บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1. ข้าวหอมมะลิแดง

ข้าวหอมมะลิแดง เป็นข้าวหอมที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ทำให้ได้ประโยชน์จากรงควัตถุพวกแอนโธไซยานิน ซึ่งแอนโธไซยานินเป็นสารประกอบไกลโคไซด์หรือเอซิลไกลโคไซด์ จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบได้ทั่วไป รวมถึงในธัญพืชชนิดต่างๆ ที่มีสีแดงถึงดำ โดยพบอยู่บริเวณเยื่อหุ้มชั้นนอก (pericarp) และเยื่อหุ้มชั้นใน (aleurone layer) ของเมล็ดข้าว เช่น ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ และ พีโอนิดิน-3-กลูโคไซด์ (Abdel-Aal and Hucl 1999; Hu *et al.*, 2003) ลักษณะสีที่ปรากฏ ความเข้มของสีของเมล็ดข้าวแตกต่างกันออกไป เช่น สีเหลือง น้ำตาล แดง ม่วง และดำ ซึ่งขึ้นกับองค์ประกอบ ชนิดและปริมาณของรงควัตถุที่มีอยู่ในเมล็ดข้าว รวมถึงความแตกต่างของสายพันธุ์ การเพาะปลูก ความอ่อนแก่ และระยะเวลาการงอก ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนแต่มีผลต่อปริมาณของรงควัตถุนี้ (Adom and Liu, 2002)

ข้าวหอมมะลิแดง เป็นข้าวเจ้าที่เรารู้จักในชื่อของ “ข้าวมันปู” เมล็ดข้าวมีสีน้ำตาลแดง ผู้บริโภคไม่ค่อยนิยมรับประทาน อาจเนื่องมาจากสีของข้าวที่หุงแล้วไม่สวยเหมือนข้าวเจ้าขัดขาว อย่างไรก็ตามจะมีกลิ่นหอมเมื่อหุงสุก และเนื้อข้าวนุ่ม ข้าวหอมมะลิแดงมีประโยชน์มากกว่าข้าวขัดขาว มีกากใยอาหารสูง มีไขมันในปริมาณที่มากกว่าข้าวขัดสีประมาณ 1 เท่า มีสารที่เรียกว่าแคโรทีน ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีธาตุเหล็กมากกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ ซึ่งช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง (เดชา ศิริภัทร, 2551)

2. ข้าวกล้องหอมมะลิแดง

มีการกล่าวว่าการบริโภคข้าวหอมมะลิแดงที่เป็นข้าวกล้อง มีประโยชน์สองต่อ คือ ประโยชน์จากข้าวหอมมะลิแดง และประโยชน์จากจมูกข้าวและรำข้าวที่ยังอยู่ครบถ้วน และถ้าเป็นข้าวที่ผลิตจากกระบวนการอินทรีย์ ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีสังเคราะห์ทางการเกษตร จะมีประโยชน์หลายต่อ กล่าวคือ มีผลดีต่อสุขภาพ ที่ไม่ต้องรับเอาสารพิษเข้าสู่ร่างกาย การช่วยรักษาและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมจากสารพิษตกค้างและปนเปื้อนอันเกิดจากสารเคมี ช่วยส่งเสริม และอุดหนุนเกษตรรายย่อยที่หันมาปรับเปลี่ยนวิธีทำการเกษตรแบบอินทรีย์ รวมถึงการสร้างลักษณะนิสัยการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (ดวงจงกล สุทธิเนียม, 2550)

ข้าวกล้องหอมมะลิแดง มีเมล็ดข้าวกล้องเรียวยาวเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงเข้มดังภาพที่ 1 มีสารอาหารจำพวกแป้ง ไขมัน(ไม่อิ่มตัว) ไม่มีคลอเรสเตอรอล โปรตีน ช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึก

หรอของร่างกาย ฟอสฟอรัส ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน แคลเซียมช่วยลดอาการเป็นตะคริว วิตามินบี 1 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก ทองแดงช่วยในการสร้างเม็ดเลือด ใยอาหารป้องกันอาการท้องผูก มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีธาตุเหล็กสูงช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง จากการทดสอบพบว่า ข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่หุงสุกแล้ว จะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลกลูโคสในช่วงเวลา 20 นาทีแรกค่อนข้างช้า คือ 10.60 กรัม / 100 กรัม และปริมาณกลูโคสหลังจากย่อยผ่านไป 120 นาที มีค่าเพียง 8.59 กรัม / 100 กรัม แสดงให้เห็นว่าข้าวหอมมะลิแดงน่าจะเป็นข้าวที่มีดัชนีน้ำตาลที่เหมาะแก่การส่งเสริมให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานรับประทาน เพราะเมื่อรับประทานเข้าไปแล้วร่างกายจะมีปริมาณกลูโคสเพิ่มขึ้นช้ากว่าข้าวทั่วไป (พิมพ์อร ศีตคุนรัตน์, 2552)

ภาพที่ 2-1 ลักษณะข้าวกล้องหอมมะลิแดง
ที่มา : สถาบันชุมชนเกษตรยั่งยืน ภายใต้มูลนิธิพัฒนาศักยภาพชุมชน (2536)

3. ข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice)

ข้าวกล้องงอก คือ ข้าวกล้องที่ผ่านการแช่น้ำที่อุณหภูมิระหว่าง 30 – 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน ในระหว่างกระบวนการงอก จะเริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าว โดยจะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก (malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมีจนเกิดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กลง (oligosaccharide) และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) นอกจากนี้โปรตีนภายในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยให้เกิดเป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์ รวมทั้งยังพบการสะสมสารเคมีสำคัญต่าง ๆ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-orazynol) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) และโดยเฉพาะสารแกมมา - อะมิโนบิวทิริกแอซิด (gamma-aminobutyric acid) หรือที่รู้จักกันดีในชื่อว่า สารกาบา (GABA) กระบวนการงอกควรควบคุมให้ดำเนินไปใน

ระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น เพื่อหยุดการสูญเสียของสารอาหาร โดยทั่วไปแล้วเมื่อปล่อยให้เมล็ดมีการงอกประมาณ 0.5 – 1 มิลลิเมตร คาดว่าจะมีปริมาณสารอาหารสะสมอยู่ในเมล็ดมากที่สุด ข้าวกล้องงอกสามารถนำไปหุงต้มได้ด้วยกรรมวิธีเหมือนกับข้าวขัดสีปกติ เนื่องจากเปลือกชั้นนอกถูกย่อยให้อ่อนตัวลง ลักษณะของข้าวกล้องงอกแสดงดังภาพที่ 2 ทั้งนี้ข้าวกล้องงอกสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด เช่น ซุปข้าวกล้องงอก ขนมปังข้าวกล้องงอก โดนัทข้าวกล้องงอก เบอร์เกอร์ข้าวกล้องงอก (Shoichi et al., 2004)

ภาพที่ 2-2 ข้าวกล้องที่ผ่านการงอก
ที่มา : ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี (2551)

สารกาบา (GABA) เป็นกรดอะมิโนที่เกิดจากกระบวนการ decaboxylation ของกรดกลูตามิก (glutamic acid) จากส่วนจมูกข้าว สารกาบามีความสำคัญในการทำหน้าที่เป็น สารสื่อประสาท (neurotransmitter) ในประสาทส่วนกลาง และยังทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองเมื่อถูกกระตุ้น ช่วยให้สมองผ่อนคลาย และนอนหลับสบาย ทำหน้าที่กระตุ้นต่อมไร้ท่อ (anterior pituitary gland) ที่ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนช่วยในการเจริญเติบโต (HGH) ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อทำให้กล้ามเนื้อกระชับ และสร้างสาร lipotropic ป้องกันการสะสมไขมันประเภท LDL ในกระแสเลือด สารกาบายังมีผลกระตุ้นฮอร์โมน ทำให้ระดับฮอร์โมนสม่ำเสมอ ช่วยชะลอความแก่และยังขับเอนไซม์ขจัดสารพิษออกจากร่างกาย ควบคุมระดับน้ำตาลและพลาสมาโคเลสเตอรอลในกระแสเลือด ทำให้ระบบเลือดหมุนเวียนดี ลดความดันโลหิตลง กระตุ้นการขับถ่ายน้ำดีสู่ลำไส้เล็กเพื่อสลายไขมัน ป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ และช่วยให้สมองขับสารเอนโดรฟินออกมา การที่ร่างกายได้รับสารกาบาจากเมล็ดข้าวงอก จะช่วยป้องกันการเป็นโรคสมองเสื่อม หรืออัลไซเมอร์

โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ โรคลมชัก โรคความดันโลหิตสูง เบาหวาน และมะเร็งลำไส้ใหญ่ (บุษยา รัตนสุภา, 2551) ซึ่งปริมาณสารกาบาที่พบในข้าวกล้องงอกจะมีปริมาณมากกว่าในข้าวกล้องที่ไม่ได้งอกแสดงดังตารางที่ 1 และในข้าวกล้องงอกยังมีสารอาหารชนิดต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายของผู้บริโภคแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบปริมาณ สาร GABA ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกในพันธุ์ข้าวต่างๆ

พันธุ์ข้าว	ปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้อง (mg/100 g)	ปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอก (mg/100 g)	ปริมาณสาร GABA % เพิ่มขึ้น
ข้าวหอมมะลิ 105	45.20	95.60	111.50
ข้าวหอมมะลิแดง	59.27	82.13	38.56
ข้าวหอมนิล	73.13	116.00	58.62

ที่มา : สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (2552)

ตารางที่ 2-2 คุณประโยชน์ของสารอาหารที่พบในข้าวกล้องงอก

สารอาหาร	คุณประโยชน์
กาบา (GABA)	รักษาโรคเกี่ยวกับระบบประสาทต่างๆ เช่น โรควิตกกังวล โรค นอนไม่หลับ โรคลมชัก นอกจากนี้สาร GABA ยังควบคุมระดับฮอร์โมนให้มีความสม่ำเสมอ ช่วยชะลอความแก่ ขจัดสารพิษออกจากร่างกายควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ทำให้เลือดไหลหมุนเวียนสะดวก และลดความดันโลหิต กระตุ้นการขับถ่ายน้ำดีสู่ลำไส้เพื่อสลายไขมัน ป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ และช่วยขับสารแห่งความสุข
เส้นใยอาหาร (Food fiber)	บรรเทาท้องผูก ป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด
อิโนซิทอล (Inositols)	กระตุ้นการเผาผลาญไขมัน ป้องกันไขมันพอกตับ ป้องกันภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง
Ferulic acid	มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการสร้างเม็ดสีเมลานิน
กรดไฟติก (Phytic acid)	มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ ป้องกันการจับกลุ่มของเกร็ดเลือด
วิตามินอี (Vitamin E)	มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ
แมกนีเซียม (Magnesium)	ป้องกันโรคเกี่ยวกับหัวใจ
โปแตสเซียม (Potassium)	ลดความดันโลหิต
สังกะสี (Zinc)	กระตุ้นการทำงานของระบบสืบพันธุ์ ป้องกันภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง
g-Oryzanol	มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันผิวเหี่ยว ควบคุมระดับโคเลสเตอรอล
Prolylendopeptidase inhibitor	ป้องกันโรคอัลไซเมอร์

ที่มา : Kayahara *et al.*, 2000

4. ผลิตภัณฑ์ข้าวเคลือบและเทคนิคในการเคลือบข้าว

ข้าวที่ผ่านการขัดสีหรือข้าวสาร(polished หรือmilled rice) มีคุณค่าทางโภชนาการน้อย ถึงแม้ว่าข้าวสารโดยเฉพาะข้าวขาวดอกมะลิเป็นที่นิยมบริโภคกันมากเนื่องจากมีกลิ่นหอม แต่ทั้งกลิ่นคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมีลดลงในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคได้คำนึงถึงสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารโดยการเคลือบด้วยวิตามิน เกลือแร่ และสารปรุงแต่งกลิ่นรสหรือสารให้ความหอม(flavor) หลังการผ่านการขัดสีข้าวจึงเป็นวิธีการหนึ่ง ซึ่งวิธีการนี้ได้มีการพัฒนาในหลายประเทศ(Juliano,1993) ข้าวเคลือบด้วยสารปรุงแต่งกลิ่นรส (encapsulated flavoring materials) เช่น วานิลลา เป็นต้น เป็นที่รู้จักในหลายประเทศในช่วยการหุงต้มสารเคลือบหลอมละลายและปลดปล่อยสารปรุงแต่งกลิ่นรสออกมา แต่วิธีการแบบดั้งเดิมนี้ให้ผลไม่ดีเท่าที่ควรจึงจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการหรืออาจต้องใช้ในรูปอื่นๆ นอกจากนี้สัดส่วนของข้าวต่อปริมาณสารเคลือบมีความสำคัญเช่นกัน (Nibler and Roseman,1970)

แนวทางการเพิ่มคุณค่าข้าวในท้องตลาดโดยทั่วไปมีสองวิธีการคือ powder และ grain มีวิธีการดังนี้

1) วิธี powder ทำโดยการนำเอาของผสมวิตามินบีในรูปของแป้งมาผสมก่อนประกอบด้วยไทอะมีน ไรโบเฟลวิน ไนอะซีน หรือไนซีนาไมด์(nicinamide) และของผสมธาตุเหล็กได้แก่ ferric orthophosphate-white iron, ferric sulfate yellow iron สำหรับ ferric orthophosphate ควรเพิ่มลงในข้าวด้วยเพราะไม่ละลายน้ำและให้สีขาวด้วย (Hoffpauer,1992) สำหรับการทำข้าวนึ่งการเติมของผสมจำพวกวิตามินทำหลังจากการขัดสีด้วยการใช้ความร้อนให้ได้ความร้อนและความชื้นที่เหมาะสมเพื่อทำให้ของผสมวิตามินที่เติมเกาะติดกับเมล็ดข้าวได้ โดยทั่วไปข้าวมีความชื้น(moisture content) ประมาณร้อยละ 13 แต่ในการเคลือบทำให้ข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มความชื้นที่ผิวหน้าของข้าว เพื่อให้ติดกับสารเคลือบ (Nibler และ Roseman,1970) วิธีการทำได้โดยการผสมข้าวกับสารเคลือบ ซึ่งมีลักษณะแห้ง วิธีการนี้ไม่มีผลทำให้ข้าวเกิดเจล (gelatinization) ในระหว่างกระบวนการผลิตทั้งระหว่างการให้ความชื้น (moistening) และการผสม (mixing) ทำให้สารเคลือบเกาะติดที่ผิวหน้าของข้าวที่เปียกชื้นที่อุณหภูมิปกติ หลังจากนั้นข้าวเคลือบที่ได้นำไปทำแห้งด้วยวิธีต่างๆ วิธีการแบบ powder เป็นวิธีที่มีราคาถูกที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ แต่มีข้อเสียคือสูญเสียแร่ธาตุได้ง่าย เมื่อนำมาซาวน้ำก่อนการหุง เป็นปริมาณร้อยละ 20-100 ต่อสารผสมที่เติม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ และเวลาที่ใช้ในการหุง (Hoffpauer, 1992)

2) วิธี grain หรือที่เรียกกันในวงการอุตสาหกรรมคือ วิธี premix เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากกว่าวิธีการอื่นๆ ทำโดยการเติมวิตามินและแร่ธาตุลงบนข้าวแล้วมักเคลือบด้วยสารที่ไม่ละลาย

น้ำ หรืออาจกล่าวได้ว่า การทำข้าวพรีมิกซ์ได้ใช้เทคนิคการเคลือบการเคลือบสารอาหารลงบนผิวเมล็ดข้าวและเคลือบสารป้องกันการสูญเสียสารอาหารลงไปบนเมล็ดข้าวที่เสริมสารอาหารแล้วอีกครั้ง จากนั้นนำข้าวพรีมิกซ์ผสมกับข้าวขาวปกติในอัตราส่วนที่ทำให้ได้ได้ปริมาณสารอาหารที่ต้องการ ดังนั้นวิตามินและแร่ธาตุหรือสารเคลือบลงบนเมล็ดข้าวจะไม่สูญเสียไปเมื่อนำมาซาวน้ำ ทำให้วิธีนี้จึงเป็นวิธีที่สามารถรักษาคุณค่าของสารอาหารที่เติมลงไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิธีนี้ส่วนมากนำเอาข้าวส่วนที่เพิ่มสารอาหารแล้วมาผสมเข้ากับข้าวที่ไม่ได้เพิ่มเพื่อทำให้ได้สินค้าที่มีปริมาณของสารอาหารในระดับที่ต้องการ และโดยทั่วไปมักผสมปริมาณข้าวเพิ่มสารอาหารต่อข้าวไม่ได้เพิ่ม เท่ากับ 1 ต่อ 200 เทคนิคการเคลือบข้าวด้วยวิธีนี้รวบรวมได้ดังนี้

2.1) Fciger Method วิธีนี้จะผสมเมล็ดข้าวสารกับสารละลายของไทอามีน ไนอะซิน และเกลือแร่ที่ละลายน้ำได้ดี จากนั้นนำไปทำแห้งแล้วเคลือบด้วยสารคอลลอยด์ (colloid) ที่เกิดเป็นเยื่อแผ่นบาง ได้เพื่อป้องกันการสูญเสียสารอาหารจากการล้างข้าวก่อนการหุงต้ม ซึ่งฟิล์มนี้จะสลายตัวด้วยความร้อนขณะหุง ข้าวที่ได้จะมีความเข้มข้นของวิตามินและเกลือแร่สูง ดังนั้นจึงนำไปผสมกับข้าวสารปกติในอัตราส่วน 1 ต่อ 100 ข้าวเสริมวิตามินที่ได้จากวิธีการนี้เมื่อล้างข้าวจะสูญเสีย ไทอะมีน และไนอาซินร้อยละ 13.5 และ 14.1 ตามลำดับ (Grist,1975)

2.2) Hoffman-La Roche process วิธีนี้ได้มีการทดลองที่เมือง Bataan ประเทศฟิลิปินส์ ในปีค.ศ. 1948-1950 ซึ่งข้าวเสริมวิตามินที่ผลิตโดยวิธีนี้ช่วยลดการเสียชีวิตด้วยโรคเหน็บชา (beri-beri) ลงได้มาก (Brooh,1972) โดยนำข้าวสารใส่ถังรูปทรงกระบอกที่วางตามแนวนอน ปล่อยให้ถังหมุนช้าๆ จากนั้นพ่นส่วนผสมของสารละลายกรดซัลฟูริก (sulfuric acid) กับไทอะมีน และ ไนอาซิน ลงบนผิวของเมล็ดข้าวสาร ใช้ลมร้อนเป่าให้ข้าวแห้ง จากนั้นเคลือบสารป้องกันการสูญเสียวิตามินที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำเย็นแต่ละลายน้ำที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส ซึ่งประกอบด้วย สารละลายเอทานอล (ethanol) หรือไอโซโพรพานอล (isopropanol)ของซีน กรดไขมันคือ กรดปาล์มิติค (plamitic acid) กรดสเตียริค (stearic acid) และกรดไบอีติค (abietic acid)ลงไปครึ่งหนึ่งก่อน เมื่อทำแห้งแล้วเติมส่วนผสมของเฟอร์ริกโรฟอสเฟตกับทาล์ค (talc)เพื่อไม่ให้เมล็ดข้าวเกาะรวมกัน จากนั้นเคลือบสารป้องกันที่เหลืออยู่อีกชั้นหนึ่งแล้วทำแห้งด้วยลมร้อน ข้าวพรีมิกซ์ที่ผลิตได้นี้จะนำไปผสมกับข้าวสารปกติในอัตราส่วน 1 ต่อ 199 จะได้ข้าวเสริมวิตามินที่มีไทอะมีน ไนอะซิน และ เหล็กปริมาณ 2 16 และ 13 มิลลิกรัมต่อข้าว 454 กรัม ตามลำดับ (Misuki and Yasumatsu,1985)

2.3) Merck premix process เป็นวิธีคิดค้นโดยบริษัท Merck ซึ่งกระทรวงกลาโหมของแห่งสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ว่าจ้างการผลิตข้าวเสริมวิตามินนี้ให้แก่กองทัพของจีน ในปีค.ศ. 1985 โดยมีกระบวนการผลิตคือ นำข้าวสารใส่รูปถังทรงกระบอกที่วางตามแนวนอน

ที่หมุนอย่างช้าๆจากนั้นพ่นด้วนสารละลายอะซิโตน (acetone) และน้ำซึ่งละลายไทอามีน ไนอะซินาไมด์ เฟอร์ริกออร์โทฟอสเฟต และเอทิลเซลลูโลส (ethylcellulose) จากนั้นใช้ลมเป่าให้ข้าวแห้ง แล้วเคลือบทับด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ของคอนเฟคชันเนอรี่ เชลแลค (shellac) และผงทาล์ค (Brooke,1972)

2.4) RCL process บริษัท สหกรณ์ผู้ปลูกข้าว (Ricegrowers CO-operative Limmited)ประเทศออสเตรเลีย ได้ปรับปรุงวิธี Hoffman-La Roche process ทำโดยละลายวิตามินในกรดเจือจาง และทำให้เกลือเฟอร์ริกไพโรฟอสเฟตกระจายตัวในสารละลายของวิตามินในกรดเคลือบบนผิวเมล็ดข้าวสารแล้วทำให้แห้ง วิธีนี้ขั้นตอนการผลิตง่าย คือมีเพียง 4 ขั้นตอน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Hoffman-La Roche process ซึ่งมีถึง 13 ขั้นตอน ผลิตได้เร็วกว่าและใช้สารเคมีน้อยกว่า ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้หลายเท่า วิธี RCL process จะกระจายสารเฟอร์ริกไพโรฟอสเฟตในสารละลายกรดเจือจางก่อน แล้วจึงฉีดพ่นลงบนข้าวในถังผสม เพื่อให้ได้กรดเปลี่ยนเป็นสตาร์ชที่ผิวเป็นน้ำตาลซูโครสบนผิวเมล็ดข้าวในช่วงเวลาที่เหมาะสม และดูดซับสารอาหารเข้าไปในเมล็ดข้าวและจับยึดเหล็กเอาไว้ภายในชั้นของน้ำตาลที่เกิดจากการย่อยของกรด วิธีHoffman-La Roche process และ Merck premix process จำเป็นต้องใช้สารพวกกัม (gum)หรือเรซิน(resin) เพื่อยึดเกลือเฟอร์ริกไพโรฟอสเฟต เมื่อนำข้าวพรีมิกซ์ไปผสมกับข้าวสารปกติในอัตราส่วน 1 ต่อ 200 จะมีปริมาณสารอาหาร คือ ไทอะมีน 3.5 มิลลิกรัม ไนอะซิน 50 มิลลิกรัม และเหล็ก 20 มิลลิกรัม ต่อกรัม

2.5) Soaking method เป็นวิธีการแช่ข้าวแบบญี่ปุ่น ชาวญี่ปุ่นได้ผลิตข้าวเสริมวิตามินวิธีดั้งเดิมโดยแช่เมล็ดข้าวสารในสารละลายกรดอะซิติก (acetic acid) เข้มข้นร้อยละ 1 กับไทอะมีนไฮโดรคอลไรด์ไว้นานระยะหนึ่ง รินน้ำทิ้งไปแล้วนำข้าวมานึ่งเพื่อให้ข้าวเกิดเจลาติไนซ์บางส่วน แล้วทำให้แห้งเพื่อให้สูญเสียวิตามินจากการล้างและหุงต้มน้อยที่สุด เมล็ดข้าวพรีมิกซ์ที่ได้จะนำไปผสมกับข้าวสารปกติ ในอัตราส่วน 1 ต่อ 200 ก็จะได้ข้าวเสริมวิตามิน (Brooke,1972)

2.6) Microencapsulate method การเคลือบโดยวิธีนี้ มีหลายกระบวนการด้วยกัน โดยกระบวนการเคลือบกลิ่นสารเติมแต่งกลิ่นรส (flavoring agent) และสารอาหารต่างๆ ที่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตอาหารหรือยาเพื่อให้ติดตามทนทาน ได้แก่ การ wrapping , coating, dipping และ spraying โดยใช้เครื่องเช่น coating reel, spouted bed, centrifugal เป็นต้น (Ramos *et al.*, 1988; Gennadios and Weller,1990) กระบวนการเคลือบโดยใช้สเปาเต็ดเบดเป็นการใช้ลมเป่าให้วัตถุดิบลอยตัวจากทางด้านล่างของเบด และพ่นสารที่ต้องการเคลือบให้ผ่านหัวฉีด(nozzle) ในขณะที่วัตถุดิบกำลังลอยตัวและเป่าให้แห้งด้วยลมร้อน ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการทำแห้ง พร้อมกับ

การเคลือบในเวลาเดียวกัน ซึ่งรวมทั้งกลิ่นยังเป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งของการผลิตอาหารเพื่อช่วยให้ผู้บริโภคเกิดการยอมรับผลิตภัณฑ์ทางอาหาร แต่เนื่องมาจากการเก็บรักษากลิ่นของการผลิตอาหารในคงอยู่ในผลิตภัณฑ์ทางอาหารนั้น โดยทั่วไปแล้วมีข้อจำกัด คือ สารที่สามารถให้กลิ่นเหล่านี้มีน้ำหนักโมเลกุลที่ต่ำ ซึ่งเป็นผลเชื่อมโยงทำให้สารเหล่านี้เสื่อมสลายไปได้ง่าย และเป็นองค์ประกอบที่ไม่คงทน เมื่อถูกความร้อนหรือแสงแดดก็สามารถระเหยได้ง่าย (Gouin, 2004) ดังนั้นในวงการอุตสาหกรรมทางด้านการผลิตอาหารจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการนำวิธี encapsulation มาใช้ในการเก็บและรักษากลิ่นและสารต่างๆให้คงทน เพื่อให้องค์ประกอบของสารที่สามารถให้กลิ่นและคุณค่าทางอาหารได้นั้นมีความคงทนอยู่ภายในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ทำไดโดยการเคลือบหรือปกคลุมสารประกอบที่ให้กลิ่นและคุณค่าได้ ด้วยสารอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติที่เหนียวและคงตัวรวมทั้งมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมมากกว่าสารที่สามารถให้กลิ่นได้ โดยมีหลักการ control release (Pothakamury และ Barbosa-Canovas, 1995) วิธีการ encapsulation นั้นมีหลากหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมได้แก่ วิธี encapsulation โดยใช้ spray drying ซึ่งทำให้โดยการใช้ความร้อนใน drying chamber ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของๆผสมระหว่างสารให้กลิ่นและสารที่นำมาปกคลุม (emulsion) ซึ่งเป็นของเหลวในตอนแรก ให้เป็นของแข็งที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด โดยผลิตภัณฑ์ลักษณะผงที่ได้นั้น ทางอุตสาหกรรมในการผลิตอาหารสามารถนำไปใช้การให้กลิ่นรสต่อไป

5. ชนิดของสารเคลือบ

สารที่นิยมนำมาใช้เคลือบได้แก่ ลิพิด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และสารเคลือบผสม (Murray *et al.,* 1971; Kester and Fennema,1986; Gennadios et al.,1990) แต่ในโครงงานวิจัยนี้ได้ใช้สารเคลือบประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ เพคติน และแป้งมันสำปะหลัง

สารเคลือบประเภทคาร์โบไฮเดรตที่นิยมใช้ ได้แก่ แป้ง และอนุพันธ์ อัลจีเนต (alginates) อนุพันธ์ของเซลลูโลสคาราจีแนน ยางที่ได้จากพืชและจุลินทรีย์ ไคโตซาน และ เพคติน (pectin) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างเป็น hydrophilic และมีโมเลกุลที่เป็นสายยาว สามารถละลายน้ำได้ดี ทำให้โครงสร้างฟิล์มเหนียวข้น และมีคุณสมบัติที่ดีอีกหลายประการ ได้แก่ ความแข็ง (hardness) ความกรอบ (crispness) ความแน่น (compactness) ความข้น (thickening) ความหนืด (viscosity) ความเหนียว (adhesiveness) ความสารถอยู่ในรูปของเจล (gel-forming ability) และให้ความรู้สึกเมื่อเข้าปาก (mouthfeel) และประการสำคัญ คือ เป็นวัตถุดิบที่มีต้นทุนต่ำ หาได้ง่าย และไม่เป็นพิษ (Nisperos-Carriedo,1994) อีกทั้งฟิล์มที่ได้ยังมีคุณสมบัติในการลดการแพร่ผ่านของออกซิเจนและสามารถเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากฟิล์มคาร์โบไฮเดรตละลายน้ำ จึงช่วยลดอัตรา

การหายใจ เหมาะสำหรับเคลือบผักและผลไม้ ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น ลักษณะของฟิล์มชนิดนี้มีความหนืดและผิวเรียบมัน สีของฟิล์มจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ฟิล์มชนิดนี้มีคุณสมบัติในการป้องกันจุลินทรีย์ และสามารถป้องกันปฏิกิริยาแอนติออกซิแดนท์ อีกทั้งสามารถลดการเน่าเสียและเพิ่มคุณภาพของผลผลิต หรือเติมสารปรุงแต่งเพื่อช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพและช่วยในการขนส่งรวมทั้งเพิ่มคุณภาพของอาหารและเพิ่มความมันวาวของผิวหน้าผลิตภัณฑ์ (Nussinovitch and Meytal,1998) แต่ฟิล์มคาร์โบไฮเดรตมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถป้องกันความชื้น เนื่องจากโครงสร้างที่เป็น hydrophilic compound อย่างไรก็ตามถ้าใช้ในรูปของเจล (gel)ที่ยังไม่ทำแห้ง ฟิล์มนี้สามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ เช่น ในผลิตภัณฑ์และ soft white-brined cheeses ซึ่งสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ในระยะเวลาสั้นๆ เจลนี้มีหน้าที่คล้ายเป็นสารป้องกันการเคลื่อนที่ของความชื้น (Kester and Fennema,1986; Kampf, 1997; 2000)

5.1 เพคติน

เพคตินเป็นพอลิแซคคาร์ไรด์ (polysaccharide) ที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช (Nisperos-Carriedo,1994) ตามปกติมักพบบริเวณเปลือกของพืชตระกูลส้มและแอปเปิ้ล (Sanderson,1981) โครงสร้างของเพคตินส่วนใหญ่ประกอบด้วยสายโซ่ galacturonic acid ต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 และมีการแทนที่ (degree of esterification; DE) ด้วยกลุ่ม methyl ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติการละลาย และการเกิดเจลเพคตินที่มี DE สูงกว่าร้อยละ 50 เป็น high-methoxyl pectins และ DE ต่ำกว่าร้อยละ 50 เป็นlow-methoxyl pectins (Sanderson, 1981; Kester และ Fennema,1986) เช่นเดียวกับ cellulose polymer ซึ่งมีสายโซ่ที่ยาว และมีผลต่อการละลายความหนืด เมื่อนำมาใช้เป็นฟิล์มเคลือบให้ความมันวาว ผิวหน้าไม่เหนียวติด และ low-methoxyl pectins สามารถเชื่อมพันธะกับแคลเซียมไอออน (calciumions) เพื่อให้เกิดเป็นเจล (Kester และ Fennema, 1986) สารเคลือบที่ใช้เพคตินเป็นวัตถุดิบมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูง เนื่องจากเป็นhydrophilic (Schultz และคณะ,1948) การปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มชนิดนี้ทำโดยการเติมพาราฟิน หรือขี้ผึ้งลงไป

5.2 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลังได้มาจากส่วนหัวหรือส่วนรากของมันสำปะหลัง ซึ่งประกอบด้วยสตาร์ชที่เป็นโฮโมพอลีแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งที่พบมากในพืช ภายในเม็ดสตาร์ชประกอบด้วยโพลีเมอร์กลูโคซิดิกสองชนิดผสมกัน คือ อะไมโลสซึ่งเป็นโพลีเมอร์สายยาวของ α-(1→ 4) กลูโคซิดิก และอะไมโลเพคติน ซึ่งเป็นส่ายแขนงที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และมีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่ต่อกันด้วยพันธะ α-(1 → 4) กลูโคซิดิกเป็นสายตรงและมีพันธะ α-(1→ 6) กลูโคซิดิกเป็นสายแขนง อะไมโลสและอะไมโลเพคตินที่องค์ประกอบในสตาร์ชแต่ละชนิด โดยแตกต่างกันที่น้ำหนัก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 03 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 248195
เลขเรียกหนังสือ

โมเลกุล degree of polymerization ของแต่ละสาย ตำแหน่งที่อยู่ในเมล็ดสตาร์ช และสัดส่วนของอะไมโลส ต่ออะไมโลเพคติน ดังนั้นสมบัติของสตาร์ชที่ได้จากพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน (นิธิยา รัตนาปนนท์ , 2539) อะไมโลสเป็นโพลีเมอร์เส้นตรง และมีคุณลักษณะที่สามารถทำเป็นฟิล์มได้ในตัวเอง (self supporting film) แป้งที่มีอะไมโลสสูง สามารถเกิดแผ่นฟิล์มบางที่ยืดหยุ่นและแข็งได้ ทั้งยังมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี มักใช้ทำเป็นวัสดุห่อหุ้มอาหาร ส่วนแป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูงนำไปผลิตฟิล์มได้ไม่ค่อยดี ดังนั้นจึงต้อมีการแยกส่วน (fractionation) อะไมโลสตาร์ชเพื่อนำมาผลิตเป็นฟิล์มและสารเคลือบ ลักษณะของฟิล์มอะไมโลสนี้ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส ไม่มีพิษ แข็งแรง ยืดหยุ่น เป็นมันวาว มีคุณสมบัติในการป้องงกันการซึมผ่านของไขมันได้สูงและยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านแผ่นฟิล์มได้ต่ำ แต่มีข้อเสียคือ ในการละลายอะไมโลส เพื่อผลิตเป็นฟิล์มต้องใช้อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันบรรยากาศ (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

แป้งมันสำปะหลังไม่มีกลิ่น และรส (odorless) ทำให้สามารถนำไปใช้ได้กับอุตสาหกรรมการแต่งสี แต่งกลิ่นได้อย่างดี เช่น อุตสาหกรรมการผลิตขนม อาหาร เพราะความสะดวกสบายในการผลิตผสมกลิ่นและรสลงไปได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่จำเป็นต้องกำจัดกลิ่นและรสของแป้งออกไปก่อน แป้งมันสำปะหลัง(ร้อยละ 1) มีค่าประมาณร้อยละ40-70 เมื่อทำการวัดเทียบกับ standard ด้วยเครื่อง light transmittance ที่มีความยาวคลื่นแสง 650 นาโนเมตร ฉะนั้นแป้งมันสำปะหลังจึงมีความใส และเหมาะสมสำหรับการใช้ในด้านการใส่สีผสมลงในอาหาร แป้งมันสำปะหลังมีความเหนียว (stickiness) เนื่องด้วยคุณลักษณะของแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่มีอัตราส่วนของ อะไมโลเพคติน มีส่วนสำคัญที่ทำให้น้ำแป้งมีความเหนียว และแป้งมันสำปะหลังยังมี peak viscosity สูงที่มาก ทั้งในทางตรงข้ามยังมีการ retrogradation น้อยด้วย ซึ่งทำให้เจลแป้งที่ได้มีคุณสมบัติ freeze thaw-stability ที่ดีมาก สำหรับในแป้งมันสำปะหลังมีช่วงอุณหภูมิเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส คุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่เป็นเจล มีความใส ให้ความหนืดสูง เนื้อสัมผัสยาว มีความต้านทานต่อแรงเสียดสีต่ำ และอัตราการคืนตัวของแป้งต่ำ (ปนัดดา พวงเกษม,2540)

6. สมุนไพรที่ใช้ในการเคลือบข้าว

สมุนไพร หมายถึงยาที่ได้จากพืช สัตว์ และแร่ธาตุ ซึ่งยังมิได้ผสมหรือแปรสภาพ เช่น พืชก็ยังคงเป็นส่วนต่างๆ ของพื้นนั้นๆ เช่น ราก ลำต้น ดอก ใบ ผล เป็นต้น เป็นการนำเอาส่วนต่างๆ ของพืชนั้นมาใช้ประโยชน์ ทั้งทางด้านคุณค่าทางอาหาร และคุณค่าทางยา ควบคู่กันไปสมุนไพรจึงเป็นพืชที่มีสรรพคุณในการรักษาโรค หรืออาการเจ็บป่วยต่าง ๆ จึงมีคุณลักษณะที่มีความเฉพาะ ทั้งกลิ่น คุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี รวมทั้งสรรพคุณ และประโยชน์ต่างๆทางยามากมาย ซึ่งเป็น

เอกลักษณ์เฉพาะของสมุนไพรไทย (คมสัน หุตะแพทย์, 2543) สำหรับสมุนไพรที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการเคลือบข้าวกล้องงอกในโครงงานวิจัยนี้ ได้แก่ ใบบัวบก ใบมะรุม ขมิ้นชัน และดอกคำฝอย ซึ่งเป็นสมุนไพรที่หาได้ภายในประเทศไทย มีรายละเอียดดังนี้

6.1 ใบบัวบก (มยุรี ตันติสิระ, 2550)

ใบบัวบกมีชื่อพื้นบ้านว่า ผักหนอก (ภาคเหนือและภาคอิสาน) ผักแว่น (ภาคใต้) ตามที่เรียกกันในแต่ละท้องถิ่น ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Centelia asiatica (Linn) Urban* สำหรับการขยายพันธุ์ของใบบัวบก โดยเมล็ดและไหล่ปักชำ ตัดแยกไหล่ที่มีต้นอ่อน และมีรากออก เป็นพืชขึ้นง่ายปลูกได้ตลอดทั้งปี ใบบัวบก เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็กที่ขึ้นบนดิน แต่มีลักษณะใบคล้ายใบบัวแสดงดังภาพที่ 3

ภาพที่ 2-3 ใบบัวบก

ที่มา: อุดมการ อินทุใส และปาริชาติ ทะนานแก้ว (2549)

โดยทั่วไปเป็นที่รู้จักกันดีว่าน้ำใบบัวบกช่วยแก้ช้ำใน และยังมีสรรพคุณอื่นๆอีกมากมาย ในใบบัวบกประกอบด้วยสาระสำคัญหลายๆอย่างด้วยกัน เช่น ไตรเตอพีนอยด์ (อะซิเอติโคไซ) บราโมไซ บรามิโนไซ มาดิแคสโซไซ (เป็นไกลโคไซด์ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ) กรดมาดิแคสซิค ไทอะมิน(วิตามินบี 1) ไรโบฟลาวิน (วิตามินบี 2) ไพริดอกซิน (วิตามินบี6) วิตามินเค กลูตาเมต ซีริน ทรีโอนีน อลานีน ไลซีน ฮีสทีดิน แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม

สารไตรเตอพีนอยด์ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างคอลลาเจน การเปรียบเสมือนร่างแหที่ประกอบกันเป็นโครงสร้างหลักของเซลล์ในส่วนต่างๆของร่างกาย และยังเป็นผนังที่ห่อหุ้มล้อมรอบหลอดเลือดอีกด้วย ดังนั้นใบบัวบกจึงสามารถลดความดันเลือดได้เนื่องจากจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้แก่เส้นเลือด ใบบัวบกจึงมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้เป็นเบาหวานเพราะจะช่วยเพิ่มการไหลเวียนผ่านเส้นเลือดฝอย การแลกเปลี่ยนออกซิเจนจึงช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดการบวม เส้นประสาทเสื่อม เหน็บชา แขนขาอ่อนแรง นอกจากนี้ใบบัวบกทำให้ผิวหนังเต่งตึงและมีความยืดหยุ่นขึ้น ตลอดจนช่วยป้องกันการเกิดแผล เนื่องจากใบบัวบกจะควบคุมไม่ให้เกิดการ

สร้างคอลลาเจนบริเวณแผลมากจนเกินไป ดังนั้นจึงนิยมนำใบบัวบกไปใช้ในการรักษาแผลต่างๆ อาทิ เช่น แผลผ่าตัด การปลูกถ่ายผิวหนัง แผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก แผลเรื้อรัง หรือแม้แต่แผลจากโรคเรื้อน (สุวิมล โต่นวุธ, 2553)

จาการศึกษาผลของการใช้ใบบัวบกเพื่อรักษาโรคเรื้อน และวัณโรคที่ผิวหนังพบว่าสารอะซิเอโคไซ ในใบบัวบกสามารถทำลายสารเคลือบผิวที่หุ้มแบคทีเรีย (ปกติภูมิคุ้มกันไม่สามารถทำลายสารเคลือบผิวตัวนี้ได้) ทำให้ภูมิคุ้มกันเข้าไปจัดการกับเชื้อแบคทีเรียได้โดยตรง ใบบัวบกจะช่วยลดขนาดของเส้นเลือดขอด เนื่องจากใบบัวบกจะทำให้คอลลาเจนที่หุ้มรอบเส้นเลือดดำยืดหยุ่นมากขึ้น ทำให้การไหลเวียนผ่านเส้นเลือดดำไปได้สะดวกมากขึ้น

การรับประทานใบบัวบก ไม่ว่าจะเป็นการับประทานสด เป็นผักจิ้มน้ำพริก หรือคั้นน้ำจะช่วยให้ผ่อนคลายจากความกังวลและความเครียดได้ เนื่องจากในใบบัวบกประกอบด้วยวิตามินบี1 บี2 และบี 6 ในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังทำให้ร่างกายหลั่ง GABA (gamma-aminobutyric acid) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จากการศึกษายังพบว่า การรับประทานใบบัวบกยังช่วยกำจัดสารพิษซึ่งสะสมในสมองและระบบประสาท ตลอดจนช่วยกำจัดสารพิษตกค้างในร่างกายประเภทโลหะหนักและยาต่างๆได้เป็นอย่างดี จากอดีตที่ผ่านมีการใช้ใบบัวบกเพื่อรักษาความผิดปกติที่ตับและไต เช่นตับอักเสบ โรคตับที่เกิดจากการดื่มสุรา ข้ออักเสบ รูมาไทติส รำมะนาด (เหงือกอักเสบ) และจากการค้นพบเมื่อไม่นานมานี้พบว่าในใบบัวบกยังมีสารที่เป็นฤทธิ์ต้านมะเร็งลำไส้ใหญ่อีกด้วย

จากการทดสอบการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากใบบัวบก ต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ในหนูขาว พบว่า สารสกัดจากใบบัวบกมีฤทธิ์ป้องกัน และยับยั้งการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้อย่างดี โดยกลุ่มหนูขาวที่ถูกกระตุ้นให้เป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ หลังจากการได้รับสารก่อมะเร็งปนเปื้อนในอาหารประเภทปิ้ง-ย่าง ตรวจพบจำนวนเซลล์ก่อมะเร็งขนาดใหญ่ และมีเซลล์มะเร็ง ที่มีลักษณะเป็นเซลล์ร้าย และลุกลาม ขณะที่กลุ่มหนูขาวซึ่งได้รับสารสกัดจากใบบัวบก ไม่ว่าก่อนหรือหลังถูกกระตุ้นให้เป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ พบจำนวนเซลล์ก่อมะเร็งลดลงถึง 60% โดยเซลล์มีขนาดเล็กกว่า และยังไม่เกิดการลุกลาม นอกจากนี้ยังพบด้วยว่า ในสารสกัดใบบัวบก มีสารสำคัญอย่างน้อยหนึ่งตัว คือ กรดอะเซียติก (Asiatic acid) ที่อาจเป็นสารออกฤทธิ์ทำให้เซลล์มะเร็งเกิดการทำลายตัวเอง

6.2 ใบมะรุม (ปฐม โสมวงศ์, 2552)

มะรุมเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางที่ถูกปลูกไว้ในบริเวณบ้านไทยมาแต่โบราณ ต้นมะรุมพบได้ทุกภาคในประเทศไทย ทางภาคเหนือเรียกว่า "ผักมะค้อนก้อม" ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียก "ผักอีฮุม หรือผักอีฮึม" ชาวกะเหรี่ยงแถบกาญจนบุรีเรียก "กาแน้งเดิง" ส่วนชานฉานแถบ

แม่ฮ่องสอนเรียก "ผักเนื้อไก่" เป็นต้น ใบมะรุมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Moringa oleifera Lam.* จัดอยู่ในวงศ์ Moringaceae. มะรุมเป็นพืชท้องถิ่นของประเทศอินเดีย ปากีสถาน บังกลาเทศ และแอฟกานิสถาน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการกระจายพันธุ์ไปสู่ประเทศฟิลิปปินส์ กัมพูชา ทวีปอเมริกา และหมู่เกาะคาริบเบียน ดังนั้น *Moringa oleifera* จึงมีชื่อท้องถิ่นหลากหลาย เช่น drumstick tree, horse radish tree, kelor tree, Shagara al Rauwaq (หมายถึง tree of purifying) และ Sohanjna

มะรุมจัดเป็นพืชที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก เพราะสามารถใช้เป็นอาหาร โดยส่วนใบดังภาพที่ 4 ผล (ฝัก) ดอก และ ผลอ่อนของมะรุมได้รับการจัดให้เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงในหลายประเทศ โดยเฉพาะในประเทศอินเดีย ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ ฮาวาย และอีกหลายประเทศในทวีปแอฟริกา มีรายงานว่าใบของมะรุมประกอบด้วยเบต้าแคโรทีน โปรตีน วิตามินซี แคลเซียมและโปแตสเซียมปริมาณสูง ซึ่งจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ดี จึงช่วยยืดอายุของอาหารที่มีไขมันปริมาณสูงได้เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระที่หลากหลาย ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ ฟีนอลลิก และแคโรทีนอยด์ ในประเทศฟิลิปปินส์ มะรุมถูกเรียกว่า mother's best friend เพราะสามารถช่วยกระตุ้นการสร้างน้ำนมในหญิงให้นมบุตรได้ และในบางครั้งก็อาจใช้สำหรับรักษาโลหิตจางด้วย นอกจากนี้ทุกส่วนของต้นมะรุมยังถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย เช่น ส่วนใบและกากเมล็ดที่เหลือจากการบีบน้ำมันนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ ใบนำมาทำปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ เนื้อไม้ให้สีย้อมสีน้ำเงิน น้ำหวานจากเกสรดอกไม้นำมาทำน้ำผึ้ง เปลือกไม้ใช้ทำเชือก หรือเนื้อไม้ใช้ทำกระดาษ เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นมะรุมยังมีคุณสมบัติทางยาอีกมากมาย เช่น ต้านการอักเสบ ขับลม แก้ไข้ แก้เจ็บคอ ลดความดัน เป็นต้น เกือบทุกส่วนของมะรุม ได้แก่ ราก เปลือกต้น ยางไม้ ใบ ผล (ฝัก) ดอก เมล็ด และน้ำมันจากเมล็ด เคยใช้เป็นยาพื้นบ้านของทวีปเอเชียใต้ เช่น ใช้รักษาอาการอักเสบและติดเชื้อ โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบทางเดินอาหาร และความผิดปกติของตับและไต น้ำมันที่สกัดจากเมล็ด (ben oil) สามารถใช้ทำอาหาร รักษาโรคปวดตามข้อ โรคเก๊าท์ รักษาโรครูมาติซัม และรักษาโรคผิวหนัง แก้ผิวแห้ง ใช้แทนยารักษาผิวให้ชุ่มชื้น รักษาโรคอันเกิดจากเชื้อรา เนื้อในเมล็ดมะรุมใช้แก้ไอได้ดี การรับประทานเนื้อในเมล็ดเป็นประจำสามารถเพิ่มภูมิต้านทานให้ร่างกายได้ ใบช่วยแก้เลือดออกตามไรฟัน แก้อักเสบ ใบสดมีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อนๆ เป็นต้น

ภาพที่ 2-4 ใบมะรุม
ที่มา: นิตยสารหมอชาวบ้าน ปีที่ 29 ฉบับที่ 338 (2550)

ใบมะรุมมีคุณค่าทางอาหารสูง เหมาะสำหรับคนทุกเพศและวัย ในบางประเทศ เช่น เซเนกาลและเฮติ บุคลากรทางการสาธารณสุขจะใช้ผงของใบมะรุมตากแห้งในการรักษาภาวะทุพลภาพในเด็กเล็ก สตรีมีครรภ์ และให้นมบุตร ใบมะรุมทั้งรูปแบบดิบ ทำให้สุกแล้ว หรือตากแห้ง มีวิตามินและเกลือแร่ปริมาณสูงมาก Fuglie รายงานว่าผงใบแห้งขนาด 8 กรัม เพียงพอสำหรับเด็กอายุ 1-3 ปี เพราะมีโปรตีน (14%) แคลเซียม (40%) เหล็ก (23%) และวิตามินเอ ซึ่งเด็กต้องการในแต่ละวัน และใบขนาด 100 กรัม สามารถให้ปริมาณแคลเซียมถึงหนึ่งในสามที่ผู้หญิงต้องการในแต่วันและยังให้ธาตุเหล็ก โปรตีน ทองแดง กำมะถัน และวิตามินบีด้วยแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2-3 คุณค่าทางโภชนาการของใบมะรุม 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหารที่ได้รับ
พลังงาน	26 แคลอรี
โปรตีน	6.7 กรัม (2 เท่าของนม)
ไขมัน	0.1 กรัม
ใยอาหาร	4.8 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	3.7 กรัม
วิตามินเอ	6,780 ไมโครกรัม (3 เท่าของแครอท)
วิตามินซี	220 มิลลิกรัม (7 เท่าของส้ม)
แคโรทีน	110 ไมโครกรัม
แคลเซียม	440 มิลลิกรัม (เกิน 3 เท่าของนม)
ฟอสฟอรัส	110 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.18 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	28 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	259 มิลลิกรัม (3 เท่าของกล้วย)

ที่มา : สุธาทิพ ภมรประวัติ (2550)

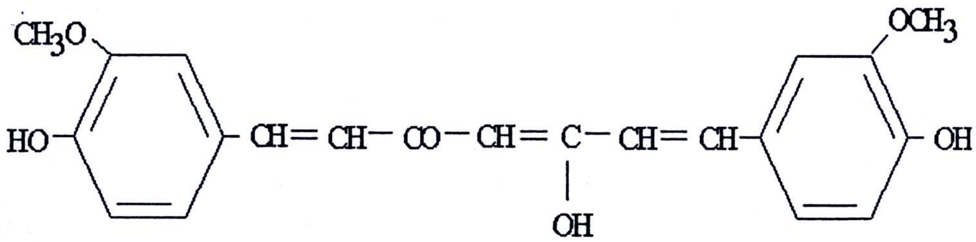
6.3 ขมิ้นชัน (ผุสดี สายชนะพันธ์, 2546)

ขมิ้นชัน เป็นสมุนไพรไทยมีตั้งแต่โบราณโดยทั่วไปแล้วเรียกว่า ขมิ้น ทางภาคใต้เรียกว่า หมิ้น ขมิ้นมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Curcuma longa Linn.*จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae. ขมิ้นเป็นพืชล้มลุกที่มีเหง้าอยู่ใต้ดิน เนื้อในของเหง้าเป็นสีเหลืองดังภาพที่ 5 มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวใบรูปเรียวยาว ลักษณะดอกออกเป็นช่อ มีก้านช่อแทงออกมาจากเหง้าโดยตรง ดอกสีขาวอมเหลือง ขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินE 80 เท่า ปัจจุบันจึงนำมาใช้ในโรคที่คาดว่าจะเกิดจากอนุมูลอิสระ เช่น โรคมะเร็ง อัลไซเมอร์ โรคหัวใจและหลอดเลือด โดยเฉพาะโรคมะเร็งนั้น มีงานวิจัยที่ช่วยยืนยันผลของขมิ้นชันในการต้านการเจริญเติบโตของมะเร็งหลายชนิดทั้ง มะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งปากมดลูก ขมิ้นชันมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

ภาพที่ 2-5 ขมิ้นชัน

ที่มา: อุดมการ อินทุใส และปาริชาติ ทะนานแก้ว (2549)

สรรพคุณ ในการบรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ และรักษาแผลในกระเพาะอาหาร ซึ่งการรักษาแผลในกระเพาะอาหารผู้ป่วยต้องได้รับขมิ้นชันติดต่อกันอย่างน้อย 4 สัปดาห์ เช่นเดียวกับยาแผนปัจจุบัน โดยขมิ้นชันมีน้ำมันหอมระเหยที่ช่วยลดแก๊สในทางเดินอาหาร ลดการหลั่งกรด เพิ่มการหลั่งของสารที่มาช่วยเคลือบทางเดินอาหาร ไม่ให้ถูกทำร้ายจากกรด มีฤทธิ์ช่วยขับน้ำดี ซึ่งน้ำดีมีความจำเป็นในกระบวนการย่อยของไขมัน แต่ในผู้ป่วยที่มีท่อน้ำดีอุดตันนั้นไม่ควรรับประทานขมิ้นชัน เพราะอาจจะทำให้น้ำดีซึ่งหลั่งออกมามากจากการรับประทานขมิ้นแล้วตกตะกอนในถุงน้ำดี อาจทำให้อุดตันมากยิ่งขึ้น ขมิ้นชันยังมีฤทธิ์ในการลดการอักเสบ โรคที่เกิดจากการอักเสบหลายชนิด เช่น โรคข้อเข่าเสื่อม โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ ก็ล้วนแล้วแต่มีประโยชน์จากการรับประทานขมิ้นชัน ขมิ้นชันยังมีคุณสมบัติในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและลดปฏิกิริยาการแพ้ อีกทั้งปัจจุบันสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาอนุญาตให้ขมิ้นชันสามารถขึ้นทะเบียนเป็นยาสามัญประจำบ้านได้แล้ว สารสำคัญในขมิ้นชัน เหง้าขมิ้นชันมีสารประกอบสำคัญ เป็นน้ำมันหอมระเหย มีสารหลายชนิด คือ Tumerone, Zingiberene, Borneol เป็นต้น และในเหง้ายังมีสารสีเหลืองส้มที่ทำให้ขมิ้นมีสีที่เรียกว่าสารกลุ่ม curcuminoid ซึ่งมีโครงสร้างเป็น diferuloylmethane และประกอบด้วยสารหลัก 3 ตัว คือ curcumin, demethoxycurcumi และ bisdemethoxycurcumin (ในบางครั้งเมื่อกล่าวถึง curcumin จะหมายถึงสาร 3 ตัวนี้รวมกัน) แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 2-6 สูตรโครงสร้างของ curcumin
ที่มา: Muhammed *et al.*, 1992

พบว่าขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหารโดยกระตุ้นการหลั่ง mucin มาเคลือบกระเพาะ มีฤทธิ์ลดการอักเสบ มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดกรดเนื่องจาก *Lactobacillus acidophilus* และ *L. plantarum* และมีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ จึงใช้ขมิ้นชันรักษาโรคแผลในกระเพาะอาหาร ในผัก ผลไม้ มีสาร antioxidant เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบตาแคโรทีน และ flavonoid ซึ่งเมื่อกินเป็นประจำจะทำให้ร่างกายแข็งแรงสามารถป้องกันโรคต่าง ๆ ที่มีสาเหตุจากการทำลายของอนุมูลอิสระ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจไขมันในเลือดสูง โรคไขข้ออักเสบ รูมาตอยด์ รวมทั้งการเสื่อมสภาพของร่างกาย ควรรับอาหารที่มี antioxidant หลาย ๆ ตัวรวมกันเพื่อช่วยเสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกัน สาร curcuminoid ในขมิ้นชันเป็นสาร antioxidant ที่ดีมีฤทธิ์ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระและสามารถจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น

6.4 ดอกคำฝอย (ผกากรอง ขวัญข้าว, 2549)

ดอกคำฝอยมีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน เช่น ดอกคำ คำยอง คำยุ่ง คำหยุม ดอกคำฝอยมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Carthamus tinctorius L.* ชื่อวงศ์ Compositae ดอกคำฝอย สามารถสามารถใช้เป็นสารให้สีเหลืองชื่อ แซฟฟลาเวอร์ เยลโลว์ (Saffower yellow) ซึ่งมีเบต้าแคโรทีน และวิตามินอี และมีสารสีแดงชื่อ คาร์เทมิน (Carthamin) ซาโพจินิน (Sapogenin)และ ซาโฟรมีนเอ (Safflomin A) เป็นสีที่ละลายน้ำได้ มักใช้ปลอมปนในหญ้าฝรั่น เนื่องจากมีสีและลักษณะที่คล้ายกันแต่มีราคาถูกกว่าหญ้าฝรั่น นิยมใช้แต่งสีอาหารที่ต้องการสีเหลืองส้ม(สมพร ภูติยานันต์.2551) ส่วนในเมล็ดคำฝอย มีน้ำมันชนิดไม่ระเหย (20–30%) ประกอบด้วยกรดไขมัน เช่น กรดไลโนเลอิก (75%) กรดเมอริสติก (myristic) ปาล์มมิติก (palmitic) และอื่นๆ ส่วนที่นำมาใช้ได้แก่ เมล็ด ดอก เกสร น้ำมันจากเกสร โดยมีสรรพคุณทางด้านสมุนไพรดังนี้ ดอกคำฝอยเป็นยาบำรุงโลหิต บำรุงประสาท แก้โรคผิวหนัง ลดไขมันในเส้นเลือด และช่วยป้องกันไขมันอุดตันในเส้นเลือดในเมล็ด

คำฝอย มีน้ำมันมาก สารในดอกคำฝอย พบว่าแก้อาการอักเสบ มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อบางตัวได้ ดอกคำฝอยใช้เป็นสีผสมอาหารได้ โดยกลีบดอกจะให้สีเหลืองส้มลักษณะของดอกคำฝอย แสดงดังภาพที่ 7

สำนักงานคณะกรรมการ

ภาพที่ 2-7 ดอกคำฝอย
ที่มา: ผกากรอง ขวัญข้าว (2549)

น้ำมันในเมล็ดของดอกคำฝอยมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่ชื่อว่า กรดไขมันไลโนเลอิค ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน และ กรดไขมันโอเลอิค ซึ่งเป็นไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) เป็นกรดไขมันที่มีธาตุคาร์บอนต่อกันด้วยพันธะคู่ จึงมีความคงตัวต่ำ หรือไม่ค่อยคงตัวเพราะพันธะคู่นี้สามารถแตกตัวเป็นพันธะเดี่ยวได้ แต่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด ซึ่งทั้งกรดโอเลอิคและไลโนเลอิคนั้นก็เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งคู่ ที่สามารถช่วยลดไขมันในเลือดได้ ทั้งนี้มีการศึกษาในหนูแล้วว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะกรดไลโนเลอิค จะช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลได้ ข้อดีอีกประการของน้ำมันดอกคำฝอยก็คือมี คุณสมบัติทนความร้อนได้สูง ดังนั้นในต่างประเทศจึงมีการนำน้ำมันดอกคำฝอยมาใช้ในการทอดและประกอบอาหารต่างๆ ดอกคำฝอยมีสรรพคุณทางยามาก มีค่าดัชนีแอนติออกซิแดนซ์ 4.88 ประโยชน์กับร่างกายในฐานะปกป้องเซลล์จากร่างกายมิให้ถูกทำลายจากอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระให้กลายเป็นสารที่ไม่มีอันตรายต่อเซลล์ร่างกาย และช่วยป้องกันหรือซ่อมแซมความเสียหายของเซลล์ร่างกายจากอนุมูลอิสระได้อีกด้วย

7. สารต้านอนุมูลอิสระ (โอภา วัชระคุปต์, 2549)

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) คือ สารประกอบที่สามารถป้องกันหรือชะลอกระบวนการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งในสมุนไพรที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้แต่ละชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระทั้งชนิดที่เหมือนและแตกต่างกัน ใบบัวบกมีสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ ไตรเตอพีนอยด์ (อะซิเอติโคซัยด์) บราโมซัยด์บรามิโนซัยด์ มาดิแคสโซซัยด์ (ซึ่งเป็นไกลโคซัยด์ที่มีฤทธิ์ต้านการ

อักเสบ) ใบมะรุมมีสารสำคัญ ได้แก่ วิตามินเอ ธาตุเหล็ก วิตามินซี แคโรทีน เป็นต้น ขมิ้นชันมีสารสำคัญ ได้แก่ curcumin วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน เป็นต้น และดอกคำฝอยมีสารสำคัญ ได้แก่ กรดไขมันไลโนเลอิค และกรดไขมันโอเลอิค ซึ่งเป็นกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัว ทั้งนี้กล่าวได้ว่าสมุนไพรทุกชนิดมีสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารสำคัญ ที่มีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มใหญ่ที่มีในพืช

กระบวนการออกซิเดชันมีได้หลายรูปแบบ เช่น กระบวนการออกซิเดชันที่ทำให้เหล็กกลายเป็นสนิม ทำให้แอปเปิ้ลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือทำให้น้ำมันพืชเหม็นหืน หรือกระบวนการออกซิเดชันที่เกิดในร่างกาย เช่น การย่อยสลายโปรตีนและไขมันจากอาหารที่กินเข้าไป มลพิษทางอากาศ การหายใจ ควันบุหรี่ รังสียูวี ล้วนทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นในร่างกายของเราซึ่งสร้างความเสียหายต่อร่างกายได้ ในความเป็นจริงไม่มีสารประกอบสารใดที่สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ทั้งหมด แต่ละกลไกอาจต้องใช้สารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันในการหยุดกระบวนการออกซิเดชัน กระบวนการออกซิเดชันเป็นกระบวนการที่สำคัญต่อร่างกาย เช่น เราใช้ออกซิเจนจากอากาศที่หายใจเข้าไปไปเผาผลาญอาหารที่ร่างกายได้รับให้ เป็นพลังงานสำหรับการทำงานของเซลล์ต่างๆ แต่ก็ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเป็นผลพลอยได้ อนุมูลอิสระต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่สำคัญในร่างกาย เช่น ไขมัน โปรตีน ดีเอ็นเอ ทำให้เกิดความเสียหายต่อโมเลกุลดังกล่าว ตัวอย่างเช่น เมื่ออนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับแอลดีแอล (LDL : low - density lipoprotein) ซึ่งเป็นโคเลสเตอรอลตัวเลว ทำให้เกิดออกซิไดซ์แอลดีแอล (oxidized LDL) ซึ่งมีหลักฐานยืนยันว่า ออกซิไดซ์แอลดีแอล เป็นสาเหตุของการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง ทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือดและเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคหัวใจ

อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายเนื่องจากมีมูลเหตุจากออกซิเจน จึงมีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า reactive oxygen species (ROS) อนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่

- ซูเปอร์ออกไซด์ แอนไอออน (superoxide anion) O_2^{-}
- ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide); H_2O_2
- ไฮดรอกซิลแรดดิเคิล (hydroxyl radical); $^{\cdot}OH$

สารต้านอนุมูลอิสระสามารถป้องกันหรือกำจัดอนุมูลอิสระได้จึงมีความสำคัญ มีงานวิจัยมากมายบ่งชี้ว่า สารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดความเสี่ยงต่อโรคโดยเฉพาะโรคเรื้อรังที่สัมพันธ์กับอาหาร เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคสมอง (เช่น อัลไซเมอร์) เป็นต้น รวมทั้งช่วยชะลอกระบวนการบางขั้นตอนที่ทำให้เกิดความแก่ โดยปกติร่างกายสามารถกำจัดอนุมูลอิสระก่อนที่มันจะทำอันตราย แต่ถ้ามีการสร้างอนุมูลอิสระเร็ว หรือมากเกินกว่าร่างกายจะกำจัดทันอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น จะสร้างความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

ร่างกายมีระบบต่อต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ วิตามินที่ร่างกายได้รับ ที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ แคโรทีนอยด์ (แหล่งกำเนิดของวิตามินเอ) วิตามินซี วิตามินอี และแร่ธาตุต่างๆ เช่น สังกะสี ซิลิเนียม และแมงกานีส โดยสารอาหารเหล่านี้ จะทำหน้าที่ร่วมกับเอ็นไซม์ในร่างกาย เพื่อป้องกันเซลล์ถูกทำลายจากอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระลดความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระได้ 2 ทาง คือ ลดการสร้างอนุมูลอิสระในร่างกาย และลดอันตรายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญที่พบในอาหารมีดังนี้

7.1 วิตามินอี (พวงพะยอม สังชม, 2544)

วิตามินอี เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดๆ ในธรรมชาติมีวิตามินอีอยู่หลายชนิด ปัจจุบันแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ไทโคฟีรอล และโทโคไทรอินอล วิตามินอีจะถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กได้ต้องอาศัยเกลือน้ำดีและไขมันช่วยในการดูดซึม วิตามินอีในร่างกายมักพบสะสมตามกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อไขมัน

บทบาทที่สำคัญของวิตามินอี คือ มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จากการศึกษามากมายแสดงให้เห็นว่า วิตามินอีช่วยป้องกันภาวะหัวใจล้มเหลว กระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกายให้ทำงานได้ดีขึ้น ยับยั้งการเจริญของเซลมะเร็ง ลดความเสียหายที่เกิดจากภาวะโรคเบาหวาน และยับยั้งการทำลายสมองซึ่งเกิดจากโรคอัลไซเมอร์

แหล่งของวิตามินอี ได้แก่ น้ำมันจากเมล็ดพืชต่างๆ เช่น เมล็ดข้าวโพด เมล็ดทานตะวัน ถั่วเหลือง ดอกคำฝอย และน้ำมันรำข้าว นอกจากนี้ยังพบในถั่วต่างๆ เนย เนื้อสัตว์ และผักที่มีสีเขียวปนเหลือง

7.2 วิตามินซี (นวลศรี รักอริยะธรรม, 2545)

วิตามินซี เป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้ ลักษณะเป็นผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า กรดแอสคอร์บิค (ascorbic acid) วิตามินซีมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมทาบอลิซึม (metabolism) ของกรดอะมิโน และทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ของปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ ในร่างกาย วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีชนิดหนึ่ง ช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายให้กำจัดเซลล์ที่ผิดปกติในร่างกาย วิตามินซียังช่วยลดปริมาณไนโตรซามีนซึ่งสารก่อเป็นมะเร็งในระบบทางเดินอาหาร และยังเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มสารชีวเคมีที่สร้างคอลลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนส่วนหนึ่งของโครงสร้างกระดูกอ่อนมนุษย์ คอลลาเจนยังเป็นส่วนประกอบสำคัญของผิวหนัง กล้ามเนื้อ และปอด วิตามินซีจะส่งเสริมการผลิตคอลลาเจนให้มากขึ้น ซึ่งคอลลาเจนเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่สามารถยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งได้ แหล่งของวิตามินซี ได้แก่ผักและผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว

7.3 แคโรทีนอยด์ (อัญชนา เจนวิถีสุข, 2544)

แคโรทีนอยด์ เป็นสารสำคัญที่พบในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ของพืช มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง โดยทำหน้าที่ช่วยคลอโรฟิลล์ซึ่งอยู่ในคลอโรพลาสต์ในการดักรับพลังงานแสง ผักหรือผลไม้ที่ยังไม่สุกก็พบแคโรทีนอยด์แต่มีปริมาณน้อยกว่าผักหรือผลไม้ที่สุกแล้ว ในขณะที่ผักหรือผลไม้สุกแคโรทีนอยด์จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในโครโมพลาสต์ (chromoplast) เป็นปริมาณมาก เนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์มีมากขึ้น สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์จำนวนมากซึ่งให้สีแดง ส้ม และเหลือง มีประโยชน์ต่อร่างกายมากมาย เพราะในสารกลุ่มนี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ แคโรทีนอยด์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แคโรทีน และแซนโทฟิลล์

7.3.1 แคโรทีน ตัวอย่างของสารกลุ่มแคโรทีน เช่น แอลฟ่า–แคโรทีน เบต้า–แคโรทีน และแกมม่า–แคโรทีน โดยเฉพาะ เบต้า–แคโรทีน ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเซลล์มะเร็ง เมื่อรับประทานอาหารที่มีเบต้า–แคโรทีน เบต้า-แคโรทีนจะผ่านไปตามผนังของทางเดินอาหาร และถูกเอนไซม์ย่อยเพื่อเปลี่ยนเป็นวิตามินเอก่อนที่จะถูกลำเลียงไปที่ตับ เบต้า–แคโรทีน 1 โมเลกุล จะถูกเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ 2 โมเลกุล

ข้อแตกต่างระหว่างวิตามินเอและเบต้า–แคโรทีน ต่อการต้านอนุมูลอิสระคือ วิตามินเอมีคุณสมบัติในการป้องกันกระบวนการส่งเสริมให้เกิดมะเร็งและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย ส่วนเบต้า–แคโรทีนมีคุณสมบัติลดอัตราการเกิดการกลายพันธุ์ของเซลล์ ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ที่จะกลายเป็นเซลล์มะเร็ง

สารอีกตัวหนึ่งในกลุ่มแคโรทีน คือ ไลโคปีน (lycopene) เป็นสารสีแดงที่พบมากในมะเขือเทศ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันโรคหัวใจและโรคมะเร็ง

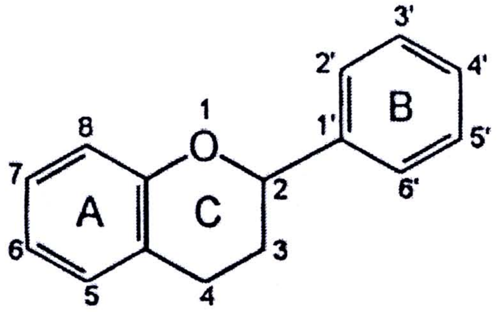
7.3.2 แซนโทฟิลล์ ตัวอย่างของสารในกลุ่มแซนโทฟิลล์ เช่น ลูทีน (lutein) ซีแซนทิน (zeaxanthin) และเบต้า–คริปโตแซนทิน (beta – cryptoxanthin) ซึ่งทั้งลูทีนและซีแซนทินพบว่าสามารถป้องกันความเสื่อมทางสายตา เป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ป้องกันเลนส์ตาจากการทำลายของอนุมูลอิสระที่ถูกกระตุ้นโดยแสงอุลตร้าไวโอเลต และสามารถยับยั้งการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ได้ด้วย สารในกลุ่มแซนโทฟิลล์พบมากในพริกหยวกสีแดง ผักที่มีสีเขียวเหลือง และผลไม้ที่มีสีส้ม แดง หรือเหลือง

7.4 สารประกอบฟีนอลิค (อริยา เรืองจักเพ็ชร, 2550)

สารประกอบฟีนอลิค (phenolic compounds) มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นวงแหวน (aromatic ring) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) เข้ามาแทนที่ ซึ่งอาจเข้ามาแทนที่ 1หมู่ หรือมากกว่า สารประกอบฟีนอลิคสามารถจำแนกเป็นกลุ่มได้จากโครงสร้างที่แตกต่างกัน ได้แก่ จำนวนคาร์บอน และหมู่ที่เข้ามาแทนที่ในตำแหน่งต่างๆ ซึ่งมีการจำแนกชนิดของสารประกอบ

ฟีนอลิคแล้วมากกว่า 8,000 ชนิด (Kris-Etherton *et al.*,2002) โดยจำแนกเป็นกลุ่มๆ ได้แก่ กรดฟีนอลิค (phenolic acids), ลิกนิน (lignin), กรดไฮดรอกซีซินนามิกและอนุพันธ์ (hydroxycinnamic acid andderiviatives) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิคแต่ละกลุ่มที่มีโครงสร้างและองค์ประกอบแตกต่างกัน จะพบได้ในผักหรือผลไม้ต่างชนิดกัน ซึ่งฟลาโวนอยด์เป็นสารกลุ่มใหญ่ที่พบได้ทั่วไปในพืชหลายชนิด มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดกลิ่น สี และรสชาติในพืชผักผลไม้ สารประกอบฟีนอลิคหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันไม่ให้ร่างกายได้รับความเสียหายจากอนุมูลอิสระ และยังทำงานร่วมกับสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่นๆ ในลำไส้ ตับ และปอด เพื่อป้องกันไม่ให้เซลล์เนื้องอกก่อตัว

ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นสารกลุ่มหลักในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิคที่พบได้ทั่วไปในผักและผลไม้ และเป็นสารที่มีผู้นิยมศึกษามากที่สุดในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิค มีโครงสร้างหลักเป็นไดฟีนิลโพรเพน (diphenylpropane) ประกอบด้วยคาร์บอนทั้งหมด 15 อะตอม จัดเรียงตัวเป็นวงแหวน 3 วงเรียงต่อกัน (C6-C3-C6) ให้ชื่อว่า วงแหวน A วงแหวน B และวงแหวน C มีการเรียกชื่อตำแหน่งคาร์บอนตำแหน่งต่างๆ บนวงแหวนดังแสดงในภาพที่ 8 ซึ่งสารแต่ละกลุ่มย่อยของฟลาโวนอยด์มีโครงสร้างที่แตกต่างกันที่พันธะคู่บนวงแหวน A และวงแหวน B นอกจากนั้นยังมีความแตกต่างเมื่อมีหมู่ต่างๆ เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group), หมู่เมทอกซิล (methoxyl group) หรือน้ำตาลชนิดต่างๆ เข้ามาแทนที่บริเวณคาร์บอนตำแหน่งต่างๆ บนวงแหวนอีกด้วย (Heim *et al.*, 2002)



ภาพที่ 2-8 โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์
ที่มา: Pietta (2000)

เจนิสทีน (genistein) ก็เป็นสารประกอบฟีนอลิกประเภทไอโซฟลาโวน (isoflavone) ที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เจนิสทีนทำหน้าที่เปรียบเสมือนสิ่งกีดขวางที่สกัดกั้นไม่ให้เลือดไหลเวียนไปยังบริเวณที่มีเซลล์เนื้องอก ทำให้เซลล์นั้นไม่มีโอกาสเจริญหรือแพร่กระจาย เจนิสทีนพบมากในถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง เช่น เต้าหู้ นมถั่วเหลือง ซอสถั่วเหลือง เป็นต้น

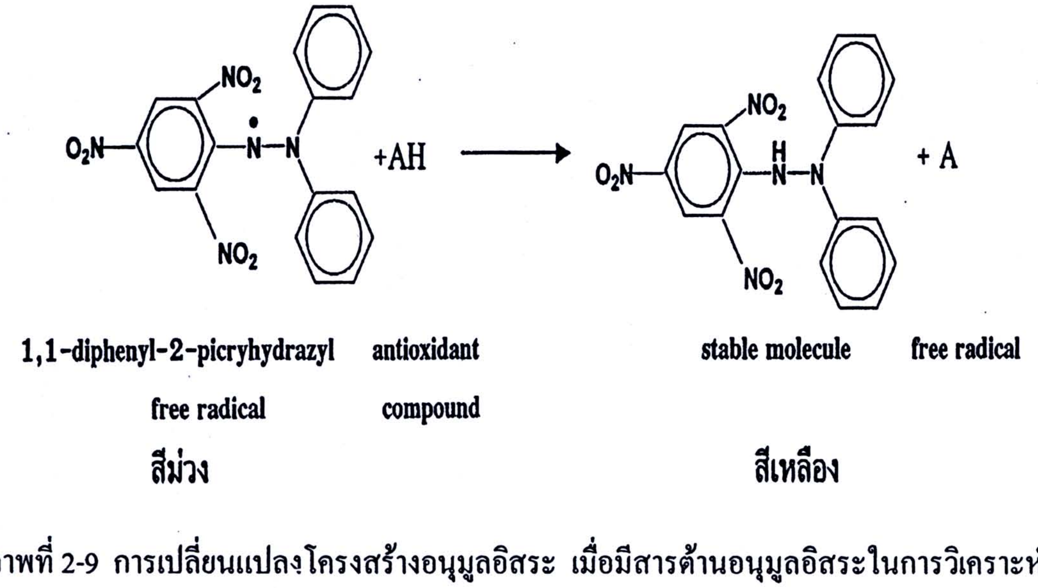
แทนนิน (tannin) และกรดเอลลาจิค (ellagic acid) ก็เป็นสารประกอบฟีนอลิคที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในพืช โดยเฉพาะเครื่องเทศและสมุนไพร หรือผลไม้ เช่น สตรอเบอรี่ เชอรี่ และองุ่น เป็นต้น อนุพันธ์ของกรดเอลลาจิคมีผลต่อการยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นที่เซลล์เมมเบรน ยับยั้งการกลายพันธุ์ และการเกิดเนื้องอก

สำหรับสารประกอบฟีนอลิกประเภทกรดฟีนอลิกที่สำคัญ ที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ กรดคลอโรเจนิค (chlorogenic) และกรดคาเฟอิค (caffeic acid) ซึ่งพบมากในชาและกาแฟ กรดแกลลิค (gallic acid) ซึ่งพบในผักพื้นบ้าน เช่น กระถิน ผักชีล้อม และสะระแหน่ และกรดซิแนพพิค (sinapic acid) ซึ่งพบในสมุนไพรหญ้าหวาน เป็นต้น

เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิคเป็นสารกลุ่มใหญ่ ยังมีอีกหลายชนิดที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เคอร์เซทิน (quercetin) รูทิน (rutin) ไอโซฟลาโวน (isoflavon) คูมาริน (coumarine) และแอนโธไซยานิน (anthocyanin) เป็นต้น (นวลศรี รักอริยะธรรม, 2545)

8. การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (เสาวลักษณ์ รุ่งแจ้ง, 2548)

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการจับกับอนุมูลอิสระ 1,1-Diphenyl-2-picryhydrazyl (DPPH) radical ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียรและสามารถรับอิเล็กตรอนได้อีก เพื่อเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ และเมื่อได้รับอะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุลอื่น จะทำให้สารดังกล่าวหมดความเป็นอนุมูลอิสระดังโครงสร้างในภาพที่ 9



ภาพที่ 2-9 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอนุมูลอิสระ เมื่อมีสารต้านอนุมูลอิสระในการวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงมาจาก Leong and Shui (2002) และ Zhang *et al.* (2006)

การศึกษาความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระนี้เป็นการรวมตัวกับ DPPH ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่เสถียรที่อยู่ในสารละลาย ซึ่งจะเกิดกลไกการต้านอนุมูลอิสระแบบ scavenging acitivity โดยใช้สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ทดสอบสารละลาย DPPH ซึ่งมีสีม่วงเข้ม ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระในระยะเวลาที่กำหนด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีม่วงลดลง เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงวัดที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร พบว่าความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ลดลงนี้จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสาร DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ ดังนั้นการลดลงของความเข้มข้นของ DPPH (สีอ่อนลง) บ่งบอกถึงความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ (Blois, 1958)

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลือบสารชนิดต่างๆ บนเมล็ดข้าว รวมถึงการวิเคราะห์คุณภาพของข้าว มีรายละเอียดดังนี้

อารี องค์วิเศษไพบูลย์ (2534) ศึกษาการผลิตข้าวเสริมวิตามินและเกลือแร่ เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จากข้าว ใช้กระบวนการผลิตแบบฉีดเคลือบวิตามินและเกลือแร่ที่มีความเข้มข้นสูงลงบนเมล็ดข้าวสาร โดยใช้เครื่องผสมแบบฉีดพ่น มีความสามารถในการผลิต 10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เวลาในการผสม 2 นาที เป่าลมร้อนจนความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 14 ได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าข้าวพรีมิกซ์ นำผลิตภัณฑ์ข้าวพรีมิกซ์นี้ผสมกับข้าวสารปกติในอัตราส่วน 1 : 200 ได้เป็นข้าวเสริมวิตามินและเกลือแร่

Shrestha *et al.* (2003) ศึกษาความเป็นไปได้ของการเติมกรดโฟลิก (folic acid) ลงในเมล็ดข้าวแล้วเคลือบด้วยสารเคลือบที่รับประทานได้ชนิดต่างๆ เตรียมข้าวพรีมิกซ์เข้มข้นโดยพ่นฝอยสารละลายกรดโฟลิกที่เตรียมจาก กรดโฟลิก 100 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร จากนั้นพ่นฝอยด้วยสารละลายโพลิเมอร์ชนิดต่างๆ ได้แก่ เอทิลเซลลูโลส เพคติน สารผสมระหว่างโลคัส บีน และอาร์การ์ โดยใช้หัวฉีดสเปรย์แบบพ่นฝอย (nozzle spray) แบบมือถือ พ่นทับ แล้วนำไปทำแห้งโดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วิเคราะห์การสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกหลังการล้างโดยนำข้าวพรีมิกซ์ 20 กรัม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร แกว่งเป็นเวลา 60 วินาที เทน้ำออก การหุงข้าวพรีมิกซ์ทำได้โดย นำตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร วางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 97 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่ามีการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในขั้นตอนการล้าง ซึ่งเรียงลำดับการสูญเสียจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด คือ ข้าวพรีมิกซ์ที่เคลือบด้วยเอทิลเซลลูโลส (ethylcellulose) เพคติน (pectin) สารผสมระหว่างโลคัส บีน (locust bean) และอาร์การ์ (agar)

โดยมีการสูญเสียร้อยละ 2 9 และ 11 ตามลำดับ และการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกในขั้นตอนการหุงของสารเคลือบแต่ละชนิดอยู่ในช่วง 61 – 93 % โดยการคลือบด้วยเอทิลซิลเซลลูโลสมีการสูญเสียปริมาณกรดโฟลิกน้อยที่สุด คือ 61%

อุบลลักษณ์ วงษ์ชื่น (2547) ศึกษาการผลิตข้าวเสริมวิตามิน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณการสูญเสียวิตามินในระหว่างการล้างและการหุงต้ม โดยการเติมไทอะมิน ไรโบฟลาวิน ไนอะซิน และไพริดอกซีนลงในข้าวสาร โดยแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดแอซิติกเข้มข้น 0.25 % กับวิตามิน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้วิตามินแพร่กระจายเข้าไปในเมล็ดข้าว แล้วทำให้แห้ง กำหนดอุณหภูมิในการอบแห้ง ที่ 45 60 และ 75 องศาเซลเซียส นำข้าวเสริมวิตามินมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี รูปร่าง ขนาด น้ำหนักเมล็ด อัตราการเกิด เจลลาติไนซ์ อายุการเก็บรักษา และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ซึ่งจากผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวที่ผ่านการหุงสุก ทางด้านสี การเกาะตัว กลิ่น ความนุ่ม รสชาติ และความชอบรวม พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมข้าวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มากที่สุด

เฉลิมชัย รอดมณี (2548) ศึกษาผลของการแช่และการอบแห้งต่อคุณภาพข้าวนึ่ง โดยแช่ข้าวเปลือกในน้ำและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25 นอร์มอล เป็นระยะเวลา 2.5 และ 15.5 ชั่วโมง เพื่อให้ข้าวมีความชื้น 30% แล้วนำตัวอย่างข้าวมานึ่งที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีความชื้น 14% (ฐานเปียก) นำตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ และคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ พบว่า ความคงตัวของเจลมีค่าเท่ากันโดยเจลที่ได้มีลักษณะเป็นเจลนุ่มในทุกสภาวะ ส่วนระยะเวลาการหุงต้มของข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำใช้เวลามากกว่าข้าวที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ การยืดตัวของข้าวนึ่งหุงสุกไม่แตกต่างกันในทุกสภาวะ ส่วนเนื้อสัมผัสหลังการหุงต้มของข้าวที่ผ่านการแช่น้ำมีค่าความแข็งมากกว่าข้าวที่แช่ด่างและมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น

วันพรรษา ชุติปัญญา (2549) ศึกษาผลของการงอกและสภาวะการงอกที่มีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด โทโคเฟอรอล และแกรมม่า-ออไรซานอล ในข้าวกล้องงอกที่แช่ในน้ำกลั่น น้ำใบเตยและน้ำตะไคร้ โดยนำข้าวกล้องแช่น้ำกลั่น น้ำใบเตยและน้ำตะไคร้ ในอัตราส่วน 1:1 ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง รินน้ำออก เพาะให้งอกในที่มืดทิ้งไว้ 0, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการงอกข้าวกล้องที่แช่น้ำกลั่น คือ 24 ชั่วโมง โดยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 85.2% ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด 3.2 mg gallic acid / g dry sample โทโคเฟอรอล 2.1 μg/g sample และแกรมม่า-ออไรซานอล 597.2 μg/g sample ส่วนที่แช่ใบเตย คือ 24 ชั่วโมง โดยมีกิจกรรมการ

ต้านอนุมูลอิสระ 85.8% ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด 3.7 mg gallic acid / g dry sample โทโคเฟอรอล 2.1 μg/g sample และแกมม่า-ออไรซานอล 597.2 μg/g sample สำหรับข้าวกล้องงอกที่เตรียมด้วยน้ำตะไคร้พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ 0 ชั่วโมง โดยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 77.8% ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด 3.9 mg gallic acid / g dry sample โทโคเฟอรอล 2.1 μg/g sample และแกมม่า-ออไรซานอล 536.4 μg/g sample เมื่อเปรียบเทียบกิจกรรมและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องควบคุม (ไม่ผ่านการทำให้งอก) และข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำสมุนไพร พบว่าการงอกทำให้กิจกรรมและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกสมุนไพรหุงสุก พบว่าทั้งข้าวงอกแช่น้ำกลั่น น้ำใบเตยและน้ำตะไคร้ในทุกตัวอย่างผู้บริโภคให้การยอมรับไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม

ลลิตา ชาติยานนท์ (2549) ศึกษาผลของสารเคลือบที่รับประทานได้ต่อคุณภาพของข้าวพรีมิกซ์ โดยการเตรียมสารละลายวิตามินผสม จากวิตามิน 3 ชนิด คือ ไทอะมีน ไรโบฟลาวินและไนอะซินาไมด์ ปริมาณ 95 52.6 และ 559 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยละลายวิตามินทั้ง 3 ชนิด ในน้ำกลั่นปริมาตร 8 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ได้ปริมาณวิตามินทั้ง 3 ชนิด ตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาซึ่งได้กำหนดปริมาณไทอะมีน ไรโบฟลาวิน และไนอะซินไม่น้อยกว่า 0.44-0.88, 0.26-0.53 และ 3.52-7.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Food and Drug Administration [FDA], 1998) และทดแทนการสูญเสียไทอะมีน ไรโบฟลาวิน และไนอะซินจากกระบวนการผลิตร้อยละ 50, 40 และ 30 ตามลำดับ (Roche *et al.*,n.d.) เตรียมสารเคลือบที่รับประทานได้จากสารละลายเพกทินปริมาณเมทอกซิลต่ำ 3 ชนิด ชนิดที่ 1 เพกทินปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 36 ชนิดที่ 2 เพกทินปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 31 และปริมาณเอไมด์ร้อยละ 18 และชนิดที่ 3 เพกทินปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 28 และปริมาณเอไมด์ร้อยละ 21 สำหรับเพกทินชนิดที่ 1 ใช้ความเข้มข้นร้อยละ 1 ชนิดที่ 2 และ 3 ใช้ความเข้มข้นร้อยละ 2 เตรียมสารละลายโดยนำเพกทินผสมในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส และปั่นในเครื่องปั่นผสมที่มีความเร็วรอบสูงเป็นเวลา 3 นาที ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเพกทินมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง และสารละลายเพกทินทั้ง 3 ชนิดที่เตรียมได้มีความหนืดอยู่ในช่วง 31-36 เซ็นติพอยส์ ซึ่งเป็นความหนืดที่สามารถพ่นฝอยในการเคลือบข้าวได้ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง โดยความเข้มข้นของเพกทินแต่ละชนิดและค่าความหนืดที่สามารถพ่นฝอยได้จากการศึกษาเบื้องต้น ฉีดพ่นโดยเคลือบข้าวด้วยสารละลายวิตามินผสม เป่าด้วยลมร้อน แล้วเคลือบด้วยสารเคลือบที่รับประทานได้ จากนั้นเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แล้วเป่าลมร้อนและเคลือบด้วยสารเคลือบที่รับประทานได้และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์อีกครั้ง นำไปทำแห้ง ผลการทดลองพบว่า ข้าวพรีมิกซ์ที่เคลือบด้วยเพกทินชนิดที่ 1 มีปริมาณการสูญเสียไทอะมีน และไรโบฟลาวินจากการล้างน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามการเคลือบข้าวด้วยเพคตินทุกชนิดไม่สามารถ

ป้องกันการสูญเสียไทอะมีน และไรโบฟลาวินได้ในระหว่างการหุงสุกในน้ำที่มากเกินพอ ($p > 0.05$) อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวพรีมิกซ์และข้าวสารหอมมะลิที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเสริมวิตามินแล้วมีปริมาณไทอะมีนเหลืออยู่ตามที่กำหนดเมื่อนำไปหุงสุก คือ 1 ต่อ 70 โดยมีปริมาณไทอะมีน 0.17 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม หรือ 0.22 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค และไม่มีอัตราส่วนผสมใดที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเสริมวิตามินแล้วมีปริมาณไรโบฟลาวินเหลืออยู่ตามที่กำหนดเมื่อนำไปหุงสุก

กฤษฎา งามทับ (2550) พัฒนาการผลิตข้าวเคลือบกลิ่นรสสมุนไพรไทย โดยใช้สารเคลือบจากสารละลายแป้งข้าวเจ้าพันธุ์เหลืองประทิว 123 และแป้งมันสำปะหลังที่เติมน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร 4 ชนิด คือ ขิง มะกรูด ตะไคร้ และกระเพรา ซึ่งได้จากการสกัดโดยวิธี hydrodistillation ใช้ปริมาณสารคลือบต่อปริมาณข้าวเท่ากับ 50 มิลลิลิตรต่อ 500 กรัม เคลือบโดยการพ่นสารเคลือบลงไปบนข้าวโดยเครื่องฉีดพ่นแบบสเปาเต็ดเบด ซึ่งเป็นเครื่องฉีดพ่นพร้อมเป่าให้แห้ง โดยใช้อุณหภูมิของสเปาเต็ดเบดที่ 30 - 40 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการเคลือบ 10 - 20 นาที นำสารเคลือบที่เติมและไม่เติมน้ำมันหอมระเหยสมุนไพรมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มแล้ววิเคราะห์คุณภาพพบว่า ฟิล์มแป้งข้าวเจ้าเมื่อไม่เติมน้ำมันหอมระเหย สามารถเกิดฟิล์มได้ดี ฟิล์มมีลักษณะโปร่งแสง ผิวเรียบ แต่เมื่อเติมน้ำมัน หอมระเหยลงไป ฟิล์มมีความเปราะแตกง่ายมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติในการป้องกัน (barrier properties) จึงไม่นำฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามาศึกษาในขั้นตอนการเคลือบข้าวต่อ ส่วนในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังก่อนเติมน้ำมันหอมระเหยมีลักษณะใส โปร่งแสง เป็นมันวาว และผิวเรียบ แต่เมื่อเติมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นสูงฟิล์มเปราะแตกและมีฟอง (bubble) ปรากฏในฟิล์ม ซึ่งค่า tensile strength (TS) ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเมื่อเติมน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นสูงขึ้น และค่าการซึมผ่านของไอน้ำลดลง อย่างไรก็ตามนำสารเคลือบที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังมาใช้เคลือบบนข้าว ผลการทดลองพบว่าความหนาของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมน้ำมันหอมระเหยจากขิง มะกรูด ตะไคร้ และกะเพรา ไม่แตกต่างจาก control ที่ไม่ได้เติมน้ำมันหอมระเหย โดยมีค่า TS เท่ากับ 1.952 – 5.94 N/mm^2 ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมน้ำมันหอมระเหย โดยใช้อุณหภูมิสเปาเต็ดเบด 40 องศาเซลเซียส ได้ข้าวเต็มเมล็ดลดต่ำกว่าการใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งทุกสภาวะของอุณหภูมิและเวลาในการเคลือบในสเปาเต็ดเบด ได้ข้าวเต็มเมล็ดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 สภาวะของเครื่องสเปาเต็ดเบดไม่มีผลต่อความแข็งของข้าวเคลือบ แต่การใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำให้ข้าวเคลือบที่หุงสุกมีการดูดน้ำมากขึ้น

Kyritsi *et al.* (2010) ศึกษาการเคลือบเมล็ดข้าว 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวกล้อง ข้าวขัดขาว และข้าวนึ่ง ซึ่งเคลือบด้วยวิตามินบีรวม (วิตามินบี 1 บี 2 บี 3 บี 5 บี 6 และ บี 12) โดย

เปรียบเทียบวิธีการเคลือบ 2 วิธี คือ 1) วิธีแช่ (soaking) ทำได้โดยแช่ตัวอย่างข้าวในสารละลายวิตามินบีรวม ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความดัน 101325 Pa เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งสภาวะนี้ทำให้เกิดการเจลาติไนซ์ของเม็ดแป้งบางส่วน ใช้สารละลายวิตามินบีรวมความเข้มข้น 1 – 100 % โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักของข้าว : สารละลายวิตามินบีเท่ากัน ดังนี้ 1 : 3 (ข้าวขัดขาว) 1 : 2.5 (ข้าวนึ่ง) และ 1 : 1.6 (ข้าวกล้อง) หลังจากแช่ นำข้าวไปอบแห้งแบบ 2 ขั้นตอน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สภาวะความดัน 60000 Pa เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนได้ความชื้นสุดท้าย 11 – 13 กรัม/100 กรัมของข้าว 2) วิธีพ่นฝอย (spraying) โดยใช้เครื่องพ่นฝอยแบบเฉพาะจาก Agino, EV GE. Pistiolas S.A. Agrinion, Greece ซึ่งใช้สารละลายวิตามินบีที่มีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส กำหนดอัตราส่วนสารละลายวิตามินบี 5 กรัม ต่อ ข้าว 100 กรัม หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้มีปริมาณความชื้น 10 – 13 กรัม/100 กรัมของข้าว จากการนำข้าวที่ผ่านการเคลือบและอบแห้งทั้ง 2 วิธี มาวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินบีที่หลงเหลืออยู่ พบว่าวิธีพ่นฝอยทำให้ข้าวแต่ละชนิดมีปริมาณวิตามินบีรวมเหลืออยู่ 54.3 – 85.3 % และวิธีการแช่มีปริมาณวิตามินบีเหลืออยู่ 53.5 – 76.2 % ซึ่งวิธีการพ่นฝอยมีปริมาณวิตามินบีที่เหลืออยู่มากกว่าวิธีแช่ เนื่องจากวิธีแช่ต้องนำไปทำการอบแห้งด้วยความร้อนแบบ 2 ขั้นตอน ทำให้เพิ่มการสูญเสียวิตามินบีบางชนิด

Laohakunjit and Noomhorm (2004) ศึกษาผลของการใช้พลาสติไซเซอร์ ได้แก่ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และโพลีเอทิลีนไกลคอล ในการตรวจสอบสมบัติเชิงกล และการรวมตัวกับแป้งข้าวเจ้าที่นำมาใช้ทำฟิล์ม พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกลีเซอรอลและซอร์บิทอล ฟิล์มที่ทำการเติมพลาสติไซเซอร์มีความนิ่มและความเหนียวของฟิล์มดีขึ้น สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าฟิล์มที่ไม่เติม ค่าการต้านแรงดึงลดลงเมื่อความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์เพิ่มขึ้น และค่าการต้านแรงดึงของฟิล์มกลีเซอรอลต่ำกว่าฟิล์มที่เติมซอร์บิทอล ส่วนอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์ ความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์ที่เหมาะสมต่อการเกิดฟิล์มของแป้งข้าวเจ้า คือ 20-45 %(w/w)

พรพรรณ กอมนชัย (2550) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของข้าวหอมมะลิหุงสุกกับความชอบของผู้บริโภค โดยตรวจสอบคุณภาพของข้าวหอมมะลิหุงสุกในด้าน คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางเคมีเชิงฟิสิกส์ และคุณภาพทางกายภาพ ทั้งนี้คุณภาพทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นคุณลักษณะหนึ่งที่ต้องตรวจวัดซึ่งทำได้โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TA-XT plus, Stable Micro System, ประเทศอังกฤษ) โดยนำตัวอย่างข้าวหุงสุก 1 กรัม นำมาจัดเรียงในภาชนะทำการทดสอบแบบ TPA (Texture profile analysis) กดตัวอย่าง 2 ครั้ง โดยใช้หัวกดแบบ Compression ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร กดเป็นระยะทางร้อยละ 90 ของความสูง

ตัวอย่าง ด้วยอัตราเร็ว 1 มิลลิเมตร/วินาที รายงานค่าเป็น ค่า Hardness Adhesiveness Cohesiveness Springiness และ Chewiness สำหรับความชอบของผู้บริโภคทำได้โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 300 คน โดยผู้บริโภคแต่ละคนจะทำการทดสอบตัวอย่างข้าวหอมมะลิหุงสุกคนละ 4 ตัวอย่าง เตรียมข้าวสำหรับการชิมโดยใช้ปริมาณ 30 กรัม บรรจุในถ้วยพลาสติกสีขาวที่มีฝาปิดและมีรหัสเลข 3 หลัก คุณลักษณะของข้าวหอมมะลิหุงสุกที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สี ความนุ่ม ความเหนียว และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบความสัมพันธ์พบว่า คุณภาพทางกายภาพด้านสีและเนื้อสัมผัส มีอิทธิพลทางตรงต่อความชอบของผู้บริโภคในทิศทางบวก