บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

ข้าว เป็นเมล็ดของพืชในสกุลข้าวที่พบมากในเอเชียมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย จากข้อมูลเมื่อปี 2553 ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสองทั่วโลก รองจากข้าวโพด ข้าวเป็นธัญพืชสำคัญที่สุดในด้านโภชนาการและการได้รับพลังงานของมนุษย์ เพราะข้าวโพดส่วนใหญ่ปลูกเพื่อจุดประสงค์อื่น มิใช่ให้มนุษย์บริโภค ทั้งนี้ข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั่วโลกบริโภค จากหลักฐานพันธุศาสตร์แสดงว่าข้าวมาจากการนำมาปลูกเมื่อราว 8,200–13,500 ปีก่อน ในภูมิภาคแม่น้ำจูเจียงของจีน หลักฐานทางโบราณคดีกล่าวว่า ข้าวมีการนำมาปลูกในเขตหุบเขาของแม่น้ำแยงซีในจีนแพร่กระจายจากเอเชียตะวันออกไปยังเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ ข้าวถูกนำมายังทวีปยุโรปผ่านเอเชียตะวันตก และทวีปอเมริกาผ่านการยึดอาณานิคมของยุโรป

ปกติการปลูกข้าวเป็นแบบปีต่อปี แต่ในเขตร้อนข้าวสามารถมีชีวิตอยู่ได้หลายปีและสามารถไว้ตอข้าว (ratoon) ได้นานถึง 30 ปี ต้นข้าวสามารถโตได้ถึง 1–1.8 เมตร ขึ้นอยู่กับพันธุ์และความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นหลัก มีใบเรียวยาว 50–100 เซนติเมตร กว้าง 2–2.5 เซนติเมตร ช่อดอกห้อยยาว 30-50 เซนติเมตร เมล็ดกินได้เป็นผลธัญพืชยาว 5–12 มิลลิเมตร และหนา 2–3 มิลลิเมตร การเพาะปลูกข้าวเหมาะกับประเทศและภูมิภาคที่ค่าแรงต่ำและฝนตกมาก เนื่องจากต้องใช้แรงงานมากที่จะเตรียมดินและต้องการน้ำเพียงพอ ข้าวสามารถโตได้เกือบทุกที่แม้บนเนินชันหรือเขตภูเขาที่ใช้ระบบควบคุมน้ำแบบขั้นบันได (วิกิพีเดีย, 2558)

2.1.1 ประเภทของข้าว

การแบ่งประเภทของข้าวทำได้หลายแบบขึ้นอยู่กับสิ่งที่ใช้เป็นมาตรฐานในการแบ่ง เช่น

1) แบ่งตามประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ดข้าวสาร ก็จะได้เป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ซึ่งมีต้นและลักษณะอย่างอื่นเหมือนกันทุกอย่างแต่ต่างกันที่ประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ด เมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยอะไมโลส (amylose) ประมาณร้อยละ 15-30 ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วย อะไมโลส (amylose) เป็นส่วนเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 5-7 เท่านั้น

2) แบ่งตามสภาพพื้นที่ปลูก ก็จะได้เป็นข้าวไร่ ข้าวนาสวน และข้าวขึ้นน้ำ ข้าวไร่เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชัน ไม่ต้องทำคันนาเก็บกักน้ำ นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูงตามไหล่เขาทางภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ ข้าวนาสวนหรือนาดำเป็นข้าวที่ปลูกในที่ลุ่มทั่วๆ ไปในสภาพที่มีน้ำหล่อเลี้ยงต้นข้าวตั้งแต่ปลูก สามารถรักษาระดับน้ำได้และระดับน้ำต้องไม่สูงเกิน 1 เมตรก่อนเก็บเกี่ยว มีเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 80 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมืองเป็นข้าวที่ปลูกในแหล่งที่ไม่สามารถรักษาระดับน้ำได้ บางครั้งระดับน้ำในบริเวณที่ปลูกอาจสูงกว่า 1 เมตร ต้องใช้ข้าวพันธุ์พิเศษที่เรียกว่า ข้าวลอยหรือข้าว

ฟ่างลอย ส่วนมากปลูกแถบจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี ลพบุรี พิจิตร อ่างทอง ชัยนาท และสิงห์บุรี คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

3) แบ่งตามอายุการเก็บเกี่ยว ก็จะได้ข้าวเบา ข้าวกลาง และข้าวหนัก ข้าวเบามีอายุการเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ข้าวกลาง 100-120 วัน และข้าวหนัก ตั้งแต่ 120 วันขึ้นไป อายุการเก็บเกี่ยวนับแต่เพาะกล้าหรือหว่านข้าวในนาจนเก็บเกี่ยว

4) แบ่งตามลักษณะความไวต่อแสง ก็จะได้ข้าวที่ไวและไม่ไวต่อแสง ข้าวที่ไวต่อแสงจะมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ไม่แน่นอน เพราะจะออกดอกในช่วงเดือนที่มีความยาวของกลางวันสั้นกว่ากลางคืน ในประเทศไทยช่วงดังกล่าวเริ่มเดือนตุลาคม ฉะนั้น ข้าวพวกนี้ต้องปลูกในฤดูนาปี (ฤดูฝน) เท่านั้น ส่วนข้าวที่ไม่ไวต่อแสงจะสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล

5) แบ่งตามรูปร่างของเมล็ดข้าวสาร ก็จะได้ข้าวเมล็ดสั้น ความยาวของเมล็ดไม่เกิน 5.50 มิลลิเมตร ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 5.51-6.60 มิลลิเมตร ข้าวเมล็ดยาว ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 6.61-7.50 มิลลิเมตร ข้าวเมล็ดยาวมาก ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 7.51 มิลลิเมตรขึ้นไป

6) แบ่งตามฤดูปลูก ก็จะได้ข้าวนาปีและข้าวนาปรัง (ข้าวนาน้ำฝน) ข้าวนาปี หรือข้าวนาน้ำฝน คือข้าวที่ปลูกในฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมและจะเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้นล่าสุดไม่เกินเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนข้าวนาปรังคือข้าวที่ปลูกนอกฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมในบางท้องที่ และจะเก็บเกี่ยวอย่างช้าที่สุดไม่เกินเดือนเมษายน นิยมปลูกในท้องที่ที่มีการชลประทานดี (ประเภทของข้าว, 2543)

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าว

ข้าว ประกอบด้วยสารอาหารต่างๆ มากมายที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

1) คาร์โบไฮเดรต ข้าวทุกชนิดมีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบร้อยละ 70-80 ซึ่งเป็นแป้งเกือบทั้งหมด มีน้ำตาลซูโครส (sucrose) และน้ำตาลเดกซ์ทริน (dextrin) เล็กน้อย

2) โปรตีน มีโปรตีนไม่มากอยู่ระหว่างร้อยละ 7-8 ในข้าวเจ้า และร้อยละ 11-12 ในข้าวสาลี

3) ไขมัน ในข้าวกล้องมีปริมาณไขมันสูงกว่าข้าวชนิดอื่นๆ เพราะข้าวกล้องยังมีส่วนของรำข้าวอยู่ แต่เมื่อเทียบกับอาหารชนิดอื่นๆ แล้ว ข้าวไม่ใช่แหล่งที่อุดมด้วยสารอาหารจำพวกไขมัน

4) ใยอาหาร ข้าวกล้องและให้ใยอาหารสูงกว่าข้าวขาว โดยทั่วไปข้าวกล้องจะมีสีน้ำตาลอ่อน คนไทยสมัยก่อนใช้วิธีซ้อมหรือตำด้วยมือ จึงเรียกว่า “ข้าวซ้อมมือ” เป็นข้าวกล้องอย่างหนึ่ง มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง มีใยอาหาร ไขมันและวิตามินบี 1 มากกว่าข้าวชนิดอื่น

5) วิตามินและแร่ธาตุ ในข้าวกล้องจะมีวิตามินและแร่ธาตุสูงกว่าข้าวขาว ที่เห็นได้ชัดคือ ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุแมกนีเซียม ไนอาซิน และวิตามินบี 1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องดิบชนิดต่างๆ

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหารต่อข้าวดิบ 100 กรัม			
	ข้าวขาว	ข้าวกล้อง	ข้าวเหนียว	ข้าวมันปู
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	351	347	353	374
โปรตีน (กรัม)	6.7	7.1	71	5.8
ไขมัน (กรัม)	0.8	2.0	0.6	2.9
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	79.4	75.1	80.4	72.5
ใยอาหาร (กรัม)	0.7	2.1	0.8	4.0
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.07	0.26	0.09	0.44
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.02	0.04	0.03	0.18
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	1.79	5.40	1.82	2.14
โซเดียม (มิลลิกรัม)	79	84	-	-
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	121	144	-	-
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	6	9	7	16
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	195	267	61	120
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	27	60	-	-
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.2	1.3	-	-
สังกะสี (มิลลิกรัม)	0.48	0.49	-	-
ทองแดง (มิลลิกรัม)	0.14	0.11	-	-

ที่มา: สุนทร (2553)

2.1.3 ข้าวที่มีรงควัตถุ

2.1.3.1 รงควัตถุที่สังเคราะห์จากธรรมชาติ (Saisanom, 2551)

รงควัตถุที่สังเคราะห์ขึ้นในสิ่งมีชีวิตทั้งจากพืช สัตว์ สาหร่ายและจุลินทรีย์ที่ตามนุษย์มองเห็นได้มีหลายสีได้แก่ สีแดง เหลือง สีเขียว น้ำเงินและสีม่วงเป็นต้น สีดังกล่าวเป็นสารประกอบทางเคมีที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่และค่อนข้างซับซ้อนแบ่งตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีได้ 3 กลุ่ม คือ

1) คลอโรฟีลล์ (Chlorophyll) กลุ่มนี้จะมองเห็นเป็นสีเขียวที่ปรากฏอยู่ในใบพืชและใบข้าว

2) แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) กลุ่มนี้จะมองเห็นเป็นสีแสด ส้มแดง เช่นสีพริก สีแครอท

3) แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) กลุ่มนี้จะมองเห็นเป็นสี น้ำเงิน แดงเข้ม ม่วงแดง ม่วงน้ำเงินจนถึงสีดำ เช่น สีดอกกระเจี๊ยบ ดอกอัญชัญ และรงควัตถุในเมล็ดข้าวส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มนี้ และอาจจัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟลาโวนอยด์ และสารประกอบฟีนอล

สารประกอบที่มีโครงสร้างดังกล่าว เป็นสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) ที่มีผลต่อสุขภาพด้านการต้านโรคภัยต่างๆที่เกิดจากการเสื่อมของร่างกายจากการชราภาพ

2.1.3.2 พันธุ์ข้าว และประโยชน์ของข้าวที่มีรงควัตถุ

1) ข้าวเหนียวดำหรือข้าวก่ำ มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็งปอดสารสกัดของข้าวเหนียวดำช่วยสร้างเม็ดเลือดแดงในลำไส้เล็ก เพื่อช่วยในการดูดซึมอาหารได้ดียิ่งขึ้น

2) ข้าวเหนียวกัญญา ปรากฏชื่อในตำรายาไทย กล่าวว่าข้าวเหนียวกัญญามีใบสีดำ เมล็ดสั้นมีสีดำ รสออกมันขม ใช้เป็นยาบำรุงโลหิต

3) ข้าวหอมนิล ข้าวพันธุ์ตั้งต้นของสายพันธุ์สินเหล็ก และไรซ์เบอรี่ มีคุณค่าโภชนาการสูง รวมสารวิตามินบีครบ วิตามินอี โปรตีน เหล็กและสารอาหารอื่น ๆ สูง เป็นข้าวที่มีสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันโรคเรื้อรังต่าง ๆ ได้

4) ข้าวแดง มีหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวมันปู ข้าวประดู่แดง ข้าวสังข์หยด ข้าวจิ๊บ ข้าวดอกมะขาม ข้าวหอมมะลิแดง เป็นสายพันธุ์ที่มีสาร GABA สูง มีประโยชน์ต่อระบบประสาท และสมอง

5) ข้าวสินเหล็ก เป็นข้าวที่พัฒนาพันธุ์ขึ้นมาจากข้าวหอมนิล กับข้าวดอกมะลิ 105 โดด เด่นในเรื่องของธาตุเหล็ก มีธาตุเหล็กสูง และมีสารขัดขวางการดูดซึมธาตุเหล็กน้อย จึงทำให้ร่างกายสามารถสามารถดูดซึมไปใช้ได้ดีกว่าข้าวอื่น ๆ และยังมีน้ำตาลต่ำ

6) ข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นข้าวพัฒนามาจากสายพันธุ์ข้าวหอมนิล105 ซึ่งยังอยู่ในระหว่างการพัฒนาเพิ่มเติม แต่คาดว่าจะมีสารอาหารโภชนาการที่ช่วยในการป้องกันรักษาโรคมากกว่าเดิม

2.1.4 ข้าวไรซ์เบอรี่

ข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นข้าวที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมเลียนแบบธรรมชาติ ระหว่างข้าวสองพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังจากนั้นจึงคัดเลือกโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพจนได้พันธุ์ข้าวที่มีความบริสุทธิ์ ข้าวไรซ์เบอรี่เป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม เมล็ดเรียวยาว ผิวมันวาว และถ้าหากเป็นข้าวกล้องก็จะมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ แถมยังมีรสชาติอมหวานกลมกล่อมชวนรับประทาน นอกจากนี้รำข้าวและน้ำมันรำข้าวจากข้าวไรซ์เบอรียังมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดี มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จึงมีสรรพคุณในการช่วยบำรุงร่างกาย และทำให้เกิดการสร้างคอลลาเจน ลดการอักเสบที่ผิวหนัง ช่วยลดริ้วรอยและชะลอความแก่ ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคร้ายแรงต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคความดันโลหิตสูง และโรคสมองเสื่อมได้

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของข้าวไรซ์เบอรี

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหารของข้าวไรซ์เบอรี่	
ค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง	62	
ปริมาณอะไมโลส	15.6	
อุณหภูมิแป้งสุก	< 70	องศาเซลเซียส
ธาตุเหล็ก	13-18	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ธาตุสังกะสี	31.9	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
โอเมก้า 3	25.51	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
วิตามิน อี	678	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
โฟเลต	48.1	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
เบต้า-แคโรทีน	63	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม
โพลีฟีนอล	113.5	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
แทนนิน	89.33	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
แกมมาโอไรซานอล	462	ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม

ที่มา: อาหารเพื่อสุขภาพ (2557)

2.1.4.1 ประโยชน์ของข้าวไรซ์เบอรี่

ข้าวไรซ์เบอรี่นี้เหมาะกับทุกคนเพราะถือได้ว่าเป็นข้าวที่มีสารอาหารสูงและประโยชน์สูง ซึ่งข้าวไรซ์เบอรี่ยังเหมาะกับกลุ่มคนอีกหลายกลุ่มเช่น

1) ผู้สูงวัย ที่ควรรับประทานที่ดีและมีประโยชน์ ข้าวไรซ์เบอรี่มีสารอาหารมากมายที่ช่วยบำรุงร่ายกาย เสริมสร้างประสิทธิภาพในการไหลเวียนของโลหิต ชะลอความแก่ บำรุงสายตา และระบบประสาท

2) ผู้ป่วยโรคเบาหวาน และ โรคอ้วนที่สามารถเปลี่ยนมารับประทานข้าวไรซ์เบอรี่ที่ช่วยควบคุมน้ำตาล และน้ำหนักได้ เนื่องจากข้าวไรซ์เบอรี่มีดัชนีน้ำต่ำกว่าข้าวทั่วไป

3) สตรีมีครรภ์ เมื่อบริโภคข้าวไรซ์เบอรี่แล้วจะช่วยให้บุตรในครรภ์มีสุขภาพแข็งแรง และสามารถป้องกันป้องกันโรคปากแหว่งเพดานโหว่ เพราะข้าวไรซ์เบอรี่นี้สารโฟเลต อีกทั้งยังมีมีน้ำตาลต่ำ จะช่วยให้มารดาควบคุมน้ำหนักเพื่อไม่เกิดครรภ์เป็นพิษ และมีธาตุเหล็กสูงซึ่งหญิงมีครรภ์ต้องการมากกว่าคนปกติ

4) ผู้ที่เป็นโรคโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก หากรับประทานข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นประจำแล้วก็จะได้สารอาหาร โดยเฉพาะธาตุเหล็กธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยในการบำรุงโลหิต และบำรุงร่างกายให้แข็งแรง

2.1.5 ข้าวหอมนิล

ข้าวสีนิล หรือ ข้าวหอมนิล หรือ ข้าวก่ำ คือข้าวที่มีสีดำโดยกำเนิด ไม่ได้มีการย้อมสีใดๆ ทั้งสิ้น มีรสชาตอร่อย มีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ของตัวเอง โดดเด่น แตกต่างจากข้าวสีอื่น มีคุณประโยชน์บางอย่างมากกว่าข้าวสีอื่น ในตลาดจะมีข้าวสีนิลทั้งแบบที่สีหลายขั้นตอนซึ่งเป็นขั้นตอน

เหมือนกับการสีข้าวสารจนเป็นสีขาว แต่ข้าวสีนิลนี้สีอย่างไรก็ไม่ขาว มีลักษณะ เมล็ดใส เรียวยาว มีสีม่วงเข้ม หรือสีดำธรรมชาติ รสชาติหวาน เนื้อเหนียวนุ่ม เมื่อหุงสุกจะเป็นสีม่วงอ่อน โดยข้าวหอมนิลนั้นมีเอกลักษณ์ที่โดดเด่นคือ เป็นข้าวที่มีกลิ่นหอมเป็นอย่างมากข้าวหอมนิลเป็นพันธุ์ข้าวที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารครบถ้วน มากกว่าข้าวสีอื่นๆ โดยเมื่อเทียบกับข้าวทั่วไปแล้วข้าวหอมนิลมีคุณค่าทางอาหารสูงมากกว่าถึง 7 เท่าเลยทีเดียว โดยประโยชน์ที่เด่นชัดคือ มีสาร Proanthocyanidin ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพดีกว่าวิตามินซี และอีกทั้งยังช่วยควบคุมน้ำหนัก เนื่องจากสามารถให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลถึง 35 เท่า

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางอาหารของข้าวกล้องหอมนิล

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหารในข้าวหอมนิล	
โปรตีน	12.56	
คาร์โบไฮเดรต	70.0	
ธาตุเหล็ก	3.26	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
สังกะสี	2.9	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
แคลเซียม	4.2	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
โพแทสเซียม	339.4	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
ทองแดง	0.1	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

ที่มา: Yothin Inbanleng (2555)

2.1.5.1 ประโยชน์ของข้าวหอมนิล

1) วิตามิน B1 ป้องกันเหน็บชา และช่วยการทำงานของระบบประสาท

2) วิตามิน B2 ป้องกันโรคปากนกกระจอก และช่วยเผาผลาญอาหาร

3) วิตามินบีรวม ช่วยป้องกันและบรรเทาอาการอ่อนเพลีย แขนขาไม่มีแรง ปวดกล้ามเนื้อโรคผิวหนังบางชนิดบำรุงสมอง ทำให้เจริญอาหาร

4) ไนอาซีน ช่วยการทำงานของระบบประสาท และระบบผิวหนัง

5) แร่ธาตุเหล็ก แม็กนีเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม ช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟัน ป้องกันโรคโลหิตจาง ป้องกันไม่ให้เป็นตะคริว

6) เส้นใย ช่วยให้ขับถ่ายสะดวก ป้องกันมะเร็งลำไส้ ซับไขมัน ช่วยลดระดับคลอเรสเตอรอลป้องกันโรคไขมัน สะสมในเส้นเลือด

7) คาร์โบไฮเดรต ให้พลังงานต่อร่างกาย

8) โปรตีน เสริมสร้าง ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ

นอกจากนี้ ข้าวพันธุ์นี้ยังมีสารแอนโทไซยานิน ที่ช่วยทำให้เส้นผมดกดำ นุ่มสลวยไม่แตกปลาย ช่วยบำรุงรากผมให้แข็งแรง กระตุ้นให้ผมมีสีเข้มขึ้น ชะลอการเกิดผมหงอกก่อนวัย และธาตุเหล็กที่มีอยู่ในข้าวหอมนิลนี้ ทานเข้าไปในร่างกายสามารถดูดซึมได้เลย ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการบำรุงโลหิตได้ทันที

2.1.6 ข้าวสังข์หยด

ข้าวสังข์หยด เป็นข้าวพันธุ์ท้องถิ่นเมืองพัทลุงที่ชาวบ้านปลูกกินกันมานานนับร้อยปี และจะปลูกได้ผลดีในเขตจังหวัดพัทลุงเท่านั้น คุณลักษณะของข้าวสารสังข์หยด เมล็ดเล็ก เรียว ท้ายงอน เยื่อหุ้มเมล็ดจะมีสีแดงถึงแดงเข้ม เมื่อหุงสุกแล้วเมล็ดข้าวจะนุ่ม และจับตัวกันคล้ายข้าวเหนียว ข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ คือ มีกากใยอาหารสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ จึงมีประโยชน์ในการชะลอความแก่ นอกจากนี้มีโปรตีน ธาตุเหล็ก และฟอสฟอรัสสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ ซึ่งมีประโยชน์ในการบำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรงและป้องกันโรคความจำเสื่อม และยังมีสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ พวก oryzanol และมี Gamma Amino Butyric Acid (GABA) ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเป็นมะเร็ง จึงนับได้ว่า ข้าวพันธุ์สังข์หยด เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีคุณค่าทางอาหารสูง

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางอาหารของข้าวสังข์หยด

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหารของข้าวสังข์หยด ต่อน้ำหนัก 100 กรัม	
พลังงาน	364.2	กิโลแคลอรี
โปรตีน	73	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	73.1	กรัม
เส้นใย	4.81	กรัม
แคลเซียม	13	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	31	มิลลิกรัม
ธาตุเหล็ก	1.4	มิลลิกรัม
วิตามินบี	10.32	มิลลิกรัม
วิตามินบี	20.01	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	6.4	มิลลิกรัม

ที่มา: คุณค่าทางอาหารและประวัติของข้าวสังข์หยด (2555)

2.1.6.1 ประโยชน์ของข้าวสังข์หยด

ข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย มีกากใย โปรตีน ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็กสูง มีแกมมาออไรซานอล กาบา แอนตี้ออกซิแดนท์ป้องกันมะเร็ง ช่วยชะลอความแก่ ป้องกันความจำเสื่อม บำรุงโลหิต โรคหัวใจ เพราะมีกากใยสูงจึงดีต่อระบบขับถ่าย และลำไส้

2.1.7 กระบวนการผลิตแป้งข้าว

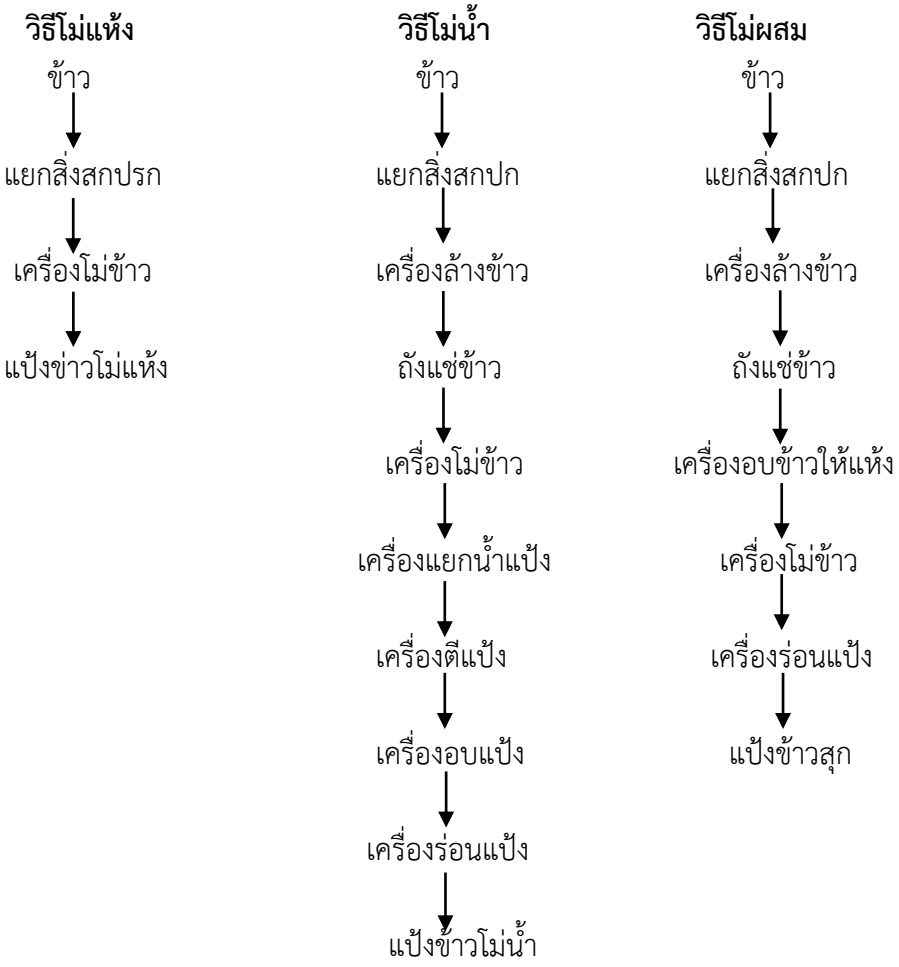
2.1.7.1 กระบวนการผลิตแป้งข้าว

กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว มี 3 วิธี คือ วิธีโม่แห้ง วิธีโม่น้ำ และวิธีผสม

1) การผลิตแป้งข้าวด้วยการโม่แห้ง ได้จากการนำข้าวมาทำความสะอาดเพื่อแยกสิ่งสกปรกออกแล้วจึงนำไปบดให้เป็นแป้ง จะได้แป้งจะมีคุณภาพต่ำ เพราะเม็ดแป้งค่อนข้างหยาบและมีสิ่งเจือปนสูง อายุการเก็บรักษาสั้น เพราะเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ได้ง่ายเพราะมีปริมาณไขมันสูง และถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย

2) การผลิตแป้งข้าวด้วยวิธีการโม่น้ำ เป็นวิธีการผลิตแป้งข้าวในปัจจุบัน แป้งมีคุณภาพดี มีความละเอียดและสิ่งเจือปนน้อย เทคโนโลยีการผลิตแป้งโดยวิธีการโม่น้ำได้รับการพัฒนามาช้านาน การผลิตแป้งในปัจจุบันยังคงมุ่งเน้นแป้งข้าวเจ้าชนิดอะไมโลส (amylose) สูง

3) การผลิตแป้งข้าววิธีผสม เป็นการโม่แป้งจากข้าวที่แช่น้ำและอบแห้งด้วยความร้อนก่อนโม่เป็นแป้ง แป้งชนิดนี้เป็นแป้งคุณภาพสูงและนำไปใช้ทำขนมเฉพาะอย่าง เช่น ขนมโก๋ จากแป้งข้าวเหนียว



ภาพที่ 2.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าว
ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา (2555)

2.1.8 องค์ประกอบภายในแป้ง

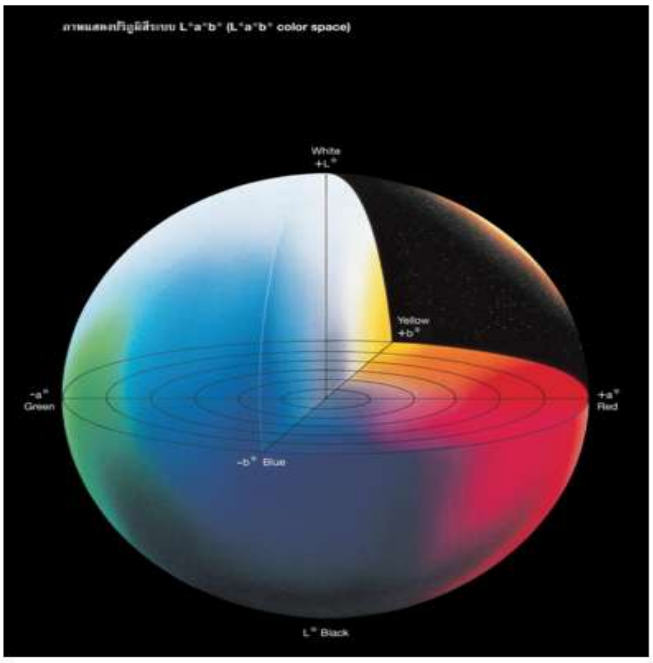
องค์ประกอบทางเคมีของเม็ดแป้งโดยทั่วๆ ไปเม็ดแป้ง (starch granule) ประกอบด้วยโมเลกุลของแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมี โปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส สารอินทรีย์อื่นๆ และน้ำในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพืช แป้งเป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่มีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)n$ แป้งมีหน่วยพื้นฐานเป็น anhydroglucose unit เชื่อมต่อกัน

ด้วยพันธะ α-glycosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของหน่วยกลูโคสที่อยู่ถัดไป ด้านปลายของโมเลกุลแป้งจะมี anomericcarbon (C_1) ซึ่งว่างอยู่ไม่ได้จับกับโมเลกุลอื่นๆ ดังนั้นแต่ละโมเลกุลของแป้งจะมีด้านปลาย ที่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ (reducing end) นั่นคือแป้งหนึ่งโมเลกุลจะมีตำแหน่ง reducing end 1 ตำแหน่ง โมเลกุลแป้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ตามขนาดโมเลกุลและลักษณะการจัดเรียงตัว คือ อะไมโลส ซึ่งมีขนาดเล็กและมีกิ่งก้านสาขาเพียงเล็กน้อย และอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดใหญ่และมีกิ่งก้านสาขามากมาย นอกจากนี้ยังพบโมเลกุลแป้งอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าอะไมโลสแต่เล็กกว่าอะไมโลเพคติน เรียกว่า “intermediate material” แต่พบในปริมาณไม่มากนัก อะไมโลสและอะไมโลเพคตินจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้ง

2.2.1. การวัดค่าสี

ปัจจัยของแหล่งกำเนิดแสงและผู้สังเกตการณ์ องค์กรที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมาตรฐานด้านสี คือ Commission lnternational de l’Eclairage (CLE) หรือในชื่ออังกฤษว่า International Commission on Illumination องค์กรนี้ได้กำหนดมาตรฐานการวัดสีซึ้งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในวงการวิชาการและการวิจัย คือระบบ CLE Lab scale ในระยะเริ่มแรก CLE ได้กำหนดสเกลการวัดสีเป็น X-Y-Z ซึ่งได้บรรยายสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงลักษณะความมืด ความสว่างของสีได้ CLE ได้พัฒนาต่อมาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดง สีเขียว และความสว่าง (Lightness) ตามลำดับ ระบบดังกล่าวก็ยังขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าสีน้ำเงิน CLE จึงได้พัฒนาระบบสีต่อมาจนเป็นระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือระบบ L*, a*, b* ซึ้งเป็นระบบการบรรยายสีแบบสามมิติ โดยที่แกน L* จะบรรยายถึงความสว่าง (Lightness) จากค่า +L* แสดงถึงสีขาว ไปจนถึงค่า –L* แสดงถึงสีดำ แกน a* จะบรรยายถึงแกนสีจากสีเขียว -a* ไปจนถึงสีแดง +a* ส่วนแกน b* จะบรรยายถึงแกนสีน้ำเงิน -b* ไปถึงสีเหลือง +b* ลักษณะการบรรยายสีของ CIE นอกจากนี้บริษัท Hunter lab ในอเมริกาก็เป็นอีกองค์กรหนึ่งซึ้งทำการวิจัยและพัฒนาระบบการวัดสี จนในที่สุดได้ระบบของ Hunter lab ซึ้งเรียกว่า การวัดสีระบบ Hunter labscale ซึ้งบรรยายแกนใน 3 มิติ เช่นเดียวกับระบบ CLE โดยที่ Hunter labscale จะใช้สเกล L-a-b บรรยายลักษณะสีเช่นเดียวกับ L*-a*-b* ของ CLE ข้อแตกต่างระหว่างระบบสีของ CLE กับ Hunter labscale คือสูตรคำนวณค่าสี ซึ้งทั้ง L-a-b และ L*-a*-b* ล้วนมีพื้นฐานการคำนวณมาจากค่าของระบบ X-Y-Z ทั้งสิ้น



ภาพที่ 2.2 ค่า L*, a*, b* ของ Hunter lab
ที่มา: การวัดค่าสี (2558)

2.2.2 ปริมาณน้ำในอาหาร (a_w)

ปริมาณน้ำในอาหารหรือ วอเตอร์แอคทีวิตี้ (water activty) เขียนย่อว่า a_w เป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำ มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ เป็นอัตราส่วนของความดันไอ (vapour pressure) ของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (Po) ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน

$$a_w = P/Po$$

หรือวัดได้จากความชื้นสัมพัทธ์เหนืออาหารในสภาวะสมดุล (Equilibrium Relative Humidity, ERH) หารด้วย 100

$$a_w = ERH/100$$

ค่า water activity มีค่า ตั้งแต่ 0-1 การจำแนกตามค่าแอคติวิตี้ของน้ำ (water activity) สามารถแบ่งอาหารตามค่า water activity ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1) อาหารสด (fresh food) เป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย (perishable food) ที่มีค่า water activity มากกว่า 0.85 เช่น เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ อาหารทะเล

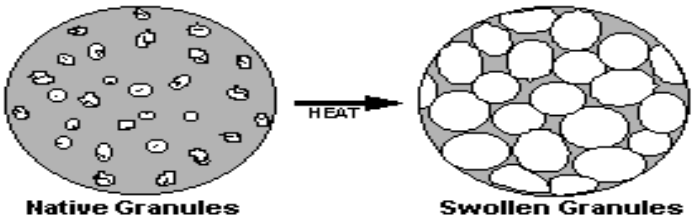
2) อาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food) หมายถึง อาหารที่มีค่า water acitivity ระหว่าง 0.6-0.85 เช่น นมข้นหวาน ผลไม้แช่อิ่ม กุ้งปรุงรส

3) อาหารแห้ง (dried food) หมายถึงอาหารที่มีค่า water activity น้อยกว่า 0.6 เช่น นมผง ผักผลไม้อบแห้ง กุ้งแห้ง น้ำผลไม้ผง เก๊กฮวยผงชงดื่ม กระชายผงชงดื่ม หมูหยอง

2.2.3 การพองตัว การอุ้มน้ำและการละลาย

การอุ้มน้ำของแป้งโดยทั่วไปจะเกิดได้ดีเมื่อน้ำแป้งมีความเข้มข้นสูง และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิต่ำ แป้งแต่ละชนิดมีอัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกแตกต่างกัน Whistler และ Johnson (1948) พบว่า แป้งจากรากพืช พืชหัวจะมีอัตราการคืนตัวช้ากว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากแป้งจากพืชราก หัวพืชเมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวมาก และเร็ว เม็ดแป้งแตกง่าย ทำให้โมเลกุลแป้งทั้งหมดกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำแป้ง ทำให้โมเลกุลอะไมโลสเข้ามาจัดเรียงตัวกันใหม่ได้ยาก ในขณะที่แป้งจากธัญพืชเมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวน้อยกว่า เม็ดแป้งแตกน้อย โมเลกุลที่คลายตัวยังอยู่ใกล้ชิดกันและเคลื่อนที่เข้ามาจับกันใหม่ จึงเป็นไปได้ง่าย อาจจับตัวกันระหว่างเม็ดแป้งที่พองตัวซึ่งอยู่ใกล้กัน หรือระหว่างชิ้นส่วนของเม็ดแป้งหรือโมเลกุลอะไมโลสอิสระที่หลุดออกมา ทำให้เกิดสภาพเป็น matrix ซึ่งยึดอยู่ด้วยกันด้วยพันธะไฮโดรเจน และสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ การมีอะไมโลเพคตินอยู่ด้วยทำให้อัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกช้าลง เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลเพคตินมีกิ่งก้านสาขาทำให้เกะกะ ยากที่โมเลกุลจะเคลื่อนที่เข้ามาจับกันใหม่ได้ จึงพบว่าเป็นแป้งประเภทที่เหนียว มีอัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกน้อยกว่าแป้งชนิดอื่น ขนาดโมเลกุลของอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดมีผลในการเกิดการคืนตัวของน้ำแป้งสุกด้วย โมเลกุลอะไมโลสที่มีขนาดพอเหมาะในการเคลื่อนที่มาจับกัน คือ ในช่วง 100-200 หน่วยกลูโคส ถ้าโมเลกุลใหญ่ เช่น แป้งมันฝรั่งมีอะไมโลสขนาดใหญ่ประมาณ 1,000-6,000 หน่วยกลูโคส จะเคลื่อนที่เข้ามาจับกันได้ยาก และถ้าโมเลกุลสั้นเกินไปจะเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา (Brownian movement) ทำให้จับกันยากเช่นกัน

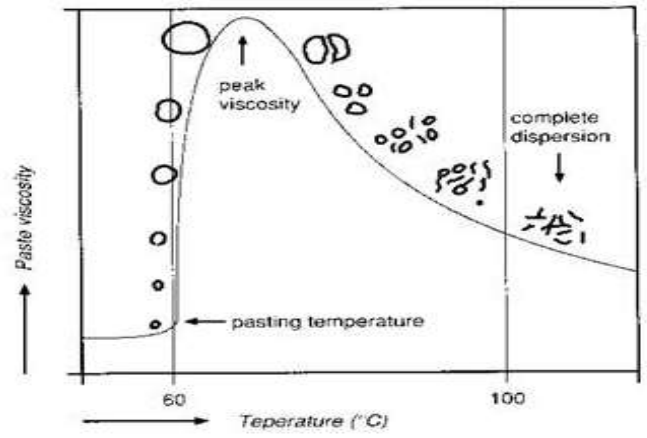
แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30% และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วนอนุภาคของโมเลกุลจะอยู่รวมกันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัว และทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของ amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบและมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็นเมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60 °C ขึ้นไป ส่วน amorphous จับกับน้ำได้มากขึ้นและการจับกันของโมเลกุลในส่วน crystallite เริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจับกับน้ำทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น โมเลกุลในส่วนอนุภาคที่เหลืออยู่เกิดสภาพคล้ายร่างแหเรียกว่า micelle network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ทำให้เม็ดแป้งยังคงสภาพอยู่ได้ แต่อาจมีโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดเล็กและอิสระกระจายตัวออกจากเม็ดแป้ง เมื่อทำให้อุณหภูมิน้ำแป้งสูงขึ้นไปอีก ส่วน crystallite ที่เหลืออยู่นี้จะคลายตัวออกทำให้เม็ดแป้งพองมากขึ้นและโมเลกุลแป้งอยู่ในสภาพสารละลายมากขึ้น



ภาพที่ 2.3 การพองตัวของเม็ดแป้ง
ที่มา: ดุษฎี (มปป)

2.2.4 ความหนืด

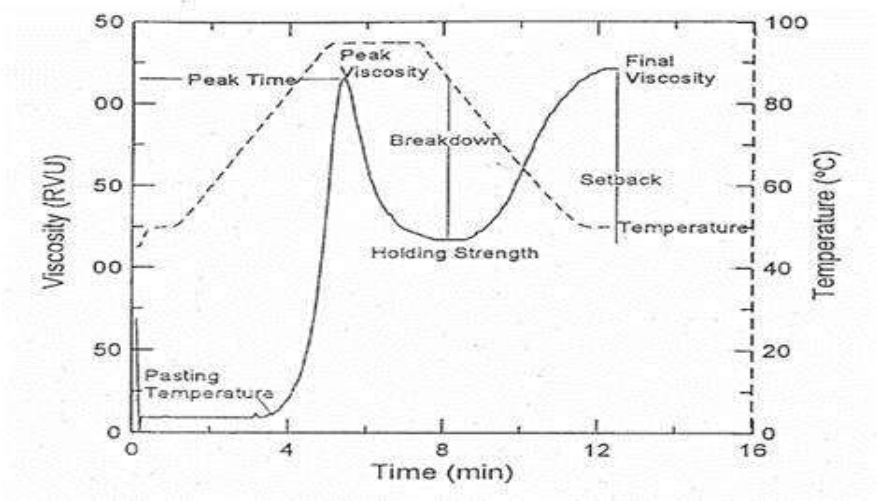
ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญ และเป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้ง เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้น พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัว และแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วมาก อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเพราะเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้น และจะมีเม็ดแป้งบางส่วนที่แตกสลายอยู่เรื่อยๆ เมื่อใดก็ตามที่ส่วนแตกสลายมีมากกว่าส่วนที่พองตัวเพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลง จนจุดที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเรียกว่า peak viscosity (Leach, 1965) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นกับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้น และมีชิ้นส่วนของเม็ดแป้งหรือโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินบางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ในสารละลาย เมื่อส่วนที่แตกสลายและละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้นความหนืดจะเริ่มลดลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่ออยู่ในช่วงการหุงต้มที่ 95 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสุกจะเป็นผลมาจากการพองตัวของเม็ดแป้ง และการแตกหักของเม็ดแป้งร่วมกับการละลายออกมาของโมเลกุลแป้ง



ภาพที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน
ที่มา: ดุษฎี (มปป)

เมื่อลดอุณหภูมิลง โมเลกุลอิสระที่กระจัดกระจายออกมา (โดยเฉพาะส่วนของอะไมโลส) ถ้ามีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมคือ ไม่สั้นและยาวเกินไปก็จะสามารถเคลื่อนที่เข้ามาจับกัน และกักน้ำไว้ได้ทำให้ความหนืดสูงขึ้นอีก ความหนืดที่กลับสูงขึ้นมาอีกนี้เรียกว่า setback และปรากฏการณ์นี้ก็คือการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดได้แก่ ชนิดของแป้ง ขนาดอนุภาค สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน อุณหภูมิ shearrate ฯลฯ แต่ที่มีผลมากที่สุดได้แก่ชนิดของแป้ง ความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะและแตกต่างกันไปตามชนิด และสายพันธุ์ของแป้ง

เครื่อง rapid visco analyser (RVA) เป็นเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนามาเพื่อติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้งอีกแบบหนึ่ง คุณสมบัติพิเศษของเครื่องนี้คือ สามารถเปลี่ยนระดับอุณหภูมิทั้งการทำให้ร้อนและเย็นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ควบคู่ไปกับความสามารถในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ทำให้สามารถหา pasting curve ได้ภายใน 13 นาที การทดสอบทำโดยใส่น้ำแป้งในภาชนะขนาดเล็ก ที่มีใบพัดกวนให้แป้งผสมกัน เครื่องสามารถปรับแต่งการทำงานของพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษาได้หลายประการ เช่น อัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิ ความเร็วรอบของการกวนน้ำแป้ง หน่วยของความหนืด ที่ได้ เรียกว่า RVU การทำงานของเครื่อง RVA คล้ายกับเครื่อง Brabender viscoamylograph แต่ใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์น้อยกว่า



ภาพที่ 2.5 กราฟการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA
ที่มา:ดุษฎี (มปป)

ผลของการวัดความหนืดด้วยเครื่อง RVA แสดงเป็นกราฟ ที่มีแกน x เป็นเวลา แกน y อ่านได้ 2 แกน ด้านหนึ่งเป็นความหนืดในหน่วย RVUและอีกด้านเป็นอุณหภูมิ ผลลัพธ์ที่ได้จากกราฟการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA นำมาแปรผลได้ค่าต่างๆ ซึ่งแสดงสมบัติของแป้งดังนี้

Peak Time (นาที) = เวลาที่เกิดของความหนืดสูงสุด

Pasting Temperature หรือ gelatinization temperature (°C) = อุณหภูมิที่เริ่มเกิดเจลาติไนซ์ (gelatinization) คือ แป้งมีการเปลี่ยนค่าความหนืดอย่างรวดเร็ว โดยดูจากอุณหภูมิที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น 2 RVU ใน 20 วินาที

Peak Temperature (°C) = อุณหภูมิที่เกิดความหนืดสูงสุด (peak viscosity)

Holding Strength (RVU) = ความหนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำให้เย็น

Final Viscosity (RVU) = ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง

นำมาคำนวณได้ค่า

Breakdown (RVU) = Peak viscosity- Holding strength

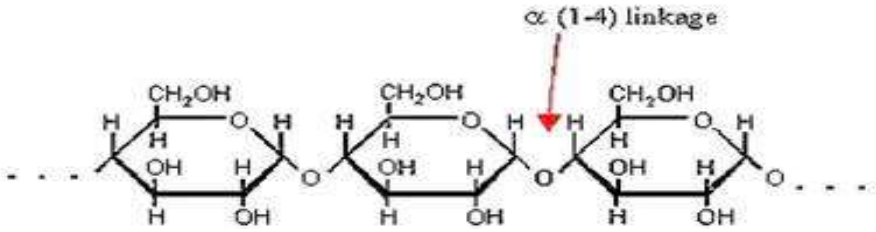
Setback Form Peak (RVU) = Final viscosity - Peak viscosity

Setback Form Trough (RVU) = Final viscosity - Holding strength

2.3 คุณสมบัติทางเคมีของแป้งข้าว

2.3.1 อะไมโลส (amylose)

อะไมโลสเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,000–6,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ **α**-1, 4 –glycosidic linkage ดังรูปที่ 2.6 อาจพบกิ่งก้านสาขาในโมเลกุลของอะไมโลสได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย (Hizukuri, 1985)



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของอะไมโลส
ที่มา: ดุษฎี (มปป)

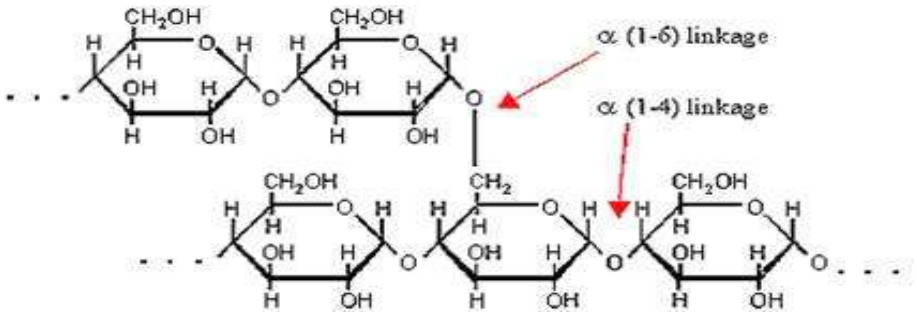
โดยทั่วไปแป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะไมโลสสูง ประมาณ 22-30% ส่วนแป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคูจะมีปริมาณ อะไมโลสต่ำกว่าคือ อยู่ในช่วง 18-24% น้ำหนักโมเลกุลอะไมโลสอยู่ในช่วง 105 ถึง 106 ดาลตัน โดยอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมี degree of polymerization (DP) ของอะไมโลสแตกต่างกัน แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมี DP ของอะไมโลสอยู่ในช่วง 1,000-6,000 สูงกว่าแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีซึ่งมี DP ของอะไมโลสอยู่ในช่วง 200-1,200 แป้งที่มีสายของอะไมโลสยาวมากจะมีแนวโน้มในการเกิด รีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ลดลง (Hizukuri, 1988) ปริมาณและสมบัติของอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดแสดงดังตาราง

ตารางที่ 2.5 ปริมาณของอะไมโลสในแป้งชนิดต่างๆ

แป้ง	ปริมาณอะไมโลส (% น.น. แห้ง) Apparent	ปริมาณอะไมโลส (% น.น. แห้ง) Absolute
ข้าวสาลี	28.8	25.8
ข้าวโพด	29.4	22.5
ข้าวเจ้า	25.0	20.5
ข้าวบาร์เลย์	25.5	23.6
มันฝรั่ง	36.0	16.9
มันสำปะหลัง	23.5	17.8
พุทธรักษา	43.2	22.7
ถั่วเขียว	37.9	30.7

ที่มา: ดุษฎี (มปป)

อะไมโลเพคติน (amylopectin) เป็นโพลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วย พันธะ **α**-1, 4- glycosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นโพลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมี DP อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ **α**-1, 6-glycosidic linkage ดังรูปที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน
ที่มา: ดุษฎี (มปป)

หน่วยกลูโคสที่มีพันธะ **α**-1, 6 glycosidic linkage มีอยู่ประมาณ 5% ของปริมาณหน่วยกลูโคสใน อะไมโลเพคตินทั้งหมด อะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะไมโลส คือ ประมาณ 107 ถึง 109 ดาลตัน และมีการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะไมโลเพคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง อะไมโลเพคตินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของเม็ดแป้ง ดังนั้นเมื่อมีอะไมโลเพคตินเพียงอย่างเดียว จึงยังสามารถรวมตัวเป็นเม็ดแป้งได้

2.3.2 การวิเคราะห์ Proximate composition

2.3.2.1 ความชื้น

ปริมาณความชื้น นิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์มี 2 รูปแบบคือ

1) ความชื้นฐานเปียก (wet basis) เป็นค่าความชื้นที่มักใช้ในทางการค้า เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความชื้นโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน มักบอกเป็นเปอร์เซ็นต์

2) ความชื้นฐานแห้ง (dry basis) เป็นค่าที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้ง (dehydration) เพราะช่วยให้คำนวณได้สะดวก เนื่องจากน้ำหนักแห้งของอาหารจะคงที่ อาจบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือ จำนวนกรัมของน้ำต่อจำนวนกรัมของของแข็ง
(g H_2O/g solid)

การวัดความชื้นของอาหาร น้ำที่มีอยู่ในอาหารแต่ละชนิดมีการยึดติดอยู่ในโครงสร้างหรือโมเลกุลของสารอื่นๆ ที่เป็นส่วนประกอบของอาหารในรูปแบบ และความแข็งแรงต่างกัน ทำให้เทคนิคที่ใช้สำหรับการหาความชื้นของอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ทั้งความยากง่าย ความซับซ้อนของอุปกรณ์
และความถูกต้องแม่นยำของค่าที่ได้ วัตถุประสงค์หลักของบทนี้จึงเป็นการแนะนำให้รู้จักวิธีการหาความชื้นในอาหารแบบต่างๆ ข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธี เพื่อสามารถเลือกนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม

1) การวัดความชื้นโดยตรง (direct method) เป็นการวัดปริมาณที่มีอยู่ในอาหารโดยตรง สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การแยกเอาน้ำออกด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การอบแห้งทำให้น้ำระเหยออกไป การกลั่นแยกเอาน้ำออกจากอาหาร หรือการใช้วิธีการทางเคมี โดยการใช้สารเคมีทำปฏิกิริยากับน้ำ เป็นต้น วิธีการวัดโดยตรงเป็นการวัดที่ทำลายตัวอย่าง แต่ละวิธีจะมีความถูกต้องแตกต่างกัน วิธีที่มีการยอมรับกันทั่วไปว่ามีความถูกต้องแม่นยำสูง จะนิยมใช้เป็นค่าความชื้นมาตรฐานเพื่อใช้ปรับเทียบค่าที่ได้จากการวัดด้วยวิธีการอื่นๆ ก่อนนำค่าที่ได้ไปใช้ประโยชน์

2) การวัดโดยอ้อม (indirect methods) เป็นการวัดสมบัติทางไฟฟ้าของเมล็ดพืชด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น วัดค่าความจุไฟฟ้า การวัดความชื้นโดยทางอ้อมมีจุดเด่นตรงรู้ผลเร็วสะดวก และทำได้บ่อย จุดด้อยคือ ค่าที่ได้จากการวัดเป็นค่าโดยประมาณการ การวัดโดยอ้อมวัดได้หลายวิธีเช่นกันคือ

1) การวัดความต้านทานไฟฟ้า (resistance) อุปกรณ์วัดความต้านทานไฟฟ้าของเมล็ดพืช ทำได้โดยบรรจุเมล็ดพืชตัวอย่างลงช่องว่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในภาชนะปิดแน่น ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้จะแปรเป็นค่าปริมาณความชื้น

2) ความจุไฟฟ้า (capacitance) ตัวอย่างจะถูกบรรจุในภาชนะปิด โดยผนังภาชนะทำหน้าที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าความถี่สูงออกมา การวัดวิธีนี้จำเป็นต้องใช้ตารางคาลิเบรชัน (calibration) ประกอบด้วยค่าความชื้นที่ได้จากการวัดด้วยวิธีนี้จะมีความแม่นยำมากกว่าการวัดจากค่าความต้านทานไฟฟ้า

3) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เป็นวิธีหาค่าความชื้นในเมล็ดพืชจากการวัดความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศระหว่างเมล็ด เนื่องจากปริมาณความชื้นในเมล็ดจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศระหว่างเมล็ดเปลี่ยนแปลง ซึ่งความถูกต้องของค่าความชื้นที่วัดได้จาก

วิธีนี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของความชื้น ดังนั้นการวัดด้วยวิธีนี้ต้องรอเวลานานประมาณ 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศต่างๆ เกิดสมดุลก่อนวัดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

2.3.2.2 โปรตีน

วิธีเจลดาห์ล (Kjeldahl method) เป็นการวิเคราะห์โปรตีนในอาหาร โดยการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ ในตัวอย่าง วิธีนี้พัฒนาโดย Dane Johan Kjeldahl เป็นชาวเดนมาร์ก ในช่วงปี ค.ศ.1800 เป็นวิธีที่ใช้วัดปริมาณโปรตีน อย่างแพร่หลาย ได้รับการยอมรับว่ามีความแม่นยำ สามารถใช้ได้กับอาหา หลากหลายชนิด รวมทั้งอาหารสัตว์

หลักการ

Kjeldahl method การย่อยสลายโปรตีน ซึ่งประกอบด้วยกรดแอมิโน (amino acid) ที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบใน amino group การย่อยสลายโปรตีน จะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมา และถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนีย การวิเคราะห์หาโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl

ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักคือ

1) การย่อยตัวอย่าง (digestion) ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น ไนโตรเจนในตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$ ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงโดยมีสารเร่งปฏิกิริยา เช่น $CuSO_4$, Se, $HgSO_4$, HgO หรือ $FeSO_4$

2) การกลั่นแอมโมเนีย (distillation) โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ มาทำปฏิกิริยากับเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตที่ได้จากการย่อยตัวอย่างแล้ว จะได้ก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งจับก๊าซนี้ได้ด้วยสารละลายบอริก

3) การไทเทรตเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน (titration) เป็นการนำสารละลายกรดบอริก ซึ่งจับก๊าซแอมโมเนียไว้ มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก

4) การคำนวณนำปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค ที่ใช้ในการไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน แล้วคูณกับ Kjeldahl factor ซึ่งค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนในโปรตีนอยู่ที่ร้อยละ 16 ได้เป็นค่าปริมาณโปรตีนหยาบ (crude protein)

$$\%\text{ไนโตรเจน (total Nitrogen)} = \frac{(A-B)\ xC\ x0.14\ x100}{D}$$

$$\%\text{โปรตีน (Crude protein)} = \%N \times 5.70$$

A = มล.ขอสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค 0.1 นอร์มอล ที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง
B = มล.ขอสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค 0.1 นอร์มอล ที่ใช้ไตเตรตกับ blank
C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค
D = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

2.3.2.3 ไขมัน

Soxhlet extraction เป็นวิธีการสกัด (extraction) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน ในตัวอย่างอาหาร หรือปริมาณน้ำมันหอมระเหยในสมุนไพร ซึ่งเป็นการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ การสกัดทำได้โดยให้ความร้อนจนตัวทำละลายระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวลงมาใน thimble ซึ่งบรรจุตัวอย่างไว้ เมื่อสารที่สกัดได้สูงถึงระดับกาลักน้ำ สารสกัดจะไหลกลับลงมาใน flask วนเวียนเช่นนี้จนกระบวนการสกัดสมบูรณ์ โดยสามารถสังเกตจากสีของตัวทำละลายใน thimble ที่ใสขึ้น การสกัดด้วยวิธีนี้ใช้ความร้อน จึงอาจทำให้สาระสำคัญบางชนิดสลายตัวได้

2.3.2.4 เส้นใย

ใยอาหารแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ไม่ละลายในน้ำ กับชนิดที่ละลายในน้ำ

1) ใยอาหารประเภทไม่ละลายในน้ำ สามารถดูดซึมน้ำได้มาก จึงจำเป็นที่จะต้องดื่มน้ำมากขึ้นเมื่อบริโภคใยอาหารชนิดนี้ ทำให้เวลารับประทานอาหารแล้วจะเต็มกระเพาะและอิ่มเร็วขึ้น นอกจากนี้แล้วเมื่ออยู่ในลำไส้ใหญ่ ใยอาหารจะจับตัวกับอุจจาระทำให้นิ่มขึ้นสามารถขับถ่ายออกได้อย่างสะดวกสบาย และรวดเร็ว จะไม่มีสิ่งสกปรกตกค้างในร่างกาย ใยอาหารประเภทนี้จะมีจำนวนมากในรำธัญพืชต่างๆ ถั่วต่างๆ โดยเฉพาะถั่วเปลือกแข็ง รำข้าวสาลีเป็นตัวอย่างที่ดีมาก

2) ใยอาหารที่ละลายในน้ำได้ มีความสามารถดูดซึมน้ำเหมือนกัน แต่จะรวมตัวกับอาหารต่างๆ ในกระเพาะเป็นเจลที่มีลักษณะหนืด ออกจากกระเพาะไปสู่ลำไส้อย่างช้าๆ จะทำให้หิวช้าลง และควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดี พืชตระกูลถั่วต่างๆ รำข้าวโอ๊ต และผลไม้ จะมีใยชนิดนี้สูง สำหรับคนที่เป็นเบาหวาน ถั่วจะเป็นแหล่งใยชนิดนี้ดีกว่าผลไม้เพราะปริมาณน้ำตาลจะต่ำกว่า ใยอาหารที่ละลายน้ำพบในถั่วบางชนิด ผลไม้ และธัญพืช เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ ใยอาหารชนิดนี้ ถึงแม้จะละลายน้ำได้โดยอยู่ในรูปเจล แต่จะไม่ถูกย่อยโดยเอ็นไซม์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว

รำ ธัญพืช มีปริมาณใยอาหารสูงซึ่งดีต่อร่างกายมนุษย์ แต่มีสารบางตัวที่กันไม่ให้มีการดูดซึมแร่ธาตุต่างๆ ได้ ใยอาหารที่เราบริโภคในแต่ละวันไม่ควรมากไปกว่าความต้องการของร่างกายหาก สุขภาพดีอยู่แล้วปริมาณใยอาหาร 30 กรัมต่อวันก็เพียงพอถึงแม้ใยอาหารทั้งสองชนิดที่กล่าวมานั้นจะมีความสามารถแตกต่างกัน แต่ความสำคัญไม่น้อยกว่ากันเลย จึงควรบริโภคใยอาหารที่มาจากแหล่งธรรมชาติจะดีกว่าอาหารเสริมเพราะจะได้ทั้งสองชนิด

วิธีวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารได้ รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และยังต้องมีการพัฒนาอีกต่อไป เนื่องจากวิเคราะห์โดยวิธีใดวิธีหนึ่งไม่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่ตอบสนองวัตถุประสงค์ต่างๆ ได้ทั้งหมด ดังนั้น การเลือกใช้วิธีวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับความต้องการของนักเคมีแต่ละคน

1) วิธี enzymatic-gravimetric method เป็น วิธีวิเคราะห์ที่ใช้เอ็นไซม์ในการย่อยตัวอย่าง แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือจากการย่อย โดยนำค่าแบลงก์ปริมาณโปรตีน และปริมาณเถ้าของสิ่งที่เหลือจากการย่อยมใช้ในการคำนวณปริมาณใยอาหาร

2) วิธี non-enzymatic-gracimetic method เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ใช้สารละลายเคมีในการย่อย แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือจากการย่อย

3) วิธี enzymatic chemical method เป็น วิธีวิเคราะห์ที่ใช้เอ็นไซม์ในการย่อยตัวอย่าง แล้ววิเคราะห์สิ่งที่เหลือโดยวิธีเคมี คือ ย่อยพอลิกแซ็กคาไรด์นั้นด้วยกรดอีกครั้งได้เป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยวและวิเคราะห์น้ำตาลโดยแก๊สลิควิดโครมาโตกราฟฟี (gasliquid chromatography หรือ GLC) หรือ โดยวิธี ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ ลิควิด โครมาโตกราฟฟี (high performance liquid chromatography หรือ HPLC) ส่วนกรดยูโรนิกจะวิเคราะห์โดยใช้วิธีวัดสี (colorimetric method)

สำนักงานคณะกรรมการการอาหารและ ยาและกระทรวงเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกาผู้ประกาศใช้กฎหมาย NLEA ให้ใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารแบบวิธีเอ็นไซเมติกกราวิเมตริกโดยวิธี official nethods of analysis ของ The Association of Official Analytical Chemists (AOAC) โดย ใช้เหตุผลว่า เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ ที่เป็นงานประจำ เพื่อใช้ผลการวิเคราะห์นั้นแสดงคุณค่าทางโภชนาการที่ฉลาก และวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ

หลักการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใช้ตัวอย่างที่ทำให้แห้งแล้ว กำจัดไขมันออกถ้าตัวอย่างมีไขมันเกิน 10% ทีละกรัม 2 ที นำมาย่อยด้วยอัลฟาอะมิเลส ที่ทนความร้อน โปรติเอสและอะมิโลกลูโคซิเดส เพื่อกำจัดแป้งและโปรตีนเติมเอทานอลความเข้มข้น 95% จำนวน 4 เท่าของปริมาตรของสารที่ย่อยแล้ว เพื่อตกตะกอนใยอาหารที่ละลายได้ ความเข้มข้นของเอทานอลรวมคือ 70% กรองแล้วล้างส่วนที่กรองได้ด้วยเอทานอลที่มีความเข้มข้น 78% ทำให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน และเถ้าของสิ่งที่กรองได้ รวมทั้งทำแบลงก์ เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณใยอาหารทั้งหมด ซึ่งเท่ากับน้ำหนักส่วนที่กรองได้ ลบด้วยปริมาณโปรตีนและเถ้าที่เหลือจาการย่อย

2.3.2.5 เถ้า

เถ้าหยาบ หมายถึง ส่วนของสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร ซึ่งเหลืออยู่ภายหลังจากการเผาไหม้ หรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างสมบูรณ์ของสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ในอาหารกับออกซิเจนได้เป็นสารประกอบออกไซด์ที่ระเหยได้ เถ้าที่เหลืออยู่เป็นออกไซด์ของแร่ธาตุต่างๆ ที่ระเหยไม่ได้ การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าหยาบทำได้โดยการนำตัวอย่างอาหารไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 500-550 องศาเซลเซียส ของแข็งที่เหลืออยู่ภายหลังการเผาจะเป็นออกไซด์ของโลหะ (metal oxides) ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของส่วนประกอบที่เป็นอนินทรีย์ (inorganic constituents) ตัวอย่างออกไซด์ที่พบในเถ้า เช่น Na_2O, K_2O, CaO, MgO, MnO, Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2, P_2O_5 เมื่อนำเถ้าไปละลายในน้ำจะได้สารละลายที่เป็นด่าง หรืออยู่ในรูปไฮดรอกไซด์ ซึ่งนำไปวิเคราะห์หา alkalinity of ash ได้

2.3.2.6 คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต จัดเป็นสารอาหารชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในแต่ละโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตมีไฮโดรเจน และออกซิเจนอยู่ในอัตราส่วนสองต่อหนึ่ง สูตรทั่วไปของคาร์โบไฮเดรตคือ Cn H_2n On คาร์โบไฮเดรตแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) โมโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharide) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กที่สุด เมื่อกินแล้วจะดูดซึมจากลำไส้ได้เลย ไม่ต้องผ่านการย่อย ตัวอย่างของน้ำตาลประเภทนี้ได้แก่ กลูโคส (glucose) และฟรักโทส (fructose) ทั้งกลูโคสและฟรักโทสเป็นน้ำตาลที่พบได้ในผัก ผลไม้ และน้ำผึ้ง น้ำตาลส่วนใหญ่ที่พบในเลือด คือ กลูโคส ซึ่งเป็นตัวให้กำลังงานที่สำคัญ

2) ไดแซ็กคาไรด์ (disaccharide) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์ 2 ตัวมารวมกันอยู่ เมื่อกินไดแซ็กคาไรด์เข้าไป น้ำย่อยในลำไส้เล็กจะย่อยออกเป็นโมโนแซ็กคาไรด์ก่อน ร่างกายจึงสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้ ไดแซ็กคาไรด์ที่สำคัญทางด้านอาหาร คือ แล็กโทส (lactose) และซูโครส (sucrose) แล็กโทสเป็นน้ำตาลที่พบในน้ำนม แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยกลูโคส และกาแล็กโทส (galactose) ส่วนน้ำตาลทรายหรือซูโครสนั้น พบอยู่ในอ้อยและหัวบีต แต่ละโมเลกุล ประกอบด้วย กลูโคสและฟรักโทส

3) พอลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ และมีสูตรโครงสร้างซับซ้อน ประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์จำนวนมากมารวมตัวกันอยู่ พอลีแซ็กคาไรด์ที่สำคัญทางอาหาร ได้แก่ ไกลโคเจน (glycogen) แป้ง (starch) และเซลลูโลส (cellulose) ไกลโคเจนพบในอาหารพวกเนื้อสัตว์และเครื่องในสัตว์ ส่วนแป้ง และเซลลูโลสพบในพืช แม้ว่าไกลโคเจน แป้ง และเซลลูโลสประกอบด้วยกลูโคสเหมือนกัน แต่ลักษณะการเรียงตัวของกลูโคสต่างกันทำให้ลักษณะสูตรโครงสร้างต่างกันไป เฉพาะไกลโคเจนและแป้งเท่านั้นที่น้ำย่อยในลำไส้สามารถย่อยได้ น้ำตาลประเภทโมโนแซ็กคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์เป็นน้ำตาลที่มีรสหวาน แต่มีรสหวานไม่เท่ากัน น้ำตาลฟรักโทส กลูโคส และแล็กโทสมีความหวานเป็นร้อยละ 110, 61 และ 16 ของน้ำตาลทราย ตามลำดับ

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากแป้ง จากการคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

ร้อยละของคาร์โบไฮเดรต = 100 - ร้อยละของ (โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เส้นใย + ความชื้น)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจยา ตันติวีรสุต และคณะ (2557) ได้ศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์เพื่อลดไขมันในน้ำสลัด โดยการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์เป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดเพื่อให้มีปริมาณไขมันลดลงเป็น 25 30 และ 35% โดยน้ำหนักเปียก จากนั้นนำน้ำสลัดลดไขมันไปตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง สี (L*, a*, b* และ h°) ความหนืด ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระและคุณภาพทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับน้ำสลัดไขมันเต็ม (สูตรควบคุม) ผลการทดลองพบว่าการเติมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง สี ความหนืด ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำสลัดลดไขมัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ในน้ำสลัด ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสีแดง (a*) และค่าความหนืดของน้ำสลัดมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่า hue angle (h°) มีค่าลดลงนอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ทดแทนไขมัน ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบ

ฟีนอลิกและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของน้ำสลัดลดไขมัน มีค่าเพิ่มขึ้นทั้งน้ำสลัดสูตรไขมันเต็มและสูตรลดไขมัน แสดงการไหลแบบเชียร์ทินนิง สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าน้ำสลัดที่มีไขมันลดลง 30% มีคะแนนสี ความหนืด กลิ่นรส ความหวาน ความเปรี้ยว เข้าใกล้ 3 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอดีและมีคะแนนการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคสูงที่สุด จากงานวิจัยนี้จึงเห็นได้ว่าแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์สามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดลดไขมันได้

สันทณีย์ ปัญจอานนท์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและโครงสร้างโมเลกุลของแป้งกลอย (Dioscorea hispida Dennst.) และแป้งมันมือเสือ (Dioscorea esculenta (Lour.) Burkill) โดยการนำแป้งกลอย และแป้งมันมือเสือที่สกัดได้มาศึกษาลักษณะของเม็ดแป้ง องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ สมบัติด้านความหนืดความร้อน การพองตัวและการละลาย แล้วทำการแยกอะไมโลเพคตินเพื่อศึกษาโครงสร้างของสายโซ่อะไมโลเพคติน แป้งทั้งสองชนิดมีขนาดและลักษณะของเม็ดแป้งคล้ายคลึงกัน (ขนาด 1-6 μm พื้นผิวเรียบ รูปร่างหลายเหลี่ยม) มีปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกัน คือ 20 และ 19% การเกิดเจลาติไนซ์, ความหนืดสูงสุด, breakdown และ setback เท่ากับ 80.3 °C, 157.3, 8.8, 25.3 RVU และ 77.1 °C, 248.0, 67.8, 47.5 RVU ตามลำดับ แป้งมันมือเสือมีการพองตัวมากกว่าแป้งกลอย 10-15% และเริ่มมีการปลดปล่อยอะไมโลสที่อุณหภูมิ 70 °C ส่วนแป้งกลอยเริ่มปลดปล่อยอะไมโลส ที่อุณหภูมิ 80 °C เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลอะไมโลเพคตินโดยแบ่งขนาดของสายโซ่ออกเป็นสายสั้น (A+B1) และสายยาว (B2+B3+B4) พบว่าแป้งกลอยและแป้งมันมือเสือมีสัดส่วนโดยน้ำหนักของสายโซ่อะไมโลเพคตินสายสั้นต่อสายยาวเท่ากับ 1.3:1 และ 1.9:1 และสัดส่วนโดยโมลเท่ากับ 5.7:1 และ 8.8:1 โดยมีความยาวเฉลี่ยของสายโซ่อะไมโลเพคติน 15.8 และ 13.5 หน่วย ตามลำดับ

นรินทร์ภพ ช่วยการ และคณะ (2556) ได้ศึกษาอิทธิพลของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำ โดยการเติมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (Riceberry flour, RF) ในไอศกรีมไขมันต่ำ RF มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 11.53, 8.32, 1.40, 1.45, 1.95 และ 75.35 ตามลำดับมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด TPC เท่ากับ 1.49 mgGAE/ g และมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยวิธี ORAC และ FRAP เท่ากับ 73.62 และ 7.03 μmol TE/g การเติม RF ในไอศกรีมแปรปริมาณ RF เป็นร้อยละ 3, 5 และ 7 และลดปริมาณกะทิลงเป็นร้อยละ 50, 36.7 และ 23.4 (w/w) ตามลำดับผลการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณ RF เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนืดปรากฏของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ในขณะที่ค่าการขึ้นฟูค่าการสูญเสียสภาพของไขมันค่า L* และค่า h° ของไอศกรีมลดลง ($p<0.05$) นอกจากนี้ความแน่นแข็งและค่า a*ของไอศกรีมมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ($p<0.05$) ส่วนอัตราการละลายของไอศกรีมที่มีปริมาณ RF ร้อยละ 3 มีค่าต่ำสุด ($p<0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าไอศกรีมที่ใช้ปริมาณ RF ที่แตกต่างกันมีคะแนนความหวานและการละลายในปากไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในขณะที่ไอศกรีมที่ใช้ RF ร้อยละ 5 มีคะแนนของสีม่วงกลิ่นรสข้าวความแน่นเนื้อพอดี (just-about-right) และได้คะแนนการยอมรับรวมสูงสุดเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของไอศกรีมสูตรนี้โดยวิธี ORAC และ FRAP เท่ากับ 0.66 mgGAE/g, 8.67 และ 1.15 μmol TE/g ตามลาดับ

ปิยะนุช รสเครือ (2555) ได้ศึกษาผลของปริมาณน้ำและระยะเวลาการให้ความร้อนต่อองค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างและสมบัติของฟลาวร์ข้าวก่ำงอก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณน้ำ (ร้อยละ 27, 37 และ 47 โดยน้ำหนักเปียก) ระยะเวลาการให้ความร้อน (1, 3 และ 5 ชม.) ที่อุณหภูมิ 110 °C และระยะเวลาการแช่ข้าวเปลือก (24, 36 และ 48 ชม.) ต่อองค์ประกอบทางเคมี โครงสร้าง และสมบัติของ ฟลาวร์ข้าวก่ำงอก วางแผนการทดลองแบบ Box-Behnken design แสดงผลภายใต้พื้นที่ผิวตอบสนอง ผลการวิจัยพบว่า ระยะเวลาการแช่ข้าวเปลือกไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนและไขมัน แต่มีปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณเถ้า คาร์โบไฮเดรตและอะไมโลส จะลดลงเมื่อระยะเวลาการแช่ข้าวเปลือกนานขึ้น ลักษณะเม็ดแป้งมีรูปทรงหลายเหลี่ยม พบการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ชัดเจน สมบัติทางความหนืดของฟลาวร์ข้าวก่ำงอกลดลงเมื่อระยะเวลาการแช่ ข้าวเปลือกนานขึ้น อุณหภูมิที่ความหนืดเริ่มเปลี่ยนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ความหนืดสูงสุด ความหนืดสุดท้าย เบรกดาวน์ และค่าการคืนตัว มีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ส่วนฟลาวร์ข้าวก่ำงอกดัดแปรพบว่าเมื่อปริมาณน้ำและระยะเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 110 °C ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและอะไมโลสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใยมีแนวโน้มลดลง บริเวณผิวเม็ดแป้งมีรอยแตกและหลอมรวมกัน การบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับฟลาวร์ข้าวก่ำงอกไม่ดัดแปรค่ากำลังการพองตัวมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าการละลายที่อุณหภูมิ 85 °C มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกระดับปริมาณน้ำที่ใช้ดัดแปร

ผานิต รุจิรพิสิฐ และคณะ (2555) ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์ จากจังหวัดอุบลราชธานีคือ ข้าวเหนียวดำ ข้าวหอม กัญญา ข้าวหอมนิล ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวเล้าแตก ข้าวสินเหล็ก และข้าวหอมอุบล จาก การศึกษา พบว่าข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์ มีความชื้นอยู่ในช่วง 12.11–14.83% ข้าวเหนียวดำ มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด แต่มี ปริมาณไขมันต่ำที่สุด ข้าวหอมกัญญามีปริมาณโปรตีน วิตามินบี 1 วิตามินอีและไขมันสูงที่สุด ข้าวหอมนิลมีปริมาณใย อาหารซีลีเนียม และไนอะซินสูงที่สุด ข้าวสังข์หยดมีปริมาณสังกะสีสูงที่สุด และให้พลังงานต่ำที่สุด ข้าวหอมมะลิแดงมีกาก ใย และพลังงานสูงที่สุด ข้าวสินเหล็กมีปริมาณวิตามินบี 1 สูงที่สุด และข้าวหอมอุบลมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และธาตุเหล็กสูงที่สุด ส่วนข้าวหอมมะลิ 105 มีปริมาณสังกะสี ไนอะซิน และวิตามินอี ค่อนข้างสูง ในขณะที่ข้าวเล้าแตกไม่มี สารอาหารใดที่สูงเด่นชัด แต่มีปริมาณไนอะซิน และสังกะสีอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง โดยตรวจไม่พบเบต้าแคโรทีนในข้าวทั้ง 9 สายพันธุ์

นราพร ดาลัย (2553) ได้ศึกษาการเก็บรักษาและการใช้ความร้อนชื้นต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าว และแป้งข้าว การเก็บรักษาข้าวสารข้าวเจ้าปริมาณอะไมโลสสูง (สุพรรณบุรี 90) และปริมาณอะไมโลสปานกลาง (ขาวดอกมะลิ 105) และข้าวเหนียว (กข 6) ที่อุณหภูมิ –18, 10 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าความชื้นของข้าวสารทั้งสามพันธุ์มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บ ค่าสีเหลืองของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียว กข 6 มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา สมบัติทางการหุงต้มของข้าวเจ้า ในด้านเวลาในการ หุงต้มและอัตราการขยายปริมาตรมีค่าเพิ่มขึ้น แต่อัตราการดูดซับน้ำมีค่าลดลง ส่วนข้าวเหนียวใช้เวลาในการหุงต้มเพิ่มขึ้น แต่อัตราการขยายปริมาตรและอัตราการดูดซับน้ำมี

ค่าลดลง ยางข้าวของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวที่ผ่านการเก็บรักษา มีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ ปริมาณอะมิโลสและโปรตีนของยางข้าวจากข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าลดลง สมบัติทางเนื้อสัมผัสของข้าวสุกทั้งสามพันธุ์ พบว่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นขณะที่ความเหนียวมีค่าลดลง สมบัติทางความหนืดของแป้งฟลาวร์จากข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาทั้งสามพันธุ์ พบว่า มีค่าอุณหภูมิที่ความหนืดเริ่มเปลี่ยน (pasting temperature, PT) เพิ่มขึ้น เบรกดาวน์ (breakdown, BD) มีค่าลดลง ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity, PV) และค่าการคืนตัว (setback, SB) ของข้าวที่ผ่านการเก็บมีค่าเปลี่ยนแปลงจากของข้าวใหม่ แต่ค่า PT, BD, PV และ SB ของแป้งสตาร์ชของข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาทั้งสามพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างจากของข้าวใหม่ ปริมาณหมู่ซัลไฮดรอกซิลของข้าวทั้งสามพันธุ์มีค่าลดลง ค่ากำลังการพองตัวของแป้งฟลาวร์จากข้าวเจ้าที่ผ่านการเก็บรักษาทั้งสองพันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการละลายมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่กาลังการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งสตาร์ชจากข้าวที่ผ่านเก็บมีค่าคงที่ อุณหภูมิในการเกิด เจลาติเซชัน (onset gelatinization temperature, To) ของแป้งฟลาวร์จากข้าวที่ผ่านการเก็บรักษา 10 เดือน มีค่ามากกว่าของข้าวใหม่ ปริมาณสตาร์ชที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของแป้งฟลาวร์ มีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา การเก็บข้าวสารไว้ที่อุณหภูมิ -18 และ 10 องศาเซลเซียส พบว่าความชื้นในเดือนที่ 2-12 มีค่าคงที่และมีค่ามากกว่าของข้าวใหม่ส่วนสมบัติอื่นๆ ของข้าวที่เก็บที่ -18 องศาเซลเซียสมีค่าไม่แตกต่างจากของข้าวใหม่ การเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียว กข 6 มีค่า PV เพิ่มขึ้น และ ค่า SB ของข้าว ขาวดอกมะลิ 105 และสุพรรณบุรี 90 มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติอื่น ๆ มีค่าคงที่

ภัทณ์ภณ ภู่เพ็ชร์ และคณะ (2552) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งข้าวสีนิล และคุณภาพของโดขนมปังที่ใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลี ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งสีนิลเปรียบเทียบกับแป้งสาลีชนิดทำขนมปัง พบว่า แป้งข้าวสีนิลมีปริมาณไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตมากกว่า แต่มีน้ำอิสระ โปรตีน และอะไมโลสน้อยกว่าแป้งสาลี ($p \leq 0.05$) แป้งข้าวสีนิลมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าแป้งสาลี 12.5 เท่า เมื่อทดสอบด้วย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyi (DPPH) free radical scavenging activity test นอกจากนี้ แป้งข้าวสีนิลมีค่าการละลายที่ต่ำกว่าแป้งสาลี ($p \leq 0.05$) แต่มีค่ากำลังการพองตัวไม่ต่างกัน ($p \leq 0.05$) การศึกษาสมบัติด้านความหนืดของสารละลายแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวสีนิลและแป้งสาลีที่อัตราส่วยต่างๆ ในช่วง 0:100 ถึง 50:50 (โดยน้ำหนัก) ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA) พบว่าแป้งผสมเริ่มเกิดความหนืดที่อุณหภูมิสูงกว่า การเกิดการคืนตัวมากกว่าแป้งสาลีล้วน โดยการคืนตัวจะเกิดมากขึ้นตามสัดส่วนของแป้งข้าวสีนองที่ใช้ และเมื่อศึกษาคุณภาพของโดแป้งผสมด้วยเครื่อง Farinograoh และ Extensograph พบว่าการเพิ่มสัดส่วนของแป้งข้าวสีนิลจะทำให้ค่าการดูดซับน้ำ ความต้านทานของการยืดขยายของโด และความสามรถในการยืดขยายของโดลดลง

อริสรา รอดมุ้ยและอรอุมา จิตรวโรภาส (2549) ได้ศึกษาการผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วน โดยผลิตแป้งข้าวหอมนิลที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 180 ไมโครเมตร เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแป้งพบว่ามี ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 8.18, 3.76, 10.27, 7.25, 1.18 และ 69.17 ตามลำดับ เมื่อแปรผันปริมาณแป้งข้าวเจ้า หอมนิลมาใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตคุกกี้ ในปริมาณร้อยละ 0, 10, 20, 30,

40, 50 และ 60 โดย น้ำหนัก พบว่าแป้งข้าวหอมนิลสามารถทดแทนแป้งสาลี ได้สูงสุดถึงร้อยละ 50 และให้คะแนนการยอมรับโดยรวม สูงสุด เมื่อนำคุกกี้ไปวิเคราะห์คุณค่าทางเคมีด้าน ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต พบว่าคิดเป็นร้อยละ 3.83, 1.45, 10.40, 26.03, 0.33 และ 57.96 ตามลำดับ โดยคุกกี้ที่มีการทดแทนแป้งข้าว หอมนิลเพิ่มมากขึ้นจะสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีน และ ไขมันคิดเป็นร้อยละ 2.03 และ 1.68 ตามลำดับ

สุพิศา สมโต (2547) ได้ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี และความคงตัวของข้าวไทยที่มีรงควัตถุ การตรวจสอบเฉพาะคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี ของเมล็ดและแป้งจากข้าวเหนียวดำ 5 พันธุ์ และข้าวเจ้าดำ 1 พันธุ์ เปรียบเทียบกับข้าวเหนียวขาว 2 พันธุ์ พบว่า ข้าวพันธุ์ป่าไร่สันป่าตอง และกข. 6 แพร่ จัดเป็นข้าวเมล็ดยาว สันป่าตอง 1 และข้าวเจ้าดำสุพรรณจัดเป็นข้าวค่อนข้างเมล็ดยาว ก่ำเปลือกขาว 3437 แพร่ และ 0023 ปทุมธานีจัดเป็นเมล็ดกลาง ส่วนก่ำสุพรรณจัดเป็นเมล็ดค่อนข้างสั้นข้าวเปลือกและข้าวกล่องพันธุ์ก่ำไร่สันป่าตองมีน้ำหนักมากที่สุด รวมทั้งปริมาณข้าวสารหักน้อยที่สุด มีเยื่อหุ้มเมล็ดที่หนา มีสีของแป้งข้าวเข้มมากที่สุดมีปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่นสูง สำหรับแป้งข้าวเหนียวขาวไม่มีรงควัตถุแอนโทไซ-ยานิน แป้งข้าวที่มีรงควัตถุมีปริมาณโปรตีน โดยเฉลี่ยสูงกว่าแป้งข้าวเหนียวขาว และข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะมีแนวโน้มการดูดซับน้ำสูง มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักและการขยายปริมาตรของข้าวสุกน้อย แป้งข้าวเจ้ามีการพองตัวมากกว่า และร้อยละการละลายน้อยกว่าแป้งข้าวเหนียว ส่วนในกลุ่มของข้าวเหนียว แป้งข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำจะมีกำลังการพองตัวสูงและแป้งข้าวเหนียวขาวมีร้อยละการละลายน้อยกว่าแป้งขาวเหนียวดำ แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลส ความหนืดสูงสุด ความหนืดสุดท้าย การคืนตัวของแป้ง และอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดสูงกว่าแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเหนียวดำมีคุณสมบัติการให้ความหนืดน้อยกว่า และอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดสุงกว่าแป้งข้าวเหนียวขาว

สุพัตรา เลิศวณิชย์วัฒนา และคณะ (2546) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิ มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับแป้งปลายข้าวหอมมะลิ และเป็นการลดปริมาณการใช้แป้งสาลีที่ต้องนำเข้าข้าวสาลีจากต่างประเทศสมบัติทางเคมีของแป้งปลายข้าวหอมมะลิ คิดเป็นร้อยละดังนี้ความชื้น 12.80 โปรตีน 6.82 ไขมัน 0.74 เถ้า 0.28 ใยอาหาร 0.83 และปริมาณอะไมโลส 21.60 แป้งสาลีมีความชื้น 12.12 โปรตีน 10.26 ไขมัน 1.26 เถ้า 0.54 ใยอาหาร 0.41 และปริมาณอะไมโลส 26.00 พฤติกรรมความหนืดของแป้งสาลีมีอุณหภูมิในการเกิดเจลต่ำกว่าแป้งปลายข้าวหอมมะลิ ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บพบว่าอัตราส่วนระหว่างแป้งข้างในและแป้งข้างนอกของผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บเท่ากับ 1 ต่อ 2.5 และสามารถใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลี ที่ใช้ในการทำแป้งส่วนนอกของผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บได้ร้อยละ 30 ปริมาณน้ำมันในส่วนของแป้งนอกผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์กะหรีปั๊บจากแป้งสาลีล้วน ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวหอมมะลิในระดับชอบปานกลาง