

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มเข้มข้น: ศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บ

สุรเทพ สันตดอนัวตริ มาริรัตน์ ชัยมงคลทรัพย์ ฝนทิพย์ ศรสุราษฎร์ สุวิธสา พงษ์อำไพ ละเอียด เพ็งโสภา และ
สุภาภรณ์ ดักกลาส *

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Email : supaporn.chu@kmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำส้มเข้มข้น โดยนำน้ำส้มสดมาทำการต้มระเหยด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มที่มีใบกวน ที่อัตราการป้อน 40 ลิตรต่อชั่วโมง ความเร็วรอบใบกวน 200 รอบต่อนาทีและความดันสูญญากาศ 350 มิลลิเมตรปรอท น้ำส้มเข้มข้นที่ได้จากการต้มระเหยถูกนำมาพัฒนา โดยการเติมสารปรุงแต่งและทำการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ ขวดแก้วและขวด Polyethylene terephthalate(PET) และเก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส จากงานวิจัยพบว่าน้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวดแก้วและเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายน้ำและความหนืด คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างและเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดทั้งหมด และคุณสมบัติทางชีวภาพดีที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ ในขณะที่พบการสูญเสียกรดแอสคอบิก และการเกิดสีน้ำตาลในน้ำส้มเข้มข้นเล็กน้อย สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มเข้มข้น พบว่าเมื่ออายุการเก็บครบ 12 สัปดาห์ น้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในแก้วและขวด PET ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ: น้ำส้มเข้มข้น อายุการเก็บ บรรจุภัณฑ์

1.บทนำ

ส้มเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่ออกผลตามฤดูกาล ถึงแม้ปัจจุบันจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีในด้านการเกษตรทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอดปี แต่ส้มที่ได้นอกฤดูกาลจะมีปริมาณน้อยทำให้ราคาในท้องตลาดสูงกว่าปกติ น้ำส้มสดที่คั้นจากส้มสดโดยตรงเป็นน้ำผลไม้ที่ให้คุณค่าอาหารสูง ทั้งวิตามินซี เกลือแร่ โปรตีน และไฟเบอร์จากเนื้อเยื่ออ่อน แต่ข้อเสียของน้ำส้มสดคือ ต้องบริโภคในทันทีไม่เช่นนั้นคุณค่าทางอาหารจะสูญเสียไป เช่น กรดแอสคอบิก และน้ำส้มจะมีการเปลี่ยนสีเป็นสีคล้ำขึ้น (Chawankul et al., 2001) นอกจากนี้การเตรียมน้ำส้มสดในการบริโภคอาจไม่สะดวกจึงมีการผลิตน้ำส้มเข้มข้น จากงานวิจัยที่ผ่านมา (ทรงพลและศุภกิจ,2545)ได้พัฒนาน้ำส้มเข้มข้น โดย

ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มระเหยน้ำส้มสดให้เป็นน้ำส้มเข้มข้น โดยใช้เครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มที่มีใบกวน และนำน้ำส้มเข้มข้นที่ได้จากการต้มระเหยมาพัฒนาต่อ เพื่อให้ได้คุณภาพใกล้เคียงน้ำส้มสดและผ่านการยอมรับของผู้บริโภค ผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค พบว่าการยอมรับในด้านสี ลักษณะความขุ่นใส ดีกว่าน้ำส้มสด แต่ยังด้อยกว่าน้ำส้มสดในด้านกลิ่นและรสชาติเพียงเล็กน้อย การศึกษาอายุการเก็บน้ำส้มเข้มข้นในระยะเวลา 1 เดือน เริ่มพบการเปลี่ยนแปลงสีและความหนืดของน้ำส้มเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการเลือกชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและความร้อน รวมทั้งการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะที่เหมาะสม จะสามารถช่วยแก้ปัญหาการ

เปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำส้มเข้มข้นในช่วงการเก็บรักษาได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาน้ำส้มเข้มข้น เพื่อยังคงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ของน้ำส้มเข้มข้น

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 การต้มระเหยด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มที่มีใบกวน



รูปที่ 1 เครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มที่มีใบกวน

ได้นำน้ำส้มสดมาต้มระเหยด้วยเครื่องต้มระเหยแบบฟิล์มที่มีใบกวน(รูปที่ 1) โดยใช้อัตราการป้อน 40 ลิตรต่อชั่วโมง ความเร็วรอบใบกวน 200 รอบต่อนาที ความเข้มข้นขาเข้าของน้ำส้มในช่วง 8 ถึง 11 บริกซ์ และความดันสุญญากาศ 350 มิลลิเมตรปรอท (ทรงพลและศุภกิจ, 2545)

2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มเข้มข้น

นำน้ำส้มเข้มข้นที่ผ่านการต้มระเหยมาทำการพัฒนาโดยนำมาเติมสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มเนื้อสัมผัส สี กลิ่น และสารถนอมอาหาร จากสูตรที่เหมาะสมจากงานวิจัยที่ผ่านมา (ทรงพลและศุภกิจ, 2545)

2.3 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำส้มเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษา

นำน้ำส้มเข้มข้นบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ขวดแก้ว และขวด PET และเก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 25

องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายน้ำ(บริกซ์) สี และความหนืด ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณวิตามินซี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด และทางชีวภาพ

2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำน้ำส้มเข้มข้นมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติและการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากกลุ่มผู้ทดสอบย่อย 20 คน

2.5 ศึกษาปฏิกิริยาจลนศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสีและกรดแอสคอบิก

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 คุณสมบัติของน้ำส้มเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา

3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

i) ค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของน้ำส้มเข้มข้น(บริกซ์) แสดงดังรูปที่ 2 พบว่าบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าบริกซ์ และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิพบว่าน้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวดแก้วและขวด PET ที่อุณหภูมิ 25 °C มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย มีค่าบริกซ์ของน้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 °C สูงกว่าน้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เนื่องจากซูโครสที่อยู่ในน้ำส้มเข้มข้นเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ทำให้ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น น้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 °C เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 4 °C (Kimball, 1999)

ii) ค่าความหนืด

ค่าความหนืดของน้ำส้มเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับผลจากอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 3 ค่าความหนืดของน้ำส้มเข้มข้นอุณหภูมิ 4 °C ที่บรรจุในขวดแก้วจะมีค่าความหนืด สูงกว่าน้ำส้มเข้มข้นอุณหภูมิ 25 °C เช่นเดียวกันกับ ขวด PET ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูง พลังงานความร้อนจะเข้าไป

ทำลายแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของอนุภาคในของไหล และเกิดการย่อยสลายของเพคตินเนื่องจากเอนไซม์ เพคตินเนสทำให้ความหนืดของน้ำส้มเข้มข้นลดลง (ชลิตต์, 2538)

iii) การเปลี่ยนแปลงสี

ผลของการเปลี่ยนแปลงสีในน้ำส้มเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาแสดงใน รูปที่ 4-6 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ความสว่าง), a (ความเป็นสีแดง) และ b (ความเป็นสีเหลือง) ในช่วงอายุการเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าน้ำส้มเข้มข้นบรรจุในขวด PET เก็บที่อุณหภูมิ 25 °C มีการเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุด รองลงมาคือขวด PET ที่ 4 °C, ขวดแก้วที่ 25 °C และขวดแก้วที่ 4 °C ตามลำดับ ส่วนสาเหตุที่ทำให้สีของน้ำส้มเข้มข้นเปลี่ยนแปลงในขณะที่เก็บรักษาเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลคือการเกิดออกซิเดชันของกรดแอสคอบิก ปฏิกิริยาเกิดได้ดีที่อุณหภูมิ 25 °C มากกว่าที่ 4 °C ทำให้สีของน้ำส้มเข้มข้นเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิ 25 °C มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างขวดแก้วและขวด PET พบว่าขวด PET มีค่าการยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านมากกว่า ทำให้การเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอบิกเกิดขึ้นมากกว่า ดังนั้น ขวด PET ที่อุณหภูมิ 25 °C จึงพบการเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุด

3.1.2 คุณสมบัติทางเคมี

i) ปริมาณกรดแอสคอบิก

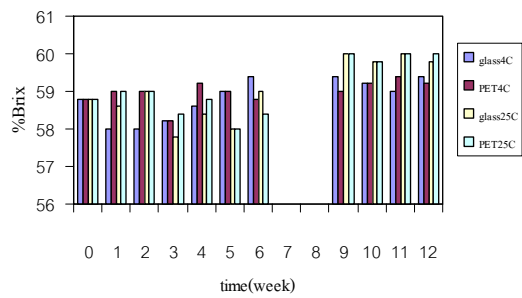
การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอบิกกับเวลาของน้ำส้มเข้มข้น แสดงดังรูปที่ 7 เมื่อพิจารณาผลของบรรจุภัณฑ์พบว่าน้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวดแก้วมีกรด แอสคอบิกเหลืออยู่มากกว่าน้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวด PET และที่อุณหภูมิ 4 °C มีกรดแอสคอบิกเหลืออยู่มากกว่าน้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 °C เนื่องจากขวด PET มีการซึมผ่านของออกซิเจนได้มากกว่าขวดแก้ว และที่อุณหภูมิ 25 °C เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอบิกได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 4 °C

ii) ค่าความเป็นกรด-ด่าง

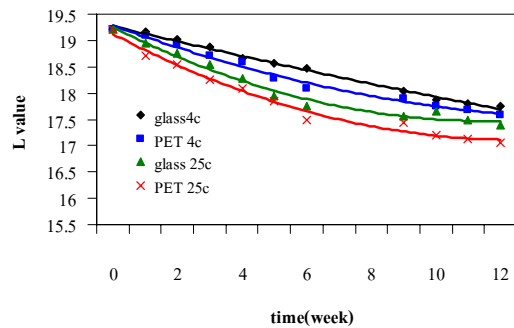
จากรูปที่ 8 พบว่าค่า pH ของน้ำส้มเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การเพิ่มขึ้นของ ค่า pH เกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 25 °C มากกว่าที่ 4 °C ในทั้งสองบรรจุภัณฑ์ น้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวด PET มีค่า pH เพิ่มขึ้นมากกว่าที่บรรจุในขวดแก้ว เนื่องจากการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิกเกิดขึ้นมากกว่า

iii) ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดทั้งหมด

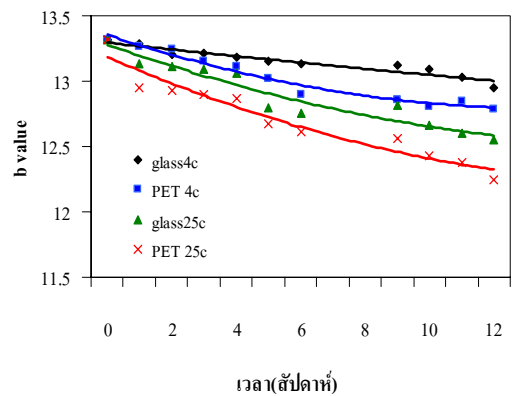
การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดทั้งหมดจะมีค่าลดลง แสดงดังในรูปที่ 9 สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง pH คือเมื่ออายุการเก็บน้ำส้มเข้มข้นมากขึ้น ค่าความเป็นกรดทั้งหมดมีค่าลดลง การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมากที่สุดที่อุณหภูมิ 25 °C เพราะเกิดการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิกได้มากกว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด



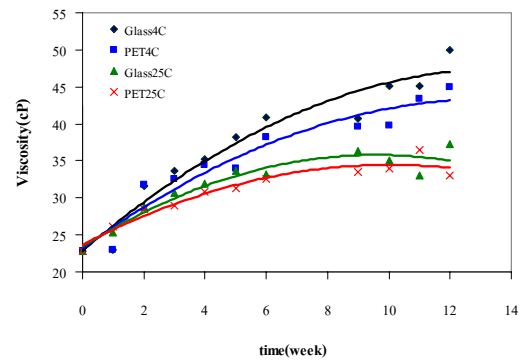
รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลาย
น้ำในน้ำส้มเข้มข้น(บริกซ์) ในระหว่างการเก็บ
รักษา



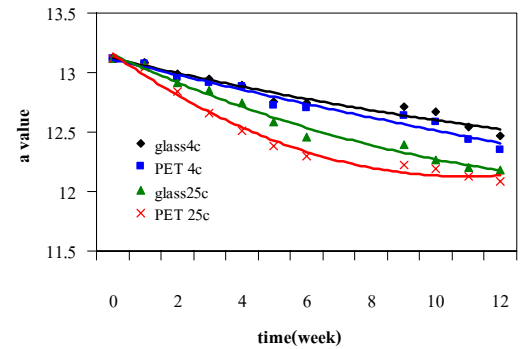
รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า L ของน้ำส้มเข้มข้นใน
ระหว่างการเก็บรักษา



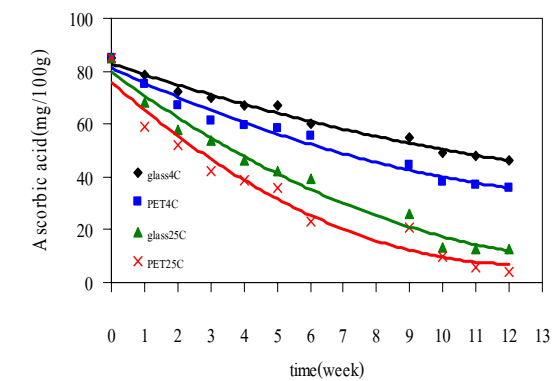
รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า b ของน้ำส้มเข้มข้นใน
ระหว่างการเก็บรักษา



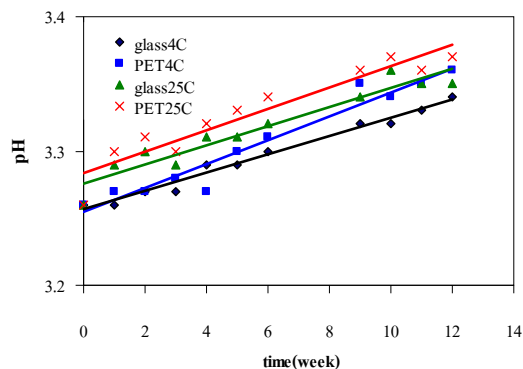
รูปที่3 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำส้มเข้มข้น
ในระหว่างการเก็บรักษา



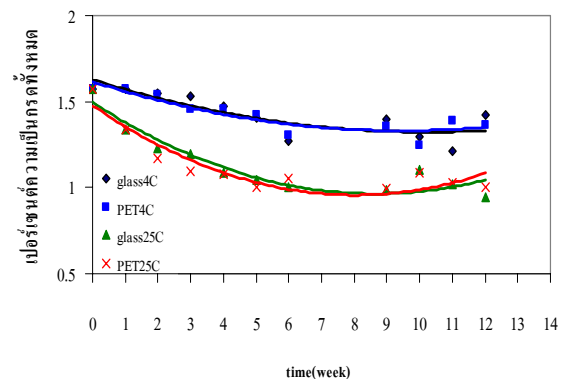
รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า a ของน้ำส้มเข้มข้นใน
ระหว่างการเก็บรักษา



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอบิกของ
น้ำส้มเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของน้ำส้มเข้มข้นในระหว่างการเก็บรักษา

3.1.3 คุณสมบัติทางชีวภาพ

น้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวดแก้วและขวดPET ที่ 4 และ 25 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด

3.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส

เมื่อพิจารณาโดยรวมของการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มเข้มข้นทุกตัวอย่างรวมทั้งน้ำส้มเข้มข้นเป้าหมาย(target) สรุปได้ดังตารางที่ 1 และ 2 จากตารางที่ 1 พบว่า น้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 °C มีความแตกต่างของคุณสมบัติด้านการผสมเป็นเนื้อเดียวกันและการยอมรับรวมที่สัปดาห์ที่ 3 และ 5 ตามลำดับ สำหรับน้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ในทั้งสองบรรจุภัณฑ์ ไม่พบความแตกต่างของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสอย่าง

มีนัยสำคัญ ในขณะที่น้ำส้มเข้มข้นเป้าหมายผู้ชิมสามารถพบความแตกต่างของกลิ่นและการยอมรับรวมเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาได้ 5 สัปดาห์

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนเฉลี่ยของการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มเข้มข้นในทุกตัวอย่างตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ พบว่าน้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ได้คะแนนการประเมินสูงกว่าเก็บที่อุณหภูมิ 25 °C ในทุกคุณสมบัติ น้ำส้มเข้มข้นบรรจุในขวดแก้วได้รับการยอมรับรวมมากกว่าน้ำส้มเข้มข้นในขวด PET เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มเข้มข้นเป้าหมาย น้ำส้มเข้มข้นเป้าหมายได้รับคะแนนประเมินด้านกลิ่นและรสชาติสูง แต่การยอมรับรวมต่ำกว่าน้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ในทั้งสองบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 1 คุณลักษณะที่เปลี่ยนแปลงของน้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวดแก้วและขวดPET ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 °C

ตัวอย่าง	คุณลักษณะที่เปลี่ยนแปลง	อายุการเก็บที่เริ่มพบการเปลี่ยนแปลง
ขวดแก้ว 25 °C	การผสมเป็นเนื้อเดียวกัน การยอมรับรวม	3 สัปดาห์ 5 สัปดาห์
PET 25 °C	การผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	3 สัปดาห์
ขวดแก้ว 4 °C	-	-
PET 4 °C	-	-
เป้าหมาย 4 °C (PET)	กลิ่น การยอมรับรวม	6 สัปดาห์ 5 สัปดาห์

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ยของการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มเข้มข้นในการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

ตัวอย่าง	สี	การผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
GLASS 25 °C	4.17	4.01	3.56	3.84	4.81
PET 25 °C	4.21	4.38	3.61	3.98	4.50
GLASS 4 °C	3.83	4.74	3.84	4.13	5.53
PET 4 °C	4.1	4.78	3.86	4.48	5.0
TARGET4 °C (PET)	3.95	4.77	4.46	6.04	4.34

3.3 การศึกษาจลนศาสตร์

3.3.1 การศึกษาจลนศาสตร์ของสี

การศึกษาจลนศาสตร์ของสีของน้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวดแก้วและขวดPETที่ อุณหภูมิ 4 °C และ 25°C พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีสามารถอธิบายด้วยปฏิกิริยาอันดับหนึ่งดังสมการที่ 1

$$\ln \frac{X}{X_0} = -k_x t \quad (1)$$

เมื่อ X คือค่า L,a หรือ b ณ เวลาใดๆ

X_0 คือค่า L,a หรือ b เริ่มต้น

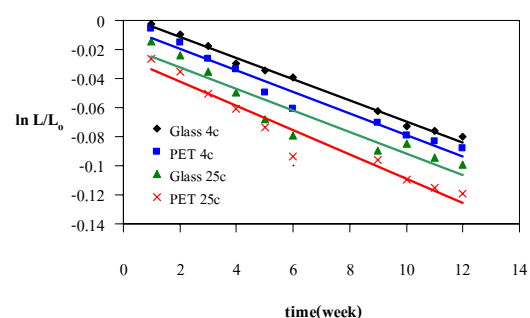
k_x คือค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงค่า L,a หรือ b (สัปดาห์⁻¹)

จากรูปที่ 10-12 แสดงความสัมพันธ์ของ $\ln L/L_0$, $\ln a/a_0$ และ $\ln b/b_0$ กับเวลาพบว่ากราฟที่ได้เป็นเส้นตรงสอดคล้องกับปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง มีความชันเป็นค่าคงที่แสดงค่า k_x น้ำส้มเข้มข้นบรรจุในขวดPETเก็บที่ 25 °C มีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยามากที่สุดรองลงมาคือขวดแก้วที่ 25°C ขวดPET ที่ 4°C และ ขวดแก้วที่ 4°C ตามลำดับ

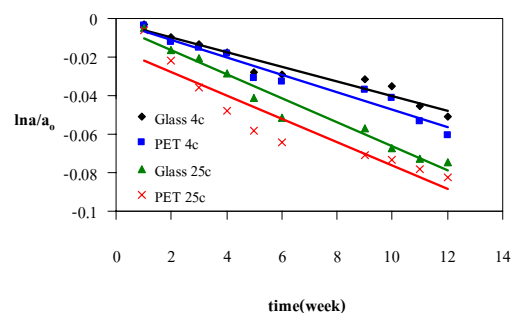
3.3.2 การศึกษาจลนศาสตร์ของกรดแอสคอบิก

การเปลี่ยนแปลงของกรดแอสคอบิกในน้ำส้มเข้มข้นในขณะเก็บรักษาพบการเปลี่ยนแปลงเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่13 ค่าคงที่การเปลี่ยนแปลงกรดแอสคอบิกของน้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวด PET 25°C มีค่ามากที่สุด และมีอัตราเร็วการเสื่อมสลายของกรดแอสคอบิกมากที่สุด รองลงมาคือ ขวด

