บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ส่วนประกอบของเมล็ด

เมล็ดข้าวเป็นผลชนิดหนึ่งที่เรียกว่าคาริออพซิส (caryopsis) มีลักษณะเป็นผลแห้ง (Dry fruit) มีผลเดี่ยว เมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก (ภาพที่ 2.1) คือ ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ด (husk) และส่วนเนื้อผล (caryopsis rice) หรือข้าวกล้อง (อรอนงค์, 2547)

2.1.1 เปลือกนอกหรือแกลบ (husk) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มอยู่ภายนอกประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) และเปลือกเล็ก (palea) เชื่อมกันโดยโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า Hook–shaped มีความสำคัญในการป้องกันเมล็ดจากเชื้อราและแมลงในระหว่างการเก็บรักษา ชั้นนอกของเปลือกนอก มีขนหนาม (trichomes) องค์ประกอบส่วนใหญ่ภายในเปลือกนอก ได้แก่ ลิกนิน (ร้อยละ30) เซลลูโลส (ร้อยละ 25) และเถ้า (ร้อยละ 21) ดังนั้นส่วนนี้จึงมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเมล็ดข้าว

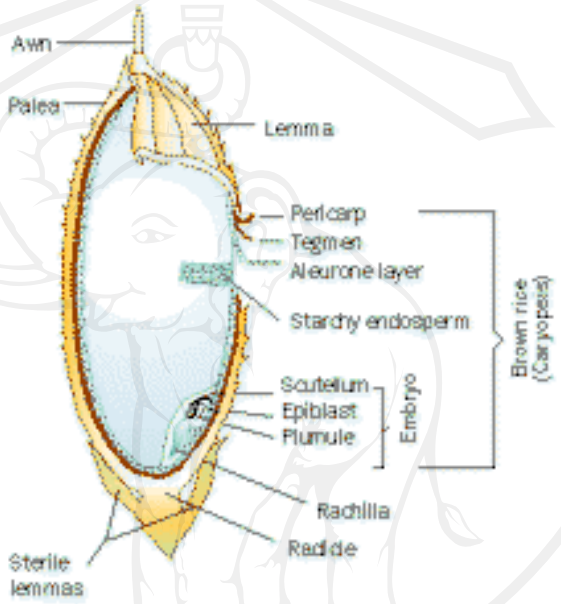
2.1.2 ส่วนเนื้อของเมล็ด หรือข้าวกล้อง (brown rice) แบ่งออกเป็นชั้น ๆ ดังนี้

- เยื่อหุ้มผล (pericarp) เป็นส่วนผิวนอกของข้าวกล้อง มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นคือ epicarp, mesocarp และ endocarp เยื่อหุ้มเหล่านี้เป็นผนังเซลล์เส้นใย (fibrous) ประกอบด้วยโปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส
- เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) เป็นส่วนที่อยู่ถัดจากเยื่อหุ้ม หนาประมาณ 0.5 ไมครอน ภายในเซลล์มีไขมันอยู่มาก
- ชั้นอลูโลน (aleurone layer) เป็นชั้นที่ห่อหุ้มทั้งเนื้อเมล็ด จำนวนชั้นของอลูโลนจะแตกต่างกันออกไป ตั้งแต่ 1-7 ชั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ชั้นอลูโลนเป็นชั้นที่มีคุณค่าทางอาหารสูงภายในประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน วิตามิน และมีแป้งเล็กน้อย
- เนื้อเมล็ดหรือเนื้อข้าว (endosperm) คือส่วนที่เป็นข้าวสาร มีประมาณร้อยละ 80 ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตหรือแป้ง แป้งจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (starch compound) กลุ่มแป้งหลาย ๆ กลุ่มจะรวมกันเป็น micelles โดยมีโปรตีน (protein

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

body) แทรกอยู่และมีไขมันเล็กน้อย แป้งข้าวแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกติน (amylopectin)

- คัพภะ (embryo) เป็นส่วนที่เจริญไปเป็นต้นอ่อนต่อไป ประกอบด้วย embryonic axis และ scutellum ส่วนนี้มีโปรตีน ไขมัน เถ้า และวิตามินในปริมาณที่สูง แต่ไม่มีแป้ง (อรอนงค์, 2547)



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว (http://www.n2n-inter.com/education/rice.htm)

2.2 คุณสมบัติของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติของเมล็ดข้าวหมายถึงคุณภาพทั่วไปของเมล็ดข้าว ทั้งทางกายภาพ และทางเคมี มีความสัมพันธ์โดยตรงกับองค์ประกอบ และโครงสร้างของเมล็ดข้าว ซึ่งถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ซึ่งจำแนกคุณสมบัติต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติทางกายภาพหมายถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดที่สามารถมองเห็นหรือชั่งตวง วัด ได้ เช่น น้ำหนักเมล็ด ขนาดและรูปร่างของเมล็ด สีข้าวเปลือก ลักษณะท้องไข่ และความขาวของข้าวสาร เป็นต้น (กัญญา, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- น้ำหนักเมล็ด (grain weight) เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมโดยพันธุกรรม และจะแปรไปตามสภาพแวดล้อม เช่น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย และสภาพภูมิอากาศ โดยทั่วไปแล้วน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดของข้าวไทย พบว่ามีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 1.62-4.17 กรัม ซึ่งน้ำหนักเมล็ดข้าวจะทำการประเมินได้ 2 รูปแบบได้แก่ น้ำหนักต่อปริมาตร ประเมินเป็นกรัมต่อลิตร หรือ กิโลกรัมต่อถัง และน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด ประเมินเป็นน้ำหนัก 100 เมล็ด หรือ 1,000 เมล็ด เป็นต้น (กัญญา , 2547)

