

การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งและ สตาร์ชลูกเดือย

The Comparison of Chemical and Physical Properties of Job's Tears Flour and Starch

ทัศนีย์ พรกิจประสาน และ อรอนงค์ นัยวิกุล¹

Thasanee Pornkitprasan and Onanong Naivikul

ABSTRACT

The comparison of chemical properties of job's tears flour and starch showed that job's tears flour had more protein, fat, ash, vitamin B₁ and B₂ and mineral content than job's tears starch. The normal and scanning electron microscopy showed that the starch granules in flour were attached with many other compositions, but those in the isolated starch were clearly polygonal in shape and 5-20 micron in size. The water binding capacity and solubility of flour were higher than those of the isolated starch but the swelling power at high temperature of the isolated starch was higher than that of the flour. In addition, the gelatinization temperature range of flour was shorter and the peak viscosity was lower than that of the isolated starch.

บทคัดย่อ

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของแป้งลูกเดือยและสตาร์ชลูกเดือยปรากฏว่า แป้งลูกเดือยมีโปรตีน ไขมัน เถ้า รวมทั้ง วิตามิน บีหนึ่งและบีสอง และแร่ธาตุในปริมาณสูงกว่าสตาร์ชลูกเดือย เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาและอิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่งส่องดูขนาดและรูปร่างของแป้งและสตาร์ชลูกเดือยพบว่า แป้งลูกเดือยจะมีองค์ประกอบอื่นหลายรูปแบบเกาะเกี่ยวอยู่กับเม็ดสตาร์ช ขณะที่สตาร์ชลูกเดือยประกอบด้วยเม็ดสตาร์ชที่มีรูปร่างค่อนข้างกลมหรือเหลี่ยม ขนาด 5-20 ไมครอนเป็นส่วนใหญ่ สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพด้านความสามารถในการอุ้มน้ำและการละลายปรากฏว่าแป้งลูกเดือยมีค่าสูงกว่าสตาร์ช

ลูกเดือย แต่สตาร์ชลูกเดือยมีกำลังการพองตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงกว่าแป้งลูกเดือย นอกจากนี้แป้งลูกเดือยยังมีช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลลาติไนซ์แคบกว่าและความหนืดต่ำกว่าสตาร์ชลูกเดือย

คำนำ

ลูกเดือยเป็นธัญชาติในวงศ์ (Family) Gramineae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Coix lacryma jobi* var. *mayuen*. Stapf. ชื่อสามัญว่า Job's tears เมล็ดมีลักษณะเป็นร่องตามแนวยาว เปลือกบางมีสีขาวขุ่นจนถึงสีน้ำตาล (Vacharotayan *et al.*, 1982) นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะตามรูปร่างเมล็ด ลำต้น และชนิดของสตาร์ชภายในเมล็ด คือลูกเดือยข้าวเหนียว (*glutinosus*

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agro-industry, Kasetsart Univ.

type) และลูกเดือยข้าวเจ้า (nonglutinous type) (คำริ, 2503)

ลูกเดือยที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นลูกเดือยข้าวเหนียว นิยมปลูกในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ (สากล, 2527) เพื่อการส่งออกเป็นส่วนใหญ่ ในปัจจุบันนี้มีปัญหาเรื่องผลผลิตลูกเดือยมากเกินความต้องการทั้งภายในและต่างประเทศ ดังนั้นจึงควรได้มีการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของลูกเดือยให้มากขึ้น โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ฉะนั้นเพื่อเป็นแนวทางการนำลูกเดือยมาใช้ประโยชน์ จึงได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของลูกเดือยในลักษณะที่บดเป็นแป้งและในลักษณะที่แยกสสารออกจากแป้งลูกเดือย ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกเดือย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแป้งลูกเดือยและสสารขลุกเดือย

บดลูกเดือยที่สีเปลือกออกขัดมันแล้วด้วยเครื่องบดแป้ง ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอนเป็นแป้งลูกเดือย ส่วนสสารขลุกเดือยเตรียมได้โดยการนำลูกเดือยที่ผ่านการแช่น้ำนาน 6 ชั่วโมง มาบดกับน้ำในสัดส่วน ลูกเดือย 1 ส่วนต่อน้ำ 10 ส่วน กรองน้ำแป้งที่บดได้ผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอนและล้างส่วนสสารที่ค้างอยู่บนตะแกรง แล้วนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่มีความเร็ว 4,000 รอบต่อนาทีนาน 10 นาที เพื่อแยกชั้นสสาร ทำเช่นนี้ 2 ครั้ง และนำสสารขลุกเดือยที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 8 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (150 ไมครอน) ได้เป็นสสารขลุกเดือย

องค์ประกอบทางเคมี

นำแป้งลูกเดือยและสสารขลุกเดือยมาวิเคราะห์หาปริมาณ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เชื้อใย คาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1984) ปริมาณสสาร (Chiang และ Johnson, 1977) ปริมาณอะมิโลสและอะมิโลเพกติน (Juliano, 1971) ปริมาณวิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง (AOAC, 1984) ปริมาณแร่ธาตุ (AOAC, 1984) ปริมาณกรดอะมิโน (สุภาพ, 2516) และปริมาณกรดไขมัน (AOCS, 1966)

คุณสมบัติทางกายภาพ

รูปร่างและขนาดของเม็ดสสารขลุกเดือย (Mac Master, 1964) กลัวยตัวอย่างแป้งลูกเดือยและสสารขลุกเดือยลงบนแผ่นสไลด์ หยดน้ำแล้วปิดด้วยแผ่นแก้วบาง นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 400 เท่าพร้อมถ่ายภาพและใช้ eye piece micrometer ส่องดูเพื่อวัดขนาดของเม็ดสสารขลุกเดือย แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ Stage micrometer คำนวณกลับเป็นขนาดของเม็ดสสารขลุกเดือย ส่วนการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง (Scanning Electron Microscope) จะฉาบผิวตัวอย่างด้วยโมเลกุลของทอง (Au) ภายใต้อากาศสูญญากาศ แล้วนำไปวางในห้องใส่ตัวอย่างของเครื่องถ่ายภาพรูปร่างแป้งลูกเดือย และเม็ดสสารขลุกเดือยที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์

ความสามารถในการอู้น้ำ (Medcalf and Gilles, 1965) ชั่งแป้งลูกเดือยและสสารขลุกเดือยตัวอย่างละ 3 กรัม เติมน้ำกลั่น 45 มล. ผสมให้เข้ากันในเครื่องเขย่านาน 1 ชั่วโมง นำมาเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยความเร็ว 2,200 รอบต่อนาทีนาน 10 นาที ชั่งน้ำหนักและคำนวณหาความสามารถในการอู้น้ำ (เปอร์เซ็นต์)

กำลังในการพองตัวและการละลาย (Leach *et al.*, 1959) ชั่งแป้งลูกเดือยและสสารขลุกเดือย ตัวอย่างละ 2 กรัม เติมน้ำกลั่น 180 มล. นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่กำหนด 30 นาที แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 200 มล. เหวี่ยงแยกตะกอนด้วยความเร็ว 2,200 รอบต่อนาทีนาน 15 นาที ชั่งน้ำหนักตะกอนเพื่อคำนวณกำลังในการพองตัว และนำของเหลวที่แยกได้ไประเหยแห้งภายใต้สภาพสูญญากาศ แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การละลายของสสาร ในการทดลองนี้จะทำการทดสอบทุก 5 °C จาก 50 °C-95 °C

ช่วงอุณหภูมิเกิดเจลลิตีไนซ์ (Mac Master, 1964) หยดส่วนผสมน้ำกับแป้งลูกเดือยและส่วนผสมน้ำกับสสารขลุกเดือยเข้มข้น 0.1-0.2% พร้อมน้ำมันแร่ลงบนสไลด์กันความร้อน วางบนแท่นให้ความร้อนของกล้องจุลทรรศน์แบบ Kiofer โดยให้ความร้อนเพิ่มในอัตรา 2 °C ต่อนาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสสารขลุกเดือยที่มีการสูญเสียเครื่องหมายจากภาพไป

2%, 50% และ 98% เป็นจุดเริ่มต้น จุดกึ่งกลาง และจุดสุดท้ายของการเกิดเจลลิตีในซึ่ตามลำดับ

ความหนืด (Mazure *et al.*, 1957) ให้ความร้อนในอัตรา 1.5 ช/นาที่ต่อส่วนผสมน้ำกับแป้งลูกเดี๋ยในระดับสัดส่วน 14% (โดยน้ำหนัก/ปริมาตร) และส่วนผสมน้ำกับสตาร์ชลูกเดี๋ยในระดับสัดส่วน 7% (โดยน้ำหนัก/ปริมาตร) ในเครื่องบราเบนเดอร์ อะมิ-โลกราฟที่มีการกวนตลอดเวลา บันทึกอุณหภูมิความหนืดเริ่มต้น ค่าความหนืดสูงสุดและอุณหภูมิที่ความหนืดสูงสุด

ผลและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมี

การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี (โดยน้ำหนักแห้ง) ของแป้งลูกเดี๋ยและสตาร์ชลูกเดี๋ยพบว่าแป้งลูกเดี๋ยมี โปรตีน ไขมัน เถ้า (Table 1) วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง (Table 2) และแร่ธาตุ (Table 3) ในปริมาณสูงกว่าสตาร์ชลูกเดี๋ยที่แยกได้ ซึ่งมีความบริสุทธิ์ 76.2% และประกอบด้วยอะมิโลส 10.8% อะมิโลเพกติน 89.2% (Table 4) ทั้งนี้เนื่องจากใน

การแยกสตาร์ชลูกเดี๋ยนั้นมีการสูญเสียวิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง โปรตีนบางชนิด ที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ รวมทั้งไขมันที่แขวนลอยในน้ำและแร่ธาตุไปพร้อมกับน้ำที่ใช้แยก ฉะนั้นสตาร์ชลูกเดี๋ยจึงมีการโบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ถึง 96.14% สูงกว่าแป้งลูกเดี๋ยที่มีเพียง 77.52% และจากการที่สตาร์ชลูกเดี๋ยมีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำ จึงวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนและกรดไขมันเฉพาะในแป้งลูกเดี๋ยเท่านั้น ซึ่งพบว่าโปรตีนของแป้งลูกเดี๋ยมีกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณที่แตกต่างกัน (Table 5) เช่น ลิวซีน วาลีน ไอโซลิวซีน ทรีโอนีน และเฟนิลอะลานีน มีปริมาณสูงกว่าความต้องการมาตรฐานขององค์การอาหารและอนามัยโลก แต่มีเมไทโอนีนและไลซีนต่ำกว่า ส่วนในไขมันของแป้งลูกเดี๋ยมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวถึง 83.78% โดยเป็นกรดโอเลอิก 57.08% รวมกับกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายคือ กรดลิโนเลอิก 26.70% นอกจากนี้เป็นกรดไขมันที่อิ่มตัวคือ กรดพาล์มมิก 14.24% และ กรดสเตียริก 1.98% (Table 6)

Table 1 Chemical composition of job's tear flour and starch

Sample	Moisture %	% dry basis				
		Protein	Fat	Ash	Fiber	Carbohydrate
Flour	8.86	15.18	5.52	1.53	0.25	77.52
Starch	11.40	2.79	0.78	0.29	— ^a	96.14

^a not determined (should be very trace)

Table 2 Vitamins B₁ and B₂ contents in job's tear flour and starch

Sample	Vitamin B ₁ μg/100 g	Vitamin B ₂ μg/100 g
Flour	754.7	28.8
Starch	44.4	7.8

Table 3 Minerals content in job's tear flour and starch

Sample	ppm of minerals								
	P	K	Na	Ca	Cu	Hg	Mn	Zn	Fe
Flour	2516	1521	181	18.1	4.80	1103	20.3	29.5	47.4
Starch	588	126	146	38.7	6.20	245	3.80	22.7	41.7

Table 4 Starch content in job's tear flour and starch and starch fraction

Sample	Starch % dry basis	Amylose % of starch	Amylopectin % of starch
Flour	56.9	— a	— a
Starch	76.2	10.8	89.2 ^b

^a not determined^b Calculated from 100 - amylose content**Table 5 Protein composition of job's tear flour**

Amino Acid	% of protein
Essential Amino Acid	
Leucine	14.90
Valine	7.41
Methionine	0.73
Isoleucine	5.03
Threonine	3.23
Phenylalanine	5.98
Lysine	1.50
Tryptophan	— a
Non-Essential Amino Acid	
Histidine	1.83
Glutamic acid	25.74
Proline	7.46
Alanine	10.03
Aspartic acid	0.33
Tyrosine	4.67
Glycine	2.72
Serline	4.50
Arginine	4.64
Ammonia	<3.47

^a not determined, because of no standard to compare**Table 6 Fat composition of job's tear flour**

Fatty acid	% of fat
Unsaturated	
Oleic acid	57.08
Linoleic acid ^a	26.70
Saturated	
Palmitic acid	14.24
Stearic acid	1.98

^a essential fatty acid

คุณสมบัติทางกายภาพ

ขนาดเม็ดสตาร์ช จากการวัดขนาดเม็ดสตาร์ช ลูกเดียวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาพบว่า มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วง 5–20 ไมครอน ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Yang *et al.*, (1978)

รูปร่างเม็ดสตาร์ช การสังเกตรูปร่างเม็ดสตาร์ช ลูกเดียวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดาที่มีกำลังขยาย 400 เท่า พบว่าเม็ดสตาร์ชลูกเดียวในแป้งลูกเดียวมีองค์ประกอบอื่นเกาะเกี่ยวอยู่ ทำให้เห็นรูปร่างไม่ชัดเจน (Fig. 1A) ดังเช่นในสตาร์ชลูกเดียวที่มีรูปร่างค่อนข้างกลมหรือเหลี่ยม (Fig. 1B) ซึ่งรูปร่างเม็ดสตาร์ชลูกเดียวยังเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่อสังเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง (Fig. 1C and 1D ตามลำดับ)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำที่อุณหภูมิห้องของแป้งลูกเดียวยังมีค่าเท่ากับ 148.8% ซึ่งสูงกว่าสตาร์ชลูกเดียวที่มีค่า 112.9% เนื่องจากโปรตีนในแป้งลูกเดียวมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าสตาร์ช (Watson and Johnson, 1965) ประกอบกับการที่สตาร์ชแต่ละโมเลกุลมีการจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้ไม่มีพันธะว่างที่จะจับกับโมเลกุลของน้ำเย็นที่อุณหภูมิห้อง (Heckman, 1977)

กำลังในการพองตัวและการละลาย กำลังการพองตัวในช่วงอุณหภูมิ 50–95 °C ของแป้งลูกเดียวและสตาร์ชลูกเดียวยังมีรูปแบบเป็นสองขั้นตอน (ภาพที่ 2A) ทั้งนี้เนื่องจากการพองตัวของสตาร์ชขึ้นอยู่กับ amorphous region และ crystalline region ซึ่ง amorphous region เป็นบริเวณที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลสตาร์ชอย่างไม่เป็นระเบียบด้วยแรงยึดแบบอ่อน จึงถูกทำลายได้ง่ายและทำให้เกิดการพองตัวในขั้นตอนแรก ส่วน crystalline region เป็นบริเวณที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลสตาร์ชอย่างหนาแน่นด้วยแรงยึดที่แข็งแรงและถูกทำลายเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการพองตัวในขั้นตอนที่สอง (Leach, 1965) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการพองตัวของแป้งลูกเดียวและสตาร์ชลูกเดียวพบว่า ที่อุณหภูมิต่ำแป้งลูกเดียวมีการพองตัวสูงกว่าสตาร์ชลูกเดียว แต่ที่อุณหภูมิ

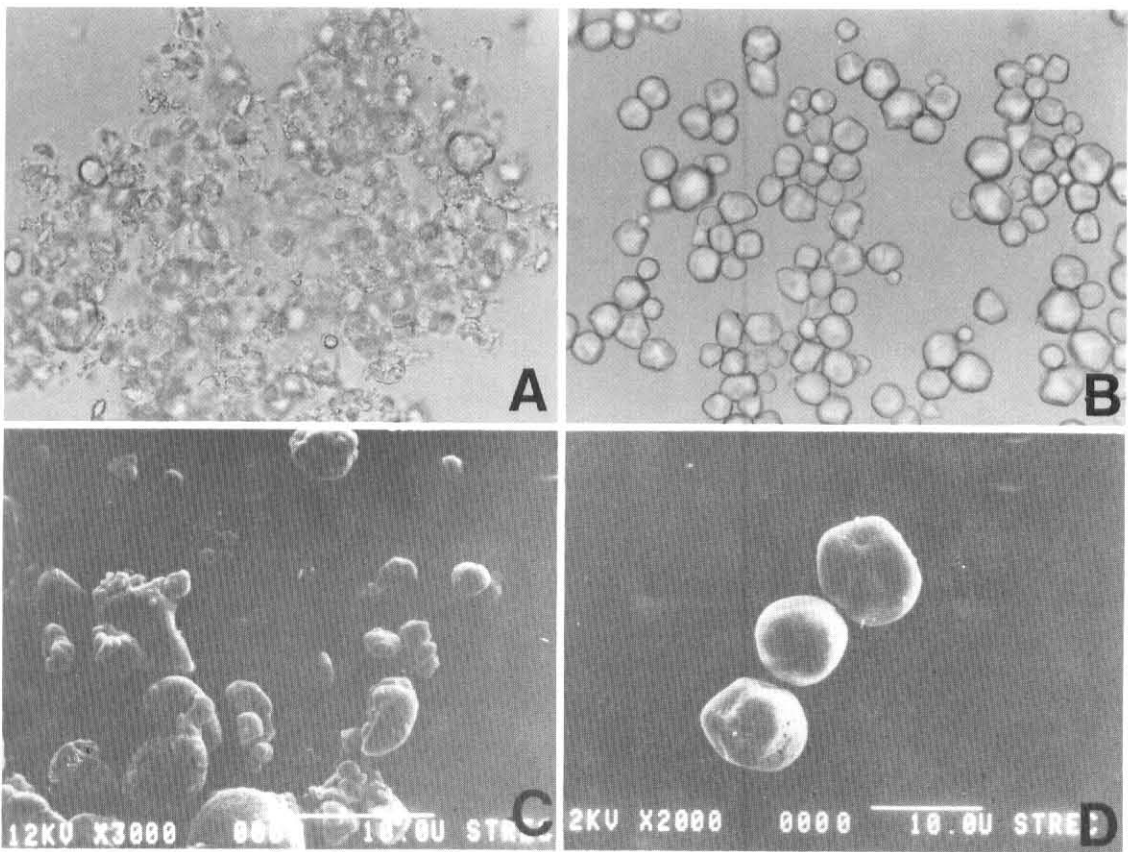


Figure 1. Light micrograph of job's tear flour (A) and starch (B) at 400x compared to scanning electron micrograph of job's tear flour (C) at 3000x and starch (D) at 2000x

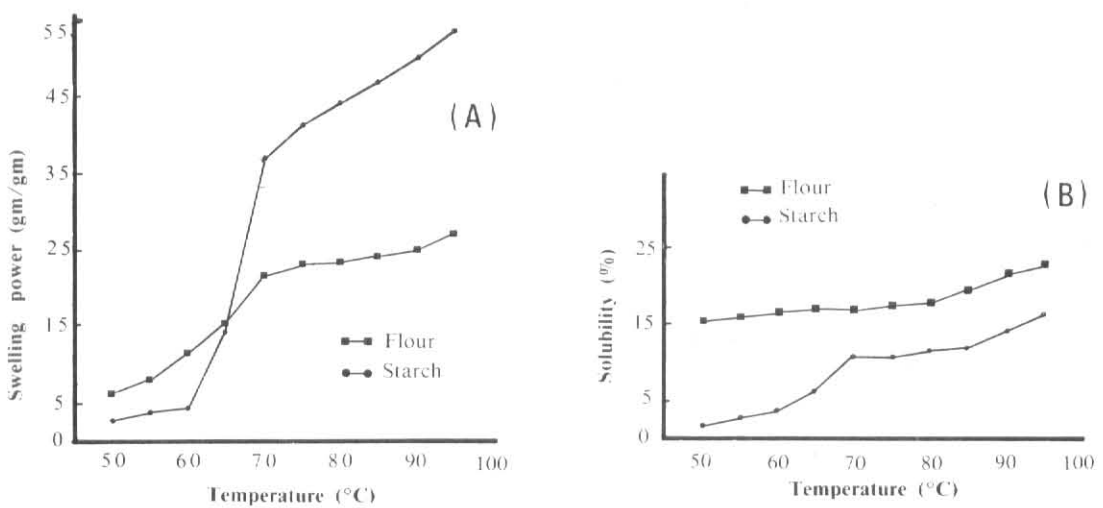


Figure 2. Swelling power (A) and solubility (B) of job's tear flour and starch

ภูมิสูงแป้งลูกเดี๋ยจะมีการพองตัวลดลง เพราะว่าที่อุณหภูมิต่ำ การพองตัวของแป้งลูกเดี๋ยเกิดจากการอุ้มน้ำของโปรตีนและสตาร์ช แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โปรตีนถูกทำลายจึงสูญเสียคุณสมบัติการอุ้มน้ำทำให้การพองตัวของแป้งลดลง ส่วนการพองตัวของสตาร์ชลูกเดี๋ยเกิดจากการอุ้มน้ำของสตาร์ชเป็นส่วนใหญ่ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้พันธะภายในโมเลกุลสตาร์ชถูกทำลาย จึงเกิดการอุ้มน้ำมากขึ้น ในทำนองเดียวกันความสามารถในการละลาย มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นและมีรูปแบบการละลายเป็นสองขั้นตอนเช่นกันแต่จะไม่เด่นชัดเท่าการพองตัว (Figure 2B)

ช่วงอุณหภูมิเกิดเจลละตินซ์ แป้งลูกเดี๋ยมีอุณหภูมิเกิดเจลละตินซ์ในช่วง 64–69–73 °C ซึ่งต่ำกว่าสตาร์ชลูกเดี๋ยคือ 63–69–77 °C เพราะองค์ประกอบอื่นในแป้งลูกเดี๋ยขัดขวางการเกิดเจลละตินซ์ทำให้จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของเจลละตินซ์ต่างจากสตาร์ชลูกเดี๋ย

ความหนืด องค์ประกอบอื่นที่ปะปนอยู่ในแป้งลูกเดี๋ยมีผลทำให้ค่าความหนืดของส่วนผสมน้ำกับแป้งลูกเดี๋ยในระดับสัดส่วน 14% มีจุดเริ่มต้นของความหนืดที่อุณหภูมิ 67.5 °C และมีความหนืดสูงสุด 520 บียู (Brabender Unit) ที่ 80.5 °C ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าความหนืดของส่วนผสมน้ำกับสตาร์ชลูกเดี๋ยในระดับสัดส่วนเพียง 7% มีจุดเริ่มต้นความหนืดที่ 72 °C และความหนืดสูงสุด 825 บียู ที่ 77 °C กล่าวคือสตาร์ชลูกเดี๋ยมีความหนืดสูงกว่าแป้งลูกเดี๋ยมาก (Figure 3)

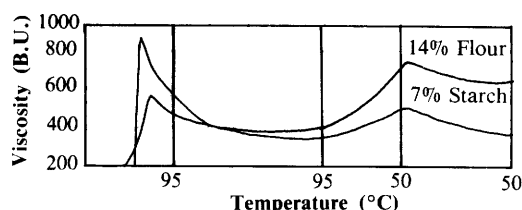


Figure 3. Amylograph curve showed the viscosity of job's tear flour (14 % of water) and starch (7 % of water)

สรุป

1. แป้งลูกเดี๋ยมีปริมาณ โปรตีน ไขมัน แ้ว วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง และแร่ธาตุมากกว่าสตาร์ชลูกเดี๋ย แต่มี คาร์โบไฮเดรต และปริมาณสตาร์ชต่ำกว่า

2. สตาร์ชลูกเดี๋ยที่แยกได้มีความบริสุทธิ์ 76.2% และประกอบด้วยอะมิโลส 10.8% อะมิโลเพกติน 89.2%

3. โปรตีนในแป้งลูกเดี๋ยประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณที่สูงกว่าความต้องการมาตรฐานขององค์การอาหารและอนามัยโลก ยกเว้น เมไทโอนีนและไลซีน มีในปริมาณที่ต่ำกว่า ส่วนไขมันลูกเดี๋ยประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวถึง 83.78% โดยเป็นกรดโอเลอิก 57.08% และกรดลิโนเลอิก 26.70% นอกนั้นเป็นกรดไขมันที่อิ่มตัว เช่น กรดพาล์มิติก และกรดสเตียริก

4. เม็ดสตาร์ชในสตาร์ชลูกเดี๋ยมีรูปร่างค่อนข้างกลมหรือเหลี่ยมขนาด 5–20 ไมครอน ส่วนแป้งลูกเดี๋ยจะมองเห็นเม็ดสตาร์ชในลักษณะที่มีองค์ประกอบอื่น ๆ เกาะเกี่ยวอยู่

5. แป้งลูกเดี๋ยมีความสามารถในการอุ้มน้ำและการละลายสูงกว่าสตาร์ชลูกเดี๋ย แต่สตาร์ชลูกเดี๋ยมีกำลังการพองตัวสูงเมื่อได้รับความร้อน มีช่วงอุณหภูมิเกิดเจลละตินซ์กว้างกว่า และมีความหนืดสูงกว่าแป้งลูกเดี๋ยมาก

6. จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพนี้ ปรากฏว่าสตาร์ชลูกเดี๋ยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสตาร์ชข้าวเหนียว ดังนั้นแนวโน้มการใช้ประโยชน์อาจจะใกล้เคียงกับสตาร์ชข้าวเหนียว ส่วนแป้งลูกเดี๋ยนั้น แม้ว่าองค์ประกอบอื่นที่มีอยู่จะส่งผลให้คุณสมบัติของแป้งลูกเดี๋ยแตกต่างจากสตาร์ชลูกเดี๋ย แต่องค์ประกอบนี้ก็ให้ประโยชน์ในด้านการเสริมคุณค่าอาหาร โปรตีนและไขมันแก่ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งลูกเดี๋ยมากกว่าสตาร์ชลูกเดี๋ย

เอกสารอ้างอิง

- คำริ เข้มสนรัตน์. 2503. การปลูกเคื่อย. กสิกร 33 (6) : 495-501
- สุภาพ สอนปาน. 2516. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนในอาหาร. โภชนาการสาร 7 (4) : 34-42
- สากล อุไรกุล. 2527. เศรษฐกิจการผลิตลูกเคื่อย. ข้าวพาณิชย์ 35:8976
- American Oil Chemist's Society (AOCS). 1966. AOCS tentative method Ce 1-62, fatty acid composition by gas chromatography. J. Amer Oil Chemists' Sec. 43 : 12A.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1984. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Chiang, B.Y. and J.A. Johnson. 1977. Measure ment of total and gelatinized starch by glucoamylase and α -toluidine reagent. Cereal Chem. 54 (3) : 429-435.
- Hackman, E. 1977. Starch and its modifications for the food industry. pp. 472-479. In H.D. Graham(ed). Food Colloids. The AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut.
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose, Cereal Sci Today. 16 (10) : 334-340.
- Leach, H.W., L.D. Mc Crowen and T.J. Schoch. 1959. Structure of the starch granule. Cereal Chem. 36:534-544.
- Leach, H.W. 1965. Gelatinization of starch, pp. 290-303. In R.L. Whistler and E.F. Paschall (ed). Starch: Chemistry and Technology. Academic Press, New York.
- Mac Master, M.M. 1964. Microscopic techniques for determining starch granule properties, pp. 233-239. In R.L. Whistler (ed). Methods in Carbohydrate Chemistry. Vol. IV. Starch. Academic Press, New York.
- Mazure, E.G., T.J. Schoch. and F.E. Kite. 1957. Graphical analysis of Brabender viscosity curve of various starches. Cereal Chem. 34 (3) : 141-152.
- Medcalf, D.C. and K.A. Gilles. 1965. Wheat starch. I Comparison of Physicochemical properties. Cereal Chem. 42:558.
- Vacharotayan, S., J. Jan-orn., P. Charoen., S. Titatarn. and S. Kingkaew. 1982. Job's tears production and marketing in Thailand. Jetro, Japan Trade Center and Agricultural and Marine Products Group Publ. Bangkok 110p.
- Watson, C.A. and J.A. Johnson. 1965. Studies on the gelatinization of starch. I. Competition for water by protein and cellulose derivatives. J. Food Sci. 30:450-455.
- Yang, C.C, S.M. Chang., S.C. Sung. and C.Y. Lii. 1978. Studies on the starches in Taiwan 2. Taro, water chestnut (trapa) and job's tears. Food Sci. 5 (2) : 73-87.]