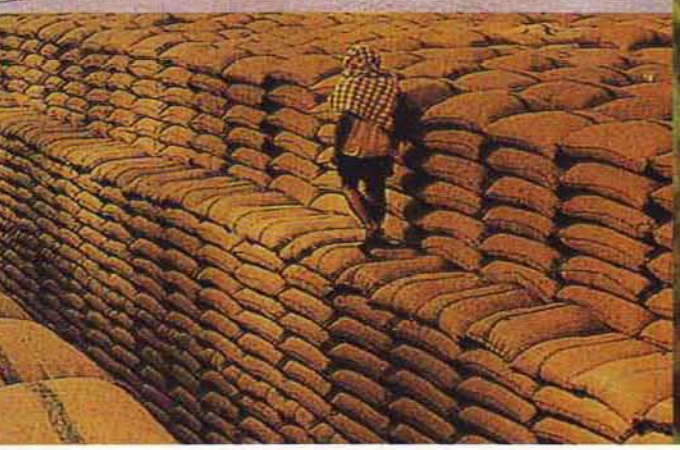
คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย

ISBN 974-436-343-6



กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม

คำนำ

โครงการ “**การพัฒนาระบบการตรวจสอบคุณภาพข้าวเพื่อสร้างภาพลักษณ์ข้าวหอมมะลิไทย**” ได้รับการอนุมัติจากคณะรัฐมนตรี โดยมีมติเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2543 และ 29 สิงหาคม 2543 ให้เป็นโครงการหนึ่งภายใต้แผนปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมระยะที่ 2 ของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยมีกรมวิชาการเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบ

โครงการฯ นี้มีวัตถุประสงค์อย่างหนึ่ง ที่จะพัฒนาวิธีการวิเคราะห์คุณภาพข้าวหอมมะลิสำหรับใช้ในการตรวจสอบมาตรฐานข้าวที่รวดเร็วกว่าวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวคุณภาพดีของไทย เป็นที่รู้จักกันทั่วไปในหมู่ผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ เพราะเป็นข้าวที่มีคุณภาพข้าวสวยนุ่มเหนียวและมีกลิ่นหอมโดยธรรมชาติ เพื่อคงมาตรฐานความเป็นข้าวหอมคุณภาพดี กระทรวงพาณิชย์ จึงได้กำหนดมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย ทั้งด้านลักษณะทางกายภาพและเคมี ให้มีปริมาณอมิโลส ร้อยละ 12-19 แต่ในการตรวจสอบลักษณะดังกล่าวจำเป็นต้องผ่านการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการซึ่งต้องใช้เวลา ค่าใช้จ่าย สารเคมี และประสบการณ์ของผู้วิเคราะห์

ปัจจุบันการค้า การแข่งขันในตลาดโลกทวีความรุนแรงมากขึ้น ปัญหาการปลอมปนก็ยิ่งทวีมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นการตรวจสอบที่ได้มาตรฐาน มีความแม่นยำถูกต้อง รวดเร็ว จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อนำมาใช้ในระบบการซื้อขายทั้งภายใน และการส่งออก

คณะทำงานโครงการฯ จึงได้จัดอบรมและจัดทำเอกสารฉบับนี้ขึ้นเพื่อใช้เผยแพร่วิธีการที่จะนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพข้าวทั้งด้านกายภาพ โดยเครื่องตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และเครื่องประเมินปริมาณอมิโลสโดยการใช้ Near Infrared Spectroscopy (NIRS) Technique วิธีการดังกล่าว เป็นวิธีที่ใช้เวลาสั้น สะดวก ง่าย และไม่ทำลายตัวอย่าง ในการตรวจสอบ ในนามของคณะผู้จัดการอบรมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้ารับการอบรมจะสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

(นางสาวงามชื่น คงเสรี)

ที่ปรึกษากรมวิชาการเกษตร

ที่ปรึกษาโครงการฯ

กรกฎาคม 2547

สารบัญ

หน้า

การเก็บเกี่ยวและปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ข้าวคุณภาพดี..... 1

การจัดการแมลงศัตรูข้าวหลังการเก็บเกี่ยว..... 17

คุณภาพข้าวทางกายภาพ..... 31

คุณภาพข้าวสวย..... 41

การสร้างคำแนะนำการหุงต้มข้าวหอมมะลิไทย..... 63

มาตรฐานข้าว..... 75

การพัฒนาวิธีการตรวจสอบคุณภาพข้าวทางกายภาพ..... 93

วิธีการทำนายค่าอมิโลส โดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy..... 99

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก..... 117

ภาคผนวก ข..... 120

ภาคผนวก ค..... 121

ภาคผนวก ง..... 125

ภาคผนวก จ..... 129

ภาคผนวก ฉ..... 132

แนวทางการตรวจสอบข้าวปนในระหว่างการซื้อขาย..... 133

คณะทำงาน..... 134

คณะผู้วิจัย..... 134

การเก็บเกี่ยวและปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ข้าวคุณภาพดี

กิติยา กิจควรดี

การทำนาของเกษตรกรส่วนใหญ่ มุ่งเน้นที่ผลผลิตสูงเพียงอย่างเดียวโดยไม่ค่อยคำนึงถึงคุณภาพ เนื่องจากไม่มีแรงจูงใจเรื่องความแตกต่างของราคาข้าวที่มีคุณภาพสูงและคุณภาพต่ำ นักวิชาการหรือภาครัฐบาล พยายามถ่ายทอดเทคโนโลยีในการผลิตข้าวให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีแก่เกษตรกร เทคโนโลยีเหล่านี้น่าจะต้องถ่ายทอดให้ความรู้กับผู้ประกอบการ ผู้รับซื้อข้าวเปลือกจากเกษตรกรด้วย เพื่อความเข้าใจในเทคโนโลยีการผลิตของทั้งสองฝ่าย และเกษตรกรมีกำลังใจในการทำนาอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ประเทศไทยผลิตข้าวคุณภาพดีและส่งข้าวออกขายต่างประเทศมาช้านาน ทุกฝ่ายจะต้องช่วยกันรักษาชื่อเสียงด้านคุณภาพข้าวไทยให้ดำรงอยู่ต่อไป นักวิชาการ นักส่งเสริมการเกษตร สหกรณ์การเกษตร เกษตรกร และผู้ประกอบการรับซื้อข้าวและโรงสี ควรจะมีความรู้ ความเข้าใจและเห็นความสำคัญของเมล็ดพันธุ์ข้าว การเตรียมดิน การดูแลรักษาข้าวในนา การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวเพราะหลังจากที่ทำนาหรือปฏิบัติดูแลรักษาข้าวในนาเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีข้าวพันธุ์อื่นปน ข้าวในรวงสมบูรณ์จนถึงระยะข้าวสุกแก่ หากปฏิบัติในการเก็บเกี่ยว นวด ตาก ทำความสะอาด และเก็บรักษาไม่ถูกต้องก็จะเกิดความสูญเสียข้าวขึ้นอย่างมากมาย เมื่อคำนวณเป็นผลผลิตหรือมูลค่าความสูญเสียที่ควรจะได้ในการผลิตข้าวคุณภาพดีของประเทศ

การสูญเสียของข้าวในการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

1. การสูญเสียข้าวทางด้านปริมาณ ซึ่งทำให้ผลผลิตหรือน้ำหนักข้าวที่ควรจะได้ลดลง เกิดเนื่องจากการร่วงหล่นขณะเก็บเกี่ยว เกี่ยวไม่หมด รวงข้าวตกหล่นในแปลงนา การนวดที่มีข้าวดีติดไปกับเศษฟางมากเกินไป ถูกนก หนู แมลงทำลาย เมล็ดข้าวแตกหักมาก เป็นต้น

2. การสูญเสียข้าวทางด้านคุณภาพ เช่น คุณภาพการสีต่ำหรือลดลง เกิดข้าวเมล็ดเหลือง ข้าวขึ้นรา มีกลิ่นเหม็น หรือในกรณีของเมล็ดพันธุ์ เช่น เสื่อมความงอกเร็ว มีความงอกต่ำกว่ามาตรฐาน

การสูญเสียข้าวทางด้านปริมาณ

ประสูติ และคณะ (2526 และ 2528) ศึกษาเบื้องต้นความสูญเสียของข้าวขณะเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยวในสถานีทดลองข้าว 9แห่งใช้ข้าว15 พันธุ์พบว่ามีความสูญเสียข้าวเปลือกรวม 16.83% โดยน้ำหนัก ความสูญเสียแยกออกตามขั้นตอนของการปฏิบัติงาน ดังนี้

ตารางที่ 1 ความสูญเสียของข้าวจากการทดลองในสถานีทดลองข้าว 9 แห่ง สถาบันวิจัยข้าว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ความสูญเสีย (% โดยน้ำหนัก)
การเก็บเกี่ยว	3.83
การตาก-มัดฟ่อน	1.03
การขนย้ายไปนวด	0.27
การนวด	3.99
การทำความสะอาด	1.79
การขนใส่ภาชนะหรือยุ้งฉาง	0.92
การเก็บรักษา (นาน 8 เดือน)	5.00 (เนื่องจากแมลงศัตรู)
รวม	**16.83**

ที่มา : ประสูติ กิติยา และไพฑูรย์, 2526 และ 2528.

ประเทศไทยผลิตข้าวได้อย่างต่ำปีละประมาณ 22 ล้านตันข้าวเปลือก เมื่อคิดปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอน 16.83% จะมีข้าวเปลือกสูญเสียไปปีละ 3.3 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 1.68 หมื่นล้านบาท (คิดราคาข้าวเปลือกตันละ 5,000 บาท) ถ้าสามารถลดความสูญเสียของข้าวด้านปริมาณหลังการเก็บเกี่ยวให้น้อยลง ก็จะเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวให้สูงขึ้นอีกทางหนึ่ง

การสูญเสียข้าวทางด้านคุณภาพ

การค้าข้าวสารภายในและต่างประเทศราคาข้าวขึ้นอยู่กับคุณภาพ คุณภาพข้าวที่สำคัญได้แก่ คุณภาพการสี ซึ่งประเมินจากเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (head rice) ในการสีข้าวเปลือกถ้าสีแล้วได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวมาก หรือเปอร์เซ็นต์ข้าวหักน้อย แสดงว่าข้าวเปลือกมีคุณภาพการสีสูง (ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวมากกว่า 50%)

คุณภาพการสีของข้าวสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับการร้าวของเมล็ดข้าว เป็นปัจจัยสำคัญซึ่งมีสาเหตุเนื่องจากการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องดังนี้ (Francisco L. Tua. 1983)

1. การเก็บเกี่ยวและการนวด
2. การลดความชื้นเมล็ด
3. ข้าวที่แห้งแล้วได้รับความชื้นซ้ำ (rewetting) การร้าวของเมล็ดเกิดจากสภาพแวดล้อม เช่น เมล็ดที่ความชื้นลดลงหรือแห้งเมล็ดจะหดตัว แต่เมื่อได้รับความชื้นอีกครั้งเมล็ดก็เกิดการขยายตัว การหดตัวและขยายตัวของเมล็ดสลับกันเช่นนี้ทำให้เกิดการร้าว

สาเหตุการร้าวของเมล็ดข้าวอาจเกิดได้จากปัจจัยดังนี้

- การผสมข้าวที่มีความชื้นสูงกับข้าวที่มีความชื้นต่ำ
- ข้าวที่แห้งแล้วกลับเปียกฝนหรือน้ำค้าง

- การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ เช่น อากาศเย็นในเวลากลางคืน อากาศร้อนในเวลากลางวัน

- การจับตัวเป็นหยดน้ำในการเก็บรักษา (condensation of moisture)

4. ขบวนการขัดสีข้าว ซึ่ง Francisco L.Tna (1983) แนะนำว่าความชื้นเมล็ดที่เหมาะสมในการสีข้าว คือ 13-14% แต่จากการศึกษาเบื้องต้นของกิติยา (2545) และปัญหาพิเศษของบุญส่ง (2532) พบว่า หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวในระยะพลับพลึง นวดและลดความชื้น โดยการตากแดดให้เมล็ดเหลือความชื้นระดับต่างๆ การสีข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำ (9-10%) เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวจะสูงกว่าการสีข้าวที่มีความชื้นสูงขึ้น

ตารางที่ 2 คุณภาพการสีจากข้าวเปลือกที่ระดับเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่างๆ กัน ของข้าว 3 พันธุ์

ความชื้นเมล็ด (%)	คุณภาพการสี (%)		
	ขาวดอกมะลิ 105	กข 1	กข 27
9-10	57.51	62.60	58.52
11-12	52.24	59.62	51.08
13-14	35.44	52.88	48.86
15-16	23.46	51.34	46.32
17-18	13.80	33.32	19.96

บุญส่ง. 2532

การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวถูกต้องและเหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวต่อไร่ โดยการลดความสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพในการเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยวให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ปฏิบัติได้ดังนี้

การเก็บเกี่ยว

เมื่อข้าวในนาได้รับการดูแลปฏิบัติรักษาจนเมล็ดเจริญเติบโตถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา เมล็ดจะมีองค์ประกอบทุกอย่างสมบูรณ์ เช่น ความชื้นของเมล็ด ขนาดของเมล็ด น้ำหนักแห้งของเมล็ด สีของเมล็ด ความงอก ความมีชีวิต และความแข็งแรงของเมล็ด ตลอดจนโครงสร้างและส่วนประกอบทางชีวเคมีของเมล็ด

การเก็บเกี่ยวข้าวเมื่อเมล็ดเจริญเติบโตเต็มที่ย่อมได้เมล็ดหรือเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีที่สุด แต่ความชื้นเมล็ดยังสูงเกินไปยากต่อการลดความชื้น (ประมาณ 28-33%) และเมล็ดยังสุกแก่ไม่ทั่วทั้งรวง ต้องรออีกประมาณ 5-7 วัน จึงทำการเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งเมล็ดข้าวจะมีความชื้นประมาณ 22-25% ทั้งนี้จะต้องปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องเหมาะสม เมล็ดได้รับการลดความชื้นทันทีเพื่อให้เมล็ดมีความชื้นอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา การเก็บเกี่ยวข้าวล่าช้ามากเท่าใดเมล็ดก็จะเสื่อมคุณภาพมากยิ่งขึ้น การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น สภาพอากาศ ฝนตก น้ำค้าง

การเก็บเกี่ยวข้าวเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงเมล็ดมีคุณภาพดีที่สุด ข้าวในแปลงนาจะต้องเจริญเติบโตออกดอกและสุกแก่สม่ำเสมอ เมล็ดข้าวจะมีน้ำหนักสูงสุดภายใน 21 วัน หลังการผสมเกสร ดอกข้าวทั้งรวงจะใช้เวลาประมาณ 7 วัน กว่าจะผสมเกสรทั่วถึง ดังนั้น ข้าวจึงใช้เวลาประมาณ 30 วันหลังออกรวงกว่าทุกเมล็ดจะแก่หมด (ประสูติ, 2524) วิวัฒน์ (2529) พบว่า การพัฒนาเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ซิวแม่จัน น้ำหนักแห้งของเมล็ดเพิ่มขึ้นตามอายุการสุกแก่ โดยเพิ่มจนถึงจุดสูงสุด โดยมีน้ำหนักแห้ง 100 เมล็ด หนัก 2.49 กรัม เมื่อข้าวไร่อายุได้ 28 วัน หลังดอกบาน ขณะที่เมล็ดมีน้ำหนักแห้งสูงสุด ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นระยะของการสุกแก่ทางสรีระวิทยานั้น เมล็ดมีความชื้น 25.92% การศึกษาของประสูติ และคณะ (2526) รายงานว่า คุณภาพการสีของข้าว 15 พันธุ์ ในสถานีทดลองข้าวต่างๆ 9 แห่ง การเก็บเกี่ยวที่ระยะ 30 วัน 37 วัน และ 44 วัน หลังข้าวออกดอกได้เปอร์เซ็นต์ ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว 44.27 36.80 และ 28.71% ตามลำดับ และ Francisco L. Tua. (1983) รายงานว่า เพื่อให้ข้าวมีคุณภาพการสีดี ควรเก็บเกี่ยวข้าวเมื่อมีความชื้นไม่ต่ำกว่า 20%

การทดลองของวินิต และคณะ (2540) ทดลองหาความสูญเสียของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บเกี่ยวระยะเวลาต่างๆ กัน ที่เขตทุ่งกุลาร้องไห้ จังหวัดร้อยเอ็ด โดยใช้รถเกี่ยวนวดที่ผลิตในประเทศไทยรุ่นเพาเวอร์คู่ พบว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวระยะเหมาะสม คือ 28 วัน หลังข้าวออกดอกจะเกิดการสูญเสียน้อยที่สุด การเก็บเกี่ยวเร็วหรือช้ากว่าระยะที่เหมาะสมจะมีความสูญเสียในช่วงเก็บเกี่ยวและนวดสูงกว่าการเก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม

ตารางที่ 3 ความสูญเสียของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในเวลาเก็บเกี่ยวและนวดเมื่อเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 5 ระยะ

อายุเก็บเกี่ยวหลังออกดอก (วัน)	ความชื้นเมล็ดก่อนเก็บเกี่ยว (%)	ความสูญเสีย (% ของผลผลิตรวม)				รวม
		ร่วงก่อนเก็บเกี่ยว	เก็บเกี่ยว	นวด	คัดแยก	
23	33.26	0.07	0.91	1.26	2.35	4.59
28	23.29	0.17	0.90	0.24	1.6	2.67
34	16.20	1.89	1.61	0.01	0.69	4.19
40	12.32	1.51	5.75	0	0.59	7.89
48	12.06	2.64	5.47	0	0.28	8.39

ที่มา : ดัดแปลงจากวินิต และคณะ 2540.

กิติยา และคณะ (2530) พบว่า ระยะเวลาเก็บเกี่ยวข้าวที่เหมาะสมที่สุดทำให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี คือนับจากวันออกดอกของข้าวไปแล้ว ประมาณ 28 วัน ซึ่งความชื้นของข้าวในระยะนี้จะมีประมาณ 22% (ตารางที่ 4) ระยะนี้จะสังเกตเห็นรวงข้าวโน้มลง เมล็ดที่โคนรวงยังคงมีสีเขียวบ้าง โดยเฉพาะใบธงยังมีสีเขียวอยู่ หรือเรียกว่า “ ระยะพลับพลึง ” ทั้งนี้วันออกดอกหมายถึงวันที่ข้าวในแปลงออกดอกแล้วประมาณ 75-80% โดยเกษตรกรต้องหมั่นเดินสำรวจแปลงนาในตอนเช้า

ตารางที่ 4 ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว ผลผลิต ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว อายุการเก็บรักษาเป็นเมล็ดพันธุ์ของข้าว กข 23 ที่เก็บเกี่ยวระยะเวลาต่างๆ กัน 5 ระยะ

อายุเก็บเกี่ยว นับจากวันออกดอก (วัน)	ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (% w.b.)	ผลผลิต/ไร่ (กก.)	ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (%)	อายุการเก็บรักษาเป็นเมล็ดพันธุ์ (เดือน)
21	27.66	698.4	36.80	9
28	21.88	693.8	37.32	9
35	17.24	629.7	27.34	7
42	16.65	611.6	24.04	7
49	16.57	645.2	19.58	5

ที่มา : กิติยา ศรีสุดา และ ไพฑูรย์ 2530.

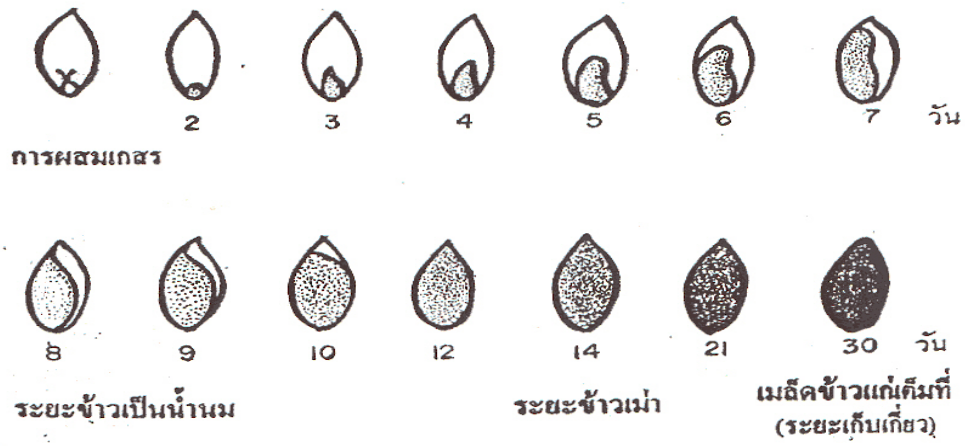
จากผลการทดลองและรายงานดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการเก็บเกี่ยวข้าวในระยะที่เหมาะสมจะเกิดความสูญเสียข้าวทั้งปริมาณและคุณภาพน้อยที่สุด มีผลดีช่วยในการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ มีการร่วงหล่นและสูญเสียขณะเก็บเกี่ยวน้อยที่สุด ผลผลิตมีคุณภาพดีข้าวที่เก็บไว้สีเป็นข้าวสารมีคุณภาพการสีสูง ข้าวที่เก็บไว้เป็นเมล็ดพันธุ์ก็สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน เสื่อมความงอกช้ากว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวเร็วหรือล่าช้ากว่า ดังผลการทดลองของกิติยาและคณะ (2530) และอัญชลี. 2544.

ตารางที่ 5 ความชื้นเมล็ด ผลผลิต ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ทำการทดลอง 3 ฤดูปลูก ปี พ.ศ. 2541-42 เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม

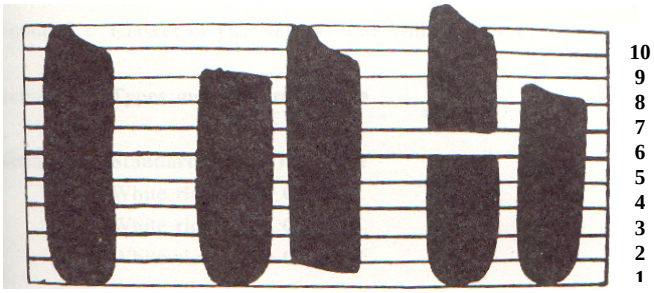
ตกกล้า	วันเก็บเกี่ยว	ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (% w.b.)	นน. 100 เมล็ดที่ความชื้น 14% (กรัม)	ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (%)
25 มิ.ย. 41	2 พ.ย. 41	21.70	2.86	40.0
17 ก.ย. 41	18 ม.ค. 41	21.80	3.08	50.1
15 ม.ค. 42	12 พ.ค. 42	25.70	2.57	44.9

ที่มา : อัญชลี . 2544.

ระยะเวลาในการสร้างเมล็ดข้าว

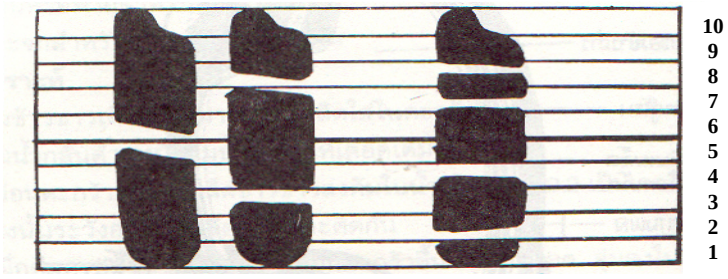


ขนาดข้าวหัก



เต็มเมล็ด	ต้นข้าว	ข้าวหักใหญ่
แบ่งเป็น 10 ส่วน	8-9.9 ส่วน	5-7.9 ส่วน

ส่วนข้าวหัก



ข้าวหัก	ปลายข้าว
2.5-4.9 ส่วน	เล็กกว่า 2.5 ส่วน

คำแนะนำการเก็บเกี่ยว

กำหนดวันเก็บเกี่ยว เมื่อข้าวเริ่มออกดอกหมั่นเดินสำรวจแปลงนาในตอนเช้า ถ้าข้าวทั้งแปลง ออกดอกประมาณ 75-80% ถือเป็นวันออกดอก นับจากวันออกดอกไปอีก 28-30วัน เป็นกำหนดวันเก็บเกี่ยวข้าวที่เหมาะสม ความชื้นเมล็ดประมาณ 22-25% สังเกตเห็นว่ารวงข้าวโน้มลง เมล็ดที่โคนรวงยังคงมีสีเขียวบ้าง 3-5 เมล็ด โดยเฉพาะใบธงยังคงมีสีเขียวอยู่ หรือระยะพลับพลึง

ระบายน้ำออกจากแปลง ก่อนถึงกำหนดเก็บเกี่ยว 7-15 วัน ควรระบายน้ำออกจากแปลงนา เพื่อให้ข้าวสุกแก่สม่ำเสมอ แปลงนาแห้ง สะดวกในการเก็บเกี่ยวด้วยคนหรือเครื่องเกี่ยวข้าวไม่สกปรก และเปียกน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการระบายน้ำของดินนาแต่ละพื้นที่

เก็บเกี่ยวข้าว เมื่อถึงระยะสุกแก่เหมาะสม คือ 28-30 วันหลังออกดอก ให้ทำการเก็บเกี่ยวความชื้นเมล็ดไม่ควรต่ำกว่า 22% การเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากระยะนี้ จะทำให้ข้าวสูญเสียน้ำหนักและคุณภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งคุณภาพการสีและความงอกของเมล็ดพันธุ์

การนวดข้าว (Threshing)

การนวดข้าวในปัจจุบันสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น ใช้คนนวด เครื่องนวด หรือเครื่องเกี่ยวนวด การนวดทุกวิธีจะต้องระมัดระวังการสูญเสียปริมาณข้าวจากการร่วงหล่น กระเด็นติดไปกับฟางข้าว เมล็ดเกิดการแตกร้าวหรือแตกหัก

การนวดโดยใช้เครื่องนวด ปัจจุบันยังนิยมใช้กันอยู่ในบริเวณที่ยังไม่มีรถเกี่ยวนวดใช้ ซึ่งส่วนใหญ่ก็มีเครื่องทำความสะอาดอยู่ในตัวทำให้สะดวกและรวดเร็ว เสียค่าใช้จ่ายต่ำ เหมาะแก่เกษตรกรที่มีการทำนามากๆ และใช้คนเกี่ยว แต่มีข้อควรระวังคือ จะต้องปรับเครื่องนวดให้เหมาะสม มิฉะนั้นจะทำให้เกิดการสูญเสียอย่างมากทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เช่น เครื่องดูดลมมากไป เมล็ดดีก็จะถูกดูดติดออกไปมากหรือเกิดการแตกหักสูง การปรับ แต่งเครื่องให้เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการนวดโดยใช้เครื่องนวด การจะดูว่ามีการปรับแต่งเครื่องเหมาะสมหรือไม่ ดูได้จากข้าวดีที่นวดได้ว่ามีการแตกหักหรือไม่ ถ้ามีมากแสดงว่าตั้งเครื่องแรงไป เป็นต้น

การใช้เครื่องเกี่ยวนวด ซึ่งเครื่องจะทำการเกี่ยวและนวดข้าวออกมาเลยเมล็ดข้าวที่นวดได้จะออกมาจากเครื่องนวดและบรรจุในถังเก็บหรือในกระสอบ ความสูญเสียข้าวขึ้นอยู่กับความเร็วของรถเกี่ยว อายุข้าว ความชื้นเมล็ด การล้มของข้าว เป็นต้น

กิติยา และไพฑูรย์ (2533) รายงานว่า การเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวดที่ผลิตในประเทศไทยจะมีความสูญเสียเฉลี่ย 3.68% และข้าวที่เก็บเกี่ยวได้ มีความบริสุทธิ์ 95.75% มีสิ่งเจือปนและเมล็ดแตกหักปน 4.25% และในด้านของคุณภาพข้าว (คุณภาพการสีและความงอกของเมล็ด) จะมีคุณภาพใกล้เคียงกับการเก็บเกี่ยวด้วยเคียวแล้วใช้เครื่องนวด

กิติยา และคณะ (2539) ทำการศึกษาและพบว่าหลังการเก็บเกี่ยวให้รีบนวดข้าวในวันนั้นหรือวันถัดไป แล้วจึงลดความชื้นข้าวภายหลัง ข้าวจะมีคุณภาพดี การตากข้าวไว้ในนานานทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการใช้เครื่องเกี่ยวนวดจึงเป็นวิธีการเก็บเกี่ยวที่ดีแต่เกษตรกรจะต้องระมัดระวังทำความสะอาดเครื่องก่อนใช้งานเพื่อป้องกันการปนของข้าวพันธุ์อื่น

วิชา (2534) รายงานว่า การเกี่ยวนวดข้าวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดที่ความเร็วช้า (0.469-0.482เมตร/วินาที) มีความสูญเสียเมล็ดข้าวเปลือกทั้งหมด 3.75-5.96% และที่ความเร็วสูง (0.787-0.807 เมตร/วินาที) มีความสูญเสียข้าวเปลือกทั้งหมด 4.85-8.00% ความสะอาดของข้าวเฉลี่ย 87.93% และ 89.98% ตามลำดับ

คำแนะนำการนวดข้าว

เก็บเกี่ยวข้าวเสร็จแล้ว ควรรีบนวดข้าวทันที แล้วจึงลดความชื้นให้เหลือ 12-14% ในภายหลัง อย่าตากข้าวทิ้งไว้ในแปลงนา เพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากการร่วงหล่นในนาขณะตาก ถูกนก หนู แมลงศัตรูเข้าทำลาย และข้าวเสียคุณภาพ เช่น คุณภาพการสีลดลง อายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากถูกกระทบจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในขณะตาก เช่น น้ำค้าง ฝน อุณหภูมิสูงเกินไป

ควรมีวัสดุปูรองบริเวณลานนวด เพื่อลดการสูญเสียขณะนวด ป้องกันความสกปรกและสิ่งเจือปนต่างๆ

การนวดด้วยเครื่องนวด ต้องทำความสะอาดและปรับแต่งเครื่องนวด ให้มีรอบการทำงานที่เหมาะสม เพื่อป้องกันและลดความสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพของข้าว

การลดความชื้นเมล็ด

หลังจากเก็บเกี่ยวและนวดข้าวจะได้ข้าวเปลือก ซึ่งยังคงมีความชื้นในเมล็ดสูง เมล็ดเป็นสิ่งที่มีชีวิต มีการหายใจ การลดความชื้นเมล็ดจึงมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา อัตราการเสื่อมคุณภาพ การเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ เชื้อรา ดังนั้นหลังจากเก็บเกี่ยวและนวดจะต้องรีบตากหรือลดความชื้นเมล็ดให้แห้งโดยเร็วที่สุด เพื่อลดอัตราการหายใจของเมล็ด ลดการเกิดเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพเร็วยิ่งขึ้น โดยลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือ 12-14%

Wimberly. 1983. รายงานว่าความชื้นที่เหมาะสมของเมล็ดข้าวเปลือกที่เก็บรักษาไว้ในสภาพไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมหรืออุณหภูมินั้น ถ้าเก็บข้าวเปลือกไว้นาน 2-3 เดือนเมล็ดควรมีความชื้น 13-14% ถ้าเก็บรักษาไว้นานกว่า 3 เดือน จะต้องลดความชื้นเมล็ดให้ต่ำ 12-12.5%

จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่าการลดความชื้นเมล็ดมีความสำคัญมากในการเก็บรักษาทั้งระยะสั้นและระยะยาว นอกจากนี้วิธีการลดความชื้นเมล็ดก็เป็นขั้นตอนที่สำคัญ หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวในระยะที่เหมาะสม ถ้าตากข้าวหรือลดความชื้นไม่ถูกวิธีก็จะทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพมากขึ้น

วิธีการลดความชื้นข้าว มี 2 วิธี คือ

1. วิธีธรรมชาติ (Natural drying or sun drying) ได้แก่ การใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งของความร้อน โดยมีการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นตัวช่วยพาความชื้นออกจากเมล็ด ทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลง เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะประหยัด ไม่ยุ่งยาก และได้ผลดี แต่มีข้อเสียคือ บางสถานการณ์ เช่น ฤดูฝนไม่สามารถใช้วิธีนี้ได้ ต้องใช้แรงงานและพื้นที่ตากมาก รวมทั้งไม่สามารถควบคุมคุณภาพของข้าวที่ต้องการลดความชื้นได้ โดยเฉพาะเมื่อตากข้าวไว้ในแปลงนา และยังมีการสูญเสียเกิดขึ้นในขณะตากสูง จากการทำลายของ นก หนู แมลง

2. การใช้เครื่องอบ (Artificial drying) เช่น การใช้เครื่องอบ ตู้อบ ฯลฯ วิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถปฏิบัติได้ทุกสภาวะอากาศไม่ว่าฝนจะตกหรือมีแสงแดดน้อย ไม่ต้องเปลืองลานตาก สามารถควบคุมการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง ใช้ระยะเวลาลดความชื้นไม่มาก และยังสามารถควบคุมป้องกันความเสียหายต่อคุณภาพข้าว(คุณภาพการสี) ได้ดีกว่าวิธีธรรมชาติ แต่มีข้อเสีย คือ เสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และมีข้อปฏิบัติยุ่งยากกว่าวิธีธรรมชาติ

การลดความชื้นของข้าวเปลือกไม่ว่าจะโดยวิธีใดมีข้อควรคำนึง ดังนี้

1. อุณหภูมิที่ใช้ลดความชื้นต้องเหมาะสมไม่สูงเกินไป เนื่องจากข้าวมีลักษณะที่แตกต่างจากพืชชนิดอื่น คือ ความชื้นของเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวสูงหรือค่อนข้างสูง และในการซื้อขายข้าวปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดราคาที่สำคัญ คือ คุณภาพการสี ดังนั้นในการลดความชื้น อุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรจะสูงเกิน 50°ซ. และถ้าเป็นเมล็ดพันธุ์ไม่ควรสูงเกิน 43°ซ. มิฉะนั้นจะมีผลต่อเมล็ดทำให้เกิดรอยร้าวหรือแตกร้าวภายในเมล็ด ทำให้คุณภาพการสีต่ำได้ และในขณะลดความชื้นไม่ควรจะลดความชื้นให้ลดต่ำลงในอัตราที่เร็วเกินไป โดยเฉพาะในขณะที่เมล็ดมีความชื้นสูงๆ เพราะจะทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดได้

2. ความชื้นสัมพัทธ์รอบๆ เมล็ดที่กำลังลดความชื้น จะต้องต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่จุดสมดุลย์ของเมล็ดนั้นๆ การลดความชื้นจึงจะได้ผล โดยปกติความชื้นสัมพัทธ์ไม่ควรจะเกิน 60%

การลดความชื้นในระดับเกษตรกร

เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จแล้วเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมลดความชื้นของข้าวลง โดยวิธีธรรมชาติซึ่งนิยมปฏิบัติอยู่ 2 แบบใหญ่ คือ

1. ตากข้าวทิ้งไว้ในนาหลังการเก็บเกี่ยว (ตากทั้งรวงก่อนนำไปนวด)
2. ตากในลานหลังนวดข้าวเสร็จแล้ว (ตากเป็นเมล็ดหลังจากนวด)

1. ตากข้าวทิ้งไว้ในนาหลังการเก็บเกี่ยว โดยหลังเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จแล้วจะตากข้าวทิ้งไว้ในนาเป็นระยะเวลาหนึ่ง แต่การตากวิธีนี้ในปัจจุบันนักวิชาการ พบว่าจะทำให้เกิดการสูญเสียต่อข้าวอย่างมาก ทั้งในด้านน้ำหนักทำให้น้ำหนักของข้าวลดลง เนื่องจากถูก นก หนู แมลงศัตรูทำลายขณะตากเกิดการร่วงหล่น ขณะตากและขนย้ายไปนวดสูง นอกจากนี้ยังทำให้คุณภาพการสีและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เสื่อมมากยิ่งขึ้น เพราะการตากข้าวทิ้งไว้ในนาข้าวจะได้รับผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ข้าวเปียกน้ำค้างในเวลากลางคืน ข้าวเปียกฝนขณะตาก หรือกลางวันข้าวจะได้รับอุณหภูมิสูงจากแสงแดด ความชื้นลดต่ำ ข้าวจะแห้งแต่ในเวลากลางคืนอุณหภูมิของอากาศต่ำลง และมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง ข้าวจะดูดความชื้นกลับเข้าไปใหม่ การเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในเมล็ดข้าวแห้งและชื้นสลับกันไป จะมีผลทำให้เมล็ดเกิดการแตกร้าว (cracking) ขึ้นเมื่อนำข้าวไปนวดหรือสีจะเกิดการแตกหัก คุณภาพการสีลดลง นอกจากนี้การได้รับ สภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในแปลงนา มีผลทำให้อัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดเกิดขึ้นสูง ทำให้ความมีชีวิตลดลงอย่างรวดเร็ว

อายุการเก็บรักษาสำหรับใช้เป็นเมล็ดพันธุ์จะสั้นลง เป็นต้น จากการทดลองของ กิติยา และไพฑูรย์ (2536, 2542) ศึกษาการตากข้าวไว้ในนาหลังการเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จแล้วเป็นระยะเวลาต่างๆ กันที่มีผลต่อคุณภาพข้าว พบว่า หลังการเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จแล้ว ถ้านำข้าวไปนวดทันที แล้วลดความชื้นในภายหลัง โดยไม่มีการตากข้าวทิ้งไว้ในนา จะทำให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพการสีดีที่สุด การตากข้าวทิ้งไว้ในนามีผลทำให้คุณภาพการสีของข้าวลดลง ยิ่งตากทิ้งไว้ในนาเป็นระยะเวลามากขึ้น จะยิ่งมีผลทำให้คุณภาพการสีของข้าวยิ่งลดลงทั้งข้าวไทย (Indica rice) และข้าวญี่ปุ่น (Japonica rice)

ตารางที่ 6 ความชื้น ความงอก และคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ กข 23 ที่เก็บเกี่ยวแล้วตากลดความชื้นในนาเป็นระยะเวลาต่างๆ กัน 6 ระยะแล้วลดความชื้นเหลือ 12% เก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน 8 เดือนในสภาพปกติ ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

ระยะเวลา ตากไว้ในนาหลังเก็บเกี่ยว (วัน)	ความชื้นก่อนนวด (%)	คุณภาพการสี (% ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว)	ความงอก (%)
0 (ไม่ตาก)	25	37	94
1	23	33	94
2	20	21	91
3	18	19	93
4	17	20	89
7	18	19	88

ที่มา : กิติยา และ ไพฑูรย์. 2542.

ตารางที่ 7 คุณภาพการสี ขาวดอกมะลิ 105 เก็บเกี่ยวแล้วตากลดความชื้นในนา 0, 2, 4 และ 6 วัน นวดและลดความชื้นเหลือ 12%

ตากข้าวในนา (วัน)	ความชื้นเมล็ดก่อนนวด (%)	ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว (%)
0 (ไม่ตาก)	21.3	49.2
2	14.6	47.2
4	13.2	40.1
6	15.6	35.7

ที่มา : บุญดิษฐ์ 2542

ตารางที่ 8 ความชื้น ความงอก และคุณภาพการสี ของข้าวญี่ปุ่น พันธุ์โคชิฮิการิ เก็บเกี่ยวแล้วตากลดความชื้นในนาเป็นระยะเวลาต่างๆ กัน 6 ระยะ หลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 6 เดือน ในสภาพปกติที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

ระยะเวลา ตากไว้ในนาหลังเก็บเกี่ยว (วัน)	ความชื้นก่อนนวด (%)	คุณภาพการสี (% ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว)	ความงอก (%)
0 (ไม่ตาก)	28	68	73
1	25	68	61
2	23	64	58
3	22	56	63
4	21	51	51
7	20	48	49

ที่มา : กิติยา และ ไพฑูรย์. 2536.

ดังนั้น ในปัจจุบันนี้ เพื่อลดการสูญเสียของข้าวทั้งในด้านน้ำหนักและคุณภาพข้าว จึงไม่แนะนำให้เกษตรกรตากข้าวทิ้งไว้ในนาหลังการเก็บเกี่ยว แต่จะแนะนำให้รีบนำไปนวดทันที แล้วค่อยนำมาตากลดความชื้นในลานตากหรือใช้เครื่องอบลดความชื้นแทน ซึ่งขณะนี้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานช่วงเก็บเกี่ยวข้าว ชาวนาจึงหันมาใช้รถเกี่ยวนวดกันมากขึ้น ทำให้การสูญเสียจากการตากข้าวไว้ในนาลดลงไป ซึ่งก็สอดคล้องกับหลักวิชาการ จะมีก็แต่ในบางพื้นที่ที่รถเกี่ยวนวดยังไม่เข้าไป

2. **การตากในลานหลังนวดข้าวเสร็จแล้ว** วิธีนี้เป็นวิธีลดความชื้นโดยใช้แสงแดด ที่แนะนำให้เกษตรกรนำไปปฏิบัติ เพราะจะช่วยลดความเสียหายของข้าวได้ดีกว่าการตากข้าวไว้ในนาเหมือนที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปฏิบัติกันในอดีต ในปัจจุบันนี้ในเขตภาคกลางเกษตรกรส่วนใหญ่ จะเก็บเกี่ยวข้าวแล้วนวดทันที เพราะใช้รถเกี่ยวนวดหลังจากนั้นจะขายข้าวสด (ชื้น) ให้พ่อค้าที่มารับซื้อทันที มีเกษตรกรส่วนน้อยที่ยังไม่ขาย แต่จะนำไปตากลดความชื้นบนลานตากเพราะจะได้ราคาสูงขึ้น ดังนั้นภาระหน้าที่การตากข้าวหรือลดความชื้นจึงเป็นหน้าที่ของพ่อค้า โรงสี หรือกลุ่มเกษตรกร สำหรับในภาคอื่นๆ ที่ยังไม่ใช้รถเกี่ยวนวด ก็ควรจะเก็บเกี่ยวแล้วนำข้าวไปนวดทันที หลังจากนั้นนำข้าวที่นวดได้ไปตากลดความชื้นบนลาน ไม่ควรจะตากข้าวไว้ในนาเหมือนดังแต่ก่อนอีก เพราะจะเกิดผลเสียดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งการตากข้าวในลานให้ได้ผลดีที่สุดมีข้อควรปฏิบัติ ดังนี้ คือ

ข้อควรปฏิบัติในการตากข้าวบนลาน

1. การตากควรมีวัสดุที่สะอาดและแห้งรองรับ เช่น ผ้าใบหรือเสื่อที่สานด้วยไม้ไผ่ ฯลฯ ไม่ควรตากกับพื้นซีเมนต์หรือถนนโดยตรง เพราะเมล็ดอาจได้รับความร้อนจากพื้นที่ตากสูงเกินไป ทำให้เกิดการแตกร้าวภายในเมล็ดได้ถ้าตากในลานนวดก็ควรจะมีวัสดุรองรับ มิฉะนั้นจะมีปัญหาเรื่องสิ่งสกปรกเจือปนสูง และความชื้นจากลานดินก็จะมารวมอยู่ที่ผิวดินหรือเมล็ดที่อยู่ล่างสุด ทำให้เมล็ดที่ติดกับผิวดินมี

2. ความหนาของข้าวที่ตากไม่ควรตากหนาเกินไปควรหนาประมาณ 5 ซม. เพราะการตากหนาเกินไปจะทำให้การระบายอากาศในกองไม่ดี ข้าวแห้งช้า การตากบางเกินไปอาจทำให้อุณหภูมิของข้าวที่ตากสูงเกินไปถ้าถึง 55-70° ซ. จะมีผลต่อคุณภาพการสี เพราะเกิดการแตกร้าวขึ้นภายในเมล็ดและมีโอกาสเกิดเมล็ดเหลืองขึ้นได้ ระหว่างการตากควรหมั่นกลับกองข้าวทุกๆ 2 ชั่วโมง หรือวันละ 4 ครั้ง หรือเกลี่ยข้าวบ่อยๆครั้งจะช่วยให้ลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว สม่ำเสมอและข้าวมีคุณภาพดี
3. เวลากลางคืนต้องมีวัสดุปกคลุมกองข้าวเพื่อป้องกันน้ำค้างหรือฝน
4. ระยะเวลาการตากไม่ควรจะตากนานเกินไป จะใช้ระยะเวลาตากเท่าไรขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้น ความหนาบางของข้าวขณะตากและความบ่อยครั้งในการกลับ ตลอดจนระดับความชื้นที่ต้องการ แต่โดยทั่วๆ ไปถ้าความชื้นลดเหลือประมาณ 12-14% ก็หยุดตาก

สำหรับข้าวที่จะเก็บไว้เป็นเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่จะเก็บรักษาได้นาน และยังคงมีความงอกสูงนั้นก่อนเก็บรักษาความชื้นของเมล็ดจะต้องต่ำ และขณะเก็บรักษาก็จะต้องพยายามรักษาให้ระดับความชื้นของเมล็ดต่ำอยู่เสมอดังนั้น เมล็ดพันธุ์ข้าวที่จะเก็บไว้ทำพันธุ์ควรจะตากแดดเพื่อลดความชื้นให้ต่ำจนเหลือประมาณ 9-10% จึงค่อยนำไปเก็บรักษาไว้ ซึ่งจะใช้เวลาตากนานเท่าไรขึ้นอยู่กับสภาวะแดดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความชื้นเริ่มต้นของข้าวที่ตาก แต่โดยปกติ ตากประมาณ 3-4 แดด ก็สามารถลดความชื้นของข้าวลงเหลือ 9-10% ได้ถ้าแดดจัดๆ

ผลของการลดความชื้นข้าวล่าช้า

การลดความชื้นเมล็ดหรือตากข้าวต้องกระทำทันทีหลังการเก็บเกี่ยวหรือการนวดมิฉะนั้นจะทำให้เมล็ดมีความเสียหายเนื่องจากเชื้อราเกิดข้าวเมล็ดเหลือง เมล็ดพันธุ์เสื่อมความงอกเร็วยิ่งขึ้น

ภายหลังการเก็บเกี่ยวและนวด หากไม่สามารถลดความชื้นได้ ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงกองไว้หลายวัน เมล็ดมีอุณหภูมิสูงและมีการหายใจมากขึ้น มีการเจริญเติบโตของเชื้อรามากขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิของอากาศที่สูง ทำให้เมล็ดข้าวเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว

ผลจากการกองกระสอบข้าวที่เกี่ยวและนวดเสร็จแล้วไม่รีบลดความชื้นทันที แต่กองไว้เพื่อรอขายหรือรอตากทำให้มีปริมาณข้าวเมล็ดเหลืองมากขึ้นตามจำนวนวันที่กองข้าวไว้ แม้ว่าหลังจากนั้นจะทำการลดความชื้นเมล็ดให้เหลือ 12% แล้วก็ตาม (กิติยา และไพฑูรย์. 2542)

กองข้าวไว้นาน	2 วัน	4 วัน	6 วัน	8 วัน	10 วัน	14 วัน
ข้าวเมล็ดเหลืองที่เกิดขึ้น	1.3%	1.8%	4.0%	5.7%	9.2%	17.2%

ที่มา : กิติยา และไพฑูรย์. 2542.

คำแนะนำ การตาก/ลดความชื้นเมล็ด

นำข้าวที่นวดได้ไปลดความชื้น	โดยใช้แสงแดดในลานตาก หรือใช้เครื่องอบลดความชื้น
ลานตากต้องสะอาด	แห้ง และมีวัสดุปูรองข้าวก่อนตากบนลาน
อย่าตากข้าวหนาหรือบางเกินไป	ความหนาที่เหมาะสม คือ 5-10 เซนติเมตร
	ควรพลิกกลับข้าว ทุก 2 ชั่วโมง
เวลากลางคืนหรือมีฝนตก	ใช้วัสดุปิดคลุมกองข้าว เช่น ผ้าพลาสติก เพื่อมิให้ข้าวเปียกฝนหรือน้ำค้าง
หยุดตากข้าว	เมื่อลดความชื้นได้ 13-14% (ข้าวทั่วๆ ไป) หรือ 12%
	(ข้าวที่เก็บไว้เป็นเมล็ดพันธุ์)หรือระดับความชื้นที่ต้องการ

การทำความสะอาดข้าว

การทำความสะอาดข้าว หมายถึง ขั้นตอนการแยกสิ่งปะปนหรือสิ่งเจือปนต่างๆ ออกจากข้าว เช่น เมล็ดพืชอื่นๆ เมล็ดวัชพืช เมล็ดข้าวที่เสียหาย (แตกหัก, ป่น, ร้าว ฯลฯ) ชิ้นส่วนต่างๆ ของข้าว เช่น ส่วนของใบ ลำต้น ระแง้ วัตถุอื่นๆ เช่น กรวด หิน ดิน ทราย เศษโลหะต่างๆ ตลอดจนเมล็ดข้าวลีบ เมล็ดข้าวที่ไม่สมบูรณ์ เป็นต้น ซึ่งสิ่งปะปนเหล่านี้ ส่วนใหญ่จะมาจากแปลงนา แต่มีบางอย่างอาจจะปะปนมากับเครื่องมือ เครื่องใช้รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และขั้นตอนการนวดข้าว

สิ่งเจือปนเหล่านี้จะต้องกำจัดออกไปให้หมดโดยการนำไปทำความสะอาด คัดแยกสิ่งเหล่านี้ออกจากเมล็ดข้าวเพราะถ้าปล่อยให้มีสิ่งเหล่านี้ปะปน จะทำให้เกิดความเสียหายกับข้าวได้ง่ายในขณะเก็บรักษา และยังสิ้นเปลืองเวลา แรงงาน และสถานที่เก็บเพิ่มขึ้น หรือเมื่อนำข้าวไปแปรสภาพหรือใช้ประโยชน์ สิ่งปะปนบางอย่าง เช่น เศษโลหะ ก้อนหิน อาจทำความเสียหายกับเครื่องสีหรืออุปกรณ์อื่นๆ ได้ จึงต้องกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ ออกไปจากข้าวให้หมด

การทำความสะอาดข้าว อาศัยความแตกต่างของขนาดและน้ำหนักของเมล็ดข้าวที่นวดแล้วเป็นหลัก ซึ่งก็ทำได้หลายวิธี เช่น การฝัดด้วยกระด้ง การสาดข้าว การใช้เครื่องสีฝัด หรือการใช้เครื่องคัดและเครื่องทำความสะอาดขนาดใหญ่

การปฏิบัติในการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องเหมาะสมเป็นการลดความสูญเสียข้าวให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยไม่ต้องลงทุนเพิ่ม ในที่สุดก็จะช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวต่อไร่ให้แก่เกษตรกรและประเทศชาติ

บรรณานุกรม

กิติยา กิจควรดี ศรีสุดา อนุสรณ์พานิช ไพฑูรย์ อุไรรงค์ นิพนธ์ มาฆทาน ยุวดา เกิดโกมุติ อ่วม คงชู. 2530. คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บเกี่ยวอายุต่างๆ กัน ผลงานวิจัยปี 2530 ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร หน้า 305-310.

กิติยา กิจควรดี ไพฑูรย์ อุไรรงค์ นิพนธ์ มาฆทาน ศิริวรรณ ตั้งวิสุทธิจิต ยุวดา เกิดโกมุติ 2536. การสูญเสียปริมาณและคุณภาพข้าวโคชิฮิการิจากการนวดด้วยเครื่องนวดภายหลังการตากแดดจำนวนวันต่างกัน. 2536. ผลงานวิจัยปี 2536 ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร หน้า 654-668.

กิติยา กิจควรดี ไพฑูรย์ อุไรรงค์ นิพนธ์ มาฆทาน ศิริวรรณ ตั้งวิสุทธิจิต ยุวดา เกิดโกมุติ. 2539. ระยะเวลาที่ตากข้าวในนาก่อนนวดที่มีผลต่อคุณภาพการสีและความงอก การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2541 วันที่ 17-19 มีนาคม 2541 ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร หน้า 170-178.

กิติยา กิจควรดี ไพฑูรย์ อุไรรงค์ นิพนธ์ มาฆทาน ศิริวรรณ ตั้งวิสุทธิจิต ยุวดา เกิดโกมุติ. 2539. วิธีการตากข้าวโคชิฮิการิที่มีผลต่อความงอกและคุณภาพการสี การประชุมกลุ่มข้าวและธัญพืชเมืองหนาว สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร วันที่ 27-29 มีนาคม 2539. ณ โรงแรมเซาท์เทิร์น บี เอ็ม จ. นครศรีธรรมราช 11 หน้า.

กิติยา กิจควรดี ไพฑูรย์ อุไรรงค์ ณัฐหทัย เอพาณิช นิพนธ์ มาฆทาน ศิริวรรณ ตั้งวิสุทธิจิต ยุวดา เกิดโกมุติ. 2539. ผลของการลดความชื้นล่าช้าต่อคุณภาพเมล็ดและเมล็ดพันธุ์ข้าว. การประชุมสัมมนาทางวิชาการ “รวมใจภักดิ์ รักษ์ข้าวไทย” ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ณ โรงแรมทวาราวดี อ.ศรีมหาโพธิ จ.ปราจีนบุรี วันที่ 8-9 กันยายน 2542. หน้า 74-91.

บุญส่ง จิตรา. 2532. การศึกษาคุณภาพการสีจากข้าวเปลือกที่ระดับเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่างๆ กัน ปัญหาพิเศษเสนอภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรและอุตสาหกรรม วิทยาลัยครูเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร) หน้า 14

ประสูติ สิทธิสรวง. 2524. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้าว (สรีรวิทยาของข้าวจากภาพ) กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 79.

ประสูติ สิทธิสรวง กิติยา กิจควรดี และ ไพฑูรย์ อุไรรงค์. 2526. การศึกษาเบื้องต้นความสูญเสียของข้าวขณะเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว. บทคัดย่อ รายงานผลการวิจัย ปี 2526. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

ประสูติ สิทธิสรวง ไพฑูรย์ อุไรรงค์ และกิติยา กิจควรดี 2528. ความสูญเสียของเมล็ดพันธุ์ในระหว่าง

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

วิวัฒน์ มัธยกุล. 2529. อายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตทางเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิชา หมั่นทำการ Katsunobu Ganno และ Yoshiaki Goto. 2534. การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเกี่ยวนวดข้าว การประชุมวิชาการครั้งที่ 9 เทคนิคของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพ 19-21 พฤศจิกายน 2534 ณ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม หน้า 91.

วินิต ชินสุวรรณ สุเนตร โม่งปราณีต และ ณรงค์ ปัญญา. 2540. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการ ใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวหอมมะลิ หนังสือพิมพ์กสิกร ปีที่ 70 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-สิงหาคม 2540 หน้า 381-387.

อัญชลี ประเสริฐศักดิ์ นิพนธ์ มาฆทาน ลิลลี่ กาวีต๊ะ ณัฐหทัย เอพาณิช อ่วม คงชู วารินทร์ ศรีถัด. 2544. ความแปรปรวนด้านการพัฒนาการของดอกและเมล็ดข้าวพันธุ์ดี. เอกสารการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2544 โดยศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี เสนอในการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ณ โรงแรมลายทอง จ.อุบลราชธานี วันที่ 20-23 มีนาคม 2544 รวม 55 หน้า.

Francisco L. Tua. 1983. Grain Fissuring. Training Manual on Post-Harvest Prevention of Rice/Paddy Loss. A publication of the Asian Production Organization (APO), the Natinonal Post-Harvest Institute for Research and Extension (NAPHIRE) and the Development Academy of the Phillippines' Productivity and Development Center (PDC). p 11-13.

James E. Wimberly. 1983. Drying. Technical Handbook for the Paddy Rice Postharvest Industry in Developing Countries. International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Phillippines. p. 18-19.

การจัดการแมลงศัตรูข้าวหลังการเก็บเกี่ยว

บุษรา จันทร์แก้วมณี

ข้าวที่เก็บรักษาไว้เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ได้แก่ บริโภค เพื่อเป็นเมล็ดพันธุ์ เพื่อการทดลองวิจัยในการปรับปรุงพันธุ์และรวบรวมพันธุ์ รอแปรรูปผลผลิต หรืออาจเก็บไว้รอจำหน่าย ซึ่งรวมทั้งการกักตุนเพื่อหวังกำไร มักจะได้รับความเสียหายระหว่างการเก็บรักษาไว้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจากปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ ปัจจัยทางกายภาพ (Physical factor) ได้แก่อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ปัจจัยที่สำคัญอีกประการ คือปัจจัยทางชีวภาพ (Biological factor) ได้แก่ แมลง ไร เชื้อรา นก และหนู ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่า แมลงเป็นศัตรูที่สำคัญและทำความเสียหายให้ข้าวหลังการเก็บเกี่ยวมากที่สุด

ปัญหาของแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัญหาสำคัญที่พบอยู่ทั่วโลก แม้ว่าในแต่ละแห่งจะพบแมลงศัตรูที่สำคัญเฉพาะพืชเพียง 2-3 ชนิดเท่านั้น เนื่องจากแมลงจำพวกนี้สามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วโลก ซึ่งเป็นลักษณะที่พิเศษกว่าแมลงชนิดอื่นๆ คือ สามารถอาศัยและมีชีวิตได้ในทุกสภาพอากาศ และภูมิภาคต่างๆ เนื่องจากแมลงเหล่านี้มีการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายไปได้อย่างกว้างขวางโดยติดไปกับผลิตผลที่เป็นสิ่งบริโภคที่มีการซื้อขายแลกเปลี่ยนกันทั่วโลก และยังเป็นไปได้อย่างรวดเร็วตามระบบค้า และการขนส่งที่ทันสมัยในยุคปัจจุบัน เราจึงพบว่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีการแพร่ระบาดไปทั่วโลก และระบาดได้ตลอดปี

ความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เกิดจากแมลง จะอยู่ในระหว่าง 5 - 10 % ซึ่งเป็นการประมาณ ความเสียหายโดยเฉลี่ยของ FAO จากการสำรวจทั่วโลกความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เกิดจากแมลงในบางประเทศสูงถึง 50% และจากรายงานของกลุ่มประเทศอาเซียน ในปี พ.ศ. 2513 ความเสียหายของข้าวเปลือกหลังเก็บเกี่ยวมีปริมาณ 25% คิดเป็นน้ำหนัก 10.5 ล้านตัน หรือเป็นเงินปริมาณ 42,000 ล้านบาท สำหรับประเทศไทยหากข้าวเปลือกได้รับความเสียหาย 5% ต่อปี เมื่อได้ผลผลิตประมาณ 19 ล้านตัน จะคิดเป็นน้ำหนักที่เสียหายประมาณ 950,000 ตัน และถ้าราคาข้าวเปลือกเฉลี่ยต้นละ 5,000 บาท คิดเป็นเงินสูญเสียไปในฤดูข้าวนาฤดูเดียวเป็นเงินถึง 4,750 ล้านบาท ซึ่งเป็นเงินจำนวนมากนอกจากข้าวแล้วผลิตผลเกษตรอื่นๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง และอื่นๆ อีกหลายชนิดก็ได้รับความเสียหายมากเช่นกัน

นอกจากการสูญเสียเงินแล้วความเสียหายที่เกิดจากแมลงยังทำให้เมล็ดพันธุ์สูญเสียความงอก และที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ทำให้คุณภาพของผลิตผลเกษตรไม่ได้มาตรฐานของตลาดต่างประเทศ แล้วยังจะเป็นการทำลายชื่อเสียงของประเทศด้วย ซึ่งในบางครั้งจะพบว่าสินค้าถูกประท้วงหรือส่งกลับคืน เพราะพบความเสียหายและปริมาณแมลงมากเกินกำหนด ทำให้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ข้าวและผลิตผลเกษตรอื่นๆ ของประเทศจำหน่ายไม่ได้หรือจำหน่ายได้ ในราคาที่ไม่ดีเท่าที่ควร

ลักษณะการทำลายของแมลงต่อผลิตผลเกษตร

1. กัดกินหรือแทะเล็มภายนอก

แมลงจะอาศัยและทำลายอยู่ภายนอกเมล็ด ทำความเสียหายเฉพาะภายนอกโดยทำให้เกิดขุย ผิวของเมล็ดหรือผลิตผลถูกทำลายคุณภาพ ตลอดจนถักใยให้เมล็ดพืชหรือผลิตผลมาเกาะติดกันเป็นก้อน รวมถึงพวกที่กัดกินเศษอาหาร แมลงประเภทนี้ได้แก่ ผีเสื้อข้าวสาร มอดแป้ง ไร เหาหนังสือ

2. อาศัยและกัดกินอยู่ภายในเมล็ด

แมลงจะอาศัยและทำลายอยู่ภายในเมล็ด โดยตัวเต็มวัยของแมลงจะวางไข่อยู่ที่ผิวภายนอกเมล็ดข้าว เมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอนก็จะเจาะเข้าไปภายในกัดกินเจริญเติบโตจนกระทั่งครบวงจรชีวิต ตัวเต็มวัยก็จะเจาะเมล็ดออกมา ทำให้เป็นรูและภายในเป็นโพรง แมลงประเภทนี้ ได้แก่ ด้วงงวงข้าว ด้วงงวงข้าวโพด และผีเสื้อข้าวเปลือก

ระยะเวลาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

ความเสียหายของเมล็ดและผลิตผลนั้นเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย และสามารถเกิดขึ้นได้ทุกระยะเวลา ความเสียหายเริ่มต้นตั้งแต่ในแปลงปลูก การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์จะต้องทำในเวลาที่เหมาะสม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่เกี่ยวกับผลผลิตและคุณภาพของเมล็ด ถ้าเร็วหรือช้าไปย่อมทำให้เกิดผลเสียหาย ในหลักทฤษฎีเวลาที่เหมาะสมที่สุด คือระยะที่เมล็ดจะมีความสมบูรณ์เต็มที่ในด้าน ขนาด น้ำหนัก ความงอก ความมีชีวิต และความแข็งแรงของเมล็ด (physiological maturity) แต่ในทางปฏิบัติไม่นิยมและไม่ควรทำ เนื่องจากระยะนี้เมล็ดยังมีความชื้นสูง (ประมาณ 25-40 %) ฉะนั้นจึงสมควรรอไปอีกระยะหนึ่ง ให้ความชื้นของเมล็ดลดลงเสียก่อน แต่คุณภาพของเมล็ดในด้านต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น จะลดลงเรื่อยๆ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคุณภาพของเมล็ดจะเสียหายได้ ตั้งแต่อยู่ในแปลงปลูก และเมื่อเก็บเมล็ดมาแล้วก็จะถูกทำลายจากปัจจัยหลายๆ อย่าง โดยที่แมลงก็เป็นสาเหตุสำคัญของความเสียหาย ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ระยะเวลาที่แมลงสามารถเข้าทำลาย แบ่งได้ดังนี้

1. ก่อนเก็บเกี่ยว

แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลายชนิดสามารถบินออกจากโรงเก็บเมล็ดไปวางไข่ที่เมล็ดหรือฝักของพืชต่างๆ ในแปลงปลูกได้ แมลงศัตรูข้าวหลายชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าว ด้ว งงวงข้าวโพด และผีเสื้อข้าวเปลือก เป็นต้น ก็สามารถวางไข่ที่ข้าวก่อนเก็บเกี่ยวเช่นกัน

2. ขณะเก็บเกี่ยว

ประเทศไทยเรานิยมเก็บเกี่ยวพืชแล้วทิ้งไว้ในแปลงปลูกเพื่อตากเมล็ดลดความชื้น นวด หรือสีเอาเมล็ดออก ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวและทิ้งผลผลิตไว้ในแปลงหรือลานตาก ก็เป็นช่วงที่ทำให้แมลงลงทำลายได้มาก ซึ่งจะพบว่าแมลงหลายชนิดที่สามารถบินได้ จะทำลายในระยะนี้ได้

3. หลังการเก็บเกี่ยว (Post Harvest)

3.1 การปฏิบัติเกี่ยวกับเมล็ด (Grain and Seed Processing

เมล็ดพืชและผลิตผลบางชนิดจะต้องนำมากะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ด ขัดสี คัดแยกทำความสะอาด ช่วงระยะ เวลาปฏิบัติงานเหล่านี้โดยมากจะใช้สถานที่ใกล้กับโรงเก็บหรือสถานที่เดียวกัน ซึ่งเดิมมีแมลงอาศัยอยู่แล้วทำให้แมลงเข้าไปทำลายผลิตผลได้

3.2 ขณะทำการขนส่ง (Transportation)

ในการขนส่งจากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่งต้องใช้ระยะเวลานานและหากขนส่งโดยวิธีใส่กระสอบป่านหรือการขนส่งในปริมาณมากๆ โดยมิได้บรรจุภาชนะใดๆ แมลงก็สามารถเข้าทำลายในช่วงระยะเวลานี้ได้

3.3 ขณะเก็บรักษา (Storage)

การเก็บรักษาเมล็ดพืชหรือผลิตผล คือ การป้องกันและยับยั้งการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพืชหรือผลิตผลนั้นๆ นั่นเอง การเก็บรักษาไม่สามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพืชและผลิตผลได้ และในระหว่างการเก็บรักษาสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ จะมีผลต่อเมล็ดพืช และผลิตผลทำให้เสื่อมคุณภาพ โดยเฉพาะแมลงซึ่งเมื่อเข้าทำลายแล้วก็จะแพร่ระบาดทำความเสียหายเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว

แมลงศัตรูทีททำลายข้าวหลังการเก็บเกี่ยว

แมลงที่พบเข้าทำลายข้าวหลังการเก็บเกี่ยวมีหลายชนิด เรียงลำดับตามความสำคัญ ดังนี้

1. ผีเสื้อข้าวเปลือก *itotroga cerealella* (Olivier)
2. มอดข้าวเปลือก *hyzopertha dominica* (Fabricius)
3. ด้วงงวงข้าว *itophilus oryzae* (Linnaeus)
4. มอดแป้ง *Tribolium castaneum* (Herbst)
5. มอดฟันเลื่อย *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus)
6. ผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* Stainton
7. มอดสยาม *Lophocateres pusillus* (Klug)
8. ผีเสื้อข้าวโพด *Ephestia cautella* (Walker)
9. ด้วงท้องแบน *Cryptolestes pusillus* (Schonherr)
10. เหาหนังสือ *Liposcelis* spp.
11. ไรแป้ง *Acarus siro* L.

นอกจากแมลงศัตรูที่สำคัญดังกล่าวข้างต้นแล้วยังพบแมลงอื่นๆ อีกหลายชนิด ซึ่งเป็นทั้งแมลงศัตรูทำลายข้าว และแมลงศัตรูธรรมชาติซึ่งเป็นศัตรูของแมลงเหล่านั้น รวมถึงแมลงบินอื่นๆ ที่บินตามแสงไฟเข้าไปในโรงเก็บ และรวมถึงแมลงศัตรูในบ้านเรือน ประเภทยุง แมลงวัน และแมลงสาบ เป็นต้น การป้องกันกำจัดแมลงที่ดีจำเป็นจะต้องรู้จักชนิดของแมลง รูปร่าง ลักษณะ วงจรชีวิต และลักษณะการเข้าทำลาย จึงจะสามารถกำจัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงรายละเอียดของแมลงที่สำคัญที่กล่าวไว้ข้างต้นดังต่อไปนี้

ผีเสื้อข้าวเปลือก (*Sitotroga cerealella* Olivier)

ผีเสื้อข้าวเปลือก (Angoumois Grain moth: *itotroga cerealella* Olivier) เป็นแมลงศัตรูสำคัญที่สุดที่ของข้าวเปลือก เข้าทำลายโดยการวางไข่ที่เมล็ดข้าวเปลือกตั้งแต่ยังอยู่ในนา แล้วติดตามมาทำลายในยุ้งและโรงสีต่อไป

การทำลายจะสูงเมื่อทำการเก็บเกี่ยวข้าวล่ากว่าปกติ ตัวอ่อนจะอาศัยและกัดกินภายในเมล็ดจนเหลือแต่เปลือกหาก เข้าไปในยุ้งเก็บข้าวเปลือก จะเห็นผีเสื้อข้าวเปลือกบินหรือเกาะอยู่บนกองข้าว ดังนั้นการทำลายจึงมักจะมีเฉพาะส่วนบนของกองข้าวเท่านั้น

ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อที่มีขนาดเล็กมากสีน้ำตาลอ่อน วัดขณะเมื่อกางปีกออกจะยาวประมาณ 12 มม. ปีกหลังมีสีออกเทา ตามปีกจะมีขนยาว ๆ เป็นแผงซึ่งมีความยาวมากกว่าความกว้างของปีก ปลายปีกจะโค้งแหลมยื่นออกไป เมื่อเกาะอยู่ปีกจะหุบขนานกับลำตัว ตัวเมียวางไข่ทั้งเป็นกลุ่มหรือเดี่ยวครั้งละประมาณ 20 ฟองบนเมล็ดข้าวเปลือก โดยทั่วไปตัวเมียตัวหนึ่งอาจจะวางไข่ได้มากกว่า 100 ฟอง และอาจถึง 500 ฟอง ไข่มีสีขาวรูปยาวรีและจะฟักใน 4-6 วัน เป็นตัวอ่อนแล้ว จะเจาะเมล็ดเข้าไปอาศัยอยู่ภายในใช้เวลา 26-35 วันก็จะเข้าดักแด้ ระยะดักแด้ 3-6 วัน เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะเจาะผิวเมล็ดออกมาทำให้เมล็ดเป็นรู แล้วตัวเต็มวัยก็จะสืบพันธุ์และขยายพันธุ์ต่อไป และมีชีวิตอยู่ได้เพียง 3-7 วัน วงจรชีวิตใช้เวลา 36-42 วัน พบแพร่กระจายไปทั่วโลก ในประเทศไทยทำลายข้าวเปลือกในยุ้ง และโรงสี ตลอดปี นอกจากทำลายข้าวเปลือกแล้ว ยังทำความเสียหายให้กับข้าวโพด ข้าวสาลี และเมล็ดพืชชนิดอื่นอีกด้วย

มอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica* F.)

มอดข้าวเปลือก (Lesser Grain Borer : *Rhyzopertha dominica* F.) เป็นแมลงที่เป็นศัตรูสำคัญของข้าวเปลือกชนิดหนึ่ง โดยทั้งอ่อนและตัวเต็มวัยจะทำลายเมล็ดข้าวเปลือกให้ได้รับความเสียหาย ตัวอ่อนจะอาศัยและกัดกินอยู่ภายในเมล็ดจนกลายเป็นตัว จึงเจาะรูออกมาจากเมล็ดจนทำให้เมล็ดเหลือแต่เปลือก ส่วนตัวเต็มวัยจะแทะเล็มเมล็ดให้เป็นรอยหรือเป็นรู และสามารถบินได้ไกลจึงทำให้ระบาดไปยังโรงเก็บอื่นๆ ได้ง่าย ตัวเต็มวัยมีรูปร่างทรงกระบอกสีน้ำตาลเข้มปนแดง มีความยาว 2.5- 3.0 มม. ส่วนหัวสั้นและงุ้มซ่อนอยู่ใต้อกปล้องแรก ต้องมองดูด้านข้างจึงจะเห็นส่วนหัวได้ชัด มองดูด้านบนจะดูเหมือนว่าส่วนของอกเป็นหัวนั่นเอง จึงทำให้มีชื่อว่า มอดหัวป้อม หรือมอดหัวไม้ขีด ปีกคู่หน้ามีหลุม (puncture) อยู่โดยเรียงเป็นแถวอย่างมีระเบียบ ตัวเมียวางไข่ได้ 300-500 ฟอง โดยวางเป็นกลุ่มตามรอยแตก หรือรอยกะเทาะบนเมล็ดหรือวางเป็นฟองเดี่ยวๆ ตามเศษผงในกองข้าว ไข่จะฟักเป็นตัวหนอน ซึ่งมีลักษณะสีขาวขุ่น จะเข้าดักแด้ภายในเมล็ด แล้วจึงเจาะเมล็ดออกมาเมื่อเป็นตัวเต็มวัย ระยะของตัวอ่อน 21-28 วัน ดักแด้ 6-8 วัน วงจรชีวิตใช้เวลา 1 เดือนขึ้นไป ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่นาน 5 เดือนหรือมากกว่านี้

พบแพร่กระจายไปทั่วโลกโดยเฉพาะในแหล่งที่มีการปลูกข้าว ระบาดในประเทศเขตอบอุ่นและเขตร้อนตลอดปี มีพืชอาหารหลายชนิด ได้แก่ ข้าวเปลือก ข้าวสาร ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี พืชหัว

ด้วงงวงข้าว ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus* spp.)

ด้วงงวงเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุด พบทำลายทั้งข้าวเปลือกและข้าวสาร ในประเทศไทยพบ 2 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าว และด้วงงวงข้าวโพด (Rice Weevil: *Sitophilus oryzae* (Linnaeus)/Maize Weevil: *Sitophilus zaemais* Motschulsky) ตัวเต็มวัยของด้วงงวงมีสีน้ำตาลดำ ยาวประมาณ 2.0-3.0 มม. ส่วนหัวจะยื่นออกมาเป็นงวง (snout) สามารถบินออกไปทำลายเมล็ดพืชตั้งแต่ยังอยู่ในไร่นา โดยตัวเมียจะวางไข่ที่เมล็ดพืชขณะที่เมล็ดเริ่มจะสุกแก่ เมล็ดละ 4-6 ฟอง แล้วขับเมือกปิดปากรูไว้ ตัวเมียวางไข่ได้ 300-400 ฟอง ไข่จะฟักในระยะ 3-6 วัน

เป็นตัวอ่อนสีขาวลำตัวสั้นป้อม และอาศัยกัดกินอยู่ภายในเมล็ด ระยะตัวอ่อน 20-30 วัน แล้วจึงเข้าดักแด้เป็นเวลา 3-7 วัน เมื่อเป็นตัวเต็มวัยแล้ว จะเจาะผิวเมล็ดออกมา ทำให้เมล็ดที่ถูกด้วงงวงข้าวอาศัยอยู่เป็นรู วงจรชีวิตใช้เวลา 30-40 วัน ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้นาน 1-2 เดือน หรือมากกว่านี้ สามารถแพร่กระจายอยู่ทั่วโลก และเนื่องจากด้วงงวงชอบอากาศร้อนและอบอุ่น จึงพบระบาดมากแถบเอเชียและแอฟริกา แพร่กระจายได้ไกลๆ โดยการขนส่งหรือบินไป และพบระบาดตลอดปี เพราะกินอาหารได้หลายชนิดได้แก่ เมล็ดธัญพืชทุกชนิด เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ และเมล็ดพืชชนิดอื่นๆ ไม่ทำลายแป้งเพราะตัวอ่อนไม่สามารถเจริญเติบโตในแป้งได้

มอดแป้ง (*Tribolium castancum* (Herbst))

มอดแป้ง (Red Flour Beetle: *Tribolium castancum* (Herbst)) เป็น secondary pest คือไม่สามารถทำลายเมล็ดพืชให้ได้รับความเสียหายโดยตัวเองได้เหมือนด้วงงวงข้าว มักจะเข้าทำลายซ้ำเติมในภายหลังจากที่แมลงอื่นทำลายเมล็ดพืชจนเป็นรูหรือรอยแตกแล้ว แต่จะเป็นศัตรูที่สำคัญของแป้ง และรำ เพราะสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว ทำให้แป้งที่มันอาศัยกินอยู่นั้นเปลี่ยนสี และมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเกิดจากของเสียที่มันขับถ่ายออกมา แม้จะเอาแป้งไปทำอาหารแล้วก็ยังมีกลิ่นติดอยู่ และเรามักจะพบมอดแป้งและตัวอ่อนปรากฏอยู่ในแป้งทุกชนิด เป็นมอดสีน้ำตาลปนแดง ลำตัวค่อนข้างแบนยาว ยาวประมาณ 2.3-4.4 มม. ตัวเมียวางไข่ได้ 400-500 ฟอง ตามกระสอบ รอยแตกของเมล็ดข้าวภาชนะบรรจุหรือในแป้ง ไข่มีรูปร่างยาวรี สีขาว ไข่จะฟักใน 3-7 วัน เป็นตัวอ่อนสีน้ำตาลอ่อนเรียวยาว และจะอาศัยอยู่ในแป้งใช้เวลา 21-40 วัน จึงจะเข้าดักแด้ ระยะเป็นดักแด้ 3-7 วัน แล้วจะเป็นตัวเต็มวัย วงจรชีวิตใช้เวลา 26-40 วัน มอดแป้งอาจมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 6 เดือนแพร่กระจายไปทั่วโลก แต่มีมากและระบาดในเขตอบอุ่นและเขตร้อนและทำลายแป้งและเมล็ดพืชตลอดปี ในประเทศไทยพบทุกภาคและระบาดตลอดปี มีพืชอาหารหลายชนิด ได้แก่ เมล็ดธัญพืช แป้งชนิดต่างๆ รำข้าว เครื่องเทศ ผลไม้แห้ง และหนังสัตว์

มอดฟันเลื่อย (*Oryzaephilus* spp.)

มอดฟันเลื่อย และมอดฟันเลื่อยใหญ่ (Saw-toothed Grain Beetle:*Oryzaeephilus surinamensis* (Linnaeus) Merchant Grain Beetle: *Oryzaephilus mercator* Fauvel) เป็น secondary pest เหมือนมอดแป้ง โดยที่ตัวเต็มวัยจะแทะเล็มอยู่ที่ผิวเมล็ด จะเข้าไปทำลายภายในเมล็ด หลังจากมีแมลงชนิดอื่นเข้าไปทำลายอยู่แล้ว ซึ่งจะทำให้เมล็ด ได้รับความเสียหายเพิ่มขึ้น มอดฟันเลื่อยแมลงขนาดเล็ก มีสีน้ำตาลแก่ ดำ ตัวแบนยาว มีขนาด 2.5 -3.0 มม. ลักษณะที่เด่นชัดต่างไปจากแมลงชนิดอื่นคือขอบด้านข้างส่วนนอกปล้องแรกจะมีลักษณะเป็นแบบฟันเลื่อยข้างละ 6 ซี่ ตัวเมียวางไข่ตลอดชีวิตได้ 45-280 ฟอง ตามรอยแตกของเมล็ดหรือบนเมล็ด ไข่มีสีขาวและไข่จะฟักเป็นตัวอ่อนภายใน3-5 วัน ตัวอ่อนเรียวเล็กสีขาว ใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ จึงเข้าดักแด้โดยใช้เศษอาหารเป็นปลอกหุ้มตัว ระยะดักแด้ 6-10 วัน วงจรชีวิตใช้เวลา 24-30 วัน ตัวเต็มวัยสามารถอยู่ได้นาน 6-10 เดือน เนื่องจากบินไม่ได้จึงสามารถเคลื่อนไหวไปบนอาหารได้รวดเร็ว แพร่กระจายไปทั่วโลก ในประเทศไทยระบาดตลอดปี ตามโรงสี โกดัง และโรงงาน มีพืชอาหารหลายชนิด ได้แก่ เมล็ดธัญพืชทุกชนิด มะม่วงหิมพานต์ ถั่วลิสง แป้ง เครื่องเทศ อาหารสัตว์ ยาสูบ เนื้อแห้ง และผลไม้แห้งเมล็ดพืชน้ำมันแทบทุกชนิด เนื้อมะพร้าวแห้ง

และอาหารทะเลแห้ง เช่น กระเพาะปลา

มอดสยาม *Lophocateres pusillus* (Klug)

มอดสยาม (Siamese Grain Beetle: *Lophocateres pusillus* (Klug)) เป็นแมลงที่พบในประเทศแถบเขตร้อนชื้น และยุโรป มีแหล่งกำเนิดในประเทศไทย มักพบแมลงชนิดนี้เข้าทำลายอยู่ร่วมกับด้วงงวงข้าว และมอดข้าวเปลือกกัดกินเมล็ดข้าวอยู่ภายนอก อาจพบอยู่ในแกลบ ตัวเต็มวัยเป็นแมลงปีกแข็งลำตัวแบบสีน้ำตาลแดง ขนาดเล็กประมาณ 2-3 มม. หนวดเป็นแบบกระบอง มีสันเป็นแนวยาวบนปีกคู่หน้าฐานของอกปล้องแรกอยู่ติดกับโคนปีกคู่หน้า ตัวเมียวางไข่ตามรอยแตกของเมล็ด หรือรอยแตกของเปลือกเมล็ดวางเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-14 ฟอง ตัวเมียวางไข่ได้ประมาณ 100 ฟอง ไข่จะฟักภายใน 7 วัน ระยะหนอนและระยะดักแด้ประมาณ 42 วัน วงจรชีวิตใช้เวลา 45-60 วัน แพร่กระจายในเขตร้อนชื้น พืชอาหารข้าวเปลือก ถั่วลิสง ถั่วต่างๆ และมันสำปะหลัง

ด้วงท้องแบน (*Cryptolestes pusillus* (Schonherr))

ด้วงท้องแบน(Flat Grain Beetle: *Cryptolestes pusillus* (Schonherr))จัดเป็นแมลงประเภทกัดกินเศษอาหาร (Scavenger) ไม่สามารถทำลายเมล็ดทั้งเมล็ดได้ แต่หากเมล็ดพืชไม่สมบูรณ์ มีรอยแตกหัก ตัวหนอนก็สามารถจะเข้าทำลายได้ หรือจะเข้าทำลายต่อจากด้วงงวงและมอดข้าวเปลือกเป็นแมลงขนาดเล็กประมาณ 1.5-2.0 มม. ลำตัวแบน สีน้ำตาลอ่อน หัวและอกปล้องแรกมีขนาดใหญ่เห็นได้ชัดประมาณครึ่งหนึ่งของลำตัว ด้านข้างของอกจะเห็นเป็นแนวสันทั้งสองข้าง หนวดยาวแบบเส้นด้าย (filiform) ซึ่งความยาวของหนวดจะเป็น 2/3 เท่าของลำตัว ตัวเมียจะวางไข่ตามรอยแตกของเมล็ดพืชสามารถวางไข่ได้ 300 ฟอง วงจรชีวิตประมาณ 27-30 วัน แพร่กระจายอยู่ทั่วโลก พืชอาหารคือ ข้าว เมล็ดธัญพืช เมล็ดพืชน้ำมัน ผลิตภัณฑ์จากเมล็ดธัญพืช และโกโก้

ผีเสื้อข้าวสาร (*Corcyra cephalonica* Stainton)

ผีเสื้อข้าวสาร (Rice moth: *Corcyra cephalonica* Stainton) เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของข้าวสาร โดยเฉพาะข้าวที่เก็บไว้เป็นเวลานานทำให้ข้าวสารมีลักษณะที่ไม่น่าดูและเสื่อมคุณภาพ จนบางครั้งนำไปบริโภคไม่ได้ ซึ่งเกิดจากตัวอ่อนของผีเสื้อข้าวสารไปชักใยอยู่ระหว่างเมล็ดข้าว ทำให้ข้าวสารติดกันเป็นกลุ่ม และตัวอ่อนจะอาศัยแทะเล็มข้าวสารอยู่ภายในใยนั้น นอกจากนี้ยังขับถ่ายของเสียออกมาเป็นเม็ดเล็กๆ กระจายอยู่เต็มกองข้าวอีกด้วย ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อขนาดกลางสีน้ำตาลอ่อน วัดขนาดเมื่อกางปีกได้ 20-25 มม. ลำตัวยาว 12-15 มม. ปีกคู่หน้ามีเส้นปีกสีค่อนข้างดำ ปีกหลังมีสีครีม เวลาเกาะอยู่ปีกจะหุบขนานกับลำตัว ตัวเมียวางไข่ได้ 44-364 ฟอง ในระยะ 4-6 วันที่มีชีวิตอยู่ ไข่จะฟักใน 4-5 วัน เป็นตัวอ่อนสีขาวปนเทา แล้วตัวอ่อนก็จะสร้างใยปกคลุมตัวเองไว้ระยะตัวอ่อน 28-41 วัน แล้วจึงเข้าดักแด้ในปลอกที่สร้างขึ้นภายหลังเป็นเวลา 6-13 วัน และจะเป็นตัวเต็มวัย วงจรชีวิตใช้เวลา 30-40 วัน มีแพร่กระจายอยู่ทั่วโลกโดยเฉพาะในแหล่งที่ปลูกข้าว ทำลายข้าวสารและเมล็ดพืชอื่นๆ ได้ตลอดปี ข้าวสาร ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ข้าวโพด โกโก้ ผลไม้แห้ง ขนมปัง แป้ง และเนื้อมะพร้าว

ผีเสื้อข้าวโพด (*Ephestia cautella* Walker)

ผีเสื้อข้าวโพด (Tropical Warehouse Moth: *Ephestia cautella* Walker) เป็นศัตรูที่สำคัญของเมล็ดข้าวโพดและถั่วเขียว รองจากด้วงงวงข้าวโพดและด้วงถั่ว ปัจจุบันพบทำลายข้าวสารด้วย โดยตัวอ่อนจะชักใยอยู่ระหว่างเมล็ดและบนผิวเมล็ดทำให้เมล็ดอยู่ติดกันเป็นกลุ่มและตัวอ่อนกัดกินและอาศัยอยู่ภายในใยนั้น เมื่อมีปริมาณการทำลายสูง ทำให้เมล็ดมีสภาพสกปรกไม่น่าดู และเสื่อมคุณภาพในที่สุด เป็นผีเสื้อขนาดเล็กสีเทา ลำตัวยาวประมาณ 13 มม. ขนาดที่วัดเมื่อกางปีกยาว 12-16 มม. ที่ปีกคู่หน้ามีแถบซิกแซ็กสีดำพาดขวางปีก 2 แถบ ตัวเมียวางไข่ได้สูงถึง 250 ฟอง ตามรอยแตกแยกของเมล็ดหรือบนกระสอบบรรจุเมล็ดไข่มีสีขาวหรือสีชมพูขนาด 0.30 มม. ไข่จะฟักเป็นตัวอ่อนใน 3-6 วัน ตัวอ่อนมีสีขาวปนเทา ลำตัวยาว เคลื่อนไหวรวดเร็ว ระยะเป็นตัวอ่อน 22-24 วัน แล้วจึงเข้าดักแด้ในปลอกที่สร้างขึ้นเป็นเวลา 7-8 วัน แล้ว จึงเป็นผีเสื้อตัวเต็มวัย วงจรชีวิตใช้เวลา 29-33 วัน และผีเสื้อ มีชีวิตในระยะสั้น 3-5 วัน พบแพร่กระจายอยู่ทั่วโลก และระบาดและทำความเสียหายให้กับเมล็ดพืชมากในประเทศเขตอบอุ่นและเขตร้อนตลอดปี พืชอาหารกว้าง ได้แก่ ข้าวสาร ข้าวโพด ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง แป้ง ผลไม้แห้ง และเนื้อมะพร้าวแห้ง

เหาหนังสือ (*Liposcelis* spp.)

เหาหนังสือ (Booklice: *Liposcelis* spp.) เป็นแมลงที่เคลื่อนไหวรวดเร็ว พบทำลายเมล็ดพืช และผลิตภัณฑ์จากพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มีความชื้นสูง ฝุ่นที่ติดกับเมล็ด กาวที่ใช้ติดหนังสือ ซึ่งเป็นที่มาของชื่อ เหาหนังสือนอกจากนี้พบว่าเป็นตัวห้ำกินไข่ผีเสื้อข้าวเปลือก เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กมาก ลำตัวยาวประมาณ 2 มม. สีเทาอ่อนหรือสีครีม ไม่มีปีกลำตัวอ่อนนุ่ม ส่วนหัวมีขนาดใหญ่ หนวดยาวเรียว ยาวเท่ากับลำตัว ตัวเต็มวัยเพศเมีย วางไข่ได้โดยไม่มีการผสมพันธุ์ ในช่วงที่อากาศร้อน วางไข่ได้สูงสุด 100 ฟอง ที่อุณหภูมิ 15-32 °ซ วางไข่ได้เฉลี่ย 57 ฟอง ระยะไข่ 7 วัน ช่วงระยะไข่ถึงระยะตัวเต็มวัย 24 วัน ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยมีลักษณะเหมือนกัน ต่างกันที่ขนาดของลำตัวและตัวเต็มวัยมีสีเข้มกว่า ระยะตัวอ่อนมีการลอกคราบ 3-4 ครั้ง พบระบาดในเขตร้อน และเขตอบอุ่น กินอาหารจำพวกผง ฝุ่น จากเมล็ดพืชที่แตกหัก เช่น ข้าว ข้าวโพด แป้ง

ไรแป้ง (*Acarus siro* L.)

ไรแป้ง (Flour mite: *Acarus siro* L.) ไรชนิดนี้นอกจากจะกัดกิน ทำลายเมล็ดธัญพืช หรืออาหารที่ทำจากธัญพืชแล้ว ยังปล่อยกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในอาหารที่มันกัดกิน และเป็นตัวแพร่เชื้อราอีกด้วย เป็นไรที่มีขนาดเล็กมาก ตัวเมียยาว 0.5 มม. ตัวผู้ 0.4 มม. ลำตัวมีสีขาวนวลปกคลุมไปด้วยขนส่วนขามีสีม่วงจางๆ ตัวแก่มีขา 4 คู่ ตัวเมียวางไข่ได้ประมาณ 20 ฟอง ไข่มีสีขาวขนาดยาว 0.15 มม. ตัวหนอนมีขา 3 คู่ เมื่อเจริญเป็นตัวอ่อนจะมีขา 4 คู่ พบกระจายอยู่ทั่วโลก เมล็ดธัญพืช ผลิตภัณฑ์อาหารจากธัญพืช ผลไม้แห้ง ยาสูบ ฯลฯ

การป้องกันกำจัด

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร เป็นสิ่งที่สำคัญส่วนหนึ่งของระบบการเก็บรักษา วิธีการป้องกันกำจัดนั้นได้มีการวิจัยพัฒนาให้เหมาะสมกับชนิดของผลิตผลเกษตร รูปแบบการเก็บรักษา ลักษณะของภาชนะบรรจุ และลักษณะของโรงเก็บ หลักการโดยทั่วไปในการป้องกันและกำจัด มี 2 วิธี คือ การป้องกันกำจัดโดยไม่ใช้สารเคมี และการป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี

1. การป้องกันและกำจัดโดยไม่ใช้สารเคมี

การป้องกันและกำจัดวิธีนี้คือ การหลีกเลี่ยงการใช้สารฆ่าแมลง เพื่อลดปัญหาอันตรายจากการใช้ การทำลายสภาพแวดล้อม รวมทั้งปัญหาพิษตกค้างของสารฆ่าแมลง มีดังนี้คือ

1. การรักษาความสะอาดและจัดสภาพโรงเก็บ
2. การลดความชื้น
3. การควบคุมอุณหภูมิโดยการใช้ความร้อนจัด หรือเย็นจัด
4. การเก็บรักษาในสภาพสูญญากาศ หรือภาชนะที่ปิดมิดชิด
5. การใช้สาร หรือวัสดุบางอย่างคลุกกับเมล็ด
6. การใช้สารไล่
7. การใช้พันธุ์ต้านทาน
8. การป้องกันกำจัดโดยชีววิธี
9. การใช้วิธีกลหรือวิธีการทางฟิสิกส์
   9.1 การกลับหรือพลิกตำแหน่งเมล็ดพืชเท่ากับการรบกวนแมลง
   9.2 การใช้แรงกระทบ
10. การฉายรังสี หรือใช้รังสีในรูปพลังงานเสียงหรือพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า
11. การใช้กับดักสารเพศและกับดักแสงไฟลดปริมาณแมลง
12. การใช้กฎหมาย

การนำวิธีการป้องกันกำจัดโดยไม่ใช้สารเคมีที่ควรนำไปปฏิบัติ คือ

การรักษาความสะอาดและการจัดการโรงเก็บ

การเตรียมความพร้อมของสภาพโรงเก็บเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง ต้องทำความสะอาดพื้น และส่วนต่างๆ ของโรงเก็บ ทั้งภายใน และภายนอก ก่อนที่จะนำผลิตผลเกษตรเข้าเก็บรักษา และจะต้องดูแล ทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา จะทำให้การแพร่ระบาดทำลายของแมลงน้อยลง

การลดความชื้นในเมล็ด

เมล็ดที่มีความชื้นภายในเมล็ด 10 % จะพบแมลงทำลายน้อย และเมล็ดพืชที่มีความชื้นในเมล็ดต่ำกว่า 8 % มักจะไม่มีแมลงทำลาย การลดความชื้นในเมล็ดก่อนนำเข้าเก็บรักษาเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะช่วยป้องกันการเข้าทำลายของแมลงได้แล้ว ยังทำให้อายุการเก็บรักษาเมล็ดพืชนั้นยาวนานขึ้นด้วย

การควบคุมโดยใช้อุณหภูมิ

ความร้อน การใช้อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ติดต่อกันจะทำให้แมลงบางชนิดหยุดการเจริญเติบโตและตายได้ และหากใช้อุณหภูมิระหว่าง 55-60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรืออุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ในเวลา 15 นาที จะทำให้แมลงทุกชนิดตายหมด

ความเย็น การเก็บเมล็ดพืชที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส จะทำให้แมลงหยุดการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ และแมลงจะตายหมดที่อุณหภูมิ -2 ถึง -5 องศาเซลเซียส

การเก็บรักษาในสภาพสูญญากาศหรือภาชนะที่ปิดมิดชิด

แมลงต้องการออกซิเจนเพื่อการหายใจเหมือนสัตว์ทั่วๆ ไป เมื่ออยู่ในที่ไม่มีอากาศผ่านก็ทำให้แมลงตายได้ จึงมีการวิจัยและพัฒนารูปแบบของการเก็บรักษาแบบนี้มาก ในปัจจุบันมีการพัฒนาภาชนะที่ใช้ในการเก็บรักษา ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่สามารถเก็บเมล็ดพืชได้เป็นจำนวนมาก จนถึง 200 ตัน และวิธีการบรรจุผลิตผลแบบสูญญากาศซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในปัจจุบันจนสามารถใช้เครื่องมือบรรจุแบบสูญญากาศได้ง่าย และสะดวกในการปฏิบัติมากขึ้น

การใช้สารหรือวัสดุบางอย่างคลุกกับเมล็ด

สารที่อยู่ในรูปของผง เช่น ปูนขาว ขี้เถ้า แกลบ ทราย หรือส่วนของพืช เช่นเมล็ดสะเดา พริกไทย และเปลือกส้ม สามารถลดการทำลายของแมลงบางชนิดได้ หรือการใช้น้ำมันพืชที่ใช้ปรุงอาหารคลุกกับเมล็ดถั่วต่างๆ เพื่อป้องกันการทำลายของด้วงถั่ว น้ำมันพืชที่ใช้คือ น้ำมันปาล์มและน้ำมันรำ ในอัตรา 5-10 มล.ต่อเมล็ด 1 กก. สามารถป้องกันการทำลายของด้วงถั่วได้อย่างน้อย 4 เดือน น้ำมันพืชที่มีประสิทธิภาพรองลงมา ได้แก่ น้ำมันถั่วลิสง และน้ำมันข้าวโพด และน้ำมันพืชเหล่านี้ยังสามารถป้องกันการทำลายของแมลงต่อเมล็ดข้าวโพดด้วย

2. การป้องกันและกำจัดโดยใช้สารเคมี

วิธีนี้เป็นที่นิยมถือปฏิบัติกันทั่วไป เพราะเป็นการป้องกันและกำจัดที่ได้ผลและรวดเร็ว แต่จะต้องคำนึงว่าเมล็ดพืชหรือผลิตผลนั้นจะเอาไปใช้ประโยชน์ในด้านใด ถ้าใช้เมล็ดพันธุ์ก็อาจใช้สารเคมีที่ออกฤทธิ์นานและอัตราสูงได้ แต่ถ้าใช้นำไปบริโภคก็ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยใช้สารที่สลายตัวได้ในเวลาที่กำหนด และไม่ควรใช้ในอัตราที่สูงมากกว่าที่แนะนำการป้องกันกำจัดโดยการใช้สารฆ่าแมลงทำได้หลายวิธี ดังจะได้กล่าวต่อไป อาจเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือใช้รวมกันหลายวิธีเพื่อผลดีในการป้องกันกำจัด นอกจากการใช้วิธีการที่เหมาะสมแล้วจะต้องเลือกชนิดของสารฆ่าแมลงอีกด้วย สารฆ่าแมลงที่นำมาใช้ควรเป็นชนิดที่มีความเป็นพิษต่ำ ไม่ใช้สารฆ่าแมลงในกลุ่มออแกโนคลอรีน เช่น dieldrin aldrin และ DDTฯลฯ (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงและมีพิษตกค้างนาน malathion และ lindane เป็นสารฆ่าแมลงที่นิยมใช้กับแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร แต่หลังจากแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงทั้ง 2 ชนิดนี้ ทำให้มีการค้นคว้าทดลองสารฆ่าแมลงชนิดอื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำมาใช้ทดแทนในการป้องกันกำจัด ปัจจุบันมีสารฆ่าแมลงประมาณ 20 ชนิดที่เหมาะสมและสามารถใช้กับผลผลิตทางการเกษตร

สารฆ่าแมลงที่ใช้สำหรับผลิตผลในโรงเก็บแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.1 สารฆ่าแมลง (Insecticide) มีทั้งชนิดเป็นของเหลว และเป็นผง มีคุณสมบัติในการฆ่าแมลงทั้งถูกตัวตาย กินแล้วตาย หรือได้กลิ่นหรือไอระเหยตายปัจจุบันสารฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพดีสามารถนำมาใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและปลอดภัยต่อผู้บริโภคที่มีจำหน่ายภายในประเทศมีหลายชนิด (ตารางที่2) สารฆ่าแมลงทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มออแกโนฟอสฟอรัส และไพรีทรอยด์สังเคราะห์ซึ่งส่วนใหญ่จะมีความเป็นพิษต่ำ สารฆ่าแมลงที่สามารถนำไปใช้ คือ สารในกลุ่มออแกโนฟอสฟอรัสได้แก่ fenitrothion, chlorpyrifos methyl, phoxim, etrimphos, methacrifos และ dichlorvos และสารในกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ ได้แก่ permethrin, cypermethrin, deltamethrin, และbetacyfluthrin

2.2 สารฆ่าแมลงชนิดรม (Fumigant) สารรมคือสารเคมีที่เป็นพิษในรูปของไอหรือควัน มีลักษณะเป็นเม็ดของเหลวหรือก๊าซ สารพิษจะออกฤทธิ์ในรูปก๊าซซึ่งมีผลทำให้แมลงตาย ซึ่งสารที่สำคัญและนิยมใช้ คือ

1. การพ่นภายในและภายนอกโรงเก็บ

การพ่นภายในและภายนอกโรงเก็บ เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีแมลงรอดชีวิตอยู่ ควรกระทำหลังจากทำความสะอาดโรงเก็บเรียบร้อยแล้ว ก่อนที่จะนำผลิตผลเข้าเก็บ โดยใช้สารฆ่าแมลง เช่น phoxim, fenitrothion, และ chlorpyrifos methyl อัตรา 0.5-2.0 g.ai/$m.^{2}$ พ่นตามพื้นและฝาโรงเก็บให้ทั่ว

2. การพ่นแบบหมอกควัน

การพ่นแบบหมอกควันจะต้องใช้เครื่องพ่นหมอกควัน (fogging machine) พ่นไปบนกองเมล็ดพืชที่เก็บไว้ในยุ้ง โรงเก็บ หรือห้องที่มีสภาพปิดได้มิดชิดเพื่อกำจัดแมลงพวกผีเสื้อ วิธีนี้สามารถกำจัดผีเสื้อข้าวเปลือกซึ่งเป็นแมลงศัตรูสำคัญที่สุดของข้าวเปลือกได้เป็นอย่างดี สารฆ่าแมลงที่ใช้ คือ fenitrothion อัตรา 20 มล.หรือ esbioallethrin deltamethrin (Deltacide^{R}) อัตรา 5 มล.ผสมน้ำมันโซล่า 100 มล.พ่นในห้องที่บรรจุข้าวเปลือก 4 ตัน

3. การใช้สารรม

สารรมคือสารที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในรูปของไอ หรือควัน วิธีการรม (Fumigation) ถูกนำมากำจัดแมลงตั้งแต่สมัยกรีกและโรมันเมื่อประมาณปีคริสตศักราชที่ 200 ในระยะต่อมามีการค้นคว้าทดลอง พบสารเคมีอีกหลายชนิดที่ใช้ได้ผลดีในการกำจัดแมลง จึงมีการผลิตสารรมขึ้นมาเพื่อใช้หลายชนิดในรูปแบบต่างๆ ทั้งเป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ แต่ในปัจจุบันสารรมหลายชนิดถูกห้ามใช้เนื่องจากทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพผลผลิตและเป็นพิษต่อผู้บริโภค จึงเหลือสารรมที่สามารถใช้ได้อยู่น้อยชนิด ได้แก่ เมทิลโบรไมด์ ฟอสฟีน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสารรมเมทิลโบรไมด์นั้นเป็นสารรมที่พบว่าทำลายชั้นของโอโซน จึงถูกเสนอให้ยกเลิกการใช้ โดยที่ประเทศผู้ผลิตจะต้องยกเลิกการผลิตและห้ามใช้สารดังกล่าวในปี พ.ศ.2544 และ พ.ศ. 2553 ซึ่งทำให้สารรมที่มีอยู่น้อยชนิดอยู่แล้วลดลงไปอีก นักวิทยาศาสตร์ผู้ที่เกี่ยวข้องได้พยายามเร่งค้นคว้าวิจัยหาสารรมชนิดใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพดีมาเพื่อใช้ทดแทน แต่ในปัจจุบันนี้ยังไม่มีสารใหม่ๆ ที่สามารถนำมาใช้แทนเมทิลโบรไมด์ได้ จึงได้มีการประกาศยืดเวลาของการเลิกผลิตเป็น ปี ค.ศ. 2005 (พ.ศ. 2548) และกำหนดให้สารรมเมทิลโบรไมด์หมดไปจากโลกในปี ค.ศ. 2015 (พ.ศ. 2558)

การเตรียมการก่อนรมยา

1. ตรวจสอบสถานที่และตำแหน่งของกองผลิตผลที่จะรม พื้นโรงเก็บที่เป็นไม้จะต้องไม่แตก หรือมีรอยรั่วให้ก๊าซแทรกซึมออกได้ พื้นคอนกรีตก็จะต้องไม่มีรอยแตกเช่นกันถ้าพื้นมีลักษณะดังกล่าว จะต้องรองพื้นด้วยผ้าทาร์พอลินก่อนกองจะต้องอยู่ห่างจากผนังของโรงเก็บประมาณ 50 เซนติเมตร หรือห่างพอที่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติการเดินเข้าไปทับชายผ้าทาร์พอลิน ตรวจและปะรูรั่วของผ้าทาร์พอลินได้สะดวก
2. เก็บตัวอย่างผลิตผลที่จะรมโดยรอบกองเพื่อตรวจดูชนิด และปริมาณของแมลงที่กำลังทำลายอยู่
3. ทำการวัดขนาดของกอง (กว้าง ยาว และสูง) สำหรับใช้คำนวณปริมาตรของกองและกำหนดอัตราของสารรม
4. ตรวจสภาพของทาร์พอลินที่จะใช้ ถ้ามีรูรั่วหรือรอยฉีกขาดก็จะต้องซ่อมให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ดี
5. ตรวจสอบปริมาณสารรมที่จะใช้ตามที่คำนวณได้ อุปกรณ์ต่างๆ ต้องพร้อมที่จะใช้งานได้และมีปริมาณเพียงพอ

เครื่องมือที่ใช้ในการรม (tarpaulin fumigation)

1. ผ้าพลาสติก (tarpaulin)
2. ถุงทราย (sand snake)
3. อุปกรณ์การปล่อยก๊าซ
4. อุปกรณ์การตรวจความเข้มข้นของก๊าซ
5. หน้ากากป้องกันก๊าซพิษ
6. สารรม
7. ผ้าเทป สำหรับปิดรอยรั่ว

ขั้นตอนการรมยา

1. กองผลิตผล บนไม้รอง (pallets)
2. คลุมกองด้วยผ้าพลาสติก
3. ตรวจสอบรอยปะ และรูรั่วของผ้าพลาสติกด้วยความระมัดระวัง (ถ้ามี) ต้องซ่อมให้อยู่ในสภาพดี
4. ทับชายผ้าด้วยถุงทราย (sand snake) หรือวัสดุอื่นๆ ที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้ก๊าซรั่วไหลออกได้
5. ปล่อยก๊าซ

    5.1 การรมด้วยเมทธิลโบรไมด์

    ต้องปล่อยจากด้านบนด้วยวิธีการปล่อยเป็นแถวจุดระยะระหว่างแถวและจุดห่างกัน 3 เมตร แถวริมอยู่ห่างจากขอบกอง 1.5 เมตร หลังจากปล่อยก๊าซเสร็จแล้ว 30 นาที ให้ใช้ตะเกียงตรวจสอบก๊าซรั่วตรงที่ทับชายผ้าทาร์พอลินและรอยปะต่างๆ

    5.2 การรมด้วยฟอสฟีน

    นำ aluminium phosphide ใส่ถาดกระดาษนำไปวางไว้ตามจุดต่างๆ ของกอง ส่วนใหญ่ ควรวางไว้ในระดับล่าง จะวางไว้ในระดับกลางและระดับบนของกองบ้างก็ได้

    (หมายเหตุ : การรมด้วยฟอสฟีนจะทับชายผ้าทาร์พอลีนด้วยถุงทราย หลังจากวางสารรม)

6. ควรมีเชือกกั้นอาณาเขตของกองผลิตผลที่ทำการรมห่างจากกองโดยรอบ ประมาณ 5 เมตรหรือมากกว่า
7. ต้องปิดประกาศรูปหัวกะโหลกไขว้เตือนอันตราย ระบุชนิดของสารที่ใช้รม ระยะเวลา และวันที่ที่เริ่มต้น และสิ้นสุด เพื่อไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าใกล้บริเวณนั้น
8. ถ้าโรงเก็บนั้นยังเปิดและมีผู้ปฏิบัติงานอยู่ ควรมอบหมายให้มีผู้เฝ้าดูแลกองผลิตผลนั้นจนกว่าโรงเก็บจะปิด และปฏิบัติงานเฝ้าต่อไปอีก ถ้ามีการเปิดโรงเก็บเพื่อปฏิบัติงานครั้งต่อไป
9. ทิ้งกองรมยานั้นไว้จนครบกำหนดเวลาของการรมสารแต่ละชนิด

วิธีปฏิบัติเมื่อครบกำหนดการรม

อัตราของสารรม
เมทธิลโบรไมด์
ใช้อัตรา 2 ปอนด์ ต่อเนื้อที่ 1,000 ลูกบาศก์ฟุต (ประมาณ 30 ลูกบาศก์เมตร)
ในเวลา 24 ชม.
ฟอสฟิน
ใช้อัตรา 2-3 เม็ด (tablets) ต่อเมล็ดพืช 1 ตัน หรือ 1 - 2 เม็ด ต่อเนื้อที่ 1 ลูกบาศก์เมตร ในเวลา 5 - 7 วัน

การครบกำหนดการรม ในที่นี้หมายถึงครบกำหนด 24 ชม.ในการใช้ เมทิลโบรไมด์ หรือครบ 5-7 วัน ในการใช้ฟอสฟีน แต่การรมจะสิ้นสุดลงโดยสมบูรณ์นั้นหมายถึงเวลาที่สิ้นสุดการถ่ายเทก๊าซที่เหลือออกจากกองผลิตผลที่ทำการรมจนปลอดภัยสำหรับผู้ที่จะเข้าไปปฏิบัติกับกองผลิตผลนั้น ดังนั้นเมื่อครบกำหนดแล้วจะต้องปฏิบัติดังนี้

1. เอาถุงทราย หรือวัสดุทับชายผ้าออกจนหมด
2. ดึงชายผ้าพลาสติกด้านเหนือลม และลากทวนลมไปจนกว่าผ้าจะพ้นจากกองผลิตผลที่รมนั้น
3. ปล่อยให้ก๊าซถ่ายเทออกจากกองประมาณ 1-2 ชม.
4. ตรวจความเข้มข้นของก๊าซที่เหลือ
5. หากเป็นการรมด้วยฟอสฟีน ต้องนำเอาผงที่เหลือไปทิ้งโดยฝังดิน

คำแนะนำเกี่ยวกับความปลอดภัย

1. การปฏิบัติงานเพื่อปล่อยสารรม ตรวจสอบการรั่วไหลของก๊าซ หรือในขณะที่เอาผ้าออกจากกองที่รมผู้ปฏิบัติงานควรสวมหน้ากากป้องกันก๊าซพิษทุกคน
2. ถ้ามีผู้ประสบอุบัติเหตุจากก๊าซพิษ ขณะปฏิบัติงาน จนไม่สามารถช่วยตัวเองได้ ผู้ที่จะเข้าไปช่วยควรสวมหน้ากากป้องกันก๊าซพิษ

การบริหารและการจัดการแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

หลักการ	เป้าหมาย	การดำเนินการ
1. การรักษาความสะอาด	สุขลักษณะ	ตลอดเวลา
2. การลดความชื้น	การเก็บรักษาที่ดี	ก่อนนำเข้าเก็บรักษา
3. การพ่นสารฆ่าแมลง นอกโรงเก็บ	ป้องกันแมลงจากที่อื่นๆ	เป็นครั้งคราว
4. การพ่นสารฆ่าแมลง ในโรงเก็บ	กำจัดแมลงที่อยู่ในโรงเก็บ	เป็นครั้งคราว
5. การรมข้าวเปลือก	กำจัดแมลงที่อยู่ภายใน	ก่อนนำเข้าเก็บรักษาและเมื่อพบแมลง
6. การรมภาชนะที่ใช้ในการ	กำจัดแมลงที่หลบซ่อนอาศัย	เป็นครั้งคราว
7. การพ่นหมอกควันในโกดังว่าง & ในโรง เก็บผลิตผล	กำจัดผีเสื้อและแมลงที่หลบ	เมื่อพบแมลง เมื่อสามารถทำได้

ตารางที่ 1 สารฆ่าแมลงที่ไม่ให้ใช้กับผลิตผลเกษตร

สารฆ่าแมลง	ค่าความเป็นพิษ LD_{50} (mg/kg) oral
1. Carbofuran	5
2. Mevinphos	0.7
3. Parathion	3
4. Methyl parathion	9
5. Azinphos ethyl	15
6. Endrin	10
7. Aldrin	67
8. Triazophos	82
9. Dieldrin	87
10. Endosulfan	100
11. Propoxur	135
12. Dimethoate	245

ตารางที่ 2 สารฆ่าแมลงที่ให้ใช้ในการคลุกเมล็ด

ชื่อสามัญ	ชื่อการค้า
ใช้กับเมล็ดพันธุ์และเมล็ดที่ใช้บริโภค	
1. Pirimiphos methyl	Actellic
2. Chlorpyrifos methyl	Reldan
3. Methacrifos	Damfin
4. Cypermethrin	K-orthene
5. Deltamethrin	Ripcord
6. Fenitrothion	Sumithion
ใช้กับเมล็ดพันธุ์เท่านั้น	
1. Chlorpyrifos	Lorsban
2. Etrimphos	Satisfar
3. Phoxim	Baythion

คุณภาพข้าวทางกายภาพ

กัญญา เชื้อพันธุ์

ปัจจุบันการผลิตข้าวนอกจากจะคำนึงถึงผลผลิตแล้วยังต้องคำนึงถึงคุณภาพเมล็ดควบคู่กันด้วย คำว่า “คุณภาพข้าว” นั้นสามารถแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่

- คุณภาพการสี (milling quality)
- คุณภาพการหุงต้ม รับประทาน และการแปรรูป (cooking eating and processing quality)
- คุณภาพทางด้านโภชนาการ (nutritive quality)
- คุณภาพตามมาตรฐานซื้อขาย

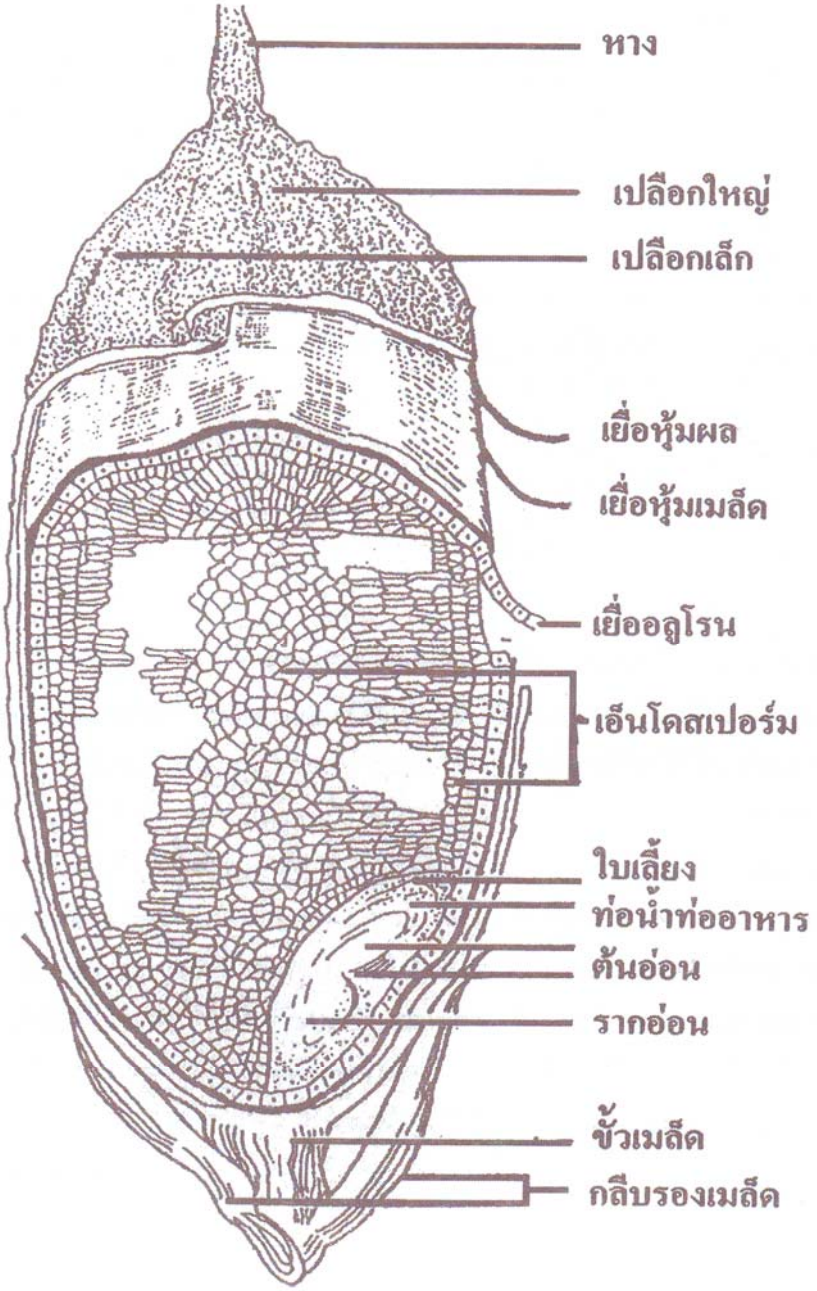
ในแต่ละประเภทของคุณภาพดังกล่าว มีความสำคัญแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุประสงค์ ตัวอย่างเช่น ในการสีข้าวต้องการข้าวที่มีคุณภาพการสีดีได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูงหรือในด้านคุณภาพการหุงต้ม รับประทาน และการแปรรูป ข้าวสุกที่ได้อาจมีลักษณะแตกต่างกัน ได้แก่ ข้าวสุกนุ่มและเหนียว ข้าวสุกไม่แข็ง และข้าวสุกร่วน เป็นต้น

คุณภาพข้าวถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ได้แก่ การเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา ดังนั้นในการพัฒนาพันธุ์ข้าวนอกจากจะคำนึงถึงผลผลิตสูงแล้ว ควรให้มีคุณภาพเมล็ดทั้งคุณภาพการสี และคุณภาพการหุงต้มและรับประทานดีร่วมด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแข่งขันทางด้านค้าขายในตลาดโลก คุณภาพข้าวจะเป็นตัวกำหนดระดับราคาข้าว ซึ่งการกำหนดมาตรฐานข้าว เพื่อการส่งออกของประเทศค้าข้าวทั้งหลายดังกล่าวแล้ว มักใช้คุณสมบัติเมล็ดทางกายภาพในการจำแนกเกรดของข้าวทุกชนิด เนื่องจากมีความชัดเจน และสามารถตรวจสอบได้รวดเร็ว มาตรการที่ใช้สำหรับประเมินราคาข้าวเปลือกและข้าวสารล้วนเป็นลักษณะที่มองเห็นหรือชั่ง ตวง วัด ได้ทั้งสิ้น รวมทั้งการตรวจสอบดูพื้นข้าวว่ามีเมล็ดยาวหรือสั้น สีแล้วหักมากหรือน้อย มีเมล็ดข้าวแดงปนหรือไม่ เป็นต้น

โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวเป็นผลชนิด caryopsis มีเยื่อหุ้มเมล็ด (testa) อยู่ติดกับผนังรังไข่ (ovary wall) เมล็ดข้าวประกอบด้วย

แกลบ (hull หรือ husk) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว ประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) หาง (awn) ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmae) เปลือกใหญ่จะปกคลุมอยู่ 2 ใน 3 ของเนื้อที่เมล็ด



โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เปลือกเล็กจะยึดแน่นอยู่ภายในส่วนของเปลือกใหญ่ด้วย โครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายตะขอ (hooklike structure) ดังนั้นเปลือกข้าวจึงปิดแน่น

ข้าวกล้อง (brown rice) เป็นส่วนที่ใช้บริโภคประกอบด้วยคัพภะ (embryo) และส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) ข้าวกล้อง ประกอบด้วย

ก. เยื่อหุ้มข้าวกล้อง (caryopsis coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ได้แก่ เยื่อชั้นนอก (pericarp) เยื้อหุ้มเมล็ด (seed coat) และเยื่อคั่น (nucellus)

ข. เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด (aleurone layer) อยู่ด้านในต่อจากเยื่อคั่น (nucellus) เป็นเนื้อเยื่อชนิดเดียวกับเนื้อเมล็ด (endosperm) เซลล์ของเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดประกอบด้วย โปรตีน และไขมัน

ค. ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสารจะอยู่ชั้นสุดของเมล็ด ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่ และมีโปรตีนอยู่บ้าง

ง. คัพภะ (embryo) เป็นส่วนที่อยู่ติดกับส่วนที่เป็นแป้งทางด้านท้องของเมล็ด (ventral side) คัพภะเป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไป ดังนั้นจึงประกอบด้วย ต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) และเยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) เป็นต้น

ลักษณะทางกายภาพของข้าว

จากโครงสร้างของเมล็ดข้าวดังกล่าวข้างต้น สามารถนำมาใช้ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวตามความหมายของคุณภาพเมล็ดทางกายภาพ ซึ่งหมายถึงคุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดที่สามารถมองเห็น หรือชั่งตวง วัดได้ เช่น น้ำหนักเมล็ด สีข้าวเปลือก สีข้าวกล้อง ขนาดและรูปร่างเมล็ด ลักษณะท้องไข่ ความใสขุ่นของข้าวสาร และความขาวของข้าวสาร เป็นต้น

น้ำหนักเมล็ด (grain weight)

น้ำหนักเมล็ดเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมโดยพันธุกรรม และจะแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม เช่น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย ความชื้น และสภาพภูมิอากาศ จากการตรวจสอบน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดของข้าวไทยพันธุ์ต่างๆ จำนวน 344 พันธุ์ พบว่ามีน้ำหนักแปรปรวนระหว่าง 1.62-4.17 กรัม ส่วนข้าวพันธุ์ดีที่รัฐบาลส่งเสริมจะมีน้ำหนัก 100 เมล็ด ระหว่าง 2.25-3.67 กรัม น้ำหนักเมล็ดสามารถประเมินได้ 2 รูปแบบ คือ

- น้ำหนักต่อปริมาตร ประเมินเป็น กรัมต่อลิตร หรือ กิโลกรัมต่อถัง
- น้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด ประเมินเป็น น้ำหนัก 100 เมล็ด หรือน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เป็นต้น

สีข้าวเปลือก (hull color)

สีข้าวเปลือกเป็นลักษณะประจำพันธุ์ ซึ่งมีส่วนในการตั้งชื่อพันธุ์ในอดีต เช่น ขาวพวง ขาวนางเนย เนื่องจากมีเปลือกสีฟางหรือสีขาว เหลืองหอม เหลืองข้างรั้ว เนื่องจากมีเปลือกสีน้ำตาลหรือสีเหลือง เป็นต้น เปลือกเมล็ดข้าวจะมีผลต่อสีของข้าวสารนึ่ง กล่าวคือ เมล็ดข้าวเปลือกที่มีสีเข้มข้าวสารนึ่งก็จะมีสีเข้มด้วย สีข้าวเปลือกที่พบจะมีสีขาว (white) ฟาง (straw) น้ำตาลอ่อนถึงเข้ม (light to

dark brown) ร่องน้ำตาล (brown furrow) กระน้ำตาล (brown spot) น้ำตาลแดง (raddish brown) ม่วง (purple) และดำ (black) เป็นต้น

สีข้าวกล้อง (pericarp color)

สีข้าวกล้องจะแสดงออกที่เยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) สำหรับส่วนที่เป็นแป้ง (endosperm)ของข้าวทุกชนิดจะมีสีขาวเสมอ ข้าวกล้องมีสีต่างๆ กัน เช่น ขาว แดง น้ำตาลเข้ม และม่วงถึงเกือบดำ สีข้าวกล้องมีผลต่อข้าวสารนึ่งเช่นเดียวกับสีของข้าวเปลือก นอกจากนี้ยังมีผลต่อคุณภาพการสี กล่าวคือ ข้าวกล้องที่มีสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดรำนานหรือใช้แรงกดมาก เพื่อให้ส่วนของรำที่เป็นสีเข้มหลุดออกทำให้เกิดข้าวหักมาก มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าวน้อย ไม่เป็นที่ต้องการของพ่อค้าโรงสี ดังนั้นสีของข้าวกล้องที่ต้องการคือข้าวกล้องที่มีสีอ่อน

ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension)

ขนาดรูปร่างเมล็ด ได้แก่ ความยาว (length) ความกว้าง (width) ความหนา (thickness) และรูปร่าง (shape) ของเมล็ด ขนาดรูปร่างเมล็ดของพันธุ์ข้าวเป็นลักษณะประจำพันธุ์ มีความแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์และสภาพพื้นที่ปลูก เช่น ข้าวพวก indica จะมีเมล็ดยาวรูปร่างเรียว พวก japonica มีเมล็ดสั้น รูปร่างป้อม เป็นต้น

ขนาดเมล็ด

จำแนกตามความยาวของเมล็ดได้ดังนี้ (IRRI, 1996)

ยาวมาก	ยาวกว่า 7.5 มม.
ยาว	6.6-7.5 มม.
ปานกลาง	5.5-6.6 มม.
สั้น	สั้นกว่า 5.5 มม.