- สีข้าวเปลือก เป็นลักษณะประจำพันธุ์ ขึ้นอยู่กับลักษณะการแสดงออกของยีน ข้าวพันธุ์ไทยมีสีเปลือกหลายสี เช่น สีฟาง สีดำ สีแดง สีน้ำตาลเข้ม และสีอื่น ๆ แต่ส่วนใหญ่แล้วจะมีสีฟางและสีน้ำตาล ข้าวที่มีสีเปลือกอ่อนเมื่อนำไปขัดขาวแล้วจะได้ข้าวสารสีขาว ส่วนข้าวที่มีสีเข้มเมื่อนำไปขัดขาวแล้วจะได้ข้าวสารออกสีหม่น ๆ

- สีข้าวกล้อง สีของเมล็ดข้าวกล้องจะแสดงออกที่เยื่อหุ้มผล (pericarp) ซึ่งมีสีแตกต่างกันตั้งแต่ขาว แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทา และม่วงถึงเกือบดำ ข้าวกล้องที่มีสีดำและม่วงจะมีสารพวกแอนโทรไซยานิน สีของข้าวกล้องมีผลต่อคุณภาพการสี ข้าวกล้องที่มีสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดรำนาน หรือใช้แรงกดมากทำให้ได้ต้นข้าวน้อยลงทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด

- ขนาดรูปร่าง (grain dimension) ขนาดรูปร่างเมล็ด ได้แก่ ความยาว (length) ความกว้าง (width) ความหนา (thickness) และรูปร่าง (shape) ของเมล็ด ขนาดรูปร่างของเมล็ดเป็นลักษณะประจำพันธุ์ มีความแตกต่างขึ้นกับพันธุ์ และสภาพปลูก ข้าวพวก indica จะมีเมล็ดรูปร่างเรียว ส่วนพวก japonica มีรูปร่างป้อมสั้น เป็นต้น

- ลักษณะท้องไข่ (chalkiness) ท้องไข่ในเมล็ดเกิดจากการจับตัวกันอย่างหลวม ๆ ของเม็ดแป้ง (starch granule) กับโปรตีน (protein body) ในส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด ลักษณะนี้ถูกควบคุมโดยพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ลักษณะท้องไข่มีผลโดยตรงกับคุณภาพการขัดสี ซึ่งทำให้ได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดลดลงลักษณะท้องไข่ในเมล็ด มี 3 ชนิด (กัญญา, 2547) คือ

  - White center หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดขึ้นตรงกลางของส่วนที่เป็นแป้งในเมล็ด
  - White belly หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดขึ้นทางด้านข้าง หรือด้านท้องของเมล็ดด้านเดียวกับคัพภะ
  - White back หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดตรงด้านหลังของเมล็ด ตรงข้ามกับเมล็ด

- ความขาวของข้าวสาร (milled rice whiteness) ข้าวที่ผ่านการขัดสีจนเป็นข้าวสารจะมีสีขาว เพราะเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด ความขาวของข้าวสารจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น องค์ประกอบทางเคมี ระดับการสี และระยะเวลาการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวเปลือก เป็นต้น ข้าวที่เก็บรักษาไว้นาน ๆ จะมีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ จากการศึกษาของ Park et al. (2012) พบว่าสีของข้าวเปลี่ยนจากสีขาวครีม เป็นสีเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา

- ความขุ่นใสของข้าวสาร (grain transparency) หมายถึงความทึบแสงหรือความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด สามารถสังเกตความแตกต่างได้ในข้าวเจ้า ปัจจุบันยังไม่พบสาเหตุของความขุ่นใส แต่คาดว่าน่าจะเกิดจากพันธุ์ข้าวและสภาพพื้นที่ปลูก
- คุณภาพการสี การประเมินคุณภาพการสีเกี่ยวข้องกับการสีข้าว (rice milling) โดยเป็นการทำให้เปลือก รำ และคัพภะออกจากเมล็ดข้าว ข้าวที่มีคุณภาพการสีที่ดีเมื่อผ่านการสีแล้วจะได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ด และต้นข้าวสูง มีปริมาณข้าวหัก (broken rice) น้อย ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการสี ได้แก่ พันธุ์ข้าว การเก็บรักษา และกระบวนการขัดสี (กัญญา, 2547)

2.2.2 คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าว หมายถึง สัดส่วนและองค์ประกอบทางเคมีของข้าว ที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและการบริโภค องค์ประกอบทางเคมีของข้าวจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ สภาพการปลูก การเก็บเกี่ยว และกระบวนการแปรรูปเป็นข้าวสาร องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญที่มีในข้าวคือ โปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีแป้ง (starch) เป็นองค์ประกอบหลัก (อรอนงค์, 2547)

- แป้ง (starch)

เป็นองค์ประกอบหลักที่มีอยู่ในเอนโดสเปิร์ม (endosperm) มีอนุภาคขนาด 3-9 ไมครอน กลุ่มของอนุภาคแป้งเหล่านี้จะอยู่ในส่วนของอะไมโลพลาส (amylopast) แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิดคือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกติน (amylopectin) อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินที่ต่างกัน ทำให้คุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Juliano, 1985b) (ตารางที่ 2.1)

อะไมโลส เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วย กลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage โดยอะไมโลสมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 10^5–10^6 มีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นตรงสามารถหมุนตัวเองให้ไปเรียงตัวในแนวขนานกับโมเลกุลของอะไมโลสด้วยกันเองได้ สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนให้สารสีน้ำเงิน และสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับกรดไขมัน หรือโมโนกลีเซอไรด์ (งามชื่น, 2547)

อะไมโลเพกติน เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส มีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่งก้าน ส่วนที่เป็นเส้นตรงประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 25-30 โมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage ส่วนที่เป็นกิ่งก้านจะต่อกันด้วยพันธะ α-1,6-glucosidic linkage เป็นกลูโคสสายสั้นๆ ขนาดโมเลกุลของอะไมโลเพกตินในแป้งแต่ละชนิด มีค่าประมาณ 2 ล้านหน่วย อะไมโล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพกติน มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10^7–10^9 อะไมโลเพกตินเกิดปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน ให้สีแดงม่วงหรือสีน้ำตาล (Hood, 1982 อ้างอิงจาก พีชยา, 2541)

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอะไมโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
- อะไมโลสต่ำ	10-19	เหนียว-นุ่ม
- อะไมโลสปานกลาง	20-25	ค่อนข้างร่วน ไม่แข็ง
- อะไมโลสสูง	26-34	ร่วนแข็ง

ที่มา : งามชื่น (2547)

- โปรตีน (protein)

ในเมล็ดข้าวมีโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 8 ซึ่งมากเป็นอันดับสองรองจากคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์ของข้าว ปริมาณโปรตีนคิดจากการวิเคราะห์โดยวิธีของ Kjeldahl ด้วยการนำปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคูณด้วยแฟกเตอร์ 5.95 (Juliano, 1985b) โปรตีนในเมล็ดข้าวส่วนใหญ่เป็นกลูเตลิน (glutelin) มีมากกว่าร้อยละ 85-90 เป็นโปรตีนที่ละลายในกรดหรือด่างเจือจาง ที่เหลือเป็นอัลบูมิน (albumin) เป็นโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ โกลบูลิน (globulin) เป็นโปรตีนที่ละลายในสารละลายเกลือ และโพรลามิน (prolamine) เป็นโปรตีนที่ละลายในแอลกอฮอล์ (อรอนงค์, 2547)

โมเลกุลของโปรตีนที่รวมกันอยู่เป็นโปรตีนรูปร่าง (protein bodies) ซึ่งมีกลูเตลินเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ภายในจะมี 3 รูปแบบ คือ แบบผลึก แบบรูปร่างกลมขนาดเล็ก และแบบรูปร่างกลมขนาดใหญ่ ซึ่งโปรตีนที่กระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเมล็ดจะเป็นโปรตีนรูปร่างกลมขนาดเล็กแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดแป้ง มีผลต่อการเกิดเจลลาติไนเซชันของเม็ดแป้ง โดยยับยั้งการพองตัวทำให้เม็ดแป้งไม่เสียรูปร่างได้ง่าย ป้องกันการซึมผ่านของโมเลกุลอะไมโลสออกนอกเม็ดแป้ง ทำให้ความหนืดลดลง มีผลต่อลักษณะความอ่อนหรือความแข็งของเจลเมื่อเย็นลง ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (อรอนงค์, 2547) โปรตีนที่อยู่ภายนอกเมล็ดมีส่วนทำให้ระยะเวลาในการหุงต้มข้าวสุกนานขึ้น เนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเมล็ด (งามชื่น, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ไขมัน (lipid)

ไขมันในข้าวจะอยู่ในชั้น aleurone layer หรือในส่วนของรำข้าว (bran) (Chrastil, 1993) ประเภทของไขมันข้าวส่วนใหญ่คือ ไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) รองลงมาคือ ฟอสโฟไลพิด (phospholipids) ไกลโคไลพิด (glycolipids) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoids) (อรอนงค์, 2547) ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดข้าว ไขมันจะถูก hydrolyzed และ oxidized จะได้กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) และ peroxide ไขมันดังกล่าวเป็นสาเหตุทำให้ความเป็นกรดเพิ่มสูงขึ้น เกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดในแง่ของรสชาติหรือกลิ่น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในขบวนการนี้มีเอมไซม์หลายชนิดเข้ามาเกี่ยวของ เช่น lipase, phospholipase และ phosphatase เป็นต้น ส่วนกรดไขมันอิสระมีส่วนประกอบด้วย กรดปาล์มมิติกและสเตียริคร้อยละ 13.0 กรดโอเลอิคร้อยละ 52.0 และกรดไลโนเลอิคร้อยละ 35.0 การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะไมโลสกับไขมัน (amylose-lipid complex) มีผลต่อการพองตัว ความสามารถในการละลาย การเกิดเจลลาติไนเซชัน และการเกิดรีโทรเกรเดชั่นของแป้ง (Eliasson and Krong, 1985) สอดคล้องกับ Jane et al. (1999) ที่พบว่าสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะไมโลสกับไขมัน ทำให้อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งเพิ่มสูงขึ้น ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ลดลง

2.2.3 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเมล็ดข้าว

- ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) ข้าวบางพันธุ์ที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันอาจมีความแข็งของข้าวสุกต่างกัน (ตารางที่ 2.2) ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนต่างกัน การหาความคงตัวของแป้งสุกอาศัยหลักการทำให้แป้งใสโดยต้มในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) แล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางในแนวราบ (Cagampang et al., 1973 อ้างอิงจาก มันทนียา , 2548)

- ความหนืดของแป้ง (viscoamylograph) ความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง แตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง ความหนืดของแป้งสุกสามารถวัดได้ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) โดยความหนืดเกิดขึ้นเมื่อแป้งได้รับความร้อน ซึ่งความร้อนจะทำลายพันธะในเม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งดูดซึมน้ำและพองตัวขึ้น และมีความหนืดเกิดขึ้น (ภาพที่ 2.2) อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) peak viscosity แสดงถึงความสามารถในการรวมตัวกับน้ำและเกิดการพองตัวของเม็ดแป้ง อะไมโลเพกตินมีความสามารถรวมตัวกับน้ำสูง ปัจจัยที่มีผลต่อ peak viscosity ได้แก่ อายุการเก็บรักษา ปริมาณโปรตีน และปริมาณอะมโลส (เพลงพิณ, 2541 อ้างอิงจาก จารนัย, 2537) หลังจากการเกิด peak viscosity ความหนืดจะลดลงเนื่องจากการแตกตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามความคงตังของแป้งสุก

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.)
แป้งสุกแข็ง	26 – 40
แป้งสุกปานกลาง	41 – 60
แป้งสุกอ่อน	61 – 100

ที่มา : งามชื่น (2547)

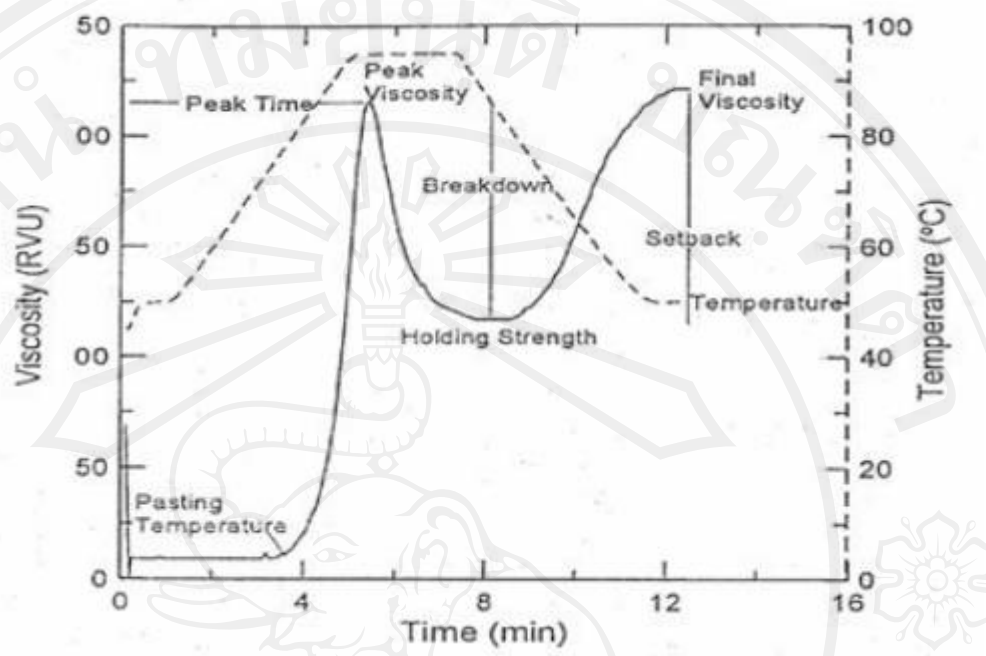
ของเม็ดแป้ง อะไมโลสจะถูกปลดปล่อยออกมากับสารละลาย และอาจมีส่วนที่เป็นอะไมโลเพกตินด้วย ความหนืดเปลี่ยนแปลงไปสู่ขั้นสลายตัว หรือ breakdown ค่า breakdown แสดงถึงการแตกตัวของเม็ดแป้งหลังจากเกิดการพองตัว เมื่อเข้าสู่ระยะการทำให้น้ำแป้งเย็นตัว หรือเมื่อลดอุณหภูมิลง โมเลกุลอิสระที่กระจัดกระจายออกมา ถ้ามีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมไม่สั้นไม่ยาวเกินไป ก็จะสามารถเคลื่อนเข้ามาจับกันและกักน้ำไว้ได้ทำให้ความหนืดสูงขึ้นอีก ความหนืดที่กลับสูงขึ้นมาอีกนี้ เรียกว่า setback (Leach et al., 1965 อ้างอิงจาก เพลงพิณ, 2541, Carbohydrate technology, 2555) ซึ่งค่า setback จะแสดงถึงความสามารถในการคืนตัวของแป้งข้าวหลังจากหุงสุก โดยมีความสัมพันธ์กับความแข็งกระด้างของเมล็ดข้าวหลังจากหุงสุกแล้วปล่อยให้เย็นตัวลง

<u>ค่าที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงความหนืดมีดังต่อไปนี้</u>

1. อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืด (pasting temperature) คืออุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด หรือมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 2 Rapid Visco Unit (RVU) ในเวลา 20 วินาที มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส
2. ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) มีหน่วยเป็น RVU
3. ค่าความหนืดต่ำสุด (trough viscosity) มีหน่วยเป็น RVU
4. ค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) มีหน่วยเป็น RVU
5. ค่าความหนืดลดลง (breakdown) ความแตกต่างของความหนืดสูงสุด และความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU
6. เซทแบค (setback) ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU
7. Peak time เวลาที่เกิด peak ของความหนืด มีหน่วยเป็น นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA (Carbohydrate technology, 2555)

- การยืดตัวของเมล็ดข้าว (Elongation) เมล็ดข้าวมีการขยายตัวระหว่างการหุงต้ม ข้าวสุกที่ยืดตัวได้มาก และไม่เหนียวติดกันเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อ การที่เมล็ดขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในเมล็ดโปร่ง ไม่อัดแน่น และช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น ข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาจะมีการขยายตัวของข้าวสุกเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมล็ดข้าวสามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น การยืดตัวของเมล็ดข้าวนอกจากจะมีความสัมพันธ์กับความยาว และอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างแล้ว ยังพบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณอะไมโลสด้วย โดยปริมาณอะไมโลสมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับอัตราการยืดตัว ของเมล็ด (Singh et al, 2005) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอัตราการยืดตัวของข้าวแต่ละพันธุ์ที่ระยะเวลาเก็บรักษาเดียวกันพบว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีอัตราการยืดตัวสูงกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ทรงเชาว์ และคณะ (2546) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและคุณภาพข้าวระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาทำให้เมล็ดข้าวมีอัตราการยืดตัวสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Ali et al. (2004) ที่พบว่า หลังจากเก็บข้าวเป็นระยะเวลา 2 ปี หลังจากผ่านกระบวนการหุงต้มแล้วข้าวมีความยาวเพิ่มขึ้นจาก 13.9 มม. เป็น 15.5 มม. ซึ่งอัตราการยืดตัวของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ดข้าว (Elongation ratio) หาได้จากความยาวของข้าวสุก ต่อความยาวของข้าวสาร หรือคำนวณได้จากสูตร (Swamy et al., 1987; Juliano and Perze, 1984)

$$\text{อัตราการยืดของเมลดข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของเมล็ดก่อนหุงต้ม}}$$

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

2.3.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา เมื่อนำข้าวมาเก็บรักษาจะเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น เกิดกรดไขมันอิสระ ข้าวมีสีคล้ำขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดมากขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น การลดอุณหภูมิในการเก็บรักษาจะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เพลงพิณ (2541) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลส คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่าความชื้นของข้าวเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C ลดลงมากกว่าที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C สีของเปลือก และส่วนของเอนโดสเปิร์ม ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดของข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37°C เพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิ 25°C

Park et al. (2012) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพเคมีของข้าวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษา กรดไขมันของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น โดยข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (30°C และ 40°C) กรดไขมันจะเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ (4°C และ 20°C) ซึ่ง กรดไขมัน เป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงการเสื่อมของเมล็ดในระหว่างการเก็บรักษา ในส่วนของความเหลืองของเมล็ดข้าวสาร เมล็ดข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ความเหลืองเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจาก 10.5 เป็น 10.86 หลังจากหนึ่งเดือน ในขณะที่เมล็ดข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C, 30°C และ 40°C ค่าความเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 10.5 เป็น 12.57, 13.20 และ 14.50 ตามลำดับ

2.3.2 ภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุภัณฑ์ หมายถึงบรรจุภัณฑ์ที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มผลิตภัณฑ์ สามารถปกป้องและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บรักษา รัตนาภรณ์ (2548) ได้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของวัสดุทำภาชนนะบรรจุภัณฑ์ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อการเจริญของเชื้อราและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ภาชนะบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยปริมาณไขมันของเมล็ดที่เก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติกชนิด MPET ถุงพลาสติก Polyethylene และถุงพลาสติก Nilon มีปริมาณลดลงตามลำดับ

2.3.3 ระยะเวลาเก็บรักษา

ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น โดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว จากการรายงานของ สราวดี และจิรศักดิ์ (2552) พบว่า ข้าวทีเก็บใหม่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวที่เก็บรักษา ภูมิสิทธิ์ (2545) รายงานว่าคุณภาพข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยวมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยคุณภาพการสีของข้าวเปลือก มีร้อยละข้าวต้นและร้อยละข้าวสารรวมเพิ่มขึ้น และเพิ่มสูงสุดหากเก็บข้าวเปลือกนาน 3.5 เดือน หลังจากนั้นกลับมีค่าลดลง แต่ก็ยังมีร้อยละต้นข้าว และร้อยละข้าวสารรวม สูงกว่าข้าวก่อนการเก็บรักษา ในส่วนของดัชนีความขาวพบว่า มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในด้านคุณสมบัติความหนืดของแป้งข้าวพบว่า อุณหภูมิแป้งสุก ความคงตัวของแป้งสุก และความหนืดสุดท้ายของแป้งสุกมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

2.3.4 ความชื้น

ความชื้นมีความสำคัญกับการเก็บรักษาเมล็ดข้าวเป็นอย่างมาก โดยข้าวที่มีความชื้นสูงจะเป็นสภาพที่เหมาะแก่การเจริญของเชื้อรา แบคทีเรีย และแมลงต่าง ๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของข้าว เช่น *Fusarium sp.* ทำให้เกิดเมล็ดเหลืองในข้าว *Curvularia sp.* ก่อให้เกิดเมล็ดสีดำเป็นต้น (ไพฑูรย์, 2538 อ้างอิงจาก ภัทรพร, 2547) โดยทั่วไปแล้วการเก็บรักษาเมล็ดข้าวสาร ความชื้นของเมล็ดข้าวไม่ควรเกินร้อยละ 14 สอดคล้องกับการรายงานของ Barber (1972) ที่พบว่า การเก็บรักษาข้าวเปลือกที่มีความชื้นร้อยละ 14 ทำให้เกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อราน้อยสุด ซึ่งต่างจากการเก็บที่ความชื้นสูงร้อยละ 18 ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตง่าย ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของข้าว

2.4 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวระหว่างการเก็บรักษา

การเก็บรักษาข้าวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าว ซึ่งหลังจากการเก็บเกี่ยวภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น โดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เกี่ยวข้องกับ 3 องค์ประกอบในเมล็ดข้าว ได้แก่ แป้ง ไขมัน และโปรตีน (ภาพที่ 2.3) ซึ่งข้าวที่อยู่ในระหว่างการเก็บรักษาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยเม็ดแป้งจะเกิดการจับกันแข็งแรงขึ้น เอนโดสเปิร์มจะแกร่งขึ้น ทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น กรดไขมันอิสระที่เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิสของไขมันจะจับกับอะไมโลส มีผลทำให้เนื้อสัมผัสข้าวสุกเปลี่ยนไป (กัญญา, 2547) นอกจากนี้ไฮเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากการออกซิเดชั่นของไขมันจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารระเหยพวกสารประกอบคาร์บอนิล และสามารถเร่งกระบวนการเกิดออกซิเดชันของโปรตีนได้ ซึ่งกระบวนการออกซิเดชั่นของโปรตีนยังมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลทำให้โครงสร้างภายในเกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งลดลง ซึ่งส่งผลให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกเปลี่ยนไป (Juliano, 1985a) การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีในระหว่างการเก็บรักษานั้น ขึ้นอยู่กับสภาพการเก็บรักษา พันธุ์ข้าว ความชื้น อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา

2.4.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical change)

ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวที่มองเห็นได้ชัดเจน คือ สีของเมล็ดข้าวที่เกิดการเปลี่ยนแปลง Park et al. (2012) รายงานว่า ค่าความเหลืองของข้าวเพิ่มขึ้น ในระหว่างการเก็บรักษา โดยข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าความเหลืองเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (ละมุล, 2541) นอกจากนั้นการเก็บรักษาข้าวเปลือกในระยะเวลาที่นานขึ้น ทำให้ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง (ทรงเชาว์ และคณะ, 2546) และดรรชนีความขาวของข้าวลดลง (มัทนียา, 2548) ตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการเหลืองของข้าวได้แก่ ความชื้นของเมล็ด ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้เร็วขึ้น โดยน้ำตาลที่มีอยู่ในข้าวเมื่อได้รับความร้อนส่งผลให้พันธะระหว่างโมเลกุลภายในน้ำตาลหลุดออกจากกันกลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลต่ำ เมื่อได้รับความร้อนต่อไปน้ำตาลโมเลกุลต่ำจะเกิดเป็นสารประกอบคีโตนขึ้นมา ซึ่งทำให้เกิดสีคล้ำในเมล็ดข้าว (สุทธินี และ ภูมิสิทธ์, 2545 อ้างอิงจาก มัทนียา, 2548)

นอกจากนั้นระยะเวลาการเก็บรักษายังทำให้เมล็ดข้าวมีความแข็งแรงและทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ข้าวที่มีปริมาณต้นข้าวสูงกว่าข้าวใหม่ การเก็บข้าวที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ข้าวมีความแข็งแรงทนทานต่อการขัดสีได้สูงกว่าข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการเก็บรักษามีผลทำให้ผนังเอนโดสเปิร์มมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (Shibuya and Iwasaki, 1984) ซึ่งทำให้ร้อยละต้นข้าวเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (วินิต และภูมิสิทธิ์, 2545)

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Chemical change)

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว เช่น ปริมาณอะไมโลส โปรตีน และไขมัน ที่อยู่ในระหว่างการเก็บรักษาเกือบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่กระบวนการบางอย่าง เช่น กระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) หรือ degradation อาจเกิดขึ้นได้ (Juliano, 1985a; อรองค์, 2547)

- คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของข้าวประกอบด้วยแป้ง (starch) ประมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักแห้ง มีอะไมโลสและอะไมโลเพกตินเป็นองค์ประกอบ การที่ข้าวสุกมีคุณสมบัติต่างกันนั้น เป็นผลมาจากอัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ปริมาณแป้งไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสม แต่ถ้ามีการทำลายของราหรือแมลง ซึ่งส่งผลให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แป้งลดลง เอนซม์อะไมเลสจะทำงาน ซึ่งจะทำลายแป้งได้ เดรกติน และมอลโตส อาจทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น และแป้งลดลง

- โปรตีน

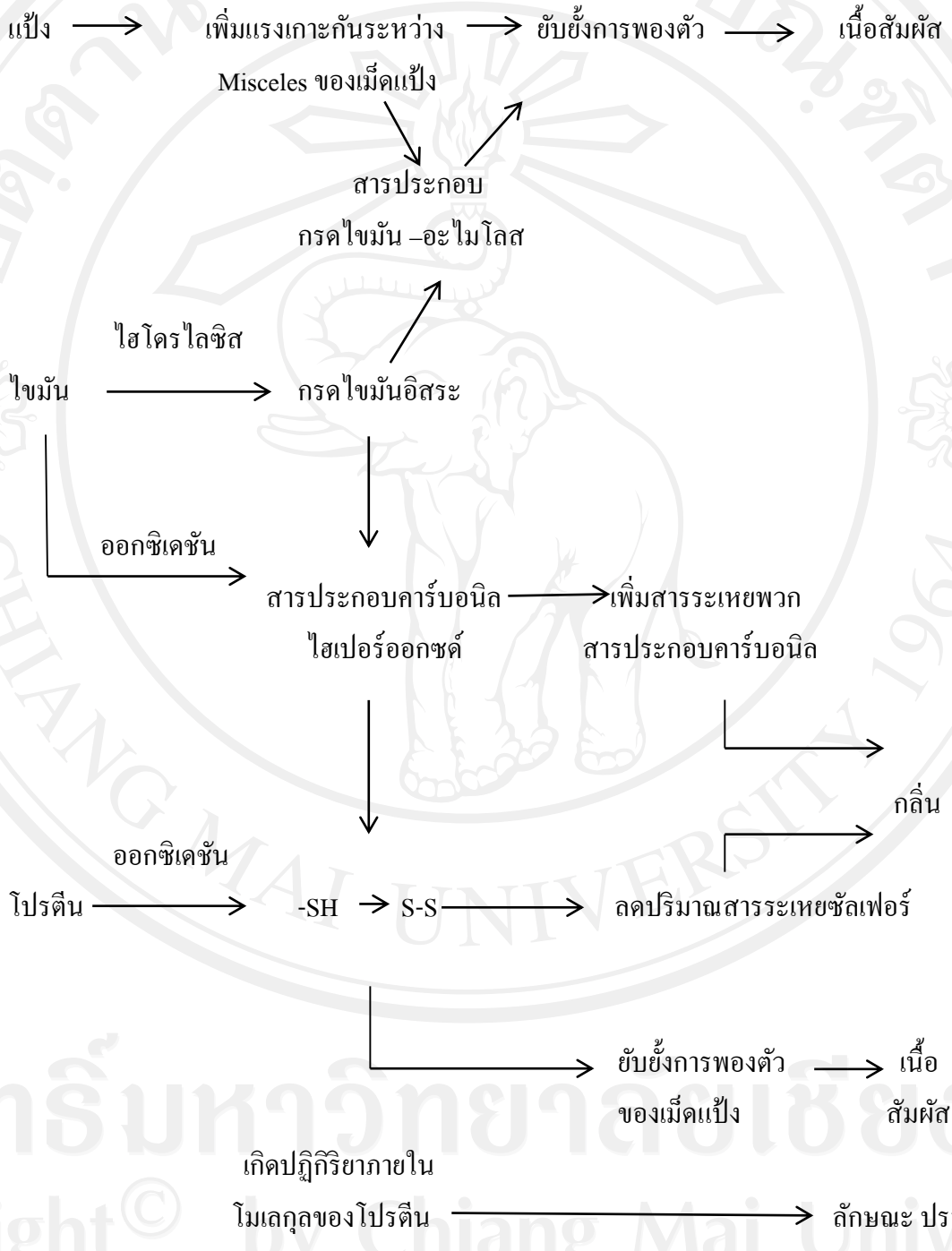
ปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบรองมาจากแป้ง (starch) ประกอบด้วยส่วนของอัลบูมิน (albumin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำ โกลบูลิน (globulin) ละลายได้ในน้ำเกลือ โปรลามิน (prolamin) ละลายในแอลกอฮอล์ และกลูเตลิน (glutalin) ละลายในด่าง การเพิ่มขึ้นของโปรตีนจะทำให้ระยะเวลาในการหุงข้าวสุกมากขึ้น เนื่องจากโปรตีนขัดขวางการซึมผ่านของน้ำเข้าในเมล็ดข้าวสุกนุ่มและเหนียวลดลง (Juliano et al., 1965) ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณโปรตีนไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง (Chrastil, 1993)

- ไขมัน

ปริมาณไขมันส่วนใหญ่อยู่ในส่วนของรำข้าว และพบได้น้อยในส่วนของเอนโดสเปิร์ม ปริมาณไขมันที่มีอยู่ในข้าวสารส่วนใหญ่เป็นไขมันที่ไม่ใช่มาจากแป้ง (non-starch lipid) ส่วนไขมันที่สกัดจากแป้ง (starch lipid) อาจอยู่รวมกับส่วนของอะไมโลส (อรอนงค์, 2532) ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณไขมันไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง แต่การเก็บรักษาข้าวในสภาพที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ปริมาณกรดไขมันเปลี่ยนแปลง (Barber, 1972) เนื่องจากจะเกิดทำลายไขมันทั้งจากกระบวนการไฮโดรไลซิส โดยเอนม์ไลเปส (lipase) จะย่อยไขมันให้เป็นกรดไขมันอิสระ และกระบวนการออกซิเดชัน โดยไขมันที่ไม่อิ่มตัวจะถูกออกซิไดซ์ เกิดเป็นสารประกอบเพอร์ออกไซด์ และเปลี่ยนเป็นสารประกอบคาร์บอนิลหลายอย่าง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ และสารประกอบคาร์บอนิลทำให้เกิดกลิ่นเหม็นสาบเกิดขึ้น การเก็บเมล็ดข้าวที่อุณหภูมิสูง และความชื้นสูงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็ว (Juliano., 1985) Zhou et al. (2003) ได้รายงานถึงผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษากับปริมาณไขมันของเมล็ดข้าวที่เก็บรักษา พบว่าไขมันรวมของข้าวที่เก็บรักษาที่ 37 องศาเซลเซียส มีค่าน้อยกว่าข้าวที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเก็บข้าวที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้ปริมาณไขมันลดลง (Shin et al., 1986; Zhou et al., 2003) สอดคล้องกับการทดลองของ Park et al. (2012) ที่พบว่าการเก็บรักษาข้าวที่อุณหภูมิสูงทำให้มีกรดไขมันเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

องค์ประกอบ	การเปลี่ยนแปลงขณะเก็บรักษา	ผลต่อการหุงต้ม	ผลต่อคุณภาพข้าวสุก



ภาพที่ 2.3 กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา (Moritaka และ Yasumatsu, 1972 อ้างอิงจาก Juliano, 1985a)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ เป็นสมบัติหลักที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวที่อยู่ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแป้ง ไขมัน และโปรตีนในเมล็ดข้าว (Juliano, 1985b) มีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุก และความหนืดของแป้งสุกเปลี่ยนไปโดยจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษา (Zhout et al., 2002) ข้าวเก่าสามารถดูดน้ำได้มากขึ้น อัตราการขยายปริมาตรและการยืดตัวของข้าวมากขึ้น (Pearce et al., 2001; Gujral and Kumar., 2003; Ali et al., 2004) ระยะเวลาในการเก็บรักษา ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งสุก ภายใน 3 เดือนแรกของการเก็บรักษา โดย peak viscosity และ breakdown มีค่าลดลง (Noomhorm et al., 1997; Zhou et al., 2003) ค่า setback เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และค่า setback ของข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (เพลงพิณ, 2541)

2.4.4 อิทธิพลของพันธุ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าว

นอกจากสภาพการเก็บรักษาและระยะเวลาแล้ว ความแตกต่างของสายพันธุ์ก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดข้าว พีชยา (2541) ได้รายงานถึงผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข15 และสุพรรณบุรี 60 พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลืองของข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนสีของเมล็ดข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ กข15 ส่วนพันธุ์สุพรรณบุรี 60 พบว่าเมื่อเก็บรักษานาน 6 เดือน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของคุณภาพทางเคมีกายภาพ วีระสิทธ์ และเมธินี (2008) ได้ทำการเก็บรักษาข้าวเปลือก และข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และกาฬสินธุ์ 11 ซึ่งพบว่าความหนืดของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีการเปลี่ยนแปลงต่างกันเช่น จะพบว่าค่า setback ของพันธุ์กาฬสินธุ์ 11 ซึ่งมีอะไมโลสสูงจะมีค่า setback สูกว่า ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีอะไมโลสต่ำกว่า สอดคล้องกับงานทดลองของ นราพร (2545) ที่เก็บรักษาข้าวสุพรรณบุรี 1 ขาวดอกมะลิ 105 และ กข6 ซึ่งก็พบว่าข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงความหนืดแตกต่างกันเช่นกัน นอกจากลักษณะเฉพาะของข้าวแต่ละพันธุ์ที่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของความหนืดในแป้งแล้ว สภาพแวดล้อมที่เกิดจากการเก็บรักษาเมล็ดข้าวก่อนที่จะนำมาใช้ก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางความหนืดของข้าวแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน (Zhou et al., 2002) เพลงพิณ (2541) ได้ศึกษาถึงบทบาทของอุณหภูมิ และระยะเวลาเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลส และคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 พบว่าระยะเวลาและอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของเมล็ดข้าว โดยพบว่าการเก็บรักษาเมล็ดข้าวที่อุณหภูมิสูงทำให้ความหนืดมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (ละมุน, 2541; Zhou et al., 2002;

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Patindol et al., 2005)

เมธินี และคณะ (2548) ได้ศึกษาถึงสมบัติทางกายภาพเคมีและคุณภาพหุงต้มของข้าวระหว่างการเก็บรักษาในข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 กข15 และขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 15°C และอุณหภูมิห้อง (28°C) พบว่า ปริมาณโปรตีนของข้าวเปลือก และข้าวสารที่เก็บรักษาในอุณหภูมิทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตลอดการเก็บรักษา แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าค่อนข้างคงที่โดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ แต่ไม่ขึ้นกับระยะเวลาการเก็บรักษา โดยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์สูงที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ กข15 และขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved