

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อทั่วไป และชื่อท้องถิ่นของมันหัวใหญ่

มันหัวใหญ่เป็นพืชหัวสะสมแป้งที่ยังไม่ได้รับการบันทึกชื่อทางวิทยาศาสตร์ ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อทั่วไป และชื่อท้องถิ่นลงในรายชื่อของพันธุ์ไม้ในไทย ซึ่งทราบได้โดยการตรวจสอบจากรายชื่อของพืชหัวสะสมแป้งที่รวบรวมโดยหน่วยงานของกรมป่าไม้ที่ทำหน้าที่รวบรวมพันธุ์ไม้ในไทย [2] ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อทั่วไป และชื่อท้องถิ่นของพืชหัวสะสมแป้ง [2]

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่ออังกฤษ	ชื่อทั่วไป	ชื่อท้องถิ่น
DIOSCOREACEAE	Dioscorea prazeri Prain & Burk.			มันเขา, มันเมีย-ราชบุรี
APOCYNACEAE	Wrightia pubescens R. Br.			โมก, มูก-กลาง, มูกเกื้อ-จันทบุรี, โมกมัน-ชลบุรี/นครราชสีมา
DIOSCOREACEAE	Dioscorea membranacea Pierre			มันหมู-สระบุรี, เครือเต่าให้-เลย, มันอีย่าง-สระบุรี

ตารางที่ 2.1 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อทั่วไป และชื่อท้องถิ่นของพืชหัวสะสมแป้ง (ต่อ)

วงศ์	ชื่อ วิทยาศาสตร์	ชื่อ อังกฤษ	ชื่อ ทั่วไป	ชื่อท้องถิ่น
EUPHORBIACEAE	Glochidion perakense Hook. F.			มันปู, มันปูใหญ่- นครศรีธรรมราช, ชุมเส็ด, พุงหมู-ชุมพร
RUBIACEAE	Wendlandia tinctoria A. DC.			แข่งกวาง-ลำพูน/ลำปาง, กว้าว กวาง-เชียงใหม่, ขอบ้าะ- กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน, ตะคอ เคาะ-กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน, พกกั้ง-กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน, มอกกาว-กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน แข็งฟาน-แพร่, มันปลา-เลย
EHRETIACEAE	Cordia dichotoma Forest. f.			หมันดง-นครราชสีมา, ผัก หม่อง-เงี้ยว เหนือ, มันหมู- ลำปาง, ลำบูอิ-กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน
DIOSCOREACEAE	Dioscorea alata Linn.	Winged Yam		นอย-กะเหรี่ยง เชียงใหม่, มัน เขาวัว, มันแข้งช้าง, มันดิน ช้างมันเลี่ยม-เหนือ, มันเส้า, มันงู, มันจาวมะพร้าว, มันมือ หมี, มันเลือดไก่, มันแถบ- กลาง, มันทุ่-นครศรีธรรมราช มันลองเชิง-สระบุรี, มันหวาย-เลย ขวยหมี-กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน

ตารางที่ 2.1 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อทั่วไป และชื่อท้องถิ่นของพืชหัวสะสมแป้ง (ต่อ)

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อ อังกฤษ	ชื่อ ทั่วไป	ชื่อท้องถิ่น
APOCYNACEAE	<i>Wrightia tomentosa</i> Roem. & Schult.	Ivory, Darabela	โมก มัน, โมก น้อย	มักมัน-สุราษฎร์ธานี, มุกน้อย-น่าน, มุกมัน- น่าน, เส่ทือ-กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน, แนแก- กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน
DIOSCOREACEAE	<i>Dioscorea hispida</i> Dennst.		กลอย มัน- กลอย	กลอยข้าวเหนียว, กลอยหัวเหนียว- นครราชสีมา กลอย นก, กอย-เหนือ, คลี- กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน
EUPHORBIACEAE	<i>Glochidion wallichianum</i> Muell. Arg.			มันปู-ตรัง
CONVOLVULACEAE	<i>Neuropeltis racemosa</i> Wall.			ม้าทลายโรง-อุดรธานี, กาโร-ระนอง, นอน หลับ-นครสวรรค์, พญานอนหลับ- นครสวรรค์, มันฤๅษี- กลาง, มาดพล้าย- นครราชสีมา
LILIACEAE	<i>Chlorophytum orchidastrum</i> Lindl.			ว่านน้ำเขา, หญ้าออก ออ-เลย, ป้างป่า-กลาง, มันปู-นครราชสีมา

ตารางที่ 2.1 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อทั่วไป และชื่อท้องถิ่นของพืชหัวสะสมแป้ง (ต่อ)

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อ อังกฤษ	ชื่อ ทั่วไป	ชื่อท้องถิ่น
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea digitata</i> Linn.			ผักบุ้งรั้ว-กรุงเทพ, บ้อง เลน-นครพนม, มันหมู- ตราด
ARACEAE	<i>Alocasia indica</i> Schott			กระดาด-กรุงเทพ, คีอ, โทปุ๊ะ-กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน บอนกาวิ- ยะลา, เฟือกกะลา, มันโท ป่าด-แม่ฮ่องสอน, เฟือก โทป่าด-เงี้ยว แม่ฮ่องสอน
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea batatas</i> Lamk.	Sweet Potato		มันเทศ-กลาง, แดล- มาเล-นราธิวาส, มันแกว- เหนือ, หมักอ้อย-ละว้า เชียงใหม่
DIOSCOREACEAE	<i>Dioscorea esculenta</i> Burk.	Lesser Yam		มันมือเสือ, มันมุ้ง-กลาง, มันกะซาก-สระบุรี, มัน จ๊วก, หนามจ๊วก-เหนือ, มันอีเพิ่ม-ปราจีนบุรี, มันอี มุ้ง-กลาง/ชลบุรี
RUBIACEAE	<i>Paederia tomentosa</i> Bl. var. <i>glabra</i> Kurz			ย่านพาโหม-สุราษฎร์ธานี, เถาฟ้าห่ม- ประจวบคีรีขันธ์, มันปู- สงขลา

ตารางที่ 2.1 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อทั่วไป และชื่อท้องถิ่นของพืชหัวสะสมแป้ง (ต่อ)

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อ อังกฤษ	ชื่อ ทั่วไป	ชื่อท้องถิ่น
DIOSCOREACEAE	Dioscorea inopinata Prain & Burk.			มันนก-ประจวบคีรีขันธ์
DIOSCOREACEAE	Dioscorea pentaphylla Linn.	Five- leaved Yam		มันคันขาว-สุพรรณบุรี, กอย ขี้กุง, มะมู, มันหมักไก่, มัน หมักบุก, มันหมักมู, หมัก โก้-เชียงใหม่, มันกู่, มัน จ๊วก-ลำปาง, มันสี่- นครศรีธรรมราช, มันหึ่ง, มันอ่อน, มันอีมู- แม่ฮ่องสอน/เลย
CONVOLVULACEAE	Merremia chryseids Kerr คู่ Ipomoea chryseids Kerr			มันถาผี-ลำปาง
DIOSCOREACEAE	Dioscorea tamariscifolia Prain & Burk.			มันเดิน-นครศรีธรรมราช
ICACINACEAE	Platea latifolia Bl.			มันหมู-ตรัง
EHRETIACEAE	Cordia grandis Roxb.			มันบก-กาญจนบุรี

ตารางที่ 2.1 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อทั่วไป และชื่อท้องถิ่นของพืชหัวสะสมแป้ง (ต่อ)

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อ อังกฤษ	ชื่อ ทั่วไป	ชื่อท้องถิ่น
DIOSCOREACEAE	<i>Dioscorea oryztorum</i> Prain & Burk.			มันพาด, มันมือ-กลางมัน หนุ-จันทบุรี, มันหลาก เขา-ชุมพร
FLACOURTIACEAE	<i>Hydnocarpus curtisii</i> King			มันหมู-ตรัง
CAPRIFOLIACEAE	<i>Viburnum cylindricum</i> Ham. ex Don			ฮ่อมช้าง-เชียงใหม่, มันปลา, ลักดง-เลย
DIOSCOREACEAE	<i>Dioscorea garrettii</i> Prain & Burk.			มันนกคอก-ลำปาง
DIOSCOREACEAE	<i>Dioscorea burmanica</i> Prain & Burk.			มันนก-สุราษฎร์ธานี, กลอยเขา-เงี้ยวเหนือ, มันจ๊ก-แม่ฮ่องสอน/ ลำปาง
VERBENACEAE	<i>Premna latifolia</i> Roxb. var. <i>mollissima</i> Clarke			มันไก่-เหนือ, คางแมว- กลาง/ลำปาง, ปูผ้า- ลำปาง, มันหมู-เหนือ
EHRETIACEAE	<i>Cordia cochinchinensis</i> Pierre			หมัน-ประจวบคีรีขันธ์
DIOSCOREACEAE	<i>Dioscorea spinosa</i> Roxb.			มันมือสี่-กลาง

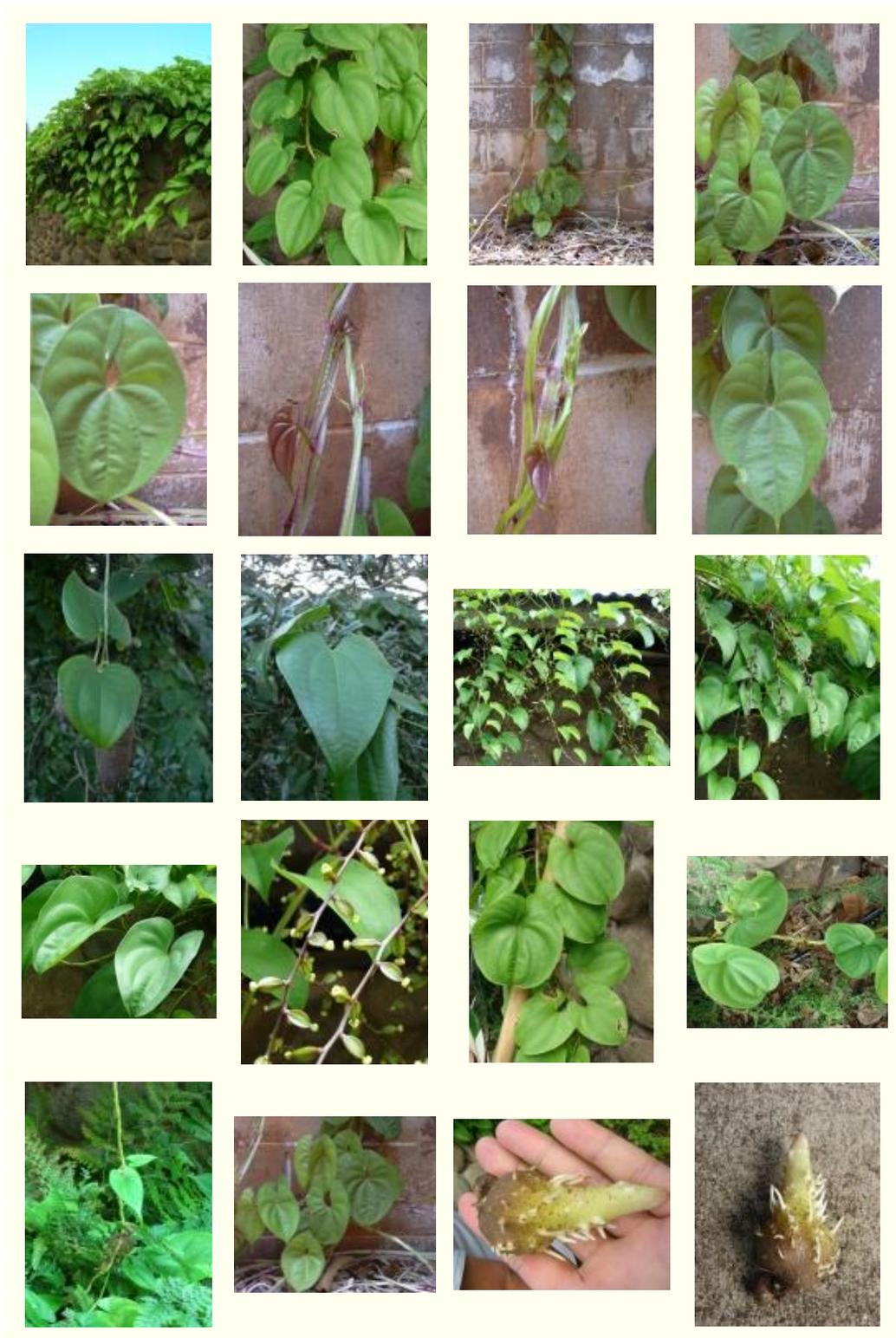
ตารางที่ 2.1 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อทั่วไป และชื่อท้องถิ่นของพืชหัวสะสมแป้ง (ต่อ)

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อ อังกฤษ	ชื่อ ทั่วไป	ชื่อท้องถิ่น
ARACEAE	Amorphallus campanulatus Bl. ex Decne.	Stanley's Water-tub	บุก	บุกคูกคก-ชลบุรี, เป็ย, เป็ย-แม่ฮ่องสอน, มันชู รัน-กลาง, หัวบุก- ปัตตานี
DIOSCOREACEAE	Dioscorea myriatha Kunth			มันเทียน-สระบุรี, ผัก แมวแดง-สุราษฎร์ธานี
VERBENACEAE	Premna obtusifolia R. Br.			ข้าเลือด-ตราด, มันไก่- ลำปางสามประงาใบ- ประจวบคีรีขันธ์, อัลคิ ทวารทะเล-Peninsular
DIOSCOREACEAE	Dioscorea daunaea Prain & Burk.			มันอ่อน, มันเทียน- นครราชสีมา
EUPHORBIACEAE	Glochidion sphaerogynum Kurz			มันปลา-เชียงใหม่
CONVOLVULACEAE	Argyrea splendens Sweet			มันถาผี-ลำปาง, เครือเขา หลวง, บ่าน้ำป่า, สีจ้อ- เชียงใหม่, เครือตาปลา- ศรีสะเกษ, ฮ่านผีป่า- จันทบุรี
CONVOLVULACEAE	Convolvulus batatas Linn.			มันเทศ-กลาง

ตารางที่ 2.1 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อทั่วไป และชื่อท้องถิ่นของพืชหัวสะสมแป้ง (ต่อ)

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อ อังกฤษ	ชื่อ ทั่วไป	ชื่อท้องถิ่น
DIOSCOREACEAE	Dioscorea glabra Roxb.			มันคง-กลาง, ทาด- สุราษฎร์ธานี, มันชาย- ประจวบคีรีขันธ์, มันตา มะระ-ระนอง, มันตาม ราก-นครศรีธรรมราช, มันทราย-ปัตตานี, มัน นางนอน-ปราจีนบุรี, มัน ลาย-เลย
SOLANACEAE	Solanum tuberosum Linn.			มันฝรั่ง-กลาง, มันเทศ- เหนือ, มันอาลู-เหนือ, มันอีลู-เหนือ
RUTACEAE	Glycosmis pentaphylla Corr.			กระรอกน้ำ, กระรอก น้ำข้าว-ชลบุรี, กระโถก น้ำข้าว, ลูกเขยตาย, เขยตาย-กลาง, เขนทะ- เหนือ, ตาระแป-มาเล- ยะลา, น้ำข้าว-กลาง/ Peninsular, ประยงค์ ใหญ่-กรุงเทพ, พุทธรักษา-สุโขทัย, มันหมู-ประจวบคีรีขันธ์, ส้มขึ้น-เหนือ/อีสาน
POLYPODIACEAE	Drymoglossum piloselloides Presl			กึบม้าม-เหนือ, เกล็ด นาคราช-กลาง, มันเหี้ย- ชลบุรี

จากภาพใบชนิดต่างๆ ของมันในวงศ์ Dioscoreaceae [3] ใบของมันหัวใหญ่จะมีความคล้าย
กับใบมันในวงศ์ Dioscoreaceae



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างใบและหัวมันจากวงศ์ Dioscoreaceae [3]



(ก) ไบมันในวงศ์ Dioscoreaceae

(ข) ไบมันหัวใหญ่ ที่ตำบลคลองขวาง
อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา

ภาพที่ 2.2 ภาพเปรียบเทียบลักษณะใบของมันในวงศ์ Dioscoreaceae (ก) [3]
และใบของมันหัวใหญ่ (ข)

จากภาพหัวมันในวงศ์ Dioscoreaceae [4] ลักษณะของมันหัวใหญ่จะคล้ายกับมันในวงศ์
Dioscoreaceae



(ก) หัวมันจากวงศ์ Dioscoreaceae

(ข) มันหัวใหญ่

ภาพที่ 2.3 ภาพเปรียบเทียบลักษณะหัวของมันในวงศ์ Dioscoreaceae (ก) [4]
และมันหัวใหญ่ (ข)

2.1.1 ถิ่นกำเนิดของมันหัวใหญ่

มันหัวใหญ่เป็นพืชหัวสะสมแป้ง ที่พบได้เฉพาะในบางพื้นที่ของจังหวัดทางตอนใต้ของไทยเท่านั้น เช่น มันหัวใหญ่ที่นำมาวิจัยนี้ก็นำมาจาก ตำบลคลองขวาง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา ส่วนใหญ่ชาวบ้านจะนำมาบริโภคโดยการต้มสุก มีการบริโภคน้อยกว่ามันชนิดอื่นๆ อาจเนื่องมาจากรสชาติที่ค่อนข้างจืด และมีเมือกเหนียวใสคล้ายเมือกในมันมือเสือ แต่มีปริมาณที่ค่อนข้างมากกว่า ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสเป็นอย่างมาก

2.1.2 ลักษณะทั่วไปทางพฤกษศาสตร์ของมันหัวใหญ่

มันหัวใหญ่จัดเป็นพืชหัวสะสมแป้งชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับมันต่างๆ ไป เช่น มันเทศ มันสำปะหลัง มันฝรั่ง เป็นต้น มีลักษณะเป็นไม้เลื้อย ดังแสดงในภาพที่ 2.4 สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพพื้นที่ที่ปลูกต้นยางพาราทางภาคใต้ของประเทศไทย การให้ผลผลิตจะอยู่ในช่วงฤดูร้อน



ภาพที่ 2.4 ลักษณะทั่วไปของต้นมันหัวใหญ่ ที่ตำบลคลองขวาง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา

ใบ เป็นใบเดี่ยว แผ่นใบเป็นรูปป้อมปลายรีแหลม ขนาดกว้างประมาณ 7-8 เซนติเมตร ยาวประมาณ 12-14 เซนติเมตร โคนใบมน โดยจะเว้าเข้ากลางใบตรงส่วนก้านใบ ผิวใบด้านบนมีสีเขียวเป็นมันเล็กน้อยเมื่อเทียบกับด้านล่าง เนื้อใบค่อนข้างเหนียว ผิวใบด้านล่างจะสาบมือ และมีสีอ่อนกว่าด้านบน ก้านใบยาวประมาณ 12-17 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ลักษณะใบและก้านใบของต้นมันหัวใหญ่

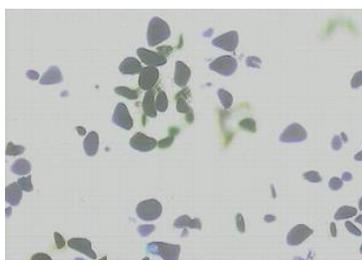
หัว เป็นส่วนที่สะสมแป้งซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ ลักษณะของเปลือกหยาบ สีน้ำตาล รูปร่างของหัวมันมีทั้งรูปทรงรี และรูปทรงสามเหลี่ยม ซึ่งมีลักษณะที่คล้ายเม็ดแป้ง (starch granules) ของมันเองดังแสดงในภาพที่ 2.6



(ก. 1)



(ก. 2)



(ข)

ภาพที่ 2.6 ภาพแสดงหัวของมันหัวใหญ่ที่มีรูปทรงต่างๆ (ก.1 และ ก.2) และภาพเม็ดแป้งของมันหัวใหญ่ (ข) กำลังขยาย 400 เท่า

2.1.3 ประโยชน์ของน้ำมันหัวใหญ่

ใช้เป็นอาหาร โดยการนำไปต้มให้สุกรับประทานเช่นเดียวกับหัวมันประเภทอื่นๆ

คุณค่าทางโภชนาการ มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนั้นยังมีสารอาหารชนิดอื่นๆ อีกเล็กน้อย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน

2.2 พืชหัว [5]

พืชหัวแตกต่างจากพืชประเภทอื่น โดยมีส่วนที่เรียกว่า “หัว” อยู่ใต้ดิน เรานำหัวนี้มาใช้ประโยชน์ ใช้เป็นอาหารของคน หรือของสัตว์เลี้ยงได้ พืชหัวมีมากมายหลายชนิด ตัวอย่างของพืชหัวที่เรารู้จักกันดี ได้แก่ หอม กระเทียม เผือก มันเทศ มันสำปะหลัง มันฝรั่ง มันแกว หัว และสาकु เป็นต้น

หัวของพืช มักมีลักษณะกลมๆ หรือเกือบกลม หัวคือที่เก็บสะสมอาหารของพืชหัวเกิดจากส่วนที่แตกต่างกันของพืช เช่น มันสำปะหลัง มันแกว เกิดจากรากซึ่งขยายหัวพองออก หอม กระเทียม เกิดจากกาบใบที่อัดตัวแน่น หัวมันฝรั่งเกิดจากลำต้นใต้ดิน เผือก หัว เกิดจากเหง้า

พืชหัวหลายชนิดมีปริมาณแป้งและวิตามินอยู่ภายในหัวค่อนข้างสูง เช่น มันสำปะหลังมีปริมาณแป้งร้อยละ 20-40 หัวมันเทศมีปริมาณแป้งร้อยละ 25 หัวเผือกมีปริมาณแป้งร้อยละ 13-29 มันแกวมี่ปริมาณแป้งร้อยละ 10 สาकुมีปริมาณแป้งสูงร้อยละ 21.7 ดังนั้น หัวพืชหลายชนิดจึงเป็นอาหารที่ดี ให้ประโยชน์แก่ร่างกาย และอาจใช้รับประทานแทนข้าวซึ่งเป็นอาหารหลักได้

เนื่องจากประเทศไทยมีดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม สามารถปลูกพืชหัวได้เกือบตลอดทั้งปี พืชหัวอายุสั้น ให้ผลผลิตสูง กสิกรไทยจึงนิยมปลูกพืชหัวกันมาก และปลูกในเนื้อที่กว้างใหญ่ พืชหัวบางชนิด เช่น มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ

พืชหัวสะสมแป้งที่นิยมปลูกกันมากคือปลูกในเกือบทุกจังหวัดของประเทศไทยได้แก่ มันสำปะหลัง มันเทศ เผือก และมันแกว มันสำปะหลังจะปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก ปลูกมากที่สุดที่จังหวัดนครราชสีมา และชลบุรี มันเทศจะปลูกมากในภาคกลาง ปลูกมากที่สุดที่จังหวัดนครศรีธรรมราช เผือกจะปลูกมากในภาคกลาง เช่น ที่จังหวัดราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ มันแกวจะปลูกมากในภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น ที่จังหวัดสระบุรี ชลบุรี มันฝรั่งจะปลูกมากในภาคเหนือ เช่น ที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน

แห้วจะปลูกกันไม่มากนัก รวมเนื้อที่ประมาณ 500 ไร่ ส่วนใหญ่ปลูกตามแถวสองฝั่งแม่น้ำท่าจีน และหลายอำเภอในจังหวัดสุพรรณบุรี สาकुจะปลูกกันเพียงเล็กน้อย (เป็นแบบสวนครัวตามบ้าน) จะปลูก ในจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดนครราชสีมา ขอนแก่น

พืชหัวหลายชนิด เป็นอาหารที่เป็นประโยชน์ เนื่องจากย่อยง่าย มีคุณค่าทางอาหารสูง และราคาถูก เป็นที่นิยมรับประทานกันทั่วโลก เราใช้พืชหัวให้เป็นประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. เป็นอาหารของมนุษย์ คนไทยใช้มันสำปะหลัง มันเทศ มันฝรั่ง มันแกว เผือก แห้ว และสาकु ประกอบอาหารทั้งคาวและหวาน มันแกวและแห้วอาจใช้รับประทานสดๆ ได้ด้วย ประชากรในบางประเทศในยุโรปและอเมริกา นิยมรับประทานมันฝรั่งเป็นอาหารหลักแทนข้าว

2. เป็นอาหารสัตว์เลี้ยง มันเทศทั้งต้นและหัวใช้เลี้ยงสุกรได้ดี มันฝรั่งหัวเล็กๆ ใช้เลี้ยงวัวควาย สุกร แห้วหัวเล็กๆ ใช้เลี้ยงเป็ด เลี้ยงไก่

3. ใช้ทำแป้ง หัวมันสำปะหลังใช้ทำแป้งได้ดี เรียกแป้งมันสำปะหลัง เผือก แห้วและสาकु ก็ใช้ทำแป้งได้

4. ใช้ในอุตสาหกรรม มันเทศใช้ในอุตสาหกรรมการกลั่นสุรา มันฝรั่งใช้ทำแอลกอฮอล์ และกรดซิตริก แห้วใช้ทำอาหารกระป๋อง แป้งสาकुใช้ทำแป้งผัดหน้า ทำกาวและทำกระดาษที่ใช้กับคอมพิวเตอร์

5. ใช้ทำยา เมล็ดมันแกวใช้ทำยามาแมลง ยาเบื่อปลา ยารักษาโรคผิวหนัง แป้งจากเผือกใช้เป็นอาหารเพื่อป้องกันโรคแพ้บางอย่างในทารก และเพื่อรักษาโรคเกี่ยวกับกระเพาะอาหาร แป้งสาकुใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคไต

2.3 แป้ง [1]

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพลาสต์ (ในใบ) และในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่งเก็บอาหาร เช่น เมล็ด และหัว มนุษย์ได้รับแป้งจากพืชแตกต่างกันตามภูมิภาคของโลก ทางด้านทวีปอเมริกาเหนือ/กลาง จะมีข้าวโพด ข้าวสาลี ซึ่งเป็นแหล่งให้แป้งที่สำคัญ ส่วนทางยุโรปจะมีมันฝรั่ง แถบเอเชียและแอฟริกา จะมีข้าวและมันสำปะหลังเป็นแหล่งให้แป้งที่สำคัญ เป็นต้น แต่ที่สำคัญที่มีการใช้กันทั่วโลก คือ แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวสาลี และแป้งมันสำปะหลัง แป้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในทางโภชนาการของมนุษย์ อาหารทั้งหมดส่วนใหญ่จะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักของทุกชนชาติ เช่น ข้าว ขนมปัง ก๋วยเตี๋ยว และพาสต้า เป็นต้น

บทบาทที่สำคัญของแป้งคือ ใช้เป็นแหล่งอาหารพลังงานสูงของมนุษย์ จากคุณสมบัติเฉพาะของแป้ง จึงได้มีการนำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของอาหาร เช่น ทำให้เกิดเจล ควบคุมความคงตัว และเนื้อสัมผัสของอาหารประเภท ซุป และน้ำปรุงรสอาหาร ป้องกันเนื้อสัมผัสของอาหารเสียรูปอันเนื่องมาจากกระบวนการแช่แข็ง และการคืนรูปจากเยือกน้ำแข็ง (freeze-thaw) สภาวะกรด การทำพาสเจอไรเซชัน (pasteurization) และสเตอริไลเซชัน (sterilization) เป็นต้น นอกจากนี้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้ว ยังมีการนำแป้งมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกาว อุตสาหกรรมแป้งตัดแปรรูป เป็นต้น

คำว่า “แป้ง” ในการผลิตนั้น หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ และมีสิ่งอื่นเจือปน เช่น ไขมัน โปรตีน เกลือแร่ และวิตามินน้อยมาก แป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ อยู่มาก จะเรียกว่า ฟลาวัวร์ (flour) เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี ซึ่งมีส่วนประกอบของโปรตีนสูง ก็จัดอยู่ในประเภท ฟลาวัวร์ เรียกว่า corn flour, wheat flour เช่นเดียวกันกับแป้งข้าวเจ้าที่ยังมีโปรตีนร้อยละ 7-8 ก็เรียกว่า rice flour แต่เมื่อสิ่งเจือปนอันหมายถึงโปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นๆ ถูกสกัดออกไปจนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่จึงเรียกว่า แป้งสตาร์ช (starch) เช่น corn starch, wheat starch เป็นต้น สำหรับแป้งมันสำปะหลัง (cassava starch) ที่ผลิตในประเทศไทย ปัจจุบันผลิตโดยกรรมวิธีทันสมัยมีความบริสุทธิ์ของแป้งสูง ก็จัดเป็นแป้งสตาร์ช

2.3.1 องค์ประกอบภายในของแป้ง [1]

แป้ง เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ในอัตราส่วนของ $C_x(H_2O)_y$ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ที่เรียกว่า anhydroglucose unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -glycosidic linkages ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางด้านตอนปลายของสายพอลิเมอร์มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde group) เรียกว่า reducing end group แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้นซึ่งเรียกว่าอะไมโลส (amylose) และพอลิเมอร์เชิงกิ่งซึ่งเรียกว่าอะไมโลเพกติน (amylopectin) แป้งจากแหล่งที่ต่างกันจะมีอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินที่แตกต่างกัน จึงมีผลทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติที่สำคัญของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน [1]

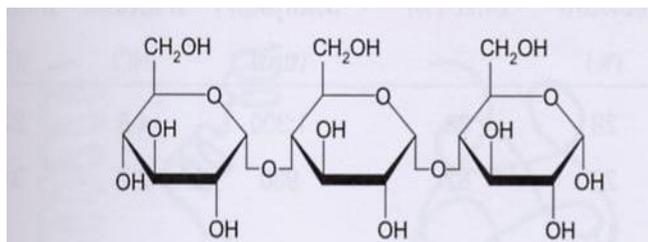
คุณสมบัติ	อะไมโลส	อะไมโลเพกติน
ลักษณะโครงสร้าง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นตรง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นกิ่งก้าน
พันธะที่จับ	α -1, 4	α -1, 4 และ α -1, 6
ขนาด	200 – 2,000 หน่วยกลูโคส	มากกว่า 10,000 หน่วย กลูโคส
การละลาย	ละลายน้ำได้น้อยกว่าอะไมโลเพกติน	ละลายน้ำได้ดีกว่าอะไมโลส
การทำปฏิกิริยากับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีแดงม่วง
การจับตัว	เมื่อให้ความร้อนแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง	เมื่อให้ความร้อนแล้วทิ้งไว้จะไม่จับตัวเป็นแผ่นแข็ง แต่จะเหนียวคล้ายแป้งเปียก

องค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้ง ประกอบด้วย

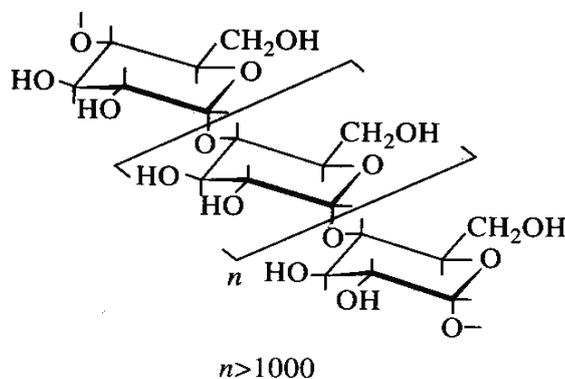
- 1) อะไมโลส
- 2) อะไมโลเพกติน
- 3) สารตัวกลาง

1) อะไมโลส (amylose) [1]

อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์สายยาวของน้ำตาลกลูโคส ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส หรือเรียกว่าหน่วยแอลฟา-ดี-กลูโคไพราโนซิด ซึ่งเรียงต่อกันด้วยพันธะ α -1, 4-glycosidic linkages ดังแสดงในภาพที่ 2.7 ประมาณ 200-2,000 หน่วย เป็นหน่วยที่ซ้ำๆ กัน (repeating unit) ดังแสดงในภาพที่ 2.8 จึงจัดว่าโมเลกุลของอะไมโลสเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสสายยาวที่มีขนาดใหญ่่มาก มีมวลโมเลกุลประมาณ 10^6 คาลตัน อะไมโลสในแป้ง (starch) บางชนิดอาจมีพันธะ α -1, 6 บ้างเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 0.3-0.5 ของพันธะทั้งหมด



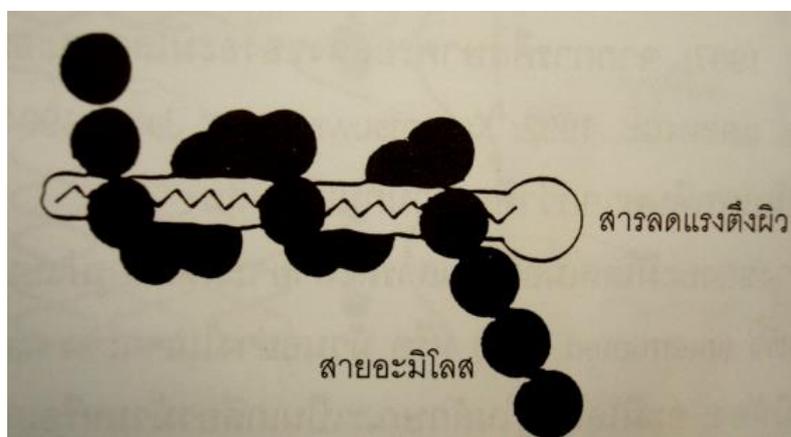
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของอะไมโลส [6]



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างอะไมโลส แสดงหน่วยที่ซ้ำๆ กัน [7]

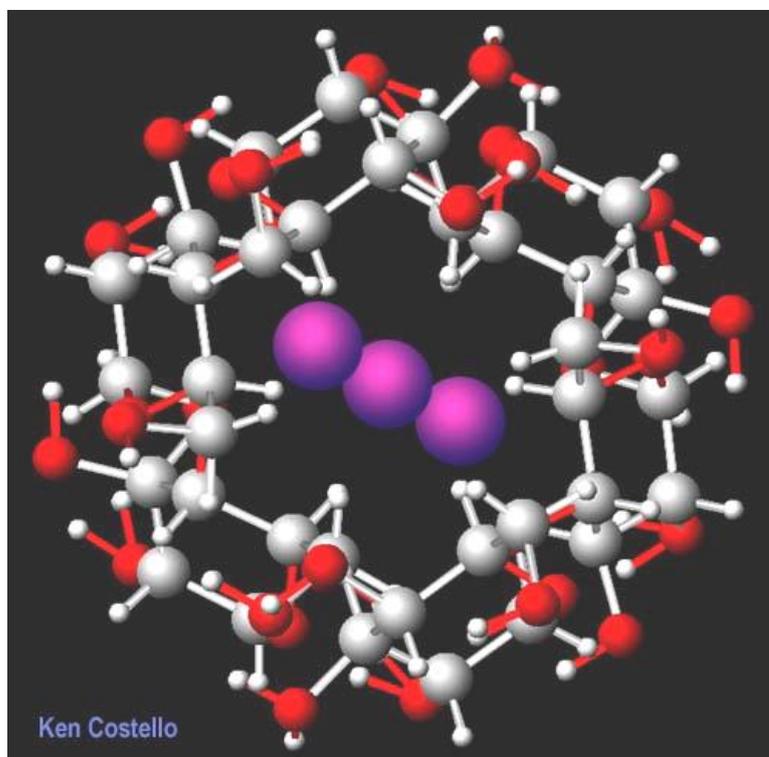
แป้งที่ได้จากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง จะมีปริมาณอะไมโลสสูง ประมาณร้อยละ 28 ซึ่งแป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาकु มีปริมาณอะไมโลสน้อยกว่าคือประมาณร้อยละ 20 ส่วน waxy starch จะไม่มีอะไมโลสเลย แต่แป้งจาก amylo maize จะมีอะไมโลสสูงมากถึงร้อยละ 80 มวลโมเลกุลของอะไมโลสจะอยู่ในช่วง 10^5 ถึง 10^6 คาลตัน อะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีมวลโมเลกุลที่แตกต่างกันออกไป ในแป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลังจะมีมวลโมเลกุลสูงกว่าในแป้งข้าวโพด และในแป้งสาลี แป้งที่มีโมเลกุลของอะไมโลสยาวมากขึ้นจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ลดลง

อะไมโลส สามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อน และสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น butanol, fatty acid, surfactant, phenol และ hydrocarbon โดยอะไมโลสจะพันเป็นเกลียว ล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์ ดังแสดงในภาพที่ 2.9



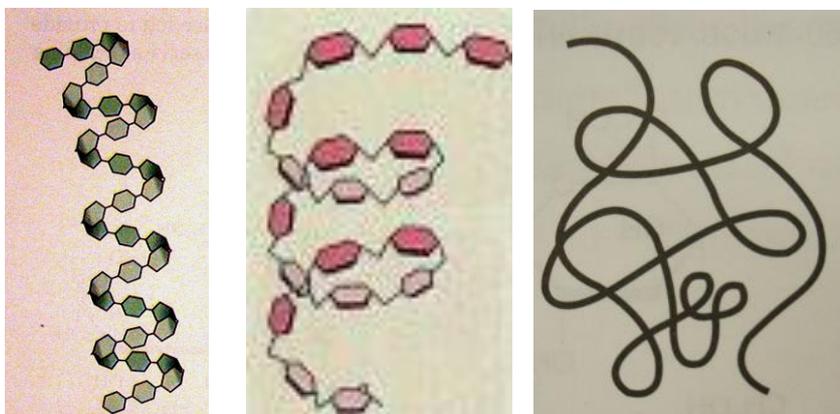
ภาพที่ 2.9 ภาพจำลองการจับตัวของอะไมโลสกับสารอินทรีย์ [1]

นอกจากนี้อะไมโลสยังสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงิน ดังแสดงในภาพที่ 2.10 ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งบอกถึงแป้งที่มีองค์ประกอบของอะไมโลส



ภาพที่ 2.10 ภาพจำลองการจับตัวของอะไมโลสกับไอโอดีน [8]

โครงสร้างของอะไมโลสเมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหลายรูปแบบ คือ มีลักษณะเป็นเกลียวม้วน (helix) ดังแสดงในภาพที่ 2.11 ก เกลียวที่คลายตัว (interrupted helix) ดังแสดงในภาพที่ 2.11 ข หรือเกลียวม้วนอิสระ (random coil) ดังแสดงในภาพที่ 2.11 ค



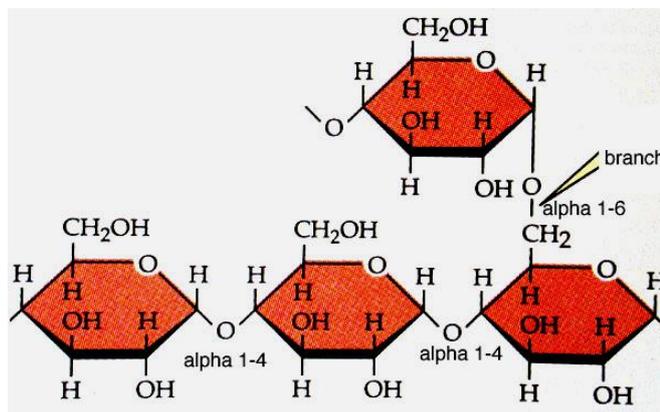
ก. เกลียวม้วน [9] ข. เกลียวคลายตัว [10] ค. เกลียวม้วนอิสระ [1]

ภาพที่ 2.11 ลักษณะของเกลียวอะไมโลสรูปแบบต่างๆ

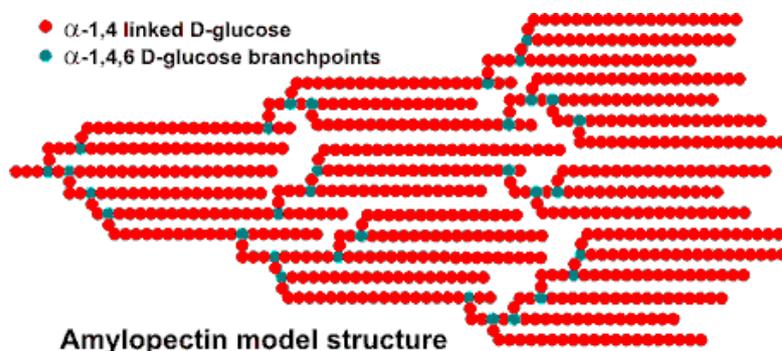
ในสารละลายที่อุณหภูมิห้อง อะไมโลสจะอยู่ในลักษณะที่เป็นเกลียวม้วน หรือเกลียวที่คลายตัว อะไมโลสที่มีมวลโมเลกุลตั้งแต่ 6,500 ถึง 160,000 ดาลตัน มีโมเลกุลเป็นเกลียวม้วนอิสระ และไม่ละลายในสารละลาย สำหรับอะไมโลสที่มีมวลโมเลกุลน้อยกว่า 6,500 ดาลตัน อาจมีบางส่วนละลายได้ โมเลกุลจะอยู่ในลักษณะเกลียวคู่

2) อะไมโลเพกติน (amylopectin) [1]

อะไมโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคสส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคส ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1, 4 - glycosidic linkages และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้นจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1, 6-glycosidic linkages ดังแสดงในภาพที่ 2.12 โดยที่อะไมโลเพกตินจะมีมวลโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่า ของอะไมโลส คือ ประมาณ 10^7 ถึง 10^9 ดาลตัน และมีอัตราในการคืนตัวต่ำกว่า อันเนื่องมาจากอะไมโลเพกตินมีโครงสร้างที่เป็นแบบกิ่งดังแสดงในภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.12 ภาพแสดงพันธะในอะไมโลเพกติน [9]



ภาพที่ 2.13 โครงสร้างแบบกิ่งของอะไมโลเพกติน [11]

อะไมโลเพกตินถือว่ามีสำคัญมากกว่าอะไมโลส ทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่และการนำไปใช้ ปริมาณของอะไมโลส และอะไมโลเพกตินที่แตกต่างกัน มีผลทำให้สมบัติของแป้งแตกต่างกัน ปริมาณหรือสัดส่วนของอะไมโลส อะไมโลเพกตินและสารตัวกลางในเมล็ดแป้งจะไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับอายุของวัตถุดิบที่ต่างกัน สภาพการเพาะปลูก เช่น เวลาในการเพาะปลูก และปริมาณน้ำฝนระหว่างการเพาะปลูก

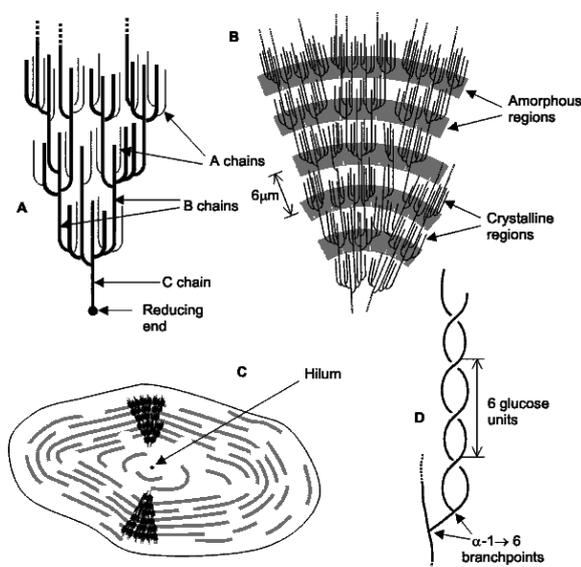
แบบจำลองของเมล็ดแป้ง (ภาพที่ 2.14 C) ซึ่งประกอบด้วยอะไมโลส และอะไมโลเพกติน ในแบบจำลองนี้แสดงถึงลักษณะเกลียวม้วนคู่ของอะไมโลเพกตินที่รวมกันเป็นผลึก รวมทั้งส่วนของอะไมโลสที่อยู่อย่างอิสระหรือรวมอยู่กับไขมันในลักษณะเป็นเกลียว (ภาพที่ 2.14 D) ซึ่งจะพบในแป้งจากธัญพืช

ลักษณะโครงสร้างแบบกิ่งของอะไมโลเพกตินประกอบด้วยสาย (chain) 3 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2.14 A

1. สาย A (A-chain) เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสายชนิดนี้
2. สาย B (B-chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นๆ 2 สายหรือมากกว่า

โครงสร้างอะไมโลเพกตินประกอบด้วยสาย A และสาย B ในอัตราส่วน 0.8-0.9 : 1

3. สาย C (C-chain) เป็นสายแกน ซึ่งประกอบด้วยหมู่รีดิวซ์ซึ่ง 1 หมู่ ในอะไมโลเพกติน แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยสาย C หนึ่งสายเท่านั้น



ภาพที่ 2.14 แบบจำลองโครงสร้างอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในแป้ง [11]

3) สารตัวกลาง (intermediate material) [1]

สารตัวกลาง เป็นองค์ประกอบที่มีมวลโมเลกุลน้อยกว่าอะไมโลเพกติน แต่ใหญ่กว่าอะไมโลส มีโครงสร้างเป็นลักษณะเชิงกึ่งเหมือนอะไมโลเพกติน แต่จะมีกึ่งที่ยาวกว่า ซึ่งปริมาณและโครงสร้างของตัวกลางจะขึ้นอยู่กับชนิด และอายุการเก็บเกี่ยวของพืชด้วย อย่างไรก็ตามมีบางรายงานกล่าวว่า สารตัวกลางที่พบในแป้งอาจเป็นผลมาจากวิธีที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบของแป้ง

2.3.2 ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง [1] แบ่งออกเป็น

- 2.3.2.1 ส่วนที่ไม่ใช่แป้ง ที่แยกได้จากแป้ง (particulate materials) ได้แก่ โปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ และผนังเซลล์ (ที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก) ซึ่งจะมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตแป้ง
- 2.3.2.2 ส่วนที่ติดกับพื้นผิวของเม็ดแป้ง (surface materials) ซึ่งสามารถสกัดออกได้โดยไม่ต้องทำลายเม็ดแป้ง เช่น เยื่อหุ้มอะไมโลพลาสต์
- 2.3.2.3 ส่วนที่ติดอยู่ภายในเม็ดแป้ง (internal components) สามารถแยกออกได้โดยการทำลายเม็ดแป้ง เช่น ไขมันในแป้งจากธัญพืช หมู่ฟอสเฟตในแป้งมันฝรั่ง และ สารประกอบไนโตรเจนในแป้ง

ส่วนประกอบที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้งที่สำคัญ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า และ ฟอสฟอรัส ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด

2.3.3 โครงสร้างและการรวมตัวเป็นเม็ดแป้ง [1]

แป้งที่พบในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของเม็ดแป้ง (granule) ขนาดเล็ก ซึ่งมีโครงสร้างเป็นแบบกึ่งผลึก (semi-crystalline) โดยโมเลกุลของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน จะจัดเรียงตัวในเม็ดแป้งเป็น โครงสร้างทั้งส่วนที่เป็นผลึก (crystalline) และส่วนอสัณฐาน (amorphous หรือ gel phase) ดังแสดง ในภาพที่ 2.14 B ส่วนสายโซ่สั้นของอะไมโลเพกตินจะจัดเรียงตัวในลักษณะเกลียวม้วนคู่ (double helices) ดังแสดงในภาพที่ 2.14 D ซึ่งบางส่วนจะเกิดเป็นโครงสร้างที่เป็นผลึก ส่วนอสัณฐานของเม็ดแป้งจะประกอบด้วยโมเลกุลของอะไมโลสและสายโซ่ยาวของอะไมโลเพกติน เม็ดแป้งจะมีลักษณะของ โครงสร้างผลึก 3 แบบขึ้นอยู่กับความหนาแน่นในการจัดเรียงตัวของเกลียวคู่ ถ้าเกิดการเรียงตัวหนาแน่นมากจะเกิดเป็นผลึกแบบหนึ่ง (แป้งจากธัญพืช) ถ้าเรียงตัวกันหลวมๆ จะเกิดผลึกที่ต่างไป (แป้งจากพืช) ถ้าเกิดการเรียงตัวทั้งสองแบบรวมกันก็จัดเป็นผลึกอีก

ชนิดหนึ่ง (แบ่งจากพืชตระกูลถั่ว) การจัดเรียงตัวกันนี้ทำให้ลักษณะเม็ดแป้งของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.3 ลักษณะของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ [1]

ชนิดแป้ง	แป้ง มันฝรั่ง	แป้ง ข้าวโพด	แป้งสาลี	แป้งมัน ลำปะหลัง	แป้งข้าวโพด ข้าวเหนียว
แหล่งของแป้ง	ส่วนหัว	เมล็ดธัญพืช	เมล็ดธัญพืช	ส่วนราก	เมล็ดธัญพืช
เส้นผ่าศูนย์กลางกลาง (μm)	5-100	2-30	1-45	4-35	2-30
เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (โดยจำนวน) (μm)	27	10	8	15	10
เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (โดยน้ำหนัก)	40	15	25	25	15
จำนวนเม็ดแป้ง ($\times 10^6$) ต่อกรัมแป้ง	60	1,300	2,600	500	1,300
โมเลกุลของแป้ง ($\times 10^{12}$) ต่อหน่วยแป้ง	50	10	5	4	0.01
Specific area (m^2/kg)	100	300	500	200	300

ตารางที่ 2.4 ขนาดและรูปร่างเม็ดแป้งชนิดต่างๆ [1]

แหล่งแป้ง	ขนาด (μm)	รูปร่าง
ข้าวสาลี	2-35	กลมก่อนข้างรี
ข้าวโพด	5-25	กลมแบนมีหลายเหลี่ยมรูปร่างคล้ายแท่ง
ข้าวเจ้า	3-5	แบนมีหลายเหลี่ยม
ข้าวบาเลย์	2-35	กลมคล้ายไข่
ข้าวฟ่าง	15-35	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม
ข้าวโอ๊ต	5-8	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม
ข้าวไรน์	10-50	กลม ก่อนข้างรี
ลูกเดือย	8-20	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม
Triticale	2-35	กลม ก่อนข้างรี
มันฝรั่ง	15-121	กลม รูปไข่มีวงคล้ายเปลือกหอย
มันสำปะหลัง	5-35	กลม คล้ายไข่มีรอยตัด
ท้าวขาม่อม	13-70	รูปไข่
สา쿠	15-65	รูปไข่ที่มีรอยตัด

2.4 คุณสมบัติของแป้ง [1]

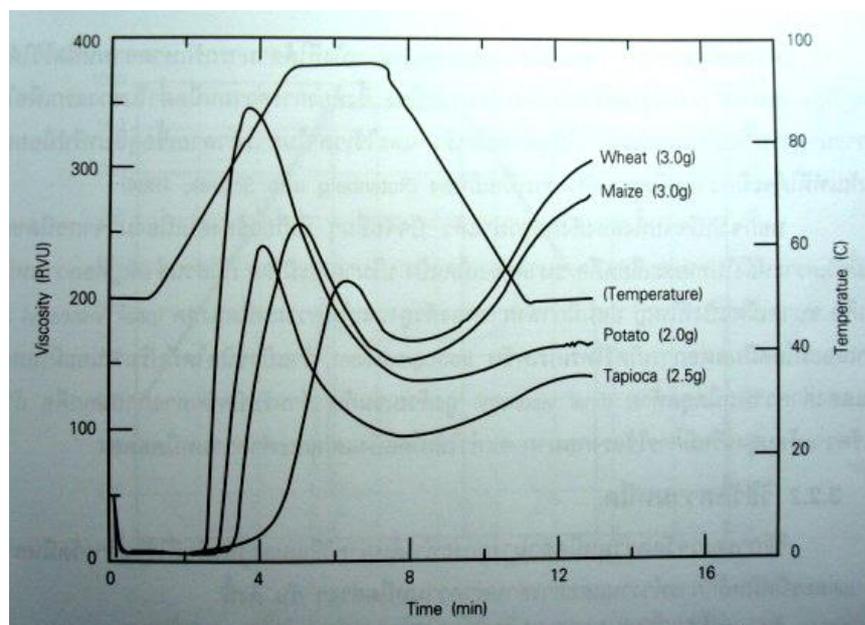
2.4.1 การพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้ง

ปริมาณน้ำที่แป้งสามารถดูดซับจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยน้ำหรือของเหลวชนิดอื่นสามารถแพร่และผ่านเข้าไปในร่างแหของไมเซลล์ (micelles) ในเม็ดแป้งได้อย่างอิสระ แป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ แต่จะสามารถดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30 % และการพองตัวจะน้อยมากจนไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการเรียงตัวกัน (intermixed) ระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินภายในเม็ดแป้ง คือส่วน crystalline มีโมเลกุลอยู่กันหนาแน่นแข็งแรงเป็นไมเซลล์ ดังนั้นจะป้องกันการกระจายตัวและการไม่ละลายในน้ำเย็น

แป้งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม โดยใช้รูปแบบในการพองตัวและการละลายเป็นเกณฑ์ ได้แก่ 1) แป้งจากธัญชาติ 2) แป้งจากหัว และ 3) แป้งจากราก หรือ Pith แป้งจากธัญชาติมีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ชั้น แสดงให้เห็นถึงพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณ crystalline และ gel phase ของเม็ดแป้ง แป้งจากธัญชาติจะมีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีการพองตัวและการละลายต่ำ เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งอะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ ส่วนในแป้งจากพืชหัวจะมีการพองตัวสูง เนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งก็เป็นผลทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น ส่วนแป้งจากรากมีการพองตัวเพียงชั้นเดียว แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีพันธะน้อยกว่า และเกิดเจลลาตินไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช

2.4.2 ความหนืดของแป้ง [1]

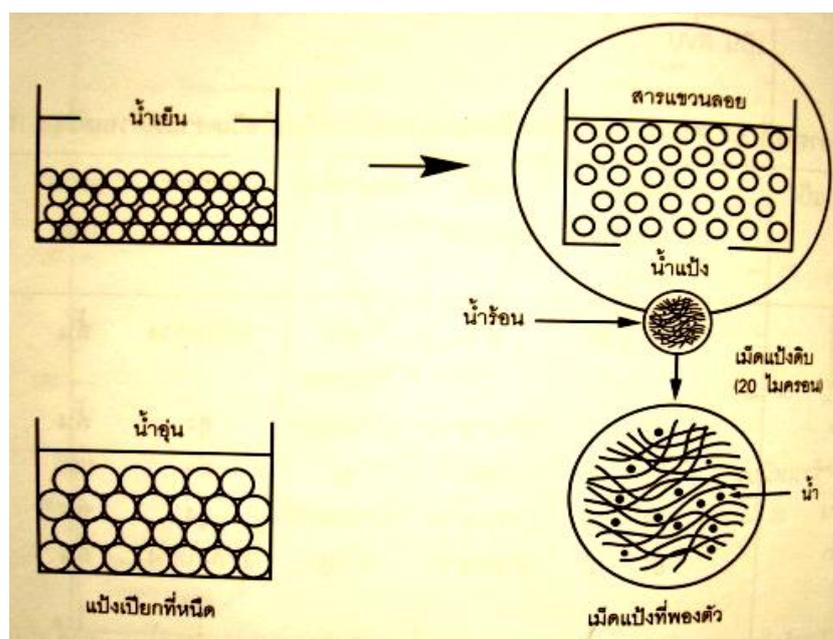
ความหนืดเป็นสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อความหนืดของแป้ง ได้แก่ ชนิดของแป้งและการตัดแปรแป้งด้วยวิธีต่างๆ (ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะชนิดของแป้งเท่านั้น) แป้งแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกันไปดังแสดงใน ภาพที่ 2.15 ความหนืดที่เกิดขึ้นของน้ำแป้งเมื่อให้ความร้อนและมีการกวนหรือคนอย่างสม่ำเสมอ จากอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ไปถึง 95 องศาเซลเซียส และคงที่ที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 นาที จึงลดอุณหภูมิลงเป็น 50 องศาเซลเซียส อีกครั้ง จะเห็นว่าแป้งแต่ละชนิดจะให้ลักษณะ ของความหนืดแตกต่างกัน



ภาพที่ 2.15 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวสาลี (wheat starch) แป้งข้าวโพด (maize starch) แป้งมันฝรั่ง (potato starch) และแป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch) [1]

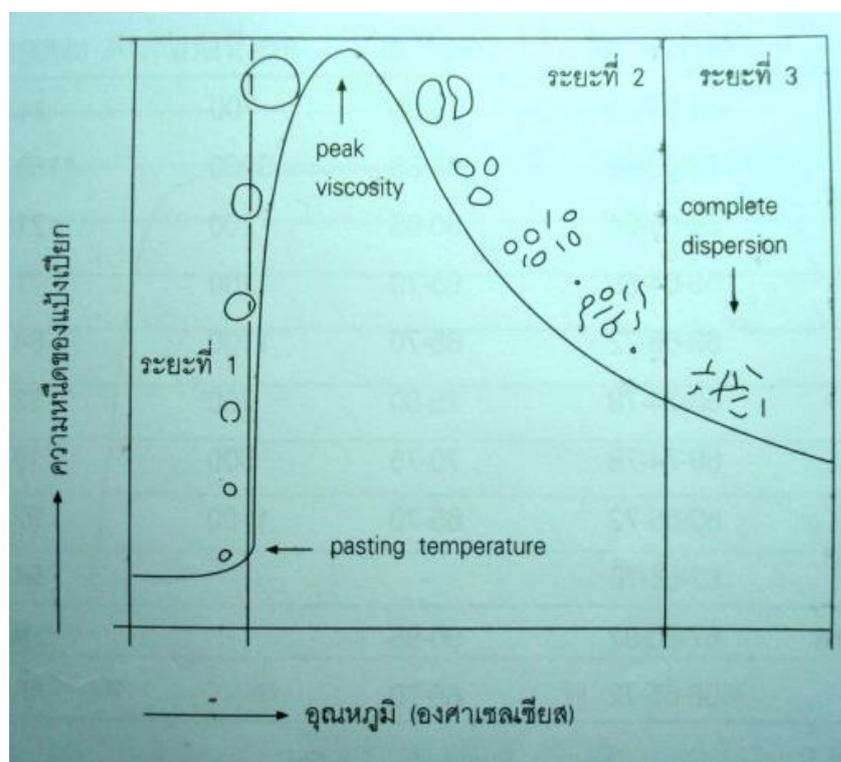
2.4.3 การเกิดเจลาตินไนซ์ (gelatinization) [1]

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) จำนวนมาก ขีดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห micelles ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายตัวในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำได้และพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายลงเล็กน้อย เม็ดแป้งจะดูดน้ำและพองตัว ดังแสดงในภาพที่ 2.16 สารละลายน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้น และใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาตินไนซ์ (gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืด เรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาตินไนซ์ เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความหนืด มักจะเรียกจุดนี้ว่า อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting time) ซึ่งจะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด



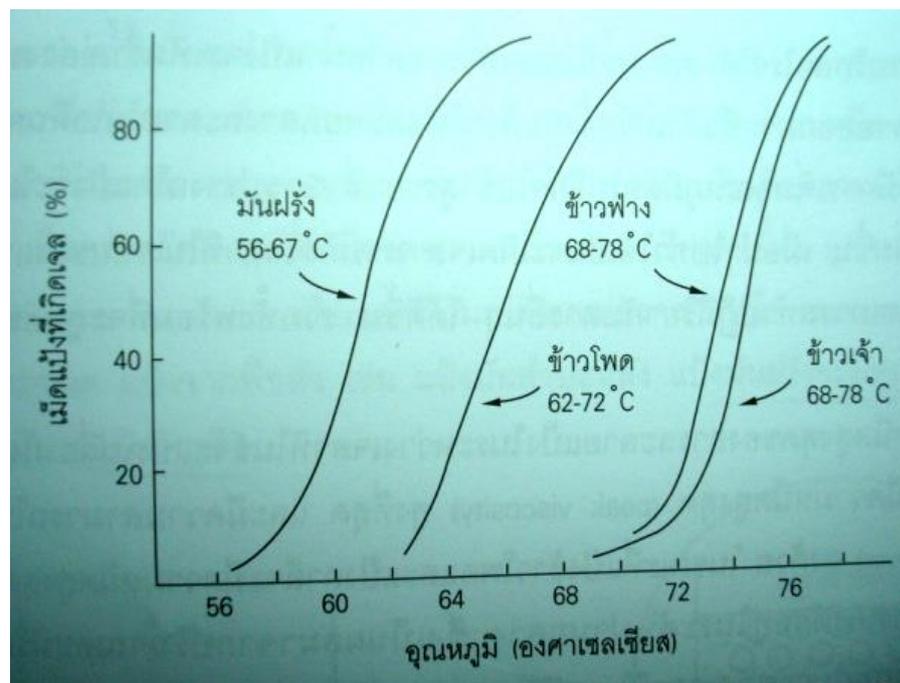
ภาพที่ 2.16 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างหุงต้ม [1]

การเกิดเจลาตินไนซ์ของเม็ดแป้งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังแสดงในภาพที่ 2.17 ในระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่าง micelles ยึดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างเมื่อเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่าง micelles จะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามาก และเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่าการเกิดเจลาตินไนเซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้าง ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปจนเข้าสู่ระยะที่ 3 รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล



ภาพที่ 2.17 ระยะเวลาในการเกิดเจลาตินไนเซชันของเม็ดแป้ง [1]

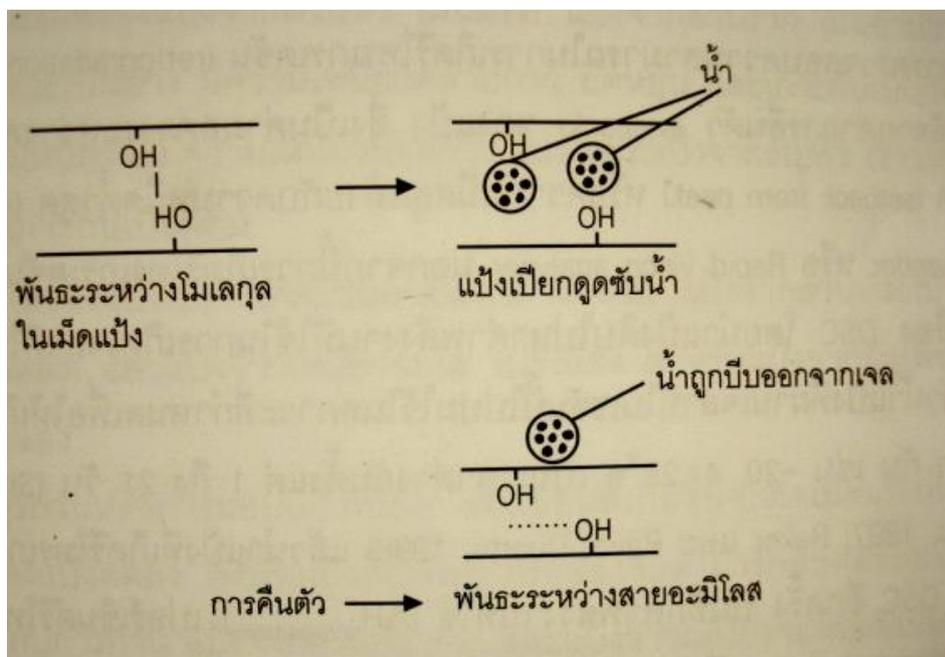
ความหนืดสูงสุดของสารละลายแป้ง ระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลลิตินเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง เช่น ปริมาณไขมัน สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน การจัดเรียงตัวและขนาดของเม็ดแป้ง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินภายในเม็ดแป้งมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอทำให้เม็ดแป้งมีขนาดต่างกัน แป้งชนิดต่างๆ มีลักษณะการเกิดเจลที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในภาพที่ 2.18 การเกิดเจลลิตินเซชันไม่ได้เกิดเฉพาะอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง แต่เกิดเป็นช่วงอุณหภูมิประมาณ 8 องศาเซลเซียส ถึง 12 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.18 เปร็เซนต์การเกิดเจลลิตินเซชันของเม็ดแป้งแต่ละชนิด [1]

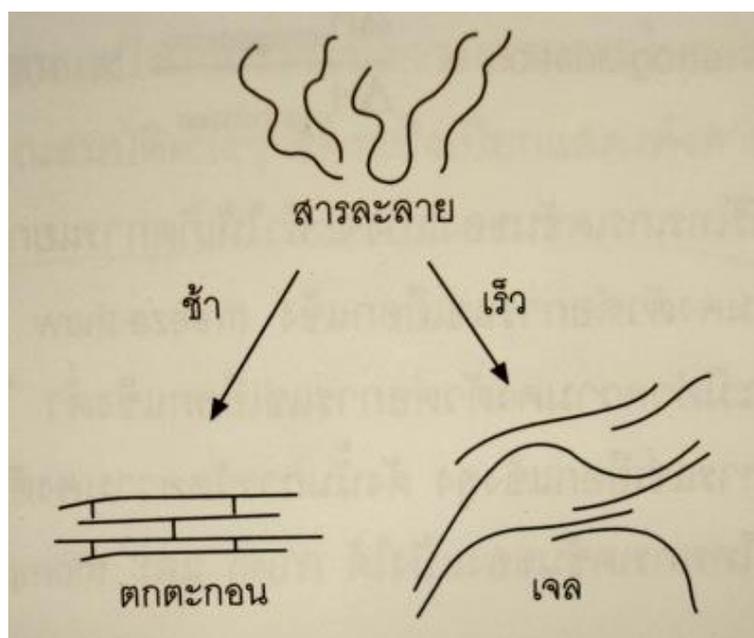
2.4.4 การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) [1]

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนซ์ แล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลง โมเลกุลของอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติเป็นโครงสร้างใหม่ ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการคูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียว คล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) หรือการคืนตัว (setback) เมื่อลดอุณหภูมิลงให้ต่ำลงไปอีก ลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล ซึ่งเรียกว่า syneresis โดยปรากฏการณ์ทั้ง 2 อย่างนี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) [1]

การคืนตัวของแป้งเปียกและสารละลายแป้ง ทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้นมีลักษณะ ชุ่มและทึบแสง เกิดขึ้นส่วนที่ไม่ละลายในแป้งเปียกที่ร้อน เกิดการตกตะกอนของอนุภาคที่ไม่ละลายทำให้เกิดเจล และโมเลกุลน้ำถูกบีบออกมาออกเจล ในการคืนตัวของแป้งเมื่อเกิดขึ้นอย่าง ช้าๆ จะเกิดการตกตะกอนแต่เมื่อเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดเจลชุ่ม ซึ่งแสดงกลไกการคืนตัว ของแป้ง ดังแสดงในภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 กลไกการคืนตัวของแป้ง [1]

การคืนตัวของแป้ง ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิด และ ความเข้มข้น ของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน กระบวนการให้ความเย็น อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรดต่างของ สารละลาย ปริมาณและขนาดของอะไมโลส อะไมโลเพกติน และองค์ประกอบอื่นๆ ทางเคมีของ แป้ง ในสถานะที่อุณหภูมิต่ำและความเข้มข้นของแป้งสูง แป้งสามารถคืนตัวได้ดี ในช่วง pH 5-7 แป้งสามารถคืนตัวได้เร็วที่สุด ช่วง pH ที่สูงหรือต่ำกว่า pH 5-7 แป้งจะคืนตัวได้ช้าลง ในการชะลอ การคืนตัวของแป้งจะใช้เกลือที่มีประจุไฟฟ้าลบและบวก (monovalent anion และ cation), แคลเซียมไนเตรต (calcium nitrate) และยูเรีย (urea) ปริมาณและขนาดของอะไมโลสมีความสำคัญ ต่อการคืนตัวของแป้ง แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะเกิดการคืนตัวได้มาก และเร็วกว่าแป้งที่มี ปริมาณอะไมโลเพกตินสูง