# บทที่ 2
# สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ข้าวเหนียว (Sticky Rice)

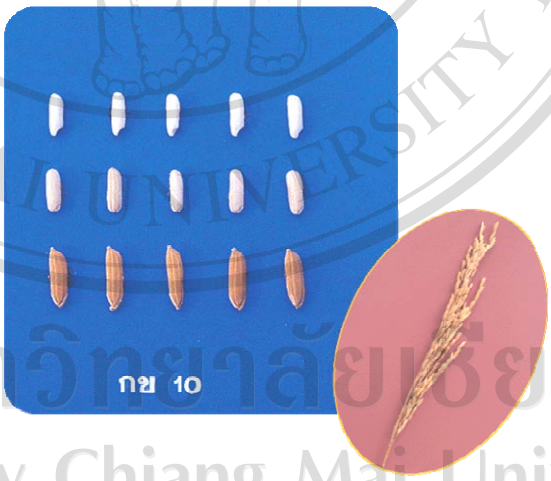
**(1) ข้าวเหนียวสายพันธุ์กข 6 หรือ RD 6** ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ โดยใช้รังสีแกมมาปริมาณ 20 กิโลแรด ชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ โดยอาบบนเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากนั้นนำมาปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวบางเขนและสถานีทดลองข้าวพิมาย จากการคัดเลือกพบว่าข้าวสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ สายพันธุ์ KDML 105'65 – $G_2U$ – 68 – 254 ซึ่งนับว่าเป็นข้าวพันธุ์ดีพันธุ์แรกของประเทศไทยที่ค้นคว้าได้โดยใช้วิธีชักนำพันธุ์พืชให้เปลี่ยนกรรมพันธุ์โดยใช้รังสี ต่อมาคณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตรมีมติให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2520 ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเหนียวสูงประมาณ 154 เซนติเมตร มีความไวต่อช่วงแสง ทรงกอกระจายเล็กน้อย ใบยาวสีเขียวเข้ม ใบธงตั้ง เมล็ดยาวเรียว เมล็ดข้าวเปลือกสีน้ำตาล อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 150 วัน เมล็ดข้าวกล้อง กว้าง × ยาว × หนาเท่ากับ 2.2 × 7.2 × 1.7 มิลลิเมตร คุณภาพข้าวสุกเหนียวนุ่มมีกลิ่นหอม ผลผลิตประมาณ 666 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมการข้าว, 2549)

รูปที่ 2.1 ลักษณะของข้าวสายพันธุ์กข 6
ที่มา: กรมการข้าว (2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะเด่น คือ ให้ผลผลิตสูงและทนแล้งดี คุณภาพการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม ลำต้นแข็งปานกลาง ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล คุณภาพสีดี ไม่ต้านทานโรคของใบแห้งและโรคใบไหม้ ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแมลงบั่ว พื้นที่แนะนำให้ปลูก คือ ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมการข้าว, 2549)

(2) **ข้าวเหนียวสายพันธุ์กข 10 หรือ RD 10** ได้จากการปรับปรุงพันธุ์โดยชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์โดยใช้รังสีนิวตรอนความเร็วประมาณ 1 กิโลแรด อาบเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 1 เมื่อปี พ.ศ. 2512 ปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวบางเขน จนได้สายพันธุ์ RD 1' 69 – $NF_1U$ – G6 – 6 จากนั้นได้นำไปปลูกเปรียบเทียบผลผลิตที่สถานีทดลองข้าวในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อมาคณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตรให้ใช้ขยายพันธุ์ เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2524 ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเหนียวสูงประมาณ 115 เซนติเมตร ไม่ไวต่อช่วงแสงทรงกอตั้งตรง ลำต้นสีเขียวเข้ม ใบค่อนข้างกว้าง รวงอยู่ใต้ใบธง เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 130 วัน ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 5 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้อง กว้าง × ยาว × หนา เท่ากับ 2.3 × 7.6 × 1.8 มิลลิเมตร คุณภาพข้าวสุกเหนียวนุ่ม ผลผลิตประมาณ 660 กิโลกรัมต่อไร่




