห์ (Parish, 1998) น้ำส้มผสมแครอทที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 องศาเซลเซียส นาน 10 สัปดาห์ (Rivas *et al.*, 2006) น้ำส้มที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 2 และ 10 องศาเซลเซียส นาน 7 สัปดาห์ (Cortes *et al.*, 2008) และน้ำส้มโอที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 องศาเซลเซียส นาน 60 วัน (Igual *et al.*, 2010)

#### 7.2.4 ความเป็นกรด-เบส

ระหว่างการเก็บรักษาไม่พบการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบสในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 32

**ตารางที่ 32** การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)               | 4 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 25 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 35 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> |
|-------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| น้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว |                              |                               |                               |
| 0                                         | 3.51 ± 0.01                  | 3.51 ± 0.01                   | 3.51 ± 0.01                   |
| 1                                         | 3.54 ± 0.01                  | 3.50 ± 0.01                   | 3.52 ± 0.01                   |
| 2                                         | 3.45 ± 0.01                  | 3.52 ± 0.02                   | 3.45 ± 0.01                   |
| 3                                         | 3.54 ± 0.02                  | 3.54 ± 0.01                   | 3.54 ± 0.01                   |
| 4                                         | 3.51 ± 0.01                  | 3.52 ± 0.02                   | 3.52 ± 0.02                   |
| 5                                         | 3.47 ± 0.01                  | ND                            | ND                            |
| 6                                         | 3.49 ± 0.01                  | ND                            | ND                            |
| 7                                         | 3.53 ± 0.02                  | ND                            | ND                            |
| 8                                         | 3.53 ± 0.01                  | ND                            | ND                            |

ตารางที่ 32 (ต่อ)

| ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)          | 4 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 25 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 35 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> |
|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| น้ำมัจจุคอดักส์ที่เติมสารช่วยตกตะกอน |                              |                               |                               |
| 0                                    | 3.50 ± 0.02                  | 3.50 ± 0.02                   | 3.50 ± 0.02                   |
| 1                                    | 3.53 ± 0.01                  | 3.50 ± 0.01                   | 3.52 ± 0.01                   |
| 2                                    | 3.54 ± 0.01                  | 3.53 ± 0.01                   | 3.54 ± 0.01                   |
| 3                                    | 3.46 ± 0.02                  | 3.44 ± 0.01                   | 3.45 ± 0.01                   |
| 4                                    | 3.50 ± 0.02                  | 3.53 ± 0.01                   | 3.52 ± 0.01                   |
| 5                                    | 3.43 ± 0.02                  | ND                            | ND                            |
| 6                                    | 3.44 ± 0.02                  | ND                            | ND                            |
| 7                                    | 3.45 ± 0.03                  | ND                            | ND                            |
| 8                                    | 3.44 ± 0.02                  | ND                            | ND                            |

หมายเหตุ <sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำมัจจุคอดักส์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิใดๆ ( $p>0.05$ )

ND หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์

Wu *et al.* (2010) พบว่าระหว่างการเก็บรักษาน้ำข้าวฟ่าง (sweet sorghum juice) ที่อุณหภูมิห้อง น้ำข้าวฟ่างมีความเป็นกรด-เบสลดลงภายในสัปดาห์แรก ขณะที่น้ำข้าวฟ่างที่เก็บรักษาในตู้เย็นมีความเป็นกรด-เบสสูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำ สารละลายกรดอ่อนจะมีความเป็นกรด-เบสสูงขึ้น อย่างไรก็ตามไม่พบการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบสอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Igual *et al.* (2010) ที่รายงานความเป็นกรด-เบสที่สูงขึ้นในน้ำส้มโอแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 เดือน ขณะที่การศึกษาของ Esteve *et al.* (2005) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบสในน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนาน 6 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสนาน 5 สัปดาห์ และการศึกษาของ Cortes *et al.* (2008) ที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบสในน้ำส้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 สัปดาห์

นอกจากนี้ความเป็นกรด-เบสและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ลดลง ยังอาจเนื่องมาจากการเสื่อมเสียของน้ำผลไม้เนื่องจากยีสต์ (Rivas *et al.*, 2006) ซึ่งโดยมากเป็น *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งเป็นยีสต์ที่ทำให้เกิดการหมักที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของอาหารที่เก็บรักษาในตู้เย็น (Alwazeer *et al.*, 2002)

#### 7.2.5 ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity)

ปริมาณกรดทั้งหมดแสดงถึงกระบวนการทางจุลชีววิทยาซึ่งสัมพันธ์กับสารอาหารในผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะน้ำตาลว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์หรือไม่ โดยปริมาณกรดทั้งหมดที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับความเป็นกรด-เบสที่ลดลงซึ่งอาจเกิดจากการกระบวนการหมักในผลิตภัณฑ์โดยจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น (Rivas *et al.*, 2006; Esteve *et al.*, 2005)

ระหว่างการเก็บรักษาไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 33

**ตารางที่ 33** การเปลี่ยนแปลงร้อยละของปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)               | 4 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 25 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 35 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> |
|-------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| น้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว |                              |                               |                               |
| 0                                         | 0.51 ± 0.02                  | 0.51 ± 0.02                   | 0.51 ± 0.02                   |
| 1                                         | 0.51 ± 0.02                  | 0.48 ± 0.02                   | 0.54 ± 0.04                   |
| 2                                         | 0.51 ± 0.02                  | 0.50 ± 0.02                   | 0.51 ± 0.04                   |
| 3                                         | 0.50 ± 0.02                  | 0.48 ± 0.02                   | 0.46 ± 0.04                   |
| 4                                         | 0.50 ± 0.02                  | 0.49 ± 0.02                   | 0.46 ± 0.04                   |
| 5                                         | 0.47 ± 0.02                  | ND                            | ND                            |
| 6                                         | 0.51 ± 0.02                  | ND                            | ND                            |
| 7                                         | 0.48 ± 0.04                  | ND                            | ND                            |
| 8                                         | 0.48 ± 0.00                  | ND                            | ND                            |

ตารางที่ 33 (ต่อ)

| ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)          | 4 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 25 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> | 35 องศาเซลเซียส <sup>ns</sup> |
|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| น้ำมัจจุคอดแก็สที่เติมสารช่วยตกตะกอน |                              |                               |                               |
| 0                                    | 0.47 ± 0.04                  | 0.47 ± 0.04                   | 0.47 ± 0.04                   |
| 1                                    | 0.48 ± 0.02                  | 0.47 ± 0.04                   | 0.50 ± 0.02                   |
| 2                                    | 0.47 ± 0.02                  | 0.48 ± 0.02                   | 0.50 ± 0.02                   |
| 3                                    | 0.47 ± 0.02                  | 0.48 ± 0.04                   | 0.49 ± 0.00                   |
| 4                                    | 0.47 ± 0.02                  | 0.49 ± 0.04                   | 0.49 ± 0.00                   |
| 5                                    | 0.47 ± 0.02                  | ND                            | ND                            |
| 6                                    | 0.51 ± 0.02                  | ND                            | ND                            |
| 7                                    | 0.48 ± 0.05                  | ND                            | ND                            |
| 8                                    | 0.48 ± 0.02                  | ND                            | ND                            |

หมายเหตุ <sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำมัจจุคอดแก็สที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิใดๆ ( $p > 0.05$ )

ND หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมัจจุคอดแก็สที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานกระตุ้นและค่าคงที่อาร์เรเนียสดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 34 ค่าคงที่อัตรา ( $k$ ) ค่าพลังงานกระตุ้น ( $E_a$ ) และค่าคงที่สมการอาร์เรเนียส ( $k_0$ ) ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

| คุณภาพ                                 | k (ต่อวัน)     |                 |                 | E <sub>a</sub><br>(kJ/mol) | k <sub>0</sub><br>(ต่อวัน) |
|----------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|
|                                        | 4 องศาเซลเซียส | 25 องศาเซลเซียส | 35 องศาเซลเซียส |                            |                            |
| น้ำมัจจุคุดอัดที่เติมสารเพิ่มความคงตัว |                |                 |                 |                            |                            |
| ค่า L*                                 | 0.0018         | 0.0032          | 0.0062          | 26.61                      | 177.93                     |
| ค่า a*                                 | 0.0339         | 0.0671          | 0.1603          | 33.20                      | 57,239.53                  |
| ค่า b*                                 | 0.0444         | 0.1169          | 0.1616          | 29.93                      | 19,791.35                  |
| ปริมาณพอลิฟีนอล                        | 0.3557         | 0.4840          | 0.5306          | 9.31                       | 20.40                      |
| น้ำมัจจุคุดอัดที่เติมสารช่วยตกตะกอน    |                |                 |                 |                            |                            |
| ค่า L*                                 | 0.1463         | 0.3591          | 0.3820          | 23.27                      | 3,733.87                   |
| ค่า a*                                 | 0.0483         | 0.1811          | 0.1836          | 32.80                      | 79,459.28                  |
| ค่า b*                                 | 0.0879         | 0.2245          | 0.2399          | 24.33                      | 3,566.00                   |
| ปริมาณพอลิฟีนอล                        | 0.2890         | 0.3969          | 0.5587          | 14.25                      | 136.66                     |
| ปริมาณแทนนิน                           | 0.1538         | 0.1873          | 0.2200          | 7.88                       | 4.66                       |

พลังงานกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  และ  $b^*$  ของน้ำมัจจุคุดอัดที่มีค่าในช่วง 26.6-32.8 และ 24.33-29.93 kJ/mol ขณะที่ค่าเป็น 39.8 และ 39.2 kJ/mol สำหรับน้ำสับประรดและ 37.1 (Rattanathanalerk *et al.*, 2005) และ 30.0 kJ/mol สำหรับน้ำข้าวโพดม่วง (Yang *et al.*, 2008) จะพบว่าพลังงานกระตุ้นมีค่าแตกต่างกันไปตามผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก และเป็นที่สังเกตว่าการเปลี่ยนแปลงค่า  $b^*$  มีพลังงานกระตุ้นน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงค่า  $a^*$  ในทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อค่า  $a^*$  มากกว่าค่า  $b^*$  สอดคล้องกับการศึกษาของ Rattanathanalerk *et al.* (2005) ที่รายงานการเพิ่มอุณหภูมิความร้อนว่าส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปทางสีแดงมากขึ้น

การศึกษาของ Zheng and Hu (2011) พบว่าปริมาณพอลิฟีนอลในน้ำสับประรดที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 90 วินาที และเก็บในที่มืดสามารถอธิบายได้ด้วยสมการจลนพลศาสตร์อันดับศูนย์ และค่าพลังงานกระตุ้นในการเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลมีค่า 28.42 kJ/mol และค่าคงที่สมการอาร์เรเนียสมีค่า 5.5896 ต่อวัน ขณะที่ในการศึกษานี้ได้ค่าพลังงานกระตุ้นในการเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลมีค่า 14.25 และ 9.31 ในน้ำมัจจุคุดอัด

ชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอนตามลำดับ ค่าพลังงานกระตุ้นในการเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลที่สูงกว่าในน้ำมัจจุอาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน (ควบคุมและไม่ควบคุมแสงแดด) โดยพบค่าพลังงานกระตุ้นในตัวอย่างที่ไม่มีควบคุมแสงแดดสูงกว่าตัวอย่างที่ควบคุมแสงแดดโดยการเก็บในที่มืด

### 7.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ระหว่างการเก็บรักษาน้ำมัจจุอัดแก๊สที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 สัปดาห์ น้ำมัจจุอัดแก๊สทั้งชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอนมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์ม *E.coli* และ *S. aureus* อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยและเป็นไปตามประกาศมาตรฐานเครื่องมือในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 290 (พ.ศ.2548) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 (ตารางที่ 35)

ตารางที่ 35 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำมัจจุคุดอัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลาเก็บ<br>รักษา<br>(สัปดาห์)  | คุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำมัจจุคุดอัดแก๊ส |             |                     |             |                                      |             |                           |             |
|-------------------------------------|------------------------------------------|-------------|---------------------|-------------|--------------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
|                                     | จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)               |             | ยีสต์และรา (cfu/ml) |             | โคลิฟอร์ม และ <i>E.coli</i> (MPN/ml) |             | <i>S. aureus</i> (cfu/ml) |             |
|                                     | ที่เติมสาร                               | ที่เติมสาร  | ที่เติมสาร          | ที่เติมสาร  | ที่เติมสาร                           | ที่เติมสาร  | ที่เติมสาร                | ที่เติมสาร  |
|                                     | เพิ่มความคงตัว                           | ช่วยตกตะกอน | เพิ่มความคงตัว      | ช่วยตกตะกอน | เพิ่มความคงตัว                       | ช่วยตกตะกอน | เพิ่มความคงตัว            | ช่วยตกตะกอน |
| อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 องศาเซลเซียส |                                          |             |                     |             |                                      |             |                           |             |
| 0                                   | <1 est.                                  | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | <2.2                                 | <2.2        | ไม่พบ                     | ไม่พบ       |
| 1                                   | <1 est.                                  | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 2                                   | <1 est.                                  | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 3                                   | <1 est.                                  | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 4                                   | <1 est.                                  | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 5                                   | <1 est.                                  | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 6                                   | <1 est.                                  | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 7                                   | <1 est.                                  | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 8                                   | <1 est.                                  | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | <2.2                                 | <2.2        | ไม่พบ                     | ไม่พบ       |

ตารางที่ 35 (ต่อ)

| ระยะเวลาเก็บ<br>รักษา<br>(สัปดาห์)   | คุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำมูกอุดแก้ว |             |                     |             |                                      |             |                           |             |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|---------------------|-------------|--------------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
|                                      | จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)          |             | ยีสต์และรา (cfu/ml) |             | โคลิฟอร์ม และ <i>E.coli</i> (MPN/ml) |             | <i>S. aureus</i> (cfu/ml) |             |
|                                      | ที่เดิมสาร                          | ที่เดิมสาร  | ที่เดิมสาร          | ที่เดิมสาร  | ที่เดิมสาร                           | ที่เดิมสาร  | ที่เดิมสาร                | ที่เดิมสาร  |
|                                      | เพิ่มความคงตัว                      | ช่วยตกตะกอน | เพิ่มความคงตัว      | ช่วยตกตะกอน | เพิ่มความคงตัว                       | ช่วยตกตะกอน | เพิ่มความคงตัว            | ช่วยตกตะกอน |
| อุณหภูมิการเก็บรักษา 25 องศาเซลเซียส |                                     |             |                     |             |                                      |             |                           |             |
| 0                                    | <1 est.                             | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | <2.2                                 | <2.2        | ไม่พบ                     | ไม่พบ       |
| 1                                    | <1 est.                             | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 2                                    | <1 est.                             | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 3                                    | <1 est.                             | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 4                                    | <1 est.                             | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| อุณหภูมิการเก็บรักษา 35 องศาเซลเซียส |                                     |             |                     |             |                                      |             |                           |             |
| 0                                    | <1 est.                             | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | <2.2                                 | <2.2        | ไม่พบ                     | ไม่พบ       |
| 1                                    | <1 est.                             | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 2                                    | <1 est.                             | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 3                                    | <1 est.                             | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | ND                                   | ND          | ND                        | ND          |
| 4                                    | <1 est.                             | <1 est.     | <1 est.             | <1 est.     | <2.2                                 | <2.2        | ไม่พบ                     | ไม่พบ       |

### ตารางที่ 35 (ต่อ)

หมายเหตุ est. หมายถึง Estimated Standard Plate Count คือ จำนวนจุลินทรีย์ที่นับได้ไม่ได้อยู่-  
ในช่วง 25-250 โคโลนี/จานเพาะเชื้อ หรือไม่มีโคโลนีเจริญในจานเพาะเชื้อ ที่ระดับ  
การเจือจางที่มีความเข้มข้นสูงที่สุด  
ND หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์

#### 7.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale และการยอมรับของน้ำมัจจุค  
อัดแก๊สระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 25  
และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยให้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน  
ประเมิน พบว่าจะคะแนนความชอบโดยรวมของน้ำมัจจุคอัดแก๊สที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 องศา-  
เซลเซียสทั้งชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอน (ตารางที่ 36) และชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัว (ตารางที่  
39) มีค่าในช่วง 6.0-7.0 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) แต่ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 25 และ 35  
องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ คะแนนความชอบโดยรวมมีค่าลดลงอยู่  
ในช่วง 5.6-5.9 (ไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ก่อนมาทางชอบเล็กน้อย) ดังแสดงในตารางที่  
37-38 และตารางที่ 40-41

เมื่อพิจารณาการยอมรับของผู้ทดสอบ พบว่า ณ วันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบ  
ร้อยละ 96.7 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุคอัดแก๊สชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติม  
สารช่วยตกตะกอนไม่แตกต่างกัน แต่ระหว่างการเก็บรักษา น้ำมัจจุคอัดแก๊สที่อุณหภูมิการเก็บ-  
รักษาแตกต่างกันได้รับการยอมรับแตกต่างกันไปตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ตารางที่ 36 คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมิ่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลา<br>การเก็บรักษา | สี                      | ความขุ่น <sup>ns</sup> | ความหนืด               | กลิ่นมิ่งคุด             | กลิ่นรสมิ่งคุด <sup>ns</sup> | ความหวาน <sup>ns</sup> | รสชาติโดยรวม            | ความชอบ<br>โดยรวม       | ร้อยละการ<br>ยอมรับ |
|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| 0 สัปดาห์                | 6.8 <sup>ab</sup> ± 1.0 | 6.4 ± 1.2              | 5.8 <sup>b</sup> ± 1.3 | 5.9 <sup>c</sup> ± 0.8   | 6.6 ± 0.9                    | 6.7 ± 1.3              | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.2  | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.1  | 96.7                |
| 1 สัปดาห์                | 7.1 <sup>a</sup> ± 1.4  | 6.7 ± 1.4              | 5.8 <sup>b</sup> ± 1.5 | 6.1 <sup>abc</sup> ± 1.5 | 6.7 ± 1.7                    | 6.6 ± 1.5              | 6.9 <sup>a</sup> ± 1.4  | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.4  | 90.0                |
| 2 สัปดาห์                | 6.5 <sup>ab</sup> ± 1.4 | 6.8 ± 1.3              | 7.1 <sup>a</sup> ± 0.9 | 6.3 <sup>abc</sup> ± 1.5 | 6.5 ± 1.5                    | 6.7 ± 1.6              | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.1  | 6.4 <sup>a</sup> ± 1.0  | 86.7                |
| 3 สัปดาห์                | 6.7 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 6.4 ± 1.2              | 5.8 <sup>b</sup> ± 1.3 | 6.0 <sup>abc</sup> ± 1.3 | 6.6 ± 0.9                    | 6.2 ± 0.9              | 6.3 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 6.3 <sup>ab</sup> ± 0.8 | 86.7                |
| 4 สัปดาห์                | 6.9 <sup>a</sup> ± 0.8  | 6.2 ± 1.1              | 5.7 <sup>b</sup> ± 1.5 | 6.0 <sup>abc</sup> ± 1.0 | 6.2 ± 1.3                    | 6.4 ± 1.0              | 6.1 <sup>a</sup> ± 1.2  | 5.9 <sup>b</sup> ± 1.1  | 83.3                |
| 5 สัปดาห์                | 6.2 <sup>b</sup> ± 1.2  | 6.1 ± 1.2              | 5.6 <sup>b</sup> ± 1.2 | 5.9 <sup>bc</sup> ± 1.8  | 6.1 ± 1.4                    | 6.5 ± 1.3              | 6.4 <sup>ab</sup> ± 1.1 | 6.4 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 83.3                |
| 6 สัปดาห์                | 6.7 <sup>ab</sup> ± 1.1 | 6.6 ± 1.1              | 6.1 <sup>b</sup> ± 1.2 | 6.5 <sup>abc</sup> ± 1.1 | 6.5 ± 1.2                    | 6.2 ± 1.1              | 6.4 <sup>ab</sup> ± 1.0 | 6.3 <sup>ab</sup> ± 1.1 | 83.3                |
| 7 สัปดาห์                | 6.8 <sup>ab</sup> ± 1.0 | 6.3 ± 1.2              | 6.2 <sup>b</sup> ± 1.0 | 6.6 <sup>ab</sup> ± 0.9  | 6.8 ± 0.7                    | 6.4 ± 1.2              | 6.6 <sup>ab</sup> ± 0.8 | 6.5 <sup>ab</sup> ± 0.7 | 96.7                |
| 8 สัปดาห์                | 6.6 <sup>ab</sup> ± 1.5 | 6.2 ± 1.5              | 5.7 <sup>b</sup> ± 1.4 | 6.7 <sup>a</sup> ± 0.9   | 6.6 ± 1.2                    | 6.3 ± 1.7              | 6.5 <sup>ab</sup> ± 1.2 | 6.1 <sup>ab</sup> ± 1.1 | 86.7                |

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> แสดงความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคุณลักษณะ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 37 คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลา<br>การเก็บรักษา | สี                     | ความขุ่น <sup>ns</sup> | ความหนืด <sup>ns</sup> | กลิ่นมั่งคุด <sup>ns</sup> | กลิ่นรสมั่งคุด          | ความหวาน                | รสชาติโดยรวม            | ความชอบ<br>โดยรวม       | ร้อยละการ<br>ยอมรับ |
|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| 0 สัปดาห์                | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.0 | 6.4 ± 1.2              | 5.8 ± 1.3              | 5.9 ± 0.8                  | 6.6 <sup>a</sup> ± 0.9  | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.3  | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.2  | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.1  | 96.7                |
| 1 สัปดาห์                | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.4 | 6.3 ± 1.2              | 5.2 ± 1.5              | 6.0 ± 1.4                  | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.2  | 7.0 <sup>a</sup> ± 1.0  | 6.9 <sup>a</sup> ± 0.9  | 6.7 <sup>a</sup> ± 0.9  | 93.3                |
| 2 สัปดาห์                | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.6 | 6.4 ± 1.5              | 5.5 ± 1.8              | 5.8 ± 1.5                  | 6.2 <sup>ab</sup> ± 1.3 | 6.6 <sup>ab</sup> ± 1.6 | 6.4 <sup>ab</sup> ± 1.4 | 6.9 <sup>ab</sup> ± 1.3 | 86.7                |
| 3 สัปดาห์                | 5.8 <sup>b</sup> ± 1.3 | 6.0 ± 1.2              | 5.4 ± 1.6              | 5.8 ± 1.3                  | 5.9 <sup>b</sup> ± 1.1  | 6.2 <sup>ab</sup> ± 1.2 | 6.3 <sup>ab</sup> ± 0.8 | 6.3 <sup>bc</sup> ± 1.0 | 70.0                |
| 4 สัปดาห์                | 6.6 <sup>a</sup> ± 1.3 | 6.0 ± 1.4              | 5.2 ± 1.5              | 5.9 ± 1.1                  | 5.9 <sup>b</sup> ± 1.4  | 5.9 <sup>b</sup> ± 1.5  | 6.0 <sup>b</sup> ± 1.3  | 5.9 <sup>c</sup> ± 1.2  | 63.3                |

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> แสดงความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคุณลักษณะ ( $p > 0.05$ )

**ตารางที่ 38** คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลา<br>การเก็บรักษา | สี                      | ความขุ่น                | ความหนืด <sup>ns</sup> | กลิ่นมั่งคุด <sup>ns</sup> | กลิ่นรสมั่งคุด <sup>ns</sup> | ความหวาน                | รสชาติโดยรวม            | ความชอบ<br>โดยรวม       | ร้อยละการ<br>ยอมรับ |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| 0 สัปดาห์                | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.0  | 6.4 <sup>a</sup> ± 1.2  | 5.8 ± 1.3              | 5.9 ± 0.8                  | 6.6 ± 0.9                    | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.3  | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.2  | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.1  | 96.7                |
| 1 สัปดาห์                | 6.4 <sup>ab</sup> ± 1.3 | 6.3 <sup>a</sup> ± 1.0  | 5.4 ± 1.6              | 6.2 ± 1.2                  | 6.5 ± 1.3                    | 6.5 <sup>ab</sup> ± 1.1 | 6.6 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 6.9 <sup>a</sup> ± 0.8  | 93.3                |
| 2 สัปดาห์                | 6.3 <sup>ab</sup> ± 1.4 | 6.1 <sup>a</sup> ± 1.3  | 5.4 ± 1.4              | 6.1 ± 1.3                  | 6.2 ± 1.5                    | 6.4 <sup>ab</sup> ± 1.1 | 6.4 <sup>ab</sup> ± 1.2 | 6.2 <sup>ab</sup> ± 1.0 | 90.0                |
| 3 สัปดาห์                | 6.0 <sup>bc</sup> ± 1.2 | 6.0 <sup>ab</sup> ± 1.3 | 5.6 ± 1.2              | 6.0 ± 1.2                  | 6.5 ± 1.3                    | 6.5 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 6.6 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 6.0 <sup>a</sup> ± 0.8  | 80.0                |
| 4 สัปดาห์                | 5.3 <sup>c</sup> ± 1.7  | 5.4 <sup>b</sup> ± 1.5  | 5.2 ± 1.5              | 5.9 ± 1.1                  | 6.4 ± 1.4                    | 6.0 <sup>b</sup> ± 1.4  | 6.1 <sup>b</sup> ± 1.3  | 5.6 <sup>b</sup> ± 1.3  | 73.3                |

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> แสดงความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคุณลักษณะ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 39 คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลา<br>การเก็บรักษา | สี <sup>ns</sup> | ความใส                   | ความหนืด                 | กลิ่นมั่งคุด            | กลิ่นรสมั่งคุด          | ความหวาน                | รสชาติโดยรวม <sup>ns</sup> | ความชอบ<br>โดยรวม       | ร้อยละการ<br>ยอมรับ |
|--------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|
| 0 สัปดาห์                | 6.9 ± 1.0        | 7.1 <sup>a</sup> ± 0.8   | 7.1 <sup>ab</sup> ± 1.0  | 6.3 <sup>a</sup> ± 0.9  | 7.0 <sup>a</sup> ± 0.9  | 6.7 <sup>ab</sup> ± 1.3 | 6.9 ± 0.9                  | 6.9 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 96.7                |
| 1 สัปดาห์                | 6.6 ± 1.2        | 6.9 <sup>ab</sup> ± 1.2  | 6.7 <sup>abc</sup> ± 1.1 | 6.5 <sup>a</sup> ± 1.1  | 6.7 <sup>ab</sup> ± 1.1 | 6.3 <sup>b</sup> ± 1.3  | 6.6 ± 1.1                  | 6.7 <sup>ab</sup> ± 1.1 | 90.0                |
| 2 สัปดาห์                | 6.9 ± 1.0        | 6.3 <sup>bc</sup> ± 1.2  | 5.5 <sup>d</sup> ± 1.3   | 6.3 <sup>a</sup> ± 1.1  | 6.5 <sup>ab</sup> ± 1.1 | 6.7 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 6.5 ± 0.9                  | 6.4 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 90.0                |
| 3 สัปดาห์                | 6.7 ± 1.3        | 7.1 <sup>a</sup> ± 1.2   | 7.2 <sup>a</sup> ± 0.8   | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.3  | 7.0 <sup>a</sup> ± 1.3  | 7.1 <sup>a</sup> ± 1.3  | 6.9 ± 1.4                  | 7.0 <sup>a</sup> ± 1.3  | 90.0                |
| 4 สัปดาห์                | 6.2 ± 1.2        | 6.6 <sup>abc</sup> ± 1.0 | 6.7 <sup>abc</sup> ± 0.9 | 6.3 <sup>a</sup> ± 1.1  | 6.5 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 6.3 <sup>b</sup> ± 1.3  | 6.5 ± 0.8                  | 5.9 <sup>b</sup> ± 0.8  | 93.3                |
| 5 สัปดาห์                | 6.2 ± 1.1        | 6.2 <sup>c</sup> ± 1.2   | 6.4 <sup>c</sup> ± 1.3   | 5.5 <sup>b</sup> ± 1.6  | 6.2 <sup>ab</sup> ± 1.3 | 6.2 <sup>b</sup> ± 1.5  | 6.5 ± 1.2                  | 6.4 <sup>b</sup> ± 1.2  | 83.3                |
| 6 สัปดาห์                | 6.4 ± 1.3        | 6.4 <sup>bc</sup> ± 1.3  | 6.5 <sup>bc</sup> ± 1.3  | 6.1 <sup>ab</sup> ± 1.2 | 6.3 <sup>b</sup> ± 1.1  | 6.1 <sup>b</sup> ± 1.2  | 6.4 ± 1.1                  | 6.4 <sup>b</sup> ± 1.1  | 83.3                |
| 7 สัปดาห์                | 6.6 ± 1.3        | 6.4 <sup>bc</sup> ± 1.3  | 7.0 <sup>abc</sup> ± 0.9 | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.0  | 6.8 <sup>b</sup> ± 1.0  | 6.7 <sup>ab</sup> ± 1.0 | 6.8 ± 1.1                  | 7.0 <sup>a</sup> ± 1.0  | 96.7                |
| 8 สัปดาห์                | 6.8 ± 1.5        | 6.9 <sup>ab</sup> ± 1.0  | 7.2 <sup>a</sup> ± 0.9   | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.1  | 6.8 <sup>ab</sup> ± 1.3 | 6.7 <sup>ab</sup> ± 1.4 | 7.0 ± 1.2                  | 7.0 <sup>a</sup> ± 1.1  | 93.3                |

หมายเหตุ<sup>a-c</sup> แสดงความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคุณลักษณะ ( $p > 0.05$ )

**ตารางที่ 40** คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมิ่งคุตอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลา<br>การเก็บรักษา | สี                     | ความใส                  | ความหนืด                | กลิ่นมิ่งคุต <sup>ns</sup> | กลิ่นรสมิ่งคุต          | ความหวาน <sup>ns</sup> | รสชาติโดยรวม <sup>ns</sup> | ความชอบ<br>โดยรวม      | ร้อยละการ<br>ยอมรับ |
|--------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------|
| 0 สัปดาห์                | 6.9 <sup>a</sup> ± 1.0 | 7.1 <sup>ab</sup> ± 0.8 | 7.1 <sup>a</sup> ± 1.0  | 6.3 ± 0.9                  | 7.0 <sup>a</sup> ± 0.9  | 6.7 ± 1.3              | 6.9 ± 0.9                  | 6.9 <sup>a</sup> ± 0.9 | 96.7                |
| 1 สัปดาห์                | 6.9 <sup>a</sup> ± 1.0 | 7.1 <sup>a</sup> ± 0.8  | 6.5 <sup>b</sup> ± 1.0  | 6.3 ± 0.9                  | 6.7 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 6.7 ± 1.3              | 6.9 ± 0.9                  | 6.9 <sup>a</sup> ± 0.9 | 86.7                |
| 2 สัปดาห์                | 6.9 <sup>b</sup> ± 1.2 | 7.2 <sup>ab</sup> ± 1.0 | 7.0 <sup>ab</sup> ± 1.0 | 6.5 ± 1.0                  | 6.3 <sup>ab</sup> ± 1.0 | 6.5 ± 1.5              | 6.9 ± 1.3                  | 6.5 <sup>a</sup> ± 1.3 | 76.7                |
| 3 สัปดาห์                | 5.7 <sup>b</sup> ± 1.7 | 6.7 <sup>b</sup> ± 1.1  | 6.8 <sup>ab</sup> ± 1.1 | 6.3 ± 1.2                  | 6.2 <sup>a</sup> ± 1.6  | 6.3 ± 1.6              | 6.2 ± 1.6                  | 6.3 <sup>a</sup> ± 1.6 | 76.7                |
| 4 สัปดาห์                | 5.6 <sup>b</sup> ± 1.8 | 6.6 <sup>c</sup> ± 1.1  | 6.5 <sup>b</sup> ± 0.9  | 6.1 ± 1.2                  | 6.5 <sup>a</sup> ± 1.3  | 6.5 ± 1.2              | 6.5 ± 1.2                  | 5.6 <sup>b</sup> ± 1.2 | 86.7                |

หมายเหตุ <sup>a-c</sup> แสดงความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคุณลักษณะ ( $p > 0.05$ )

**ตารางที่ 41** คะแนนความชอบเฉลี่ยและร้อยละการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำมิ่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลา<br>การเก็บรักษา | สี                     | ความใส                 | ความหนืด                | กลิ่นมิ่งคุด            | กลิ่นรสมิ่งคุด         | ความหวาน <sup>ns</sup> | รสชาติโดยรวม            | ความชอบ<br>โดยรวม       | ร้อยละการ<br>ยอมรับ |
|--------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| 0 สัปดาห์                | 6.9 <sup>a</sup> ± 1.0 | 7.1 <sup>a</sup> ± 0.8 | 7.1 <sup>a</sup> ± 1.0  | 6.3 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 7.0 <sup>a</sup> ± 0.9 | 6.7 ± 1.3              | 6.9 <sup>a</sup> ± 0.9  | 6.9 <sup>a</sup> ± 0.9  | 96.7                |
| 1 สัปดาห์                | 6.9 <sup>a</sup> ± 1.0 | 7.1 <sup>a</sup> ± 0.8 | 6.8 <sup>ab</sup> ± 1.0 | 6.6 <sup>a</sup> ± 0.9  | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.1 | 6.7 ± 1.3              | 6.7 <sup>ab</sup> ± 1.3 | 6.9 <sup>a</sup> ± 1.3  | 83.3                |
| 2 สัปดาห์                | 6.9 <sup>a</sup> ± 1.3 | 6.9 <sup>a</sup> ± 1.2 | 6.7 <sup>a</sup> ± 0.9  | 6.0 <sup>ab</sup> ± 1.2 | 6.6 <sup>a</sup> ± 1.2 | 6.6 ± 1.6              | 6.6 <sup>ab</sup> ± 1.2 | 6.8 <sup>a</sup> ± 1.2  | 83.3                |
| 3 สัปดาห์                | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.1 | 7.0 <sup>a</sup> ± 1.0 | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.2  | 5.9 <sup>b</sup> ± 1.4  | 6.7 <sup>a</sup> ± 1.1 | 6.7 ± 1.3              | 6.6 <sup>ab</sup> ± 1.4 | 6.5 <sup>a</sup> ± 1.4  | 90.0                |
| 4 สัปดาห์                | 6.2 <sup>b</sup> ± 1.7 | 6.9 <sup>b</sup> ± 1.0 | 6.4 <sup>b</sup> ± 0.8  | 6.3 <sup>ab</sup> ± 1.3 | 6.0 <sup>b</sup> ± 0.9 | 6.6 ± 1.1              | 6.1 <sup>b</sup> ± 0.9  | 5.9 <sup>ab</sup> ± 0.9 | 80.0                |

หมายเหตุ <sup>a-b</sup> แสดงความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

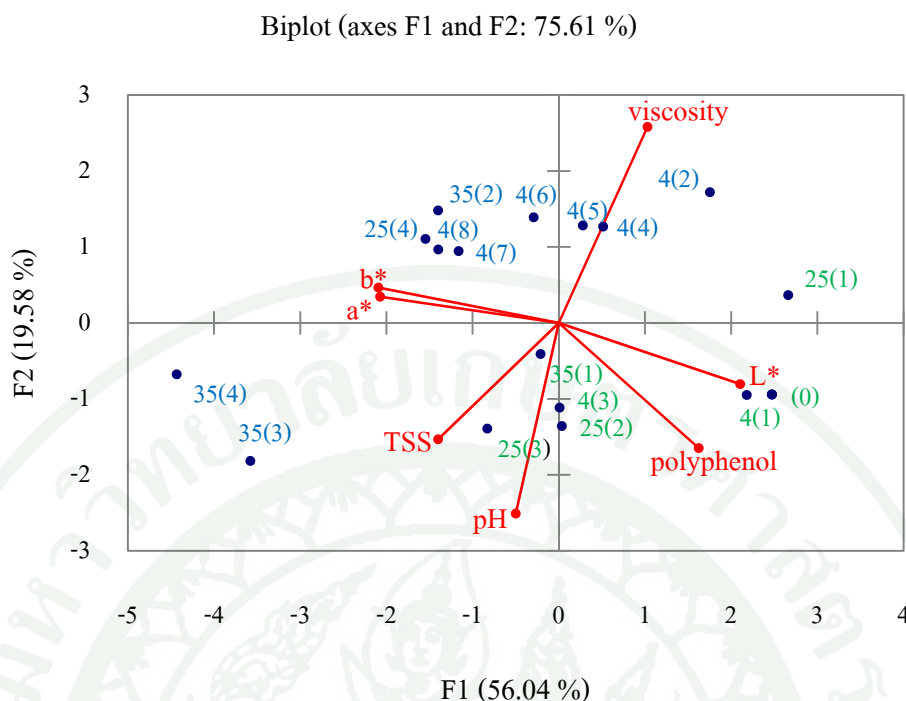
<sup>ns</sup> แสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคุณลักษณะ ( $p > 0.05$ )

## 7.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบและจำแนกกลุ่มน้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุคอดแก๊สระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บต่างๆ สร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยลดจำนวนตัวแปรด้านคุณภาพจากหลายๆค่าให้เป็นตัวแปรใหม่ หรือ องค์ประกอบที่ 1 (PC1) และองค์ประกอบที่ 2 (PC2) ด้วยเทคนิค Principle Component Analysis (PCA) และ จัดกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายกันด้วยเทคนิค Cluster Analysis

### 7.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบและจำแนกกลุ่มน้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา

แผนภาพความสัมพันธ์ของตัวแปรเมื่อพิจารณาตัวแปรคุณภาพทางกายภาพ และเคมีร่วมกัน (ภาพที่ 29) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 75.61 โดยค่าสีและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว (ปริมาณพอลิฟินอล และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด) ถูกจัดอยู่ใน PC1 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 56.04 ขณะที่ความหนืดและความเป็นกรด-เบสซึ่งสัมพันธ์กับรสเปรี้ยวถูกจัดอยู่ใน PC2 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 19.58 เมื่อพิจารณาคุณลักษณะสำคัญร่วมกับผลการจำแนกกลุ่มข้อมูล พบว่าน้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง มีอายุการเก็บรักษาที่น้อยกว่าน้ำมัจจุคอดแก๊สที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน โดยสามารถแบ่งตัวอย่างได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 (สีเขียว) น้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว ณ วันที่ 0 ของการเก็บรักษา น้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่เก็บรักษา 1 และ 3 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส น้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่เก็บรักษา 1-3 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และน้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า  $L^*$  และปริมาณพอลิฟินอลสูง เช่นเดียวกับค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่มีแนวโน้มสูง (เปรี้ยวน้อยและหวานมาก) และกลุ่มที่ 2 (สีน้ำเงิน) ได้แก่ น้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่เก็บรักษานานกว่าที่ได้กล่าวถึงในกลุ่มแรก ซึ่งมีค่า  $a^*$  และ  $b^*$  สูง (สีเข้ม) และความหนืดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับน้ำมัจจุคอดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



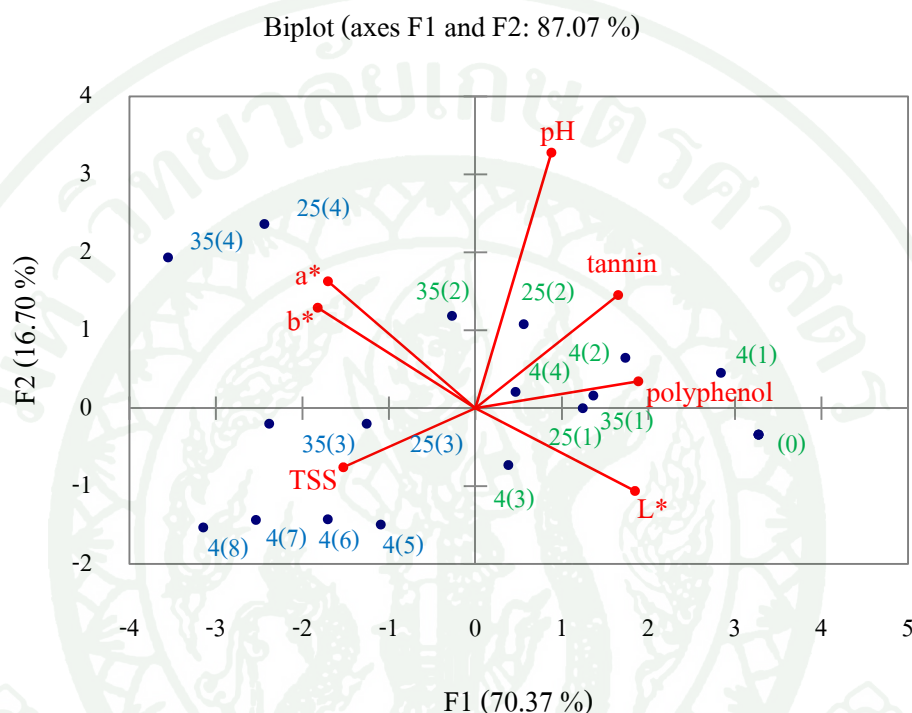
**ภาพที่ 29** ความสัมพันธ์ของตัวแปรค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมัจจุอดแก๊สที่เดิมสารเพิ่มความคงตัว

หมายเหตุ T(t) ในแผนภาพ หมายถึง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T องศาเซลเซียส เป็นเวลา t สัปดาห์

#### 7.5.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบและจำแนกกลุ่มน้ำมัจจุอดแก๊สที่เดิมสารช่วยตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษา

แผนภาพความสัมพันธ์ของตัวแปรเมื่อพิจารณาตัวแปรคุณภาพทางกายภาพและเคมีร่วมกัน (ภาพที่ 30) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 87.07 คุณภาพด้านสีและปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (ปริมาณพอลิฟีนอล แทนนิน และของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด) ถูกจัดอยู่ใน PC1 ซึ่งสามารถอธิบายกลุ่มตัวอย่างน้ำมัจจุอดแก๊สทั้งหมดได้ร้อยละ 70.37 ขณะที่ค่าความเป็นกรด-เบสเป็นค่าคุณภาพเพียงค่าเดียวที่ถูกจัดอยู่ใน PC2 และสามารถอธิบายกลุ่มตัวอย่างได้ร้อยละ 16.70 สามารถแบ่งตัวอย่างได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 (สีเขียว) น้ำมัจจุอดแก๊สที่เดิมสารช่วยตกตะกอน ณ วันที่ 0 ของการเก็บรักษา น้ำมัจจุอดแก๊สที่เดิมสารช่วยตกตะกอนที่เก็บรักษา 0 - 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และน้ำมัจจุอดแก๊สที่เดิมสารช่วยตกตะกอนที่เก็บรักษา

1-2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า  $L^*$  ปริมาณพอลิฟีนอลและปริมาณแทนนินสูง รวมถึงมีแนวโน้มความเป็นกรด-เบสสูง (สัมพันธ์กับความเปรี้ยวที่น้อย) ส่วนกลุ่มที่ 2 (สีน้ำเงิน) ได้แก่ กลุ่มน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เดิมสารช่วยตกตะกอนที่เก็บรักษานานกว่าที่ได้กล่าวถึงในกลุ่มแรก ซึ่งมีสีเข้มขึ้น (ค่า  $a^*$  และ  $b^*$  สูงขึ้น)



ภาพที่ 30 ความสัมพันธ์ของตัวแปรค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เดิมสารช่วยตกตะกอน

หมายเหตุ  $T(t)$  ในแผนภาพ หมายถึง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $T$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา  $t$  สัปดาห์

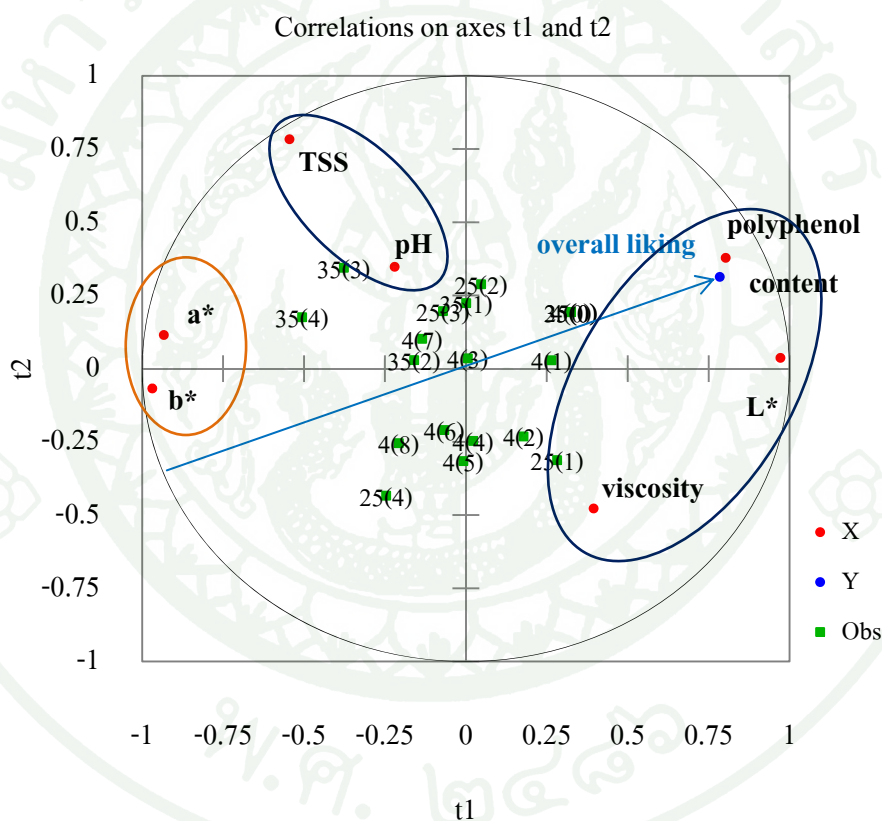
#### 7.6 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส

ศึกษาความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีกับคะแนนความชอบความโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส ด้วยเทคนิค Partial Least Square โดยนำคะแนนความชอบโดยรวมมาร่วมสร้างสมการ

### 7.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชอบโดยรวมและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว

ผลการวิเคราะห์ Partial Least Square สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 71.8 สมการความชอบโดยรวมของน้ำมั่งคุดที่เติมสารช่วยตกตะกอน คือ

$$\text{Overall liking} = 0.027 \text{ viscosity} + 0.252 L^* - 0.176 a^* - 0.267 b^* + 0.241 \text{ TSS} + 0.307 \text{ polyphenol content} + 0.039 \text{ pH} \quad (R^2 = 0.718)$$



ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและความชอบโดยรวม

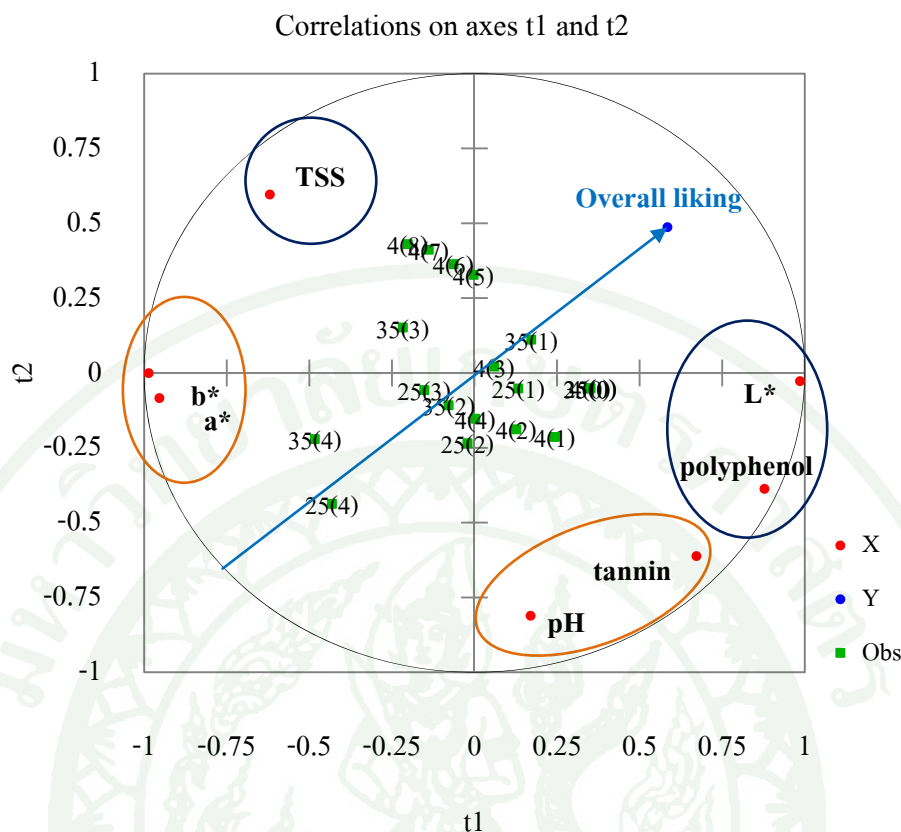
หมายเหตุ T(t) ในแผนภาพ หมายถึง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T องศาเซลเซียส เป็นเวลา t สัปดาห์

จากแผนภาพความชอบของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว (ภาพที่ 31) พบว่า ความหนืด ค่า  $L^*$  ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณพอลิฟีนอล และความเป็นกรด-เบส มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนนความชอบโดยรวม ส่วนค่า  $a^*$  และ  $b^*$  มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ กล่าวคือน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวจะได้รับความชอบโดยรวมลดลงเมื่อมีค่า  $L^*$  ต่ำ (สัมพันธ์กับความขุ่นที่เพิ่มขึ้น) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำ (สัมพันธ์กับความหวานที่ลดลง) ปริมาณพอลิฟีนอลต่ำ ความเป็นกรด-เบสต่ำ (สัมพันธ์กับความเปรี้ยวที่เพิ่มขึ้น) ความหนืดน้อย และมีค่า  $a^*$  และ  $b^*$  สูง (สัมพันธ์กับสีที่เข้มขึ้น) เป็นที่น่าสังเกตว่าผลของความหนืดในการวิเคราะห์แผนภาพความชอบด้วยวิธี PLS ให้ผลในทิศทางตรงกันข้ามกับผลการทดสอบความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภคที่ได้รับคำแนะนำว่าน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวมีความหนืดมากเกินไป ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ PLS พบว่าความหนืดที่สูงขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการวิเคราะห์ PLS ใช้ค่าเฉลี่ยในการประเมินและวิเคราะห์ผล ขณะที่ความหนืดที่ได้จากทดสอบมีความแปรปรวนในแต่ละครั้งแตกต่างกัน จึงอาจทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้ อย่างไรก็ตามความหนืดและความเป็นกรด-เบสมีผลต่อความชอบโดยรวมเพียงเล็กน้อย โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

7.6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชอบโดยรวมและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอน

ผลการวิเคราะห์ Partial Least Square สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ร้อยละ 86.2 โดยสมการความชอบโดยรวมของน้ำมั่งคุดที่เติมสารช่วยตกตะกอน คือ

$$\text{Overall liking} = 0.276 \text{ TSS} - 0.289 \text{ pH} + 0.303 L^* - 0.277 a^* - 0.311 b^* - 0.140 \text{ tannin content} + 0.033 \text{ polyphenol content} \quad (R^2 = 0.862)$$



ภาพที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนและความชอบโดยรวม

หมายเหตุ T(t) ในแผนภาพ หมายถึง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T องศาเซลเซียส เป็นเวลา t สัปดาห์

จากแผนภาพความชอบของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอน (ภาพที่ 32) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า  $L^*$  และปริมาณพอลิฟีนอลมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนนความชอบ ส่วนค่าความเป็นกรด-เบส ค่า  $a^*$  ค่า  $b^*$  และปริมาณแทนนินมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ กล่าวคือน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนจะได้รับความชอบโดยรวมลดลงเมื่อมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำ (สัมพันธ์กับความหวานที่ลดลง) ค่า  $L^*$  ต่ำ (สัมพันธ์กับความขุ่นที่เพิ่มขึ้น) ปริมาณพอลิฟีนอลต่ำ ค่า  $a^*$  และ  $b^*$  สูง (สัมพันธ์กับสีที่เข้มขึ้น) ความเป็นกรด-เบสสูง (สัมพันธ์กับความเปรี้ยวที่ลดลง) และปริมาณแทนนินเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ปริมาณพอลิฟีนอลมีอิทธิพลต่อความชอบโดยรวมเพียงเล็กน้อย ดังนั้นแม้จะพบการเปลี่ยนแปลงปริมาณพอลิฟีนอลระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ คะแนนความชอบโดยรวมก็ไม่ได้ลดลง

แต่อย่างไร ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีอิทธิพลต่อความชอบโดยรวมมาก แต่เนื่องจากไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ระหว่างการเก็บรักษา จึงไม่ส่งผลกระทบต่อคะแนนความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาสมการความชอบโดยรวมของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สทั้ง 2 ชนิด จะพบว่า ค่าสีและความหวานมีอิทธิพลต่อความชอบโดยรวมมาก แต่ในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอน ความเปรี้ยวมีอิทธิพลต่อความชอบโดยรวมด้วยเช่นกัน โดยแนวโน้มค่าสีและความหวานของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สทั้ง 2 ชนิดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่แนวโน้มความเปรี้ยวเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม โดยเมื่อความเปรี้ยวในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบโดยรวมมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชอบโดยรวมมีแนวโน้มที่จะลดลงในน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว

ค่าสีส่งผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สทั้ง 2 ชนิดในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือคะแนนความชอบโดยรวมจะลดลงเมื่อน้ำมั่งคุดอัดแก๊สมีค่า  $L^*$  ลดลง และค่า  $a^*$  และ  $b^*$  เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่า  $L^*$  ของน้ำมั่งคุดอัดแก๊สทั้ง 2 ชนิดอยู่ในช่วงที่แตกต่างกัน คือ ในช่วง 51.73-60.93 สำหรับน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว และในช่วง 53.82-64.61 สำหรับน้ำมั่งคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอน

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุอดแก๊ส มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยคือการศึกษาการเตรียมวัตถุดิบ การพัฒนาสูตรน้ำมัจจุอดแก๊สดั้งเดิม การศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตน้ำมัจจุชนิดที่เดิมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เดิมสารช่วยตกตะกอน การวิเคราะห์คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ การทดสอบความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภค รวมถึงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา จากการดำเนินการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาการเตรียมวัตถุดิบสำหรับน้ำมัจจุ เมื่อพิจารณาค่า  $L^*$  และการรวมกันเป็นกลุ่มหมอกเป็นเกณฑ์ สามารถเตรียมน้ำมัจจุชนิดที่เดิมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เดิมสารช่วยตกตะกอนได้จากเนื้อมัจจุปั่นที่เดิมเอนไซม์เพคตินเอส 240 และ 120 ppm ตามลำดับ ทำการบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำไปกรองผ่านเยื่อเลือกผ่าน

2. จากการศึกษสูตรและกรรมวิธีการผลิตน้ำมัจจุที่เดิมสารเพิ่มความคงตัว เพื่อให้ได้น้ำมัจจุที่มีความหนืดและค่าการดูดกลืนแสง (การรวมกันเป็นกลุ่มหมอก) ต่ำ โดยใช้ปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่ำที่สุด น้ำมัจจุที่เดิมสารเพิ่มความคงตัวสามารถเตรียมจากน้ำมัจจุ (ที่ผ่านการบ่มด้วยเอนไซม์ เพคตินเอสและกรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 50 ไมโครเมตร) ร้อยละ 62 สารละลายเปลือกมังคุด (ความเข้มข้นร้อยละ 8.75 และกรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร) ร้อยละ 10 น้ำอุนแดงร้อยละ 3 และสารละลายแซนแทนกัม 0.10%(w/v) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 0.15%(w/v)) (ความเข้มข้นสุดท้าย) ร้อยละ 25 หลังจากนั้นนำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และอัดแก๊ส น้ำมัจจุอดแก๊สชนิดที่เดิมสารเพิ่มความคงตัวที่ได้มีความหนืด  $9.37 \pm 0.47$  cP ค่าการดูดกลืนแสง  $0.251 \pm 0.004$  ค่า  $L^*$   $56.1 \pm 2.64$  ค่า  $a^*$   $17.94 \pm 1.20$  ค่า  $b^*$   $53.19 \pm 1.50$  ความเป็นกรด-เบส  $3.51 \pm 0.01$  ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด  $11.8 \pm 0.1$  องศาบริกซ์ และปริมาณพอลิฟีนอล 124.24 mg GAE/L ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการบริโภคตามกำหนดมาตรฐานเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 290 (พ.ศ. 2548) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522

3. จากการศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตน้ำมันงาคั่วที่เติมสารช่วยตกตะกอน เพื่อให้ได้น้ำมันงาคั่วที่มีค่า  $L^*$  และร้อยละการส่องผ่านของแสงสูงสุด น้ำมันงาคั่วที่เติมสารช่วยตกตะกอนสามารถเตรียมจากน้ำมันงาคั่ว (ที่ผ่านการบ่มด้วยเอนไซม์เพคตินเนส และกรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร) ร้อยละ 62 สารละลายเปลือกมังคุด (ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และกรองผ่านเยื่อเลือกผ่านขนาด 20 ไมโครเมตร) ร้อยละ 35 น้ำอุณหภูมิเย็นร้อยละ 3 เติมน้ำตาลทรายเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 1 และสารละลายเบนโทโนที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ลงไปในสัดส่วน 0.05:0.15 นำน้ำมันงาคั่วที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หลังจากนั้นนำส่วนที่ใสไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และอัดแก๊ส น้ำมันงาคั่วอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนที่ได้มีค่า  $L^*$   $67.47 \pm 2.86$  ค่า  $a^*$   $17.36 \pm 1.51$  ค่า  $b^*$   $54.62 \pm 1.75$  ความเป็นกรด-เบส  $3.50 \pm 0.02$  ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด  $11.2 \pm 0.1$  องศาบริกซ์ ปริมาณพอลิฟีนอล  $118.47 \text{ mg GAE/L}$  และปริมาณแทนนิน  $86.59 \text{ mg TAE/L}$  ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการบริโภคตามกำหนดมาตรฐานเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 290 (พ.ศ. 2548) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522

4. การทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี ความใส กลิ่นมังคุด ความหวาน กลิ่นรสมังคุด และรสชาติโดยรวมของน้ำมันงาคั่วทั้ง 2 ชนิด ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ขณะที่ลักษณะด้านความหนืดของน้ำมันงาคั่วอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวได้คะแนนในช่วงไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ก่อนมาทางชอบเล็กน้อย โดยผู้บริโภคให้การยอมรับน้ำมันงาคั่วอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัวร้อยละ 77.3 และสนใจซื้อร้อยละ 60.7 และให้การยอมรับน้ำมันงาคั่วอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอนร้อยละ 89.3 และสนใจซื้อร้อยละ 82.7

5. ระหว่างการเก็บรักษาน้ำมันงาคั่วอัดแก๊สทั้งชนิดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวและชนิดที่เติมสารช่วยตกตะกอนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี แต่ไม่พบการตกตะกอนในน้ำมันงาคั่วอัดแก๊สทั้ง 2 ชนิด นอกจากนี้ผู้ทดสอบยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์มากกว่าร้อยละ 50 และผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพทางจุลชีววิทยาเป็นไปตามกำหนดมาตรฐานเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 290 (พ.ศ. 2548) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522

### ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำมังคุดอัดแก๊สที่เติมสารเพิ่มความคงตัว ได้รับข้อเสนอแนะว่าผลิตภัณฑ์มีความหนืดมากเกินไป ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นแทนการใช้แซนแทนกัมและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เพื่อลดความหนืดของผลิตภัณฑ์
2. จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำมังคุดอัดแก๊สที่เติมสารช่วยตกตะกอน ได้รับข้อเสนอแนะว่าควรเพิ่มความหวาน ดังนั้นจึงควรปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายให้มีค่าสูงขึ้น โดยเพิ่มสัดส่วนของเนื้อมังคุดปั่นที่ผ่านการกรอง หรือเติมฟรุคโตสไซรัป เพื่อปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์
3. จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่ากลิ่นและกลิ่นรสมังคุดเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ จึงอาจทำการศึกษาเรื่องกลิ่นและกลิ่นรสของน้ำมังคุดเพิ่มเติม โดยทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสารให้กลิ่นในน้ำมังคุดระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาร่วมกับการให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนทำการทดสอบเชิงพรรณนา โดยอธิบายกลิ่นและกลิ่นรสที่พบในผลิตภัณฑ์และให้ระดับความเข้ม เพื่อศึกษารูปแบบของกลิ่นและกลิ่นรสที่ส่งผลต่อความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ. 2552. **สถานการณ์การค้ามังคุด**. สถิติประเดือน ม.ค.-มิ.ย. สำนักบริหารการค้าสินค้าทั่วไป กลุ่มสินค้าเกษตร. แหล่งที่มา: [www.dft.moc.go.th](http://www.dft.moc.go.th), 27 สิงหาคม 2552.
- จุไรรัตน์ รุ่งโรจน์รักษ์. 2540. **คู่มือการตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มในน้ำดื่ม น้ำใช้ น้ำแข็ง น้ำแร่ และเครื่องดื่ม**. กองอาหาร. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, กรุงเทพฯ.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2548. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 290 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท**. กระทรวงสาธารณสุข.
- นวิรัตน์ จิระวงศ์ประภา. 2541. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามหวานพร้อมดื่ม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2539. แอนโคโนซานินส์, น. 277-284. ใน **เคมีอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2550. อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์. น. 106-128. ใน **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิญญู โชครุ่งกาญจน์, ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ และเอกพันธ์ แก้วมณีชัย. 2550. การศึกษาความคงตัวของแอนโคโนซานินส์จากเปลือกมังคุด. **จุลสารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร**. 16(5): 13-17.
- วิไล รังสาดทอง. 2552. การพาสเจอร์ไรส์, น. 147-148. ใน **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- อมรรัตน์ มุขประเสริฐ. 2545. น้ำผลไม้ผสมอัดก๊าซ. **วารสารวิชาการพระนครเหนือ**. 12(2): 50-56.

- Aaron, R.G., A.M. Gordon and C.M. Joseph. 2004. **Nutraceutical Mangosteen composition**. Patent No. US 6,730,333 B1.
- Abe, M., A. Manosroi, J. Manosroi, H. Yamauchi and A. Yoshida. 1995. Molecular interactions between phospholipids and mangostin in a lipid bilayer. **Journal of Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**. 4: 423-432.
- Albrecht, H. 1996. Biology, Principles, and Applications. *In* L.P. Somogyi, H.S. Ramaswamy and Y.H. Hui, eds. **Enzymes in the Fruit Juice and Wine Industry**. American Food and Nutrition Center Davis, California.
- Alwazeer, D., R. Cachon and C. Divies. 2002. Behavior of *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae* in fresh and thermally processed orange juice. **Journal of Food Protection**. 65(10): 1586-1589.
- Anirudhan, T.S. and M. Ramachandran. 2006. Adsorptive removal of tannin from aqueous solutions by cationic surfactant-modified bentonite clay. **Journal of Colloid and Interface Science**. 299: 116-124.
- Armstrong, G.S., H.L. Oh, J.E. Hoff and L.A. Haff. 1980. Hydrophobic interaction in tannin-protein complexes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 28: 394-398.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. **Official methods of analysis of AOAC International**, 17<sup>th</sup> ed. AOAC international, Gaithersburg, MD.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. **Official methods of analysis of AOAC International**, 18<sup>th</sup> ed. AOAC international, Gaithersburg, MD.
- ASTM. 2009. Just-About-Right (JAR) Scales: Design, Usage, Benefits and Risks. R. Lori and M. J. Parker, eds. **ASTM International Manual Series**: MNL 63.

- Ayoola, G.A., A.D. Folawewo, S.A. Adesegun, O.O. Abioro, A.A. Adepoju-Bello and H.A.B. Coker. 2008. Phytochemical and antioxidant screening of some plants of apocynaceae from South West Nigeria. **African Journal of Plant Science**. 2(9): 124-128.
- BAM. 2002. **Food and Drug Administration Bacteriological Analytical Manual**. 8<sup>th</sup> ed., AOAC International, USA.
- Barker, G.S., B. Jefferson and S.J. Judd. 2002a. Domestic carbonation process optimisation. **Journal of Food Engineering**. 52: 405-412.
- Barker, G.S., B. Jefferson and S.J. Judd. 2002b. The control of bubble size in carbonated beverages. **Journal of Chemical Engineering Science**. 57: 565-573.
- Bates, R.P., J.R. Morris and P.G. Crandall. 2001. Principles and practices of small- and medium-scale fruit juice processing. **FAO Agricultural Services Bulletin**. 146.
- Benitez, E.I. and J.E. Lozano. 2007. Effect of gelatin on apple juice turbidity. **Latin American Applied Research**. 37: 261-266.
- Beristain, C.I., F.C. Sosa, C. Lobato-Calleros, R. Pedroza-Islas, M.E.R. Huezio and J.R. Verde-Calvo. 2006. Applications of soluble dietary fibers in beverage. **Revista Mexicana de Ingenieria Quimica**. 5: 81-95.
- Beveridge, T. 1997. Haze and cloud in apple juices. **CRC Food Science and Nutrition**. 37: 75–91.
- Beveridge, T., K. Franz and J.H. Harrison. 1986. Clarified natural apple juice: Production and storage stability of juice and concentrate. **Journal of Food Science**. 51: 411–414.
- Beveridge, T. and V. Tait. 1993. Structure and composition of apple juice haze. **Journal of Food Structure**. 12: 195-198.

- Bourse, D.L., S. Jgou, A. Conreux, S. Villaume and P. Jeandet. 2010. Review of preparative and analytical procedures for the study of proteins in grape juice and wine. **Analytica Chimica Acta**. 667: 33–42.
- Boyd, M. 2005. **A Phase Behavior of Xanthan Based Biopolymer Mixtures**. Thesis for the degree of doctor of philosophy, University of Nottingham.
- Boye, J.I. 1999. Protein–polyphenol interactions in fruit juices. pp. 85-107. *In* S.G. Pandalai, ed. **Recent Research Developments in Agricultural and Food Chemistry**. Research Signpost 3(1), India.
- Bradley, A.F. and J.W. Severinghaus. 1958. Electrodes for blood pO<sub>2</sub> and pCO<sub>2</sub> determination. **Journal of Physiology**. 13: 515–520.
- Brasil, I.M., G.A. Maia and R.W. Figueiredo. 1995. Physical-chemical changes during extraction and clarification of guava juice. **Food Chemistry**. 54: 383-386.
- Brouillard, R. 1982. Chemical structure of anthocyanins. Chap. 1. *In* P. Markakis, ed. **Anthocyanins as Food Colours**. Academic Press, New York.
- Brownmiller, C., L.D. Howard and R.L. Prior. 2008. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric colour and antioxidant capacity of processed blueberry products. **Journal of Food Science**. 5(73): H72-H79.
- Cabrita, L., T. Fossen and O.M. Andersen. 2000. Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. **Journal of Food Chemistry**. 68: 101-107.
- Cain, R.F. and G. Darravingas. 1965. Changes in the anthocyanin pigment of raspberries during processing and storage. **Journal of Food Science**. 30: 400-405.

- Carvalho, L.M.J., I.M. Castro and C.A.B. Silva. 2008. A study of retention of sugars in the process of clarification of pineapple juice (*Ananas comosus*, L. Merrill) by micro- and ultra-filtration. **Journal of Food Engineering**. 87: 447-454.
- Chimnoi, N., O. Komutiban, N. Lartpornmatulee, S. Suksamrarn, P. Ratananukul, A. Suksamrarn. (2006). Cytotoxic prenylated xanthenes from the young fruit of *Garcinia mangostana*. **Chemistry Pharmacology Bulletin**. 54: 301–305.
- Chin, Y.W., H.A. Jung, H. Chai, W.J. Keller and A.D. Kinghorn. 2008. Xanthenes with quinone reductase-inducing activity from the fruits of *Garcinia mangostana* (Mangosteen). **Phytochemistry**. 69: 754–758.
- Corrales, M., P. Butz and B. Tauscher. 2008. Anthocyanin condensation reactions under high hydrostatic pressure. **Food Chemistry**. 110: 627-635.
- Cortes, C., M.J. Esteve and A. Frigola. 2008. Color of orange juice treated by High Intensity Pulsed Electric Fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. **Food Control**. 19: 151-158.
- Cosme, F., J.M. Ricardo-da-Silva and O. Laureano. 2008. Interactions between protein fining agents and procyanidins in white wine. **Food Chemistry**. 106: 536-544.
- Cosme, F., J.M. Ricardo-da-Silva and O. Laureano. 2009. Effect of various proteins on different molecular weight proanthocyanidin fractions of red wine during wine fining. **American Journal of Enology and Viticulture**. 60(1): 74-81.
- Damasceno, L.F., F.A.N. Fernandes, M.M.A. Magalhaes and E.S. Brito. 2008. Non-enzymatic browning in clarified cashew apple juice during thermal treatment: Kinetics and process control. **Food Chemistry**. 106: 172-179.

- Decloux, M., M. Dornier, P. Millan, G. O'Brien, M. Reynes and F. Vaillant. 1999. Crossflow microfiltration of passion fruit juice after partial enzymatic liquefaction. **Journal of Food Engineering**. 42: 215-224.
- Descoins, C., J. Hennequin, M. Mathlouthi and M.L. Moual. 2006. Carbonation monitoring of beverage in a laboratory scale unit with on-line measurement of dissolved CO<sub>2</sub>. **Journal of Food Chemistry**. 95: 541-553.
- Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed system. **Food Hydrocolloids**. 17: 25-39.
- Du, C.T. and F.J. Francis. 1977. Anthocyanin of mangosteen, *Garcinia mangostana*. **Journal of Food Science**. 42: 1667-1668.
- Esteve, M.J., A. Frigola, C. Rodrigo and D. Rodrigo. 2005. Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and color of Spanish refrigerated orange juices. **Food and Chemical Toxicology**. 43: 1413-1422.
- Evans, G.M., S.F. Jones and K.P. Galvin. 1999. Bubble nucleation from gas cavities - a review. **Advances in Colloid and Interfacial Sciences**. 80: 27-84.
- Faigh, J.G. 1995. Enzyme formulations for optimizing juice yields. **Journal of Food Technology**. 49(9): 79-83.
- Fang, Z., M. Zhang, W. Du and J. Sun. 2007. Effect of fining and filtration on the haze formation in bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 55: 113-119.

- Fonseca, V.C., C.W.I. Haminiuk, D.R. Izydoro, N. Waszczynskyj, A.P. Scheer and M.R. Sierakowski. 2009. Stability and rheological behavior of salad dressing obtained with whey and different combinations of stabilizers. **International Journal of Food Science and Technology**. 44: 777-783.
- Francis, F.J. and M.S. Starr. 1968. Oxygen and ascorbic acid effect on the relative stability of four anthocyanin pigments in raspberry juice. **Journal of Food Technology**. 22: 91-93.
- Ganlmann, M. 1993. **Developmental tendencies in fruit juice production**. Food Marketing & Technology, pp. 36-38.
- Garti, N., A. Aserin and D. Azaria. 1991. A clouding agent based on modified soy protein. **International Journal of Food Science and Technology**. 26: 259-270.
- Genovese, D. B. and J. E. Lozano. 2001. The effect of hydrocolloids on the stability and viscosity of cloudy apple juices. **Journal of Food Hydrocolloids**. 15: 1-7.
- Gonzalez-Molina, E., D.A. Moreno and C. Garcia-Viguera. 2009. A new drink rich in healthy bioactives combining lemon and pomegranate juices. **Food Chemistry**. 115: 1364-1372.
- Gopalakrishnan, C., L. Kameswaran, D. Shankaranarayanan, S. Subramanian and B.M. Sundaram. 1983. Antimicrobial activities of *Garcinia mangostana*). **Planta Medicine**. 48: 59-60.
- Grabber, M. and S. Kelleher. 1998. Side effects of acetazolamide: The champagne blues. **American Journal of Medicine**, 84: 978-981.
- Hagerman, A.E., K.M. Riedl, G.A. Jones, K.N. Sovik, N.T. Ritchard, P.W. Hartzfeld and T.L. Riechel. 1998. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. **Journal of Agriculture Food Chemistry**. 46: 1887-1892.

- Heatherbell, D.A. 1976. Haze and sediment formation in clarified apple juice and apple wine. II: The role of polyvalent cations, polyphenolics and proteins. **Journal of Food Technology in New Zealand**. 11: 17-23.
- Heatherbell, D.A., J.C. Hsu and B.M. Yorgey. 1990. Effects of variety, maturity and processing on pear juice quality and protein stability. **Journal of Food Science**. 55: 1610–1613.
- Hetherington, M.J. and D.B. MacDougall. 1991. Visual and instrumental attribute models of fruit juices and milk. **Food Quality and Preference**. 3: 165-174.
- Igual, M., E. Garcia-Martinez, M.M. Camacho and N. Martinez-Navarrete. 2010. Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice. **Food Chemistry**. 118: 291-299.
- Intengan, C.L. 1968. Food Composition Table Recommended for Use in the Philippines. **Food Nut. Res. Inst. Handb. 1**. Nat. Sci. Dev. Board, Manila.
- Jurd, L. 1972. Anthocyanidins and related compound. XVI. The dimerization of flavylum salts in aqueous solutions. **Tetrahedron**. 28: 493-504.
- Kashyap, D.R., P.K. Vohra, S. Chopra and R. Tewari. 2001. Applications of pectinases in the commercial sector: a review. **Journal of Bioresource Technology**. 77: 215-227.
- Klimczak, I., M. Malecka, M. Szlachta and A. Gliszczynska-Swiglo. 2007. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juice. **Journal of Food Composition and Analysis**. 20: 313-322.
- Lee, H.S. and G.A. Coates. 2003. Research note Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. 36: 153-156.

- Lee, W.C., S. Yusof, N.S.A. Hamid and B.S. Baharin. 2007. Effects of fining treatment and storage temperature on the quality of clarified banana juice. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. 40: 1755-1764.
- Liang, C., X. Hu, Y. Ni, J. Wu, F. Chen and X. Liao. 2006. Effect of hydrocolloids on pulp sediment, white sediment, turbidity and viscosity of reconstituted carrot juice. **Journal of Food Hydrocolloids**. 20: 1190-1197.
- MacLeod, A.J. and N.M. Pieris. 1982. Volatile flavour components of mangosteen, *Garcinia mangostana*. **Phytochemistry**. 21: 117-119.
- Marchal, R., S. Bocquillon, G. Liger-Belair, L. Berthier, F. Brissonnet, P. Jeandet, A. Maujean, B. Robillard, L. Viaux and B. Duteurtre. 1999. Recent progress in the understanding of Champagne wine foaming properties. pp. 305–314 *In* G. M. Campbell, C. Webb, S. S. Pandiella and K. Niranjana, eds. **Bubbles in Food**. St Paul, Minnesota, Eagan Press, USA.
- Martin, F.W. 1980. Durian and mangosteen. pp. 407–414. *In* S. Nagy and P.E. Shaw, eds. **Tropical and subtropical fruits AVI**. Westport, CT, United States.
- Mirhosseini, H., C.P. Tan, A. Aghlari, N. S.A. Hamid, S. Yusof and B.H. Chern. 2008. Influence of pectin and CMC on physical stability turbidity loss rate, cloudiness and flavor release of orange beverage emulsion during storage. **Carbohydrate Polymers**. 73: 83-91.
- Mollv, P., K. Mihalev, M. Buleva and I. Petkanchin. 2006. Cloud stability of apple juices in relation to their particle charge properties studied by electro-optics. **Food Research International**. 39: 519-524.
- Morais, H., C. Romos, E. Forgacs, T. Cserhati and J. Oliviera. 2002. Influence of storage conditions on stability of monomeric anthocyanins studied by reversed-phase high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography B**. 770: 297-301.

- Munkolm, C., D.R. Walt and F.P. Milanovich. 1988. A fiber optic sensor for CO<sub>2</sub> measurement. **Analytical Chemistry**. 35: 109–112.
- Nakasone, H.Y. and R.E. Paull. 1998. Mangosteen. pp. 359-369. *In* H.Y. Nakasone and R.E. Paull eds. **Tropical Fruits**. CAB International.
- NLH. 1995. Analytical methods and databases for nutrition labeling. *In* R. Shopiro, ed. **Nutrition Labeling Handbook**. Marcel Dekker Inc., NY.
- Noichinda, S., K. Bodhipadma, S. Singkhornart and S. Ketsa. 2007. Changes in pectic substances and cell wall hydrolase enzymes of mangosteen (*Garcinia mangostana*) fruit during storage. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**. 35: 229-233.
- Odake, S. 2001. Sweetness intensity in low-carbonated beverages. **Biomolecular Engineering**. 17: 151–156.
- Okoth, M.W., A.R. Kaahwa and J.K. Imungi. 2000. The effect of homogenization, stabilizer and amylase on cloudiness of passion fruit juice. **Food Control**. 11: 305-311.
- Osman, M.B. and A.R. Milan. 2006 **Mangosteen: *Garcinia mangostana* L.**, Southampton, UK, University of Southampton, International Centre for Underutilised Crops.
- Panapitukul, N. and W. Chatupotel. 2001. **Agrochemical Pollution of Water Resources: Soils, Landforms and Landuse in the Agroecosystems of Rataphum Watershed Area, and the Risk of Chemical Pollution**. Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Thailand: 71-102.
- Parish, M.E. 1998. Orange juice quality after treatment by thermal pasteurization or isostatic high pressure. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie**. 31: 439-442.

- Pedraza-Chaverri, J., N. Cardenas-Rodriguez, J.M. Prez-Rojas and M. Orozco-Ibarra. 2008. Medicinal properties of mangosteen (*Garcinia mangostana*). **Food and Chemical Toxicology**. 46: 3227–3239.
- Pilnik, W. and A.G.J. Voragen. 1970. Pectic substances and other uronides. pp. 53-87. *In* A.C. Hulme, ed. **The Biochemistry of Fruits and their Products**. Academic Press, New York.
- Pilnik, W and A.G.J. Voragen. 1993. Pectic enzymes in fruit juice and vegetable juice manufacture. pp. 363-399. *In* G. Reeds, ed. **Food and Science Technology, Enzymes in Food Processing**. Academic Press, New York.
- Pollard, A. and C.F. Timber. 1971. pp. 573-827. Fruit juice *In* **The biochemistry of Fruit and Their Products**. Academic Press, London.
- Polydera, A.C., N.G. Stoforos and P.S. Taoukias. 2005. Quality degradation kinetics of pasteurized and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 6: 1-9.
- Porter, L.J. 1989. Tannins. pp. 389–419 *In* J. B. Harborne, ed. **Methods in plant biochemistry: Vol. 1. plant phenolics**. London: Academic Press.
- Rattanathanalerk, M., N. Chiewchan and W. Srichumpoung. 2005. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. **Journal of Food Engineering**. 66: 259-265.
- Richards, N.J. 1990 Studies in *Garcinia*, dioecious tropical forest trees, the origin of the mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). **Botanical Journal of the Linnean Society**. 103: 301-308.

Rivas, A., D. Rodrigo, A. Martines, G.V. Barbosa-Canovas and M. Rodrigo. 2006. Effect of PEF and heat pasteurization on the physical-chemical characteristics of blended orange and carrot juice. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie**. 39: 1163-1170.

Robinson, T. 1967. **The Organic Constituents of Higher Plants. Their Chemistry and Interrelationships**, 2<sup>nd</sup> ed. Brgess, Minneapolis, MN.

Schramm, L.L. 1996. Suspensions: basic principles. *In* **Suspensions: Fundamentals and Applications in Petroleum Industry**. American Chemical Society, Washington, DC.

Sethi, S. 2007. Principle of food processing. **Horticulture Post Harvest Technology**. Indian Agriculture Research Institute, New Delhi, India.

Siebert, K.J. 2006. Haze formation in beverages. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie**. 39: 987-994.

Somogyi, L.S. 1996. Direct food additives in fruit processing. *In* L.P. Somogyi, H.S. Ramaswamy and Y.H. Hui, eds. **Biology, Principles, and Applications**. American Food and Nutrition Center Davis, California.

Speers, R.A. and M. A. Tung. 1986. Concentration and temperature dependence of flow behavior of xanthan gum dispersions. **Journal of Food Science**. 51(1): 9698.

Steen, D.P. 2006. Carbon dioxide, carbonation and the principles of filling technology. Chap. 5. *In* P. Steen and P.R. Ashurst, eds. **Carbonated Soft Drinks**. Blackwell puyblishing Ltd., United Kingdom.

Strack, D. 1997. Phenolic metabolism. pp. 387-416. *In* P.M. Dey and J.B. Harborne, eds. **Plant Biochemistry**. Academic Press, London.

- Suad, N., Al. Hooti, S.S. Jiwan, M. Jameela, Al. Saqer and Al.O. Amani. 2002. Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. **Food Chemistry**. 79: 215–220.
- Subhadrabandhu, S., A. Sugiura, N. Utsunomiya, C. Yapwattanaphum and K. Yonemori, 2002. Utilisation of some *Garcinia* species in Thailand. **Acta Horticulturae**. 575(2): 563-570.
- Suwanagul, A. and S. C. Tongdee, 1989. Postharvest mechanical damage in mangosteen. **ASEAN Food Journal**. 4: 151-155.
- Tajchakavit, S., J.I. Boye, D. Belanger and R. Couture. 2001a. Effect of processing on post-bottling haze formation in apple juice. **Food Research International**. 34: 415-424.
- Tajchakavit, S., J.I. Boye, D. Belanger and R. Couture. 2001b. Kinetics of haze formation and factors influencing the development of haze in clarified apple juice. **Food Research International**. 34: 431-440.
- The Council of the European Union. Council directive 2001/112/EC of 20 December 2001 relating to fruit juices and certain similar products intended for human consumption. **Journal of the European Communities**. L10/58-66.
- Tiwari, B.K., C.P. O'Donnell, A. Patras, N. Brunton and P.J. Cullen. 2009. Anthocyanins and color degradation in ozonated grape juice. **Journal of Food and Chemical Toxicology**. 47(11): 2824-2829.
- Tolstoguzov, V.B. 1986. Functional properties of protein-polysaccharide mixtures. pp. 385-415. In J.R. Mitchell and D.A. Ledward, eds. **Functional Properties of Food Macromolecules**. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Tongdee, S.C. 1985. **Mangosteen**. Second Progress Report ACIAR Project No.8356. TISTR, Bangkok, Thailand.

- Ulgen, N. and M. Ozilgen. 1993. Determination of optimum pH and temperature for pasteurization of citrus juices by response surface methodology. **Z Lebensm Unters Forsch.** 196: 45-48.
- Van-Buren, J.P. and R.D. Way. 1978. Tannin hazes in deproteinized apple juice. **Journal of Food Science.** 43: 235-237.
- Verheij, E.W.M. 1992 *Garcinia mangostana*. pp. 175-181 In E.W.M. Verheij and R.E. Coronel, eds. **Edible Fruits and Nuts. PROSEA No. 2.** Bogor, Indonesia.
- Will, F., R. Manuela, M. Olk, M. Ludwig and H. Dietrich. 2008. Processing and analytical characterization of pulp-enriched cloudy apple juices. **Journal of Food Science and Technology.** 41: 2057-2063.
- Wrolstad, R.E., R.W. Durst and J. Lee. 2005. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science & Technology.** 16: 423-428.
- Wu, X., S. Staggenborg, J. Propheter, W.L. Rooney, J. Yu and D. Wang. 2010. Features of sweet sorghum juice and their performance in ethanol fermentation. **Industrial Crops and Products.** 31: 164-170.
- Yamasaki, M., T. Yasui and K. Arima, 1964. Pectic Enzymes in the clarification of apple juice. **Journal of Agronomical and Biological Chemistry.** 28: 779-787.
- Yang, Z., Y. Han, Z. Gu, G. Fan and Z. Chen. 2008. Thermal degradation kinetics of aqueous anthocyanins and visual color of purple corn (*Zea mays L.*) cob. **Innovative Food Science and Emerging Technologies.** 9: 341-347.

Youn, K.S., J.H. Hong, D.H. Bae, S.J. Kim and S.D. Kim. 2004. Effective clarifying process of reconstituted apple juice membrane filtration with filter-aid pretreatment. **Journal of Membrane Science**. 228: 179-186.

Yu, L., M. Zhao, B. Yang, Q. Zhao and Y. Jiang. 2007. Phenolics from hull of *Garcinia mangostana* fruit and their antioxidant activities. **Food Chemistry**. 104: 176-181.

Zheng, H. and H. Lu. 2011. Use of kinetic, Weibull and PLSR models to predict the retention of ascorbic acid, total phenols and antioxidant activity during storage of pasteurized pineapple juice. **LWT-Food Science and Technology**. 44: 1273-1281.

Zoecklein, B. 1988. **Bentonite Fining of Juice and Wine**. Publication 463-014. Department of Horticulture, Virginia Polytechnic Institute & State University, Virginia.





ยี่ห้อของน้ำมังคุดในท้องตลาดที่นำมาศึกษา ได้แก่ อรายซ์ (Arise), ชาววัง (Chaw wang), เซฟซี (ShapeC) ไบรท์ตี้ (Brighty), ซิปมี แบบที่แต่งกลิ่นเลียนแบบธรรมชาติ (Sips-me 1), ซิปมี แบบไม่ใช้สีสังเคราะห์และแต่งกลิ่นเลียนแบบธรรมชาติ (Sips-me 2) และเกรทเอเชีย (Greatasia) รูปของผลิตภัณฑ์แสดงในภาพผนวกที่ ก1



ภาพผนวกที่ ก1 ผลิตภัณฑ์น้ำมังคุดในท้องตลาดที่นำมาศึกษา



### 1. การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE L\* a\* b\*

ทำการเทียบมาตรฐานเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer โดยวัดค่าการส่องผ่าน (Transmittance) โดยบรรจุน้ำมั่งคุดอัดแก้สลงในคิวเวต (ฐานกว้าง 1 เซนติเมตร) ใช้แหล่งกำเนิดแสง D<sub>65</sub> มุมผู้สังเกตการณ์มาตรฐาน 10 องศา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำวัด 5 ครั้ง

### 2. การวิเคราะห์ค่าการรวมกันเป็นกลุ่มหมอก (Cloudiness)

ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่นที่ 660 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยบรรจุน้ำมั่งคุดอัดแก้สลงในคิวเวต (ฐานกว้าง 1 เซนติเมตร) ใช้แหล่งกำเนิดแสง D<sub>65</sub> มุมผู้สังเกตการณ์มาตรฐาน 10 องศา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำวัด 5 ครั้ง

### 3. การวิเคราะห์ร้อยละการส่องผ่าน (%Transmittance)

ทำการวัดร้อยละการส่องผ่านของแสงที่ความยาวคลื่นที่ 660 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยบรรจุน้ำมั่งคุดอัดแก้สลงในคิวเวต (ฐานกว้าง 1 เซนติเมตร) ใช้แหล่งกำเนิดแสง D<sub>65</sub> มุมผู้สังเกตการณ์มาตรฐาน 10 องศา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำวัด 5 ครั้ง

### 4. การวิเคราะห์ค่าความหนืด

ทำการวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield รุ่น DV-III หัวเข็ม UL-Adapter ทำการวัดค่าที่อุณหภูมิของน้ำมั่งคุด 25 องศาเซลเซียส โดยบรรจุน้ำมั่งคุดลงในหลอดบรรจุ ปริมาตร 16 มิลลิลิตร แล้วทำการวัดค่าความหนืดปรากฏที่แรงเฉือนที่ต้องการศึกษา (Apparent Viscosity) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ



## 1. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS)

หยดตัวอย่างน้ำมั่งคุดลงในช่องวัดค่า ของเครื่อง Refractometer จากนั้นกดปุ่ม START แล้วอ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ปรากฏบนหน้าจอเครื่อง

## 2. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ด้วยการไทเทรต

### 2.1 การเตรียมสารเคมี

2.1.1 สารละลายมาตรฐาน NaOH ความเข้มข้น 0.1 N

2.1.2 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้น 0.1% ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95%

### 2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.2.1 ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ลงใน Erlenmeyer Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.2.2 หยดฟีนอล์ฟทาลีนประมาณ 2-3 หยด แล้วนำมาไทเทรตกับ 0.1 NaOH

จนกระทั่งถึงจุดยุติ (ตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนนาน 30 วินาที)

2.2.3 บันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ไทเทรต แล้วคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกจากสูตร

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{V \times N \times \text{น้ำหนักสมมูลของกรด} \times 100}{W \times 1000}$$

เมื่อ  $V$  = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต(มิลลิลิตร)

$N$  = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน NaOH

$W$  = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

น้ำหนักสมมูลของกรดซิตริกเท่ากับ 70.05

## 3. การวิเคราะห์ความเป็นกรด-เบส

เทียบมาตรฐานเครื่อง pH meter โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4 และ pH 7 หลังจากนั้นวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของตัวอย่าง โดยจุ่มหัววัดเครื่อง pH meter ลงในตัวอย่าง แล้วอ่านค่า pH ที่ปรากฏบนหน้าจอ

#### 4. ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด

##### 4.1. การเตรียมสารเคมี

4.1.1 สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 40, 50, 60, 70 และ 80 มิลลิกรัม/ลิตร

4.1.2 สารละลาย Folin Ciocalteus โดยเจือจางรีเอเจนต์ Folin Ciocalteus ด้วยน้ำกลั่นในสัดส่วน 1:10

4.1.3 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 75 กรัม/ลิตร

##### 4.2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

4.2.1 เจือจางตัวอย่างน้ำมังคุดอัดแก๊สด้วยน้ำกลั่นในสัดส่วน 1:1

4.2.2 ปิเปตสารละลายตัวอย่างเจือจางมา 0.1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง และเติมน้ำกลั่น 0.9 มิลลิลิตร สารละลาย Folin Ciocalteus 5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 4 มิลลิลิตร

4.2.3 บ่มตัวอย่างไว้ในที่มีदनาน 30 นาที

4.2.4 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ยาวยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

##### 4.3. การทำกราฟมาตรฐาน

4.3.1 ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกมา 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 0.9 มิลลิลิตร สารละลาย Folin Ciocalteus 5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 4 มิลลิลิตร

4.2.3 บ่มตัวอย่างไว้ในที่มีदनาน 30 นาที

4.2.4 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ยาวยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

#### 5. ปริมาณแทนนิน

##### 5.1. การเตรียมสารเคมี

5.1.1 สารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก ความเข้มข้น 30, 40, 50, 60 และ 70 มิลลิกรัม/ลิตร

5.1.2 สารละลาย Folin Denis

5.1.3 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 35 กรัม/100 มิลลิลิตร

## 5.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

5.2.1 เจือจางตัวอย่างน้ำมุ้งคูดัดแก้สด้วยน้ำกลั่นในสัดส่วน 1:1

5.2.2 ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 8.4 มิลลิลิตร

สารละลาย Folin Denis 0.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 1 มิลลิลิตร

5.2.3 บ่มตัวอย่างไว้ในที่มีदनาน 30 นาที

5.2.4 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ยาวยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

## 5.3 การทำกราฟมาตรฐาน

5.3.1 ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกมา 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 8.4 มิลลิลิตร สารละลาย Folin Denis 0.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 1 มิลลิลิตร

5.2.3 บ่มตัวอย่างไว้ในที่มีदनาน 30 นาที

5.2.4 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ยาวยาวคลื่น 765 นาโนเมตร



## 1. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

### 1.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1.1 ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count agar ตามที่ข้างขวดระบุ ต้มจนเดือด แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

1.1.2 เทอาหารลงจานเพาะเชื้อที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 22 – 25 มิลลิลิตรต่อจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว ใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

### 1.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1.2.1 ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ด้วยวิธี เทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในถุงสำหรับเครื่องตีปั่น (stomacher) จากนั้นเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 90 มิลลิลิตร

1.2.2 นำตัวอย่างในข้อ 1.2.1 ไปตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่น (stomacher) เป็นเวลา 60 วินาที

1.2.3 จากนั้นปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เข้าเครื่องเขย่าหลอด (vortex) เพื่อให้เข้ากัน ได้ตัวอย่างความเจือจางที่ระดับ  $10^{-1}$  ทำการเจือจางด้วยวิธี Serial dilution จนคาดว่ามีความเจือจางอยู่ในช่วง 25 - 250 โคโลนี

1.2.4 ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 0.1 – 0.5 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 1.1 ใช้ spreader ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว spread ให้ทั่วผิวหน้าอาหาร

1.2.5 นำไปบ่มโดยคว่ำจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง

1.2.6 นับเชื้อและคำนวณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด หน่วย cfu/g หรือ cfu/ml

## 2. การวิเคราะห์จำนวนราและยีสต์

### 2.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1.1 ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose agar ตามที่ข้างขวดระบุ ต้มจนเดือด แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2.1.2 เทาหารลงจานเพาะเชื้อที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 22 – 25 มิลลิลิตรต่อจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว ใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

## 2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.2.1 ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ด้วยวิธี เทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในถุงสำหรับเครื่องตีปั่น (stomacher) จากนั้นเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 90 มิลลิลิตร

2.2.2 นำตัวอย่างในข้อ 2.2.1 ไปตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่น (stomacher) เป็นเวลา 60 วินาที

2.2.3 จากนั้นปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เข้าเครื่องเขย่าหลอด (vortex) เพื่อให้เข้ากัน ได้ตัวอย่างความเจือจางที่ระดับ  $10^{-1}$  ทำการเจือจางด้วยวิธี Serial dilution จนคาดว่ามีความเจือจางอยู่ในช่วง 25 - 250 โคโลนี

2.2.4 ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 0.1 – 0.5 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 3.1 ใช้ spreader ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว spread ให้ทั่วผิวน้ำอาหาร

2.2.5 นำไปบ่มโดยหยาจจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 - 96 ชั่วโมง

2.2.6 นับเชื้อและคำนวณจำนวนยีสต์และรา หน่วย cfu/g หรือ cfu/ml

## 3. การวิเคราะห์จำนวนโคลิฟอร์มและ *E.coli* โดยวิธี Most Probable Number (MPN)

### 3.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Lauryl sulphate tryptose broth (LST)

ซึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Lauryl sulphate tryptose broth (LST) ตามที่ระบุข้างขวด โดยเตรียมอาหารที่มีความเข้มข้น 2 เท่า และความเข้มข้น 1 เท่า แบ่งใส่หลอดละ 10 มิลลิลิตร ใส่หลอดดักแก๊ส (Durham tube) ในแต่ละหลอด นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

### 3.1.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bit broth (BGLB)

ซั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bit broth (BGLB) ตามที่ระบุข้าง  
ขวด แบ่งใส่หลอดละ 10 มิลลิลิตร ใส่หลอดดักแก๊ส (Durham tube) ในแต่ละหลอดนำไปฆ่าเชื้อที่  
อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

### 3.1.3 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ EC broth

ซั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ EC broth ตามที่ระบุข้างขวด แบ่งใส่หลอดละ 10 มิลลิลิตร  
ใส่หลอดดักแก๊ส (Durham tube) ในแต่ละหลอด นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็น  
เวลา 15 นาที

## 3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

### 3.2.1 Presumptive test

3.2.1.1 เขย่าตัวอย่างประมาณ 25 ครั้ง เพื่อให้ตัวอย่างเข้ากัน จากนั้นปิเปต  
ตัวอย่าง ลงในหลอดที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ LST ที่มีความเข้มข้น 2 เท่า หลอดละ 10 มิลลิลิตร จำนวน 5  
หลอด และความเข้มข้น 1 เท่า หลอดละ 1 มิลลิลิตร และ 0.1 มิลลิลิตร อย่างละ 1 หลอด

3.2.1.2 นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48  
ชั่วโมง สังเกตหลอดที่ขึ้นและเกิดแก๊สใน Durham tube อ่านผลให้เป็นหลอดที่ให้ผลบวก

### 3.2.2 Confirmed test (Coliform)

3.2.2.1 เขย่าหลอด LST ที่ให้ผลบวก แล้วถ่ายเชื้อ 1 หลบ จากแต่ละหลอดลงใน  
หลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLB

3.2.2.2 นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48  
ชั่วโมง สังเกตหลอดที่ขึ้นและเกิดแก๊สใน Durham tube อ่านผลให้เป็นหลอดที่ให้ผลบวก

3.2.2.3 นับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวก นำไปอ่านค่าจากตาราง MPN รายงานผล  
เป็น MPN/100 มิลลิลิตร

### 3.2.3 Confirmed test (*E. coli*)

3.2.3.1 เขย่าหลอด LST ที่ให้ผลบวก แล้วถ่ายเชื้อ 1 หลบ จากแต่ละหลอดลงใน  
หลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ EC broth

3.2.3.2 นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ใน water bath เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.2.3.3 นับหลอดที่ขุ่นและเกิดแก๊สใน Durham tube จากนั้นใช้ลูปเขี่ยเชื้อจากหลอดที่มีแก๊ส streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB agar บ่มเพาะที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.2.3.4 ลักษณะโคโลนีของ *E. coli* มีจุดสีดำตรงกลาง อาจมีหรือไม่มี Metallic sheen

3.2.3.5 เขี่ยเชื้อจากโคโลนีที่สงสัยจานละ 2 โคโลนี ลงใน Plate Count Agar slant บ่มเพาะเชื้อที่ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 18-24 ชั่วโมง จากนั้นทำ IMVIC test

#### 3.2.4 การทำ IMVIC test

##### 3.2.4.1 I = Indole test

1) เขี่ยเชื้อจาก PCA slant ลงบน Tryptophan broth บ่มที่ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

2) เติม 0.2-0.3 มิลลิลิตร ของสารละลาย KOVAC ผลบวกจะให้ชั้นบนๆของของเหลวเปลี่ยนเป็นสีแดง

##### 3.2.4.2 M, Vi = MR-VP ( Methyl red และ acetoin)

1) เขี่ยเชื้อจาก PCA slant ลงบน MR-VP broth บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน  $48 \pm 2$  ชั่วโมง

2) ถ่ายเชื้อแบบ Aseptic มา 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดขนาด 13x100 มิลลิเมตร

3) เติม 0.6 ของ alpha-naphthol ในสารละลายแอลกอฮอล์ และเติม 0.2 มิลลิลิตรของสารละลาย creatinine-KOH ลงไป

4) ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ผลบวกให้สีชมพูแดง (eosin pink) (VP test)

5) MR-VP broth ที่เหลือบ่มเพาะต่ออีก ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน  $48 \pm 2$  ชั่วโมง

6) หยด methyl red จำนวน 5 หยด ผลบวกให้สีแดง (ผลลบให้สีเหลือง) (MR test)

### 3.2.4.3 C = Simmon citrate agar

- 1) เชื้อเชื้อจาก PCA slant ลงบน Simmon citrate agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน  $48 \pm 2$  ชั่วโมง
- 2) ผลบวกให้สีน้ำเงิน

### 3.2.4.4 การแปลผล

- 1) เชื้อ *E. coli* Biotype I เมื่อทดสอบ IMViC ให้ผล + + - -
- 2) เชื้อ *E. coli* Biotype II เมื่อทดสอบ IMViC ให้ผล - + - -
- 3) เชื้อ *Enterobacter aerogenes* เมื่อทดสอบ IMViC ให้ผล - - + +

เมื่อ IMViC หมายถึง Indole production

Methyl red reactive compound

Voges-Proskauer

Citrate utilization

ที่มา: จุไรรัตน์ (2540)

## 4. การวิเคราะห์จำนวน *Staphylococcus aureus*

### 4.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

4.1.1 ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Mannitol salt agar (MS-EY) ตามที่ข้างขวดระบุ ต้มจนเดือด แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

4.1.2 ทิ้งให้เย็นจนอุณหภูมิ 50 – 55 องศาเซลเซียส แล้วเติมไข่แดงลงไปร้อยละ 3 ของอาหารเลี้ยงเชื้อ (หรือไข่แดง 1 ฟองต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 400 มิลลิลิตร)

4.1.3 เทอาหารลงจานเพาะเชื้อที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 22 – 25 มิลลิลิตรต่อจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว ใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

## 4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

- 4.2.1 ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ด้วยวิธี เทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในถุงสำหรับเครื่องตีปั่น (stomacher) จากนั้นเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 90 มิลลิลิตร
- 4.2.2 นำตัวอย่างในข้อ 2.1 ไปตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่น (Stomacher) เป็นเวลา 60 วินาที
- 4.2.3 จากนั้นปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เข้าเครื่องเขย่าหลอด (vortex) เพื่อให้เข้ากัน ได้ตัวอย่างความเจือจางที่ระดับ  $10^{-1}$  ทำการเจือจางด้วยวิธี Serial dilution จนกว่าจะมีจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 10 - 200 โคโลนี
- 4.2.4 ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 0.1 – 0.5 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 5.1 ใช้ spreader ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว spread ให้ทั่วผิวน้ำอาหาร
- 4.2.5 นำไปบ่มโดยคว่ำจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง
- 4.2.6 สังเกตโคโลนีเฉพาะของ *S. aureus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MS-EY จะมีสีเหลือง ล้อมรอบด้วยโซนสีขาวขุ่น นำโคโลนีที่สงสัยไปทดสอบ coagulase ต่อ

## 4.3 Coagulase test

- 4.3.1 เลือกโคโลนีที่สงสัยอย่างน้อยชนิดละ 1 โคโลนี ลงใน Brain Heart Infusion (BHI) 0.3 มิลลิลิตร
- 4.3.2 นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 4.3.3 เติม coagulase plasma 0.5 มิลลิลิตร ลงใน BHI ที่บ่มเพาะเชื้อแล้ว
- 4.3.4 เพาะเชื้อต่อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส ใน water bath ตรวจสอบการจับตัว (clot) ทุกๆ 2 ชั่วโมง
- 4.3.5 สังเกตและบันทึกผล ภายใน 6 ชั่วโมง รายงานผลโดยคำนวณจากโคโลนีที่ทำให้ผลบวกในการทดสอบ Coagulase test หน่วย cfu/g หรือ cfu/ml



การศึกษาผลของขนาดเยื่อเลือกผ่านต่อความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของ  
ผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุด

แบบทดสอบความชอบและความพอใจของผลิตภัณฑ์

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์: น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส (ปราศจากสารปรุงแต่งกลิ่นรสและสี)

คำแนะนำ กรุณาให้คะแนนความชอบ1-9 และคะแนนความพอใจ 1-5 ของคุณลักษณะดังต่อไปนี้

โดยที่ลำดับคะแนนความชอบ (hedonic) 1-9 คือ:

- |                     |                                  |                   |
|---------------------|----------------------------------|-------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 2 = ไม่ชอบมาก                    | 3 = ไม่ชอบปานกลาง |
| 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย  | 5 = ไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ | 6 = ชอบเล็กน้อย   |
| 7 = ชอบปานกลาง      | 8 = ชอบมาก                       | 9 = ชอบมากที่สุด  |

ลำดับความพอใจ (JAR) 1-5 คือ: 1=น้อยเกินไปมาก 2=น้อยเกินไปเล็กน้อย

3=พอใจ 4=มากเกินไปเล็กน้อย 5=มากเกินไปมาก

กรุณา คัดน้ำและรับประทานแครกเกอร์ระหว่างตัวอย่าง

| ตัวอย่าง<br>คุณลักษณะ | ตัวอย่าง |     |
|-----------------------|----------|-----|
|                       | Hedonic  | JAR |
| สีน้ำตาล              |          |     |
| ความขุ่น              |          |     |
| กลิ่นมั่งคุด          |          |     |
| กลิ่นรสมั่งคุด        |          |     |
| ความหวาน              |          |     |
| ความชอบโดยรวม         |          |     |

คำแนะนำ \_\_\_\_\_

ขอบคุณค่ะ 

## การพัฒนาสูตรน้ำมั่งคุดอัดแก๊ส

### แบบทดสอบความชอบ

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์: น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส (ปราศจากสารปรุงแต่งกลิ่นรสและสี)

คำแนะนำ กรุณาให้คะแนนความชอบ 1-9 และคะแนนความพอใจ 1-5 ของคุณลักษณะดังต่อไปนี้

โดยที่ ความชอบ (hedonic): 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = ไม่สามารถบอกได้ว่าชอบหรือไม่ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

กรุณา ดื่มน้ำและรับประทานแครกเกอร์ระหว่างตัวอย่าง

| ตัวอย่าง<br>คุณลักษณะ |  |
|-----------------------|--|
| สี                    |  |
| กลิ่นรสมั่งคุด        |  |
| ความหวาน              |  |
| ความชอบโดยรวม         |  |

คำแนะนำ \_\_\_\_\_

ขอบคุณค่ะ 

## การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมัจจุคอดักแด้ระหว่างการเก็บรักษา

### แบบทดสอบความชอบและยอมรับผลิตภัณฑ์

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์: น้ำมัจจุคอดักแด้

รหัสตัวอย่าง \_\_\_\_\_

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับแล้วทำเครื่องหมาย ☒ ลงในช่องคะแนนให้ตรงตามความรู้สึกของท่านมากที่สุด

**กรุณา** ดื่มน้ำและรับประทานแครกเกอร์ระหว่างตัวอย่าง

| คุณลักษณะ         | ไม่ชอบ<br>มากที่สุด | ไม่ชอบ<br>มาก | ไม่ชอบ<br>ปาน<br>กลาง | ไม่ชอบ<br>เล็กน้อย | ไม่สามารถ<br>บอกได้ว่า<br>ชอบ<br>หรือไม่ | ชอบ<br>เล็กน้อย | ชอบ<br>ปาน<br>กลาง | ชอบ<br>มาก | ชอบ<br>มากที่สุด |
|-------------------|---------------------|---------------|-----------------------|--------------------|------------------------------------------|-----------------|--------------------|------------|------------------|
| สี                |                     |               |                       |                    |                                          |                 |                    |            |                  |
| ความใส            |                     |               |                       |                    |                                          |                 |                    |            |                  |
| กลิ่นมัจจุค       |                     |               |                       |                    |                                          |                 |                    |            |                  |
| ความหวาน          |                     |               |                       |                    |                                          |                 |                    |            |                  |
| กลิ่นรสมัจจุค     |                     |               |                       |                    |                                          |                 |                    |            |                  |
| รสชาติ<br>โดยรวม  |                     |               |                       |                    |                                          |                 |                    |            |                  |
| ความหนืด          |                     |               |                       |                    |                                          |                 |                    |            |                  |
| ความชอบ<br>โดยรวม |                     |               |                       |                    |                                          |                 |                    |            |                  |

ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมัจจุคอดักแด้หรือไม่

( ) ยอมรับ

( ) ไม่ยอมรับ เพราะ.....

ขอบคุณค่ะ 



## แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส

### คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้เป็นงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดอัดแก๊ส ของ นางสาว รัชชนก อุดมทรัพย์ นิสิตปริญญาโท สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านทำแบบทดสอบผลิตภัณฑ์และตอบแบบสอบถาม ผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดที่พัฒนาขึ้นมีสารแซนโทน ซึ่งมีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ ช่วยต้านการเจริญของเนื้องอกและการเกิดมะเร็ง ลดการอักเสบและอาการแพ้ เช่น โรคภูมิแพ้ ป้องกันโรคมะเร็ง รวมถึงป้องกันเชื้อจุลินทรีย์และไวรัส นอกจากนี้ยังช่วยลดความเครียด บำรุงระบบการย่อยอาหาร ช่วยฟื้นฟูสภาพผิว และช่วยป้องกันปัญหาทางสายตา ผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านกระบวนการอัดแก๊สเพื่อเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้รักสุขภาพและความแปลกใหม่ โดยผลิตภัณฑ์น้ำมั่งคุดที่ท่านทดสอบได้ผ่านกรรมวิธีผลิตที่ถูกสุขลักษณะ และมีความปลอดภัยในการบริโภค ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ โดยข้อมูลทั้งหมดจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ

ผู้วิจัย

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ( ) หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

( ) ชาย

( ) หญิง

2. อายุ

( ) ต่ำกว่า 20 ปี

( ) 20-30 ปี

( ) 31-40 ปี

( ) 41-50 ปี

( ) 50 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษาสูงสุดที่ได้รับ

( ) ต่ำกว่าระดับมัธยมศึกษา

( ) มัธยมศึกษา

( ) อนุปริญญา (ปวช./ปวส.)

( ) ปริญญาตรี

( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

( ) นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา

( ) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ

( ) พนักงานบริษัทเอกชน

( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) แม่บ้าน

5. รายได้ต่อเดือน

( ) ต่ำกว่า 5,000 บาท

( ) 5,001-10,000 บาท

( ) 10,001-15,000 บาท

( ) 15,001-20,000 บาท

( ) 20,001-25,000 บาท

( ) มากกว่า 25,000 บาท

6. ความถี่ในการดื่มน้ำผลไม้

( ) น้อยกว่า 1-2 ครั้ง/เดือน

( ) 1-2 ครั้ง/เดือน

( ) 1-2 ครั้ง/สัปดาห์

( ) 2-3 ครั้ง/สัปดาห์

( ) 3-4 ครั้ง/สัปดาห์

( ) มากกว่า 3-4 ครั้ง/สัปดาห์

ส่วนที่ 2 กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ผลิตภัณฑ์: น้ามังคุดอัดแก๊ส

|                                        |                            |                      |                          |                            |                                          |                                   |                       |                           |                         |  |  |
|----------------------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|--|--|
| สี                                     | ไม่ชอบ<br>มากที่สุด<br>( ) | ไม่ชอบ<br>มาก<br>( ) | ไม่ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ไม่ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )  | ไม่สามารถบอก<br>ได้ว่าชอบ<br>หรือไม่ ( ) | ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )            | ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ชอบ<br>มาก<br>( )         | ชอบมาก<br>ที่สุด<br>( ) |  |  |
| ความใส                                 | ไม่ชอบ<br>มากที่สุด<br>( ) | ไม่ชอบ<br>มาก<br>( ) | ไม่ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ไม่ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )  | ไม่สามารถ<br>บอกได้ว่าชอบ<br>หรือไม่ ( ) | ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )            | ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ชอบ<br>มาก<br>( )         | ชอบมาก<br>ที่สุด<br>( ) |  |  |
| กลิ่น<br>มังคุด                        | ไม่ชอบ<br>มากที่สุด<br>( ) | ไม่ชอบ<br>มาก<br>( ) | ไม่ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ไม่ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )  | ไม่สามารถ<br>บอกได้ว่าชอบ<br>หรือไม่ ( ) | ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )            | ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ชอบ<br>มาก<br>( )         | ชอบมาก<br>ที่สุด<br>( ) |  |  |
| ความ<br>หวาน                           | ไม่ชอบ<br>มากที่สุด<br>( ) | ไม่ชอบ<br>มาก<br>( ) | ไม่ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ไม่ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )  | ไม่สามารถ<br>บอกได้ว่าชอบ<br>หรือไม่ ( ) | ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )            | ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ชอบ<br>มาก<br>( )         | ชอบมาก<br>ที่สุด<br>( ) |  |  |
| กลิ่นรส<br>มังคุด                      | ไม่ชอบ<br>มากที่สุด<br>( ) | ไม่ชอบ<br>มาก<br>( ) | ไม่ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ไม่ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )  | ไม่สามารถ<br>บอกได้ว่าชอบ<br>หรือไม่ ( ) | ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )            | ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ชอบ<br>มาก<br>( )         | ชอบมาก<br>ที่สุด<br>( ) |  |  |
| รสชาติ<br>โดยรวม                       | ไม่ชอบ<br>มากที่สุด<br>( ) | ไม่ชอบ<br>มาก<br>( ) | ไม่ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ไม่ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )  | ไม่สามารถ<br>บอกได้ว่าชอบ<br>หรือไม่ ( ) | ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )            | ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ชอบ<br>มาก<br>( )         | ชอบมาก<br>ที่สุด<br>( ) |  |  |
| ความ<br>หนืด                           | ไม่ชอบ<br>มากที่สุด<br>( ) | ไม่ชอบ<br>มาก<br>( ) | ไม่ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ไม่ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )  | ไม่สามารถ<br>บอกได้ว่าชอบ<br>หรือไม่ ( ) | ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )            | ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ชอบ<br>มาก<br>( )         | ชอบมาก<br>ที่สุด<br>( ) |  |  |
| ความชอบ<br>โดยรวม                      | ไม่ชอบ<br>มากที่สุด<br>( ) | ไม่ชอบ<br>มาก<br>( ) | ไม่ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ไม่ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )  | ไม่สามารถ<br>บอกได้ว่าชอบ<br>หรือไม่ ( ) | ชอบ<br>เล็กน้อย<br>( )            | ชอบ<br>ปานกลาง<br>( ) | ชอบ<br>มาก<br>( )         | ชอบมาก<br>ที่สุด<br>( ) |  |  |
| หากผลิตภัณฑ์มีความซ้ำเพิ่มขึ้น ท่านจะ  |                            |                      |                          | ( ) ชอบมากขึ้น เพราะ _____ |                                          | ( ) ชอบไม่ต่างจากเดิม เพราะ _____ |                       | ( ) ชอบน้อยลง เพราะ _____ |                         |  |  |
| ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่          |                            |                      |                          | ( ) ยอมรับ                 |                                          | ( ) ไม่ยอมรับ เพราะ _____         |                       |                           |                         |  |  |
| หากผลิตภัณฑ์นี้วางขายท่านจะซื้อหรือไม่ |                            |                      |                          | ( ) ซื้อ                   |                                          | ( ) ไม่ซื้อ เพราะ _____           |                       |                           |                         |  |  |

คำแนะนำ \_\_\_\_\_

๙๙๙ กรุณาพับคีม้น้ำ แล้วทำการประเมินตัวอย่างใหม่ในหน้าถัดไป ๙๙๙

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ –นามสกุล        | นางสาวรัชชนก อุดมทรัพย์                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด | 11 สิงหาคม 2529                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| สถานที่เกิด          | กรุงเทพมหานคร                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ประวัติการศึกษา      | วท.บ. (เคมี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2550                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ผลงานทางวิชาการ      | <p>Thanchanok Udomsup, Nantawan Therdthai and Thepkunya Harnsilawat. 2010. Product Development of Clear Mangosteen Juice. Presentation in the 6<sup>th</sup> Thailand-Taiwan Academic Cooperation Conference on “Food and Agricultural Innovation: Going Global”. 2010. November 13-17, Kasetsart University.</p> <p>Thanchanok Udomsup, Nantawan Therdthai and Thepkunya Harnsilawat. 2011. Effect of xanthan gum and carboxymethyl cellulose concentration on quality of cloudy mangosteen juice. Proceedings of 49<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference. February 1-4, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.</p> <p>Thanchanok Udomsup, Nantawan Therdthai and Thepkunya Harnsilawat. 2011. Effect of fining treatments on color of pasteurized clear mangosteen juice mixed with grape juice. Proceedings of 49<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference. February 1-4, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.</p> |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ | ทุนวิจัยมหับัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |