บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ลักษณะและการเก็บรักษาหัวมันเทศสด

มันเทศเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา สันนิษฐานว่านำเข้ามาสู่ประเทศไทยในราวสมัยอยุธยาเป็นราชธานี (4)

ลักษณะทั่วไป

มันเทศที่ปลูกใช้หัวรับประทานมีลำต้นหรือเถาเลื้อยไปตามผิวดิน กสิกรสามารถจะเก็บเกี่ยวหัวได้เมื่อมีอายุ 90-150 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่ใช้ปลูก หลังจากมันเทศลงหัวเต็มที่แล้วเถาจะค่อย ๆ โทรมไปแต่ไม่ถึงกับตาย ถ้าหากได้รับความชื้นที่พอเหมาะที่ข้อก็จะแตกรากและลงหัวต่อไปอีกถ้าหากไม่ถลกเถาทิ้ง ดังนั้นมันเทศจึงเป็นพืชที่มีอายุหลายปี (rooted perennial) แต่ในทางปฏิบัติแล้วเราถือว่ามันเทศเป็น annual crop คือ เก็บเกี่ยวภายในอายุ 1 ปี(4)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (4)

มันเทศมีชื่อภาษาจีนว่า "ฮวงกั้ว" ชาวยุโรปเรียก "potato" เนื่องจากมันมี 2 ชนิด คือ ชนิดหวาน และไม่หวาน ชนิดหวานเรียกว่า "sweet potato" หรือมันเทศ ส่วนชนิดไม่หวานเรียกว่า "irish potato" หรือมันฝรั่ง มันเทศมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Ipomoea batatas และอยู่ในตระกูล Convolvulaceae พืชที่อยู่ในตระกูลมันเทศนี้จะมีลำต้นเป็นเถาหรือเป็นพุ่มตั้งตรง และมีจำนวนน้อยที่เป็นประเภทไม้ยืนต้น พืชพวกนี้อาจเจริญในที่แห้งแล้ง (xerophyte) ในน้ำ (hydrophyte) และอาจจะเป็นพวก parasite โดยทั่วไปแล้ว Ipomoea sp. เป็นพืชที่มีเถาพันคดเคี้ยวไปมาหรือเลื้อยราบไปบนพื้นดิน มีจำนวนน้อยเป็นพุ่มตั้งตรง และมีน้ำสีขาวเมื่อใบหรือลำต้นเป็นแผล พืชในตระกูลมันเทศจะมีรูปร่างลักษณะของดอก

คล้ายกับพืชในตระกูล Solanaceae sp. ผิดกันที่ดอกมี bract ที่เจริญเต็มที่รองรับดอก และ ovary ประกอบด้วย 1-5 เซลล์ และแต่ละเซลล์มี 1-2 ovule

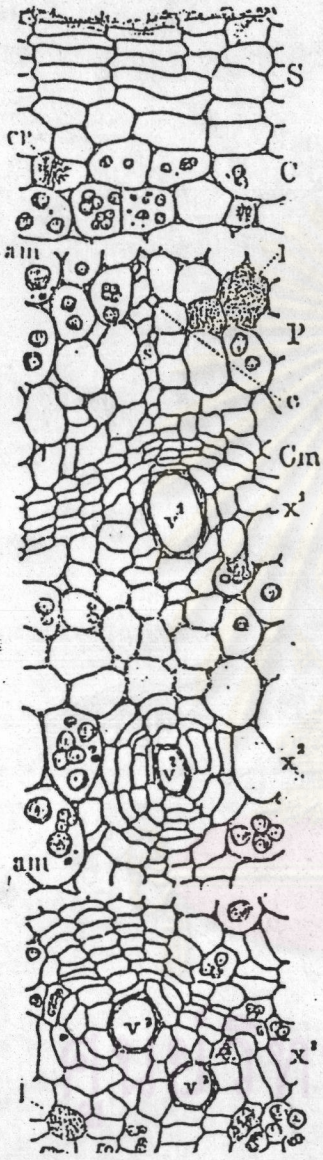
มันเทศมีระบบรากแบบ fibrous adventitious root รากเกิดจากข้อของลำต้นที่ใช้ปลูกหรือเกิดจากลำต้นที่ทอดไปตามพื้นดิน รากมันเทศจะเป็นที่สะสมอาหาร และใช้รับประทานได้

ใบเป็นแบบ simple เกิดสลับกันบนข้อของลำต้น มีขนาดและรูปร่างต่างกัน ความแตกต่างของใบนั้นมิใช่เกิดจากพันธุ์เท่านั้น แม้แต่ในต้นเดียวกันก็อาจมีรูปร่างของใบแตกต่างกันได้ บางใบมีขอบใบเรียบ บางใบมีใบเป็นแฉก และบางใบมีรูปร่างคล้ายหัวใจ เป็นต้น ใบมีขนเล็กน้อยและมักจะมีสีม่วงอยู่ตามเส้นใบ ก้านใบ petiole อาจจะยาวหรือสั้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์นั้น

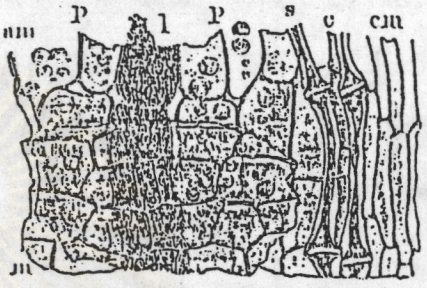
มันเทศที่ปลูกในเขตอบอุ่นไม่ออกดอก ส่วนการปลูกในเขตร้อนจะออกดอกแต่ไม่ติดเมล็ด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพันธุ์เหล่านั้นเป็นหมันเนื่องจากขยายพันธุ์แบบ asexual มาเป็นเวลานาน ดอกมีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ รวมกันเป็น calyx tube ซึ่งโดยปกติจะแยกเป็นอิสระซึ่งกันและกัน หรืออาจเชื่อมติดกันที่โคน กลีบดอกมี 5 กลีบ ที่ปลายของกลีบดอกคล้ายดอกของผักบุ้ง กลีบดอกมีสีชมพูปนม่วง มีเกสรตัวผู้ 5 อันและแยกเป็นอิสระซึ่งกันและกัน filament มีความยาวไม่เท่ากันและเชื่อมติดอยู่กับฐานของ corolla tube ovary มี 2 locule แต่ละ locule จะมี 1 ถึง 2 ovule บางดอกอาจมี 4 locule เนื่องจากการแบ่งตัวผิดปกติ stigma มี 2 แฉกและติดอยู่ที่ปลาย style ผลมีลักษณะเป็น capsule ซึ่งภายในมีเมล็ดเล็กสีดำค่อนข้างแบน ด้านหนึ่งของเมล็ดเรียบส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นเหลี่ยม ทางด้านเรียบจะพบ hilum และ micropyle เปลือกเมล็ด testa ค่อนข้างหนาและน้ำซึมผ่านได้ยาก

มันเทศมีหัวในระดับความลึกไม่เกิน 1 นิ้วจากผิวดิน หัวมันเทศเกิดจากการขยายตัวของ adventitious root รากที่ขยายตัวเป็นหัวขึ้นมานั้นอาจเกิดจากรากของลำต้นที่เลื้อยไปตามดินก็ได้ ดังนั้นมันเทศต้นหนึ่ง ๆ อาจมีหัวมากกว่า 50 หัว หัวมีขนาด รูปร่าง และสีแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ผิวอาจเรียบ หรือขรุขระและมักจะมีรากแขนง (lateral root) เกิดในร่องของหัว ผิวนอกของหัวคือ periderm ถัดเข้าไปคือ parenchyma ซึ่งเป็นที่สะสมแป้ง นอกจากนั้นยังมี primary และ secondary vascular elements และท่อน้ำกระ-

จัดกระจายอยู่ทั่วไปแสดงดังรูปที่ 2.1 มันเทศนอกจากจะให้อาหารจำพวกแป้งแล้วยังอุดมสมบูรณ์ไปด้วยวิตามินเอ (โดยเฉพาะหัวที่มีสีเหลือง) วิตามินบี และซีอีกด้วย



(ก)



(ข)

C outer cortex — Cm cambium

P phloem — S cork

am เม็ดแป้ง — c companion cell

cr crystal cell — l latex cell

x^1, x^2, x^3 กลุ่มของ xylem ที่มี vessel เป็น v^1, v^2, v^3

รูปที่ 2.1 ลักษณะทางสรีรวิทยาของหัวมันเทศ กำลังขยาย 160 เท่า (5)

ก. ภาพตัดตามขวาง ข. ภาพตัดตามยาว

คุณค่าทางอาหารของหัวมันเทศสด

หัวมันเทศสดมีแป้ง โปรตีน ไขมัน และวิตามินต่าง ๆ ค่อนข้างสูง (6) และแต่ละพันธุ์จะมีคุณค่าทางอาหารแตกต่างกันไป แสดงดังตารางที่ 2.1 (7)

พันธุ์ (8)

พันธุ์มันเทศอาจแบ่งออกได้เป็น 3 พวกตามอายุ คือ

1. พันธุ์เบา อายุประมาณ 90 วันหลังจากปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว เช่น พันธุ์กัวเตมาลา พม. 02 นส.25 และโนนนาค เป็นต้น

2. พันธุ์กลาง อายุประมาณ 120 วัน หลังจากปลูกถึงเก็บเกี่ยว เช่น พันธุ์ห้วยสีทน 1 ไทจุง หัวโตแดง โอกุด และหัวโตขาว เป็นต้น

3. พันธุ์หนัก อายุประมาณ 150 วัน หลังจากปลูกถึงวันเก็บเกี่ยว เช่น พันธุ์ Centenial , I-89 , L_4-116 , L_3-64 และ Rose Centenial เป็นต้น

การเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาหัวมันเทศสด (8)

มันเทศสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุประมาณ 90-150 วันหลังปลูก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม โดยทั่วไปอายุการเก็บเกี่ยวสำหรับมันเทศที่ปลูกในฤดูฝนจะยาวกว่าที่ปลูกในฤดูแล้งประมาณ 30-40 วัน

เครื่องมือที่ใช้ขุดหัวโดยทั่วไปและได้ผลดี คือ จอบ เสียม และไถ การใช้จอบ และเสียมจะขุดได้ทีละหลุม ส่วนการใช้ไถจะขุดได้เร็วแต่ส่วนมากหัวจะหักและเป็นแผล ทั้งยังมีหัวมันเทศหลงเหลืออยู่ต้องใช้จอบหรือเสียมช่วยอีกครั้งหนึ่ง

ผลผลิตหรือน้ำหนักของหัวมันเทศขึ้นกับสายพันธุ์ ดิน ฤดูปลูก และปัจจัยอื่น ๆ เช่น การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ เป็นต้น

หัวมันเทศสดอาจเก็บไว้ได้นานพอสมควร ถ้าเก็บไว้อย่างเหมาะสม

หลักที่ควรถือปฏิบัติเพื่อให้หัวมันเทศเก็บไว้ได้นานไม่เสื่อมเสียเร็ว มี 4 ประการคือ

1. มันเทศที่จะเก็บไว้ให้ได้นาน ต้องขุดเมื่อหัวมันแก่เต็มที่ มันเทศที่ไม่แก่จัดจะเน่าเสียง่าย

ตารางที่ 2.1 คุณค่าอาหารของหัวมันเทศสด (7)

พันธุ์	Moisture %	Fat %	Crude fibre %	Protein (N x 6.25) %	Ash %	Carbohydrate (by difference) %
1. ไทจุง	65.3	0.14	0.85	0.91	0.64	32.1
2. P.30	63.5	0.11	0.84	1.12	0.64	33.7
3. โอกินาวา	59.1	0.20	0.91	1.81	0.82	37.1
4. พ.ม. 02	60.9	0.15	0.81	1.07	0.75	35.8
5. น.ส. 25	72.0	0.32	0.89	1.27	0.75	24.6
6. หัวโตขาว	64.9	0.11	0.84	1.05	0.71	32.4
7. กัวเตมาลา	69.2	0.09	0.96	1.53	0.63	27.6
8. Centenial	70.0	0.38	1.03	1.84	0.91	25.8
9. Heartogold	66.1	0.23	1.14	1.37	0.82	30.3
10. Pilican processor	60.3	0.18	1.13	1.06	3.93	36.4
11. L_2 - 89	65.9	0.37	1.18	1.13	0.94	30.5
12. L_4 - 116	67.2	0.32	1.00	1.69	0.98	28.8
13. L_3 - 64	58.4	0.16	1.15	1.56	0.89	37.8
14. Rose contenial	70.1	0.25	1.08	1.19	1.06	26.3
15. 04 ร้อยเอ็ด	65.8	0.17	0.92	0.94	0.61	31.6
16. โอกุด	69.5	0.12	0.99	1.25	0.79	27.3

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

พันธุ์	Calcium mg/100 g	Iron mg/100g	Phosphorus mg/100g	Vitamin A IU/100g	Vitamin B_1 mg/100g	Vitamin B_2 mg/100g	Vitamin C mg/100g
1. ไทจุง	18.8	0.74	50.3	4,136	0.09	0.04	11.80
2. P.30	30.4	0.53	51.6	ไม่พบ	0.09	0.03	1.20
3. โอกินาวา	36.5	0.65	70.0	"	0.14	0.03	4.53
4. พ.ม. 02	22.2	0.53	58.1	"	0.13	0.03	18.60
5. น.ส. 25	29.7	0.93	52.7	"	0.08	0.03	12.93
6. หัวโตขาว	31.4	0.70	52.8	trace	0.13	0.03	19.80
7. กัวเตมาลา	18.0	0.43	52.5	665	0.11	0.03	11.00
8. Centenial	32.6	0.75	77.7	25,020	0.07	0.07	19.20
9. Heartogold	29.8	1.5	75.9	24,361	0.08	0.05	19.47
10. Pilican processor	39.8	0.89	73.6	ไม่พบ	0.08	0.06	15.73
11. L_2 - 89	40.3	0.89	73.6	15,543	0.07	0.04	22.00
12. L_4 - 116	27.5	0.87	66.9	32,038	0.07	0.07	22.80
13. L_3 - 64	52.5	0.95	68.0	ไม่พบ	0.11	0.07	13.07
14. Rose contenial	41.0	0.62	62.0	34,172	0.08	0.07	2.80
15. 04 ร้อยเอ็ด	33.9	1.11	50.4	ไม่พบ	0.12	0.04	16.80
16. โอกุด	21.7	0.5	61.9	1,301	0.12	0.04	20.40

2. เวลาขุดต้องระมัดระวังอย่าให้หัวมันช้ำหรือมีบาดแผล ถ้ามีบาดแผลจะเป็นทางนำเชื้อโรค ทำให้หัวเน่าง่าย

3. ต้องผึ่งหัวมันให้แห้งสนิท อย่าให้เปียกชื้นก่อนจะนำเข้าเก็บในที่เก็บรักษา

4. ในห้องที่เก็บหัวมันเทศ ต้องมีอากาศเย็นอยู่เสมอ อย่าให้ร้อนจัด หรือเย็นจัดจนเกินไป อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 10-15 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิเช่นนี้สามารถเก็บหัวได้นานถึง 3 ปี โดยหัวไม่งอกและแตกตาออกมา

<u>โรคและแมลงที่ทำลายหัวมันเทศ</u> (8)

1. โรคหัวเน่า เกิดจากเชื้อรา โดยที่เชื้อราจะเข้าทางแผล ที่หัวแผลนั้นจะเริ่มเปลี่ยนจากสีน้ำตาลอ่อนเป็นสีดำ ผิวของหัวจะยุ่นและเต็มไปไปด้วยเชื้อราสีดำ อาการเริ่มแรกเนื้อหัวมันจะอ่อนนุ่มและสูญเสียความชื้นแต่ภายหลังจากนั้นหัวมันจะแข็งกระด้าง

2. เสี้ยนดิน เป็นแมลงที่ทำอันตรายหัวมันเทศอย่างร้ายแรง โดยกัดเปลือกและเนื้อมันเทศ ทำให้หัวมันเทศด้อยคุณภาพไปอย่างมาก

3. ด้วงมันเทศหรือแมง เป็นแมลงที่ร้ายแรงที่สุด ระบาดตามแหล่งที่ปลูกเป็นประจำ มีตัวขนาดเล็กสีน้ำเงินจะเริ่มวางไข่ตามโคนเถามันเทศที่มีอายุได้ 1 เดือนขึ้นไป ตัวหนอนสีขาวเมื่อออกจากไข่ จะกัดกินตามเถามันบริเวณโคน หรือเมื่อถึงระยะมันลงหัวดินแตกก็จะระบาดต่อไปถึงหัวมัน หัวมันที่ถูกทำลายจะมีรสชื่นชมไม่ชวนรับประทาน จำหน่ายไม่ได้ และตัวหนอนจะเข้าดักแด้ในหัวมันออกเป็นตัวแก่ต่อไป

<u>สมบัติของมันเทศที่เหมาะในการทำอุตสาหกรรมแป้ง</u> (8)

1. มีปริมาณแป้งสูง
2. มีความต้านทานโรคและไม่งอก
3. มีปริมาณกาก โปรตีน ไขมัน และเส้นใยต่ำ
4. มีขนาดเม็ดแป้งใหญ่

2.2 การสกัดแป้งจากหัวมันเทศสด และผลผลิตแป้ง

ในการสกัดแป้ง ควรสกัดในขณะที่หัวมันเทศมีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และไม่ควรให้มีระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวนานเกินไป ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณแป้งที่สกัดได้

ประดิษฐ์ โฮมวงศ์ (9) ได้ทำการสกัดแป้งจากมันเทศพันธุ์พื้นเมืองในประเทศไทย โดยมีขั้นตอน คือ ทำความสะอาดด้วยน้ำ เช็ดผิวให้แห้ง ขูดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แช่ในน้ำแล้วนำไปโม่ กรองผ่านตะแกรง 2 ครั้ง ตั้งไว้ให้แป้งตกตะกอน ล้างแป้งด้วยน้ำอีก 2 ครั้ง เทน้ำทิ้ง และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 6-12 ชั่วโมง และหาปริมาณแป้งที่สกัดได้จากพันธุ์ต่าง ๆ ที่อายุการเก็บเกี่ยวมันเทศ 3 และ 4 เดือน แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ร้อยละของปริมาณแป้งจากมันเทศพันธุ์พื้นเมืองในประเทศไทย ที่อายุการเก็บเกี่ยว 3 และ 4 เดือน

พันธุ์	ร้อยละของปริมาณแป้งที่สกัดจากมันเทศอายุการเก็บเกี่ยว	
	3 เดือน	4 เดือน
หอมแดง	22.55	20.69
มันแห้ว	20.22	14.90
หอมขาว	16.88	20.00
บางละมุง	16.34	18.71
โอกุด	14.93	14.55
ต่อเผือก	14.52	14.55

จากรายงานการประชุมของสมาคม AVRDC (10) กล่าวว่า กระบวนการสกัดแป้งจากมันเทศสามารถทำได้เช่นเดียวกับพืชหัว และมีขั้นตอนคือทำความสะอาดด้วยสารละลายด่าง (pH 8.6) แยกแป้งออกจากเนื้อเยื่อโดยการโม่และล้างน้ำแป้งผ่านชุดของตะแกรง เก็บน้ำแป้งในถังเก็บเพื่อตกตะกอนแยกแป้ง ระเหยน้ำด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศให้แป้งมีความชื้นประมาณร้อยละ 12 ทำให้เป็นผงโดยบดและผ่านตะแกรงร่อน ผลผลิตของแป้งมันเทศคิดเป็นร้อยละ 20-26 ต้นทุนการผลิตแป้งจากมันเทศโดยกระบวนการดังกล่าวในประเทศญี่ปุ่นจำแนกเป็นวัตถุดิบ ร้อยละ 70 สารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ร้อยละ 7.3 ค่าจ้างแรงงาน ร้อยละ 14.6 และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ร้อยละ 8.1 ผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการสกัดแป้งสามารถให้ผลตอบแทนกลับประมาณร้อยละ 6

2.3 <u>สมบัติทั่วไปของแป้งมันเทศ</u>

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่มีสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืชโดยอาจแบ่งชนิดของแป้งได้เป็น 3 ประเภท ตามแหล่งที่พบ คือ

แป้งจากธัญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ถั่วเขียว

แป้งจากรากหรือหัว เช่น มันเทศ มันฝรั่ง มันสำปะหลัง

แป้งจากลำต้น เช่น สาคู

แป้งจากแต่ละแหล่งและชนิด จะมีลักษณะสำคัญทางเคมีและกายภาพเฉพาะตัว ได้แก่ ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้ง อุณหภูมิในการเกิดเจล (gelatinization temperature) การพองตัว (swelling) การคืนตัว (retrogradation) ความหนืดของแป้งเปียก (paste) แตกต่างกัน เป็นต้น เป็นเหตุให้แป้งแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการใช้งานต่างกัน (11)

แป้งเป็นโพลีแซคคาร์ไรด์ (polysaccharide) ประกอบด้วยสายโพลีเมอร์ของหน่วย α - D glucose และแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเปคติน (amylopectin)

อะไมโลส เป็นโพลีเมอร์ของหน่วย ∝- D glucose ที่มาต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ ∝- (1→4) glucosidic ความยาวของสายโพลีเมอร์ประมาณ 200-2,000 anhydro-glucose units (AGU)

อะไมโพเปคติน เป็นโพลีเมอร์ที่แตกเป็นสาขามากมาย ซึ่งจะมีหน่วยกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ ∝- (1→4) glucosidic เป็นส่วนใหญ่ และมีส่วนแตกสาขาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ ∝- (1→6) glucosidic แต่ละสาขาประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 15-25 AGU (12)

อะไมโลสและอะไมโลเปคตินมีความแตกต่างกัน คือ อะไมโลสเป็นโมเลกุลที่เป็นเส้นตรง จึงสามารถเกิดการคืนตัวได้ง่าย

2.3.1 องค์ประกอบทางเคมี

แป้งประกอบด้วยคาร์บอน 44.4 % ไฮโดรเจน 6.2 % และออกซิเจน 49.4 % โดยอยู่ในรูปโพลีเมอร์ของ ∝-D glucose เป็นส่วนใหญ่ นอกนั้นจะเป็น โปรตีน ไขมัน pentosan ฟอสฟอรัส และเถ้า

แป้งมันเทศจะมีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (13) ดังนี้ คาร์โบไฮเดรต 80-85% โปรตีน 0.10 % ไขมัน 0.15 % เถ้า 0.40 % เส้นใย 0.5 % ความชื้น 10-14 % ฟอสฟอรัส 0.002 % ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามสายพันธุ์ของมันเทศ แสดงดังตารางที่ 2.3 สำหรับองค์ประกอบเคมีสำหรับแป้งชนิดอื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 2.4 และ 2.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15589

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันเทศ จากสายพันธุ์ต่าง ๆ 6 พันธุ์(14)

สายพันธุ์	ความชื้น (%)	อะไมโลส (%)	ไขมัน (%)	ฟอสฟอรัส(%)
daja	11.01	29.90	0.16	0.0017
SP. 45	11.02	30.00	0.16	0.0016
Georgia Red	11.08	30.80	0.15	0.0009
Centenmial	11.07	32.40	0.19	0.0022
Jewel	10.25	29.60	0.17	0.0016
BNAS	11.25	29.80	0.14	0.0022

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งชนิดต่าง ๆ โดยประมาณ (12)

ชนิดของแป้ง	คาร์โบไฮเดรต(%)	โปรตีน(%)	ไขมัน(%)	เถ้า(%)	เส้นใย (%)	ความชื้น (%)
ข้าวเจ้า	80-85	7	0.6	0.5	0.4	10
ข้าวเหนียว	80-85	7	1.5	0.1	0.4	10
ข้าวสาลี	80-85	15	1.0	0.4	-	-
ถั่วเขียว	80-85	5	0.4	0.3	0.3	12

ตารางที่ 2.5 ปริมาณอะไมโลสและฟอสฟอรัสของแป้งชนิดต่าง ๆ โดยประมาณ (15)

ชนิดของแป้ง	ปริมาณอะไมโลส (%)	ฟอสฟอรัส (%)
ข้าวเจ้า	16-17	-
ข้าวเหนียว	0-7	0.01
ข้าวสาลี	17-27	0.06
ถั่วเขียว	34-70	0.04

2.3.2 ลักษณะสำคัญทางกายภาพและทางเคมี

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งมันเทศเป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการแปรรูปโดยจะให้ลักษณะต่อประสาทสัมผัสที่สำคัญ (14) เช่น ปริมาณแป้งจะให้ลักษณะสัมพันธ์กับความเหนียวนุ่ม (mealiness) และขนาดของเม็ดแป้งจะสัมพันธ์โดยตรงกับเนื้อสัมผัส (texture) นอกจากนี้ปริมาณอะไมโลสก็ยังมีความสัมพันธ์ต่อรสชาติ ความเหนียวนุ่ม ส่วนอะไมโลเปคตินก็จะมีผลต่อการดูดน้ำ (hydration) การพองตัวและการเกิดเจล (gelatinization) โดยที่ลักษณะเด่นของแป้งเหล่านี้เป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของ

อัตราส่วนของปริมาณอะไมโลสกับอะไมโลเปคติน

ความยาวของสายโมเลกุลของอะไมโลส

ความยาวของสายโมเลกุลสาขาของอะไมโลเปคติน

ขนาดของโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเปคติน

ซึ่งความแตกต่างในลักษณะนี้เป็นผลให้สมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งมีความผันแปรตามด้วย

2.3.2.1 ลักษณะสำคัญทางกายภาพ

แป้งทุกชนิดมีสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.50 - 1.53 ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของแป้ง ไม่มีการตกผลึก ไม่ละลายในน้ำเย็น หรือตัวทำละลายอินทรีย์

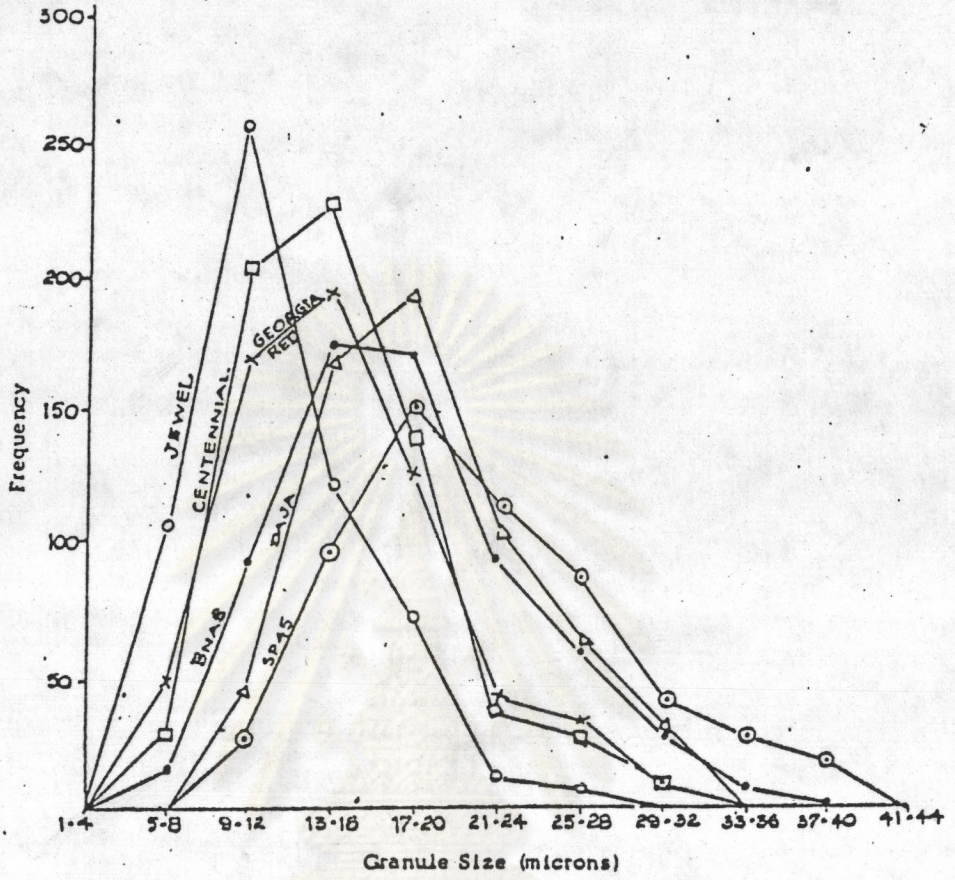
ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งมันเทศ และแป้งอื่น แสดงดังตารางที่ 2.6

แป้งจากมันเทศที่ต่างสายพันธุ์จะมีขนาดและรูปร่างต่างกัน โดยพบว่า ขนาดของเม็ดแป้งมีช่วงที่กว้าง และรูปร่างมีได้หลายแบบ ดังรูปที่ 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.6 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งมันเทศและแป้งอื่น ๆ โดยประมาณ (14,16)

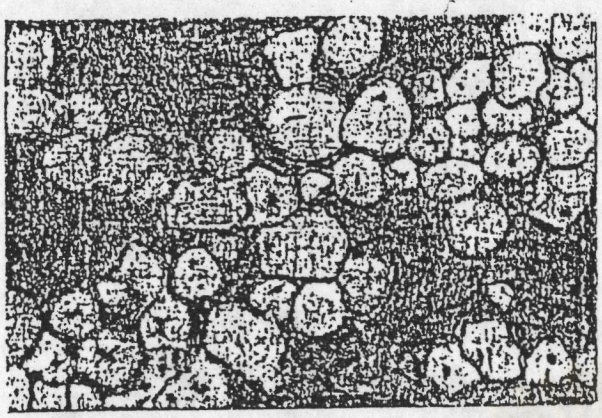
ชนิดของแป้ง	ขนาดเม็ดแป้ง(ไมครอน)	ลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้ง
มันเทศ	5 - 43	Oval,Round, Facted Round,Polygonal
มันฝรั่ง	5 - 100	Oval, Spherical
ข้าวสาลี	2 - 35	Oval, Round, Lecticular
ข้าวโพด	3 - 26	Round, Polygonal

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

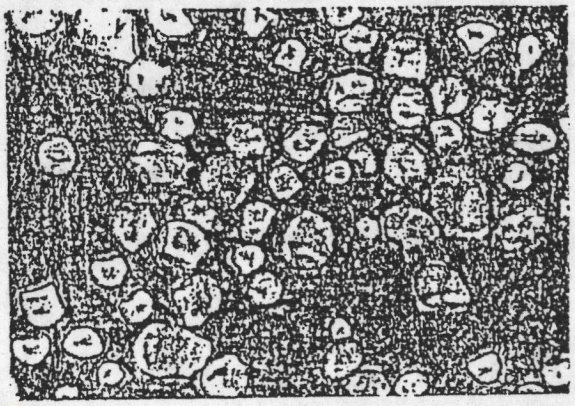


รูปที่ 2.2 กราฟความถี่ของขนาดเม็ดแป้งมันเทศสายพันธุ์ต่าง ๆ (14)

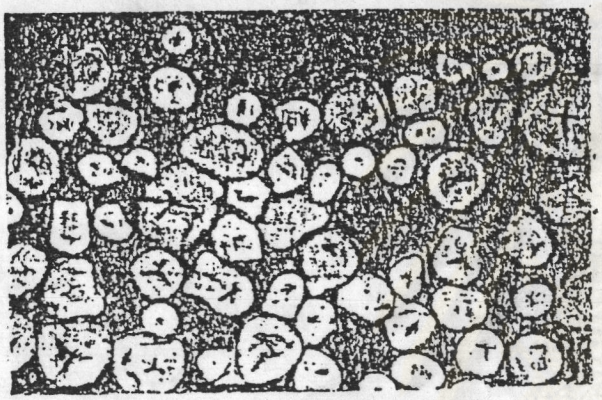
จากรูปที่ 2.2 เมื่อนำมาแปรผลและทดสอบความแตกต่างในเรื่องของขนาดเม็ดแป้งพบว่าค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดมีความแตกต่างกันตามลักษณะของสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นสายพันธุ์ Georgia Red และ Centennial (14)



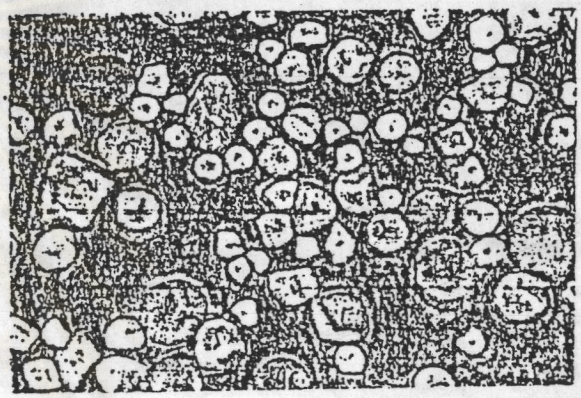
(ก)



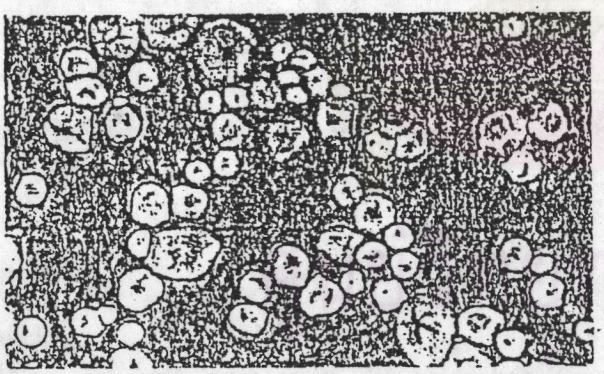
(ข)



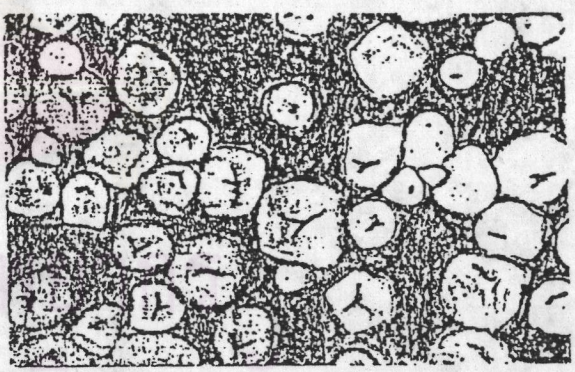
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 2.3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดาของเม็ดแป้งมันเทศสายพันธุ์ต่าง ๆ กำลังขยาย 1550 เท่า (14)

ก. BNAS ข. Centennial ค. Daja

ง. Georgia Red จ. Jewell ฉ. S.P. 45

รูปร่างของเม็ดแป้งมันเทศจากรูปที่ 2.3 เมื่อมองจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดา จะเห็นส่วนที่เป็นรอยแยกกลางเม็ดแป้ง และมีลักษณะเป็นเงาดำคล้ายเครื่องหมายคูณหรือกากบาทที่เรียกว่า birefringence ซึ่งลักษณะนี้จะมีผลต่อการเกิดเจล การพองตัว การดูดน้ำ

2.3.2.2 <u>ลักษณะสำคัญทางเคมี</u>

<u>อัตราส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเปคติน</u>

อัตราส่วนนี้มีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ความเหนียว และความใสของแป้งเปียกที่ได้หลังการเกิดเจลทั้งยังมีผลต่อเนื้อสัมผัส เนื่องจากสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเปคตินมีความแตกต่างกันคือ อะไมโลสเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ดีเมื่อต้มในน้ำจะหนืดน้อยกว่าแต่ขุ่นมากกว่า ส่วนอะไมโลเปคตินจะข้นหนืดและใสมากกว่า เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นอะไมโลสจะจับเป็นเจลได้ ส่วนอะไมโลเปคตินจะไม่จับเป็นเจล แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีอุณหภูมิในการพองตัวสูงกว่าปกติเมื่อทำให้เกิดการพองตัวอย่างสมบูรณ์ และการคืนตัวของแป้งที่มีอะไมโลสน้ำหนักโมเลกุลต่างกันจะให้ผลที่ต่างกัน (17)

จากปริมาณอะไมโลสของแป้งมันเทศและแป้งอื่น ๆ ในตารางที่ 2.3 และ 2.5 พบว่า แป้งมันเทศจากสายพันธุ์ต่าง ๆ มีปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกันและยังพบว่าแป้งมันเทศมีน้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลสใกล้เคียงกับแป้งที่ได้จากเมล็ด (14) จึงน่าที่จะใช้ทดแทนแป้งสาลีได้ แต่อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นที่จะมีผลต่อคุณภาพของแป้งด้วย เช่น ปริมาณโปรตีน ขนาดของเม็ดแป้ง เป็นต้น

<u>การเกิดเจล การพองตัวและการละลายของแป้ง</u>

แป้งที่ถูกใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารจะอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวเป็นส่วนมาก คืออยู่ในลักษณะที่เรียกว่า แป้งเปียก (paste)

การเกิดเจล (gelatinization) เป็นกระบวนการที่แสดงถึงการพองตัวและการดูดซึมน้ำของเม็ดแป้งในขณะที่ได้รับความร้อน โมเลกุลภายในเม็ดแป้งมีหมู่ไฮ-

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดรอกซีเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอะไมโลเปคตินซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลหรือระหว่างโมเลกุลเป็นจำนวนมาก ทำให้แรงยึดในเม็ดแป้งมีค่าสูงมาก แป้งจึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเม็ดแป้งจะพองตัวได้ การพองตัวของเม็ดแป้งจะเริ่มเกิดเมื่อปริมาณความร้อนที่ให้แก่สารละลายแป้งมีพลังงานพอเพียงที่จะทำให้เกิดการแตกออกของพันธะไฮโดรเจน น้ำจะสามารถเข้าไปในโมเลกุลของเม็ดแป้งทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น การพองตัวอย่างเต็มที่ของเม็ดแป้งจะทำให้สูญเสียลักษณะ birefringence (รูปที่ 2.4) ช่วงอุณหภูมิที่แป้งมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็วและพองตัวขึ้นมากเรียกว่าอุณหภูมิการเกิดเจล (gelatinization temperature) และเมื่อพองตัวจนเสียลักษณะ birefringence เม็ดแป้งจะละลายน้ำได้ดีขึ้นมาก และความหนืดของสารละลายแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (16,17)

แป้งแต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิในการเกิดเจล การพองตัว และการละลายที่แตกต่างกัน แป้งมันเทศมีอุณหภูมิในการเกิดเจลในช่วง 60-75 องศาเซลเซียส และสายพันธุ์ต่างกันจะมีอุณหภูมิของการเกิดเจลต่างกัน การพองตัวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิ 65-80 องศาเซลเซียส และความสามารถในการละลายจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิเดียวกันกับการพองตัว ขนาด ปริมาณอะไมโลส micellar organization หรือ crystallinity ของเม็ดแป้งตลอดจนน้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลสจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในสมบัติการเกิดเจล และการเกิดเจลของแป้งมันเทศพันธุ์ Georgia Red และ Centennial (รูปที่ 2.5) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงการที่ปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น (ร้อยละ 30.8 และ 32.4 ตามลำดับ) จะมีผลให้อุณหภูมิในการเกิดเจลสูงขึ้น (63 และ 71 องศาเซลเซียสตามลำดับ) (14)

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิการเกิดเจลของสายพันธุ์ Georgia Red และ Centennial ซึ่งมีอุณหภูมิการเกิดเจลเฉลี่ยแตกต่างกันถึง 8 องศาเซลเซียสทั้งที่เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.2 และ 2.3 พบว่า ขนาด และรูปร่างของเม็ดแป้งใกล้เคียงกันมาก แต่มีความแตกต่างในปริมาณอะไมโลส (ตารางที่ 2.3) ซึ่งสายพันธุ์ Centennial มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าสายพันธุ์ Georgia Red ทำให้มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลสูงขึ้น จึงต้องใช้ปริมาณความร้อนมากขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิในการเกิดเจลของแป้งมันเทศจากสายพันธุ์ Centennial สูงกว่าสายพันธุ์ Georgia Red และเมื่อทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงด้วย

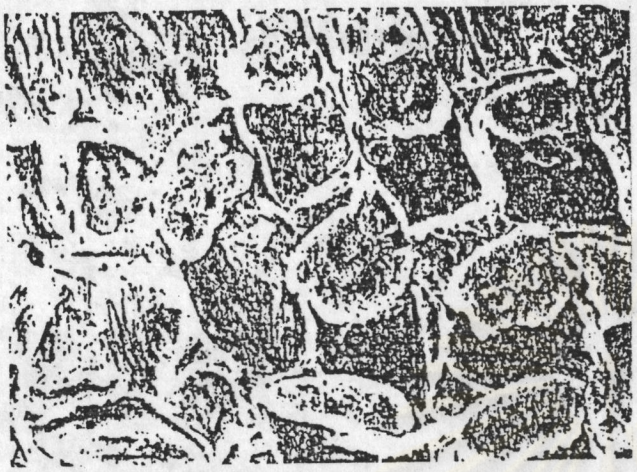
วิธี linear regression ระหว่างปริมาณอะไมโลสกับอุณหภูมิเฉลี่ยของการเกิดเจล ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ (correlation coefficient) เป็นบวกและมีค่า 0.79 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันเกือบเป็นเส้นตรง เมื่อเขียนกราฟระหว่างปริมาณอะไมโลสกับอุณหภูมิเฉลี่ยของการเกิดเจล พบว่า ให้ความชันเป็นบวก ดังนั้นการเพิ่มของปริมาณอะไมโลสจะมีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของการเกิดเจลเพิ่มขึ้นด้วย และจากรูปแบบการพองตัวซึ่งเป็นแบบ single-stage (รูปที่ 2.6) เมื่อทดสอบทางสถิติโดยวิธีของ Duncan multiple range test พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในการดูดซึมน้ำที่ช่วงอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส ยกเว้นแป้งมันเทศจากสายพันธุ์ Georgia Red มีความแตกต่างในการดูดซึมในช่วง 65-70 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยในการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด ซึ่งการที่เม็ดแป้งดูดซึมน้ำได้ง่ายเป็นผลจากการที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำทำให้โครงสร้างภายในของเม็ดแป้งไม่ซับซ้อนมาก นอกจากนี้ยังเป็นผลให้แป้งมีอุณหภูมิการเกิดเจลต่ำด้วย จึงเท่ากับเป็นการสนับสนุนข้อสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสและอุณหภูมิการเกิดเจลด้วย

สำหรับความสามารถในการละลายของแป้งมันเทศ พบว่า มีรูปแบบ (รูปที่ 2.7) สอดคล้องกับการพองตัว

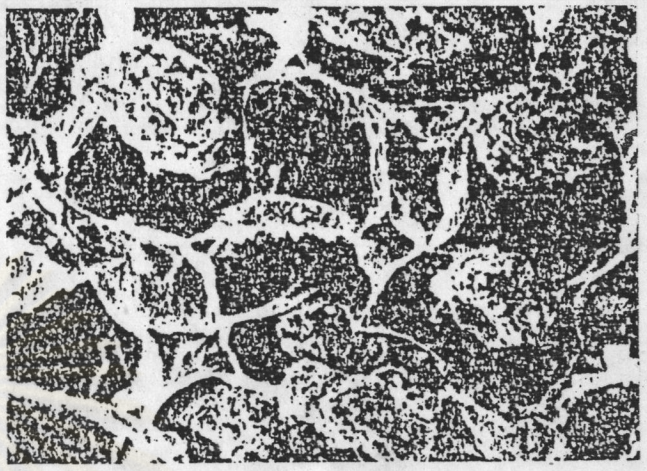
การที่แป้งมันเทศแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันในด้านการพองตัวและความสามารถในการละลาย สิ่งที่เป็นตัวกำหนดลักษณะต่าง ๆ นั้น ได้แก่ ความแตกต่างของลักษณะและความแข็งแรงของ micellar network ในเม็ดแป้ง ซึ่งสมบัติของ micellar network นี้ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลส ความยาวของสายสาขา (branching chain conformation) ของอะไมโลเปคตินเพราะสิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดโครงสร้างลักษณะตาข่ายซึ่งจะทำให้ micellar network มีความแข็งแรงมาก การทำลายโครงสร้างดังกล่าวจึงต้องใช้พลังงานในปริมาณสูง

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่ออุณหภูมิของการเกิดเจล การพองตัว และความสามารถในการละลายน้ำได้แก่ (18)

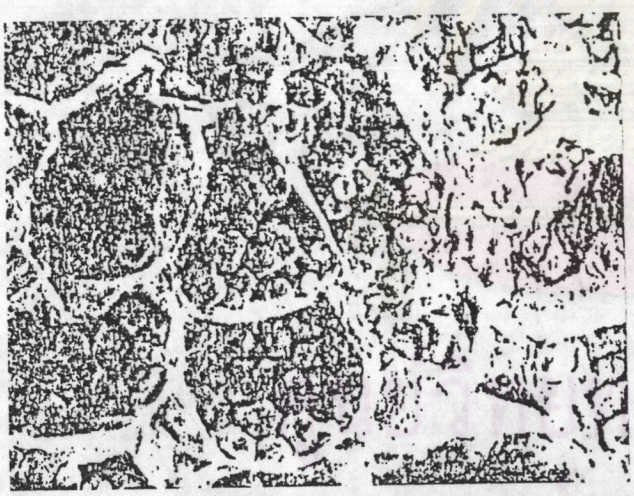
1. ปริมาณเม็ดแป้งที่แตก การทำให้เม็ดแป้งแตกตัวมีผลทำให้การดูดน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว เม็ดแป้งแตกเกิดจากหลายสาเหตุเช่น การบด การนวด การกวน การขัดสี เป็นต้น



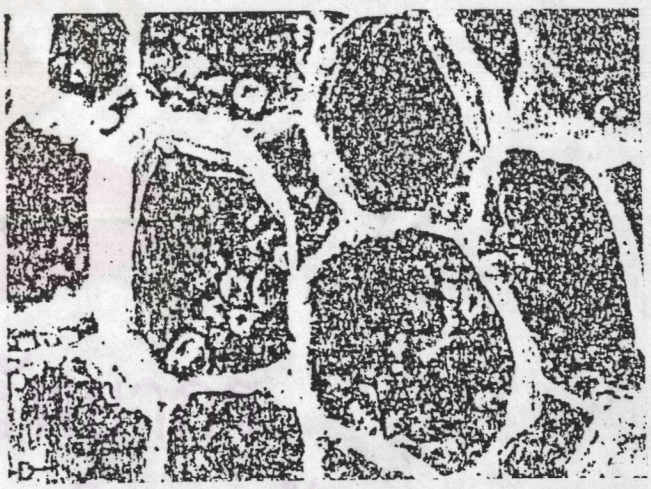
(ก)



(ข)



(ค)

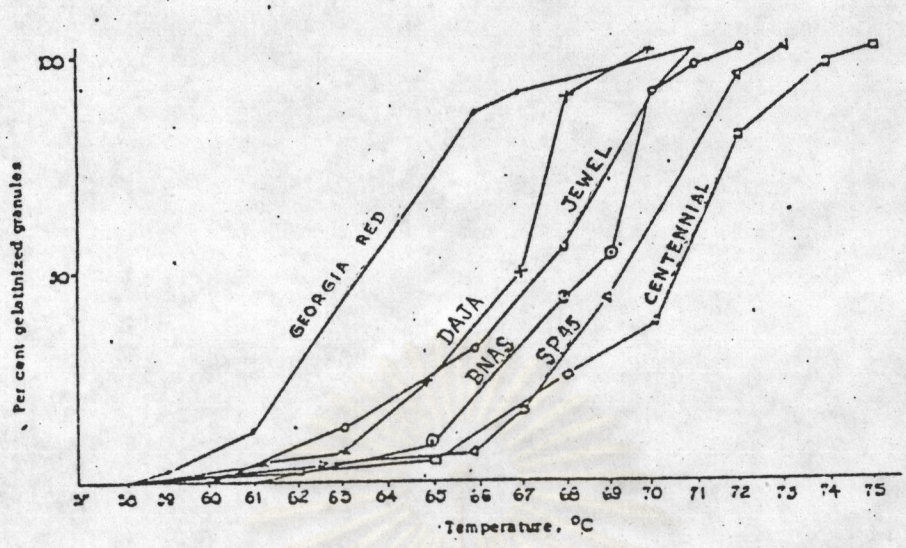


(ง)

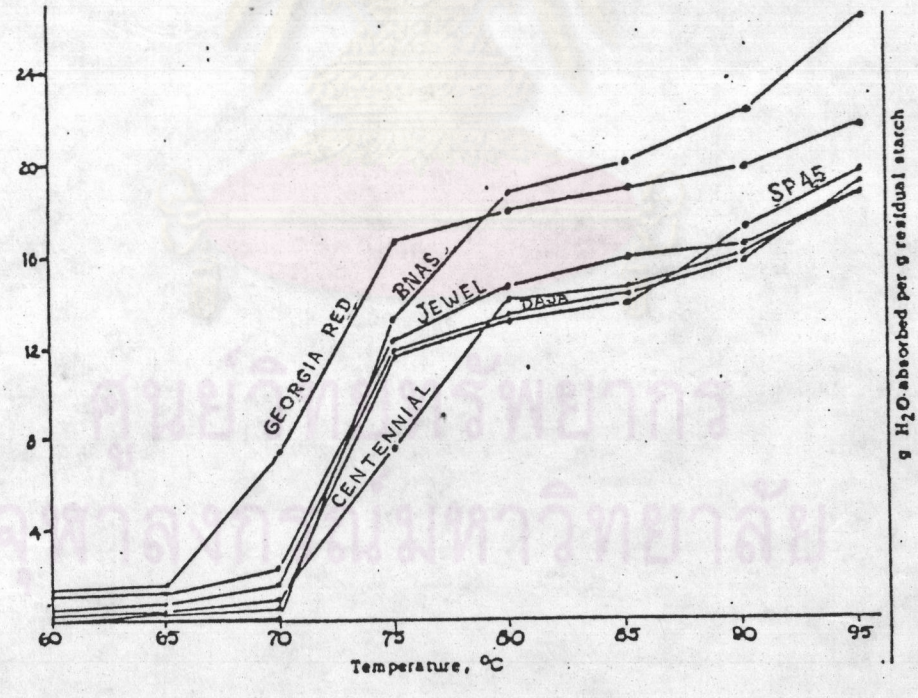
รูปที่ 2.4 ภาพถ่ายโดยใช้ scanning electron photomicroscope กำลังขยาย 435 แสดงการเกิดเจลของแป้งในมันเทศที่อุณหภูมิต่าง ๆ (19)

ก. 76-83 องศาเซลเซียส ข. 59-72 องศาเซลเซียส

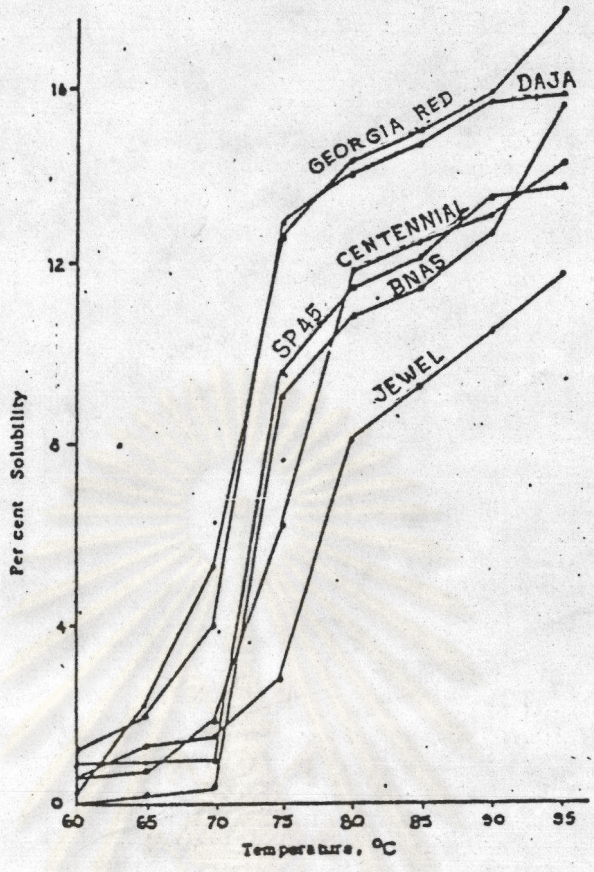
ค. 50-58 องศาเซลเซียส ง. 25-30องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.5 กราฟการเกิดเจลของแป้งมันเทศจาก 6 สายพันธุ์ (14)



รูปที่ 2.6 การพองตัวของแป้งมันเทศจาก 6 สายพันธุ์ในช่วงอุณหภูมิ 60-95 องศาเซลเซียส (14)



รูปที่ 2.7 ความสามารถในการละลายของแป้งมันเทศจาก 6 สายพันธุ์ในช่วงอุณหภูมิ 60-95 องศาเซลเซียส (14)

2. องค์ประกอบที่ไม่ใช่แป้งในเม็ดแป้งโดยเฉพาะไขมันและโปรตีนซึ่งจะทำให้เม็ดแป้งดูดน้ำได้น้อยลง และเจลมีความหนืดต่ำ

แป้งต่างชนิดจะมีรูปแบบการพองตัวต่างกันไปซึ่งอาจจัดรูปแบบการพองตัวของแป้งโดยติดตามผลด้วย Brabender visco-amylograph ได้เป็น 4 ลักษณะ คือ (12)

1. แบบเอ เป็นลักษณะกราฟที่ได้จากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวสูง ได้แก่ แป้งมันฝรั่ง และแป้งที่มีอะไมโลสต่ำ

2. แบบบี เป็นลักษณะกราฟที่ได้จากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวปานกลางได้แก่ แป้งข้าวโพด และแป้งธัญพืชอื่น ๆ

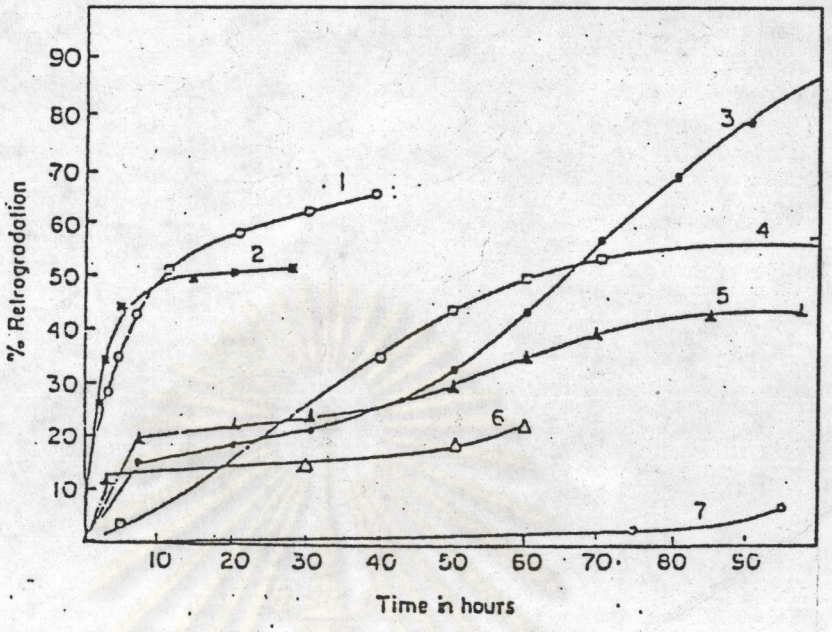
3. แบบซี เป็นลักษณะกราฟที่ได้จากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อยได้แก่ แป้งถั่วต่าง ๆ และแป้งข้าวฟ่าง

4. แบบดี เป็นลักษณะกราฟที่ได้จากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อยมาก ได้แก่แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ๆ

การคืนตัวของแป้ง (retrogradation)

ในขณะที่สารละลายแป้งได้รับความร้อนและเกิดการพองตัวเต็มที่ อะไมโลสที่มีอยู่ในเม็ดแป้งสามารถจะละลายออกมาในน้ำแป้ง (20) และเมื่อสารละลายแป้งเปียกเย็นลงโมเลกุลของอะไมโลสจะสามารถจับตัวกันใหม่ และจับกับอะไมโลเปคตินบางส่วนด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้เกิดโครงสร้างที่สามารถอุ้มน้ำไว้ภายในได้อีก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การคืนตัว ซึ่งจะมีผลให้ความหนืดของสารละลายแป้งเพิ่มสูงขึ้นอีก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บแป้งเปียกนี้ไว้โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำจะพบว่า ความคงตัวของเจลจะลดลง โดยจะเกิดการแยกตัวของน้ำออกจากเจล (syneresis) เนื่องจากโมเลกุลแป้งจับตัวกันได้มากขึ้น แป้งเปียกที่ได้จึงมีลักษณะขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น

Collison (21) ได้ศึกษาร้อยละของการเกิดการคืนตัวของแป้งชนิดต่าง ๆ (รูปที่ 2.8) ที่ความเข้มข้นสารละลายแป้งร้อยละ 2 และพบว่าแป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี เป็นต้น เกิดการคืนตัวได้เร็วกว่าแป้งจากพืชหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง แป้งมันเทศ และแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น สำหรับแป้งจาก waxy corn ซึ่งมีปริมาณอะไมโล-เปคตินสูงทำให้ความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนที่บริเวณปลายสายสาขามีจำนวนน้อย เมื่อเทียบกับโครงสร้างของอะไมโลสจึงทำให้แป้งที่มีอะไมโลเปคตินมากไม่สามารถรวมตัวกันได้ง่าย การคืนตัวจึงเกิดได้ช้า สำหรับแป้งมันเทศพบว่ามีการคืนตัวในอัตราปานกลางและมีรูปแบบคล้ายกับแป้งจากธัญพืชแต่ใช้เวลาในการคืนตัวช้ากว่า ซึ่งลักษณะนี้เป็นผลจากการที่แป้งมันเทศมีน้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลสสูงและอาจสูงเกินไป กล่าวคือ มีสายโมเลกุลที่ยาวเกินไปทำให้การจับตัวกันของโมเลกุลต้องใช้เวลานานขึ้นจึงจะจับหมดทั้งโมเลกุล ดังนั้นการคืนตัวจึงเกิดช้ากว่าแป้งจากธัญพืช



รูปที่ 2.8 อัตราการคืนตัวของแป้งชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 (21)

1. แป้งข้าวโพด 2. แป้งสาลี 3. แป้งมันฝรั่ง
4. แป้งมันเทศ 5. แป้ง arrowroot 6. แป้งมันสำปะหลัง
7. แป้ง waxy corn

Doremus และคณะ (13) พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราเร็วในการคืนตัว ได้แก่

1/ อุณหภูมิ การคืนตัวของเจลจะเกิดเร็วขึ้นถ้าอุณหภูมิในการคืนตัวต่ำลง ทั้งนี้เพราะ อุณหภูมิที่ต่ำทำให้อะไมโลสเคลื่อนที่ช้าลง การรวมตัวกันจึงเป็นไปได้เร็ว

2/ ขนาดของโมเลกุล การคืนตัวเกิดได้เร็วถ้าอะไมโลสมีโมเลกุลขนาดปานกลาง การที่มีโมเลกุลใหญ่จะทำให้ใช้เวลาในการรวมตัวนาน ส่วนการที่มีโมเลกุลเล็กก็จะมีการเคลื่อนที่แบบ brownian อยู่ตลอดเวลาจนไม่สามารถรวมตัวกันได้

3/ ความเป็นกรด-ด่าง กรดสามารถทำให้เกิดการคืนตัวได้เร็ว แต่ในสารละลายด่างทำให้เกิดการคืนตัวได้ช้าเพราะโมเลกุลของอะไมโลสแตกตัวออก จึงไม่สามารถตกตะกอนได้ง่าย

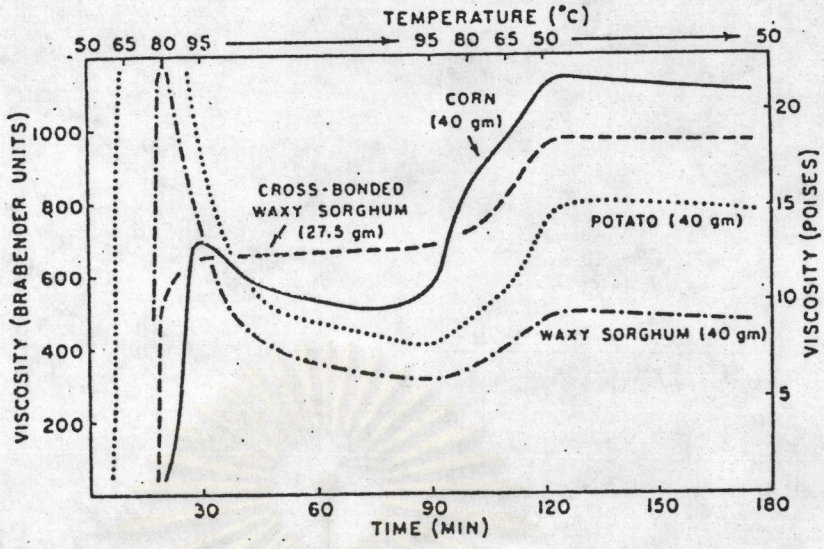
2.4 การศึกษาสมบัติความหนืดของแป้งเปียกด้วยเครื่อง Brabender visco-amylograph

แป้งที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารจะอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวเป็นส่วนมาก คือ อยู่ในลักษณะที่เรียกว่า แป้งเปียก (paste) ซึ่งลักษณะสำคัญของแป้งเปียกที่ควรคำนึงถึงในการใช้งาน ได้แก่ อุณหภูมิการเกิดเจล ความสม่ำเสมอของขนาดเม็ดแป้งซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเปียกในขณะเกิดเจล เสถียรภาพของแป้งเปียกต่อสภาพการได้รับความร้อนและการกวน การคืนตัวหรือการเพิ่มขึ้นของความหนืดในช่วงที่แป้งเปียกมีอุณหภูมิลดลง เป็นต้น ดังนั้น ในการศึกษาลักษณะที่สำคัญของแป้งเปียกเพื่อประโยชน์ในการใช้งานจึงทำโดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเปียก

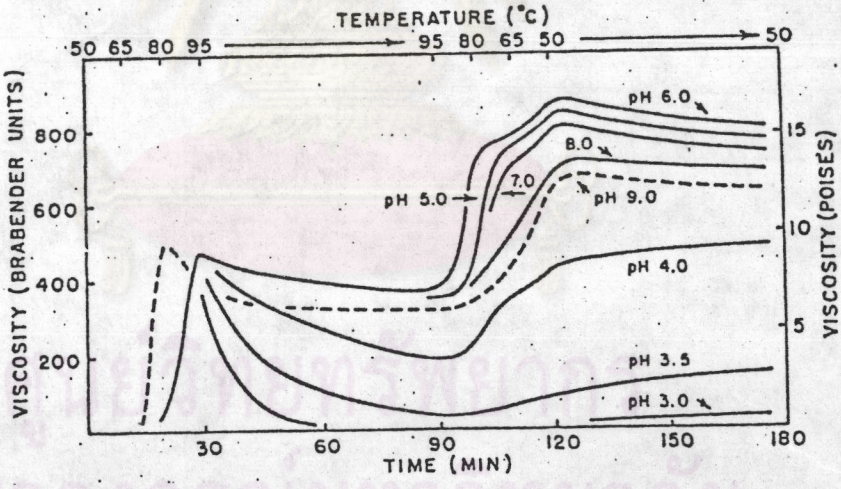
Schoch และคณะ (22) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเปียกใน heating-cooling cycle จากแป้งชนิดต่าง ๆ ด้วยเครื่อง Brabender visco-amylograph พบว่า แป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนืด (รูปที่ 2.9) แตกต่างกัน และ pH มีผลต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนืด (รูปที่ 2.10)

เมื่อพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง pH และความหนืดเมื่อสิ้นสุด heating-cooling cycle (รูปที่ 2.11) พบว่า แป้งข้าวโพดมีเสถียรภาพสูงสุดที่ pH 6.0 เมื่อ pH ต่ำกว่า 4.5 ความหนืดจะลดลงมาก (thinning) แป้งมันฝรั่งและ waxy sorghum เปลี่ยนแปลงความหนืดได้ง่ายในสภาพเป็นกรด ความหนืดจะลดลงอย่างมากเมื่อ pH ต่ำกว่า 5 และแป้ง cross-bonded waxy sorghum มีเสถียรภาพดีโดยสามารถทนต่อสภาพความเป็นกรดได้ถึง pH 3.5 และเมื่อ pH สูงกว่า 6.0 แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้ง waxy sorghum จะมีความหนืดเมื่อสิ้นสุด heating-cooling cycle ลดลง

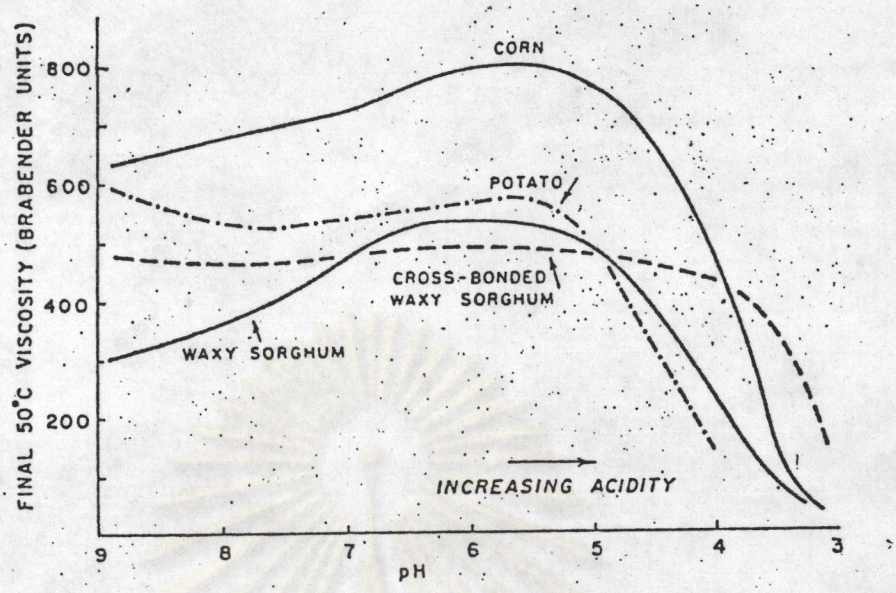
Mazurs และคณะ (23) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเปียกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วง heating-cooling cycle ด้วยเครื่อง Brabender visco-amylograph พบว่า ความเข้มข้นของแป้งเปียกมีผลต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนืด (รูปที่ 2.12) จุดต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นแสดงถึงสมบัติของแป้งเปียก คือ



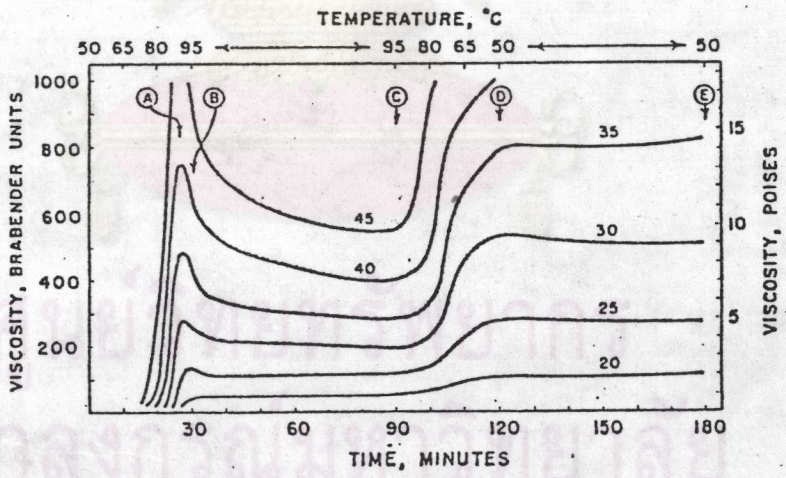
รูปที่ 2.9 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเปียกจากแป้งชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นของแป้งเป็นกรัมของน้ำหนักแห้งต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร (22)



รูปที่ 2.10 ผลของ pH ต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเปียกจากแป้งข้าวโพด ที่ความเข้มข้นของแป้ง 35 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร (22)



รูปที่ 2.11 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง pH และความหนืดเมื่อสิ้นสุด heating-cooling cycle ของแป้งชนิดต่าง ๆ (22)



รูปที่ 2.12 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเปียกจากแป้งข้าวโพด ที่ความเข้มข้นของแป้งเป็นกรัมของน้ำหนักแห้งต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร (23)

จุด A เป็นจุดที่แป้งเปียกมีความหนืดสูงสุดในช่วง heating cycle หรือเรียกว่า peak viscosity จุดนี้มีความสำคัญต่อผู้ใช้ เนื่องจากแป้งเปียกส่วนใหญ่ที่สามารถนำไปใช้งานได้ จะต้องให้ความร้อนผ่านจุดนี้ก่อน

จุด B เป็นความหนืดของแป้งเปียกเมื่อมีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จุดนี้จะมีความสัมพันธ์กับจุด A สะท้อนให้เห็นว่าแป้งชนิดที่ใช้ทดสอบมีความยากง่ายในการใช้งานอย่างไรอันเนื่องจากความหนืดที่เพิ่มขึ้น

จุด C เป็นจุดที่แสดงความหนืดเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ซึ่งจะแสดงถึงเสถียรภาพของแป้งเปียกในระหว่างการใช้งาน

จุด D เป็นจุดที่แสดงความหนืดเมื่อแป้งเปียกเย็นลงที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงถึง การที่แป้งเปียกมีความหนืดเพิ่มขึ้นในช่วง cooling cycle (set-back)

จุด E เป็นจุดที่แสดงความหนืดเมื่อสิ้นสุด heating-cooling cycle ซึ่งแสดงถึงเสถียรภาพและความหนืดที่ปรากฏ และใช้งานจริง

ดังนั้น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเปียกด้วยเครื่อง Brabender visco-amylograph จะทำให้สามารถเข้าใจถึงลักษณะที่สำคัญของแป้ง อันจะเป็นประโยชน์สำหรับการนำไปใช้งาน ซึ่งปัจจัยที่มีบทบาทเกี่ยวข้อง ได้แก่ pH และ ความเข้มข้นของแป้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 แนวทางการใช้ประโยชน์จากแป้งมันเทศในอุตสาหกรรม

แป้งมันเทศสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้หลายอย่าง ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การใช้แป้งมันเทศในอุตสาหกรรมอาหาร

ลักษณะ/วัตถุประสงค์การใช้งาน	ผลิตภัณฑ์อาหาร	เอกสารอ้างอิง
สารช่วยให้เกิดความคงตัว (stabilizer)	ไอศครีม	10
สารปรับสภาพโด (dough conditioner)	ขนมปัง	10
การทดแทนในแป้งสาลีบางส่วน	พุดดิ้ง แพนเค็ก	10
	โดนัท	24
การย่อยโมเลกุลแป้งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว	น้ำตาลกลูโคส	10

จะเห็นว่าหากมีการวิจัยอย่างจริงจังในเรื่องแป้งมันเทศนอกจากจะเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีในประเทศอย่างเหมาะสมแล้วยังเป็นการช่วยแก้ปัญหาการล้นตลาดของมันเทศ อีกทั้งจะเป็นการขยายขอบเขตการใช้แป้งมันเทศ เช่น ใช้ในรูปของสารปรุงแต่งอาหาร (food additive) ซึ่งสารประเภทนี้ส่วนมากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงเป็นทางหนึ่งที่จะช่วยลดดุลการค้าของประเทศ