

ศักยภาพภาพของแป้งขนุนในการเป็นสารแขวนตะกอน และสารก่ออิมัลชัน

วัชรีย์ คุณกิตติ¹ ฉันทนา อารมย์ดี² สุวรรณ วรรัตน์³ และ ผดุงขวัญ จิตโรภาส⁴

Abstract

Khunkitti, W., Aromdee, C., Vorarat, S. and Chitropas, P.

The potential of jackfruit starch for use as suspending agent and emulsifying agent

Songklanakar J. Sci. Technol., 2006, 28(1) : 145-155

Due to the physicochemical properties of jackfruit (JK) seed starch, it is interesting to use jackfruit mucilage for cosmetic application. The aim of this study was to investigate the physical properties and the effectiveness of JK mucilage at the range of 1 to 5% w/v for using as suspending agent and emulsifying agent. It was found that the pH of 3% w/v JK mucilage was 4.63 ± 0.11 . At the concentrations lower than 3% w/v the mucilage exhibited newtonian flow whereas at higher concentration the mucilage showed pseudoplastic with thixotropic flow. As increased the concentration of JK mucilage, the surface tension of purified water was reduced to the range of 1.77-3.8 mN/m and the interfacial tension between water and mineral oil was reduced to the range of 9.07-12.43 mN/m. The viscosity of the mucilage was reduced dramatically in acid pH but in salt solution at the concentrations lower than 2% w/v, the viscosity was increased. In addition, the JK mucilage was able to flocculate Titanium dioxide. Even though the JK mucilage was able to thicken the

Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002 Thailand.

¹Ph.D.(Pharmaceutics), รองศาสตราจารย์ ²Ph.D.(Pharmacy), รองศาสตราจารย์ ³Ph.D.(Analytical chemistry), ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ⁴Ph.D.(Pharmaceutics), ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

Corresponding e-mail: watkhu@kku.ac.th

รับต้นฉบับ 8 เมษายน 2548 รับลงพิมพ์ 9 กันยายน 2548

external phase of emulsion, it exhibited as a poor emulsifier. The JK mucilage, therefore, has the potential for use as a suspending agent and thickening agent in cosmetic products.

Key words : jackfruit mucilage, surface tension, interfacial tension, suspending agent, thickening agent

บทคัดย่อ

วัชรีย์ คุณกิตติ จันทนา อารมย์ดี สุวรรณ วรรัตน์ และ ผดุงขวัญ จิตโรภาส
ศึกษาคุณภาพของแป้งขนุนในการเป็นสารแขวนตะกอนและสารก่ออิมัลชัน

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2549 28(1) : 145-155

จากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งขนุน พบว่า แป้งขนุนน่าจะนำมาประยุกต์ใช้ในทางเครื่องสำอางได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและประสิทธิภาพของน้ำแป้งขนุนในการนำมาเป็นสารแขวนตะกอนและสารก่ออิมัลชัน จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำแป้งขนุนในความเข้มข้นระหว่าง 1 ถึง 5 % w/v พบว่าน้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 3% w/v จะไหลแบบนิวโตเนียน และที่ความเข้มข้น 3% w/v จะมี pH เท่ากับ 4.63±0.11 ไหลแบบ pseudoplastic with thixotropy มีคุณสมบัติในการลดแรงตึงผิวและแรงที่ผิวประจันได้เล็กน้อยโดยลดแรงตึงผิวของน้ำลงได้ระหว่าง 1.77-3.8 mN/m และลดแรงที่ผิวประจันระหว่างน้ำกับ mineral oil ลงระหว่าง 9.07-12.43 mN/m ในสภาวะที่เป็นกรดความหนืดของน้ำแป้งขนุนจะลดต่ำลง ในทางตรงข้ามในสภาวะที่มีเกลือความหนืดของน้ำแป้งขนุนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเกลือต่ำกว่า 2% w/v นอกจากนี้ น้ำแป้งขนุนยังทำให้ Titanium dioxide จับกันอย่างหลวมๆ และสามารถเพิ่มความหนืดให้กับวัสดุภายนอกของอิมัลชันแต่สามารถก่ออิมัลชันได้น้อย ดังนั้นแป้งขนุนน่าจะมียุทธศาสตร์ที่จะนำมาใช้เป็นสารช่วยแขวนตะกอนและใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดในอิมัลชันได้

ขนุนเป็นไม้ยืนต้น ปลูกได้ทั่วไปทุกภาคของประเทศ ออกผลตลอดปี ผลมีขนาดใหญ่ อาจหนักได้ถึง 30 กก. เนื้อมีรสหวานหอม นิยมรับประทานสดหรือใส่ขนมหวานหรือไอศกรีม ในขนุน 1 ผล จะมีเยื่อขนุนประมาณ 30-100 ยวง ขึ้นอยู่กับขนาดและพันธุ์ของขนุน ผลสุกเดือนมกราคม-พฤษภาคม เมล็ดขนุนอาจนำมาต้มให้สุกและรับประทาน เมล็ดขนุนมีความชื้น 54.7% โปรตีน 6.6% ไขมัน 0.4% คาร์โบไฮเดรต 38.4% เส้นใย 1.5% (Arom-dee et al., 2004) เมล็ดขนุนมีปริมาณแป้งถึง 38.4% แป้งจากเมล็ดขนุนเป็นแป้งที่มีขนาดละเอียดเล็กพอกับแป้งข้าวเจ้าแต่มีความชื้นและมันกว่า จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าแป้งขนุนสามารถพองตัวได้ดีในน้ำเดือด ลักษณะเจลที่ได้มีความมันวาวน่าใช้ ดังนั้นน่าจะสามารถนำเมล็ดขนุนมาใช้เตรียมแป้งเพื่อประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอางได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งขนุนและประสิทธิภาพของ

น้ำแป้งขนุนในการนำมาเป็นสารแขวนตะกอนและสารก่ออิมัลชัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมแป้งขนุน

นำเมล็ดขนุนเก็บที่ตลาดสด จังหวัดขอนแก่น ในระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 มาล้างแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50°C ก่อนนำมาบดให้น้ำเมล็ดแห้งแช่น้ำค้างคืน แล้วลอกเปลือกชั้นนอกออก นำไปปั่นให้ละเอียด หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำเปล่าจนจนน้ำที่แช่ใส กรองเอาแป้งไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50°C นำแป้งที่ได้ไปผ่านร่อนเบอร์ 100

2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำแป้งขนุน

2.1 การเตรียมน้ำแป้งขนุน

เตรียมแป้งขนุนในความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5% โดยชั่งสารลงในบีกเกอร์เติมน้ำจนครบแล้วให้ความร้อนที่ 100°C เป็นเวลานาน 4-5 นาที ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง สังเกตลักษณะที่เตรียมได้ นำไปวัด pH และความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer

2.2 การวัดความหนืดและการไหลด้วย Brookfield viscometer DVIII (New Jersey, USA)

นำน้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4, 5 % w/v ไปวัดความหนืดโดยใช้ spindle T-F หมุนด้วยความเร็วรอบ 100 RPM วัดที่อุณหภูมิ 21±1°C บันทึกค่าที่อ่านได้ และนำน้ำแป้งขนุนความเข้มข้น 3% w/v บรรจุลงใน small sample adapter วัดการไหลที่ความเร็ว 10, 20, 30, 40, 50, 60, 50, 40, 30, 20 รอบ/นาที นำค่าที่ได้ไปพลอตกราฟระหว่างความหนืดกับความเร็วยกกำลังสองต่อนาที และศึกษาลักษณะการไหลของน้ำแป้งขนุนโดยพลอตกราฟระหว่าง rate of shear และ shearing stress

3. การหาค่าแรงตึงผิว และแรงระหว่างผิวประจันของน้ำแป้งขนุน

3.1 การวัดค่าแรงตึงผิวโดยใช้เครื่องมือ Tensiometer (KRUSS, Hamburg, Germany)

นำน้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5, 1, 2, และ 3 % w/v ไปหาค่าแรงตึงผิวและแรงระหว่างผิวประจัน ดังนี้ ตวงน้ำแป้ง 10.0 มล. ใส่ในภาชนะแก้วนำไปวางบนแท่นเครื่องมือ ปรับวงแหวนให้อยู่ในตำแหน่งพร้อมวัด เลื่อนแท่นขึ้นไปที่ใกล้วงแหวนมากที่สุดแต่ไม่สัมผัสวงแหวนแล้วปรับปุ่มให้วงแหวนสัมผัสกับผิวน้ำแป้งพอดี ปรับแป้นตั้งวงแหวนอย่างช้าๆ จนวงแหวนหลุดออกจากผิวของน้ำแป้ง อ่านค่าแรงบิดของขดลวดจากหน้าปัดเครื่องมือ บันทึกผล โดยทำซ้ำ 3 ครั้ง

3.2 การวัดแรงระหว่างผิวประจันโดยใช้เครื่องมือ tensiometer (KRUSS, Hamburg, Germany)

นำน้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5, 1, 2, และ 3 % w/v ปริมาตร 10.0 มล. ใส่ในภาชนะแก้ว ปรับปุ่มให้วงแหวนสัมผัสกับผิวน้ำแป้งพอดี ค่อยๆ เติมน้ำ mineral oil 10.0 มล. ลงบนน้ำแป้งขนุน รอให้ผิวของตัวอย่างนิ่ง ปรับแป้นตั้งวงแหวนอย่างช้าๆ จนวงแหวนหลุดออกจากผิวของน้ำแป้งขนุนอ่านแรงบิดของขดลวด

จากหน้าปัดเครื่องมือ บันทึกผล โดยทำซ้ำ 3 ครั้ง

4. การศึกษาผลของกรดและเกลือต่อคุณสมบัติของน้ำแป้งขนุนในความเข้มข้น 4% w/v

เตรียมน้ำแป้งขนุนในความเข้มข้น 4% w/v โดยให้มี glycolic acid หรือเติม sodium chloride ในความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 % w/v ตามลำดับ ทิ้งไว้ 24 ชม. ที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 22±1.0°C โดย Brookfield viscometer ด้วย spindle T-F ด้วยความเร็ว 100 รอบ/นาที

5. ความสามารถในการก่ออิมัลชัน ของน้ำแป้งขนุน

เตรียมอิมัลชันระหว่าง mineral oil และน้ำแป้งขนุนในความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 % w/v ในสัดส่วน 1 ต่อ 10 ดังนี้ อุณหภูมิ mineral oil และน้ำแป้งขนุนบนหม้ออังน้ำจมน้ำอุณหภูมิ 70°C และ 75°C ตามลำดับ ค่อยๆ เติมน้ำ mineral oil ลงในน้ำแป้งขนุน นำไป homogenized นาน 1 นาที ปิดอิมัลชันที่ได้จำนวน 100 ไมโครลิตร (µl) ลงใน 96-well plate แล้วเจือจางด้วยน้ำ 100 µl และทำ blank โดยใช้ น้ำ ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร (nm) โดยใช้เครื่อง micro titer plate reader (Biorad, USA) โดยเขย่า 1 นาทีก่อนวัด ที่เวลา 0 นาที เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 สัปดาห์ ทำการประเมินค่าดัชนีความคงตัวของอิมัลชัน (ESI: Emulsion stability index) (Garti *et al.*, 1999)

$$ESI = \frac{OD_{595} \text{ ของอิมัลชัน ณ วันที่ 7}}{OD_{595} \text{ ของอิมัลชัน ณ วันที่ 0}}$$

5. การศึกษาผลของความเข้มข้นของแป้งขนุนต่อการเกิด flocculation และ redispersibility ของ titanium dioxide

สารแขวนลอยที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ 0.25% w/v Carbopol 940, 2.5% w/v sodium carboxymethylcellulose (SCMC), 5% w/v Poloxamer 407 และ 5% w/v น้ำแป้งขนุน ทำการเตรียมขบวนการตะกอนโดยมีส่วนประกอบดังนี้ micronized titanium dioxide 7.5 กรัม flocculating agent ในปริมาณ 0 1 3 หรือ 5 มล.

paraben concentrate 0.5 มล. และปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากอ็อกโซน จนได้ปริมาตร 25.0 มล. ทำการประเมินคุณสมบัติของยาน้ำแขวนตะกอนที่เตรียมได้เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 สัปดาห์ ทำการประเมินการเกิดการจับกันแบบหลวมๆ (flocculation) โดยการวัดความสูงของตะกอนเทียบกับตัวรับควบคุม และทำการประเมินการกลับกระจายตัวของตะกอน (redispersibility) โดยการนับจำนวนครั้งของการพลิกภาชนะบรรจุ 180 องศาจนกว่าตะกอนจะกลับกระจายตัวได้อย่างสมบูรณ์

7. การเปรียบเทียบผลของสารเพิ่มความหนืดกับความเข้มข้นของแป้งขนุนต่อการเกิดอิมัลชัน

เตรียมอิมัลชัน โดยมีส่วนประกอบดังนี้ วัสดุภาคน้ำมันประกอบด้วย light mineral oil 20 มล. วัสดุภาคน้ำประกอบด้วย sorbitol 3 กรัม, paraben concentrate 2 มล., micronized titanium dioxide 1 กรัม ที่ทำให้เปื่อยด้วย Cremophor RH-40 3 กรัม สารเพิ่มความหนืดในปริมาณ 0, 1, 3 และ 5 มล. ตามลำดับ และปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากอ็อกโซน จนได้ปริมาตร 100 มล. โดยเตรียมดังนี้ เทวัสดุภาคน้ำที่มีอุณหภูมิ 80°C ลงในวัสดุภาคน้ำมันที่มีอุณหภูมิ 75°C คนอย่างต่อเนื่องจนเป็นอิมัลชันเนื้อเดียวกัน ประเมินคุณสมบัติของอิมัลชันที่ได้เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเมื่อเก็บไว้นาน 1 สัปดาห์ ทำการวัดความหนาของชั้นครีมและชั้นของน้ำมันที่แยกออกมาอย่างชัดเจน คำนวณหา % creaming และ % breaking ดังนี้

$$\% \text{ creaming} = 100 \times (\text{ความหนาของชั้นครีม (cm)} \div \text{ความสูงของอิมัลชันเริ่มต้น (cm)})$$

$$\% \text{ breaking} = 100 \times (\text{ความหนาของชั้นน้ำมันที่แยกออกมาอย่างชัดเจน (cm)} \div \text{ความสูงของอิมัลชันเริ่มต้น (cm)})$$

ผลการศึกษา

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำแป้งขนุน

น้ำแป้งขนุนมี pH ระหว่าง 4.47-4.63 ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v มีลักษณะเหลว ชุ่นขาว เมื่อตั้งทิ้งไว้มีตะกอนผงแป้งเล็กน้อย ความหนืดต่ำ ที่ความเข้มข้น 3 % w/v น้ำแป้งขนุนมีลักษณะเหนียวและไหลได้ที่ความเข้มข้น 4 และ 5 % w/v น้ำแป้งมีลักษณะเป็นเจลโปร่งแสงกึ่งแข็ง เมื่อนำไปวัดความหนืดพบว่าความหนืดจะเพิ่มขึ้น (Table 1) เมื่อนำไปวัดการไหลของน้ำแป้งขนุนพบว่าที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ค่า rate of shear และ shear stress มีความสัมพันธ์แบบเป็นเส้นตรงไม่ขึ้นกับเวลา ในขณะที่น้ำแป้งขนุนความเข้มข้น 3% มีความหนืดลดลงเมื่อมีแรงกระทำมากขึ้นและเมื่อลดแรงกระทำการคืนตัวของแป้งจะขึ้นกับเวลา (Figures 1 และ 2)

แรงตึงผิวและแรงที่ผิวประจันของน้ำแป้งขนุน

เมื่อนำน้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1, 2 และ 3 % w/v มาวัดแรงตึงผิวระหว่างน้ำแป้งขนุนกับอากาศพบว่า น้ำมีแรงตึงผิวเป็น 72.3 mN/m เมื่อความเข้มข้นของน้ำแป้งขนุนเพิ่มขึ้นแรงตึงผิวจะค่อยๆ ลดลง โดยต่ำกว่าแรงตึงผิวของน้ำ 1.77, 5.67, 6.7, 9.57 และ 3.8 mN/m ตามลำดับ น้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 3% w/v มีแรงตึงผิวจะเพิ่มขึ้นจากแรงตึงผิวของน้ำแป้งขนุน 2% w/v ถึง 5.77 mN/m โดยพบว่าแรงตึงผิวจะลดลงต่ำสุดที่ความเข้มข้น 2% w/v สำหรับแรงที่ผิวประจันพบว่าแรงที่ผิวประจันระหว่างน้ำและ mineral oil มีค่าเป็น 47.4 mN/m เมื่อความเข้มข้นของน้ำแป้งขนุนเพิ่มขึ้นแรงที่ผิวประจันของน้ำแป้งขนุนจะลดลง โดยต่ำกว่าแรงที่ผิวประจันของน้ำ 9.07, 12.33, 14.30, 16.10 และ 12.43 mN/m

Table 1. Physical properties of jackfruit mucilage.

Concentration of JK (%w/v)	pH	Viscosity (cps)
1	4.63±0.08	1.63±0.23
2	4.63±0.12	4.83±1.51
3	4.61±0.16	40.97±4.94
4	4.58±0.12	214.33±6.11
5	4.47±0.13	253.00±18.52

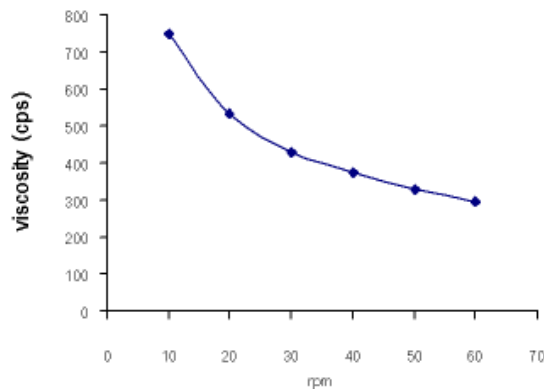


Figure 1. The changes of 3%w/v jackfruit mucilage viscosity as revolving increased.

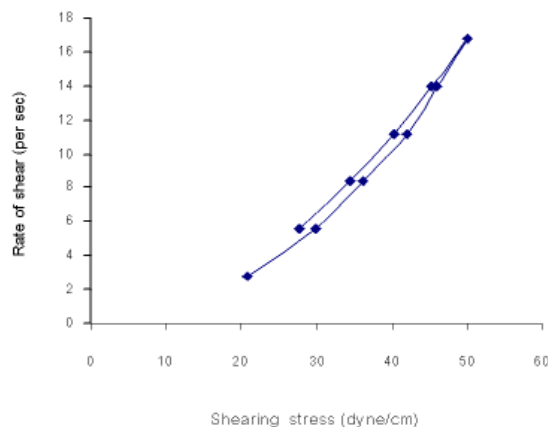


Figure 2. Thixotropy in pseudoplastic flow of 3% w/v jackfruit mucilage.

ตามลำดับ น้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 3% w/v พบว่าแรงที่ผิวประจันจะเพิ่มมากกว่าของน้ำแป้งขนุน 2% w/v ถึง 3.67 mN/m โดยพบว่าแรงที่ผิวประจันจะลดลงต่ำสุดที่ความเข้มข้น 2% w/v และพบว่าการลดลงของทั้งแรงตึงผิวและแรงที่ผิวประจันของน้ำแป้งขนุนเป็นไปในทำนองเดียวกัน (Figure 3)

ผลของกรดและเกลือต่อคุณสมบัติของน้ำแป้งขนุนเข้มข้น 4% w/v

Figure 4 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเติมกรด glycolic acid ในความเข้มข้น 0.25-0.5 % w/v ลงในน้ำแป้ง 4% w/v พบว่าความหนืดลดลงมาก เมื่อความเข้มข้นของกรดมากขึ้นความหนืดลดลงเล็กน้อย ในขณะที่เมื่อเติมเกลือ sodium chloride ในความเข้มข้น 0.25-2.0% w/v ลงใน

น้ำแป้งขนุน 4% w/v พบว่าความหนืดของน้ำแป้งขนุนจะเพิ่มขึ้นโดยความหนืดจะมากที่สุดเมื่อเติมเกลือในความเข้มข้น 0.25% w/v และลดลงในช่วงที่มีเกลือ ต่ำกว่า 2% w/v

การเปรียบเทียบผลของสารเพิ่มความหนืดกับความเข้มข้นของแป้งขนุนต่อการเกิดการจับการแบบหลวมๆ (flocculation) ของ titanium dioxide

เมื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถของสารเพิ่มความหนืดกับน้ำแป้งขนุน ณ วันที่ 14 (Figure 5) พบว่าแป้งขนุนเพิ่มค่าความสูงของตะกอน น้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 0.25% w/v สามารถทำให้ titanium dioxide จับกันอย่างหลวมๆ ได้ใกล้เคียงกับเมื่อเติม SCMC ที่ความเข้มข้น 0.075% และ Poloxamer 407 ทุกความ

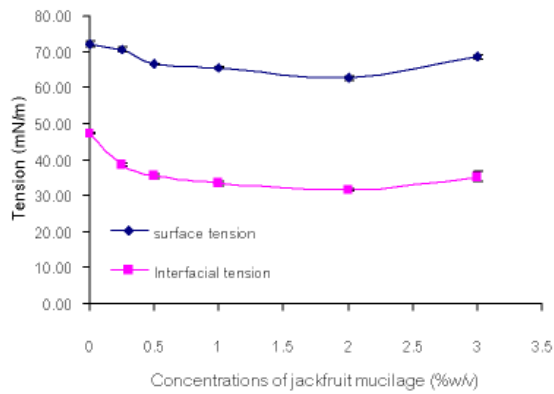


Figure 3. The surface and interfacial tension of jackfruit mucilage at various concentrations.

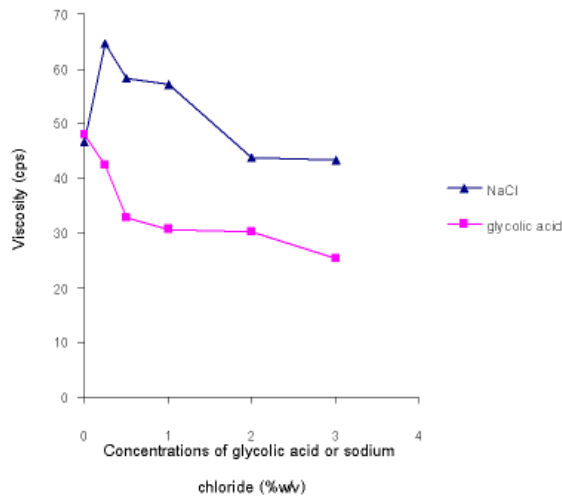


Figure 4. The effects of acid and electrolyte on 4% w/v jackfruit mucilage viscosity.

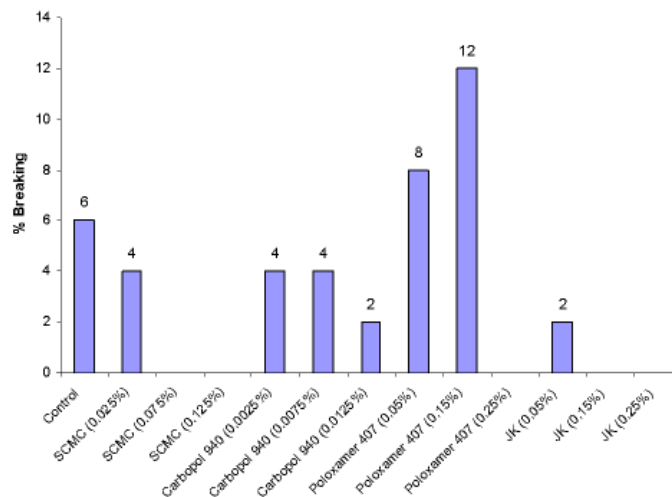


Figure 5. Sedimentation height produced by adding various amounts of flocculating agents.

Table 2. Sedimentation height and redispersibility produced by various amounts of flocculating agents.

Sample	Sedimentation height (cm)	Degree of flocculation	Redispersibility (times)
Control	0.7	1.0	68
SCMC (0.025%)	1.8	2.6	27
SCMC (0.075%)	1.9	2.7	30
SCMC (0.125%)	2.25	3.2	15
Carbopol 940 (0.0025%)	1.1	1.6	20
Carbopol 940 (0.0075%)	1.3	1.9	14
Carbopol 940 (0.0125%)	1.6	2.3	9
Poloxamer 407 (0.05%)	0.7	1	95
Poloxamer 407 (0.15%)	0.7	1	55
Poloxamer 407 (0.25%)	0.7	1	57
JK (0.05%)	0.8	1.1	62
JK (0.15%)	1.2	1.7	14
JK (0.25%)	1.95	2.8	5

เข้มข้นให้ค่าความสูงของตะกอนไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ น้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 0.15% w/v ให้ค่าความสูงของตะกอน ใกล้เคียงกับ Carbopol 940 0.0025 และ 0.0075% w/v ในขณะที่น้ำแป้งขนุน 0.05% w/v สามารถเพิ่มค่าความสูงของตะกอนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม สำหรับค่าการกลับกระจายตัวของ titanium dioxide (redispersibility) พบว่าน้ำแป้งขนุน 0.25% w/v สามารถกลับกระจายตัวได้ภายใน 5 ครั้ง และน้ำแป้งขนุน 0.15% w/v สามารถกลับกระจายตัวได้เท่ากับ Carbopol 940 0.0075% w/v และใกล้เคียงกับ SCMC 0.125% w/v ส่วน Poloxamer 407 ทุกความเข้มข้น และน้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 0.05% w/v รวมไปถึงกลุ่มควบคุมไม่สามารถกลับกระจายตัวได้ใน 50 ครั้ง (Table 2)

ความสามารถในการก่ออิมัลชันของน้ำแป้งขนุน

จาก Figure 6 เมื่อนำอิมัลชันที่เตรียมโดยใช้น้ำแป้งขนุนความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5% w/v มาวัดค่า optical density (OD) ที่ 595 nm พบว่าค่า OD เพิ่มขึ้นแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 1-3% w/v และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความเข้มข้นน้ำแป้งขนุน 4% w/v และลดลงอย่างรวดเร็วที่ความเข้มข้นน้ำแป้งขนุน 5% w/v เมื่อทำการศึกษาค่า OD ณ วันที่ 0 และวันที่ 7 พบว่าหลังเก็บไว้นาน 7 วัน ค่า OD ของน้ำแป้งขนุน 1 และ 2% w/v ลดต่ำกว่าวันที่ 0 แต่น้ำแป้งขนุนที่ความ

เข้มข้น 3-5% w/v มีค่า OD เพิ่มขึ้น เมื่อนำมาหาสัดส่วน OD ที่เปลี่ยนแปลงไป หรือค่า emulsion stability index (ESI) พบว่าค่า ESI แปรตามความเข้มข้นระหว่าง 1-3 % w/v และค่าที่ได้จะคงที่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (Figure 7)

การเปรียบเทียบผลของสารเพิ่มความหนืดกับความเข้มข้นของแป้งขนุนต่อการเกิดอิมัลชัน

เมื่อเปรียบเทียบผลของสารเพิ่มความหนืดต่อการเกิด flocculation ของ titanium dioxide และการเกิดอิมัลชัน (Table 3) พบว่า SCMC ที่ความเข้มข้น 0.075% w/v และ 0.125 % w/v, Poloxamer 407 ที่ความเข้มข้น 0.5% w/v และแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 0.15% w/v และ 0.25% w/v ไม่พบชั้นน้ำมันแยกออกมา ในขณะที่ตำรับอื่นๆ เกิดการแยกชั้นของน้ำมัน (breaking) (Figure 8) ค่าความสูงของตะกอนลดลง แต่ค่า % creaming เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ SCMC เพิ่มขึ้น ส่วน Carbopol 940 ทำให้ค่าความสูงของตะกอนเพิ่มขึ้น และค่า % creaming ใกล้เคียงกันเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น สำหรับ Poloxamer 407 มีค่าความสูงของตะกอนไม่แตกต่างกัน แต่ % creaming ไม่เป็นไปตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความเข้มข้น 0.1% w/v มีค่า % creaming มากกว่า 0.3% w/v และกลับสูงมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 0.5% w/v ในขณะที่น้ำแป้งขนุนทำให้ค่าความสูงของตะกอนเพิ่มขึ้น

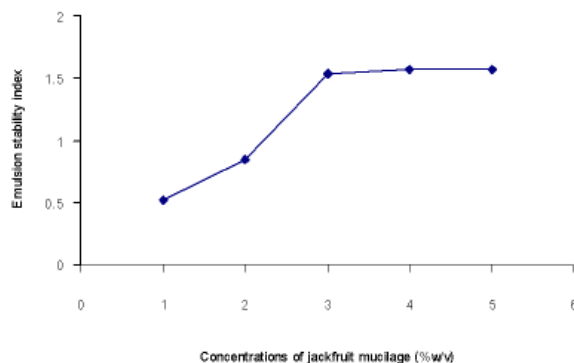


Figure 6. The changes of optical density at 595 nm of emulsion containing jackfruit mucilage as emulsifier on day 0 and day 7.

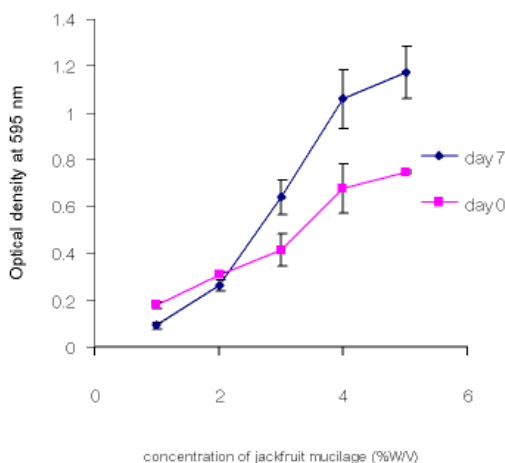


Figure 7. Emulsion stability index at various concentrations of jackfruit mucilage.

เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แต่ % creaming ไม่เป็นไปตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความเข้มข้น 0.05% w/v มีค่า % creaming มากกว่า 0.15% w/v และกลับสูงมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 0.25% w/v โดยมีค่ามากกว่า Poloxamer 407

วิจารณ์

คุณสมบัติของน้ำแป้งขนุน

น้ำแป้งขนุนมีลักษณะเป็นกรดอ่อน (pH 5.5) ที่ความเข้มข้น 1 และ 2% w/v ไหลแบบนิวโตเนียน คือ shear stress เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ shear rate และมีความหนืดคงที่ ที่ความเข้มข้น 3% w/v น้ำแป้งขนุนจะ

ไหลแบบ pseudoplastic with thixotropic flow โดยมี hysteresis loop แคบ แสดงว่าเมื่อเพิ่มแรงกระทำจะทำให้ความหนืดลดลง และเมื่อลดแรงกระทำการคืนตัวของน้ำแป้งขนุนจะเร็วแต่ขึ้นกับเวลา ทำให้เห็นเป็น loop และที่ความเข้มข้น 4 และ 5% w/v จะอยู่ในรูปแบบเจล จากลักษณะการไหลของน้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้น 3% w/v เมื่อมีแรงกระทำมากขึ้น สายโมเลกุลของแป้งขนุนอาจทำการเรียงตัวในแนวยาวตามทิศทางการไหล การเรียงตัวเช่นนี้ทำให้แรงต้านภายในโมเลกุลน้ำแป้งลดต่ำลง นอกจากนี้โมเลกุลของน้ำอาจจะถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้ความเข้มข้นและขนาดของโมเลกุลแป้งที่กระจายตัวอยู่ลดต่ำลง มีผลให้ความหนืดที่ปรากฏลดลง (Martin et al., 1983)

DuNouy tensiometer เป็นเครื่องวัดแรงตึงผิวที่

Table 3. Sedimentation height, creaming and breaking oil produced by various amounts of flocculating agents in emulsion.

Sample	sedimentation height (cm)	Degree of flocculation	% creaming	% breaking
Control	0.25	1	16	6
SCMC (0.025%)	2.1	8.4	18	4
SCMC (0.075%)	1.3	5.2	24	0
SCMC (0.125%)	0.85	3.4	26	0
Carbopol 940 (0.0025%)	0.55	2.2	26	4
Carbopol 940 (0.0075%)	0.7	2.8	22	4
Carbopol 940 (0.0125%)	0.75	3	26	2
Poloxamer 407 (0.05%)	0.35	1.4	18	8
Poloxamer 407 (0.15%)	0.35	1.4	10	12
Poloxamer 407 (0.25%)	0.35	1.4	22	0
JK (0.05%)	0.35	1.4	31	2
JK (0.15%)	0.6	2.4	26	0
JK (0.25%)	0.8	3.2	28	0

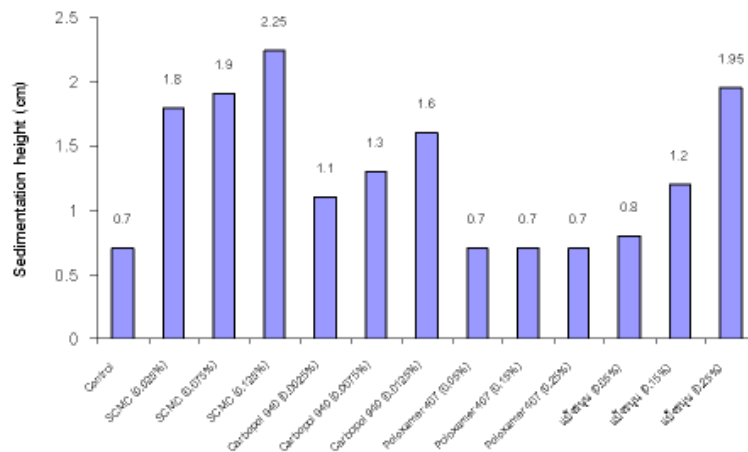


Figure 8. % Breaking produced by adding various amounts of emulsifying agents.

อาศัยแรงที่ใช้ในการดึง platinum-iridium ring ที่สัมผัสกับผิวของเหลวหรือระหว่างผิวประจัน โดยวัดค่าจากแรงบิดของลวด เมื่อนำน้ำแป้งขนุนที่มีความเข้มข้นต่างๆ มาวัดแรงดึงผิว และแรงระหว่างผิวประจันของน้ำแป้งกับ mineral oil พบว่าเป็นไปในแนวเดียวกันคือ น้ำแป้งขนุนที่มีความเข้มข้นต่ำ (0.5% w/v) สามารถลดแรงดึงผิวและแรงระหว่างผิวประจันได้เล็กน้อย เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแป้งที่ 3% w/v ทั้งแรงดึงผิวและแรงระหว่างผิวประจันจะกลับเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเกิดเจลฟิล์มของน้ำ

แป้งขนุนที่ผิวและรอบๆ Du Nouy ring ทำให้ต้องใช้แรงดึงมากขึ้น ซึ่งมีลักษณะทำนองเดียวกันกับ xanthan gum และ carrageenan (Huang *et al.*, 2001) อย่างไรก็ตามความสามารถในการลดแรงดึงผิวของแป้งขนุนค่อนข้างน้อยคือที่ความเข้มข้น 2% w/v สามารถลดแรงดึงผิวได้ 62.73 dynes/cm ซึ่งต่ำกว่า 0.5% w/v carrageenan (65 dynes/cm) แต่สูงกว่า xanthan gum (60.8 dynes/cm) (Huang *et al.*, 2001) แสดงว่าแป้งขนุนมีศักยภาพในการเป็นสารก่ออิมัลชันได้น้อย

จากการศึกษาผลของ glycolic acid ที่มีต่อความหนืดของน้ำแป้ง 4% w/v พบว่าความหนืดของน้ำแป้งจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก glycolic acid เป็นสารที่นอกจากจะเป็นกรดแล้วยังมีคุณสมบัติในการดูดน้ำได้ดีทำให้มีผลในการดึงน้ำออกจากสายพอลิเมอร์ที่พองตัวทำให้ความหนืดลดลงสำหรับผลของเกลือในความเข้มข้นต่ำทำให้ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าน้ำแป้งที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น คล้ายกับ gum acacia คือเกลือที่ความเข้มข้นต่ำมีผลทำให้ลดแรงตึงผิว ทำให้โมเลกุลของแป้งที่เรียงตัวที่ผิวน้ำเข้ามารวมตัวกันมากขึ้นในขณะที่เมื่อความเข้มข้นของเกลือมากขึ้นจะมีผลในการดึงน้ำออกจากสายพอลิเมอร์ที่พองตัวทำให้ความหนืดลดลง (Florence and Attwood, 1998)

ผลของน้ำแป้งขนุนต่อการเกิด flocculation ของ titanium dioxide พบว่าค่าความสูงของตะกอน titanium dioxide เพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และการกลับกระจายตัวได้ดีมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าอนุภาค titanium dioxide มีประจุบวก ส่วนน้ำแป้งมีประจุลบทำให้สายพอลิเมอร์ของแป้งขนุนไปดูดซับบนอนุภาคของ titanium dioxide เชื่อมเป็นสะพานระหว่างอนุภาค และส่วนที่เหลือยื่นออกไปยังตัวกลางทำให้อนุภาคของ titanium dioxide จับกันอย่างหลวมๆ (Martin et al., 1983)

การศึกษาความคงตัวของอิมัลชันนี้อาศัยค่า optical density โดยค่า emulsifying activity index (EAI) หมายถึงความสามารถของแป้งขนุนในการทำให้เกิด oil-in-water emulsions โดยการวัดค่า optical density จะสัมพันธ์กับจำนวนอนุภาคต่อหน่วยปริมาตรและรัศมีของอนุภาค การเปลี่ยนแปลงค่า optical density ต่อเวลาบ่งบอกถึงการเกิด coalescence (Hernandez et al., 1991; Garti et al., 1999) ในที่นี้การวัดค่า optical density ที่เวลาเริ่มต้นต่อค่า optical density หลังเก็บไว้ 1 สัปดาห์ จะแสดงในค่าของ Emulsion stability index (ESI) ความสามารถของน้ำแป้งขนุนในการก่ออิมัลชัน พบว่าค่า ESI ของน้ำแป้งที่ความเข้มข้น 3 และ 4 % w/v มีค่ามากกว่าน้ำแป้งที่ความเข้มข้น 5% w/v ในขณะที่น้ำแป้งที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ไม่สามารถทำให้อิมัลชันคงตัวได้เมื่อตั้งทิ้งไว้หนึ่งสัปดาห์ อธิบายได้ว่าน้ำแป้งขนุน

สามารถลดแรงตึงผิวและแรงระหว่างผิวประจันได้น้อยมาก ทำให้ไม่สามารถก่ออิมัลชันกับ mineral oil ได้ เมื่อความเข้มข้นมากขึ้น น้ำแป้งขนุนเปลี่ยนลักษณะเป็นกึ่งแข็งทำให้ตัวกลางมีความหนืดมากขึ้น ประกอบกับความสามารถในการลดแรงระหว่างผิวประจันได้เล็กน้อย จึงทำให้น้ำมันไม่สามารถแยกออกมาได้เมื่อตั้งทิ้งไว้

การเปรียบเทียบผลของสารเพิ่มความหนืดกับความเข้มข้นของแป้งขนุนต่อการเกิด Flocculation

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเป็น flocculating agent กับสารเพิ่มความหนืดอื่นๆ พบว่าน้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้นต่ำสุด (0.05 % w/v) และ Poloxamer 407 ไม่สามารถทำให้ titanium dioxide จับกันอย่างหลวมๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก Poloxamer 407 เป็นพอลิเมอร์ชนิดไม่มีประจุ (nonionic polyoxyethylene-polypropylene copolymers) มีคุณสมบัติเป็น emulsifying agent, solubilizing agents และ stabilizing agent และสามารถก่อเจลได้ที่ความเข้มข้นสูงๆ (Wade and Weller, 1994) ดังนั้นจึงไม่สามารถสร้างสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคของ titanium dioxide ได้ ส่วนน้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้นต่ำไม่สามารถทำให้อนุภาคจับกันอย่างหลวมๆ ได้เนื่องจากความเข้มข้นมีไม่สูงพอที่จะทำให้อนุภาคจับกันหลวมๆ ได้ทุกอนุภาค และหนืดไม่มากพอที่จะพองอนุภาคให้แขวนลอยได้ ในขณะที่น้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้นสูงขึ้นสามารถทำให้อนุภาคจับกันอย่างหลวมๆ ได้ตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นเหมือนกับ SCMC และ Carbopol 940 สารแขวนลอยทั้ง 3 ชนิดเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุลบสามารถจะจับประจุบวกบนอนุภาคของ titanium dioxide ทำให้เกิดสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคได้ ร่วมกับการพองตัวของพอลิเมอร์ ที่ช่วยแขวนลอยอนุภาคที่จับกันอย่างหลวมๆ และการจับกันอย่างหลวมๆ ทำให้การกลับกระจายตัวของอนุภาคเป็นไปได้อย่างรวดเร็วตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น

การเปรียบเทียบผลของสารเพิ่มความหนืดกับความเข้มข้นของแป้งขนุนต่อการเกิดอิมัลชัน

อิมัลชันที่มีน้ำแป้งขนุนเป็นสารก่ออิมัลชันพบว่าที่ความเข้มข้น 0.05 % w/v มีการแยกของชั้นน้ำมันออกมา

น้อยกว่าค่ารับควบคุมแสดงว่าน้ำแป้งขนุนที่ความเข้มข้นต่ำสามารถก่อกิมัลชันกับน้ำมันได้บางส่วนทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำแป้งขนุนสามารถลดแรงระหว่างผิวประจันระหว่างน้ำและน้ำมันได้เล็กน้อย เมื่อเพิ่มความเข้มข้นมากขึ้นจึงสามารถก่อกิมัลชันกับน้ำมันได้หมดจึงไม่เห็นน้ำมันแยกออกมา โดยจะสังเกตได้จาก % creaming มากกว่าค่ารับควบคุมและ % creaming ต่ำรับที่มีน้ำแป้งขนุนจะใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่าความสูงของตะกอน titanium dioxide เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าน้ำแป้งมีความสามารถลดแรงระหว่างผิวประจันได้จำกัดทำให้น้ำแป้งส่วนที่เกินสามารถทำให้ titanium dioxide เกาะกันอย่างหลวมได้มากกว่า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าน้ำแป้งขนุนมีศักยภาพในการเป็น flocculating agent ได้มากกว่า emulsifying agent นั่นเอง ซึ่งการเกิดลักษณะนี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับ Carbopol 940 แต่ไม่สามารถลดการเกิด breaking ได้ สำหรับ Poloxamer 407 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น emulsifying agent แต่ไม่เป็น flocculating agent ทำให้ % creaming มีมากกว่าการเกิด flocculation แต่ความเข้มข้นไม่เพียงพอที่จะลดการเกิด breaking ได้ อย่างไรก็ตาม สำหรับ SCMC พบว่าเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น % creaming ก็เพิ่มมากขึ้นไปด้วยแต่ค่าความสูงของตะกอนกลับลดต่ำลง อธิบายได้ว่า SCMC น่าจะชอบเป็น emulsifying agent มากกว่า โดยกลไกการเรียงตัวรอบๆ อนุภาคหยดน้ำมันเกิด multimolecular layers โดยบางส่วนของเหลือจึงทำหน้าที่เป็น flocculating agent

สรุป

น้ำแป้งขนุนในความเข้มข้นมากกว่า 0.25% w/v ขึ้นไป มีศักยภาพในการเป็นสารทำให้ผงยาจับกันอย่างหลวมๆ และยังเป็นสารช่วยแขวนตะกอน อย่างไรก็ตามน้ำแป้งขนุนมีประสิทธิภาพในการเป็นสารก่อกิมัลชันได้น้อยแต่ช่วยเพิ่มความหนืดให้กับวัฏภาคภายนอกที่เป็นน้ำได้ดี และยังช่วยแขวนลอยผง titanium dioxide ในตำรับอิมัลชันได้เมื่อความเข้มข้นมากเพียงพอ โดยน้ำแป้งไม่

สามารถทนต่อสภาวะที่เป็นกรดมี pH ต่ำกว่า 4 และในสภาวะที่มีเกลือความหนืดจะเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นแป้งขนุนมีศักยภาพที่จะนำมาเป็นสารช่วยเพิ่มความหนืดในยาน้ำแขวนตะกอนและอิมัลชันได้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ทุนอุดหนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2547 ส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ได้นำเสนอในงานประชุม The XII International Starch Convention, Cracow-Moscow ระหว่างวันที่ 15-18 มิถุนายน 2548

เอกสารอ้างอิง

- Aromdee C., Khunkitti, W., Oradee, A., Chitropas, P. and Vorarat, S. 2004. Some physicochemical properties of jackfruit seed starch powder and gel. **In:** Tomasic, P., Yuryev, V.P. and Bertoft, E. (eds) Starch Progress in Structural Studies, Modifications and Applications. Poland: Polish Society of Food Technologists. pp. 265-272.
- Florence, A.T. and Attwood, D. 1988. Physicochemical principles of pharmacy, 2nd ed. Macmillan Academic and Professional, London.
- Garti, N., Slavin, Y. and Aserin, A. 1999. Surface and emulsification properties of a new gum extracted from *Portulaca oleracea* L. Food Hydrocol. 13: 145-155
- Hernandez, E., Banker, R.A. and Crandall, P.G. 1991. Model for evaluating turbidity in cloudy emulsions. J. Food Sci. 56: 747-750.
- Huang, X., Kakuda, Y. and Cui, W. 2001. Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. Food Hydrocol. 15: 533-542.
- Martin, A., Swarbrick, J. and Cammarata, A. 1983. Physical Pharmacy, 3rd ed. Lea & Febiger, Philadelphia.
- Wade, A., and Weller, P.J. 1994. Handbook of Pharmaceutical Excipients, 2nd ed. Pharmaceutical Press, London.