รูปที่ 2.2 ลักษณะของข้าวสายพันธุ์กข 10
ที่มา: กรมการข้าว (2549)

ลักษณะเด่น เมล็ดเรียวยาว ไม่ร่วงง่าย คุณภาพหุงต้มและรับประทานดี สมบัติไม่ต้านทานโรคไหม้ ไม่ต้านทานแมลงบั่ว และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พื้นที่แนะนำให้ปลูก คือ ภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวที่เราบริโภคกันเป็นอาหารหลักมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีดังที่แสดงในตาราง นอกจากนั้น ส่วนของข้าวที่เรารู้จักกันดีก็มีปริมาณสารอาหารชนิดต่าง ๆ เช่นกัน

**ตารางที่ 2.1** ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของส่วนต่างๆ ของข้าวที่ความชื้นร้อยละ 14

| ส่วนของข้าว | โปรตีน (ร้อยละ) | ไขมัน (ร้อยละ) | คาร์โบ ฯ (ร้อยละ) | เถ้า (ร้อยละ) | กาก (ร้อยละ) | พลังงาน กิโลแคลอรี |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ข้าวเปลือก | 5.8 – 7.7 | 1.5 – 2.3 | 64 – 73 | 2.9 – 5.2 | 16.4-19.2 | 378 |
| ข้าวกล้อง | 7.1 – 8.3 | 1.6 – 2.8 | 73 – 87 | 1.0 – 1.5 | 2.9 – 3.9 | 363-385 |
| ข้าวสาร | 6.3 – 7.1 | 0.3 – 0.5 | 77 – 89 | 0.3 – 0.8 | 0.7 – 2.3 | 349-373 |
| รำข้าว | 11.3-14.9 | 15– 19.7 | 34 – 62 | 6.6 – 9.9 | 24 – 29 | 399-476 |
| แกลบ | 2.0 – 2.8 | 0.3 – 0.8 | 22 - 34 | 13.2-21.0 | 66 - 74 | 265-332 |

ที่มา: อรอนงค์ (2550)

**ตารางที่ 2.2** ปริมาณวิตามินและเกลือแร่ของส่วนต่าง ๆ ของข้าวที่ความชื้นร้อยละ 14

| ส่วนของข้าว | ไทอะมีน (มิลลิกรัม) | ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม) | แอลฟา-โทโคฟีรอล (มิลลิกรัม) | ไนอะซิน (มิลลิกรัม) | แคลเซียม (มิลลิกรัม) | ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ข้าวเปลือก | 0.26 – 0.33 | 0.06 – 0.11 | 0.90 – 2.00 | 2.90 – 5.60 | 10 – 80 | 0.17 – 0.39 |
| ข้าวกล้อง | 0.29 – 0.61 | 0.04 – 0.14 | 0.90 – 2.50 | 3.50 – 5.30 | 10 – 50 | 0.17 – 0.43 |
| ข้าวสาร | 0.02 – 0.11 | 0.02 – 0.06 | 0.08 – 0.30 | 1.30 – 2.4 | 10 – 30 | 0.08 – 0.15 |
| รำข้าว | 1.20 – 2.40 | 0.18 – 0.43 | 2.60 – 13.3 | 26.7 – 49.9 | 30 – 120 | 1.10 – 2.50 |
| แกลบ | 0.09 – 0.21 | 0.05 – 0.07 | 0 | 1.60 – 4.20 | 60 - 130 | 0.03 – 0.07 |

ที่มา: อรอนงค์ (2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.2 ข้าวหุงสุกเร็ว**

การบริโภคข้าวส่วนใหญ่จะบริโภคในรูปข้าวสุกที่หุงต้มจากข้าวสาร การหุงข้าวปกติจะใช้เวลาประมาณ 25 – 30 นาที ขึ้นกับพันธุ์ข้าวและวิธีการหุง เนื่องจากการหุงข้าวที่ต้องใช้เวลานานร่วมกับการเกิดปัญหาในการหุง เช่น ข้าวไม่สุก ข้าวไหม้ ข้าวแฉะ ข้าวแข็ง ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการบริโภคข้าวในประเทศสหรัฐอเมริกา (Robert, 1972) ปัจจุบันจึงมีความพยายามที่จะพัฒนา

ผลิตภัณฑ์ข้าวหุงสุกเร็วขึ้นมา ผลิตภัณฑ์ข้าวหุงสุกเร็วเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถลดระยะเวลาในการเตรียมเพื่อบริโภค โดยพัฒนาเทคนิคทางกระบวนการผลิตที่ทำให้เมล็ดข้าวเกิดเจลาติไนซ์บางส่วนแล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการเพื่อให้เมล็ดเกิดโครงสร้างเป็นรูพรุนและรอยร้าว เพื่อให้เมล็ดข้าวดูดน้ำได้เร็ว และคงสภาพของเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์ไว้

ในการผลิตข้าวหุงสุกเร็วจะมีวิธีการผลิตหลายแบบแต่มีหลักสำคัญอยู่ที่ต้องมีการเพิ่มความชื้นของข้าว จากนั้นจะให้ความร้อนเพื่อให้เกิดเจลาติไนซ์บางส่วนหรือทำให้ข้าวสุกก่อนนำไปทำแห้งโดยใช้ความร้อนและความเย็น Ozai – Durrani (1948) ศึกษาการแปรรูปข้าวหุงสุกเร็วโดยนำข้าวสารมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องจนข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30 แล้วต้มข้าว 8 – 10 นาที ทำให้ข้าวมีความชื้นเป็นร้อยละ 65 – 70 ทำให้เย็น จากนั้นเกลี่ยข้าวหุงสุกบนตะแกรงเพื่อผึ่งให้แห้งในตู้ที่มีลมร้อนอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เพื่อให้ข้าวหุงสุกแห้งมีความชื้นลดลงเป็นร้อยละ 8 – 14 โดยในการทำแห้งมีจุดสำคัญที่อุณหภูมิลมร้อนต้องสูงพอที่จะทำให้ความชื้นระเหยจากผิวเมล็ดข้าวหุงสุกเร็วกว่าการที่ความชื้นจะเคลื่อนจากภายในเมล็ดออกสู่บรรยากาศภายนอกเพื่อให้เนื้อเมล็ดข้าวหุงสุกมีโครงสร้างเป็นรูพรุนจะได้คืนรูปได้เร็วขึ้น Huxsoll and Morgan (1968) เสนอวิธีการให้ความร้อนโดยใช้พลังงานไมโครเวฟแทนการใช้ความร้อนปกติในกรรมวิธีการแปรรูปข้าวหุงสุกเร็ว โดยนำข้าวสารแช่น้ำจนมีความชื้นร้อยละ 25 – 30 ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟหรือความร้อนปกติหรือไอน้ำ แล้วทำให้ข้าวมีความชื้นสูงขึ้นโดยแช่ในน้ำร้อน 66 องศาเซลเซียส หุงต้มด้วยพลังงานไมโครเวฟจนข้าวมีความชื้นร้อยละ 50 นำข้าวมาทำแห้งด้วยลมจนมีความชื้นร้อยละ 15 หรือน้อยกว่าแล้วใช้พลังงานไมโครเวฟให้ความร้อนต่อเพื่อให้เมล็ดข้าวร้าวและพองขึ้นอีก จะทำให้สามารถคืนรูปได้ภายในเวลา 5 นาที จากหลักการข้างต้นที่มีจุดประสงค์เพื่อทำให้ข้าวเกิดรูพรุนเพื่อให้น้ำดูดซึมเข้าไปทำให้ข้าวคืนรูปได้ในลักษณะที่ผู้บริโภคยอมรับ

**2.3 พริกหวาน (Sweet Pepper or Bell Pepper)**

พริกหวาน *Capsicum annuum* var. *annuum* L. อยู่ในตระกูลเดียวกับมะเขือ มะเขือเทศ ยาสูบ มันฝรั่ง มีชื่อเรียกแตกต่างกันไป ได้แก่ Chile , Chillies , Aji , Piment , Pimento , Paprika , Capsicum เป็นต้น (นิพนธ์, 2546)

พริกเป็นพืชที่ปลูกได้ตลอดปี แต่ที่ปลูกเป็นการค้าส่วนใหญ่จะปลูกฤดูเดียวทำให้มีสายพันธุ์ใหม่จำนวนมากที่มีความแตกต่างกันทั้งในด้านความสูง ขนาดทรงพุ่ม ขนาดของใบ จำนวนดอกต่อช่อ ลักษณะ ขนาด สีของผล ตลอดจนรสชาติและความเผ็ด (นิพนธ์, 2546)

พริกหวานผลจะมีลักษณะกลมยาว ขนาดใหญ่ มีรูปทรงคล้ายระฆัง มีกลีบประมาณ 3 – 4 กลีบ ต่อ 1 ผล มีขนาดแตกต่างกัน บางพันธุ์อาจจะมีเปลือกหนา แต่บางพันธุ์จะมีเปลือกบาง มีเนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากมีลักษณะอวบ ภายในมีลักษณะเป็นโพรงกลวง เมล็ดกินได้แต่มีรสขม แกนกลางมีสีขาว ลักษณะคล้ายฟองน้ำ ผลมีขนาดความยาว 1 – 30 เซนติเมตร กว้าง 1 – 15 เซนติเมตร ในผลยังมีสาร Capsaicin ในปริมาณที่ต่ำมาก พริกหวานสีเขียวจะมีปริมาณความต้องการของตลาดสูง แต่เมื่อปล่อยให้แก่บนต้นจะเปลี่ยนเป็นสีแดง สายพันธุ์ที่ปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมาใหม่อาจจะเปลี่ยนเป็นสีแดง เหลือง ส้มหรือม่วง การปลูกพริกสีเหล่านี้นิยมปลูกในโรงเรือน เนื่องจากมีอายุการเก็บเกี่ยวนานกว่าพริกสีเขียว พริกหวานเขียวประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ พริกหวานแดงและเหลืองเกิดจากเม็ดสีแคโรทีนอยด์ พริกหวานม่วงเกิดจากเม็ดสีแอนโทไซยานิน พริกหวานสีน้ำตาลเกิดจากการผสมระหว่างคลอโรฟิลล์ ไลโคพีน และเบต้าแคโรทีน (นิพนธ์, 2546)

สายพันธุ์ที่ใช้ในการปลูกพริกหวานเขียว เช่น California Wonder , Bell King , Lady Bell , Summer Sweet พันธุ์สีแดงสายพันธุ์ส่วนใหญ่จะเปลี่ยนเป็นสีแดงและม่วงเมื่อแก่ แต่สายพันธุ์สีแดงมีอายุการเก็บเกี่ยวเร็ว ผลขนาดใหญ่ เปลือกหนา ค่อนข้างหายาก การปลูกในอุณหภูมิต่ำจะมีอิทธิพลต่อการพัฒนาและความสม่ำเสมอของเม็ดสี อุณหภูมิที่เหมาะสมในการพัฒนาเม็ดสีแดงอยู่ระหว่าง 18 – 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงกว่านี้เม็ดสีแดงจะไม่พัฒนาอุณหภูมิต่ำกว่านี้เม็ดสีแดงจะพัฒนาช้า และไม่เปลี่ยนสีในอุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส สายพันธุ์ที่ใช้ เช่น Ace Hybrid , Bellboy , Cardinal , Four Corners พันธุ์สีเหลือง เช่น Golden Bell , Golden Cal Wonder , Astro , Honey Bell พันธุ์สีส้ม เช่น Colona , Valencia , Nassu RZ พันธุ์สีม่วงและสีน้ำตาล อยู่ระหว่างการพัฒนาจากเม็ดสีเขียว – แดง ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงก่อนสีแดงประมาณ 7 – 10 วัน เช่น Purple Bell F 1 (นิพนธ์, 2546)

พริกหวานจะมีปริมาณวิตามินเอ กรดแอสคอร์บิค ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและแคลเซียมอยู่สูง สารที่ทำให้เกิดรสชาติและความเผ็ดของพริกคือ Capsaicin ( $C_{18}H_{27}NO_3$ ) ซึ่งในพริกหวานมีปริมาณต่ำ ส่วนพริกที่มีรสเผ็ดจะประกอบด้วย Capsanthin ( $C_{40}H_{58}O_3$ ) ซึ่งมีปริมาณสูงมากในเมล็ด (นิพนธ์, 2546)

พริกหวานสีแดง (Red sweet pepper) โดยสีแดงเป็นสีที่อยู่ในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ซึ่งประกอบด้วย เบต้าแคโรทีน โปรวิตามินเอ นอกจากนั้นยังพบแคปแซนทิน แคปโซรูบินและคริปโตแซปซิน ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Matsufuji *et al* .,1998) นอกจากนี้พริกหวานยังมีปริมาณฟีนอลิกหรือฟลาโวนอยด์อยู่ปานกลางถึงสูง ซึ่งประกอบด้วย เคอร์ซีทิน ลูทีโอลิน และแคปไซซินอยด์ (Hasler , 1998) การที่พริกหวานแดงมีสารซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนั้นมีงานวิจัยหลายงานแสดงให้เห็นว่า สารอาหารเหล่านี้มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์โดยเฉพาะในผักและผลไม้หลายชนิด ที่มีสารอาหารที่ช่วยป้องกันการเสื่อมของสุขภาพและลดความเสี่ยงในการเกิดโรค เช่น โรคมะเร็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคต้อกระจก โรคเบาหวาน โรคแอลไซเมอร์ โรคพาร์คินสัน (Kaur & Kapoor, 2001)

ปริมาณสารที่จัดเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและชนิดของสารที่พบในพริกหวานนั้นมีความแตกต่างกันไปขึ้นกับความแตกต่างของสายพันธุ์พริก สภาวะที่ใช้ในการปลูก ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว วิธีที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว การปฏิบัติต่อผลผลิตในช่วงก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ฤดูในการปลูกพริก (George *et al*., 2004)

**ตารางที่ 2.3** ปริมาณสารอาหารในพริกหวานแดงหนัก 92 กรัม

| ชนิดของสาร | ปริมาณสาร |
|---|---|
| วิตามินซี (มิลลิกรัม) | 174.8 |
| วิตามินเอ (IU) | 2881 |
| วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม) | 0.078 |
| วิตามินบี 6 (มิลลิกรัม) | 0.268 |
| วิตามินอี (มิลลิกรัม) | 1.45 |
| เบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัม) | 1494 |
| เบต้าคริปโตแซนทิน(ไมโครกรัม) | 451 |
| ไลโคพีน (ไมโครกรัม) | 283 |
| ลูทีนและซีแซนทีน (ไมโครกรัม) | 47 |

ที่มา: Food and Drug Administration's

**2.4 สารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พบได้ในพริกหวานแดง**

สารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พบได้โดยทั่วไปในพริกหวานแดงได้แก่ สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ วิตามินเอ และวิตามินซี (Sun *et al*, 2007) โดยแยกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

2.4.1 แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) พบได้ในพืชที่ให้สีเหลือง ส้มและส้มแดง มีสมบัติไม่ละลายในน้ำแต่ละลายได้ดีในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ สีของแคโรทีนอยด์จึงขึ้นกับจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลถ้ามีจำนวนพันธะคู่มากจะทำให้มีสีแดงเข้มขึ้น แคโรทีนอยด์ยังสลายตัวได้ง่ายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน แคโรทีนอยด์ที่พบในอาหารสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ (Provitamin A) (นิธิยา, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แคโรทีนอยด์ที่สามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

(1) กลุ่มที่เป็นไฮโดรคาร์บอน คือ กลุ่มที่โครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนอะตอมกับไฮโดรเจนอะตอมเท่านั้น เช่น แอลฟาแคโรทีน (alpha – carotene) เบต้าแคโรทีน (beta – carotene) และไลโคปีน (lycopene) เป็นต้น

(2) กลุ่มที่มีออกซิเจนในโมเลกุล คือ กลุ่มของสารแคโรทีนอยด์ที่มีหมู่อนุพันธ์ที่ประกอบด้วยออกซิเจนอะตอมอยู่ในโครงสร้างของโมเลกุล ได้แก่ สารพวกแซนโทฟิลส์ (xanthophylls) เช่น ลูนทีน (lutein) ซีแซนทีน (zeaxanthin) (นิธิยา, 2545)

2.4.2 ฟีนอลิก (Phenolic compounds) เป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) เป็นหมู่แทนที่อย่างน้อย 1 หมู่ สามารถละลายน้ำได้ ส่วนใหญ่มักพบอยู่รวมกับน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซม์ (glycoside) สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยทำหน้าที่ในการหน่วงเหนี่ยวหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังสามารถทำให้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นกลายเป็นสารที่มีความเสถียร จึงช่วยหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระได้

สารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันตัวอื่น ๆ ที่มีอยู่ในพริกหวาน (Sun *et al*, 2007) ได้แก่

1. วิตามินเอ (Retinol) วิตามินเอพบได้ในสัตว์เท่านั้น โดยอาหารที่มีวิตามินเอมากที่สุด ได้แก่ น้ำมันตับปลา อาหารที่ได้จากพืชไม่มีวิตามินเอแต่มีสารประกอบแคโรทีนอยด์ที่ละลายได้ในไขมันและน้ำมัน ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ที่ผนังลำไส้เล็ก ตับ ไต จึงเรียกแคโรทีนอยด์ว่าเป็นโปรวิตามินเอ ซึ่งพบได้ในพืชผักที่มีสีเขียว เหลือง หรือสีส้มแดง

2. วิตามินซี (Ascorbic) เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลเฮกโซส ละลายได้ดีในน้ำ จึงถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายและกระจายตัวไปตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกาย วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีอีกชนิดหนึ่งและยังช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายได้อย่างดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.5 การทำแห้ง**

การทำแห้ง (Drying) หมายถึง การใช้ความร้อนหรือความเย็นภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์ในการกำจัดน้ำคือ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี ทำให้มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการทำงานของปฏิกิริยาเคมี (วิไล, 2545) นอกจากนี้ การลดปริมาณความชื้นยังมีผลต่อการเก็บรักษากลิ่นรสและคุณค่าทางอาหาร การทำแห้งยังช่วยลดขนาดของผลิตภัณฑ์ซึ่งทำให้สะดวกต่อการขนส่งและเก็บรักษาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่จำเป็นต้องเก็บในที่มีอุณหภูมิต่ำ แต่ในการทำแห้งจำเป็นต้องคำนึงถึงรูปร่าง โครงสร้างของผลิตภัณฑ์เพื่อให้การกำจัดความชื้นเกิดขึ้นในลักษณะที่ทำลายคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด โดยผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากการทำแห้ง สามารถกลับมีคุณภาพใกล้เคียงกับสภาพเริ่มต้นหลังการเติมน้ำ (Rehydration) (รุ่งนภา, 2535; สุคนธ์ชื่น, 2543)

อัตราการทำแห้ง คือ ลักษณะการเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหารมีผลต่ออัตราการทำแห้ง (การสูญเสียน้ำต่อ 1 หน่วยเวลา) ถ้าอาหารมีเนื้อโปร่งการเคลื่อนที่เป็นแบบการไหลผ่านช่องแคบ (capillary flow) น้ำจะเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารได้เร็วกว่าการระเหยกลายเป็นไอ ทำให้ผิวอาหารเปียกชุ่มด้วยน้ำ การระเหยของน้ำเกิดขึ้นอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ จึงเรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่าช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ ต่อมาเมื่อการไหลผ่านช่องแคบหมดไป น้ำต้องเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ที่ช้าลงมากจนมาที่ผิวไม่เพียงพอ ผิวอาหารจึงแห้งลดลง เรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่าช่วงอัตราการทำแห้งลดลง อาหารที่มีเนื้อแน่นน้ำเคลื่อนที่จากภายในชิ้นอาหารได้ช้าจึงมีเฉพาะช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (สุคนธ์ชื่น, 2543)

2.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2543)

(1) ธรรมชาติของอาหาร อาหารเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น จึงทำให้อาหารเนื้อโปร่งแห้งเร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะมีลักษณะเหนียวทำให้กีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่ผ่านการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็วขึ้น

(2) ขนาดและรูปร่างของอาหาร รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ก็ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกันการระเหยเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้ง ๆ ที่พื้นที่ต่อหน่วยมีมาก

(3) ตำแหน่งของอาหารในเตา น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่าหรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(4) ปริมาณอาหารต่อถาด ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อนหรือได้รับความร้อนจากถาดแล้ว แต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

(5) ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากจะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อยจึงมีผลในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

(6) อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้น จึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงด้วย

(7) ความเร็วของลมร้อน ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น นอกจากนี้ความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเตาอากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

2.5.2 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2543)

(1) การหดตัวของผลิตภัณฑ์ การเสียน้ำทำให้เซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า ๆ

(2) การเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีการเกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้นร้อยละ 10 – 20 มีผลต่อความเข้มของสี

(3) การเกิดเปลือกแข็ง เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแห้งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ เกิดจากช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทันหรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีน เคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันควร

(4) การเสียความสามารถในการคืนสภาพ อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพแต่การคืนนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิมเพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์สตาร์ชและโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ การทำแห้งอาหารในภาวะที่เหมาะสมจะเกิดการเสียหายน้อยและเมื่อนำมาแช่น้ำจะคืนรูปได้เร็วขึ้น

(5) การเสียคุณค่าอาหารและสารระเหย เกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซีและแคโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สูญเสียไรโบฟลาวินจากแสง สูญเสียไทอะมีนจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แห้งนานการสูญเสียก็ยิ่งเกิดขึ้นมาก โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนด้วยความร้อนเช่นเดียวกัน การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดลงหรือแตกต่างไปจากเดิม

**2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

Luangmalawat *et al*. (2007) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อลักษณะการทำแห้งและคุณภาพของข้าวสุก โดยทดลองที่อุณหภูมิ 50, 60, 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส พบว่า ในด้านคุณภาพอุณหภูมิในการทำแห้งส่งผลต่อสีของข้าวสุก การหดตัวและประสิทธิภาพการคืนตัว โดยทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนและมอร์ฟอโลจีของข้าวสุกหลังการทำแห้งซึ่งพบว่า ข้าวสุกที่ได้จะเกิดลักษณะเป็นรูพรุนเล็กน้อย

Sun *et al*. (2007) ศึกษาปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidants) ของพริกหวาน 4 สี ได้แก่ สีเขียว สีเหลือง สีส้ม สีแดง จากการศึกษาพบปริมาณฟีนอลิก (Phenolics) จากพริกหวานสีเขียว สีเหลือง สีส้ม และสีแดง ในปริมาณ 2.4, 3.3, 3.4 และ 4.2 ไมโครโมล ตามลำดับ วิธีในการหาปริมาณฟีนอลิก คือ Folin – Ciocaltrau method พบปริมาณ Catechin ในพริกหวานทั้ง 4 สีในปริมาณที่เท่ากันต่อกรัมน้ำหนักสด พริกหวานสีแดงมีปริมาณ ß – carotene สูงที่สุดคือ 5.4 ไมโครกรัมต่อกรัม ปริมาณ Capsanthin 8.0 ไมโครกรัมต่อกรัม ปริมาณ Quercetin 34.0 ไมโครกรัมต่อกรัม และปริมาณ Luteolin 11.0 ไมโครกรัมต่อกรัม พริกหวานสีเขียวไม่พบว่ามีสาร Capsanthin และพบ Luteolin ในปริมาณที่ต่ำที่สุดคือ 2.0 ไมโครกรัมต่อกรัม ความสามารถในการทำปฏิกิริยาของพริกโดยใช้ 2-2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) พบว่าพริกเขียวมีความสามารถต่ำสุดคือ 2.1 ไมโครโมล

Hiroshi *et al*. (2005) ศึกษาปริมาณสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากพริกหวานขาว เขียว เหลือง ส้มและแดงพบว่า พริกหวานส้มและเหลืองมีปริมาณของแคโรทีนอยด์ แอลฟาโทโคฟีรอลสูงที่สุด โดยในพริกหวานเขียวและขาวยังพบสารดังกล่าวในปริมาณที่น้อย เนื่องจากยังมีการเจริญได้ไม่เต็มที่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่วงที่พริกหวานมีการเจริญเต็มที่จะทำให้มีปริมาณสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าพริกหวานแดงมีความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH ซึ่งมีสมบัติเป็นอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด

Bello *et al*. (2005) ศึกษาการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวในน้ำร้อนอุณหภูมิ 25 – 90 องศาเซลเซียส และที่เวลาแตกต่างกัน โดยแบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิในการแช่ข้าว 60 องศาเซลเซียสและต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส กราฟที่ได้แสดงลักษณะการดูดซับน้ำโดยวัดปริมาณความชื้น โดยช่วงเริ่มต้นกระบวนการปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้ในอัตราที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เร็วมาก จากนั้นจะเริ่มดูดซึมได้ช้าลง การดูดซึมน้ำเริ่มจากการดูดซึมน้ำเข้าไปทีละน้อยจนถึงจุดที่ความชื้นอิ่มตัวคือความสามารถมากที่สุดที่เมล็ดข้าวสามารถดูดซึมน้ำได้ สำหรับการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสและสูงกว่า 65 องศาเซลเซียส พบว่ามีอัตราเร็วเพิ่มขึ้นในการดูดซึมน้ำ เป็นการเพิ่มขึ้นที่ผันกลับได้เช่นเดียวกับการเจลาติไนเซชัน ซึ่งในขณะเกิดกระบวนการดังกล่าวเมล็ดข้าวจะมีลักษณะบวมขึ้นทำให้ผิวด้านนอกถูกทำลาย ซึ่งทำให้ดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น สังเกตได้จากอุณหภูมิในการแช่ที่ 60 – 65 องศาเซลเซียส เป็นช่วงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ข้าวเจลาติไนซ์นั่นเอง

Zhao *et al* (2007) ศึกษาการใช้ไมโครเวฟต่อคุณภาพของข้าว พบว่าคุณภาพของข้าวและช่วงเวลาในการเก็บขึ้นกับวิธีการบรรจุและเวลาที่ใช้ในการเก็บ โดยที่ปริมาณน้ำ ปริมาณกรดไขมันอิสระและปริมาณโปรตีนลดลงแต่คุณภาพด้านประสาทสัมผัสดีขึ้น เช่นเดียวกับการใช้ไมโครเวฟ นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้และไม่ใช้ไมโครเวฟสามารถเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวในช่วงระยะเวลาการเก็บได้แต่จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ความแตกต่างของปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมันและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดระหว่างการใช้และไม่ใช้ไมโครเวฟมีความสำคัญในช่วงเริ่มต้นของระยะเวลาในการเก็บแต่จะไม่มีผลต่ออายุการเก็บเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เกิน 120 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved