รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณสมบัติวิทยากระแสและเคมีกายภาพของเพียวเร่จากผักและผลไม้

Rheological and Physico-Chemical Properties of Vegetable and Fruit Puree

นางสาวรุจิรา ตาปราบ
นางสาวปนัดดา นนทนำ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณสมบัติวิทยากระแสและเคมีกายภาพของเพียวเร่จากผักและผลไม้

Rheological and Physico-Chemical Properties of Vegetable and Fruit Puree

นางสาวรุจิรา ตาปราบ

นางสาวปนัดดา นนทนำ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ คุณสมบัติวิทยากระแสและเคมีกายภาพของเพียวเร่จากผักและผลไม้
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้
ประจำปีงบประมาณ 2559 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 30,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงวันที่ 30 เดือนกันยายน พ.ศ. 2559
หัวหน้าโครงการ นางสาวรุจิรา ตาปราบ ผู้ร่วมโครงการวิจัย นางสาวปนัดดา นนทนำ
คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้เลือกเพียวเร่มะขามและฟักทองในการศึกษาสมบัติวิทยากระแสและสมบัติด้านเคมีกายภาพ สำหรับเพียวเร่มะขามได้ศึกษาสมบัติวิทยากระแสที่ความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 15, 20 และ 25 องศาบริกซ์ โดยแต่ละระดับความเข้มข้นปรับให้มีอุณหภูมิเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 25, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เมื่อนำตัวอย่างไปวัดหาความเค้นเฉือนและค่าความหนืด พบว่าตัวอย่างมีค่าดัชนีการไหลที่น้อยกว่า 1 และพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของความหนืดมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เป็นไปตามสมการของอาร์เรเนียส ส่วนเพียวเร่ฟักทองได้ทำการศึกษาผลของกระบวนการผลิตต่อสมบัติกระแสวิทยาและสมบัติด้านเคมีกายภาพของฟักทองสองสายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ทองอำไพ และพันธุ์ลายเกษตร พบว่า กระบวนการลวกส่งผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนของเพียวเร่ และค่าดัชนีความคงตัวของเพียวเร่ฟักทองพันธุ์ทองอำไพมีค่ามากกว่าพันธุ์ลายเกษตรที่สภาวะทดลองเดียวกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 103-134 $Pa.s^n$ และ 37-46 $Pa.s^n$ ตามลำดับ

คำสำคัญ : วิทยากระแส, ความหนืด, เบต้าแคโรทีน

Research Title: Rheological and Physico-Chemical Properties of Vegetable and Fruit Puree
Researchers: Miss Ruchira Taprap and Miss Panadda Nonthanum
Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

Puree from tamarind and pumpkin was selected for studying the rheological and physico-chemical properties. For tamarind puree, the three levels of concentration (15, 20 and 25 °Brix) and the four levels of temperature (25, 40, 50 and 60 °C) were conditions of this study. It was found that the flow behavior indexes of all tamarind puree samples were less than 1 and the relationship of viscosity and temperature followed the Arrhenius equation. For pumpkin puree, the effects of processing conditions of two pumpkin varieties (Thong Ampai and Lai Kaset) on rheological and physico-chemical properties were investigated. The results showed that blanching had the effect on beta-carotene contents of samples. The consistency indexes of pumpkin puree samples from Thong Ampai variety had higher values as compared to those from Lai Kaset variety which were 103-134 $Pa.s^n$ and 37-46 $Pa.s^n$, respectively.

Keywords : Rheology, Viscosity, β-Carotene

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณคณะอุตสหากรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้เงินทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากแหล่งงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 (รหัสโครงการ/รหัสสัญญา 2559-17-013)

นางสาวรุจิรา ตาปราบ
นางสาวปนัดดา นนทนำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 2

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 5

3.1 การทดลองเพียวเร่มะขาม 5

3.2 การทดลองเพียวเร่ฟักทอง 5

บทที่ 4 ผลการวิจัย 7

4.1 ผลการวิจัยของเพียวเร่มะขาม 7

4.2 ผลการวิจัยของเพียวเร่ฟักทอง 7

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 9

บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย 10

เอกสารอ้างอิง 11

ภาคผนวก 12

ภาคผนวก ก ผลงานวิชาการ (Proceeding Conference) เรื่อง Rheological and flow properties of tamarind puree 13

ภาคผนวก ข ผลงานวิชาการ (Proceeding Conference) เรื่อง Effect of cultivars and processing conditions on rheological properties and beta-carotene contents of pumpkin puree 20

ภาคผนวก ค สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย 28

ข้อมูลประวัติผู้วิจัย 30

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพและบริโภคอาหารที่มีคุณค่ามากขึ้น การผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้รักสุขภาพจึงมีความสำคัญ มีงานวิจัยต่างๆ ที่รายงานว่าการบริโภคผักและผลไม้จะช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โรคหลอดเลือดสมอง และโรคความดัน เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากผักและผลไม้ประกอบไปด้วยสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) และยังอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย (Steinmetz และ Potter, 1996; Steffen, 2006) อย่างไรก็ตามตลาดของสินค้าผักและผลไม้เพื่อการบริโภคไม่ได้หยุดนิ่งอยู่ที่การบริโภคของสดเพียงเท่านั้น การผลิตสินค้าให้มีรูปแบบที่หลากหลายและไม่ซ้ำซากจำเจยังมีความจำเป็น โดยผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้รูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจได้แก่ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้บด ที่เรียกกันว่า เพียวเร่ (Puree) ซึ่งเกิดจากการตีปั่นผักหรือเนื้อผลไม้ที่ผ่านการเอาเมล็ดและเปลือกออก บดให้ละเอียดแล้วกรอง หรืออาจทำการลดขนาดด้วยวิธีทางกลศาสตร์อื่นๆ จนได้เนื้อผลไม้ที่มีความเข้มข้นสูง ข้นและหนืด ซึ่งจะสามารถนำไปบริโภคในรูปแบบซอสผักและผลไม้ ผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับเด็กและผู้สูงวัย หรือสามารถนำไปเจือจางเพื่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ต่อไปได้

ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร ลักษณะของอาหารที่ได้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างของอาหาร โดยสมบัติการไหลหรือสมบัติวิทยากระแส (Rheological property) เป็นสมบัติพื้นฐานที่บ่งชี้ถึงโครงสร้างของอาหารได้ การทราบถึงข้อมูลสมบัติการไหลของอาหารจึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการผลิตอาหารให้ได้คุณลักษณะตามต้องการ อีกทั้งยังมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ในระหว่างการผลิต และผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้รับ (Federica และคณะ, 2011) รวมถึงมีความสำคัญต่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้สมบัติการไหลยังเป็นสมบัติที่สัมพันธ์กับความรู้สึกภายในปาก ไปจนถึงความสามารถที่อาหารจะถูกย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้อีกด้วย (Fischer และ Windhab, 2011) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาคุณสมบัติวิทยากระแสและสมบัติเชิงเคมีกายภาพของเพียวเร่ชนิดต่างๆ ได้แก่ เพียวเร่ฟักทองและเพียวเร่มะขาม ซึ่งเป็นผักและผลไม้ที่นำมาบริโภคโดยทั่วไปและใช้สำหรับการประกอบอาหารของคนไทย โดยข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารประเภท เพียวเร่ ที่เหมาะกับเด็กและผู้สูงวัยที่อาจมีปัญหาในการบดเคี้ยวอาหาร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติวิทยากระแสและสมบัติเชิงเคมีกายภาพของเพียวเร่มะขามและฟักทอง

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของกระบวนการผลิตที่มีต่อคุณค่าทางโภชนาการของเพียวเร่

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 รีโอโลยี (Rheology)

รีโอโลยีเป็นศาสตร์ที่ศึกษาถึงพฤติกรรมเชิงกลของวัสดุที่ใช้ในการอธิบายการตอบสนองของวัสดุที่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำ ตัวอย่างสมบัติทางรีโอโลยีของอาหารเหลวที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น น้ำปลาสามารถไหลออกมาจากขวดได้เลยเมื่อผู้บริโภคทำการเทขวด แต่ซอสมะเขือบางชนิดไม่สามารถไหลออกมาจากขวดได้จนกว่าผู้บริโภคจะออกแรงตบก้นขวดก่อน ซึ่งปรากฏการณ์นี้ส่งผลมาจากพฤติกรรมการไหลของอาหารที่ต่างกัน โดยสมบัติทางรีโอโลยีของอาหาร เช่น ความข้นหนืด ความเนียน เป็นสมบัติที่เชื่อมโยงกับความรู้สึกทางประสาทสัมผัสและการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ดังนั้นสมบัติรีโอโลยีจะสามารถนำมาใช้เพื่อกำหนดมาตรฐานและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคได้ นอกจากนี้สมบัติทางรีโอโลยียังสามารถนำมาใช้เพื่อการออกแบบท่อและขนาดของปั๊มเพื่อการขนส่งของไหล การประเมินขนาดกำลังงานที่ต้องการในการกวนและการผสม ความสามารถในการตกตะกอนของสารในอาหารเหลว รวมไปถึงการออกแบบลักษณะบรรจุภัณฑ์อีกด้วย

2.1.2 พฤติกรรมการไหลของของไหล

พฤติกรรมการไหลของของไหล สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ พฤติกรรมการไหลแบบนิวโตเนียน (Newtonian) และพฤติกรรมการไหลแบบนอนนิวโตเนียน (non-Newtonian)

สำหรับพฤติกรรมการไหลแบบนิวโตเนียน เป็นพฤติกรรมการไหลของของไหลที่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นเฉือน (Shear stress) และอัตราเฉือน (Shear rate) เป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด (0,0) เมื่อทำการพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นเฉือนและอัตราเฉือน ของเหลวที่แสดงพฤติกรรมเช่นนี้ ที่จะมีค่าความหนืดที่คงที่เมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้น ซึ่งมีสมการแสดงพฤติกรรมการไหล คือ

$$\sigma = \eta\dot{\gamma}$$

เมื่อ σ = ความเค้นเฉือน (Shear stress) มีหน่วยเป็น Pa

$\dot{\gamma}$ = อัตราเฉือน (Shear rate) มีหน่วยเป็น 1/s

η = ความหนืด (Viscosity) มีหน่วยเป็น Pa s

ส่วนพฤติกรรมการไหลแบบนอนนิวโตเนียน (non-Newtonian) เป็นพฤติกรรมการไหลของของไหลที่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นเฉือนและอัตราเฉือน ที่ไม่เป็นเส้นตรง หรือถ้าเป็นเส้นตรงก็ไม่ผ่านจุดกำเนิด (0,0) เมื่อทำการพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นเฉือนและอัตราเฉือน ยกตัวอย่าง

ของไหลแสดงพฤติกรรมการไหลแบบนอนนิวโตเนียน เช่น

1) ของไหลแบบซูโดพลาสติก (Pseudoplastic) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Shear thinning ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นเฉือนและอัตราเฉือนของของเหลวที่ไม่เป็นเส้นตรง ของเหลวที่แสดงพฤติกรรมนี้จะมีค่าความหนืดที่ลดลงเมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้น

2) ของไหลแบบไดลาแทนท์ (Dilatant) หรือ Shear thickening ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นเฉือนและอัตราเฉือนของของเหลวที่ไม่เป็นเส้นตรงเช่นเดียวกัน แต่ของเหลวที่แสดงพฤติกรรมนี้จะมีค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้น

สมการแสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลที่พฤติกรรมแบบนอนนิวโตเนียน ชนิด Shear thickening และ Shear thinning (Rao, 2007) คือ

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n$$

เมื่อ σ = ความเค้นเฉือน (Shear stress) มีหน่วยเป็น Pa

$\dot{\gamma}$ = อัตราเฉือน (Shear rate) มีหน่วยเป็น 1/s

K = ดัชนีความคงตัว (Consistency index) มีหน่วยเป็น ($Pa.s^n$)

n = ดัชนีแสดงพฤติกรรมการไหล (Flow behavior index)

โดย n = เมื่อของเหลวมีพฤติกรรมแบบนิวโตเนียน

n > 1 เมื่อของเหลวมีพฤติกรรมแบบนอนนิวโตเนียน ชนิด Shear thickening

n < 1 เมื่อของเหลวมีพฤติกรรมแบบนอนนิวโตเนียน ชนิด Shear thinning

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Guerrero และ Alzamora (1998) ศึกษาพฤติกรรมการไหลของเพียวเร่มะม่วงที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ต่างกัน (13-51 องศาบริกซ์) โดยใช้อุณหภูมิการทดลองอยู่ในช่วง 10-55 องศาเซลเซียส ผลจากการศึกษาพบว่าเพียวเร่มะม่วงแสดงพฤติกรรมการไหลแบบบเฮอร์เชลบัล์กเลย์ (Herschel-Bulkley) โดยค่าดัชนีความคงตัว (Consistency index) ของเพียวเร่มะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในเพียวเร่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อุณหภูมิการผลิตเพียวเร่มะม่วง ที่สูงถึง 93 องศาเซลเซียส มีผลทำให้สารเบต้าแคโรทีนมีปริมาณลดลงเพียงเล็กน้อย (Vasquez-Caicedo และคณะ, 2007)

Dutta และคณะ (2006) ศึกษาพฤติกรรมการไหลและการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในระหว่างการผลิตเพียวเร่ฟักทอง ซึ่งได้ทำการทดลองผลิตเพียวเร่โดยนำฟักทองที่ผ่านการปอกเปลือกและเอาเมล็ดออกมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำฟักทองที่ได้ไปลวกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1% ที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำฟักทองไปทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว ก่อนที่จะนำไปบดละเอียดและให้ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิในช่วง 60-100 องศาเซลเซียส ผลจากการศึกษาพบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะ

ส่งผลให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนของฟักทองเพียวเร่ลดลงแบบปฏิกิริยาลำดับหนึ่ง (first order kinetic reaction) ซึ่งเพียวเร่ฟักทองที่ได้แสดงพฤติกรรมการไหลแบบบเฮอร์เชลบัล์กเลย์ โดยค่าความเค้นเฉือนเริ่มต้น (yield stress) และค่าดัชนีความคงตัวมีค่าลดลง เมื่อใช้อุณหภูมิการให้ความร้อนที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่สูงขึ้นไปส่งผลให้เกิดการทำลายโครงสร้างของอาหารที่มากขึ้น

Ahmed และคณะ (2007) ศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำมะขามเข้มข้นตามท้องตลาด ที่มีส่วนประกอบเป็นไขมันในปริมาณ 0.65% โปรตีน 2.5% คาร์โบไฮเดรต 58% ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 71 องศาบริกซ์ โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิอยู่ในช่วง 10-90 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่ามะขามเข้มข้นแสดงพฤติกรรมการไหลแบบเฮอร์เชลบัล์กเลย์ ในช่วงอุณหภูมิ 10-30 องศาเซลเซียส แต่แสดงพฤติกรรมการไหลแบบแคสสัน (Casson) เมื่อใช้อุณหภูมิในช่วง 50-90 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้น้ำมะขามเข้มข้นเกิดลักษณะของการเป็นเจล ซึ่งอาจจะเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตของน้ำมะขามเข้มข้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การทดลองเพียวเร่มะขาม

3.1.1 วัตถุดิบ ได้แก่ มะขามสุก

3.1.2 การเตรียมเพียวเร่มะขาม

นำมะขามที่ปอกเปลือก แยกใยและเมล็ดออก มาบดด้วยเครื่องปั่นให้เป็นเพียวเร่

3.1.3 การศึกษาสมบัติวิทยากระแส

นำตัวอย่างเพียวเร่มะขามที่ได้มาปรับระดับความเข้มข้น 3 ระดับจากนั้นนำไปวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield

3.1.4 การศึกษาสมบัติด้านเคมีและกายภาพ

3.1.4.1 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ด้วยเครื่อง Hand refractometer

3.1.4.2 วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Aw) ด้วยเครื่องวัด Aw

3.1.4.3 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัด pH

3.2 การทดลองเพียวเร่ฟักทอง

3.2.1 วัตถุดิบ ได้แก่ ฟักทองจำนวน 2 สายพันธุ์ คือพันธุ์ลายเกษตร และพันธุ์ทองอำไพ (อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 3 เดือนหลังการปลูก) ซื้อที่ตลาดไท จังหวัดปทุมธานี

3.2.2 การเตรียมเพียวเร่ฟักทอง

นำฟักทองมาปอกเปลือก คว้านเอาเมล็ดออก และหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ที่มีขนาดเท่ากัน จากนั้นนำชิ้นฟักทองไปทำการลวกในสารละลายเกลือ (NaCl solution, 1% w/w) ที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 3 และ 5 นาที แล้วจึงนำชิ้นฟักทองไปทำการนึ่งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนนำไปบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้ จากนั้นนำฟักทองบดไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3.2.3 การศึกษาสมบัติวิทยากระแส

นำตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองที่ได้มาวัดค่าความเค้นเฉือน (Shear stress) ที่อัตราเฉือน (Shear rate) ต่างๆ ด้วยเครื่อง Brookfield จากนั้นทำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ เพื่อคำนวณหาข้อมูลสมบัติการไหลของเพียวเร่

3.2.4 การศึกษาสมบัติด้านเคมีและกายภาพ

3.2.4.1 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธีคเจลดาห์ล (Kjeldahl method)

3.2.4.2 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยวิธีซอกห์เลต (Soxhlet method)

3.2.4.3 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ด้วยการเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

3.2.4.4 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ด้วยการอบแห้งตัวอย่างที่อุณหภูมิ 105 องศาเซเลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3.2.4.5 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ด้วยเครื่อง Hand refractometer

3.2.5 การศึกษาปริมาณเบต้าแคโรทีน

ทำการศึกษาตามวิธีของ Biswas และคณะ (2011) โดยนำตัวอย่างเพียวเร่มาสกัดด้วยตัวทำละลายอะซีโตน จากนั้นนำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยง แล้วจึงนำส่วนใสที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำการคำนวณเปรียบเทียบหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในตัวอย่าง โดยมีการใช้สารเบต้าแคโรทีนเป็นสารมาตรฐานในการทดลอง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยของเพียวเร่มะขาม

จากผลการทดลองของเพียวเร่มะขามที่ได้ปรับความเข้มข้น 3 ระดับได้แก่ 15, 20 และ 25 องศาบริกซ์ และแต่ละระดับความเข้มข้นปรับให้มีอุณหภูมิเป็น 4 ระดับ คือ 25, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เมื่อนำตัวอย่างไปวัดหาความเค้นเฉือนและทำการศึกษาสมบัติกระแสวิทยา พบว่า ตัวอย่างแสดงพฤติกรรมการไหลแบบนอนนิวโตเนียน ชนิดซูโดพลาสติก ซึ่งมีค่าดัชนีการไหลที่น้อยกว่า 1 โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1 (ภาคผนวก ก) และพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของความหนืดมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เป็นไปตามสมการของอาร์เรเนียส ดังตารางที่ 2 (ภาคผนวก ก) และโดยกราฟของค่าความเค้นเฉือน (Shear stress) และอัตราเฉือน (Shear rate) ของตัวอย่างที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงในรูปที่ 3 (ภาคผนวก ก)

4.2 ผลการวิจัยของเพียวเร่ฟักทอง

4.2.1 ผลการศึกษาสมบัติวิทยากระแส

ผลการทดลองพบว่าเพียวเร่ฟักทองมีสมบัติการไหลแบบเฮอร์เชลบัล์กเลย์ (Herschel-Bulkley) โดยเมื่อใช้สภาวะการผลิตเดียวกัน พบว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพจะมีลักษณะที่ข้นหนืดกว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตร ทั้งนี้ค่าดัชนีความคงตัว (Consistency index) ของเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีค่าสูงกว่าพันธุ์ลายเกษตรถึงประมาณ 2 เท่า โดยค่าดัชนีความคงตัวของเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพมีค่าอยู่ในช่วง 103-134 $Pa.s^n$ ในขณะที่ค่าดัชนีความคงตัวของเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตร มีค่าอยู่ในช่วง 37-46 $Pa.s^n$ ดังแสดงในตารางที่ 1 (ภาคผนวก ข)

4.2.2 ผลการศึกษาสมบัติด้านเคมีและกายภาพ

ผลจากการศึกษาพบว่า เพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพจะมีค่าความชื้น (Moisture content) ที่ต่ำกว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตร แต่จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงกว่า (ตารางที่ 2, ภาคผนวก ข) โดยค่าปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าผนวกกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงกว่านี้ น่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพมีความข้นหนืดที่สูงกว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตร

เมื่อพิจาณาสีของเพียวเร่ที่ได้พบว่า ผลิตภัณฑ์เพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพมีความสว่างที่มากกว่าหรือมีความคล้ำที่น้อยกว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตร โดยค่า L* ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์เพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพมีค่าที่สูงกว่า (ตารางที่ 5, ภาคผนวก ข) ทั้งนี้อุณหภูมิการผลิตที่สูงขึ้น (121 องศาเซลเซียส) มีแนวโน้มที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคล้ำที่มากขึ้นกว่าการใช้อุณหภูมิการผลิตที่ต่ำกว่า (100 องศาเซลเซียส)

4.2.3 ผลการศึกษาปริมาณเบต้าแคโรทีน

ผลจากการทดลองนี้พบว่า การลวกส่งผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนของผลิตภัณฑ์เพียวเร่ฟักทองที่ได้ โดยเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองที่ผ่านการลวก (3 หรือ 5 นาที) จะมีปริมาณเบต้าแคโรทีนในเพียวเร่ที่สูงกว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองที่ไม่ผ่านการลวก (ตารางที่ 4, ภาคผนวก ข) ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Dutta และคณะ (2006) ทั้งนี้การลวกเพื่อยับยั้งเอนไซม์ที่อาจไปส่งผลให้อาหารเกิดการเสื่อมสภาพระหว่างการผลิต น่าจะเป็นอีกขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อการผลิตเพียวเร่จากผักและผลไม้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1 เพียวเร่มะขามมีคุณสมบัติวิทยากระแสที่เป็นนอนนิวโตเนียน แบบซูโดพลาสติก (ค่าดัชนีการไหลน้อยกว่า 1) และอุณหภูมิส่งผลต่อค่าความหนืดโดยมีความสัมพันธ์เป็นแบบสมการอาร์เรเนียส

5.2 เพียวเร่ฟักทองแสดงพฤติกรรมการไหลที่เป็นนอนนิวโตเนียน แบบเฮอร์เชลบัล์กเลย์ โดยพันธุ์ของวัตถุดิบที่ใช้จะทำให้เพียวเร่ที่ได้มีค่าดัชนีความคงตัวที่แตกต่างกัน โดยพบว่าเพียวเร่ฟักทองพันธุ์ทองอำไพที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงกว่าและความชื้นที่ต่ำกว่าเพียวเร่ฟักทองพันธุ์ลายเกษตร จะมีค่าดัชนีความคงตัวที่มากกว่า

5.3 เพียวเร่ที่ได้จากฟักทองที่ผ่านการลวก จะมีปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สูงกว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองที่ไม่ผ่านการลวก

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

มีการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ (Conference Proceedings) ในงานประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรระดับนานาชาติ (Food Innovation Asia Conference) จำนวน 2 เรื่อง ดังนี้

6.1 Muttaharach, P., Nuamvijit, R., Neovakul, P., Nonthanum, P. and Taprap, R. Rheological and flow properties of tamarind puree. The 18th Food Innovation Asia Conference 2016. June 16-18, 2016. Bangkok, Thailand. (ภาคผนวก ก)

6.2 Nonthanum, P., Muttaharach, P. and Taprap, R. Effect of cultivars and processing conditions on rheological properties and beta-carotene contents of pumpkin puree. The 19th Food Innovation Asia Conference 2017. June 15-17, 2017. Bangkok, Thailand. (ภาคผนวก ข)

เอกสารอ้างอิง

Ahmed, J., Ramaswamy, H.S. and Sashidhar, K.C. 2007. Rheological characteristics of tamarind (*Tamarindus indica* L.) juice concentrates. LWT. 40: 225-231.

Biswas, A.K., Sahoo, J. and Chatli, M.K. 2011. A simple UV-Vis spectrophotometric method for determination of beta-carotene content in raw carrot, sweet potato and supplemented chicken meat nuggets. Food Science and Technology. 44: 1809-1813.

Dutta, D., Dutta, A., Raychaudhuri, U. and Chakraborty, R. 2006. Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree. Journal of Food Engineering. 76: 538-546.

Fischer, P. and Windhab, E.J. 2011. Rheology of food materials. Current Opinion in Colloid & Interface Science.16: 36–40.

Federica, B., Emilliano, C. and Marco, D.R. 2011. Physico-chemical and rheological changes of fruit puree and during storage. Procedia Food Science. 1: 567-587.

Guerrero, S.N. and Alzamora, S.M. 1998. Effect of pH, temperature and glucose addition on flow behaviour of fruit purees: II. peach, papaya and mango purees. Journal of Food Engineering. 37: 77-101.

Rao, M.A. 2007. Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications. 2nd ed. New York: Springer. 481 pages.

Steffen, L.M. 2006. Eat your fruit and vegetables. The Lancet. 367: 278-279.

Steinmetz, K.A. and Potter, J.D. 1996. Vegetables, fruit, and cancer prevention: A review. Journal of the American Dietetic Association. 96: 1027-1039.

Vasquez-Caicedo, A.L., Schilling, S., Carle, R. and Neidhart, S. 2007. Effects of thermal processing and fruit matrix on β-carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into puree and nectar. Food Chemistry. 102: 1172-1186.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลงานวิชาการ (Proceeding Conference)

เรื่อง

Rheological and flow properties of tamarind puree

Rheological and Flow Properties of Tamarind Puree

Panattha Muttaharach, Rungrote Nuamvijit, Pathikorn Neovakul, Panadda Nonthanum, and Ruchira Taprap*

Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520 Thailand

**Corresponding author. E-mail: ktruchir@kmitl.ac.th, taprap.ruchira@gmail.com*

ABSTRACT

Puree is a kind of semisolid food which can be finished product or intermediate product. Most of purees will be prepared from fruits and vegetables. Since it has a soft and liquidfied texture, puree will be a good example of food for the elder society. In this study, tamarind puree was selected to examine the rheological and flow behaviors. The effect of temperature and concentration on rheology was illustrated. Shear rate and shear stress were measured with the viscometer, whereas the flow property was measured with bostwick. The puree was prepared and set to three concentration levels, i.e. 15 °Brix, 20 °Brix and 25 °Brix. Each concentration will be heated to four temperature levels, i.e. 25 °C, 40 °C, 50 °C and 60 °C. The results show that tamarind puree has the rheological property as non-Newtonian with the flow behavior index < 1. The consistency coefficient decreases with temperature but increases with total soluble solid content. However, the rheogram of puree at high concentration and high temperature display a unique curve. The dependency of consistency coefficient on temperature is described by using Arrhenius relationship.

Keywords: Rheology, puree, tamarind, Arrhenius

INTRODUCTION

Tamarind is a kind of fruit that can be processed as many products. The popular one is "Makam sam rod" having three tastes, i.e. sour, sweet and spicy. Also tamarind can be the main ingredient in others menu of Thai food especially in spicy sauces, or soup. Whatever products to make, tamarind is necessary to be prepared into the puree form before being process further. To preserve tamarind, puree form is interesting because it can be the intermediate product and also can extend shelf life and facilitate storage and transportation. There are so many studies about fruit purees, physico-chemical and rheological properties and sensory, i.e. mango puree, apple and peach puree, etc. [1][2]. However, the terminology for studying puree should be rheological and flow properties since they provide the characteristics of product. Rheology offers technical terms to display the textural characteristics of food as well as mathematics references to describe the properties. Fluid foods could be characterized by their viscosity and/or by their consistency index. Knowledge of rheological properties of food is essential for food development and design. It has been considered as an informative tool to understand the structural inside of food itself. Many factors affect the rheological behavior of fruit puree, for example, temperature, concentration, and particle size [3][4].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The main objective of this work was to study the effect of temperature and concentration on the rheological and flow properties of tamarind puree and also to find the correlation between the Bostwick consistency and the rheological parameters of tamarind puree.

MATERIAL AND METHODS

Tamarind puree preparation

Peeled Tamarind was purchased from the market in Ladkrabang, then seed and fiber were removed. Soaked tamarind in warm water (40 °C) for 30 minute (100 gm tamarind/100 ml water), then blended it well and filtered through sieve to get puree.

Rheological and flow measurements

The rheological properties investigation of tamarind puree was performed using the rotational viscometer (Brookfield LVDV III, USA). The speed of viscometer can be operated in a wide range of 40-200 rpm. The flow property was evaluated by Bostwick consistometer expressed as velocity of flow[5]. The physical properties of tamarind puree such as pH using pH meter, TSS using refractometer and color using colorimeter were also measured. Tamarind puree was set to three levels of concentration, i.e.15 °Brix, 20 °Brix and 25 °Brix and each concentrantion was heated to 40 °C, 50 °C and 60 °C, and one was set to 25 °C as well.

Analysis and modelling

The experiments were conducted in duplicates. Curve fitting was performed using Microsoft Excell. In determining the effect of temperature and concentration on rheological parameter, the Arrhenius (Eq (3)) and a power type equation were used. The flow behavior of tamarind puree was modelled using the Power law (Eq (1)):[6]

$$\sigma = K\gamma^n \qquad (1)$$

where σ is the shear stress exerted by the fluid (Pa), K is the consistency coefficient, γ is the shear rate (s^{-1}), and n is the flow behavior index. The η is apparent viscosity as shown in Eq (2).

$$\eta = f(\gamma) = \sigma/\gamma \qquad (2)$$

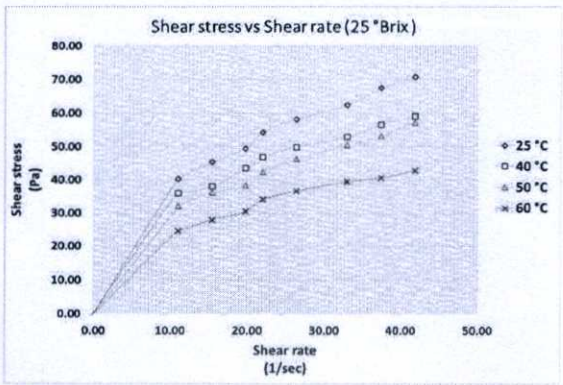
$$K = K_o \exp(E_a/RT) \qquad (3)$$

RESULT AND DISCUSSION

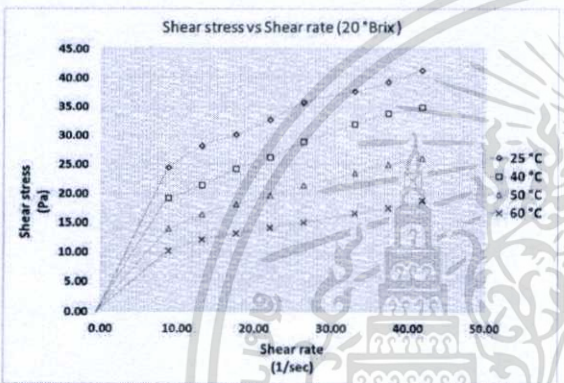
Effect of temperature on rheological property

Figure 1 shows the shear rate versus shear stress of tamarind puree at various concentrations. When temperature increases, the rheogram decreases in all cases of different concentration. Temperature will ease the viscosity of sample. However, at the concentration 15 °Brix, the graph of 50 and 60 C is about the same value since the puree is not much concentrated, it's behavior shows similar result. Data from figure 1 were analyzed further, the results show in Table 1. The flow behavior index (n) according to Eq. (1) shows that this puree has the value range from 0.38 to 0.56 depends on the concentration and temperature. Then value of low concentration is higher than the high concentration. If the n value is equal to 1, the fluid will be as Newtonian type. From the result, tamarind puree has the n value less than 1, it will be non-Newtonian type. Another important parameter that obtained from Table 1 was consistency coefficient (K). This value displays the similar meaning as viscosity. Hence, the Arrhenius Equation will be applied to determine the effect of temperature on K-value (Eq. (3)). The result shows in Figure 2. The constant from Arrhenius equation shows in Table 2.

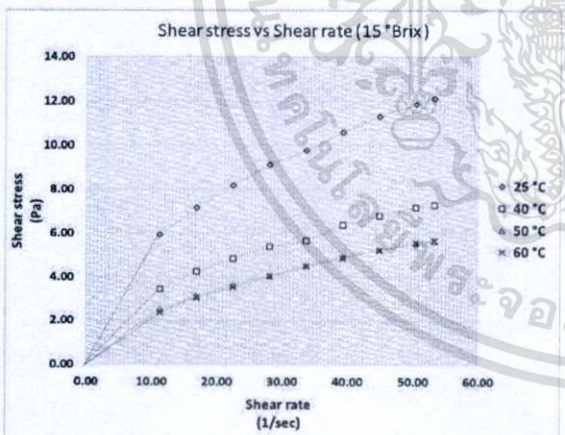
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ



(a)



(b)



(c)

Figure 1 Rheograms showing shear rate versus shear stress of tamarind puree
(a) 25 °Brix(b) 20 °Brix and (c) 15 °Brix

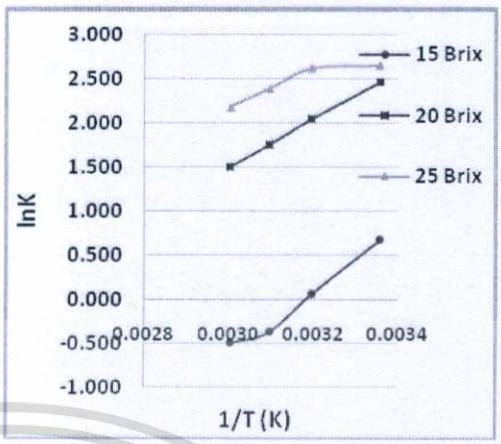


Figure 2 Effect of temperature on K value

Table 2 Constant values from Arrhenius Eq.

Total soluble solid (°Brix)	Ea (J/gmol)	K_0
15	28657.063	0.000018
20	22765.921	0.001213
25	11181.882	0.167016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 Parameters of tamarind puree at various concentration and temperature

Total soluble solid (°Brix)	Temperature (°C)	Concistency coefficient, K	Flow behavior index, n	Coefficient of determination, R^2	Apperance viscosity, η_{app}
15	25	1.9622	0.4592	0.9996	0.3652
	40	1.0667	0.4855	0.9969	0.1443
	50	0.6926	0.5320	0.9993	0.1086
	60	0.6114	0.5642	0.9989	0.1054
20	25	11.8040	0.3334	0.9950	1.4882
	40	7.7473	0.4023	0.9925	1.1927
	50	5.8058	0.4001	0.9982	0.8945
	60	4.5082	0.3755	0.9928	0.6145
25	25	14.2300	0.4275	0.9923	2.4650
	40	13.7880	0.3882	0.9815	2.1305
	50	10.9420	0.4374	0.9846	1.9268
	60	8.8691	0.4245	0.9858	1.5518

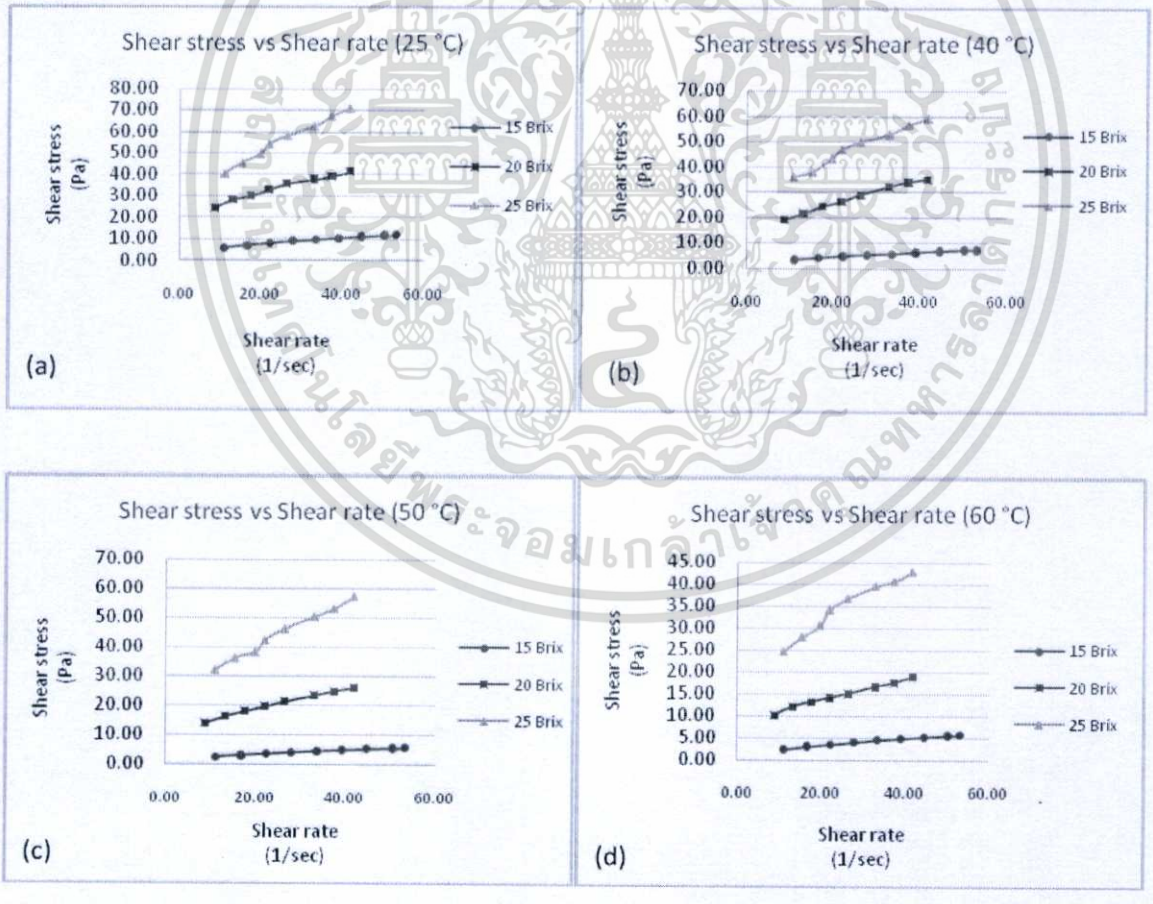


Figure 3 Shear rate versus shear stress of tamarind puree (a) 25 °C (b) 40 °C (c) 50 °C and (d) 60 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3 Physical property values of puree from four levels temperature using SPSS statistical analysis

Total soluble solid (°Brix)	pH	Consistometer Readings (cm)	L*	a*	b*
15	2.71±0.05^{a}	15.08±1.45^{a}	41.38±2.32^{a}	2.93±0.27^{c}	13.41±0.74^{c}
20	2.65±0.06^{b}	5.88±0.71^{b}	40.92±1.11^{ab}	4.74±0.38^{b}	14.52±1.92^{b}
25	2.59±0.05^{c}	2.63±0.11^{c}	40.50±1.15^{b}	5.09±0.33^{a}	15.66±1.86^{a}

Table 4 Physical property values of puree from three levels concentration using SPSS statistical analysis

Temp (°C)	pH	Consistometer Readings (cm)	L*	a*	b*
25	2.59±0.05^{d}	6.96±4.89^{d}	42.49±1.49^{a}	4.43±1.02^{a}	16.32±1.79^{a}
40	2.63±0.06^{c}	7.66±5.34^{c}	41.13±1.17^{b}	4.22±0.99^{ab}	15.10±1.50^{b}
50	2.66±0.06^{b}	8.06±5.91^{b}	40.76±1.30^{b}	4.22±1.05^{ab}	13.93±0.80^{c}
60	2.72±0.05^{a}	8.78±6.27^{a}	39.34±0.78^{c}	4.13±1.14^{b}	12.78±0.68^{d}

Effect of concentration on rheological and flow property

Figure 3 shows the result of rheological property when temperature is fixed and the concentration is varied. At high temperature, the shear stress is low as compared to at low temperature. For example, at 25 °Brix, shear stress is 25-45 Pa at 60 °C where 40-70 Pa belongs to 25 °C. This implies that the puree can flow easily when it is heated. To measure the flow of puree, Bostwick consistometer can be used. The result shows in Figure 4. At high temperature, puree has a higher velocity. The SPSS statistical tool is used to examine the parameters obtain from the study such as pH, color in term of L, a* and b*. The results show in Table 3 and 4. The L, a*, b* are the value obtained from the colorimeter. L means lightness or darkness, a* means yellowness and b* means blueness. The pH value has also depended on temperature and concentration.

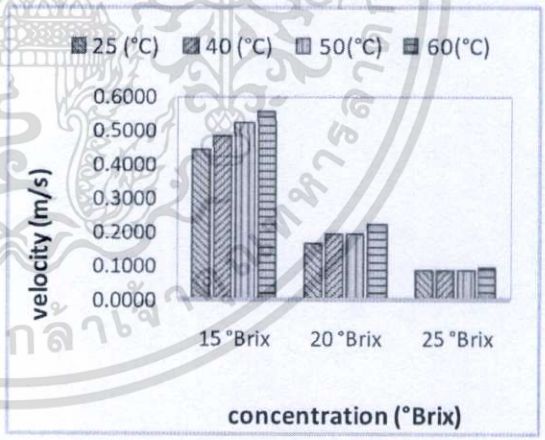


Figure 4 Flow parameter from Bostwick consistometer

CONCLUSIONS

The rheological behavior of tamarind puree showed that it is non-Newtonian type. The effect temperature and concentration are significant toward the consistency coefficient and flow behavior index. The

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

flow behavior index is in range from 0.45 to 0.56 at 15 °Brix, 0.38-0.42 at 25 °Brix. The viscosity decreases with temperature but increases with concentration. The Arrhenius equation is well adapted to examine the result. The physical property of tamarind puree is also significant affected with temperature and concentration.

NOMENCLATURE

E_a	activation energy	(J/gmol)
K	consistency coefficient	(Pa.s)
K_o	constant in Arrhenius equation	(Pa.s)
N	flow behavior index	
R	universal gas constant 8.314	(J/gmol.K)
T	temperature	(K)
σ	shear stress	(Pa)
γ	shear rate	(s^{-1})
η	apparent viscosity	(Pa.s)

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by The Fiscal Year Fund 2016, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

REFERENCES

[1] Christie N. Ledeker, Suntaree Suwonsichon, Delores H. Chambers and Koushik Adhikari. (2014). Comparison of sensory attributes in fresh mangoes and heat-treated mango puree prepared from Thai cultivars. LWT-Food Science and Technology. 56. 138-144.

[2] Lucia Espinosa, Nina To, Ronan Symneaux, Catherine M.G.C. Renard, Nicolas Biau and Gerard Cuvelier. (2011). Effect of processing on rheological structure and sesory properties of apple puree. Procedia Food Science. 513-520.

[3] Ahmed J., Shivare U.S. and Singh P. (2004). Colour kinetics and rheology of coriander leaf puree and storage characteristics of the paste. Food Chemistry. 84. 605-611.

[4] Cepeda E. and Collado I. (2014). Rheology of tomato and wheat dietary fibers in water and in suspensions of pimento puree. Journal of Food Engineering. 134. 67-73.

[5] Balestra F., Cocci E., Marsilio G., and Marco D. Rosa. (2011). Physico-chemical and rheological changes of fruit purees during storage. Procedia Food Science 576-582.

[6] Chin N.L., Chan S.M., Yusof Y.A., Chuah T.G. and Talib R.A. (2009). Modelling of rheological behavior of pummel juice concentrates using master-curve. Journal of Food Engineering. 93. 134-140.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลงานวิชาการ (Proceeding Conference)

เรื่อง

Effect of cultivars and processing conditions on rheological properties and beta-carotene contents of pumpkin puree

The 19th Food Innovation Asia Conference 2017 (FIAC 2017)
15-17 June 2017

Effect of Cultivars and Processing Conditions on Rheological Properties and Beta-Carotene Contents of Pumpkin Puree

Panadda Nonthanum*, Panattha Muttaharach, and Ruchira Taprap

Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Rd. Ladkrabang, Bangkok, 10520 Thailand

**Corresponding author. E-mail: panadda.no@kmitl.ac.th*

ABSTRACT: The effects of different pumpkin varieties (Thong Ampai and Lai Kaset), blanching times (0, 3, 5 min at 60 °C of pumpkin slices in NaCl solution (1% w/w)), and heat treatments (100 and 121°C, each for 15 min) on rheological properties and beta-carotene contents of pumpkin purees were investigated in this study. Shear rate and shear stress were measured with the viscometer, whereas the beta-carotene contents were determined using the spectrophotometer. The results showed that pumpkin purees behaved non-Newtonian, Herschel-Bulkley fluids. The cultivars of pumpkins used as raw materials mainly affected the consistency index (K) and yield stress (τ_0) values of pumpkin purees . K and τ_0 values of pumpkin purees from Thong Ampai variety were significant ($p < 0.05$) higher than those of pumpkin purees from Lai Kaset variety. K values of puree from Thong Ampai variety were 103-134 Pa.s^n while those from Lai Kaset variety were 37-46 Pa.s^n. τ_0 values were 2-4 Pa and 13-21 Pa for pumpkin purees from Thong Ampai and Lai Kaset, respectively. Blanching pretreatments slightly decreased K and τ_0 of pumpkin purees significantly ($p < 0.05$), however, heating temperature did not show much effect on K and τ_0 values of pumpkin puress. Cultivars and processing conditions did not indicate significant ($p > 0.05$) effect on beta-carotene contents of pumpkin purees. However, pumpkin purees which were prepared from blanched pumpkin slices had slightly higher beta-carotene contents compared to pumpkin purees prepared without blanching.

Keywords: Beta-carotene, Cultivar, Process condition, Pumpkin puree, Rheological properties

INTRODUCTION

Pumpkin is a valuable food for humans. It is a good source of carbohydrate, amino acids, vitamins B1, B2, B6, K and minerals, such as potassium, phosphorus, and magnesium [1]. It is also an important source of beta-carotene which is a precursor of Vitamin A. Many studies revealed that consumption of beta-carotene has been associated with a lower risk of human cancers, cardiovascular diseases, cataracts and macular degeneration [2]. Pumpkins can be processed to obtain a variety of products such as juice, dried powder, bread and cake. Puree is a semi-solid food with a soft texture product that can be consumed as a finished product or used as an intermediate to produce several types of products such as jam, jelly, sweets and beverages [3]. The overall acceptability of food products is affected by their rheological behavior, therefore, knowledge of the rheological properties of purees is important for product development and the design of process equipment [4]. Rheological behaviour as well as beta-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

carotene contents of food products depend on various processing parameters such as compositions or varieties of raw materials used in the process, pretreatment methods and processing temperature. Therefore, the objectives of this study were to investigate the effect of the pumpkin cultivars, blanching pretreatments and heating temperatures on rheological properties and beta-carotene contents of pumpkin purees. Moreover, other parameters such as color and puree compositions that would affect the quality of pumpkin puree were also determined. Results from the study would be useful for selecting appropriate raw materials and designing proper processing conditions in order to achieve desirable quality of pumpkin puree products.

MATERIAL AND METHODS

Raw material

Fresh pumpkins (Thong Ampai and Lai Kaset) were purchased from Talad-Thai market, Prathum Thani Province, Thailand. The pumpkins were harvested after approximately 3 months of cultivating.

Puree preparation

Fresh pumpkins were washed, peeled, removed the seeds, and cut into small slices. The slices (350 g) were blanched in NaCl solution (1%w/w) at 60°C for 0, 3, and 5 min before steaming for 1 hr in order to soften pumpkin plant tissues. After steaming, pumpkin slices were blended using a household blender with a maximum speed for 5 min. The pumpkin slurry was put into a beaker and the beaker was covered with an aluminium foil before thermally treated in boiling water at 100°C for 15 min or in an autoclave at 121°C for 15 min. The sample was then cooled immediately in ice-water bath to room temperature. The cooling time was approximately 30 min. Later, it was further analyzed for rheological behaviour, beta-carotene contents, and other physical-chemical properties.

Measurement of rheological properties

The rheological properties of pumpkin puree were studied using a rotational viscometer (Brookfield LVDV III, USA). The viscometer was operated between 1 and 75 rpm. Shear stress, shear rate and apparent viscosity data were obtained from the viscometer. Graphs between shear rate and shear stress were plotted using Excel. The values of yield stress (τ_0), consistency index (K), and flow behavior index (n) were calculated using Herschel Bulkey model [5].

$$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$$

Measurement of beta-carotene contents

Beta-carotene contents of pumpkin puree samples were determined using a method modified from Biswas et al. (2011) [6]. Puree samples (5 g) was mixed with acetone (25 mL) and shook at 100 rpm for 30 min in the dark and kept at 4°C overnight before centrifuged at 8,000 rpm for 20 min. The supernatant was collected and kept in amber glass bottles at 4°C. The sedimentation was re-extracted with acetone (25 mL) using the same steps as mentioned above. The procedure was repeated three times until the residue became colorless. Beta-carotene content of the supernatant was determined by a spectrophotometer at 450 nm. The concentration of beta-carotene of each sample was calculated from the beta carotene standard calibration curve.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Measurement of color

Visual color was measured using a Minolta CR-300 (Minolta, Osaka, Japan), L^* values represents "lightness" (100 for white and 0 for black), a^* represents the changes from "greenness to redness" (*-a* for green and *+a* for red) and b^* from "blueness to yellowness" (*-b* for blue and *+b* for yellow).

Proximate analysis

Proximate analyses followed standard AOAC procedures [7]. Briefly, moisture contents were determined by vacuum oven; ash by muffle furnace, protein by Kjeldahl nitrogen; fat by ether extraction and carbohydrate were calculated from the difference.

Statistical analysis

Experiment was carried out using a completely randomized design with factorial arrangement of 2×2×3. All the assays were conducts at least in duplicate. The results were expressed as mean ± standard error (SE). One way analysis of variance (ANOVA) was used to compare the means. The means separated by Tukey's HSD (Honestly Significant Difference) test. Differences were considered to be significant at $P < 0.05$. All statistical analyses were performed using SPSS.

RESULT AND DISCUSSION

Rheological properties of pumpkin puree

The relationships between shear stress and shear rate data of pumpkin puree samples were shown in Figure 1. Generally, the Ostwald–de Waele relationship or the Power Law model along with the Herschel-Bulkey model were extensively used to predict flow behaviour of fruit or vegetable juices and purees. In this study, the flow curves of pumpkin purees showed yield stress indicating that the Herschel-Bulkey model was suitable for describing their rheological behaviour [8]. Results from the study showed that the cultivars of pumpkins which were used as raw materials had an effect on yield stress (τ_0) and consistency index (K) of pumpkin purees. τ_0 values of purees from Thong Ampai were almost six times higher than those from Lai Kaset. τ_0 values of pumpkin purees from Thong Ampai were ranged from 13 to 21 Pa while those from Lai Kaset were from 2 to 4 Pa. The study also revealed that K values of pumpkin purees from Thong Ampai were approximately three times higher than those from Lai Kaset. K values of Thong Ampai purees were in the range of 103-134 $Pa.s^n$ while those of Lai Kaset purees were 37-46 $Pa.s^n$ (Table 1). Different varieties of pumpkins yielded different amounts of protein, carbohydrate, fat, ash, and moisture contents of pumpkin purees. It was found that carbohydrate content of pumpkin purees from Thong Ampai was nearly two times higher than that from Lai Kaset (Table 2). However, pumpkin purees from Lai Kaset had higher moisture content than that from Thong Ampai. The lower amount of water combining with the higher amount of carbohydrate, which could absorb water, might be responsible for the high values of τ_0 and K of pumpkin purees from Thong Ampai variety.

Blanching pretreatment and heating temperature showed small effect on τ_0 and K values of pumpkin purees. Overall, the higher heat treatment (121°C) showed a tendency of decreasing in τ_0 and K of pumpkin purees. At the same heating temperature, purees which the pumpkin slices were blanched (5 min) showed lower τ_0 and K compared to the unbalanced purees (0 min).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Normally, large particles in the food systems would contribute to higher viscosity [9]. Blanching possibly help soften plant tissues and high heat treatment might further broken down the large particles into the smaller ones. The total soluble solids of pumpkin purees slightly increased significantly ($p < 0.05$) when purees were subjected to blanching pretreatment combined with higher heating temperature (Table 3). Therefore, purees samples prepared with blanching and higher heat treatment would show a tendency of lower τ_0 and K when compared to puree samples without blanching or with lower heating temperature.

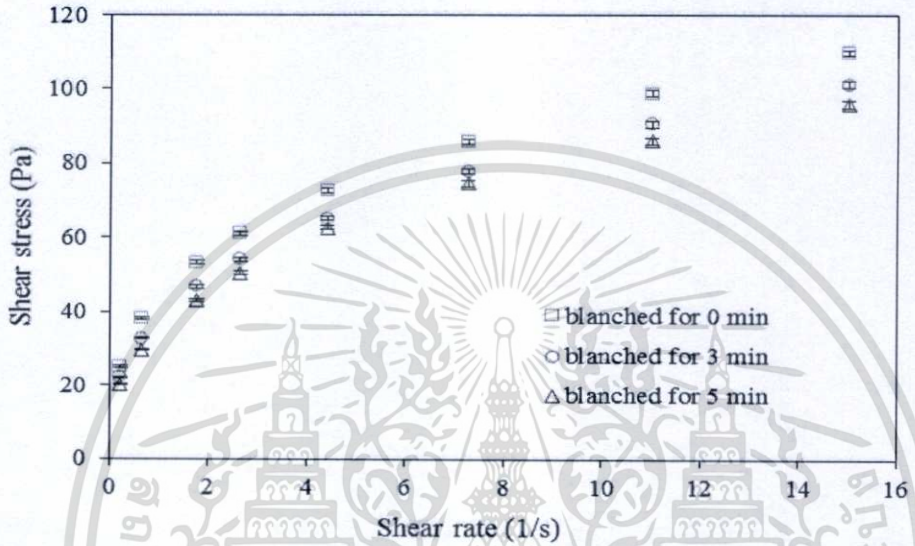


Figure 1 Shear rate versus shear stress of pumpkin purees from Lai Kaset variety prepared by blanching pumpkin slices for 0, 3 and 5 min and heated pumpkin slurry at 121°C for 15 min.

Table 1 Yield stress (τ_0), consistency index (K), and flow behavior index (n) of pumpkin purees.

Heating temperature (°C)	Blanching time (min)	τ_0		K		n	
		Thong Ampai	Lai Kaset	Thong Ampai	Lai Kaset	Thong Ampai	Lai Kaset
100	0	20.79±0.24Da	3.96±0.10Cb	134.24±1.56Ea	44.48±0.23Bb	0.27	0.35
	3	16.11±0.38Ba	3.49±0.11Bb	111.47±2.67BCa	45.08±0.49Bb	0.28	0.37
	5	15.16±0.20Ba	2.57±0.15Ab	104.90±1.42Aa	38.08±0.28Ab	0.28	0.39
121	0	20.67±0.52Da	3.78±0.12BCb	124.59±3.10Da	45.49±0.47Bb	0.26	0.36
	3	18.09±0.43Ca	2.41±0.14Ab	116.81±2.78Ca	38.29±0.32Ab	0.27	0.40
	5	13.93±0.43Aa	2.55±0.09Ab	103.28±3.25ABa	37.74±0.35Ab	0.29	0.39

Different capital letters mean significantly different values ($p < 0.05$) were observed among column.
Different small letters mean significantly different values ($p < 0.05$) were observed between cultivars

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Regarding the n values, pumpkin purees from Thong Ampai generally showed more pseudoplastic behavior with lower n values compared to those from Lai Kaset. Pumpkin purees from Thong Ampai and Lai Kaset had n values in the ranges of 0.26-0.29 and 0.35-0.40, respectively.

Beta-carotene contents of pumpkin puree

Results from this study found that there

Table 2 Proximate analysis of pumpkins puree (blanched for 3 and heated at 100°C).

Composition (%)	Pumpkin puree	
	Thong Ampai	Lai Kaset
Fat	0.64 ± 0.017	0.18 ± 0.021
Protein	0.97 ± 0.041	1.05 ± 0.068
Carbohydrate	9.54 ± 0.212	5.11 ± 0.532
Ash	5.04 ± 0.065	4.30 ± 0.054
Moisture content	83.81 ± 0.172	89.37 ± 0.526

Table 3 Total soluble solids of pumpkin purees

Heating temperature (°C)	Blanching time (min)	Total soluble solid (°Brix)	
		Thong Ampai	Lai Kaset
100	0	14.8±0.1Aa	11.0±0.1Ab
	3	15.2±0.2BCa	11.0±0.1Ab
	5	15.4±0.1CDa	11.2±0.1BCb
121	0	15.0±0.1ABa	11.1±0.1ABb
	3	15.3±0.1BCDa	11.2±0.1Bb
	5	15.5±0.1Da	11.4±0.1Cb

Different capital letters mean significantly different values ($p < 0.05$) were observed among column.
Different small letters mean significantly different values ($p < 0.05$) were observed between cultivars.

were no significant differences ($P > 0.05$) of beta-carotene contents among all puree samples (Table 4). However, purees from Thong Ampai variety showed slightly higher carotene contents. The study from Murkovic and coworkers (2002) [10] pointed out that pumpkins with different varieties would have different contents of beta-carotene. Pumpkin purees treated with higher heating temperature (121°C) showed lower content of beta-carotene. Carotenoids can be degraded by heat, acid, or light. In general, carotenoids exist in an all-trans configuration. When exposed to heat, the molecule may transform to a *cis* configuration typically at the 9, 13, and 15 carbon positions [11]. It was found that beta-carotene contents of blanched purees showed slightly higher contents of beta-carotene than the purees prepared without blanching. This was in agreement to the study carried by Dutta et al. (2006) [3] who found that purees from blanched pumpkins had higher beta-carotene contents than the unblanched samples. It might be due to the fact that blanching would inactivate lipoxygenase, the enzyme that can co-oxidize beta-carotene and degrade the pigment to colorless product.

Table 4 Beta-carotene contents of pumpkin purees.

Heating (°C)	Blanching time (min)	Beta-carotene content [ns] (mg/100g of samples)	
		Thong Amphai	Lai Kasert
100	0	7.10±0.10	6.91±0.41
	3	7.76±1.15	7.62±0.32
	5	7.73±0.72	7.68±1.23
121	0	6.96±0.10	6.82±0.42
	3	7.65±0.06	7.53±0.16
	5	7.58±0.15	7.54±0.22

Color of pumpkin purees

Table 5 showed colors of pumpkin purees. It was found that the cultivars of pumpkin had effect on color. Pumpkin purees from Lai Kaset were darker as compared to those from Thong Ampai since L* values which represented lightness of samples were lower. Pumpkin pureed would become darker as heating temperature used in the process increased. The yellowness of all pumpkin puree which were subjected to longer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

blanching time and higher heat treatments slightly decreased. This change of the color could be implied by a reduction in b* and a* values [3]. The similar trends was found by the study of Dutta et al. (2006) [3]. They explained that the changes in color of puree samples might be due to the degradation of heat-sensitive pigments in purees resulting in the formation of dark compounds. Non-enzymatic browning (Maillard reaction) could also cause the degradation of color.

Table 5 Color (L^*, a^*, b^*) of pumpkin purees

Heating temperature (°C)	Blanching time (min)	Thong Ampai			Lai Kaset		
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
100	0	55.35	9.04	45.35	49.87	9.90	41.67
	3	54.78	8.59	43.66	49.96	9.60	41.15
	5	53.72	8.67	42.63	49.67	9.54	40.80
121	0	52.91	10.12	40.15	48.69	10.01	38.34
	3	52.71	9.43	40.65	48.40	9.97	38.02
	5	50.90	8.59	39.47	48.03	9.91	37.04

CONCLUSIONS

The cultivars of pumpkins should be considered one of key parameters in puree production because their compositions largely affected rheological behaviour of pumpkin purees. The K and τ_0 of pumpkin puree were decreased as the plant tissues were soften and broken down. Therefore, blanching of pumpkin slices before steaming combined with high heat treatment applied to pumpkin slurry after blending would enhance the lower K and τ_0. The study concluded that blanching pretreatement of pumpkins contributed to the higher beta-carotene contents of pumpkin purees compared to those purees with no blanching used in the process.

NOMENCLATURE

τ	shear stress	(Pa)
τ_0	yield stress	(Pa)
$\dot{\gamma}$	shear rate	(s^{-1})
K	consistency index	($Pa.s^n$)
n	flow behavior index (dimensionless)	

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was financial supported by The Fiscal Year Fund 2016, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

RERFERENCES

[1] Que, F., Mao, L., Fang, X. and Wu, T. (2008). Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. International Journal of Food Science and Technology. 43: 1195-1201.

[2] Shibata, A., Paganini-Hill, A., Ross, R.K. and Henderson, B.E. (1992). Intake of vegetables, fruits, beta-carotene, vitamin C and vitamin supplements and cancer incidence among the elderly: a prospective study. British Journal of Cancer. 66: 673-679.

[3] Dutta, D., Dutta, A., Raychaudhuri, U. and Chakraborty, R. (2016). Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

carotene in pumpkin puree. Journal of Food Engineering. 4: 538-546.
[4] Kramer, A. and Twigg, B.A. (1970). Quality Control for the Food Industry. Westport, Connecticut: AVI Publishing.
[5] Rao, M.A. (1999). Rheology of Fluids and Semi-Solid Foods. Gaithersburg: Aspen publishers.
[6] Biswas, A.K., Sahoo, J. and Chatli, M.K. (2011). A simple UV-Vis spectrophotometric method for determination of Beta-carotene content in raw carrot, sweet potato and supplemented chicken meat nuggets. Food Science and Technology. 44: 1809-1813.
[7] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2010). Official Methods of Analysis. Washington DC.
[8] Nindo, C.I., Tang, J., Powers, J.R. and Takhar, P.S. (2007). Rheological properties of blueberry puree for processing applications. LWT - Food Science and Technology. 4: 292-299.
[9] Tanglertpaibul, T. and Rao, M.A. (1987). Rheological properties of tomato concentrates as affected by particle size and methods of concentration. Journal of Food Science. 52: 141-145.
[10] Murkovic, M., Mulleder, U. and Neunteuflw, H. (2002). Carotenoid content in different varieties of pumpkins. Journal of Food Composition and Analysis. 15: 633-638.
[11] von Elbe, J.H. and Schwartz, S.J. (1996). Colorants. In O.R. Fennema (Ed.), Food Chemistry. New York: Marcel Dekker., 651-722.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา 2559-17-013

แบบสรุปรายงานการเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รายงานสรุปโครงการ ประจำปีงบประมาณ 2559

☐ แหล่งงบประมาณแผนดิน ☑ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) คุณสมบัติวิทยากระแสและเคมีกายภาพของเพียวเร่จากผักและผลไม้

(ภาษาอังกฤษ) Rheological and physico-chemical properties of vegetable and fruit puree

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงวันที่ 30 เดือน กันยายน พ.ศ. 2559

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 30000 บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) 26/01/2559

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว			
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	0	0	0
ค่าใช้สอย	0	0	0
ค่าวัสดุ	30,000	30,000	0
ค่าสาธารณูปโภค			
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์			
รวม	30,000	30,000	0

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวรุจิรา ตาปราบ

(ภาษาอังกฤษ) Miss Ruchira Taprap

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ (พ.ศ.)
D. Eng.	Env. Chem. and Eng.	Tokyo Institute of Technology, Japan	2538
วศ.ม.	วิศวกรรมเคมี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2531
วท.บ.	เคมี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2523

ทุนวิจัยที่เคยได้รับมา

ปี	หัวข้อวิจัย	แหล่งทุนวิจัย
2559	คุณสมบัติวิทยากระแสและเคมีกายภาพของเพียวเร่จากผักและผลไม้	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2554	ผลของการใช้สารเคมีร่วมกับบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาถั่วพูและโหระพา	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2553	ผลของถุงพลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการหายใจของผักไฮโดรโปนิกภายหลังการเก็บเกี่ยว	งบประมาณแผ่นดิน
2552	การศึกษากลไกการดูดซับของข้าวเหนียวดำเพื่อผลิตภัณฑ์โมจิ	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2551	แบบจำลองอัตราการหายใจของผักและผลไม้ในถุงพลาสติก	งบประมาณแผ่นดิน
2549	การสำรวจและวิเคราะห์พลังงานในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้	งบประมาณแผ่นดิน

ตัวอย่างผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์

สิญา สุขศรีทอง และรุจิรา ตาปราบ. 2554. ผลของอุณหภูมิและสารเคลือบผิวต่อคุณภาพของถั่วพู. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 8 (The 8th KU-KPS Conference). 8-9 ธันวาคม 2554. นครปฐม.

Taprap, R. and Jeanaksorn, T. 2004. Physical and Chemical Properties of *Garcinia cowa* Roxb, *Garcinia schomburgkiana* Pierre and *Garcinia dulcis* Kurz. In Proceedings the 1st KMITL International Conference on Integration of Science and Technology for Sustainable Development, August 25-26, Bangkok, Thailand.

Taprap, R. and Baochote, P. 2007. Energy and Exergy Analysis of Fruit Juice Process in Thailand. In Proceedings the 20th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy System, ECOS2007, June 25-28, Padova, Italy.

Taprap, R. and Surapanpisit, Y. 2008. Extraction of Mineral and Protein from Chicken Bone Residue and their Utilization in Meat Ball. In Proceedings the International Food Conference: Food Innovation Asia 2008, 12-13 June, Bangkok.

Taprap, R., Laisuwan, S. and Jeanaksorn, T. 2010. Respiration Rate and Quality Change of Minimally Processed Spiny Coriander (*Eryngium foetidum* Linn) and Water Mimosa (*Neptunia oleracea* Lour) as Affected by Packaging and Low Temperature Storage. In Proceedings of 16th AAS and 1st ISAT: Sufficiency Agriculture. August 25-27. Bangkok.

2. ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวปนัดดา นนทนำ

(ภาษาอังกฤษ) Miss Panadda Nonthanum

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ (พ.ศ.)
Ph.D.	Food Science and Human Nutrition	University of Illinois at Champaign-Urbana, IL, USA	2556
วศ.ม.	วิศวกรรมอาหาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าธนบุรี	2547
วท.บ.	อุตสาหกรรมเกษตร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2543

ทุนวิจัยที่เคยได้รับมา

ปี	หัวข้อวิจัย	แหล่งทุนวิจัย
2560	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ถั่วเหลืองผสมงาดำ	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2560	การผลิตผลิตภัณฑ์เจลผสมโปรไบโอติกและพรีไบโอติก	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.

ปี	หัวข้อวิจัย	แหล่งทุนวิจัย
2559	คุณภาพของนมถั่วเหลืองและเต้าหู้ที่ผลิตจากถั่วเหลืองงอกและการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในระหว่างการแปรรูปของถั่วเหลืองงอก	งบประมาณแผ่นดิน
2559	คุณสมบัติวิทยากระแสและเคมีกายภาพของเพียวเร่จากผักและผลไม้	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2558	เอนแคปซูเลชันของลูทีนในเวย์โปรตีนไอโซเลทโดยวิธีดีซอลเวชัน	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.

ตัวอย่างผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์

Suprapakorn, N. and Nonthanum, P. Nanoemulsion of lutein stabilized by whey protein isolate blended with low-molecular weight emulsifiers. The 19th Food Innovation Asia Conference 2017. June 15-17, 2017. Bangkok, Thailand.

Nonthanum, P., Muttaharach, P. and Ruchira Taprap, R. Effect of cultivars and processing conditions on rheological properties and beta-carotene contents of pumpkin puree. The 19th Food Innovation Asia Conference 2017. June 15-17, 2017. Bangkok, Thailand.

Prompun, S. Puttongsiri, T., Nonthanum, P. and Kerdpiboon, S. Physical properties of dried shrimp shell during hot air tray drying. The 19th Food Innovation Asia Conference 2017. June 15-17, 2017. Bangkok, Thailand.

Muttaharach, P., Nuamvijit, R., Neovakul, P., Nonthanum, P. and Taprap, R. Rheological and flow properties of tamarind puree. The 18th Food Innovation Asia Conference 2016. June 16-18, 2016. Bangkok, Thailand.

Ying Qin, Nonthanum, P. and Padua, G.W. Effect of casting surface on hydrophobicity of zein films. IFT Annual Meeting 2014. June 21-24, 2014. Chicago, USA.