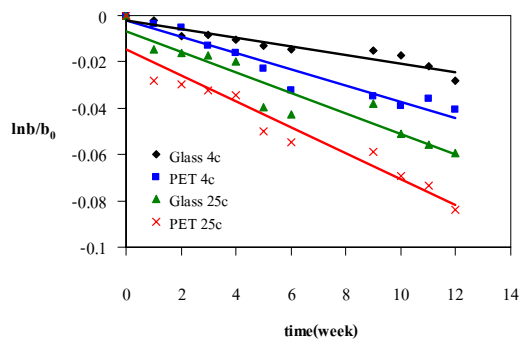
แก้วที่ 25°C ขวดPET ที่ 4°C และ ขวดแก้วที่ 4°C ตามลำดับ



รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln L/L_0$ กับเวลา



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln a/a_0$ กับเวลา



รูปที่12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln b/b_0$ กับเวลา

4. สรุปผลการทดลอง

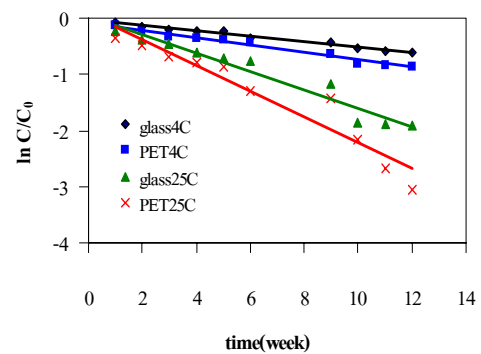
1. น้ำส้มเข้มข้นบรรจุในขวดPET มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติระหว่างการเก็บมากกว่าน้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวดแก้ว เนื่องจากขวดPET มีค่าการยอมให้ออกซิเจนและไอน้ำซึมผ่านมากกว่าขวดแก้ว

2. คุณสมบัติทางกายภาพ

น้ำส้มเข้มข้นเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีค่าปริมาตรเพิ่มขึ้นมากกว่าเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความหนืดของน้ำส้มเข้มข้นเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำส้มเข้มข้น พบว่าน้ำส้มเข้มข้นบรรจุในขวดPET เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุด รองลงมาคือ ขวดPET ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส, ขวดแก้วที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ ขวดแก้วที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3. คุณสมบัติทางเคมี

น้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวดแก้วมีกรดแอสคอบิกเหลืออยู่มากกว่าในขวดPET และน้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีกรดแอสคอบิกเหลืออยู่มากกว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลของpH พบว่าน้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีค่า pH สูงกว่าที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส และน้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวด PET มีค่า pH เพิ่มขึ้นมากกว่าในขวดแก้ว การเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดทั้งหมดให้ผลสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า pH



รูปที่13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln C/C_0$ กับเวลา

4. คุณสมบัติทางชีวภาพ

น้ำส้มเข้มข้นที่บรรจุในขวดแก้วและขวด PET ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่ามาตรฐานกำหนด

5.สภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาน้ำส้มเข้มข้น คือ บรรจุในขวดแก้วและเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีน้อยที่สุด

6. เมื่อเปรียบเทียบน้ำส้มเข้มข้นที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในทั้งสองบรรจุภัณฑ์กับน้ำส้มเข้มข้นเป้าหมายพบว่า น้ำส้มเข้มข้นเป้าหมายได้รับการประเมินด้านการยอมรับรวมน้อยกว่า

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญานิพนธ์ ประจำปี 2546 และ บริษัทเค.เอส.เทรดดิ้ง จำกัดสำหรับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ชลิตต์ มธุรสมนตรี, 2538, คุณสมบัติการไหลของมะเขือเทศเข้มข้น ศึกษาผลของขนาดและความเข้มข้นของอนุภาค, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศุภกิจ พานิชเจริญ และทรงพล ชงสุวรรณ, 2545, การ
พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มเข้มข้น, วิทยานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าธนบุรี

Chawankul,N.,S.Chuaprasert,P.L.Douglas and
W.Luewisutthichat, 2001, "Simulation of an
Agitated Thin Film Evaporator for Concentrating
Orange Juice Using Aspen Plus" , J. of Food
Eng.,47, 247-253

Kimball Dan A., 1999, Citrus Processing, An Aspen
publishers, Inc., Maryland, chapter 6,191-239