รูปร่างเมล็ด

จำแนกโดยใช้สัดส่วนความยาว/ความกว้าง ได้ดังนี้

เรียว	มากกว่า 3.0
ปานกลาง	2.0-3.0
ป้อม	น้อยกว่า 2.0

ลักษณะท้องไข่ (chalkiness)

ลักษณะท้องไข่ในเมล็ดข้าว เกิดจากการจับตัวกันอย่างหลวมๆ ของเม็ดแป้ง (starch granule) กับโปรตีน (protein body) ในส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด (endosperm) มีลักษณะขุ่นขาว ข้าวท้องไข่มีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น ข้าวท้องปลาซิว ข้าวทองขาว หรือข้าวจ๊อกกี๋ เป็นต้น ลักษณะท้องไข่ในเมล็ดข้าวมี 3 ชนิด คือ

- white center หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดขึ้นตรงกลางของส่วนที่เป็นแป้งในเมล็ด(endosperm)
- white belly หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดขึ้นทางด้านข้างหรือด้านท้องของเมล็ดด้านเดียวกับคัพภะ (embryo)
- white back หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดทางด้านหลังของเมล็ด ด้านตรงข้ามกับคัพภะ

ข้าวไทยส่วนใหญ่เป็นท้องไข่น้อย ยกเว้นข้าวขึ้นน้ำ และมักเป็นชนิด white belly ส่วน white center และ white back มีน้อยหรือเกือบไม่มีเลย

ลักษณะท้องไข่ในเมล็ดข้าวไม่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน แต่เป็นลักษณะที่ไม่ต้องการในวงการค้าข้าว เพราะเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพและราคาข้าว เนื่องจากข้าวที่เป็นท้องไข่มาก เมื่อนำไปสีจะมีข้าวหัก ได้ข้าวเต็มเมล็ดต้นข้าวน้อย นอกจากนี้ข้าวที่เป็นท้องไข่มากยังไม่สามารถทำเป็นข้าวมาตรฐานสูงๆ เช่น ข้าว 100% หรือ 5% ได้ เนื่องจากมีข้อกำหนดว่าข้าวมาตรฐานสูงๆ นั้นยอมให้มีข้าวท้องไข่ปนได้ไม่เกินร้อยละ 3.0 หรือ 6.0 เป็นต้น

ความขาวของข้าวสาร (milled rice whiteness)

ข้าวที่ผ่านการขัดสีจนเป็นข้าวสารแล้วจะมีสีขาวเสมอ เพราะเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด ความขาวของข้าวสารจะแตกต่างกัน ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือก เป็นต้น ความขาวของข้าวสารซึ่งจำแนกโดยระดับการสีจะเป็นตัวกำหนดชั้นของข้าว เช่น ข้าว 100% จะต้องมีระดับการสีเป็นสีดีพิเศษ ซึ่งหมายถึง การสีเอาสิ่งต่างๆ ออกหมดไม่มีรำอยู่เลย จนข้าวมีลักษณะใสงามเป็นพิเศษ หรือข้าว 45% มีชั้นของการสีเป็นสีธรรมดา หมายถึงการสีที่ไม่เต็มที่ สีขาวปานกลาง ส่วนสีข้าวนึ่ง ซึ่งมีตั้งแต่น้ำตาลอ่อนถึงเข้มนั้น เกิดจากกรรมวิธีและวัตถุดิบที่ใช้

ความใสขุ่นของข้าวสาร (grain translucency)

ความใสขุ่นของข้าวสารเป็นคนละลักษณะกับท้องไข่ หมายถึง ความทึบแสงหรือความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้ในข้าวเจ้า ปัจจุบันยังไม่พบสาเหตุของความใสขุ่นของข้าวสาร แต่คาดว่าเนื่องจากทั้งพันธุ์ข้าวและสภาพพื้นที่ปลูก เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีเมล็ดใสกว่าข้าวที่ปลูกในภาคกลาง เป็นต้น

จากลักษณะทางกายภาพดังกล่าวข้างต้น สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาคุณภาพการสีของข้าวและคุณภาพการซื้อขายของข้าว ดังนี้

คุณภาพการสี (milling quality)

คุณภาพการสีของข้าวประเมินได้จากปริมาณข้าวเต็มเมล็ด (whole grain) และต้นข้าว (head rice) ข้าวที่มีคุณภาพการสีดี เป็นข้าวที่เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้วได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง มีปริมาณข้าวหัก (broken rice) น้อย ดังนั้น การประเมินคุณภาพการสีของข้าวจึงเกี่ยวข้องกับการแปรสภาพข้าวหรือการสีข้าว (rice milling) ซึ่งหมายถึง การทำให้เปลือก รำ และคัพภะออกจากเมล็ดข้าว การสีประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. **การทำความสะอาด (cleaning)** เพื่อกำจัดระแง้ ใบข้าว เมล็ดลีบ เมล็ดวัชพืช และสิ่งเจือปนอื่นๆ ออกจากข้าวเปลือก
2. **การกะเทาะ (shelling หรือ hulling)** เป็นการทำให้เปลือกข้าวหลุดออกจากเมล็ด สิ่งที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ แกลบ และข้าวกล้อง
3. **การขัดขาว (whitening)** เพื่อทำให้รำหลุดจากเมล็ดข้าวกล้อง สิ่งที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ รำ และข้าวสาร
4. **การคัดแยก (grading)** เพื่อแยกข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว และข้าวหัก ขนาดต่างๆ ออกจากกัน

จากขั้นตอนการสีข้าวดังกล่าว สิ่งที่ได้จากการสีข้าว ได้แก่

1. **แกลบ (hull หรือ husk)** เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว เป็นส่วนผสมของเปลือกเมล็ด กลีบเลี้ยง ฟาง และขั้วเมล็ด ประมาณ 20-24% ของข้าวเปลือก องค์ประกอบส่วนใหญ่ของแกลบได้แก่ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ประมาณ 68% ลิกนิน 19.2-24.5% เถ้า 13.2-29.0% (ประกอบ ด้วยซิลิก้า 86.9-97.3%)
2. **รำ (bran)** เป็นส่วนผสมของเยื่อหุ้มผล (pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen) เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด (aleurone layer) คัพภะ (embryo) และผิวนอกๆ ของข้าวสาร ประมาณ 8-10% ของข้าวเปลือก รำมีคุณค่า ทางอาหารสูง เพราะมีสารที่เป็นประโยชน์มาก เช่น โปรตีน 10.6-13.4% ไขมัน 10.1-22.4% ไนโตรเจน อิสระ 38.7-44.3% และ วิตามินบี 0.544%
3. **ข้าวสาร (milled rice)** ประมาณ 68-70% ของข้าวเปลือก ประกอบด้วยแป้งประมาณ 90% มีโปรตีนบ้างเล็กน้อย ข้าวสารที่ได้จากการขัดขาวจะถูกนำไปคัดแยกเป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว และข้าวหัก ในปริมาณมาก-น้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณภาพข้าวเปลือกก่อนสีหากข้าวเปลือกมีคุณภาพดี ก็จะให้ข้าวเต็ม เมล็ดและต้นข้าวสูง ข้าวหักน้อย เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพการสี

คุณภาพการสีของข้าวจะแปรปรวนมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะของพันธุ์ สภาพแวดล้อม และการดูแลรักษาทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ดังนี้

1. **พันธุ์** (rice variety) คุณภาพการสีของข้าวอาจแปรปรวนได้ตามลักษณะต่างๆ ของพันธุ์ข้าว เช่น พันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดยาวมาก มีท้องไข่มาก จะให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดต้นข้าวต่ำ หรือพันธุ์ข้าวที่มี เปลือกสีอ่อน เปลือกบาง เมื่อนำไปสีจะให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดต้นข้าวสูง เป็นต้น
2. **การปฏิบัติดูแลก่อนเก็บเกี่ยว** ควรระบายน้ำออกจากแปลงนาก่อนเก็บเกี่ยว 7-10 วัน เพื่อให้เมล็ดข้าวสุกอย่างสม่ำเสมอ พื้นนาไม่แฉะขณะเก็บเกี่ยวทำให้การเก็บเกี่ยว และการตากสะดวก ได้ข้าวแห้ง สม่ำเสมอ เมื่อนำไปสีจะได้ปริมาณ ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง
3. **ระยะเวลาและวิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม** การเก็บเกี่ยวข้าวเร็วหรือช้าเกินไปจะทำให้ข้าวมีปริมาณและคุณภาพการสีต่ำ กล่าวคือ ข้าวที่เก็บเกี่ยวในขณะที่เมล็ดยังเขียวการสร้างแป้งยัง ไม่แน่นเต็ม เมล็ด เมื่อตากแห้งแล้วนำไปสี ข้าวเมล็ดเขียวหรือเมล็ดอ่อนเหล่านี้จะหักปนไป รวมอยู่กับส่วนรำ แกลบ และข้าวหัก ทำให้ได้เนื้อของข้าวสาร ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวน้อย ในทำนองเดียวกัน หลังจากเมล็ดแก่และแห้งแล้ว หากปล่อยทิ้งไว้ในนาเมล็ดจะถูกแดดในตอนกลางวัน และได้รับสภาพชื้นจากน้ำค้างในตอนกลางคืนสลับกันเป็นเวลานานๆ ทำให้เกิดรอยร้าวขึ้นในเมล็ด เมื่อนำไปสีข้าวจะหักมากได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้น ข้าวน้อย

การเก็บเกี่ยวข้าวควรกระทำหลังจากข้าวออกดอกแล้วประมาณ 30-35 วัน ขณะที่เมล็ดมีความชื้นประมาณ 22-26% ลักษณะรวงข้าวจะโน้มลง เมล็ดในรวงมีสีฟางหรือเหลือง

โคนรวงอาจมีเมล็ดเขียวบ้างเล็กน้อย ระยะเวลาดังกล่าวนี้ เมล็ดจะสุกแก่พอเหมาะการเก็บเกี่ยวในระยะนี้ จะได้น้ำหนักเมล็ดสูง ข้าวปริมาณมากและมีคุณภาพการสีดี

ส่วนวิธีการเก็บเกี่ยวนั้นทำได้หลายวิธี เช่น เกี่ยวด้วยมือโดยใช้เคียวหรือแกระ ซึ่งไม่ค่อยมีผลกระทบ ต่อคุณภาพการสี หรือเกี่ยวด้วยเครื่องจักร เป็นต้น

4. **การตากข้าว** เป็นการลดความชื้นในเมล็ดอยู่ในระดับที่เหมาะสม เมื่อนำไปสีจะทำให้ข้าวมีคุณภาพการสีสูงและเก็บรักษาไว้ได้นาน เสื่อมคุณภาพช้า การตากข้าวกระทำได้ทั้งก่อนและหลังการนวด แต่ควรคำนึงถึงคุณภาพของข้าวที่ตาก คือ ต้องทำให้ข้าวแห้งอย่างสม่ำเสมอ ความชื้นในเมล็ด 12-14% สะอาด ไม่มีสิ่งเจือปน แต่ไม่ควรตากนานเกินไป
5. **การนวดข้าว** เป็นการทำให้เมล็ดข้าวหลุดจากรวง ในแต่ละท้องถิ่นมีวิธีการปฏิบัติแตกต่างกัน เช่น นวดโดยการฟาด ใช้สัตว์ย่ำ นวดโดยรถไถ และนวดด้วยเครื่องจักรเป็นต้น การนวดนี้อาจทำให้เกิดรอยร้าวในเมล็ดข้าวซึ่งมีผลต่อคุณภาพการสี ข้าวหักมากขึ้น
6. **การเก็บรักษา** เป็นขั้นตอนการปฏิบัติหลังจากเก็บเกี่ยว นวด และ ตาก เกษตรกรจะเก็บรักษาข้าวไว้เพื่อรอให้ราคาดีจึงจะขาย หรือเก็บไว้บริโภค การเสื่อมคุณภาพในระยะนี้สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการทำลายของเชื้อรา การเกิดข้าวเมล็ดเหลืองหรือเมล็ดเสีย ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพการสีทำให้ได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวน้อยลง
7. **กระบวนการขัดสี** ขั้นตอนสำคัญในการสีข้าวที่มีผลต่อคุณภาพการสี คือ การกะเทาะเปลือกและการขัดขาว ใน 2 ขั้นตอนนี้ ข้าวจะหักมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ
   7.1 การตั้งระยะห่างระหว่างลูกยางหรือหินกากเพชรในเครื่องกะเทาะ และระหว่างหินกากเพชร กับแท่นยางหรือแท่งเหล็กในเครื่องขัดขาว ถ้าตั้งชิดเกินไปจะทำให้ข้าวหักมากขึ้น
   7.2 อัตราการหมุนของลูกยางหรือหินกากเพชร ถ้าหมุนเร็วมากข้าวจะหักมาก
   7.3 อัตราการไหลของข้าวสู่เครื่องกะเทาะ หรือเครื่องขัด ถ้าสูงข้าวจะหักมาก
   7.4 ระยะเวลาในการขัดสี ถ้าขัดนานข้าวจะหักมาก

อย่างไรก็ตาม คุณภาพการสีของข้าวยังขึ้นกับจำนวนหน่วยขัดสีด้วยหากมีหลายหน่วยและแต่ละหน่วยขัดเบาๆ จะทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น

คุณภาพในการซื้อขาย

การประเมินคุณภาพข้าวในการซื้อขายนั้น สิ่งที่กำหนดราคาข้าว ได้แก่

1. **ความชื้น** มีบทบาทสำคัญในการกำหนดราคาข้าว ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม และนำมาลดความชื้นเหลือ ปริมาณ 13-15% จะมีราคาสูงกว่าข้าวที่มีความชื้นสูง เนื่องจากข้าวแห้งที่มีความชื้นเหมาะสม สามารถทำการสีได้ทันทีโดยไม่ต้องนำมาลดความชื้นอีก แต่หากรับซื้อข้าวที่มีความชื้นสูง

จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลดความชื้น ดังนั้นหากข้าวมีความชื้นเกินกว่าที่กำหนดจะถูกตัดราคา

2. **ลักษณะทางกายภาพของข้าว** โดยการกะเทาะและขัดสี เพื่อประเมินสีข้าวกล้อง ท้องไข่ ความใสขุ่น

ของเมล็ด และสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น ข้าวแดง ข้าวเหลือง ข้าวเสีย หรือข้าวชนิดอื่นปน เป็นต้น ซึ่งลักษณะเหล่านี้ในปริมาณต่างๆ จะเป็นตัวกำหนดราคาข้าว

3. **คุณภาพการสี** เพื่อประเมินผลของการแปรสภาพจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร ปริมาณข้าวรวม ข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักขนาดต่างๆ และปลายข้าว ซึ่งผลได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อจะเป็นค่าที่โรงสีใช้ประเมินผลได้จากการแปรสภาพในโรงสีจริง โดยทั่วไปโรงสีจะตั้งเกณฑ์ขั้นต่ำของผลได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อ หากข้าวที่เกษตรกรนำมาจำหน่ายมีผลได้จากการขัดสีต่ำกว่าเกณฑ์จะถูกตัดราคา
4. **ประเภทของข้าว** ข้าวคุณภาพดี ตามความต้องการของตลาดและเป็นที่นิยมของผู้บริโภค มักมีราคาดีกว่าข้าวคุณภาพต่ำจากปัจจัยต่างๆ ที่กำหนดราคาข้าว ดังกล่าวแล้ว ในการซื้อขายยังมีการแบ่งชนิดของข้าวเป็นชั้นต่างๆ เช่น ข้าว 100% ข้าว 5% ข้าว 10% เป็นต้น ซึ่งข้าวในแต่ละชั้นนั้นจะมีมาตรฐานข้าวเป็นตัวกำหนดระดับชั้นดังกล่าว (ดูรายละเอียดในมาตรฐานข้าวไทย)

บรรณานุกรม

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2540. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ สำนักงานเลขานุการกรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 58 หน้า.

De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. A Wiley-Interscience Publication. pp. 146-172

IRRI. 1996. Standard Evaluation System for Rice. 4 th ed. International Rice Research Institute, P.O. Box 933, Manila, Philippines. 52 p.

Webb, B.D. 1980. Rice Quality and Grades pp. 543-565. In Rice : Production and Utilization. B.S. Luh (Editor). AVI Publishing Company. Inc. Westpart, USA.

ลักษณะทางกายภาพของข้าวพันธุ์ดี

พันธุ์ขาวดอกมะลิ105

พันธุ์กข15

พันธุ์ปทุมธานี1

ลักษณะทางกายภาพของข้าวพันธุ์ดี

พันธุ์ชัยนาท1

พันธุ์กข23

พันธุ์หอมสุพรรณบุรี

คุณภาพข้าวสวย

งามชื่น คงเสรี

ตามมาตรฐานการส่งออกข้าวของกระทรวงพาณิชย์ กำหนดเฉพาะลักษณะทางกายภาพ เช่น ปริมาณข้าวที่มีขนาดเมล็ดต่างๆ ขนาดข้าวหัก ปริมาณเมล็ดชนิดอื่นปน ความสะอาดที่จำกัดด้วยปริมาณสิ่งเจือปน ความชื้น และระดับการสี ซึ่งตรวจสอบได้ง่าย ข้าวคุณภาพดี (ข้าวขาว 100% และ 5%) ต้องมีส่วนผสมของข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 (> 7.0 มม.) จำนวนมาก (1 และ 10) ด้วยเหตุนี้ การปรับปรุงพันธุ์ข้าวใหม่ๆ จึงเน้นพันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดมาตรฐานดี คือ มีความยาวเฉลี่ยมากกว่า 7.0 มม. ดังนั้น ข้าวสารที่จำหน่ายในท้องตลาดจึงมีลักษณะเมล็ดเรียวยาวคล้ายๆ กัน ไม่ว่าจะเป็นข้าวประเภทใด แต่เมื่อนำไปหุงต้มอาจมีคุณภาพข้าวสุกแตกต่างกัน เช่น เป็นข้าวนุ่มเหนียว (ข้าวหอมมะลิ) ข้าวอ่อนหรือข้าวขาวตาแห้งและข้าวแข็งหรือข้าวเสาไห้ ทั้งนี้ เนื่องจากเมล็ดข้าวมีคุณสมบัติของแป้งแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดปัญหาการปนกันระหว่างข้าวต่างพันธุ์หรือต่างชนิดของคุณภาพข้าวสุก การปนกันของข้าวต่างคุณภาพในอัตราส่วนไม่แน่นอนย่อมก่อความยุ่งยากแก่ผู้บริโภคที่มีความนิยมข้าวสวยคุณภาพต่างกัน ดังเช่นข้าวไทยที่รู้จักกันทั่วไปว่า “ข้าวหอมมะลิ” ซึ่งผู้ซื้อคาดหวังที่จะได้ข้าวที่มีข้าวสุกนุ่มเหนียว และกลิ่นหอม การปนกับข้าวประเภทอื่นนอกจากทำให้คุณภาพข้าวสวยเปลี่ยนไปยังมีผลให้กลิ่นหอมลดน้อยลงอีกด้วย ปัญหาเหล่านี้ย่อมไม่เป็นที่พึงปรารถนาของผู้ซื้อ

การที่ข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณภาพข้าวสวยแตกต่างกัน เนื่องจากในส่วนของเอนโดสเปิร์ม (Endosperm) ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณ 84 - 93% โดยน้ำหนักแห้ง และมีโปรตีน ประมาณ 5 - 14% ในส่วนของแป้งข้าวยังสามารถแยกออกเป็นแป้ง 2 ชนิด (2 และ 21) คือ

1. **อมิโลเปคติน (Amylopectin)** เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลของกลูโคส (Glucose) จำนวนมาก และมีโครงสร้างเชื่อมต่อกันแบบแยกเป็นกิ่งก้านสาขา (Branched chain) อมิโลเปคตินเมื่อย้อมสี ด้วยสารละลายไอโอดีนจะเป็นสีน้ำตาลแดง (Red brown) เมื่อทำให้สุก (Gelatinized) ในน้ำเดือดจะค่อนข้างคงสภาพเดิมได้นาน และเป็นส่วนที่ทำให้ข้าวสุกเหนียวติดกัน (2 และ 21)
2. **อมิโลส (Amylose)** เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของกลูโคสจำนวนมากเช่นกัน แต่มีโครงสร้างต่อกันเป็นแนวยาว (Linear chain) เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะมีสีน้ำเงิน เมื่อทำให้สุกในน้ำเดือดและทำให้เย็นจะเกิดการคืนตัวเป็นของแข็ง (Retrogradation) ขึ้น ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำลดลง และมีผลให้ข้าวสุกร่วนและแข็งกระด้างมากขึ้น (2 และ 21) ในแป้งข้าวจะมีอมิโลสเป็นส่วนรอง โดยอยู่ปะปนกับอมิโลเปคติน

คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว

คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว (Cooking and eating quality) เป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อ ทั้งนี้เพราะความชอบของแต่ละคนแตกต่างกัน เช่น บางคนชอบข้าวแข็งร่วนหุงขึ้นหม้อ บางคนชอบข้าวนุ่มเหนียว คุณภาพการหุงต้มและรับประทานนี้สามารถคาดคะเนโดยคุณสมบัติเมล็ดทางเคมี (Grain chemical properties) ปัจจัยที่ทำให้ข้าวพันธุ์ต่างๆ มีคุณภาพของข้าวสุกแตกต่างกัน ขึ้นกับองค์ประกอบ (2 และ 21) ดังนี้

1. ปริมาณอมิโลส (Apparent amylose content) แม้ว่าแป้งข้าวจะมีอมิโลเปคติน ปริมาณมากกว่าอมิโลส แต่โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยถืออมิโลสเป็นหลัก ทั้งนี้เมื่อเอ่ยถึงเปอร์เซ็นต์อมิโลส มักมีความหมายว่าส่วนที่เหลือของแป้งเป็นอมิโลเปคติน อัตราส่วนของอมิโลสและอมิโลเปคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น แป้งข้าวเหนียวมีแต่อมิโลเปคตินหรือมีอมิโลสปนอยู่เพียงเล็กน้อย ในแป้งข้าวเจ้า จะมีอมิโลสปนอยู่ประมาณ 10-34% ปริมาณอมิโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการคืนตัวของอมิโลสที่สุกแล้ว (Retrogradation) ได้มีการจัดแบ่งประ เภทข้าวตามปริมาณอมิโลส ดังในตารางที่ 1 ข้าวที่มีอมิโลสสูงจะดูดน้ำได้มากในระหว่างการหุงต้ม ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มจึงมีส่วนกระทบกระเทือนคุณภาพข้าวสุก เช่น ข้าวอมิโลสต่ำต้อง การน้ำน้อย หากใส่น้ำมากเกินไปจะได้ข้าวสุกแฉะเละ แต่สำหรับข้าวอมิโลสสูงหากใส่น้ำปริมาณ เท่ากับการหุงต้มข้าวอมิโลสต่ำจะได้ข้าวสวยที่แข็งกระด้างมาก เนื่องจากการหุงต้มข้าวอมิโลสสูงต้องการน้ำมาก และเมื่อสุกแล้วจะได้ข้าวสวยร่วนฟูไม่เหนียวติดกัน จึงทำให้ข้าวสุกขยายปริมาตรมากหรือข้าวขึ้นหม้อดีกว่าข้าวอมิโลสต่ำ ในขณะที่ข้าวอมิโลสต่ำข้าวสวยมีลักษณะเหนียว เกาะติดกัน เป็นก้อนจึงไม่ขึ้นหม้อ ดังภาพที่ 1 และ 2 ในการวิเคราะห์หาปริมาณอมิโลส สามารถตรวจวิเคราะห์จากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแป้งที่ละลายในสารละลายโดยปรับสภาพความเป็นกรด – ด่างพอเหมาะ อมิโลสเมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีนจะได้สารละลายสีน้ำเงินซึ่งสามารถหาปริมาณอมิโลสในแป้งได้โดยการวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่นแสง 610-620 นาโนมิเตอร์ (Nanometer: nm) และเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน แป้งข้าวที่มีปริมาณอมิโลสระดับต่างๆ

สีของสารละลายจะแตกต่างกันดังภาพที่ 3 (21 และ 22) การย้อมสีเมล็ดข้าวสารกับสารละลายไอโอดีนโดยตรง เป็นวิธีการที่จะแยกข้าวเจ้าและข้าวเหนียวได้ โดยแป้งข้าวเหนียวจะย้อมได้สีน้ำตาลแดง ส่วนแป้งข้าวเจ้าเป็นสีน้ำเงินเข้ม

ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอมิโลสในข้าวขาว (12)

ประเภทข้าว	ปริมาณอมิโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0 - 2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
- ข้าวอมิโลสต่ำ	10 - 19	เหนียว- นุ่ม
- ข้าวอมิโลสปานกลาง	20 - 25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
- ข้าวอมิโลสสูง	26 - 34	ร่วน แข็ง

2. ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) แม้ปริมาณอมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุก แต่ในระหว่างข้าวที่มีอมิโลสเท่ากัน อาจมีความแข็งของข้าวสุกแตกต่างกัน ทั้งนี้ เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน (16) การทดสอบความแข็งของแป้งสุกสามารถทดสอบจากการอ่านระยะทางแป้งไหลไป แบ่งข้าวตามค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 4 ในการพิจารณาคุณภาพข้าวเจ้าโดยใช้ความคงตัวแป้งสุกนั้น จะต้องพิจารณาบนพื้นฐานของข้าวที่มีปริมาณอมิโลสอยู่ในประเภทเดียวกัน ดังนั้น หากมีข้าว 2 พันธุ์มีปริมาณอมิโลสสูงใกล้เคียงกัน ข้าวที่มีค่าความคงตัวของแป้งสุกอ่อน เมื่อหุงเป็นข้าวสวยจะได้ข้าวที่แข็งกระด้างน้อยกว่าข้าวที่มีค่าความคงตัวแป้งสุกแข็ง

ตารางที่ 2 การแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามความคงตัวแป้งสุก (17)

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

3. ระยะเวลาในการหุงต้ม (Cooking time) การต้มเมล็ดข้าวให้สุกอาจใช้เวลา 14 - 24 นาที หรือมากกว่านั้น (2) เมล็ดข้าวสุกต้องไม่มีไตของแป้งดิบภายในเมล็ด ระยะเวลานี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature) การวิเคราะห์หาอุณหภูมิแป้งสุก อาจใช้วิธีหาอุณหภูมิที่ทำให้เม็ดแป้งสูญเสีย Birefringence โดยมองผ่านกล้องจุลทัศน์ที่มีอุปกรณ์จัดระเบียบของแสงให้เป็น Polarized light บดแป้งพร้อมน้ำในโกร่งบดยา (Mortar) จนเป็นผงละเอียด หยดน้ำแป้งที่ได้ลงบนแผ่นสไลด์และปิดด้านบนด้วย Glass slide วางแผ่นสไลด์บน Heating stage ที่สามารถอ่านอุณหภูมิได้ เมื่อมองเม็ดแป้งดิบผ่านกล้องจุลทัศน์จะเห็นเม็ดแป้งแต่ละเม็ดมีลักษณะเรืองแสงของ Birefringence อยู่ท่ามกลางพื้นมืดดำ เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นพร้อมกับสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ Birefringence ที่ค่อยๆ ลดน้อยลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งแสดงว่า เม็ดแป้งที่สูญเสีย Birefringence เหล่านั้นสุกหรือ Gelatinized แล้ว สังเกตต่อไปจนกว่า 90% ของเม็ดแป้งสูญเสีย Birefringence จึงอ่านอุณหภูมิ อุณหภูมิที่อ่านได้นี้ คือ Final birefringence end point temperature (20) หรือ อุณหภูมิแป้งสุก ค่าอุณหภูมิแป้งสุกสามารถประมาณได้จากค่าความหนืด (viscosity) ของน้ำแป้งเข้มข้น 10% ที่เพิ่มขึ้น โดยใช้ Brabender Visco/ Amylograph จากระดับอุณหภูมิที่น้ำแป้งเริ่มมีความหนืดสูงขึ้น และลบออก 3°ซ (18) หรือ จากน้ำแป้งเข้มข้น 20% และอ่านอุณหภูมิที่ระดับความหนืดสูงขึ้นเป็น 20 BU (22) หรือจากค่าการสลายเมล็ดข้าวสารในด่าง (Alkali test) โดยแช่เมล็ดข้าวสารในสารละลาย KOH 1.7% นาน 23 ชั่วโมง และใช้ค่าการสลายของเมล็ดที่ปรากฏมาประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสุกได้ (24 และ 25) ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 5 แม้ว่าระยะเวลาหุงต้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุกดังกล่าวข้างต้น แต่ความหนาของเมล็ดข้าวทำให้ต้องยืดเวลาหุงต้มออกไปอีก เช่น ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกเท่ากัน ข้าวที่มีเมล็ดหนาจะต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวเมล็ดบาง ในทำนองเดียวกัน โปรตีนซึ่งมีมากตามบริเวณผิวนอกของเมล็ดอาจเป็นอุปสรรคในการซึมผ่านของน้ำ และทำให้เวลาหุงต้มนานออกไปอีก (6)

ตารางที่ 3 การแบ่งชนิดข้าวตามอุณหภูมิแป้งสุกและการประเมินด้วยค่าการสลายเมล็ดในด่าง ที่สัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้มข้าวสุก (2 และ 12)

อุณหภูมิแป้งสุก (°ซ)	ระดับ	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง	ระยะเวลาหุงต้ม (นาที)
ต่ำกว่า 69	ต่ำ	6 - 7	12 - 17
70 - 74	ปานกลาง	4 - 5	17 - 24
มากกว่า 75	สูง	1 - 3	> 24

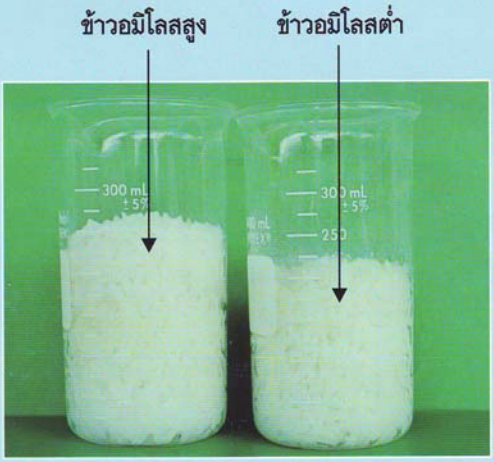
ข้าวเจ้าของไทยแม้มีขนาดและรูปร่างเมล็ดใกล้เคียงกัน คือ เป็นข้าวเมล็ดยาวและรูปร่างเรียวหรือรี แต่เมื่อหุงต้มสุกเป็นข้าวสวยจะได้ข้าวที่มีความนุ่มและเหนียวต่างกัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณอมิโลสในแป้งของเมล็ดข้าว ข้าวเจ้าพันธุ์ดีที่รัฐบาลส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นพันธุ์ที่รวบรวมจากเกษตรกรและนำมาคัดเลือกจนได้พันธุ์ดี หรือพันธุ์ที่ทางราชการพัฒนาขึ้นในภายหลัง สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามคุณภาพข้าวสุก คือ กลุ่มข้าวนุ่มเหนียว (อมิโลสต่ำ) กลุ่มข้าวขาวตาแห้ง (อมิโลสปานกลาง) และกลุ่มข้าวเสาไห้ (อมิโลสสูง) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพข้าวสุก (6)

พันธุ์ข้าว	เมล็ดยาว (มม.)	อมิโลส (%)	อุณหภูมิแป้งสุก	ความคงตัวแป้งสุก
ข้าวสุกนุ่ม และเหนียว				
ขาวดอกมะลิ 105*	7.2-7.6	13-18	ต่ำ	อ่อน
กข15*	7.5	14-17	ต่ำ	อ่อน
กข21	7.3	17-19	ต่ำ	อ่อน
ปทุมธานี1*	7.3-7.8	14-18	ต่ำ	อ่อน
ข้าวสุกอ่อน (ขาวตาแห้ง)				
ขาวปากหม้อ	7.7	24-26	ปานกลาง	อ่อน
ขาวตาแห้ง 17	7.5	24-28	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
กข7	7.2	24-28	ปานกลาง	อ่อน
กข23	7.3	22-26	ปานกลาง	อ่อน
สุพรรณบุรี 60	7.5	20-26	ต่ำ	ปานกลาง
ข้าวสุกร่วนแข็ง (เสาไห้หรือข้าวเคี่ยว)				
เหลืองใหญ่ 148	7.3	30-31	ต่ำ	อ่อน-ปานกลาง
น้ำสะกุย 19	7.6	30-31	ต่ำ	อ่อน-ปานกลาง
เหลืองประทิว 123	7.4	28-32	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน-แข็ง
เล็บมือนาง 111	7.6	29-32	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง-อ่อน
ปิ่นแก้ว 56	7.5	29-31	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง
กข11	7.6	29-32	ต่ำ	แข็ง
กข13	6.9	30-33	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
ปทุมธานี 60*	7.5	27-32	ต่ำ	แข็ง
ชัยนาท 1	7.4	27-30	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง
สุพรรณบุรี 90	7.4	27-30	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง
สุพรรณบุรี 1	7.3	29	ปานกลาง	อ่อน

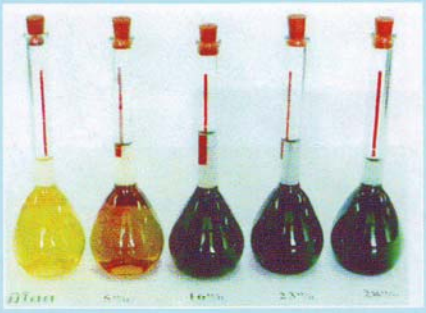
* มีกลิ่นหอม

ภาพที่ 1 ลักษณะเมล็ดข้าวขาวและข้าวสวยที่หุงต้มจากข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่างกัน (2)



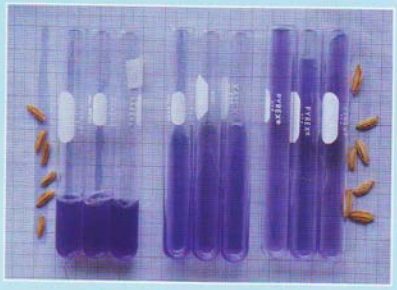
อัตราส่วนข้าว : น้ำ โดยน้ำหนัก 1:2.3 1:1.7

ภาพที่ 2 ข้าวขาวที่มีอมิโลสสูงเมื่อหุงเป็นข้าวสวยจะมีการขยายปริมาตรมากกว่าข้าวอมิโลสต่ำ (2)



อมิโลส Blank ข้าวเหนียว ต่ำ ปานกลาง สูง

ภาพที่ 3 สีของสารละลายของแป้งข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่างกันเมื่อทำปฏิกริยากับสารไอโอดีน

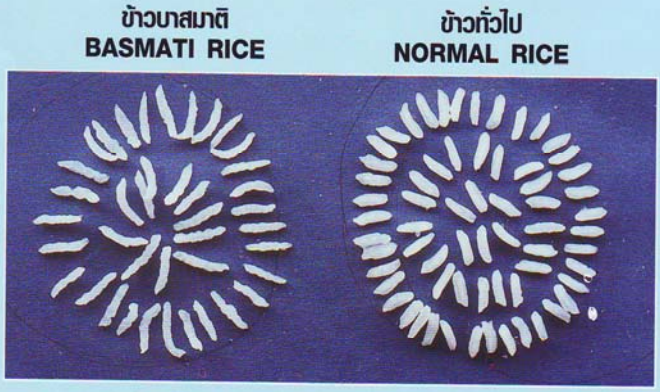


แป้งสุกชนิด แข็ง ปานกลาง อ่อน

ภาพที่ 4 การจำแนกประเภทข้าวเจ้าตามค่าความคงตัวแป้งสุกของข้าว

อุณหภูมิแป้งสุก	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
แป้งต้มสุกที่	> 74 °ซ	70-74 °ซ	< 70 °ซ

ภาพที่ 5 การแบ่งประเภทข้าวขาวตามอุณหภูมิแป้งสุกจากค่าการสลายเมล็ดในด่าง (24 และ 25)

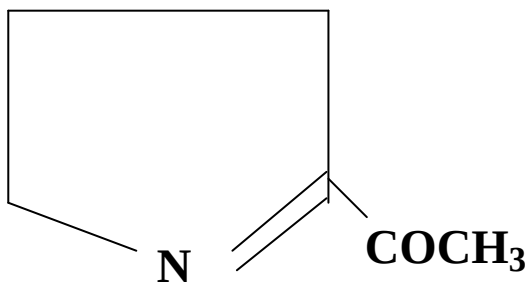


ภาพที่ 6 เปรียบเทียบอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกของข้าวทั่วไปและข้าวบาสมาติ

4. วิธีการหุงต้ม นอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดดังกล่าวข้างต้นแล้ว วิธีการหุงต้มยังมีส่วนทำให้คุณภาพข้าวสุกต่างกันได้อีกด้วย เช่น การหุงต้มข้าวอมิโลสสูงหากใส่น้ำน้อยจะแข็งกระด้างมาก แต่เมื่อใส่น้ำมากจะช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้นและทำให้การขยายปริมาตรมากขึ้นด้วย การหุงข้าวโดยรินน้ำทิ้ง (เช็ดน้ำ) เป็นการทำให้เมล็ดข้าวมีโอกาสดูดน้ำได้มาก และทำให้ข้าวแข็งกระด้างน้อยลง เพราะระหว่างดงข้าวหรือทิ้งข้าวให้ระอุบนเตาไฟเต็มที่ เพื่อไล่ความชื้นที่มีมากเกินไป ข้าวยังคงได้รับความร้อนสูง ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดสุกได้ หากการรินน้ำกระทำเมื่อข้าวค่อนข้างสุกก็อาจทำให้ข้าวแฉะได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวอมิโลสต่ำ (ข้าวหอมมะลิ หรือข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105) จะมีโอกาสแฉะได้ง่าย ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ข้าวเจ้าอมิโลสต่ำจึงควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ในทำนองเดียวกัน ข้าวเหนียวซึ่งมีอมิโลสน้อยมากหรือไม่มีเลยก็ควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำเช่นกัน (23) ข้าวพันธุ์ดีที่รัฐบาลส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกในปัจจุบัน จะมีคุณภาพแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4 อย่างไรก็ตาม ก็ยังคงจัดอยู่ในข้าวเจ้า 3 กลุ่ม ตามปริมาณอมิโลส หรือเรียกกันทั่วไปว่า ข้าวสุกนุ่มเหนียว ข้าวสุกอ่อน ข้าวสุกร่วนแข็ง (ขึ้นหม้อ) (3)

5. การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation ratio during cooking) ในระหว่างหุงต้ม เมล็ดข้าวมีการขยายตัวทุกด้าน โดยเฉพาะด้านยาว คุณลักษณะนี้เป็นคุณภาพพิเศษของข้าวบางพันธุ์ ซึ่งจะช่วยเสริมให้เมล็ดข้าวสุกขยายขนาดเพิ่มขึ้น และหากเมล็ดข้าวสุกเป็นข้าวที่ไม่เหนียวติดกัน การขยายขนาดเมล็ดข้าวสุกจะช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น เพราะการขยายตัวทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นไม่อัดกันแน่น ด้วยเหตุนี้ ข้าวพันธุ์ Basmati 370 ซึ่งเป็นข้าวอมิโลสปานกลางมีการยืดตัวดีมาก (ภาพที่ 6) จึงเป็นที่นิยมในตลาดตะวันออกกลาง (2)

6. กลิ่นหอม (Aroma) ข้าวทั่วไปอาจมีสารระเหยหลายชนิด เคยมีผู้ทำการวิเคราะห์ไอที่ได้จากการหุงข้าว Koshihikari ของญี่ปุ่น พบว่ามีสารอยู่กว่าร้อยชนิด ซึ่งประกอบด้วยสาร hydrocarbon 13 ชนิด alcohol 13 ชนิด aldehyde 16 ชนิด ketone 14 ชนิด กรด 14 ชนิด ester 8 ชนิด phenol 5 ชนิด pyridine 3 ชนิด pyrazine 6 ชนิด ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีกลิ่นแตกต่างกัน เช่น สาร 2 - acetylthiazole และ benzothiasole มีกลิ่นรำ สำหรับข้าวหอมมีสาร 2 - acetyl - 1 - pyrroline มากกว่าข้าวทั่วไป สาร 2 - acetyl - 1 – pyrroline นี้มีสูตรครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 7 (14 และ 15) ในข้าวสารหอมหนึ่งกรัมอาจมีสารนี้ ประมาณ 0.04 ไมโครกรัม และในข้าวกล้องอาจมีปริมาณ 0.1 - 0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม ดังตารางที่ 5 สารหอมชนิดนี้ยังพบมีปริมาณสูงมากในพืชตระกูลใบเตย *(Pandonus amaryllifolius* Roxb. fragrant screw pine) ซึ่งมีอยู่ปริมาณสูงถึง 1 ไมโครกรัม/กรัม (16)



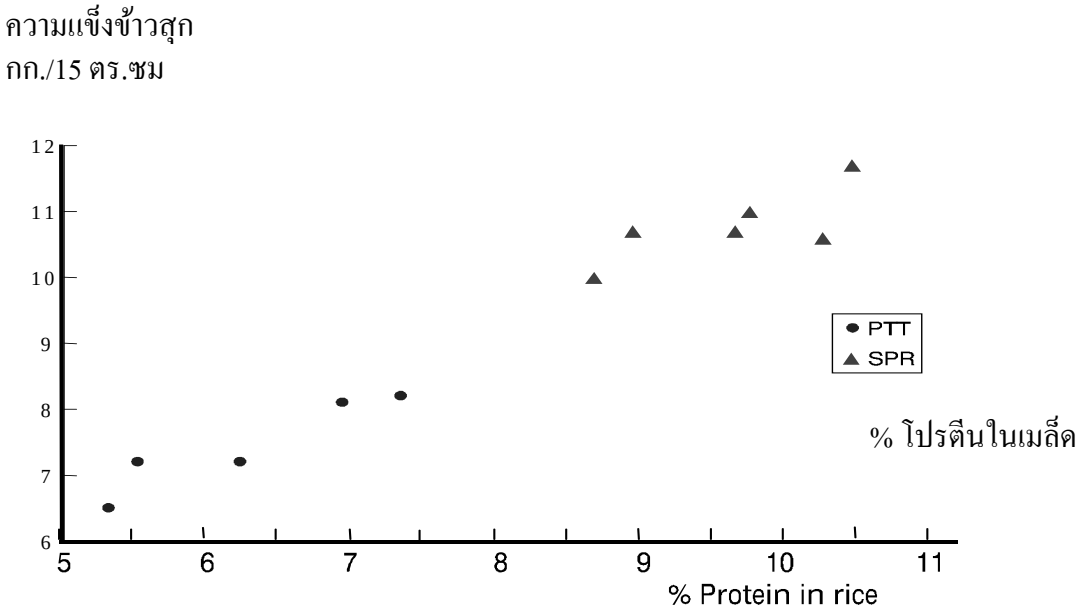
ภาพที่ 7 สูตรโครงสร้างทางเคมีของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (15)

ตารางที่ 5 ปริมาณของสาร 2-Acetyl-1-pyrroline ในเมล็ดข้าวขาวและข้าวกล้องของพันธุ์ข้าวที่มีกลิ่นหอมและไม่หอม (16)

พันธุ์	ปริมาณของ 2-Acetyl-1-pyrroline (ppm)	
	ข้าวขาว	ข้าวกล้อง
Malakit Sungsong	0.09	0.02
IR 841-76-1	0.07	0.20
Khao Dawk Mali 105 (ขาวดอกมะลิ105)	0.07	0.20
Milagrossa	0.07	-
Basmati 370	0.07	0.17
Seratus Malem	0.06	-
Azucena	0.04	0.16
Hiert	0.04	0.10
Texas long Grain (ข้าวไม่หอม)	<0.008	-
Carose (ข้าวไม่หอม)	<0.006	-

จากการศึกษาอิทธิพลของเวลาปลูกต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในช่วงเดือน มิถุนายน 2531–10 มกราคม 2532 ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี พบว่า ข้าวสวยยังคงมีกลิ่นหอม แม้ว่าข้าวที่ปลูกล่าในระหว่างวันที่ 10 ธันวาคม 2531 และ 10 มกราคม 2532 ซึ่งเก็บเกี่ยววันที่ 5 มีนาคม และ 10 เมษายน 2532 เมล็ดมีโปรตีนสูงกว่าข้าวที่ปลูกในช่วงอื่น ทั้งนี้ มีผลให้ข้าวสวยมีคะแนนกลิ่นหอม ความเหนียว ความเลื่อมมัน และความนุ่มน้อยลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกก่อนหน้านั้น (6)

7. ปริมาณโปรตีน (Protein content) แม้ว่าโปรตีนจะไม่ค่อยถูกอ้างถึงเมื่อกล่าวถึงคุณภาพข้าวสุก แต่มีบางรายงานพบว่า โปรตีนโดยเฉพาะที่อยู่ส่วนนอกของเมล็ดมีส่วนทำให้ระยะเวลาหุงต้มเมล็ดข้าวให้สุกนานขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากโปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว นอกจากนี้ข้าวโปรตีนสูงยังทำให้เมล็ดแกร่งขึ้นทำให้ขัดสีออกได้ยาก จึงอาจมีระดับการสีต่ำกว่า (มีรำเหลืออยู่มาก) และทำให้ข้าวสุกนั้นเหนียวน้อยลงและมีสีคล้ำ อย่างไรก็ตาม หากทำการสีข้าวให้มีระดับการสีมากขึ้นแล้ว ข้าวโปรตีนสูงอาจมีสีคล้ำกว่าข้าวโปรตีนต่ำ จากการศึกษาผลการใส่ปุ๋ยต่อคุณภาพข้าว พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งทำให้โปรตีนในเมล็ดข้าวสารของพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สูงขึ้น ข้าวสุกมีสีคล้ำลง ข้าวมีความนุ่มลดลงเมื่อเมล็ดข้าวสารมีโปรตีนถึง 10% ดังภาพที่ 8 และหากโปรตีนสูงถึง 12% ความเหนียวของข้าวจะลดลงด้วย (4)



สถานที่ปลูกข้าว PTT = ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี SPR = ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี

ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวกับความแข็งของข้าวสุกของพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (4)

8. การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้ง (Amylogram of rice flour) เครื่อง Brabender Visco/ Amylograph เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งพร้อมกับระบบกวน (ภาพที่ 9) ทำให้สามารถประเมินความหนืด (Viscosity) ของน้ำแป้งในระหว่างการต้มให้สุกและทำให้เย็นลงได้ อุปกรณ์นี้มีลักษณะคล้ายกับเครื่อง Amylograph ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพแป้งสาลี เพียงแต่มีอุปกรณ์ให้ความเย็น (Cooling system) เพิ่มเติม การวัดความหนืดของน้ำแป้งโดยใช้เครื่อง Brabender Visco/ Amylograph มีหน่วยเป็น Brabender unit (BU) โดยทั่วไปการประเมินความหนืดมักใช้ Cartridge ขนาด 700 cm. g ซึ่ง 1000 BU เท่ากับ 6.85 x 10^3 dyne. cm. การวัดค่าความหนืดวิธีนี้ ความละเอียด ของเม็ดแป้งและอัตราที่เม็ดแป้งถูกทำลายในระหว่างการบดหรือโม่จะมีผลให้ค่าความหนืดแตกต่างกัน Halick และ Kelly (18) ได้แนะนำวิธีการทดสอบหาค่าความหนืดของน้ำแป้งโดยใช้เครื่องBrabender Visco/Amylographการทดสอบเริ่มด้วยการละลายแป้งปริมาณ 50 กรัมในน้ำ 300 มิลลิลิตร กวนหรือปั่นน้ำแป้งให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง Blender เทน้ำแป้งใส่ในถ้วยกวนของเครื่อง Brabender Visco/ Amylograph และล้างแป้งที่ติดใน Blender ให้หมดด้วยน้ำอีก 150 มิลลิลิตร (รวมน้ำทั้งหมด 450 มิลลิลิตร หรือน้ำแป้งมีความเข้มข้น 10%) ตั้งโปรแกรมการเพิ่มอุณหภูมิจาก 30°ซ เป็น 95 °ซ ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 1.5 °ซ / นาที (43.3 นาที) และเคี่ยวแป้งต่อไปที่ 95°ซ นาน 20 นาที หลังจากนั้นจึงค่อยๆลดอุณหภูมิลงในอัตรา 1.5 °ซ /นาทีเช่นเดิม จนกระทั่งน้ำแป้งมีอุณหภูมิ 50 °ซ (30 นาที) เมื่อทดสอบครบตามกระบวนการที่กำหนดจะได้เส้นกราฟหรือ Amylogram ดังในภาพที่ 10 เมื่อเพิ่มความร้อนถึงระดับหนึ่ง ความหนืดของน้ำแป้ง

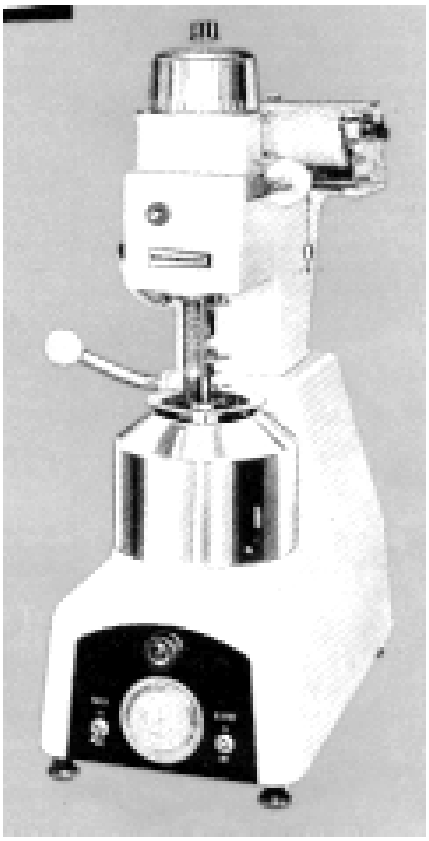
Gelatinization temperature เล็กน้อย ในขณะที่เม็ดแป้งแขวนลอยอยู่ในน้ำ เม็ดแป้งจะค่อยๆ ดูดซับน้ำไว้และพองตัวใหญ่ขึ้นพร้อมๆ กับที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ปริมาตรของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นนี้จะเข้าแทนที่น้ำที่อยู่เป็นอิสระ (Free water) ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดแป้งลดน้อยลง และทำให้ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ และหากต้มหรือเคี่ยวน้ำแป้งต่อไปเม็ดแป้งจะยิ่งพองมากขึ้น จนผนังเซลล์ไม่สามารถทนทานได้ก็จะแตกตัว (Rupture) สารต่างๆ ที่อยู่ภายในจะกระจายออกมา ทำให้ความหนืดลดลง ในช่วงแรกอัตราการพองตัวของเม็ดแป้งจะสูงกว่าการแตกตัว ทำให้ความหนืดของน้ำแป้งยังคงเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงจุดที่อัตราการพองตัวสมดุลกับอัตราการแตกตัว หลังจากนั้น อัตราการแตกตัวจะสูงกว่าการพองตัว ทำให้ความหนืดของน้ำแป้งลดลง ณ จุดที่อัตราการพองตัวสมดุลกับอัตราการแตกตัว คือ ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) แป้งสุกหรือแป้งเปียกนี้ประกอบด้วยเม็ดแป้ง ชิ้นส่วนของเม็ดแป้ง แป้งที่มีลักษณะเป็น Colloid และโมเลกุลของแป้งที่ละลายผสมกันอยู่ เมื่อแป้งเปียกเย็นลง ส่วนผสมเหล่านี้จะเกิดการรวมตัวขึ้นใหม่หรือการคืนตัว (Retrogradation) ทำให้ความหนืดของน้ำแป้งสูงขึ้น ปัจจัยที่มีผลทำให้น้ำแป้งเปียกมีอัตราการคืนตัวต่างกันได้แก่ ความเข้มข้นของอมิโลสและสภาพการละลายของน้ำแป้ง ในการวัดค่าความหนืดของน้ำแป้งจะบันทึกข้อมูลเป็นเส้นกราฟ ค่าที่นำมาพิจารณา คือ ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) ความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งเปียกที่ผ่านการเคี่ยวที่ 95 °ซ (Final viscosity at 95°C) และความหนืดสุดท้ายของแป้งเปียกที่ 50°ซ จากค่าทั้ง 3 นี้ สามารถคำนวณหา Break down, Set back และ Consistency ได้ ดังนี้

Break down = ความหนืดสูงสุด-ความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งเปียกที่ผ่านการเคี่ยวที่ 95 °ซ

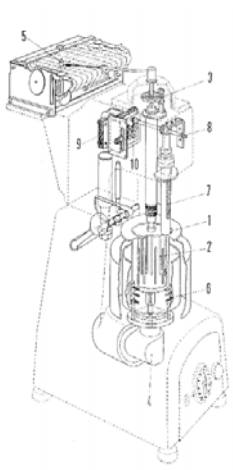
Set back = ความหนืดสุดท้ายของแป้งเปียกที่ 50°ซ - ความหนืดสูงสุด

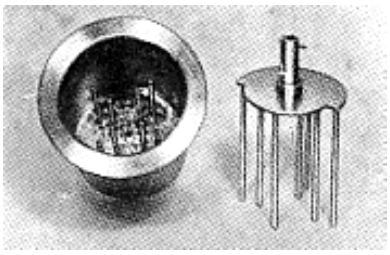
Consistency = ความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งเปียกที่ 50 °ซ ความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งเปียกที่ผ่านการเคี่ยวที่ 95 °ซ

ทั้งนี้ ค่า Break down อธิบายถึงความทนทานของเม็ดแป้งต่อการเคี่ยว Set back อธิบายถึงการแข็งตัวของแป้งสุกที่เย็นลงโดยเปรียบเทียบกับค่า Peak viscosity สำหรับ Consistency อธิบายถึงการแข็งตัวของแป้งสุกที่เย็นลงเช่นกัน แต่เปรียบเทียบกับแป้งสุกร้อน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความหนืดสูงสุดได้แ ก่ การเก็บรักษาข้าว (Aging) ปริมาณโปรตีนและอมิโลส ความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งเปียกที่ผ่านการเคี่ยวที่ 95 °ซ ความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งเปียกที่ 50 °ซ รวมทั้งค่า Set back และ Consistency มักมีความสัมพันธ์กับปริมาณอมิโลสในแป้งข้าว ดังภาพที่ 11 แป้งข้าวของพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีอมิโลสต่ำที่มีคุณภาพข้าวสุกเป็น ประเภทข้าวนุ่มเหนียว มีความหนืดของแป้งเปียกเย็นลงที่ 50°ซ ต่ำกว่าแป้งของพันธุ์สุพรรณบุรี60 และชัยนาท1 ในขณะที่แป้งข้าวชัยนาท 1 ที่มีอมิโลสสูงและข้าวสุกแข็ง มีความหนืดของแป้งเปียกเย็นลงที่ 50°ซ สูงสุด ในขณะที่แป้งของพันธุ์สุพรรณบุรี 60เป็นข้าวอมิโลสปานกลาง มีค่าอยู่ระหว่างข้าวทั้ง 2 พันธุ์ อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบระหว่างแป้ง ข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูงด้วยกัน แป้งข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกเป็นชนิดอ่อนจะมีค่าความหนืดสูงสุด ค่า Set back และ ค่า Consistency ต่ำกว่าแป้งที่มีความคงตัวของแป้งสุกเป็นชนิดแข็ง



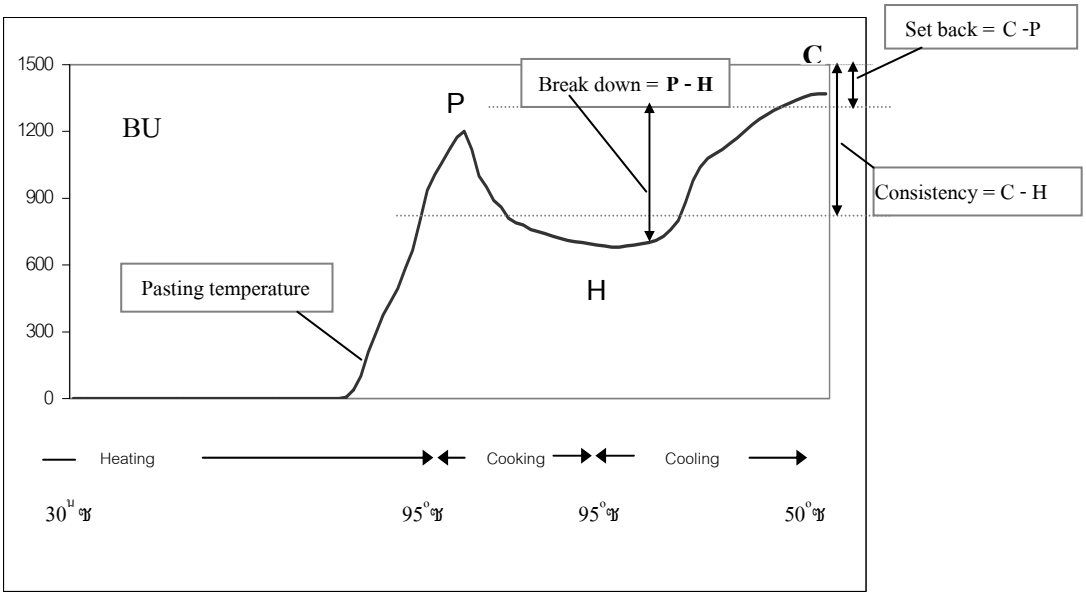
แหล่งข้อมูล : Brabender OHG. Duisburg.



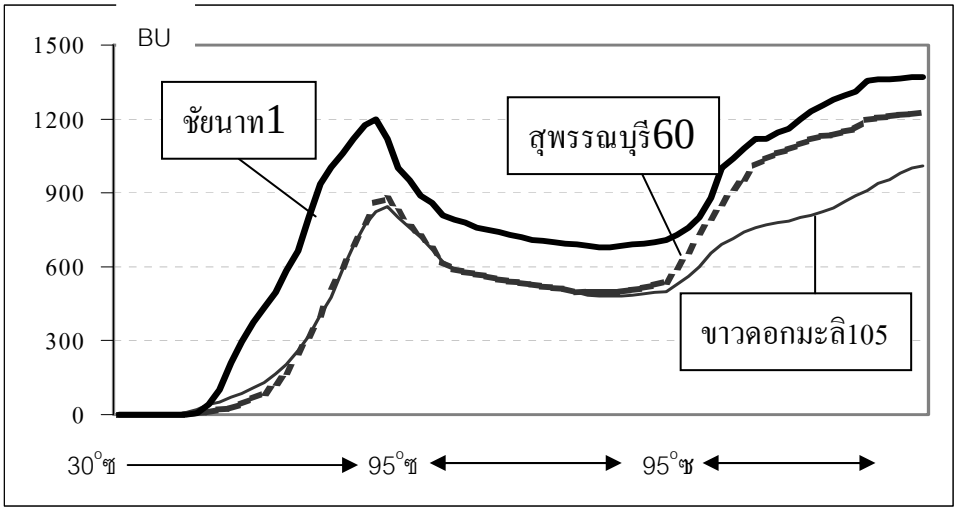


ถ้วยใส่น้ำแป้งพร้อมด้ามกวน

ภาพที่ 9 เครื่อง Brabender Visco/Amylograph สำหรับประเมินความหนืดของน้ำแป้งในระหว่างการต้มให้สุกและทำให้เย็นลง



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งด้วยเครื่อง Brabender Visco/Amylograph (18)



แหล่งข้อมูล: ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

ภาพที่ 11 Amylogram ของแป้งข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่างกัน

ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวของกรมวิชาการเกษตร พันธุ์ข้าวเจ้าต่างๆ ที่รวบรวมจากพันธุ์ท้องถิ่นหรือที่พัฒนาขึ้นใหม่ มีทั้งประเภทอมิโลสต่ำ ปานกลางและสูง ทั้งนี้คุณสมบัติของแป้งข้าวมีความแตกต่างกัน ดังในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การจัดแบ่งข้าวตามคุณภาพกายภาพเคมีของแป้งที่เกี่ยวกับคุณภาพข้าวสุกของข้าวพันธุ์ดีที่ปลูกในฤดูนาปี 2542

พันธุ์ข้าว	แหล่ง	ความชื้น (%)	อมิโลส (%)	โปรตีน (%)	ความคงตัว มม.	การสลายเมล็ดในด่าง	อัตรายืด (เท่า)	ต้มเมล็ดสุก (นาที)	Brabender Amyloviscograph			
									GT °C	BD BU	CC BU	SB BU
กลุ่มข้าวมีกลิ่นหอม												
ขาวดอกมะลิ	PTT	10.5	16.1	7.7	79	7.0	1.6	15	64.5	770	310	-460
	CNT	13.0	14.4	6.0	80	6.7	1.6	15	66.0	660	380	-280
	KSR	11.9	14.6	9.0	77	6.4	1.7	15	66.0	500	440	-60
	PMI	10.9	16.7	7.5	100	6.6	1.7	15	67.3	440	450	10
	KKN	10.0	16.1	7.8	100	6.3	1.6	15	66.0	720	320	-400
	PAN	12.7	16.4	9.3	77	7.0	1.7	14	64.1	490	470	-20
	PTL	8.6	16.4	9.9	100	7.0	1.8	17	66.5	400	460	60
กข15	PAN	12.6	15.6	8.2	80	7.0	1.7	15	64.5	630	390	-240
	PMP	10.6	15.0	9.4	100	7.0	2.0	13	63.8	630	320	-310

ข้าวเจ้าหอม	PTT	11.5	18.8	9.5	69	6.7	1.6	18	66.2	600	400	-200
	CNT	12.6	18.9	8.8	68	7.0	1.6	16	65.0	265	435	170
	CNT*	12.8	18.9	6.5	70	7.0	1.6	17	65.0	610	430	-180

ตารางที่ 6 การจัดแบ่งข้าวตามคุณภาพกายภาพเคมีของแป้งที่เกี่ยวกับคุณภาพข้าวสุกของข้าวพันธุ์ดีที่ปลูกในฤดูนาปี 2542 (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	แหล่ง	ความชื้น (%)	อมิโลส (%)	โปรตีน (%)	ความคงตัว มม.	การสลายเมล็ดในด่าง	อัตรายืด (เท่า)	ต้มเมล็ดสุก (นาที)	Brabender Amyloviscograph			
									GT °C	BD BU	CC BU	SB BU
ข้าวเจ้าหอม	PTT	11.0	20.3	8.6	40	6.4	1.5	17	64.8	420	490	70
	CNT	12.8	17.0	10.2	68	7.0	1.7	16	64.5	480	410	-70
	KSR	11.6	16.4	13.2	65	7.0	1.8	16	68.2	510	390	-10
	KKN	10.0	18.5	9.2	86	6.9	1.5	15	63.5	480	350	-130
	PAN	11.3	18.6	8.6	84	7.0	1.5	15	64.1	410	360	-50
	PMP	10.8	18.2	8.5	100	7.0	1.7	15	63.5	420	350	-70
	CNT	12.8	16.1	8.0	74	6.0	1.6	17	67.5	520	350	-170
ดอกพยอม	PTL	8.0	23.3	9.9	79	5.0	1.6	18	72.2	100	560	460
ปทุมธานี60	PTT	10.6	28.1	6.97	31	6.1	1.67	20	64.0	170	830	660
ข้าวขึ้นน้ำและข้าวทนน้ำลึก												
ปิ่นแก้ว 56	HTA	11.2	28.9	8.3	74	5.0	1.7	22	73.2	220	620	400
หันตรา60	HTA	10.9	23.4	10.4	46	4.9	1.7	20	74.4	230	590	360
ปราจีนบุรี1	HTA	10.9	27.6	9.7	40	6.9	1.9	20	68.0	60	380	320
พลายงาม	HTA	10.6	29.8	8.5	50	6.1	1.8	21	73.7	240	920	680
ข้าวนาสวนภาคกลาง-เหนือ												
เหลืองประ	PTT	10.0	26.0	11.1	58	6.0	1.7	21	70.0	270	790	520
	RBR	10.1	27.1	11.0	35	6.0	1.7	22	72.7	230	760	530
	HTA	10.9	28.3	8.6	43	6.0	1.8	22	73.5	220	880	660
	PMI	9.3	29.9	8.2	46	6.0	1.8	19	72.8	170	840	670
ขาวตาแห้ง17	KSR	11.7	25.7	9.0	63	5.0	1.6	21	69.0	360	650	290
	HTA	10.9	23.2	9.7	94	5.0	1.8	22	73.5	400	500	100
	PMI	9.3	24.4	7.7	88	5.0	1.7	21	71.8	510	520	10
กข7	PTT	11.3	21.2	9.0	37	5.0	1.50	21	72.0	600	390	-210
	PTL	9.1	22.0	9.3	100	4.5	1.64	20	75.5	610	340	-270
กข21	RBR	10.2	15.6	11.10	90	6.6	1.80	16	68.5	465	355	-110
กข23	PTT	11.1	24.0	8.25	59	4.9	1.48	20	74.0	560	390	-170
สุพรรณบุรี60	PTT	10.6	24.3	8.58	46	5.1	1.50	20	65.0	370	490	120
สุพรรณบุรี1	PTT	10.9	29.5	8.21	96	5.0	1.53	21	74.8	570	400	-170
	PTL	7.8	31.4	9.08	91	5.0	1.63	21	74.0	330	630	300
สุพรรณบุรี2	PTT	11.1	21.4	10.51	59	4.9	1.53	21	72.0	230	490	260
	PTL	9.3	22.8	8.05	100	4.8	1.59	20	75.1	440	520	80
ชัยนาท1	PTT	10.9	26.6	8.92	63	5.0	1.66	20	72.7	350	790	440
	HTA	10.7	28.8	8.82	49	5.0	1.64	21	74.5	380	830	450
	CNT	12.53	27.7	7.44	65	5.0	1.62	20	74.0	430	780	310

	KSR	11.5	29.9	7.06	64	4.9	1.66	19	7.35	480	820	340
	PTL	8.8	28.0	8.05	40	5.1	1.73	20	74.0	380	930	550
	NSR	9.1	29.7	7.67	45	5.0	1.96	21	73.0	240	870	630

ตารางที่ 6 การจัดแบ่งข้าวตามคุณภาพกายภาพเคมีของแป้งที่เกี่ยวกับคุณภาพข้าวสุกของข้าวพันธุ์ดีที่ปลูกในฤดูนาปี 2542 (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	แหล่ง	ความชื้น (%)	อมิโลส (%)	โปรตีน (%)	ความคงตัว มม.	การสลายเมล็ดในด่าง	อัตรายืด (เท่า)	ต้มเมล็ดสุก (นาที)	Brabender Amyloviscograph			
									GT °C	BD BU	CC BU	SB BU
พิษณุโลก2	CNT	12.8	28.1	7.6	79	7.0	1.7	19	66.5	500	480	-20
สันป่าตอง1	PAN	11.2	16.8	7.0	93	6.8	1.6	16	63.5	640	340	-300
ข้าวภาคใต้												
นางพญา 132	PTL	9.0	30.2	9.9	73	5.2	1.9	19	75.5	90	780	690
	PTN	9.3	29.8	8.7	58	5.0	1.9	19	74.0	220	800	580
แก่นจันทร์	PTL	8.7	30.2	7.9	66	5.0	1.9	18	74.8	230	830	600
	NSR	9.3	28.9	7.6	80	5.2	1.9	19	73.0	270	800	530
เฉี้ยงพัทลุง	PTL	10.8	29.3	8.5	43	5.1	1.8	18	74.5	150	800	650
	NSR	9.1	29.1	8.1	36	6.0	1.9	19	73.0	290	800	510
	PTN	10.4	27.8	7.9	43	4.8	2.0	18	75.0	190	860	670
เล็บนก	PTL	10.9	24.3	7.3	92	4.8	1.9	18	74.2	350	550	200
	NSR	9.24	24.4	9.2	96	5.0	2.1	18	74.0	360	760	400
ลูกแดง	PTL	10.4	27.7	7.2	46	4.6	1.7	20	75.7	470	540	70
	PTN	9.4	29.7	6.9	40	5.2	1.6	23	75.0	290	1,030	740
พัทลุง	PTL	9.7	30.2	6.9	88	5.0	1.8	22	74.0	190	910	720
กข13	NSR	10.3	24.7	8.12	100	5.0	1.78	20	73.0	450	490	40
	PTL	9.9	29.2	7.67	65	5.3	1.78	20	74.4	260	810	550
ข้าวไร่												
เจ้าฮ่อ	PMP	10.0	16.4	10.6	93	7.0	1.7	19	64.8	300	250	-50
	SMG	10.5	18.4	9.7	100	7.0	1.8	20	61.8	230	300	70
น้ำรู	SMG	10.9	22.7	10.8	85	6.3	1.6	20	68.8	315	415	100
ข้าวจาโปนิกา												
กวก 1	PAN	10.3	18.9	9.4	100	7.0	2.0	21	63.5	430	360	-70
กวก 2	PAN	10.8	18.0	9.1	92	7.0	2.0	20	64.3	460	340	-120

* ปลูกในฤดูนาปรัง 2543

GT = Gelatinization temperature BD = Break down value

SB = Set back value CC = Consistency

แหล่งข้อมูล: ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี วิเคราะห์ข้าวจากแหล่งปลูกต่อไปนี้

ศูนย์วิจัยข้าว **สถานีทดลองข้าว**

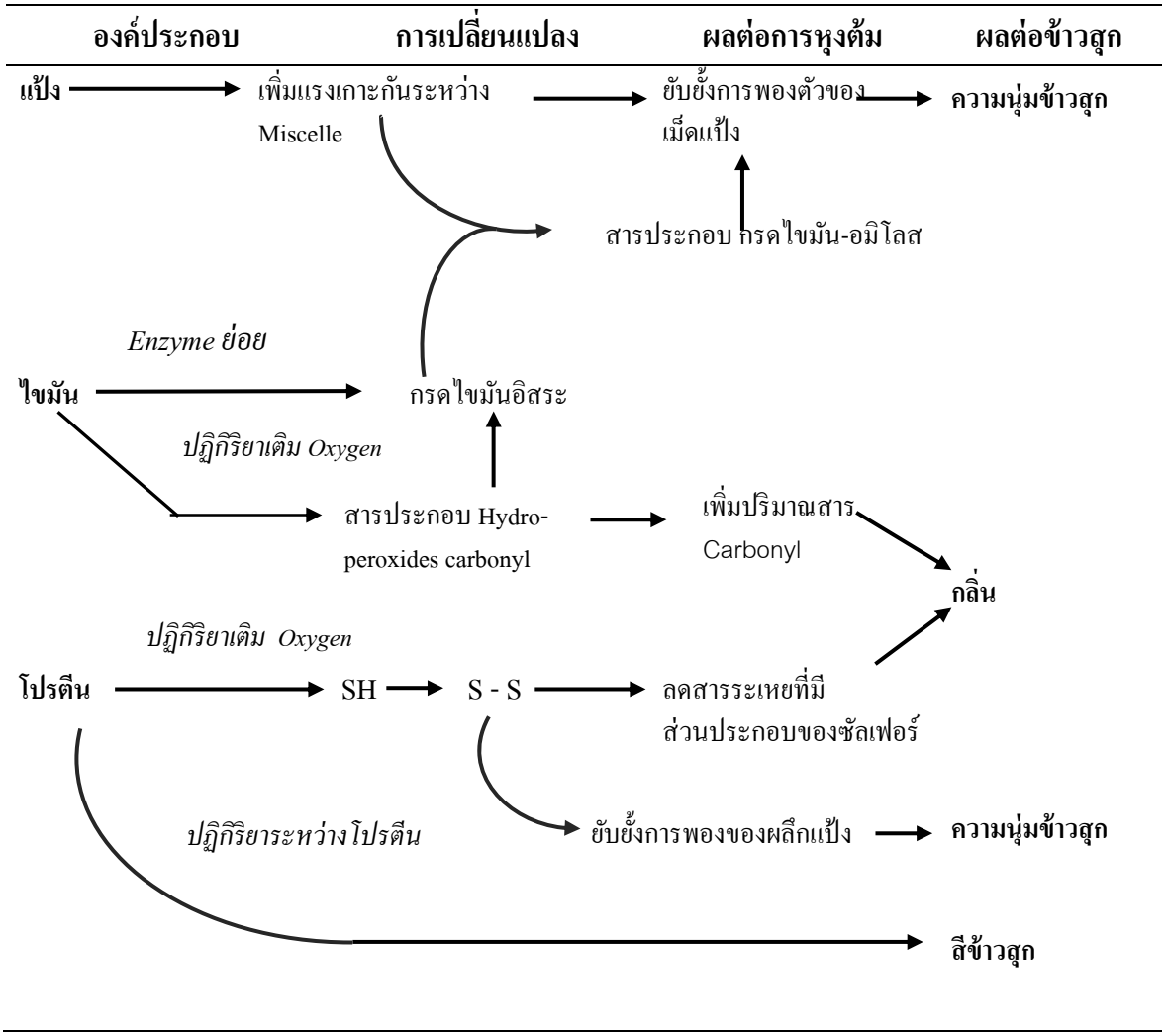
PTT ปทุมธานี PAN พาน RBR ราชบุรี

PTL พัทลุง PMP ปางมะผ้า HTA หันตรา

SMG	สะเมิง	KKN	ขอนแก่น
CNT	ชัยนาท	PMI	พิมาย
KSR	โคกสำโรง	NSR	นครศรีธรรมราช
		PTN	ปัตตานี

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเมล็ดในระหว่างการเก็บ

ภายหลังการเก็บเกี่ยว ภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น โดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือน หลังเก็บเกี่ยว เอนโดสเปิร์มจะแกร่งขึ้นทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น หากเมล็ดไม่ถูกแมลงทำลายในระหว่างการเก็บ การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากกระบวนการที่เกี่ยวข้อง 3 องค์ประกอบ คือ แป้ง ไขมัน และโปรตีน ดังแสดงในภาพที่ 12 กรดไขมันอิสระที่ได้จากการย่อยของ Enzyme เมื่อทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้ง โดยเฉพาะโมเลกุลของอมิโลส มีผลยับยั้งการขยายตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวสวย นอกจากนี้ไขมันเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ จะได้สารประกอบประเภท Hydroperoxides carbonyl สารประเภท Carbonyl นี้ ทำให้ข้าวมีกลิ่นหืนเช่นเดียวกับการเกิดกลิ่นหืนในน้ำมัน ในส่วนของโปรตีนเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะได้สารที่มีส่วนประกอบที่มีธาตุกำมะถัน (–S-S-) ที่คงตัวมากขึ้น ทำให้สารระเหยที่มีส่วนประกอบของซัลเฟอร์ลดลงและส่งผลการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นของข้าว ในขณะเดียวกัน สารประกอบของ –S-S- นี้ยังมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม ทำให้ข้าวสวยมีความนุ่มลดลง ปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนทำให้ข้าวเก่ามีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ (26) ผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ มีส่วนกระทบกระเทือนต่อคุณสมบัติการหุงต้มของเมล็ดและข้าวสุก กล่าวคือ ข้าวเก่าเมื่อหุงเป็นข้าวสวย ข้าวสุกแข็งและร่วนมากขึ้นหรือเหนียวเกาะติดกันน้อยลง และมีผลให้ข้าวสุกขยายปริมาตรรวม (bulk volume) ได้มากขึ้นหรือขึ้นหม้อดีขึ้น ทั้งนี้เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้นโดยไม่แตกตัว น้ำข้าวจะใสขึ้น เมล็ดข้าวอาจต้องใช้เวลาต้มให้สุกนานขึ้นเล็กน้อย สีของข้าวจะคล้ำมากขึ้น ในข้าวเก่าจะมีกลิ่นสาบ เมล็ดเหลืองมากขึ้น สืบเนื่องจากปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างเชื้อจุลินทรีย์หรือเคมีในข้าวเปลือกที่ได้รับความชื้นและความร้อนสูงก่อนที่จะทำการลดความชื้น มีรายงานว่าเมล็ดข้าวสามารถเร่งให้กลายเป็นข้าวเก่าได้โดยเพิ่มความร้อนข้าวสารให้สูงถึง 110°ซ ในภาชนะปิดสนิทโดยไม่ให้ความชื้นสูญหายไป การเป่าลมร้อน 150-250 °ซ. ชั่วครู่ เช่น การลดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกด้วยเทคนิค Fluid bed ที่อุณหภูมิสูง และกองข้าวเปลือกไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้ความชื้นค่อยๆ ลดลง มีรายงานว่าการแช่เมล็ดข้าวสาร 2 วันในน้ำมันดอกทานตะวันที่ 60°ซ ค้างคืน ช่วยให้ความเหนียวของข้าวสุกลดลง การนำข้าวเปลือกไปนึ่งในระยะเวลาสั้นๆ จะช่วยลดความเหนียวของผิวของข้าวสวยได้เช่นกัน กระบวนการทำข้าวนึ่ง (parboiled rice) ก็เป็นวิธีการทำให้ข้าวเปลี่ยนสภาพคล้ายข้าวเก่าเช่นกัน (22) นอกจากนี้ Barber (13) รายงานว่า การเก็บรักษาข้าวขาวทำให้เกิดการสูญเสียทั้งทางปริมาณและคุณภาพเนื่องจากจุลินทรีย์ แมลง หนู และสัตว์ศัตรูอื่นๆ



แหล่งข้อมูล : Moritaka and Yamamatsu, (1972).

ภาพที่ 12 กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา (76)

การปรับปรุงคุณภาพข้าว

1. ความชื้น ข้าวนาปรังที่เก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝน มักมีปัญหาข้าวเปลือกความชื้นสูง ชาวนาไม่สามารถลดความชื้นได้เอง เนื่องจากเครื่องลดความชื้นมีราคาแพง และการใช้งานในระดับเกษตรกรไม่คุ้มทุน ดังนั้นจึงทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพเร็ว เช่น เมล็ดเกิดรอยร้าวภายในก่อนสี การเกิดกลิ่นสาบ เมล็ดมีสีเหลืองคล้ำ แมลงที่ติดมากับเมล็ดเจริญเติบโตและขยายพันธุ์รวดเร็ว เมล็ดมีอัตราการหายใจสูงทำให้เกิดความร้อนและเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นลูกโซ่ทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ดังนั้น การลดความชื้นเมล็ดให้ได้มาตรฐาน (<14%) จะช่วยชลอปฏิกิริยาเหล่านี้ให้ช้าลงและทำให้ข้าวคงสภาพคุณภาพดี (11)

2. ความไม่คงที่ของคุณภาพ เนื่องจากข้าวไทยคุณภาพดี ต้องมีเมล็ดเรียว ยาว ดังนั้น ข้าวพันธุ์ดีต่างๆ จึงมีรูปร่างและขนาดเมล็ดใกล้เคียงกัน ในขณะที่มีคุณภาพข้าวสุกหลากหลาย พ่อค้ามักนำข้าวหลายแหล่งและหลายพันธุ์มาปนกัน การปนข้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุน สัดส่วนของการปนมักขึ้นอยู่กับ

สภาวะของตลาดมากกว่าคุณภาพ จึงก่อให้เกิดปัญหาความไม่แน่นอนของคุณภาพข้าวสุกและมีผลทำลายความเชื่อถือของผู้ซื้อ

3. ความสะอาด เป็นปัจจัยสำคัญของข้าวคุณภาพดีแม้ในมาตรฐานข้าวจะมีการกำหนดปริมาณสิ่งเจือปน แต่เนื่องจากการค้าขายข้าวสารในประเทศ ผู้ประกอบการบางรายไม่ค่อยพิถีพิถันในการควบคุมคุณภาพ ทำให้มีเศษวัสดุต่างๆ รวมทั้งแมลงปรากฏอยู่ เป็นที่รังเกียจของผู้ซื้อ แมลงในข้าวสารส่วนใหญ่เป็นด้วงงวง หรือมอดข้าวสาร *(Sitophilus oryzae* L.*)* และในบางครั้งพบมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* Herbst) โดยธรรมชาติ ด้วงงวงตัวเมียจะวางไข่ครั้งละ 300-400 ฟอง โดยเจาะเข้าไปในเมล็ดข้าว เมื่อไข่ฟักตัวเป็นหนอนจะกัดกินเมล็ดอยู่ภายใน ด้วงงวงมีวงจรชีวิตตั้งแต่ไข่สู่ตัวเต็มวัยใช้เวลา 30-40 วัน สำหรับมอดแป้งมีวงจรชีวิต 26-40 วัน (9)

4. เมล็ดข้าวหรือวัสดุที่หมักหมมอยู่ในโรงเก็บ เครื่องสีและภาชนะต่างๆ เป็นแหล่งเพาะแมลง จึงควรทำความสะอาดเพื่อลดปริมาณแมลงในโรงเก็บให้เหลือน้อยลง การใช้ฟอสฟีน (phosphine) และสารเคมีรม (fumigant) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่กำจัดแมลงรวมทั้งไข่แมลงที่ติดค้างมากับเมล็ด สารทั้ง 2 นี้จะไม่มีฤทธิ์ตกค้างที่จะฆ่าแมลงที่เข้าทำลายในภายหลัง แต่เมทธิลโบรไมด์อาจมีสารพิษตกค้างอยู่บนเมล็ด ดังนั้น ข้าวส่งออกไปบางประเทศจึงไม่ยินยอมให้ใช้เมทธิลโบรไมด์ (11)

5. การรักษาคุณภาพข้าวสุกให้คงที่ แม้ว่าข้าวที่ค้าขายกันส่วนใหญ่จะเป็นข้าวผสมกันหลายพันธุ์ (blend) แต่หากผู้ประกอบการมีการตรวจสอบคุณภาพข้าวและควบคุมสัดส่วนการผสมข้าว โดยยึดถือคุณสมบัติรวมของข้าวผสมให้คงที่ และขายให้ผู้บริโภคภายใต้ชื่อหรือเครื่องหมายการค้าดังสินค้าอุตสาหกรรมทั่วไป จะช่วยให้ผู้บริโภคมีความสะดวกในการหุงต้ม ไม่ต้องทำการปรับปริมาณน้ำทุกครั้งที่ซื้อข้าว จะช่วยให้เกิดความเชื่อถือมากขึ้น

6. การสร้างคำแนะนำวิธีการหุงต้ม หากข้าวมีคุณภาพที่คงที่ ผู้ประกอบการอาจจะพัฒนาคำแนะนำวิธีการหุงต้มแก่ผู้ซื้อได้ งามชื่น และคณะ (17) ได้ศึกษาระดับน้ำที่ใช้ในการหุงต้มข้าวที่เก็บรวบรวมจากตลาด 3 ช่วงในรอบปีเป็นจำนวน 126 ตัวอย่าง โดยให้ผู้ชิมให้คะแนนตามความชอบ พบว่าระดับน้ำที่เหมาะสมที่สุดสำหรับหุงต้มข้าว ขึ้นอยู่กับปริมาณอมิโลส ดังค่าสหสัมพันธ์ (R^2) 0.63** และมีสมการถดถอย (linear regression equation) ดังนี้

$$W = 1.01 + 0.048A$$

เมื่อ W = ระดับน้ำหุงต้มที่เหมาะสมคิดเป็นเท่าของน้ำหนักข้าว

A = % อมิโลสของข้าวสาร

นอกจากจะใช้ปริมาณอมิโลสในการคาดคะเนอัตราส่วนน้ำสำหรับหุงต้ม การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำแป้งโดยใช้เครื่อง Brabender Visco/Amylograph สามารถใช้ในการคาดคะเนอัตราส่วนน้ำหุงต้มได้เช่นกัน ดังสมการถดถอย

$$W = -0.28 + 0.0292\ GT + 0.00002\ PV + 0.0003\ SB + 0.0007\ CC - 0.0002\ BD$$

$$R^2 = 0.77^{**}$$

เมื่อ GT = gelatinization temperature, °C

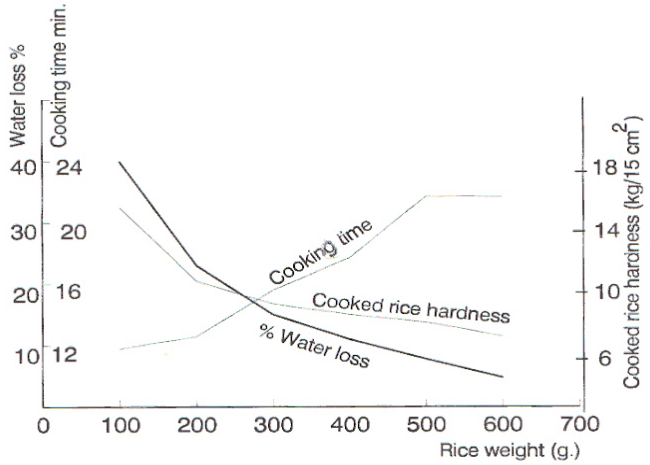
PV = Peak viscosity B.U.

SB = Set back value B.U.

CC = Consistency value B.U.

BD = Break down value B.U.

การหุงต้มข้าวในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าใบเดียวกัน หากหุงต้มข้าวปริมาณต่างกัน แม้จะใส่น้ำในอัตราส่วนเดียวกันจากการคำนวณ แต่โดยความเป็นจริง ปริมาณน้ำที่ใส่ขึ้นอยู่กับปริมาณข้าวที่หุงด้วย(12) ดังนั้น การหุงข้าวปริมาณมากย่อมต้องใส่น้ำปริมาณมากขึ้นด้วย ผลดังกล่าวย่อมทำให้การหุงต้มหรือข้าวดูดน้ำจนแห้งและทำให้หม้อข้าวหยุดการหุงต้มโดยอัตโนมัติ มีระยะเวลานานขึ้น และอัตราการระเหยของน้ำลดลง (ภาพที่ 13) น้ำที่ยังคงอยู่ในหม้อข้าวส่วนนี้จะอยู่ในเมล็ดข้าวทำให้เมล็ดข้าวสุกมีปริมาณน้ำมากขึ้น และส่งผลให้ความแข็งของข้าวสวยลดลงหรือข้าวแฉะมากขึ้น จากการศึกษาการหุงต้มข้าวหอมมะลิพบว่าการหุงต้มเพื่อให้ได้ข้าวสวยมีคุณภาพพอเหมาะ ควรให้เมล็ดข้าวมีความชื้นประมาณ 58-64% ดังนั้นน้ำส่วนเกินนี้จึงควรหักออกก่อนที่จะหุงต้ม ดังการทดสอบหุงข้าวสวยจากข้าวหอมมะลิไทยปริมาณต่างๆ ในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ปริมาณน้ำหุงต้มที่เหมาะสมระบุในตารางที่ 7 เพื่อความสะดวกควรปรับปริมาณข้าวและน้ำให้เป็นหน่วยปริมาตรหรือระบบตวง อย่างไรก็ตาม ในระหว่างผู้บริโภคแต่ละกลุ่มยังมีความชอบข้าวที่มีความนุ่มหรือแข็งแตกต่างกัน เช่น บางคนชอบข้าวค่อนข้างแฉะ บางคนชอบข้าวค่อนข้างร่วนเป็นตัวดังนั้นอาจปรับอัตราส่วนน้ำที่ใส่ได้อีกเล็กน้อย นอกจากนี้ข้อมูลดังกล่าวอาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับความเก่าหรือใหม่ของข้าว ทั้งนี้ ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำแป้งด้วยเครื่อง Brabender Visco/Amylograph จะช่วยในการคำนวณได้



ภาพที่ 13 ระยะเวลาหุงต้ม ปริมาณน้ำที่ระเหยและความแข็งของข้าวสวยเมื่อหุงข้าวปริมาณต่างกันในหม้อหุงข้าวไฟฟ้า โดยใส่น้ำอัตราส่วนเดียวกัน (12)

ตารางที่ 7 อัตราส่วนน้ำที่เหมาะสมสำหรับหุงข้าวหอมมะลิไทยในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ (17)

ปริมาณข้าว (ถ้วย)	อัตราส่วนน้ำหุงต้ม		
	โดยน้ำหนัก (เท่าของข้าว)	โดยปริมาตร (ถ้วย)	
		ไม่ต้องล้างข้าว	ล้างข้าวก่อน
หม้อหุงข้าวขนาด 1 ลิตร			
1	2.00	1.6	1.2
3	1.65	3.9	2.7
5	1.55	6.2	4.6
หม้อหุงข้าวขนาด 3.8 ลิตร			
9	1.66	11.9	9.7
12	1.59	15.2	12.8

หมายเหตุ : ข้าว 1 ถ้วยมีน้ำหนัก 136.4 กรัม และ น้ำ 1 ถ้วยมีน้ำหนัก 171.8 กรัม

แหล่งข้อมูล: งามชื่น และคณะ (2545).

7. การรักษากลิ่นหอม เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่ากลิ่นหอมของข้าวจะลดลงเมื่อเป็นข้าวเก่า เนื่องจากสารระเหยหอม ค่อยๆ ระเหยหายไป ปัจจัยที่ส่งเสริมให้กลิ่นหอมเสื่อมเร็วคือ ความร้อนและความชื้น ความร้อนจะช่วยส่งเสริมการระเหยของสารหอม แต่สำหรับความชื้นจะทำให้ข้าวเกิดกลิ่นเหม็นสาบ เพื่อชลอการสูญหายของกลิ่นหอม จึงควรเก็บข้าวเปลือกในสภาพความชื้นต่ำและโรงเก็บไม่ควรร้อนอบอ้าว จากการศึกษาพบว่า การเก็บข้าวหอมในสภาพข้าว เปลือกและข้าวสารในห้องเย็น 15°ซ. จะช่วยรักษาคุณภาพข้าวสุกได้ใกล้เคียงกับข้าวใหม่แม้จะเก็บนานถึง 10 เดือน การเก็บข้าวสารในสภาพเปิดหรือถุงพลาสติกที่อากาศผ่านได้ ไม่ควรเกิน 4 เดือน เพราะข้าวจะมีกลิ่นสาบและกลิ่นหอมลดลง การเก็บข้าวในถุงพลาสติกชนิด Laminated หลายชั้นเพื่อลดการซึมผ่านของอากาศและปิดผนึกภายใต้สูญญากาศจะช่วยชลอการเสื่อมคุณภาพได้ เทคโนโลยีการขัดมันช่วยกำจัดเศษรำที่เกาะอยู่ตามผิวเมล็ดซึ่งช่วยชลอการเกิดกลิ่นหืนจากน้ำมันรำข้าว ทำให้กลิ่นหอมของข้าวหอมมะลิเด่นชัดขึ้น (10)

บรรณานุกรม

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวสารทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร 53 หน้า.

งามชื่น คงเสรี. 2539. คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก. เอกสารประกอบการบรรยายสัมมนา เรื่อง " ข้าวกับคน" ของสมาคมโรงสีข้าวไทย ณ โรงแรมรีเจ้นท์ ชะอำ เพชรบุรี วันที่ 24 สิงหาคม 2539. 233 หน้า.

งามชื่น คงเสรี. 2539. คุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์. การสัมมนาวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี วันที่ 13-14 พฤศจิกายน 2539 : 241-259.

งามชื่น คงเสรี, พูลศรี สว่างจิต, อัญชลี คร้ามศรี, ประนอม มงคลบรรจง, จันทนา สรสิริ และกัมปนาท มุขดี. 2531. ผลการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณสมบัติการหุงต้มและรับประทานของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105. ผลงานวิจัยปี 2531 ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว.

งามชื่น คงเสรี, พูลศรี สว่างจิต, สุนันทา วงศ์ปิยชน, อัญชลี คร้ามศรี, ประนอม มงคลบรรจง. 2535. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวขาวดอกมะลิ105 ในระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิจัยข้าว. ปีที่1 เล่มที่ 1 : 4 – 22.

งามชื่น คงเสรี และสุนันทา วงศ์ปิยชน. 2536. อิทธิพลของเวลาปลูกต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 2 เล่มที่2 : 97-111.

งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน, พูลศรี สว่างจิต, ประนอม มงคลบรรจง, กัมปนาท มุขดี และ จันทนา สรสิริ. 2536. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้มข้าวสาร. เอกสารการสัมมนาวิชาการ " การพัฒนางานวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว" โรงแรมมารวยการ์เด้นท์ กทม. 17 หน้า.

งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน และประนอม มงคลบรรจง. 2545. การหาเอกลักษณ์ข้าวหอมมะลิไทยพร้อมรับประทาน. รายงานผลการวิจัยต่อ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ (กำลังจัดพิมพ์).

ชูวิทย์ ศุขปราการ และ บุษรา พรหมสถิต. 2538. แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร และการป้องกันกำจัด. การอบรมหลักสูตรแมลง-สัตว์ ศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด ครั้งที่ 8 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900. 57 หน้า.

นิรนาม. 2540. ประกาศกระทรวงพาณิชย์เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 114 ตอนที่ 31 วันที่ 17 เมษายน 2541.

ไพฑูรย์ อุไรรงค์. 2539. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวกับคุณภาพข้าว. การฝึกอบรมหลักสูตร การรักษาคุณภาพข้าวสารและการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออก ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี วันที่ 20-22 สิงหาคม 2539. 37 หน้า.

Anonymous. 1976. Standard evaluation system for rice. Intern. Rice Testing Program. Intern. Rice Res. Inst. Los Baños, Laguna, Philippines. 64p.

Barber, S. 1972. Milled rice and changes during aging. in D.F.Houston. (edit). Rice chemistry and technology. Am. Ass. Cereal Chem. Inc., St. Paul, Minnesota : 215-263 .

Batcher, M., K.F. Helmintholerand E.H. Dawson. 1956. Development and application of methods for evaluating cooking and eating quality of rice. *Rice J.* 59 (13) : 4 - 18,32 .

Buttery, R.G.L.C. Ling, and B.O. Juliano. 1982. 2- Acetyl - 1 - pyrroline : An important aroma component of cooked rice. Chem. lnd. London. p 958-959.

Buttery. R.G. L.C. Ling. B.O. Juliano and J.G. Purnbaugh. 1983. Cooked rice aroma and 2 - acetyl -1- pyrroline. *J. Agric. Food Chem*. 31 : 823-826.

Cagampang, G.B., C.M. Perez and B.O. Juliano. 1973. A gel consistency test for eating quality rice. *J. Sci. Food Ag.* 24:1589 - 1594.

Halick, J.V. and V.J. Kelly . 1959. Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking and eating behavior. *Cereal Chem.* 36:91-97 .

Juliano, B.O. 1966. Physiochemical data on the rice grain. Tech. Bull. 6. Intern. Rice. Res. Inst., Los Baños, Laguna, Philippines.

Juliano, B.O. 1972. The rice caryopsis and its composition in D.F. Houston (edit.). Rice Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemistry, Inc. St. Paul Minnesota. P.16-74.

Juliano, B.O. 1979. The chemical basis of grain quality. Proc. workshop. chem. aspects of grain quality. Intern. Rice Res. Ins., Los Baños, Laguna, Philippines : 69-90.

Juliano, B.O. 1985. Critical and tests for rice grain qualities.. In Rice : Chemistry and Technology 2nd edition. Edited by B.O. Juliano The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, USA. p 443 - 524.

Kongseree, N. 1979. Quality test for waxy rice. Proc. workshop on chem. aspects of grain quality. Intern. Rice Res. Ins., Los Baños, Laguna, Philippines:183-190.

Little, R.R., and Dawson, E.H. 1960. Histology and chemistry of raw and cooked rice kernels. Food Res. 25:611.

Little, R.R., G.B. Hilder and E.H. Dawson. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled rice. Cereal Chem. 35:111-126 .

Moritaka, S. and K, Yasumatsu. 1972 . Eiyo to Shokuryo 25:59 cited by R.M. Villareal Resurreccion Suzuki, L.B. and Juliano, B.O. (1976) Changes in physicochemical properties of rice during storage. Die Starke 28 (3) : 88-94 .

การสร้างคำแนะนำการหุงต้มข้าวหอมมะลิไทย

งามชื่น คงเสรี

“ข้าวหอมมะลิ” เป็นข้าวเจ้าที่มีคุณภาพแตกต่างจาก “ข้าวขาว” ทั่วไปของไทย กล่าวคือ เมื่อหุงต้มเป็นข้าวสวยจะได้ข้าวสุกนุ่ม เหนียวและมีกลิ่นหอม ดังนั้น ข้าวหอมมะลิ จึงได้รับความนิยมทั้งในหมู่คนไทยและต่างประเทศ ในระหว่างปี พ.ศ.2535-2540 ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวปีละ 4.8-6.0 ล้านตัน ทั้งนี้มีส่วนแบ่งเป็น “ข้าวหอมมะลิ” 1.06-1.45 ล้านตัน หรือเป็นร้อยละ 20.8-27.4 ของปริมาณข้าวส่งออกรวม “ข้าวหอมมะลิ” ของไทยนี้ เป็นที่รู้จักในต่างประเทศว่า Jasmine rice ความนิยมที่แพร่หลายทำให้ผู้ประกอบการผลิตข้าวในต่างประเทศพยายามที่จะปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับข้าว Jasmine ของไทย อีกทั้งมีความพยายามตั้งชื่อข้าวทางการค้าให้ใกล้เคียงกัน ดังข่าวที่เคยปรากฏตามหนังสือพิมพ์และสื่อมวลชนต่าง ๆ และจากการที่ข้าวพันธุ์ดีของรัฐบาลมีคุณภาพทางกายภาพคล้ายคลึงกัน คือ เป็นข้าวเมล็ดยาวเรียว ทำให้เกิดปัญหาการปลอมปนของข้าวใน “ข้าวหอมมะลิ” ขึ้น จนมีการร้องเรียนจากผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ ในปี พ.ศ. 2540 กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ จึงได้จัดทำมาตรฐานข้าวหอมมะลิบรรจุถุงสำหรับบริโภคภายในขึ้น (6) ในปีต่อมากรมการค้าต่างประเทศ ได้ประกาศมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (Thai Hom Mali Rice) ขึ้นมาตรฐานทั้ง 2 นี้ ได้นิยามไว้ว่า **“ข้าวหอม-มะลิไทย” เป็นข้าวที่แปรรูปจากพันธุ์ข้าวหอมที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกาศรับรอง เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พันธุ์ กข15 และพันธุ์คลองหลวง1 ที่มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับว่าเป็นข้าวใหม่หรือข้าวเก่า เมื่อหุงเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดข้าวสวยจะอ่อนนุ่ม” (8)** ทั้งนี้ มีการระบุว่า ข้าวหอมมะลิต้องมีเมล็ดยาว มีความยาวของเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักโดยเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 7.0 มิลลิเมตร และมีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดไม่น้อยกว่า 3.0 ทางด้านคุณสมบัติทางเคมี มีปริมาณอมิโลส 12-19% ที่ความชื้น14% และมีการแบ่งข้าวหอมมะลิออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นดีเลิศ (Prime quality) อาจมีข้าวพันธุ์อื่นปนไม่เกิน 10% ชั้นดีพิเศษ (Superb quality) มีข้าวพันธุ์อื่นปนไม่เกิน 20% และ ชั้นดี (Premium quality) มีข้าวพันธุ์อื่นปนไม่เกิน 30% การหาปริมาณข้าวอื่นปนใช้วิธีการหาค่าการสลายเมล็ดในด่าง KOH 1.7% เนื่องจากเป็นที่ทราบกันทั่วไปว่า พันธุ์ข้าวที่นิยมนำมาผสมได้แก่พันธุ์ กข23 และชัยนาท1 ซึ่งเมล็ดข้าวมีค่าการสลายเมล็ดในด่างแตกต่างจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 และ กข15 (1)

ต่อมา พ.ศ. 2544 กรมการค้าต่างประเทศได้ปรับปรุงมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทยอีกครั้ง (9) โดยมีคำนิยามว่า **“ข้าวหอมมะลิไทย” หมายถึง ข้าวกล้องและข้าวขาวที่แปรรูปจากข้าวเปลือกเจ้า พันธุ์ข้าวหอมที่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งผลิตในประเทศไทยในฤดูนาปี และกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกาศรับรอง เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์กข15 ซึ่งมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับว่าเป็นข้าวใหม่**

หรือข้าวเก่า เมื่อหุงเป็นข้าวสวยแล้วเมล็ดข้าวสวยจะอ่อนนุ่ม " ทั้งนี้ได้ระบุให้ " สินค้าข้าวหอมมะลิไทย " ต้องมีมาตรฐาน ดังนี้

1. มีข้าวหอมมะลิไทยไม่น้อยกว่าร้อยละ 92
2. มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14
3. มีลักษณะโดยทั่วไปเป็นข้าวเมล็ดยาว มีความขาว ท้องไข่น้อยโดยธรรมชาติ
4. ไม่มีแมลงที่ยังมีชีวิตอยู่
5. มีขนาดเมล็ด ความยาวเฉลี่ยของเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก ไม่ต่ำกว่า 7.0 มม. อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยของเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักต่อความกว้างเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.2:1.0
6. คุณสมบัติทางเคมี มีปริมาณอมิโลสร้อยละ 13.0-18.0 มีค่าการสลายเมล็ดในด่าง ระดับ 6-7

ตามมาตรฐานสินค้าข้าวของไทย การกำหนดประเภทและชนิดของข้าวคำนึงถึงคุณภาพทางกายภาพเป็นหลัก เช่น พื้นข้าว ส่วนผสม สิ่งที่อาจมีปนได้ ระดับการสีและความชื้น พื้นข้าว คือ ขนาดเมล็ดข้าว แบ่งเป็น 4 ชนิด คือเมล็ดยาวชั้น 1 มีความยาวเกิน 7.0 มม. เมล็ดยาวชั้น 2 มีความยาว 6.6-7.0 มม. เมล็ดยาวชั้น 3 ยาว 6.2-6.6 มม. และเมล็ดสั้นมีความยาวน้อยกว่า 6.2 มม. สำหรับส่วนผสมนั้นประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหัก และต้นข้าว (มีขนาดระหว่างข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหัก) สิ่งที่อาจมีปนได้ในข้าวขาว ประกอบด้วย เมล็ดแดงหรือเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน เมล็ดเหลือง ท้องไข่ เมล็ดเสีย ข้าวเหนียวในข้าวเจ้า เมล็ดลีบ เมล็ดอ่อน เมล็ดวัชพืช วัตถุอื่น และข้าวเปลือก ในกรณีการพิจารณาระดับการสีแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ สีดีพิเศษ สีดี สีดีปานกลาง และสีธรรมดา โดยใช้วิธีตรวจสอบด้วยสายตาตามความงามของเมล็ดข้าว ส่วนความชื้นกำหนดให้ไม่เกิน 14% ข้าวคุณภาพดี เช่น ข้าวชนิด 100 เปอร์เซ็นต์ กำหนดให้มีพื้นข้าวเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 อยู่ในสัดส่วนสูงและสัดส่วน ดังกล่าวจะลดลงตามระดับคุณภาพที่ต้อยลง (7) ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวจึงมุ่งเน้นพันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดยาวเกิน 7.0 มม. และรูปร่างเรียว แต่ข้าวไทยไม่ว่าจะเป็นพันธุ์ดั้งเดิมหรือพันธุ์ที่ปรับปรุงขึ้นใหม่ แม้จะมีลักษณะเมล็ดคล้ายกัน แต่คุณภาพของข้าวสุกอาจแตกต่างกัน เช่น ข้าวหอมมะลิ นอกจากมีกลิ่นหอม เมื่อหุงสุกจะได้ข้าวสวยนุ่มและค่อนข้างเหนียว ข้าวชนิดขาวตาแห้ง มีข้าวสวยร่วนแต่ไม่แข็ง หรืออาจเรียกทั่วไปว่า ข้าวอ่อน สำหรับข้าวเสาไห้เป็นข้าวสวยร่วนแข็งและหุงขึ้นหม้อการที่ข้าวชนิดต่าง ๆ มีคุณภาพข้าวสุกแตกต่างกัน เนื่องจากแป้งของเมล็ดข้าวมีสัดส่วนของแป้งอมิโลสแตกต่างกัน (10) พันธุ์ข้าวอาจแบ่งข้าวสุกตามปริมาณแป้งอมิโลสเป็น 4 ประเภท คือ ข้าวเหนียว มีอมิโลส 0-5% ข้าวเจ้าอมิโลสต่ำหรือข้าวหอมมะลิมีอมิโลสต่ำกว่า 20% ข้าวเจ้าอมิโลสปานกลางหรือข้าวอ่อนมีอมิโลส 21-26% ข้าวเสาไห้หรือข้าวแข็งมีอมิโลส 26-34% ทั้งนี้แป้งส่วนที่เหลือเป็นอมิโลเปคติน (1, 11 และ 12) จากการศึกษาข้าวเจ้าพันธุ์ดีของรัฐบาลจำนวน 14 พันธุ์ ที่มีปริมาณอมิโลส 14.9-28.7% และเก็บรักษาไว้ 4-8 เดือน พบว่าอัตราส่วนน้ำหุงต้มต่อข้าวที่เหมาะสมมีความสัมพันธ์กับปริมาณอมิโลส ($r = 0.665^{**}$) แสดงว่าอัตราส่วนน้ำหุงต้มเพื่อให้ได้ ข้าวสวยที่ดีมีส่วนเกี่ยวพันกับปริมาณอมิโลส ในขณะเดียวกันมีปัจจัยอื่น ๆ เกี่ยวข้องอยู่ด้วย (3)

เมื่อศึกษาการผสมข้าว กข23 (อมิโลสปานกลาง) และชัยนาท1 (อมิโลสสูง) กับข้าวขาวดอกมะลิ105 พบว่าสัดส่วนการผสมที่เพิ่มขึ้นนอกจากจะทำให้ปริมาณอมิโลสของข้าวขาวสูงขึ้นแล้วยังมีผลทำให้ข้าวสวยมีความนุ่มและความเหนียวลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดหรือพันธุ์ข้าวที่นำมาผสม การผสมข้าวชัยนาท 1 สูงถึง 30%

ทำให้ปริมาณอมิโลสสูงเกิน 19% และอัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่เหมาะสมสำหรับการหุงต้มเพิ่มขึ้นจากการหุงต้มข้าวขาวของพันธุ์ขาวดอกมะลิล้วนๆ (4) การสร้างคำแนะนำการหุงต้มข้าวหอมมะลิให้เป็นข้าวสวยจะช่วยให้ผู้บริโภคสามารถหุงต้มข้าวได้เหมาะสม ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ข้าวหอมมะลิไทยแพร่หลายยิ่งขึ้น

การตรวจสอบคุณสมบัติน้ำแป้งระหว่างการหุงต้มด้วย เครื่อง Brabender Visco/Amylograph เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้ง พร้อมกับระบบกวน ทำให้สามารถประเมินความหนืด (Viscosity) ของน้ำแป้งในระหว่างการต้มให้สุกและทำให้เย็นลงได้ โดยวัดความหนืดของน้ำแป้งเป็นหน่วย Brabender unit (BU) โดยวัดค่าความหนืดของน้ำแป้งตั้งแต่แป้งดิบ ต้มจนแป้งสุก เคี่ยวน้ำแป้งแล้วทำให้น้ำแป้งเย็นลง จะได้เส้นกราฟ หรือ Amylogram ดังในภาพ เมื่อเพิ่มความร้อนถึงระดับหนึ่ง ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิ ณ จุดนี้เรียกว่า Pasting temperature ในขณะที่เม็ดแป้งแขวนลอยอยู่ในน้ำเม็ดแป้งจะค่อย ๆ ดูดซับน้ำไว้และพองตัวใหญ่ขึ้นพร้อม ๆ กับที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ปริมาตรของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นนี้จะเข้าแทนที่น้ำที่อยู่เป็นอิสระ (Free water) ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดแป้งลดน้อยลง และทำให้ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ และหากต้มหรือเคี่ยวน้ำแป้งต่อไป เม็ดแป้งจะยิ่งพองมากขึ้นจนผนังเซลล์ไม่สามารถทนทานได้ ก็จะแตกตัว (Rupture) สารต่าง ๆ ที่อยู่ภายในจะกระจายออกมา ทำให้ความหนืดลดลง ในช่วงแรกอัตราการพองตัวของเม็ดแป้งจะสูงกว่าการแตกตัว ทำให้ความหนืดของน้ำแป้งยังคงเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงจุดที่อัตราการพองตัวสมดุลกับอัตราการแตกตัว หลังจากนั้น อัตราการแตกตัวจะสูงกว่าการพองตัว ทำให้ความหนืดของน้ำแป้งลดลง ณ จุดที่อัตราการพองตัวสมดุลกับอัตราการแตกตัว คือ ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) แป้งสุกหรือแป้งเปียก ประกอบด้วยเม็ดแป้ง ชิ้นส่วนของเม็ดแป้ง แป้งที่มีลักษณะเป็น Colloid และโมเลกุลของแป้งที่ละลายผสมกันอยู่ เมื่อแป้งเปียกเย็นลง ส่วนผสมเหล่านี้จะเกิดการรวมตัวขึ้นใหม่หรือการคืนตัว (Retrogradation) ทำให้ความหนืดของน้ำแป้ง สูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ในการวัดค่าความหนืดของน้ำแป้งจะบันทึกข้อมูลเป็นเส้นกราฟ ค่าที่นำมาพิจารณา คือ

Gelatinization temperature	=	Pasting temperature – 3°ซ
Peak viscosity	=	ความหนืดสูงสุด
Break down	=	ความหนืดสูงสุด – ความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งเปียกที่ผ่านการเคี่ยวที่ 94°ซ
Set back	=	ความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งเปียกที่ 50°ซ – ความหนืดสูงสุด
Consistency	=	ความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งเปียกที่ 50°ซ – ความหนืดสุดท้ายของน้ำแป้งเปียกที่ผ่านการเคี่ยวที่ 94°ซ. (5)

การคาดคะเนปริมาณน้ำหุงต้มข้าว (5)

จากการทดลองนำข้าวหอมมะลิรวบรวมจากท้องตลาดที่มีตรารับรอง และไม่มีตรารับรองรวมทั้งข้าวขาวมาทดลองหุงในหม้อหุงข้าวอัตโนมัติ โดยใส่น้ำในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำ : ข้าว แตกต่างกัน และให้ผู้ประเมินให้คะแนนเพื่อหาอัตราส่วนน้ำ : ข้าวที่หุงข้าวสวยที่ได้รับคะแนนสูงสุด ซึ่งเป็นระดับน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าว จากการทดลองหุงข้าวที่รวบรวม 3 ครั้งในรอบปี คือ

ครั้งที่ 1 ระหว่างเดือนตุลาคม – ธันวาคม 2542

ครั้งที่ 2 ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม 2543

ครั้งที่ 3 ระหว่างเดือนมิถุนายน 2543

รวมทั้งสิ้น 126 ตัวอย่าง เพื่อใช้ในการสร้างสมการสำหรับคาดคะเนอัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำต่อข้าวโดยหุงต้มข้าว 300 กรัมในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของเมล็ดข้าว ดังตารางที่ 1 พบว่าเมล็ดของตัวอย่างข้าวครอบคลุมตั้งแต่ข้าวที่มีอมิโลสต่ำ (<19%) ถึงสูง (>26%) มีปริมาณโปรตีน 6.2-9.6% มีทั้งตัวอย่างที่มีค่าการสลายเมล็ดในด่างได้ดี (ในระดับ 6-7) และตัวอย่างที่เมล็ดสลายตัวได้น้อย (ระดับ <6) ซึ่งมิใช่เมล็ดข้าวหอมมะลิอยู่สูงสุดถึง 95% ตัวอย่างข้าวเหล่านี้เป็นข้าวที่มีอมิโลสสูงกว่า 24% ดังผลที่ยืนยันจากการย้อมสีเมล็ดข้าวขาวที่มีเมล็ดข้าว อมิโลสสูง (>26%) อยู่ 100% จากการตรวจสอบคุณภาพของแป้งข้าวด้วยเครื่อง Brabender viscoamylograph พบว่าแป้งข้าวมีทั้งชนิด gelatinization temperature ต่ำ (<69°ซ) และปานกลาง (70-74°ซ) มี peak viscosity แตกต่างกันพอสมควรจาก 600-1,440 BU. ค่า Set back ซึ่งเป็นค่าอธิบายถึงความแข็งกระด้างของข้าวสวย แตกต่างกันตั้งแต่ -460 ถึง ± 970 BU. แสดงว่ามีทั้งข้าวสวยนุ่มและข้าวสวยแข็งแบบเสาไห้ ค่าConsistency แสดงผลในทำนองเดียวกับค่า Set back คือมีค่า 310-870 BU. ค่า Breakdown แสดงถึงการแตกตัวของเม็ดแป้งระหว่างหุงต้ม หากมีค่าสูงจะช่วยลดความกระด้างของข้าวสวยลง ซึ่งแป้งตัวอย่างข้าวชุดนี้มีทั้งประเภทแตกตัวง่าย (870 B.U.) และไม่ค่อยแตกตัว (70 B.U.)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของข้าวบรรจุถุงที่รวบรวมจากตลาดในกรุงเทพฯ ขอนแก่น และเชียงใหม่ ในช่วง 1 ปี (2542-2543) n = 126

	ช่วง	เฉลี่ย
อมิโลส (%)	14.9-30.5	22.0
เมล็ด alk <6 (%)	0-95	25.3
เมล็ดอมิโลสสูง (%)	1-100	45.2
โปรตีน (%)	6.2-9.6	73
Brabender Viscoamylograph		
Gelatinization temp. (°C)	57.0-73.0	65.6
Peak viscosity (B.U.)	570-1,440	1,042
Set back value (B.U.)	-460 ถึง + 970	+117
Consistemcy value (B.U.)	310-870	548
Breakdown value (B.U.)	70-870	437

จากการคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำ : ข้าว กับคุณภาพต่าง ๆ ของเมล็ดและแป้งข้าว (ตารางที่ 2) พบว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักน้ำ : ข้าวที่เหมาะสม แสดงความสัมพันธ์เชิงบวก (+) กับปริมาณอมิโลส ปริมาณข้าวชนิดอื่นปน gelatinization temperature, Set back value และ Consistency value ซึ่งปริมาณอมิโลส Set back Value และ Consistency Value หากมีค่าสูงต่างมีผลทำให้ข้าวสวยแข็งระด้างมากขึ้น การหุงต้มจึงควรเพิ่มปริมาณน้ำเพื่อลดความแข็งกระด้างลง สำหรับปริมาณข้าวปนนั้น ข้าวชนิดอื่นที่นำมาปนมักเป็นเมล็ดข้าวที่มีอมิโลสสูงจึงส่งผลให้ปริมาณ อมิโลสของข้าวตัวอย่างนั้นสูงขึ้น สำหรับปัจจัย gelatinization temperature ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่ผลิตจากพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และ กข15 ซึ่งมี gelatinization temperature ต่ำ สำหรับตัวอย่างข้าวขาวที่มีอมิโลสปานกลางและสูงแต่มีทั้งชนิดที่มี gelatinization temperature ต่ำ และปานกลาง จึงทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นบวก (+) กับอัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำ : ข้าว ทำนองเดียวกับปริมาณอมิโลส

ตารางที่ 2 สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำหุงต้ม (โดยน้ำหนัก) ที่เหมาะสมกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดข้าว (n = 126)

คุณสมบัติเมล็ดข้าว	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
อมิโลส	0.852**
ปริมาณข้าวชนิดอื่นปน	
การสลายเมล็ดในด่าง	0.700**
ย้อมสี	0.840**
โปรตีน	ns
น้ำหนัก/ปริมาณ	ns
ความขาว	0.251**
Brabender viscoamylograph	
Gelatinization temperature	0.753**
Peak viscosity	- 0.529*
Set back value	0.874**
Consistency value	0.853**
Breakdown value	- 0.731**

1. การใช้ปัจจัยอมิโลสเพียงอย่างเดียว ได้สมการ

$$W = 0.62 + 0.0626\,A \qquad \text{โดยมีค่า} \quad R^2 = 0.73^{**}$$

เมื่อ W = อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำหุงต้ม : ข้าว

A = ปริมาณอมิโลสในข้าวขาว เป็น %

R = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จากสมการข้างต้นหากใช้ปริมาณอมิโลสเพียงปัจจัยเดียวสามารถใช้ในการคาดคะเนหาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำ : ข้าวที่เหมาะสม โดยได้ค่าใกล้เคียง 73% (พิจารณาจากค่า R^2) ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่ออัตราส่วนน้ำหุงต้มอยู่

2. การใช้ปัจจัยคุณสมบัติของน้ำแป้ง

Brabender viscoamylograph เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของแป้งข้าวในระหว่างการต้มสุกและเย็นลง การประเมินคุณภาพแป้งต้มสุกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้ง ซึ่งช่วยประเมินค่าต่าง ๆ ดังนี้ ค่า gelatinization temperature เป็นค่าอุณหภูมิที่แป้งเริ่มสุก (gelatinized)ทำให้ความหนืด (viscosity) เริ่มสูงขึ้น ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งเมื่อต้มสุก เมื่อเม็ดแป้งพองเต็มที่แล้วหากต้มต่อไปจนถึงที่ 94°ซ. เม็ดแป้งจะเกิดการแตกตัว ทำให้ความหนืดลดลง ดังนั้น ความหนืดที่ลดลงจากจุดสูงสุดมายังความหนืดที่ 94°ซ. คือค่า Break down ซึ่งแสดงถึงความง่ายในการแตกตัวของเม็ดแป้งระหว่างการต้มหรือเคี่ยว ผลดังกล่าวย่อมช่วยให้ข้าวสุกมีความแข็งลดลง เมื่อลดอุณหภูมิของน้ำแป้งลงจนถึง 50°ซ แป้งบางส่วนโดยเฉพาะอมิโลสจะเกิดสภาวะคืนตัว (retrograde) ทำให้ความหนืดของน้ำแป้งเปียกเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง การเพิ่มขึ้นของความหนืดจากสภาพร้อน (94°ซ.) มาเป็นสภาพอุ่น (50°ซ.) คือ ค่า Consistency ซึ่งหากมีค่ามากย่อมมีผลให้ข้าวสวยแข็งตัวเร็วและกลายเป็นข้าวร่วนแข็ง นอกจากนี้ความแตกต่างของความหนืดสูงสุด กับความหนืด ที่ 50°ซ หรือค่า Set back อธิบายถึงความแข็งของข้าวสวยเช่นกัน จากการใช้ค่าต่าง ๆ ที่ประเมินได้ด้วยเครื่อง Brabender Viscoamylograph มาสร้างสมการหาอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำ : ข้าว จะได้

$$W = -0.28 + 0.0292GT + 0.000002PV + 0.0003SB + 0.0007CC - 0.0002BD \quad : R^2 = 0.77^{**}$$

จะเห็นว่าการใช้เครื่อง Brabender Viscoamylograph สามารถนำค่าต่างๆ ที่วัดได้มาคำนวณหาอัตราส่วน น้ำ : ข้าว ที่เหมาะสมในการหุงต้มข้าวได้เช่นกัน โดยได้ค่าใกล้เคียง 77% ค่าต่าง ๆ ของคุณภาพน้ำแป้งเหล่านี้ เมื่อนำมาคาดคะเนหาอัตราส่วนน้ำ : ข้าว จะได้ผลดีกว่าการใช้ปัจจัยอมิโลส อย่างเดียว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้าวที่รวบรวมได้มาจากช่วงต่างๆ ในรอบปี มีทั้งข้าวเก่าและข้าวใหม่ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเป็นข้าวเก่ามิได้ทำให้ปริมาณอมิโลสเปลี่ยนแปลง แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพข้าวสวย ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งข้าวเอง (2)

3. การใช้ปัจจัยอมิโลสร่วมกับคุณสมบัติน้ำแป้ง

การรวมปัจจัยอมิโลส และคุณสมบัติของน้ำแป้งที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง Brabender Viscoamylograph มาคำนวณหาสมการถดถอยเพื่อคาดคะเนอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำ : ข้าว ที่เหมาะสม ได้สมการ

$W = 0.12+0.0277A+0.0160GT+0.0001PV+0.00005SB+0.0005CC-0.0005BD: R^2 = 0.79^{**}$

จากค่า R^2 พบว่าค่า R^2 สูงขึ้นเล็กน้อย

การทดสอบความแม่นยำการคำนวณอัตราส่วนน้ำหุงต้ม เมื่อทดลองเอาสมการถดถอยทั้ง 3 มาคำนวณหาอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ระหว่างน้ำ : ข้าวที่เหมาะสมมาเปรียบเทียบกับผลการประเมินโดยประสาทสัมผัส พบว่าการใช้ปัจจัยอมิโลสเพียงอย่างเดียว มีความผิดพลาดของน้ำ 0.01-0.28 เท่าของน้ำหนักข้าว ในขณะที่นำผลการคาดคะเนโดยใช้สมการถดถอยของคุณสมบัติน้ำแป้งระหว่างการหุงต้มมีความผิดพลาด 0.01-0.44 เท่าโดยน้ำหนักข้าว หากใช้สมการจากการใช้สมการถดถอยจากปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณอมิโลสและคุณสมบัติของน้ำแป้ง มาคาดคะเนอัตราส่วนของน้ำสามารถลดค่าผิดพลาดเหลือ 0.02-0.18 เท่าโดยน้ำหนักข้าว (ตารางที่ 3) แสดงว่ายังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่ออัตราส่วนน้ำหุงต้มในบางตัวอย่างสูงพอสมควร จึงเปรียบเทียบความชอบของผู้ประเมินต่อข้าวสวยที่หุงต้มโดยใส่น้ำเหมาะสม 2 อัตรา คือ ได้จากการคัดเลือกของผู้ประเมินเอง และจากการคำนวณด้วยสมการถดถอย

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำหุงต้มที่เหมาะสมที่ได้จากการประเมินโดยตรงกับการคำนวณจากสมการถดถอย

ตัวอย่าง	ค่าจากการประเมิน	ค่าจากสมการถดถอย					
		1		2		3	
		คำนวณ	ผลต่าง	คำนวณ	ผลต่าง	คำนวณ	ผลต่าง
1	1.50	1.78	-0.28	1.94	-0.44	1.66	-0.16
2	1.83	1.70	0.13	1.80	0.03	1.72	0.11
3	1.81	1.68	0.13	1.82	-0.01	1.73	0.08
4	1.88	1.69	0.19	1.78	0.10	1.71	0.17
5	1.75	1.68	0.07	1.72	0.03	1.81	-0.06
6	1.55	1.61	-0.06	1.56	-0.01	1.49	0.06
7	1.66	1.67	-0.01	1.72	-0.06	1.63	0.03
8	1.79	1.70	0.09	1.83	-0.04	1.61	0.18
9	1.77	1.71	0.06	1.88	-0.11	1.75	0.02
10	1.75	1.65	0.10	1.70	0.05	1.79	-0.04
R^2		0.73		0.77		0.79	

หมายเหตุ : ปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณหาสมการถดถอย

1 : อมิโลส

2 : GT, PV, SB, CC และ BD

3 : อมิโลส, GT, PV, SB, CC และ BD

ตารางที่ 4 คุณภาพข้าวสวยจากการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสเมื่อหุงต้มด้วยอัตราส่วนน้ำที่คัดเลือกจากการประเมิน และจากการคำนวณด้วยสมการถดถอย

ตัวอย่าง	จากการประเมิน		จากการคำนวณ*	
	อัตราส่วนน้ำ	คะแนนความชอบ	อัตราส่วนน้ำ	คะแนนความชอบ
1	1.81	6.58	1.68	6.50
2	1.88	6.43	1.69	6.60
3	1.75	7.10	1.65	6.75
4	1.50	7.80	1.94	6.83
5	1.83	6.68	1.72	6.93

ตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 ปัจจัยที่ใช้คำนวณสมการถดถอย คือ อมิโลส

ตัวอย่างที่ 4 ปัจจัยที่ใช้คำนวณสมการถดถอย คือ GT, PV, SB, CC และ BD

ตัวอย่างที่ 5 ปัจจัยที่ใช้คำนวณสมการถดถอย คือ อมิโลส GT, PV, SB, CC และ BD

ผลปรากฏว่า ข้าวสวยที่หุงด้วยน้ำตามอัตราที่คำนวณได้ ผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในระดับที่แตกต่างจากข้าวสวยที่หุงด้วยอัตราน้ำเหมาะสมที่ผู้ประเมินคัดเลือกไว้เพียงเล็กน้อย โดยคะแนนความชอบอยู่ระดับ 6.5 – 6.9 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้-ดี (ตารางที่ 4) ดังนั้นสมการถดถอยที่ใช้ในการคาดคะเนอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำ : ข้าว สามารถนำมาใช้ได้ผลดีพอสมควร

การหุงข้าวหอมมะลิปริมาณต่างกัน

สมการถดถอยที่ได้สามารถนำมาคำนวณหาอัตราส่วนน้ำหุงต้มที่เหมาะสมโดยน้ำหนักได้ แต่สมการถดถอยที่ได้นี้พัฒนาจากพื้นฐานการหุงต้มข้าวปริมาณ 300 กรัม แต่ในการปฏิบัติ การหุงต้มข้าวปริมาณมากกว่านี้ เพื่อรักษาอัตราส่วนน้ำหุงต้มเท่าเดิมย่อมต้องเพิ่มปริมาณน้ำตามสัดส่วนของข้าว การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำและข้าวที่หุงต้มจนกว่าจะเดือดย่อมใช้เวลานานกว่า ทำให้ระยะเวลาต้มข้าวและอัตราการระเหยของน้ำเปลี่ยนไป ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพข้าวสุกเนื่องจากปริมาณน้ำที่เมล็ดข้าวดูดซับไว้เปลี่ยนแปลงไป ตัวอย่างข้าวหอมมะลิที่ได้รับตรามาตรฐานที่รวบรวมได้เมื่อหุงต้มที่อัตราส่วนน้ำหุงต้มที่เหมาะสมพบว่าเมล็ดข้าวสวยดูดซับน้ำไว้ 135-145% ดังนั้นการพัฒนาต่อไปจึงพิจารณาปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับในระดับดังกล่าวเป็นเกณฑ์ตัดสิน จากการหุงต้มข้าวในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาดความจุ 1 ลิตร โดยใส่น้ำ 1.7 เท่าของน้ำหนักข้าว เมื่อหุงต้มข้าวปริมาณต่างกัน พบว่า การหุงต้มข้าว 300 กรัม ข้าวสวยดูดซับน้ำไว้ 144% จากปริมาณน้ำเติมลงไป 170% โดยข้าวสวยมีความชื้น 65.17% แต่เมื่อหุงข้าวเพียง 100 กรัม ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับไว้มีเพียง 110% และมีความชื้น 60.2% (ภาพที่ 1) กล่าวคือ สัดส่วนของน้ำระเหยไปในระหว่างการต้มข้าวมีสูงเมื่อหุงข้าวปริมาณน้อย ๆ ในทางตรงข้าม การหุงต้มข้าว 500 กรัม ข้าวดูดซับน้ำไว้สูงถึง 156% และมีความชื้น 67.2% สัดส่วนของน้ำที่ถูกดูดซับเกินกว่า การหุงต้ม 300 กรัม หรือในข้าวสวยนี้มีน้ำอยู่เกินอัตราที่เหมาะสม 12% น้ำส่วนเกินนี้ไม่ควรใส่ลงไปเมื่อเริ่มต้นการหุงต้ม ดังนั้นจึงควรปรับอัตราส่วนน้ำหุงต้ม ดังในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การหุงต้มข้าวหอมมะลิ ปริมาณต่างกัน

น้ำหนักข้าวสาร (กรัม)	อัตราส่วนน้ำ : ข้าวที่เหมาะสม (เท่า)	ความชื้นข้าวสวย %
100	2.04	64.4
200	1.81	64.7
300	1.70	62.2
400	1.65	62.0
500	1.58	62.0
600	1.55	60.5

การพัฒนาคำแนะนำการหุงต้มข้าวหอมมะลิไทยระบบตวง

อัตราส่วนน้ำหุงต้มที่คำนวณได้จากสมการถดถอยจะเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนักของข้าว ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมสำหรับแนะนำผู้บริโภคทั่วไป หลักการที่จะสร้างคำแนะนำการหุงต้มนั้นควรใช้วิธีการตวงโดยปริมาตร จึงทำการพัฒนาต่อไปจากการทดสอบใช้ถ้วยตวงของหม้อหุงข้าวขนาด 1 ลิตร ตวงข้าวและน้ำ 10 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย พบว่าข้าวขาว 1 ถ้วย มีน้ำหนัก 136.35 กรัม และน้ำ 1 ถ้วย มีน้ำหนัก 171.75 กรัม ดังนั้นจึงทดลองตวงข้าวและชั่งหาน้ำหนักเพื่อคำนวณหาอัตราส่วนน้ำหุงต้ม หลังจากนั้นจึงทำการซาวล้างข้าว 2 ครั้ง ตามวิธีการหุงต้มข้าวของแม่บ้านทั่วไป ในการล้างครั้งสุดท้ายให้รินน้ำล้างออกให้มากที่สุด และชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการที่ข้าวดูดซับน้ำไว้แล้วจึงเติมน้ำให้ครบตามปริมาณน้ำที่คำนวณได้ จากปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมนี้ให้คำนวณเป็นสัดส่วนของถ้วยตวงดังผลในตารางที่ 6 การหุงข้าวเพียง 1 ถ้วยตวงในหม้อไฟฟ้าขนาด 1 ลิตร ซึ่งมีน้ำหนักข้าว 136.4 กรัม อัตราส่วนน้ำหุงต้มควรเป็น 2.0 เท่าของน้ำหนักข้าว คือ 272.8 กรัม เมื่อล้างข้าวน้ำส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับไว้ คือ 57.6 กรัม ดังนั้นจึงต้องเติมน้ำเพิ่มอีก 215.2 กรัม ปริมาณน้ำดังกล่าวนี้เทียบเท่ากับ 1.25 ถ้วยตวง ในทำนองเดียวกัน การหุงข้าว 2, 3, 4 และ 5 ถ้วยตวง ต้องตวงน้ำใส่เพิ่มอีก 1.95, 2.75, 3.70 และ 4.58 ถ้วยตวงตามลำดับ ทั้งนี้ข้าวสวยที่หุงสุกจะดูดซับน้ำไว้ 127-146% และมีความชื้น 58.3-61.5% ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับการใช้วิธีการชั่งน้ำหนัก ที่ดำเนินการมาก่อนหน้านี้ บางตัวอย่างแม้ปริมาณความชื้นในข้าวต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมที่สุด แต่ความแตกต่างเพียงเล็กน้อยซึ่งพอที่จะยอมรับได้ ทั้งนี้ยืนยันจากคุณภาพของข้าวสวยที่ได้จากตรวจพินิจ

ตารางที่ 6 การหุงต้มข้าวปริมาณต่าง ๆ โดยปรับเป็นถ้วยตวง

ปริมาณข้าว (ถ้วย)	น้ำหนักข้าว (กรัม)	อัตราส่วนน้ำหุงต้ม (เท่า)	น้ำหนักน้ำหลังซาวข้าว (กรัม)	เติมน้ำเพิ่ม		% น้ำที่ข้าวดูดซับ (%)	ความชื้นข้าวสุก (%)
				กรัม	ถ้วยตวง		
การหุงต้มในหม้อไฟฟ้าขนาด 1 ลิตร							
1	136.4	2.00	57.6	215.2	1.25	127	61.5
2	272.7	1.70	129.0	334.6	1.95	130	59.7
3	409.1	1.65	202.9	472.1	2.75	137	58.3
4	545.4	1.58	225.6	636.1	3.70	146	61.0
5	681.7	1.55	271.0	785.6	4.58	144	60.1

ในระบบการใช้ถ้วยตวงนั้น การแบ่งปริมาตรของถ้วยตวงต่าง ๆ มักแบ่งเป็นช่วงเช่น 1/4 , 1/3, 1/2 และ 1 ถ้วย ดังนั้น การแนะนำผู้บริโภคใช้ระบบตวงในการหุงต้มข้าวหอมมะลินั้น จึงควรปรับปริมาณน้ำให้เหมาะสมกับถ้วยตวงดังแสดงในตารางที่ 7 จากปริมาณน้ำหุงต้มที่คำนวณได้จากการหุงต้มข้าวโดยไม่ต้องซาวล้างข้าวก่อน และมีการล้างข้าวก่อนเติมน้ำซึ่งในกรณีล้างข้าวก่อนปริมาณน้ำที่เติมจะน้อยกว่าไม่ต้องล้างข้าวเพราะข้าวได้ดูดซับน้ำไว้บางส่วน

ตารางที่ 7 คำแนะนำการหุงต้มข้าวหอมมะลิ

ปริมาณข้าว (ถ้วย)	น้ำหุงต้มที่คำนวณได้		น้ำหุงต้มที่แนะนำ	
	ไม่ล้างข้าว (ถ้วย)	ล้างข้าว (ถ้วย)	ไม่ล้างข้าว	ล้างข้าว
การหุงข้าวในหม้อไฟฟ้าขนาด 1 ลิตร				
1	1.6	1.2	1 1/2- 2 2/3	1 1/4
2	2.7	2.0	2 3/4	2
3	3.9	2.7	3 3/4-4	2 3/4
4	5.0	3.7	5	3 3/4
5	6.2	4.6	6 1/4	4 2/3

หมายเหตุ 1 ถ้วยตวง = 176.3 มล.

บรรณานุกรม

งามชื่น คงเสรี (2541) มาตรฐานสินค้าเกษตร : ข้าวหอมมะลิและวิธีการตรวจสอบ การสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง “ อนาคตข้าวไทยจะเป็นอย่างไร ” โรงแรมหลุยส์แทรเวิร์น กทม. วันที่ 11-12 มิถุนายน 2541.

งามชื่น คงเสรี พูลศรี สว่างจิต สุนันทา วงศ์ปิยชน อัญชลี คร้ามศรี และ ประนอม มงคลบรรจง (2535). การเปลี่ยนแปลงคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวขาวดอกมะลิ105 ในระหว่างการเก็บรักษา วารสารวิจัยข้าว 1 (1) : 4-22.

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน พูลศรี สว่างจิต ประนอม มงคลบรรจง และ จันทนา สรสิริ (2536). ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้มข้าวสาร การสัมมนาวิชาการ การพัฒนาข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ณ โรงแรมรามาการ์เด้น กทม. วันที่ 23-25 มีนาคม 2536.

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน และ พูลศรี สว่างจิต (2542). คุณภาพข้าวสุกจากการผสมข้าว กข23 และชัยนาท1 ในขาวดอกมะลิ105 วารสารกรมวิชาการเกษตร (กำลังจัดพิมพ์).

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน และประนอม มงคลบรรจง (2545). การหาเอกลักษณ์ของข้าวหอมมะลิไทย พร้อมรับประทาน. รายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ 105 หน้า.

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน และประนอม มงคลบรรจง (2540). การรับรองมาตรฐานข้าวหอมะลิบรรจุถุงจำหน่ายภายในประเทศ ประกาศกรมการค้าภายใน วันที่ 21 มกราคม 2540.

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน และประนอม มงคลบรรจง (2540). ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ.2540 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114 ตอนที่ 31ง วันที่ 17 เมษายน 2540.

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน และประนอม มงคลบรรจง (2541). ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย พ.ศ. 2541. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 115 ตอนพิเศษ 15 ง วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2541.

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน และประนอม มงคลบรรจง (2544). ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย พ.ศ. 2544. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 118 ตอนพิเศษ 109 ง วันที่ 2 พฤศจิกายน 2544.

Juliano, B.O. (1972). The Rice Caryopsis and Its Composition in Rice Chemistry and Technology 1st ed. D.F.Houston. Am. Assoc. Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN. p16-74.

มาตรฐานข้าว

งามชื่น คงเสรี

ในบรรดาผู้ส่งออกข้าว ประเทศไทยสามารถครองตำแหน่งเป็นผู้ส่งออกอันดับ 1 ของโลกติดต่อกันมากว่าสิบปี จากข้อมูลของกรมการค้าต่างประเทศ ในระหว่างปี พ.ศ. 2540-2542 ไทยสามารถส่งออกข้าวประมาณ 5.272-6.689 ล้านตันข้าวสาร คิดเป็นมูลค่า 60,619-85,019 ล้านบาท ในส่วนนี้ เป็นข้าวหอม 1.061-1.449 ล้านตันข้าวสาร ตามรายงานของ IRRI ในปี ค.ศ. 1985 (10) ข้าวในตลาดโลกแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. ข้าวสารเมล็ดยาว คุณภาพสูง (Predominantly indica, high quality, long grain, raw milled rice)

ข้าวสารเมล็ดยาว คุณภาพสูง จะขายได้ราคาสูง และมีส่วนแบ่งหนึ่งในสี่ของตลาดโลก ผู้นำเข้าเป็นประเทศ ร่ำรวยในแถบยุโรปตะวันตก ตะวันออกกลาง ทะเลคาริเบียน และ เอเชีย ผู้ส่งออกที่สำคัญ คือ ไทย และสหรัฐอเมริกานอกจากนี้ยังมีผู้ส่งออกรายย่อยอีก คือ อุรุกวัย อาร์เจนตินา สุรีนัม ในยุโรปตะวันออกมีเมือง Rotterdam ประเทศ เนเธอร์แลนด์ เป็นศูนย์กลางการค้าข้าวในสหรัฐอเมริกา การสีข้าวและการเก็บรักษาข้าวจะอยู่ภายใต้การแนะนำของรัฐทำให้ข้าวมีสุขลักษณะ และความสะอาดเทียบเท่าอาหารส่งออกและไม่ต้องทำความสะอาดหรือล้างก่อนการหุงต้ม ชาวยุโรปและอเมริกา ผู้บริโภคไม่นิยมล้างข้าวก่อนการหุงต้มเนื่องจากการล้างข้าวทำให้สูญเสียวิตามินและเกลือแร่ไปกับน้ำที่ล้าง

ข้าวกล้องหรือ "Cargo" หรือ " Loonzain " rice มักนำเข้าสู่ตลาดยุโรปเพื่อทำการสีต่อเป็นข้าวสารทั้งนี้ สิ่งที่เหลือจากการสี เช่น รำ คัพภะ (Germ) และข้าวหักสามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์อื่น ต่อไป ข้าวกล้องส่งออกส่วนใหญ่จะเป็นข้าวเมล็ดยาวคุณภาพดี ข้าวกล้องจากสหรัฐอเมริกา อุรุกวัย และอาร์เจนตินา จะมีคุณภาพดี มีความสม่ำเสมอ และขายในราคาใกล้เคียงกัน สำหรับข้าวจากไทยเป็นข้าวผสมและขายในราคาต่ำกว่า

2. ข้าวสารเมล็ดยาว คุณภาพปานกลาง (Predominantly indica, medium quality, long grain, raw milled rice)

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ที่สุด ซึ่งมีข้าว 5% - 25% และยังมีประเทศเวียดนาม จีน พม่า ปากีสถาน เป็นผู้ส่งออก ตลาดรับซื้อ คือ ประเทศในเอเชีย เช่น อินโดนีเซีย และ มาเลเซีย ยุโรป ตะวันออกกลาง และอัฟริกาตะวันตก

3. ข้าวสารเมล็ดสั้น/ปานกลาง (Japonica short or medium rain, raw milled rice)

ผู้ส่งออก คือ ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา (California) ไต้หวัน จีน และอิตาลี ข้าวเมล็ดปานกลางและสั้นเหล่านี้ มักมีลักษณะข้าวสุกค่อนข้างเหนียวติดกัน และเป็นที่นิยมในประเทศแถบอบอุ่นที่มีอากาศหนาว เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี เป็นต้น

4. ข้าวนึ่ง (Parboiled rice)

ประเทศไทย แม้ประชาชนจะไม่บริโภคข้าวนึ่ง แต่มีการผลิตข้าวนึ่งเพื่อส่งออก ในตลาดโลกมีข้าวนึ่ง 2 ประเภท คือ ข้าวนึ่งที่ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีดั้งเดิมเป็นข้าวนึ่งคุณภาพต่ำ และส่งออกไปยังประเทศบังคลาเทศ ศรีลังกา และประเทศแถบอัฟริกาตะวันตก ข้าวนึ่งชนิดนี้เมื่อสีเป็นข้าวสารจะมีสีเหลืองเข้มและมีกลิ่นเฉพาะ ข้าวนึ่งชนิดคุณภาพดีผ่านระบบการผลิตที่ถูกสุขลักษณะ มีกลิ่นอ่อน ประเทศผู้ผลิตสำคัญ คือ สหรัฐอเมริกาและไทย และมีการขยายการผลิตสู่ประเทศอัฟริกาใต้ แคนาดา และยุโรปตะวันตก

5. ข้าวหอม (Aromatic rice)

ในตลาดโลกมีการส่งออกข้าวหอม 2 ชนิดคือ ข้าวบาสมาติ (Basmati) จากปากีสถานและอินเดีย และข้าวหอมมะลิของไทย สำหรับสหรัฐอเมริกา มีการปลูกข้าวหอม เช่น พันธุ์ Della ซึ่งขายในชื่อ Texmati, Pacan rice, Della aromatic และมีการส่งออกในสภาพการบรรจุขนาดเล็ก (Consumer - size package)

6. ข้าวเหนียว (Waxy or Glutinous or sweet rice)

ไทยมีการส่งออกข้าวเหนียวบ้าง ซึ่งส่วนใหญ่ส่งออกไปสู่ประเทศลาว

มาตรฐานสินค้าข้าว

ตลาดข้าวคุณภาพดีเป็นตลาดที่ข้าวมีราคาสูง ข้าวแต่ละประเภทยังแบ่งเป็นระดับคุณภาพต่างๆ การที่จะพิจารณาคุณภาพข้าวในด้านการค้า ประเทศส่งออกแต่ละประเทศจะกำหนดมาตรฐานสำหรับการซื้อขายขึ้น โดยแบ่งชนิดคุณภาพหรือเกรดต่างๆ ไว้ สำหรับประเทศไทย การแบ่งชนิดคุณภาพข้าวเป็นไปตามข้อกำหนดในประกาศกระทรวงพาณิชย์ ซึ่งมีการปรับปรุงประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าวขึ้นใหม่ในปี พ.ศ. 2540 (7) ตามมาตรฐานดังกล่าวพิจารณาชนิดคุณภาพข้าวยึดถือคุณภาพและองค์ประกอบทางกายภาพที่สามารถตรวจสอบด้วยตาเป็นหลัก ดังต่อไปนี้

1. พื้นข้าว คือ ปริมาณของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก ขนาดต่างๆ ที่ผสมรวมอยู่ ข้าวเต็มเมล็ดเหล่านี้แบ่งตามความยาวของเมล็ดออกเป็น 4 ขนาด คือ

เมล็ดยาว ชั้น 1	มีขนาด	ยาวกว่า 7.0 มม.
เมล็ดยาว ชั้น 2	"	6.6 - 7.0 มม.
เมล็ดยาว ชั้น 3	"	6.2 - 6.6 มม.
เมล็ดสั้น	"	สั้นกว่า 6.2 มม.

ทั้งนี้ ข้าวคุณภาพดี กำหนดให้มีสัดส่วนของเมล็ดยาว ชั้น 1 มาก และปริมาณของเมล็ดยาว ชั้น 1 นี้จะน้อยลงเมื่อเกรดข้าวต่ำลง เช่น ข้าวขาว 100% ชั้น 1 ต้องมีเมล็ดยาวชั้น 1 มากถึง 70% ขึ้นไป โดยจำกัดปริมาณข้าวเมล็ดสั้นไม่เกิน 5% ตามมาตรฐานสินค้าข้าวนี้ไม่มีการกำหนดรูปร่างของเมล็ด แต่ข้าวไทยที่เข้าสู่ระบบการค้าจะเป็นข้าวเมล็ดเรียวเป็นส่วนใหญ่ สำหรับข้าวของสหรัฐอเมริกามีการกำหนดขนาดและรูปร่างเมล็ด ดังนี้

	เมล็ดยาว มม.	**ความยาว/ความกว้าง (L/W)**
Long grain	6.61 - 7.5	> 3.0
Medium grain	5.51 - 6.6	2.1 - 3
Short grain	≤ 5.5	≤ 2.1

2. ส่วนผสม คือ อัตราส่วนผสมของข้าวเต็มเมล็ด (ที่มีความยาวตั้งแต่ 9/10 ของเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก) ต้นข้าว ข้าวหักขนาดต่างๆ ทั้งนี้ ต้นข้าวและข้าวหักยังมีขนาดแตกต่างกันตามเกรดของข้าว หากแบ่งความยาวของเมล็ดข้าวเต็มเมล็ดออกเป็น 10 ส่วน ขนาดของต้นข้าวและข้าวหักของข้าวเกรดต่างๆ มีขนาดดังนี้

ชนิดของข้าวขาว	**ต้นข้าว (ส่วน)**	**ข้าวหัก (ส่วน)**
ข้าว 100% ชั้น 1, 2 และ 3	≥ 8	5 - 8
ข้าว 5%	≥ 7.5	3.5 - 7.5
ข้าว 10%	≥ 7	3.5 - 7
ข้าว 15%	≥ 6.5	3 - 6
ข้าว 25 - 45%	≥ 5	< 5

จะเห็นว่า ข้าวคุณภาพสูงนอกจากกำหนดให้พื้นข้าวมีปริมาณเมล็ดยาวมาก ขนาดของต้นข้าวและข้าวหักยังยาวกว่าข้าวเกรดต่ำกว่าอีกด้วย สำหรับการแบ่งเกรดข้าวที่ระบุเป็น % หากเป็นข้าว 100% ซึ่งเป็นข้าวคุณภาพดี จะมีความหมายว่า เป็นข้าวที่มีปริมาณข้าวหักน้อย คือ ไม่เกิน 5% (4 - 5%) แต่สำหรับเกรดข้าวต่ำกว่านี้ ความหมายของ % นอกจากจะหมายถึงปริมาณข้าวหักที่ปนอยู่โดยประมาณ เช่น ข้าว 5% มีข้าวหัก 5±2% (หรือไม่เกิน 7%) ยังบอกถึงปริมาณข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ลดลงตาม % ที่เพิ่มขึ้น

3. สิ่งที่อาจมีปนได้ ประกอบด้วย

- เมล็ดแดงและเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐานการกำหนดในข้าวแต่ละเกรด (Red kernel and Under milled kernel) เมล็ดแดงเกิดจากเมล็ดข้าวที่มีรำสีแดงหุ้มอยู่ทั้งเมล็ดหรือติดอยู่บางส่วน
- เมล็ดเหลือง (Yellow kernel) คือ เมล็ดข้าวที่มีบางส่วนของเมล็ดกลายเป็นสีเหลืองอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากการเก็บข้าวไว้นาน หรือข้าวนึ่งที่ปนอยู่ในข้าวขาว
- ท้องไข่ (Chalky kernel) คือ เมล็ดข้าวเจ้าที่มีสีขุ่นขาวเหมือนชอล์คมีเนื้อที่ตั้งแต่ 50% ขึ้นไป
- เมล็ดเสีย (Damaged kernel) คือ เมล็ดข้าวที่เสียอย่างชัดเจนที่เกิดจากความชื้น ความร้อน เชื้อรา แมลงและอื่น ๆ
- ข้าวเหนียว - ข้าวเจ้า (Glutinous-white rice) มีการกำหนดปริมาณการปนของเมล็ดข้าวเหนียวในมาตรฐานข้าวขาว ข้าวกล้อง และข้าวนึ่ง และปริมาณข้าวเจ้าในข้าวเหนียว
- ข้าวเมล็ดดำ (Black kernel) คือ เมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีดำ หรือสีน้ำตาลแก่ทั้งเมล็ด ซึ่งกำหนดปริมาณไว้ในมาตรฐานข้าวนึ่ง
- ข้าวเมล็ดดำบางส่วน (Partly black kernel) คือ เมล็ดข้าวนึ่ง ที่เป็นสีดำ หรือสีน้ำตาลแก่ ตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่เต็มเมล็ด ซึ่งกำหนดไว้ในมาตรฐานข้าวนึ่ง
- ข้าวเมล็ดจุดดำ (Peck kernel) หมายถึง เมล็ดข้าวนึ่งที่มีสีดำหรือสีน้ำตาลแก่ ไม่ถึง 2.5 ส่วน ซึ่งกำหนดไว้ในมาตรฐานข้าวนึ่ง
- เมล็ดลีบ เมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น มีการกำหนดสิ่งเหล่านี้ในมาตรฐาน ข้าวขาว ข้าวกล้อง ข้าวเหนียว และข้าวนึ่ง ยกเว้นข้าวหักต่างๆ
- ข้าวเปลือก (Paddy) การกำหนดปริมาณข้าวเปลือกในข้าวขาว ข้าวเหนียว และข้าวนึ่ง จะจำกัดเป็นจำนวนเมล็ดต่อน้ำหนักข้าว 1 กิโลกรัม สำหรับในข้าวกล้องจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์

4. ระดับการสี (Milling degree) กำหนดระดับการสี เป็น 4 ระดับ คือ สีดีพิเศษ สีดี สีดีปานกลาง และ สีธรรมดา

5. ความชื้น ไม่เกิน 14% เมื่อมีการส่งออกข้าวจะทำการตรวจสอบมาตรฐานสินค้าข้าว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างระหว่างการบรรจุหรือขนข้าวลงเรือ เมื่อได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทน จึงนำมาคลุกเคล้ากัน จากนั้นจึงทำการแบ่งตัวอย่าง เพื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ให้ตรงตามมาตรฐานข้าวแต่ละชนิด ดังรายละเอียดในตารางที่ 1-6 โดยพิจารณาคุณลักษณะที่กำหนด ดังนี้

1. **พื้นข้าว** สุ่มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก 100 เมล็ด และวัดความยาวโดยใช้ micrometer หรือ vernier ที่สามารถวัดได้ละเอียด 0.01 มม. เพื่อแบ่งเป็นชั้นตามความยาวของเมล็ด
2. **ส่วนผสม** นำส่วนของข้าว 100 กรัม มาคัดแยกข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว และข้าวหักขนาดต่างๆ ตรวจสอบความยาวของข้าวหักและต้นข้าวตามที่กำหนดในข้าวแต่ละเกรด สำหรับข้าวหักซีวันแยกโดยการร่อนผ่านตะแกรงโลหะรูกลมเบอร์7 ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.75 มม. (0.069 นิ้ว) และหนา 0.79 มม.
3. **ข้าวและสิ่งที่อาจมีปน** จะทำการตรวจสอบด้วยตาหรือตรวจพินิจจากข้าว 100 กรัม
4. **ระดับการสี** การตรวจสอบใช้วิธีตรวจพินิจด้วยสายตาจากผู้ชำนาญ
5. **ความชื้น** ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความชื้น

เนื่องจากกลุ่มผู้บริโภคแต่ละกลุ่มจะชอบข้าวแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความคุ้นเคย เช่น ประชากรในแถบประเทศร้อน เช่นอินเดีย ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย ศรีลังกา เวียดนาม มาเลเซีย และไทย นิยมข้าวที่ค่อนข้างร่วนกระจาย แต่ผู้อาศัยอยู่ในประเทศหนาว เช่น ชาวญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ฮ่องกง และจีนตอนเหนือ ชอบข้าวสุกนุ่มเหนียวติดกันเป็นก้อน ข้าวไทยแม้จะมีเมล็ดข้าวยาวเรียวเป็นส่วนใหญ่ (เนื่องจากมาตรฐานของกระทรวงพาณิชย์กำหนดข้าวคุณภาพดีต้องมีพื้นข้าวเมล็ดยาวเป็นหลัก) แต่เมื่อหุงต้มเป็นข้าวสวยจะมีคุณภาพแตกต่างกัน เช่น ข้าวเหนียว ข้าวเจ้านุ่มเหนียว (ข้าวหอมมะลิ) ข้าวอ่อนหรือข้าวขาวตาแห้ง และข้าวแข็งหุงขึ้นหม้อหรือข้าวเสาไห้ (1, 2 และ 3) ความแตกต่างด้านคุณภาพข้าวสุกนี้เกิดขึ้นจากองค์ประกอบของแป้งในเมล็ดข้าว ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดปนกันอยู่ คือ อมิโลเปคตินและอมิโลส (Amylopectin and amylose) แป้งอมิโลเปคตินเป็นส่วนที่ทำให้ข้าวสุกเหนียวและนุ่ม ในขณะที่แป้งอมิโลสช่วยลดความเหนียวและความนุ่มของข้าว ทำให้ข้าวสุกร่วนและแข็งกระด้างมากขึ้น เนื่องจากข้าวอมิโลสสูงเมื่อหุงสุกข้าวสวยจะแข็ง ในการหุงต้มจึงมักใส่น้ำมากเพื่อปรับปรุงให้ความแข็งของข้าวลดลง จากการศึกษาพันธุ์ข้าวต่างๆ ของรัฐบาล พบว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้มข้าวซึ่งคัดเลือกโดยผู้ชิม มีความสัมพันธ์กับปริมาณอมิโลสในข้าวสาร (4 และ 5) พันธุ์ข้าวของไทยไม่ว่าจะเป็นพันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์ใหม่ที่ปรับปรุงให้ผลผลิตสูงต่างเป็นข้าวที่มีเมล็ดเรียวยาว เพื่อให้ผลิตเป็น ข้าวเกรด 100% ตามมาตรฐานกระทรวงพาณิชย์ได้ แต่เมื่อหุงสุกข้าวสวยมีคุณภาพแตกต่างกัน เช่น

ข้าวเหนียว ได้แก่ พันธุ์เหนียวสันป่าตอง กข6 กข10 เหนียวอุบล แพร่1

ข้าวเจ้าอมิโลสต่ำ ได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105* กข15* ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง1* ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี* ปทุมธานี1* และ กข21

ข้าวเจ้าอมิโลสปานกลาง (เป็นประเภทข้าวในกลุ่มเดียวกับข้าวขาวตาแห้ง) ได้แก่ พันธุ์ขาวปากหม้อ148 ขาวตาแห้ง 17 กข7 กข23 สุพรรณบุรี 60 และ สุพรรณบุรี2

ข้าวเจ้าอมิโลสสูง (เป็นประเภทข้าวในกลุ่มเดียวกับข้าวเสาไห้) ได้แก่ พันธุ์เหลืองประทิว123 กข1 กข3 กข5 กข9 กข11 กข13 สุพรรณบุรี90 สุพรรณบุรี1

***ข้าวมีกลิ่นหอม**

ตารางที่ 1 มาตรฐานข้าวขาว (7)

ชนิดข้าวขาว	พื้นข้าว (%)				ส่วนของต้นข้าว	ส่วนของข้าวหัก	ส่วนผสม(%)					ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ (%)							ระดับการสี
	เมล็ดยาว (มม.)			เมล็ดสั้น			ข้าวเต็มเมล็ด	ต้นข้าว	ข้าวหักและปลายข้าว C1			เมล็ดแดงและ/หรือเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน	เมล็ดเหลือง	ท้องไข่	เมล็ดเสีย	ข้าวเหนียวขาว	เมล็ดลีบ เมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น วัสดุอื่น	ข้าวเปลือก	
	ชั้น 1 > 7.0	ชั้น 2 6.6-7.0	ชั้น 3 6.2-6.6	<6.2 มม.					รวม	ข้าวหักที่มีความยาวต่ำกว่ากำหนดและไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7	ปลายข้าว C1							(เมล็ด/กก.)	
												(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
100% ชั้น 1	≥ 70.0	-	≤ 5.0	0	≥ 8.0	≥5.0-<8.0	≥60.0	-	≤4.0	0	0	0	0	3.0	0	1.5	0	5	สีดีพิเศษ
100% ชั้น 2	≥ 40.0	-		≤ 5.0	≥ 8.0	≥5.0-<8.0	≥60.0	-	≤4.5	≤0.5	≤0.1	0	0.2	6.0	0.25	1.5	0.2	7	สีดีพิเศษ
100% ชั้น 3	≥ 30.0	-		≤ 5.0	≥ 8.0	≥5.0-<8.0	≥60.0	-	≤5.0	≤0.5	≤0.1	0	0.2	6.0	0.25	1.5	0.2	7	สีดีพิเศษ
5%	≥ 20.0	-		≤ 10.0	≥ 7.5	≥3.5-<7.5	≥60.0	-	≤7.0	≤0.5	≤0.1	2.0	0.5	6.0	0.25	1.5	0.3	10	สีดี
10%	≥ 10.0	-		≤ 15.0	≥ 7.0	≥3.5-<7.0	≥55.0	-	≤12.0	≤0.7	≤0.3	2.0	1.0	7.0	0.5	1.5	0.4	15	สีดี
15%	≥ 5.0	-		≤ 30.0	≥ 6.5	≥3.0-<6.5	≥55.0	-	≤17.0	≤2.0	≤0.5	5.0	1.0	7.0	1.0	2.0	0.4	15	สีดีปานกลาง
25% เลิศ	≥ 50.0			≤ 50.0	≥ 5.0	< 5.0	≥40.0	-	≤28.0	-	≤1.0	5.0	1.0	7.0	1.0	2.0	1.0	15	สีดีปานกลาง
25%	≥ 50.0			≤ 50.0	≥ 5.0	< 5.0	≥40.0	-	≤28.0	-	≤2.0	7.0	1.0	8.0	2.0	2.0	2.0	20	สีธรรมดาแต่ไม่เกินสีดีปานกลาง
35%	≥ 50.0			≤ 50.0	≥ 5.0	< 5.0	≥32.0	-	≤40.0	-	≤2.0	7.0	1.0	10.0	2.0	2.0	2.0	20	สีธรรมดาแต่ไม่เกินสีดีปานกลาง
45%	≥ 50.0			≤ 50.0	≥ 5.0	< 5.0	≥28.0	-	≤50.0	-	≤3.0	7.0	1.0	10.0	2.0	2.0	2.0	20	สีธรรมดาแต่ไม่เกินสีดีปานกลาง

แหล่งข้อมูล : ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540

ตารางที่ 2 มาตรฐานข้าวขาวหัก (7)

ชนิดข้าวหัก	พื้นข้าวที่ได้จากการสีข้าวขาว	ส่วนผสม %						ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ (%)		
		ข้าวเต็มเมล็ด	ข้าวเต็มเมล็ดรวมกับข้าวหักที่มีความยาว ≥ 6.5 ส่วน	ข้าวหักที่มีความยาว ≥ ส่วน	ข้าวหักที่มีความยาว < 6.5 ส่วนและไม่ผ่านตะแกรง No. 7	ข้าวหักที่มีความยาว < 5.5 ส่วนและไม่ผ่านตะแกรง No. 7	ปลายข้าว C1	ข้าวเหนียวขาว		วัตถุอื่น
								ทั้งหมด (รวมปลายข้าว C1)	ปลายข้าว C1	
A1 เลิศพิเศษ	100%	≤ 15%	-	≥ 74.0	-	≤ 10	≤ 10	1.5	0.5	0.5
A1 เลิศ	100%,5%,10%	-	≤ 15.0	-	≥ 80.0	-	≤ 5.0	1.5	0.5	0.5
A1 พิเศษ	15%,25%เลิศ	-	≤ 15.0	-	≥ 79.0	-	≤ 6.0	2.5	0.5	1.0

ตารางที่ 3 มาตรฐานข้าวกล้อง (21)

ชนิดข้าวขาว	พื้นข้าว (%)			ส่วนของต้นข้าว	ส่วนของข้าวหัก	ส่วนผสม(%)			ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ (%)						
	เมล็ดยาว		เมล็ดสั้น <6.2มม.			ข้าวเต็มเมล็ด	ต้นข้าว	ข้าวหัก	เมล็ดแดง (%)	เมล็ดเหลือง (%)	ท้องไข่ (%)	เมล็ดเสีย (%)	ข้าวเหนียวขาว (%)	เมล็ดลีบ เมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น วัสดุอื่น (%)	ข้าวเปลือก (เมล็ด/กก.)
	ชั้น 1 > 7.0 มม.	ชั้น 2 และ /หรือ ชั้น 3 6.2-7.0 มม.													
100% ชั้น 1	≥ 70.0	-	≤ 5.0	≥ 8.0	≥5.0-<8.0	≥80.0	-	≤ 4.0	1.0	0.5	3.0	0.5	1.5	3.0	0.5
100%ชั้น 2	≥ 55.0	-	≤ 6.0	≥ 8.0	≥5.0-<8.0	≥80.0	-	≤ 4.5	1.5	0.75	6.0	0.75	1.5	5.0	1
100%ชั้น 3	≥ 40.0	-	≤ 7.0	≥ 8.0	≥5.0-<8.0	≥80.0	-	≤ 5.0	2.0	0.75	6.0	0.75	1.5	5.0	1
5%	≥ 30.0	-	≤ 10.0	≥ 7.5	≥3.5-<7.5	≥75.0	-	≤ 7.0	2.0	1.0	6.0	1.0	1.5	6.0	1
10%	≥ 20.0	-	≤ 15.0	≥ 7.0	≥3.5-<7.0	≥70.0	-	≤ 12.0	2.0	1.0	7.0	1.0	1.5	7.0	2
15%	≥ 10.0	-	≤ 35.0	≥ 6.5	≥3.0-<6.5	≥65.0	-	≤ 17.0	5.0	1.0	7.0	1.5	2.5	8.0	2

แหล่งข้อมูล: ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540

ตารางที่ 4 มาตรฐานข้าวเหนียวขาว (7)

ชนิดข้าวเหนียวขาว	ส่วนของต้นข้าว	ส่วนของข้าวหัก	ส่วนผสม(%)					ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ (%)						ระดับการสี
			ข้าวเต็มเมล็ด	ต้นข้าว	ข้าวหักและปลายข้าว C1			ข้าวเจ้าขาว	เมล็ดแดงและ/หรือเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน (%)	เมล็ดเหลือง (%)	เมล็ดเสีย (%)	เมล็ดลีบ เมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น วัสดุอื่น (%)	ข้าวเปลือก (เมล็ด/กก.)	
					รวม	ข้าวหักที่มีความยาวต่ำกว่ากำหนดและไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7	ปลายข้าว C1							
10%	≥ 7.0	≥3.5-<7.0	≥55.0	-	≤12.0	≤0.7	≤0.3	15.0	2.0	1.5	0.5	0.5	10	สีดี
25%	≥ 5.0	≥5.0	≥40.0	-	≤28.5	-	≤2.0	15.0	6.0	4.0	2.0	3.0	20	สีธรรมดา

ตารางที่ 5 มาตรฐานข้าวนึ่ง (7)

ชนิดข้าวขาว	พืนข้าว (%)			ส่วนของต้นข้าว	ส่วนของข้าวหัก	ส่วนผสม(%)					ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ (%)									ระดับการสี
	เมล็ดยาว (มม.)		เมล็ดสั้น			ข้าวเต็มเมล็ด	ต้นข้าว	ข้าวหักและปลายข้าว C1			เมล็ดแดงและ/หรือเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน (%)	เมล็ดเหลือง (%)	เมล็ดดำ (%)	เมล็ดดำบางส่วนและเมล็ดจุดดำ		เมล็ดเสีย (%)	ข้าวเหนียว (%)	เมล็ดลีบ เมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น วัสดุอื่น (%)	ข้าวเปลือก (เมล็ด/กก.)	
	ชั้น 1+2 > 6.6-7.0	ชั้น 3 6.2-6.6	<6.2 มม.					รวม	ข้าวหักที่มีความยาวต่ำกว่ากำหนดและไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7	ปลายข้าว C1				รวม (%)	เมล็ดดำบางส่วน (%)					
100% คัด	≥ 60.0	-	≤ 10.0	≥ 8.0	≥5.0-<8.0	≥80.0	-	≤4.0	≤0.5	≤0.1	0.5	0.25	0.10	1.5	0.5	1.0	1.5	0.2	3	สีดีพิเศษ
100%	≥ 60.0	-	≤ 10.0	≥ 8.0	≥5.0-<8.0	≥80.0	-	≤4.0	≤0.5	≤0.1	0.5	0.5	0.25	2.5	1.0	1.0	1.5	0.2	5	สีดีพิเศษ
5% คัด	≥ 45.0	-	≤ 20.0	≥ 7.5	≥3.5-<7.5	≥80.0	-	≤7.0	≤0.5	≤0.1	1.0	0.5	0.15	2.0	0.75	1.0	1.5	0.2	5	สีดี
5%	≥ 45.0	-	≤ 20.0	≥ 7.5	≥3.5-<7.5	≥80.0	-	≤7.0	≤0.5	≤0.1	1.0	1.0	0.25	3.0	1.5	1.0	1.5	0.2	10	สีดี
10% คัด	≥ 30.0	-	≤ 20.0	≥ 7.0	≥3.5-<7.0	≥75.0	-	≤12.0	≤0.7	≤0.3	2.0	0.75	0.20	2.5	1.0	1.5	1.5	0.4	5	สีดี
10%	≥ 30.0	-	≤ 20.0	≥ 7.0	≥3.5-<7.0	≥75.0	-	≤12.0	≤0.7	≤0.3	2.0	1.5	0.25	3.5	2.0	1.5	1.5	0.4	10	สีดี
15%	≥ 25.0	-	≤ 30.0	≥ 6.5	≥3.0-<6.5	≥70.0	-	≤18.0	≤1.0	≤1.0	5.0	2.0	0.50	4.0	2.5	1.5	2.5	0.7	10	สีดีปานกลาง
25%	≥ 20.0	-	≤ 30.0	≥ 5.0	< 5.0	≥60.0	-	≤28.0	-	≤2.0	7.0	3.0	0.75	4.5	.03	1.5	2.5	1.0	10	สีธรรมดา

ตารางที่ 6 มาตรฐานข้าวนึ่งหัก (7)

ชนิดข้าวนึ่งหัก	พื้นข้าวที่ได้จากการสีข้าวขาว	ส่วนผสม %			ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ไม่เกิน (%)
		ข้าวเต็มเมล็ดรวมกับข้าวหักที่มีความยาว ≥ 6.0 ส่วน	ข้าวหักที่มีความยาว< 6.0 ส่วนและไม่ผ่านตะแกรง No. 7	ปลายข้าว C1	เมล็ดพืชอื่นและวัตถุอื่น
A1	ชนิดต่างๆ	≤ 10.0	≥ 84.0	≤ 6.0	1.0

แหล่งข้อมูล: ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540

การที่ข้าวไทยมีคุณภาพหลากหลายนับเป็นข้อดีที่ทำให้สามารถส่งออกข้าวไปสู่ผู้ซื้อกลุ่มใดก็ได้ ในขณะเดียวกันก็มีข้อเสีย คือ ก่อปัญหาการปนกันของข้าวต่างคุณภาพ ดังมีการปนของข้าวแข็งในข้าวหอมมะลิในท้องตลาด จนมีผู้บริโภคร้องเรียนกันมากมาย

มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย

ข้าวหอมของไทยเป็นที่นิยมทั้งตลาดภายในประเทศและส่งออก พันธุ์ข้าวที่นำมาผลิตข้าวหอมได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ซึ่งเป็นข้าวอมิโลสต่ำ ข้าวสุกจึงนุ่มและค่อนข้างเหนียว ความนิยมในข้าวหอมของไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในตลาดโลก ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2535-2540 ประเทศไทยส่งออกข้าวหอมสูงถึงกว่าล้านตันข้าวสาร ซึ่งคิดเป็น 21-27% ของการส่งออกข้าวทั้งหมด (ตารางที่ 7) แต่ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ105 และกข15 มีเพียง 3-4 ล้านตันข้าวเปลือก จึงเกิดปัญหาการนำข้าวชนิดอื่นที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับข้าวหอมทั้ง 2 พันธุ์นี้มาผสม ในระยะแรก พ่อค้ามักนำข้าว กข23 มาผสมกับข้าวหอม แต่ในปัจจุบันมักนำข้าวพันธุ์ ชัยนาท1 มาผสมในข้าวหอม เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ105 มีราคาแพงมาก การผสมข้าวที่ขาดหลักเกณฑ์เหมาะสมจึงทำให้เกิดการร้องเรียนจากผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ

พันธุ์ข้าวที่มีส่วนในวงจรการผลิตข้าวหอมมะลิ การผลิตข้าวหอมที่ผ่านมามีพันธุ์ข้าวที่เกี่ยวข้อง คือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ105, กข15, กข23 และชัยนาท1 ข้าวทั้ง 4 พันธุ์ นี้มีลักษณะเมล็ดใกล้เคียงกัน แต่มีคุณภาพทางเคมีที่เกี่ยวกับการหุงต้มต่างกันดังตารางที่ 8 การนำข้าว กข23 และชัยนาท1 มาผสมกับขาวดอกมะลิ105 และ กข 15 นอกจากจะทำให้ข้าวสุกมีกลิ่นหอมลดลง ยังทำให้ความนุ่มของข้าวสุกลดลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากข้าวทั้ง 2 พันธุ์นี้มีปริมาณอมิโลสสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ105 และ กข15 การหุงต้มควรเพิ่มปริมาณน้ำให้มากขึ้น การผสมข้าวขาวดอกมะลิ105 กับข้าวชัยนาท1 ปริมาณ 30% จะต้องเพิ่มปริมาณน้ำหุงต้มจึงจะได้ข้าวสวยที่มีความนุ่มใกล้เคียงกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 โดยมีกลิ่นหอมอ่อนลง (5) ดังนั้น ปัญหาการร้องเรียนเกิดจากความคาดหวังของผู้บริโภคที่ต้องการข้าวสวยที่มีความนุ่มและกลิ่นหอม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งออกข้าวหอมของไทยมักไม่มีคำแนะนำวิธีการหุงต้ม ผู้บริโภคจึงหุงต้มข้าวตามความเคยชินของตนเอง เมื่อข้าวที่ได้รับเป็นข้าวที่มีข้าวอื่นผสม ปริมาณน้ำในการหุงต้มที่เคยปฏิบัติย่อมไม่เพียงพอ ทำให้ข้าวสวยที่หุงต้มได้แข็งกว่าที่ควรเป็น คำร้องเรียนต่างๆ มักมาจากกลุ่มผู้บริโภคที่ชอบข้าวนุ่ม จากการร้องเรียนของผู้บริโภคที่ทวีความรุนแรงขึ้น กระทรวงพาณิชย์จึงได้กำหนดมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทยขึ้น

ตารางที่ 7 ปริมาณการส่งออกข้าวรวม ข้าวหอม

ปี พ.ศ.	รวม	ข้าวหอม
2535	4,806,574	1,101,122
2536	4,804,670	1,064,049
2537	4,756,292	1,142,882
2538	5,929,324	1,246,976
2539	5,250,384	1,572,071
2540	5,272,209	1,349,960
2541	6,224,489	1,195,476
2542	6,688,363	1,235,378

แหล่งข้อมูล: กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์

ตารางที่ 8 ขนาดเมล็ด คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ด และสัดส่วนน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้มพันธุ์ข้าวที่มีส่วนในวงจรการผลิตข้าวหอม (4)

พันธุ์ข้าว	ความยาวเมล็ด (มม.)	อมิโลส (%)	การสลายเมล็ดในด่าง	น้ำหุงต้มที่เหมาะสม (เท่าโดยน้ำหนัก)**
ขาวดอกมะลิ*	7.4	12-18	6-7	1.5-1.7
กข15*	7.5	13-18	6-7	1.5-1.7
กข23	7.3	24-26	3-5	2.0
ชัยนาท1	7.4	27-30	4-5	2.4
เจ้าหอมคลองหลวง1*	7.8	16-18	6-6.5	1.5-1.7
เจ้าหอมสุพรรณบุรี*	7.5	18	6-7	1.8
ปทุมธานี1	7.6	15-16	6-7	1.5-1.7

*มีกลิ่นหอม ** หุงต้มข้าวขาว 200 กรัม

1. มาตรฐานข้าวหอมมะลิบรรจุถุงจำหน่ายภายในประเทศ (6) จากการเพิ่มขึ้นของความนิยมบริโภคข้าวหอมมะลิโดยเฉพาะข้าวหอมมะลิบรรจุถุงเมื่อข้าวเปลือกหอมมะลิมีราคาสูงขึ้น ผู้ผลิตข้าวหอมจึงใช้กลยุทธการลดคุณภาพโดยการนำข้าวชนิดอื่นมาปน กรมการค้าภายในโดยความร่วมมือจากกรมวิชาการเกษตรได้จัดทำมาตรฐานข้าวหอมมะลิขึ้นดังประกาศ กรมการค้าภายใน เรื่องการรับรองมาตรฐานข้าวหอมมะลิบรรจุถุงจำหน่ายภายในประเทศ เมื่อวันที่ 21 มกราคม 2540 โดยมีคำนิยามว่า “ข้าวหอมมะลิ”(HOM MALI RICE)

คือ ข้าวซึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศไทย เมล็ดข้าวมีลักษณะจำเพาะแตกต่างจากข้าวพันธุ์อื่นๆ อย่างเด่นชัด เช่น มีกลิ่นหอม และมีเมล็ดข้าวสุกนุ่ม ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับว่าเป็นข้าวใหม่ หรือ ข้าวเก่ามากน้อยเพียงใด เมื่อแปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องหรือข้าวขาวแล้ว เมล็ดข้าวสารมีลักษณะยาวเรียวมีปริมาณอมิโลส (Amylose) ร้อยละ 12-19 โดยน้ำหนัก และมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ซึ่งมีค่าการสลายเมล็ดในด่าง (Alkali spreading value) ระดับ 6-7

การกำหนดคุณภาพของข้าวหอมมะลิดังตารางที่ 9 ในการขอรับรองมาตรฐานข้าวหอมมะลินั้น ผู้ประกอบการต้องยื่นความจำนง และสามารถใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานข้าวหอมมะลิบรรจุถุงจำหน่ายภายในประเทศ ของกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ได้เมื่อสามารถผ่านการตรวจสอบคุณภาพตามที่กำหนด ทั้งนี้ ผู้ได้รับอนุญาตใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐาน จะต้องรักษาคุณภาพข้าวมิให้ต่ำกว่ามาตรฐานที่ขอรับรองไว้ โดยจะมีการสุ่มเก็บตัวอย่างจากท้องตลาดมาตรวจสอบ หากผู้ประกอบการผิดเงื่อนไขหรือหลักเกณฑ์ จะถูกเพิกถอนการอนุญาตให้ใช้เครื่องหมาย

2. มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย พ.ศ. 2541 (8) นอกจากผู้บริโภคภายในประเทศ ผู้นำเข้าต่างประเทศได้ร้องเรียนปัญหาการปลอมปนของข้าวชนิดอื่นในข้าวหอมของไทยผ่านสถานทูตไทยมายังกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้จัดทำร่างมาตรฐานสินค้าเกษตรข้าวหอมมะลิขึ้น พิจารณาจากการส่งออกข้าวหอมของไทยที่มักระบุเป็น Fragrance rice, Jasmine rice หรือ Scented rice เท่านั้น ไม่มีการระบุว่าเป็น Hom Mali Rice จากความร่วมมือระหว่างกระทรวงพาณิชย์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และผู้ประกอบการเอกชนจึงจัดทำมาตรฐาน เรื่องมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (Thai Hom Mali Rice) ขึ้น ดังในประกาศกระทรวงพาณิชย์ เมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2541 โดยกำหนดรายละเอียดสำหรับข้าวหอมมะลิไทยไว้ดังนี้

2.1 คำนิยาม "ข้าวหอมมะลิไทย" (THAI HOM MALI RICE) หมายถึง " ข้าวกล้องและข้าวขาวที่แปรรูปมาจากข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ข้าวหอมที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประกาศรับรอง เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พันธุ์กข15 พันธุ์คลองหลวง1 ที่มีกลิ่นหอม ตามธรรมชาติขึ้นอยู่กับว่าเป็นข้าวใหม่หรือข้าวเก่า เมื่อหุงเป็นข้าวสวยแล้ว เมล็ดข้าวสวยจะอ่อนนุ่ม"

2.2 ลักษณะและขนาดของเมล็ดข้าว

ข้าวหอมมะลิไทยต้องมีลักษณะและขนาดของเมล็ด ดังนี้

2.2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของเมล็ดข้าวหอมมะลิไทยเป็นข้าวเมล็ดยาว

2.2.2 ความยาวเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหัก ต้องไม่ต่ำกว่า7.0 มิลลิเมตร

2.2.3 อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยต่อความกว้างเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักต้องไม่ต่ำกว่า 3.0

2.3 คุณสมบัติทางเคมี ข้าวหอมมะลิไทยต้องมีปริมาณอมิโลส 12.0-19.0% ที่ระดับความชื้น 14%

2.4 ประเภทและชนิดของข้าว การแบ่งประเภทและชนิดของข้าวให้เป็นไปตามมาตรฐานสินค้า

ตารางที่ 9 มาตรฐานข้าวหอมมะลิบรรจุถุงจำหน่ายภายในประเทศ ประกาศกรมการค้าภายใน (6)

ชนิดข้าว	มีข้าวชนิดอื่นปนไม่เกิน (%)	พื้นข้าว		ส่วนผสม					ยอมให้สิ่งต่อไปนี้ปนได้ไม่เกิน										ระดับการสี	ความชื้น (%)
		เมล็ดยาว 7 มม. ขึ้นไป (%)	เมล็ดสั้น 6.2 มม. ลงไป (%)	ความยาวของข้าวหัก (มม.)	เต็มเมล็ด (%)	ต้นข้าวข้าวหักใหญ่ (%)	ข้าวหัก (%)	ปขข. ซีวัน (%)	เส้นแดง (%)	เมล็ดแดง (%)	ข้าวท้องไข่ (%)	ข้าวเสีย (%)	ข้าวเหลือง (%)	ข้าวแตก (%)	วัตถุอื่น (%)	วัชพืช (%)	ข้าวเหนียว (%)	ข้าวเปลือก (ต่อ 1 กก.)		
หอมมะลิ ชั้น 1 (พิเศษ)	5	+ 60	- 5	+ 5.2	+ 55	± 42	- 3	-	0.05	-	1	0.04	0.04	0.1	-	0.001	0.5	1	ดีพิเศษ	14
หอมมะลิ ชั้น 2 (ดี)	15	+ 55	-10	+ 4.6	+ 55	± 39	- 6	-	1	-	2	0.25	0.25	0.5	0.1	0.001	1	1	ดี	14
หอมมะลิ ชั้น 3 (ธรรมดา)	30	+ 50	-15	+ 4.3	+ 55	± 33	-12	-	2	-	3	0.5	0.5	0.75	0.2	0.001	1.5	1	ดี	14

ข้าวตามประกาศ กระทรวงพาณิชย์ เรื่องมาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540 โดยแบ่งเป็นชนิดข้าว ดังนี้

- ข้าวขาว แบ่งเป็น ข้าว 100 % ชั้น 1 ,100% ชั้น 2 , 100% ชั้น 3 , 5 %, 10%, 15 %, ข้าวหักเอวันเลิศพิเศษ และ เอวันเลิศ
- ข้าวกล้อง แบ่งเป็น ข้าว 100 % ชั้น 1, 100% ชั้น 2, 100%ชั้น 3, 5%, 10%, 15%

2.5 ชั้นของข้าวหอมมะลิไทย ข้าวหอมมะลิไทยแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ตามอัตราของข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ ข้าวหอมมะลิไทยปน ดังนี้

	อาจมีข้าวเจ้าพันธุ์อื่นปน (% โดยน้ำหนัก)
ข้าวหอมมะลิไทย ชั้นดีเลิศ (Prime quality)	น้อยกว่า 10.0
ข้าวหอมมะลิไทย ชั้นดีพิเศษ (Superb quality)	น้อยกว่า 20.0
ข้าวหอมมะลิไทย ชั้นดี (Premium quality)	น้อยกว่า 30.0

2.6 ข้าวขาวและข้าวกล้องที่มีข้าวเจ้าพันธุ์อื่นปนเกิน 30.0% ไม่ถือว่าเป็นข้าวหอมมะลิไทยตามมาตรฐานนี้ ผู้ส่งออกสามารถส่งออกในชื่อของข้าวหอมโดยใช้ชื่อต่างๆ ตามที่เคยปฏิบัติกันมา โดยไม่ใช้ชื่อว่า "ข้าวหอมมะลิไทย Thai Hom Mali rice"

2.7 การทดสอบ

2.7.1 วิเคราะห์หาปริมาณอมิโลส

2.7.2 วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

2.7.3 การวิเคราะห์หาปริมาณข้าวชนิดอื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปน โดยการหาค่าการสลายเมล็ดในด่าง KOH เข้มข้น 1.7% นาน 23 ชั่วโมง เมล็ดที่มีค่าการสลายเมล็ดในด่าง 1-5 ให้ถือว่าเป็นข้าวปน

เนื่องจากในทางการค้ามีความต้องการให้กำหนดปริมาณการปนของข้าว ปริมาณการปนจะทำให้ปริมาณอมิโลสของข้าวเพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณอมิโลสที่เพิ่มขึ้นนี้ ไม่สามารถชี้ชัดได้ว่ามีข้าวอื่นปนมากน้อยเท่าไร เนื่องจากในข้าวแต่ละพันธุ์อาจมีความแปรปรวนของปริมาณอมิโลสได้ 6% เมื่อปลูกในที่ต่างกันดังข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 อาจมีปริมาณอมิโลส 12-18% แต่เมื่อวินิจฉัยจากพันธุ์ข้าวที่นำมาผสมคือ กข23 และ ชัยนาท1 ซึ่งนอกจากมีปริมาณอมิโลสสูงกว่ายังมีค่าการสลายเมล็ดในด่างต่างจากขาวดอกมะลิ105 และ กข15 อย่างชัดเจน (ตารางที่ 8) ดังนั้นจึงนำวิธีการตรวจสอบด้วยค่าการสลายเมล็ดในด่างมาใช้ในการหาปริมาณการปนของข้าวชนิดอื่น สำหรับข้าวเจ้าหอมคลองหลวง1 และข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงนั้น มีคุณภาพเมล็ดที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตข้าวหอมมะลิได้

2.8 มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทยช่วยส่งเสริมอนาคตข้าวไทยได้อย่างไร มาตรฐานนี้ เป็นมาตรฐานที่ครอบคลุมทั้งความต้องการของตลาด (ในด้านการค้าขาย) และความต้องการของผู้บริโภคในด้านคุณภาพข้าวสุก การกำหนดมาตรฐานนี้จึงน่าจะมีผลต่ออนาคตของข้าวไทย ดังนี้

2.8.1 สร้างข้าวหอมมะลิไทยให้เป็นสัญลักษณ์ของข้าวคุณภาพดีของประเทศ

2.8.2 เรียกความเชื่อถือในคุณภาพข้าวหอมของไทยที่ได้รับการร้องเรียนให้กลับคืนมาและช่วยให้ข้าวหอมมะลิของไทยยังคงเป็นที่นิยมในตลาดโลก

2.8.3 แนวทางที่ระบุในมาตรฐานฯ ช่วยให้ผู้ประกอบการนำไปสร้างเป็นระบบ ควบคุมคุณภาพข้าวและอาจขยายแนวทางไปสู่ข้าวขาวประเภทอื่น

2.8.4 หากการผลิตข้าวมีการแบ่งชนิดข้าวชัดเจนจะช่วยให้การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวราบรื่นยิ่งขึ้น

2.8.5 ผู้ประกอบการสามารถสร้าง Brand name ของตนเองโดยมีข้อกำหนดชั้นของคุณภาพเพื่อช่วยให้มีการผลิตข้าวมีคุณภาพสม่ำเสมอ ย่อมจะช่วยให้สามารถสร้างคำแนะนำการหุงต้มให้ลูกค้าที่ไม่เคยบริโภคข้าวไทย ทำให้สามารถขยายตลาดกว้างขวางยิ่งขึ้น

3. มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย พ.ศ. 2544 (9) ต่อมากระทรวงพาณิชย์ได้ทำการปรับปรุงมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทยขึ้นใหม่โดยคำนึงถึงประโยชน์ในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสินค้าข้าวหอมมะลิไทยให้เป็นที่เชื่อถือและยอมรับในตลาดต่างประเทศ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 4 (1) และ (2) แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าขาออก พ.ศ. 2503 แก้ไขเพิ่มเติม โดยพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าขาออก (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2522 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตร 129 ประกอบกับมาตร 135 มาตรา 48 และมาตรา 50 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์ โดยคำแนะนำของคณะกรรมการมาตรฐานสินค้า จึงออกประกาศให้กำหนดข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐาน เมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2544 โดยมีการปรับปรุงรายละเอียดมาตรฐานฯ ดังนี้

มีข้าวหอมมะลิไทยไม่น้อยกว่า 92 %
มีความชื้นไม่เกิน 14 %
มีลักษณะโดยทั่วไปเป็นข้าวเมล็ดยาว มีความขาว ท้องไข่น้อยโดยธรรมชาติ
ไม่มีแมลงที่ยังมีชีวิตอยู่

มีขนาดเมล็ด ดังนี้

- ความยาวเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักต้องไม่ต่ำกว่า 7.0 มม.
- อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยต่อความกว้างเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักต้องไม่ต่ำกว่า 3.2 : 1

มีคุณสมบัติทางเคมี ดังนี้

- มีปริมาณอมิโลส ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 13.0 และไม่เกินร้อยละ 18.0 ที่ระดับความชื้น ร้อยละ 14.0
- มีค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง ระดับ 6 - 7

การแบ่งชนิดของข้าวขาวและข้าวกล้องยังคงเป็นไปตามมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย พ.ศ.2541

ความแตกต่างระหว่างมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย ฉบับ พ.ศ.2541 และ 2544 มีดังนี้

มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย พ.ศ.2541	มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย พ.ศ.2544
❑ ใช้โดยความสมัครใจ	❑ บังคับการใช้
❑ แบ่งเป็น 3 ชั้น คุณภาพตามปริมาณการปนของข้าวชนิดอื่น	❑ มีชั้นคุณภาพเดียว คือ มีการปนของข้าวชนิดอื่นไม่
❑ ไม่จำกัดพันธุ์ พิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเมล็ดให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด	❑ จำกัดเฉพาะพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และ กข15 ที่ปลูกได้เฉพาะนาปี
❑ กำหนดประมาณอมิโลส 12.0-19.0 %	❑ กำหนดอมิโลส 13.0 -18.0 %
❑ อัตราส่วนความยาว/ความกว้าง ไม่น้อย	❑ อัตราส่วนความยาว/ความกว้าง ไม่น้อยกว่า 3.2:1

บรรณานุกรม

งามชื่น คงเสรี. 2539. คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก. เอกสารประกอบการบรรยายสัมมนา เรื่อง “ ข้าวกับคน” ของสมาคมโรงสีข้าวไทย ณ โรงแรมรีเจ้นท์ ชะอำ เพชรบุรี วันที่ 24 สิงหาคม 2539. 233 หน้า.

งามชื่น คงเสรี. 2539. คุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์. การสัมมนาวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี วันที่ 13-14 พฤศจิกายน 2539 : 241-259.

งามชื่น คงเสรี. 2541. ข้าวที่เหมาะสมสำหรับแปรรูปก๋วยเตี๋ยวและการตรวจสอบคุณภาพ. การฝึกอบรมเรื่อง การพัฒนาและยกระดับอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวขนมจีน โดยใช้เทคโนโลยีสะอาด ณ โรงแรมมารวย การ์เด้นท์ พหลโยธิน กรุงเทพ. วันที่ 26-28 มีนาคม 2541. 20 หน้า.

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน พูลศรี สว่างจิต ประนอม มงคลบรรจง กัมปนาท มุขดี และจันทนา สรสิริ. 2536. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้มข้าวสาร. เอกสารการสัมมนาวิชาการ “ การพัฒนางานวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว” โรงแรมมารวยการ์เด้นท์ กทม. 17 หน้า.

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน และ พูลศรี สว่างจิต. 2541. คุณภาพข้าวสุกจากการผสมข้าวชัยนาท1 และ กข23 ในขาวดอกมะลิ 105. การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวประจำปี 2541 วันที่ มีนาคม 2541 ณ กรมวิชาการเกษตร จตุจักร บางเขน กทม.

นิรนาม. 2540. การรับรองมาตรฐานข้าวหอมมะลิบรรจุถุงจำหน่ายภายในประเทศ. ประกาศกรมการค้าภายใน วันที่ 21 มกราคม 2540.

นิรนาม. 2540. ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 114 ตอนที่ 31. วันที่ 17 เมษายน 2541.

นิรนาม. 2541. ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย พ.ศ. 2541 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 115 ตอนที่ 15 ง วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2541.

นิรนาม. 2544. ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง กำหนดให้ข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐานและมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย พ.ศ. 2544 วันที่ 31 ตุลาคม 2544. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 118 ตอนพิเศษ 109 ง วันที่ 2 พฤศจิกายน 2544.

Anonymous. 1985. Rice Grain quality and marketing. International Rice Research Conference. 1-5 June 1985. International Rice Research Institute. P.O. Box 933, Manila, Philippines. 74p.

การพัฒนาวิธีการตรวจสอบคุณภาพข้าวทางกายภาพ

กัญญา เชื้อพันธุ์

ปัจจุบันการตรวจสอบคุณภาพข้าวสารเพื่อจำแนกชนิดของข้าว (Grades of rice) ในการซื้อขาย มักคำนึงถึงคุณภาพทางกายภาพเป็นหลัก โดยวิธีตรวจสอบด้วยสายตา ซึ่งต้องใช้ผู้ที่มีประสบการณ์และความชำนาญในการประเมินข้าวแต่ละลักษณะ รวมทั้งใช้เวลานาน เนื่องจากมีหลายลักษณะในการประกอบกันเป็นมาตรฐานข้าว

ตามมาตรฐานสินค้าข้าวของกระทรวงพาณิชย์ กำหนดข้าวแต่ละชนิดเป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. พื้นข้าว
2. ส่วนผสม
3. ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้
4. ระดับการสี

ในการตรวจสอบส่วนต่างๆที่ประกอบกันเป็นมาตรฐานข้าวนั้น จำเป็นต้องใช้วิธีการตรวจสอบที่เหมาะสมในแต่ละส่วน เช่น การวัดขนาด การชั่งน้ำหนัก เป็นต้น

1. พื้นข้าว หรือชั้นของเมล็ดข้าว แบ่งออกเป็น 4 ชั้น ดังนี้

1. ข้าวเมล็ดยาว ชั้น1 (long grain class 1) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวเกิน 7.0 มิลลิเมตร
2. ข้าวเมล็ดยาว ชั้น2 (long grain class 2) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวเกิน 6.6 มิลลิเมตร ถึง 7.0 มิลลิเมตร
3. ข้าวเมล็ดยาว ชั้น3 (long grain class 3) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวเกิน 6.2 มิลลิเมตร ถึง 6.6 มิลลิเมตร
4. ข้าวเมล็ดสั้น (short grain) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวไม่เกิน 6.2 มิลลิเมตร

2. ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหัก และปลายข้าวซีวัน

ข้าวเต็มเมล็ด (whole kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ดไม่มีส่วนใดหัก และให้รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป

ต้นข้าว (head rice) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหักแต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของเมล็ด

ข้าวหัก (brokens) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ไม่ถึงร้อยละ 80 ของเมล็ด

ปลายข้าวซีวัน (small brokens C1) หมายถึง เมล็ดข้าวหักขนาดเล็กที่ร่อนผ่านตะแกรงโลหะรูกลมเบอร์7

3. ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ประกอบด้วย

ข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน (undermilled kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่ผ่านการขัดสีต่ำกว่าระดับการสีที่กำหนดไว้สำหรับข้าวแต่ละชนิด

ข้าวเมล็ดแดง (red kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีรำสีแดงหุ้มอยู่ทั้งเมล็ดหรือติดอยู่เป็นบางส่วนของเมล็ด

ข้าวเมล็ดเหลือง (yellow kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีบางส่วนของเมล็ดกลายเป็นสีเหลืองอย่างชัดแจ้ง รวมทั้งเมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีน้ำตาลอ่อนบางส่วนหรือทั้งเมล็ด

ข้าวเมล็ดดำ (black kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีดำทั้งเมล็ดรวมทั้งที่เป็นสีน้ำตาลแก่ทั้งเมล็ด

ข้าวเมล็ดดำบางส่วน (partly black kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีดำรวมทั้งที่เป็นสีน้ำตาลแก่ตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไปแต่ไม่ถึงเต็มเมล็ด

ข้าวเมล็ดจุดดำ (peck kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีดำอย่างชัดแจ้งรวมทั้งที่เป็นสีน้ำตาลแก่อย่างชัดแจ้งไม่ถึง 2.5 ส่วน

ข้าวเมล็ดท้องไข่ (chalky kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวเจ้าที่เป็นสีขาวขุ่นเหมือนชอล์กมีเนื้อที่ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปของเนื้อที่เมล็ดข้าว

ข้าวเมล็ดเสีย (damaged kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่เสียอย่างเห็นได้ชัดแจ้งด้วยตาเปล่าซึ่งเกิดจากความชื้น ความร้อน เชื้อรา แมลง หรืออื่นๆ

ข้าวเมล็ดลีบ (undeveloped kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่ไม่เจริญเติบโตตามธรรมดาที่ควรจะเป็น มีลักษณะแฟบ แบน

ข้าวเมล็ดอ่อน (immature kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีสีเขียวอ่อนได้จากข้าวเปลือกที่ยังไม่แก่

เมล็ดพืชอื่น (other seeds) หมายถึง เมล็ดพืชอื่นๆ ที่มิใช่เมล็ดข้าว

วัตถุอื่น (foreign matter) หมายถึง สิ่งอื่นๆ ที่มิใช่ข้าวรวมทั้งแกลบและรำที่หลุดจากเมล็ดข้าว

4. ระดับการสี แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

4.1 สีดีพิเศษ (extra well milled) คือ การสีขัดเอารำออกทั้งหมดจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามเป็นพิเศษ

4.2 สีดี (well milled) คือ การสีขัดเอารำออกทั้งหมดจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามดี

4.3 สีดีปานกลาง (reasonably well milled) คือ การสีขัดเอารำออกเป็นส่วนมากจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามพอสมควร

4.4 สีธรรมดา (ordinarily milled) คือ การสีขัดเอารำออกแต่เพียงบางส่วน

ตารางเปรียบเทียบส่วนของเมล็ดข้าวหักกับความยาวเฉลี่ยวัดเป็นมิลลิเมตร

ชนิดข้าว	ส่วนของเมล็ดข้าวหัก		ข้าวขาว	ข้าวขาวหักที่ไม่ผ่านตะแกรงเบอร์7
	ส่วนของต้นข้าว	ส่วนของข้าวหัก		
100% ชั้น1	≥8.0	≥ 5.0 - < 8.0	5.2	-
100% ชั้น2	≥8.0	≥ 5.0 - < 8.0	5.2	3.25
100% ชั้น3	≥8.0	≥ 5.0 - < 8.0	5.2	3.25
5%	≥7.5	≥ 3.5 - < 7.5	4.6	2.15
10%	≥7.0	≥ 3.5 - < 7.0	4.3	2.15
15%	≥6.5	≥ 3.0 - < 6.5	4.0	1.96
เลิศ25%	≥5.0	<5.0	3.2	-
25%	≥5.0	<5.0	3.2	-
35%	≥5.0	<5.0	3.2	-
45%	≥5.0	<5.0	3.2	-

การตรวจสอบลักษณะต่างๆ ตามมาตรฐานดังกล่าวข้างต้น มีการดำเนินการเป็นขั้นตอน ได้แก่ การวัดพื้นข้าว การแยกส่วนผสมและคัดแยกสิ่งเจือปนต่างๆ ด้วยสายตา ซึ่งใช้เวลานาน รวมทั้งอาจเกิดการคลาดเคลื่อนในการตรวจสอบได้ เนื่องจากใช้การตัดสินใจของผู้ตรวจสอบ จึงมีการใช้เครื่องตรวจสอบคุณภาพเมล็ดทางกายภาพขึ้น เพื่อให้การตรวจสอบคุณภาพแต่ละตัวอย่างเป็นมาตรฐานเดียวกัน

จากการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดทางกายภาพโดยใช้เครื่อง Graincheck 312 หลักการทำงานโดยการถ่ายภาพเมล็ดข้าวแต่ละเมล็ด ทำให้สามารถจำแนกลักษณะทางกายภาพของเมล็ด ได้แก่ น้ำหนัก ความยาว ความกว้าง พื้นที่ ปริมาตร และสีของเมล็ด เป็นต้น จากข้อมูลดังกล่าว เมื่อนำมาปรับใช้ในการตรวจสอบคุณภาพข้าวตามมาตรฐานได้ดังนี้

1. พื้นข้าว หรือชั้นของเมล็ดข้าว โดยจำแนกตามความยาวของเมล็ดข้าว ในข้าวกล้อง ความสัมพันธ์ของความยาวเมล็ด(มม.) จากการวัดด้วยเครื่อง Graincheck 312 เปรียบเทียบกับการวัดโดยใช้เครื่อง millimeter มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) = 0.8864 ดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนข้าวสาร ความสัมพันธ์ของความยาวเมล็ด(มม.) จากการวัดด้วยเครื่อง Graincheck เปรียบเทียบกับการวัดโดยใช้เครื่อง millimeter มีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) = 0.8316 ดังแสดงในตารางที่ 2

2. ส่วนผสม ประกอบด้วยข้าวเต็มเมล็ด และข้าวหักในอัตราส่วนต่างๆ กันนั้น การจำแนกโดยน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด(กรัม) ที่วัดจากเครื่อง Graincheck 312 และน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด (กรัม) ที่คัดแยกด้วยสายตา มีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) = 0.9938 ดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนน้ำหนักเมล็ดข้าวหัก(กรัม) ที่วัดจากเครื่อง Graincheck 312 และน้ำหนักเมล็ดข้าวหัก(กรัม) ที่คัดแยกด้วยสายตา มีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) = 0.9983 ดังแสดงในตารางที่ 4

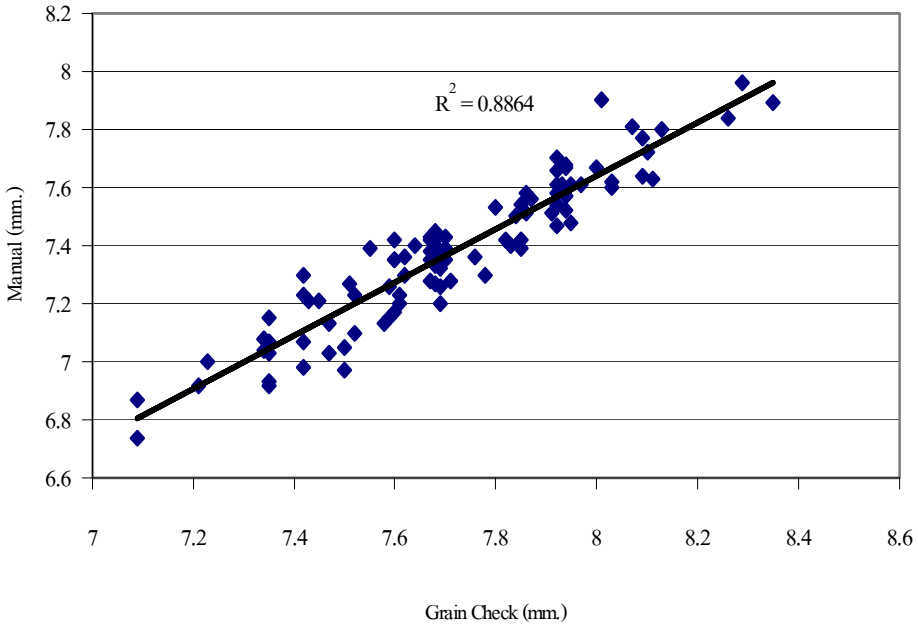
3. ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ ประเมินโดยใช้หลายลักษณะประกอบกัน เช่น ข้าวเมล็ดเหลือง ข้าวท้องไข่ ข้าวเหนียวขาว สามารถประเมินโดยใช้ความเข้มของแสง (light intensity)ส่วนลักษณะเมล็ดลีบ เมล็ดพืชอื่น วัตถุอื่น และข้าวเปลือก สามารถประเมินโดยใช้ความแตกต่างของรูปร่างและขนาดของเมล็ด เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องเพื่อตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพนี้ ยังมีข้อจำกัดในการตรวจสอบข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ในบางลักษณะ เช่น ข้าวที่มีรำสีแดงหุ้มอยู่เป็นบางส่วนของเมล็ด ข้าวเมล็ดเสีย เป็นต้น จึงควรทำการศึกษาต่อไป

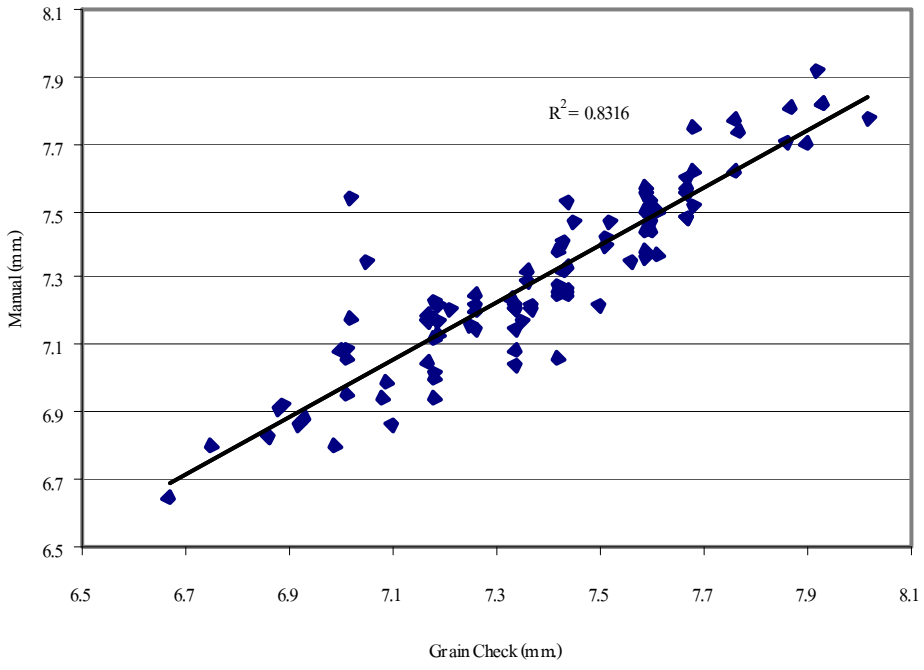
บรรณานุกรม

สำนักการค้าข้าวต่างประเทศ. 2546. มาตรฐานข้าวไทยและมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย. กรมการค้าต่างประเทศ, กระทรวงพาณิชย์. 164 หน้า.

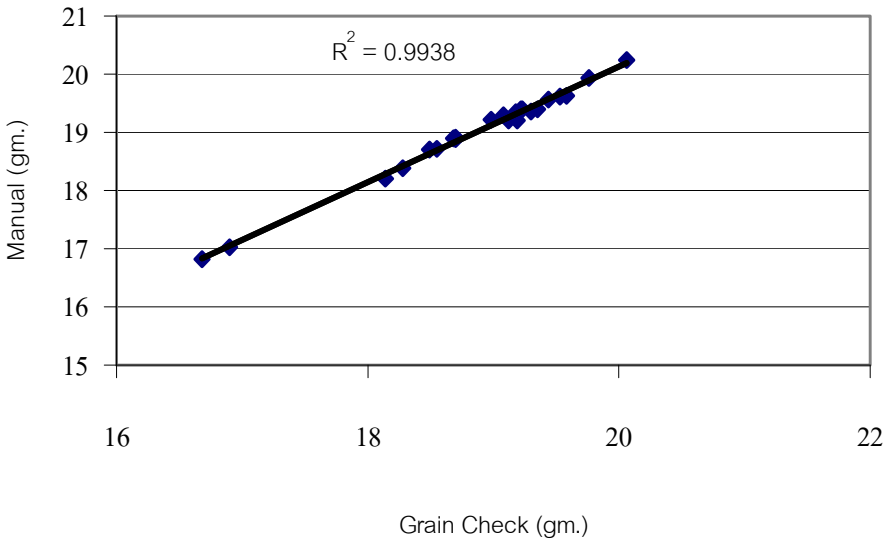
Wilson, P. 1999. Automated Digital Grading of Wheat. Foss Tecator AB Newsletter. Vol.23, No.1. p12-13.



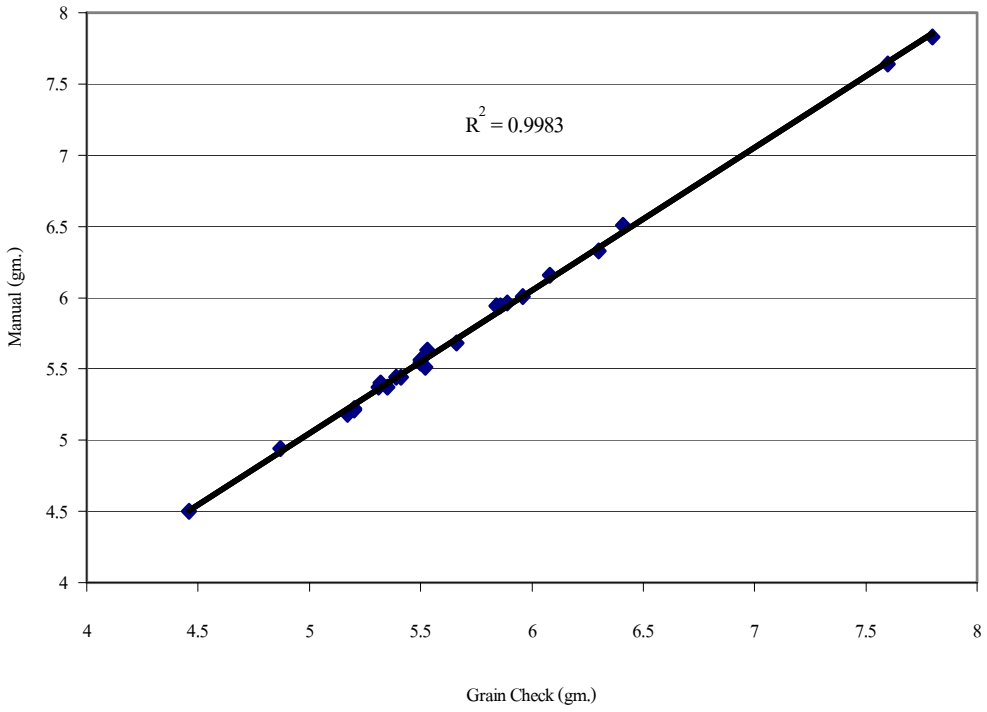
ภาพที่ 1 สหสัมพันธ์ระหว่างความยาวเมล็ดข้าวกล้อง (มม.) ที่วัดจากเครื่อง Graincheck 312 และความยาวเมล็ดข้าวกล้อง (มม.) ที่วัดด้วย millimeter



ภาพที่ 2 สหสัมพันธ์ระหว่างความยาวเมล็ดข้าวสาร (มม.) ที่วัดจากเครื่อง Graincheck 312 และความยาวเมล็ดข้าวสาร (มม.) ที่วัดด้วย millimeter



ภาพที่ 3 สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด (กรัม) ที่วัดจากเครื่อง Graincheck 312 และน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด (กรัม) ที่คัดแยกด้วยสายตา



ภาพที่ 4 สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักข้าวเมล็ดหัก (กรัม) ที่วัดจากเครื่อง Graincheck 312 และน้ำหนักเมล็ดหัก (กรัม) ที่คัดแยกด้วยสายตา

วิธีการทำนายค่าอมิโลส โดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy

จารุวรรณ บางแวก

ความสำคัญของอมิโลส

ปริมาณอมิโลสของข้าว เป็นคุณภาพทางเคมีที่มีความจำเป็นในการใช้เป็นข้อมูลเพื่อจะบอกถึงลักษณะของแป้งข้าวเพื่อใช้ในการแปรรูป หรือคุณภาพการหุงต้มรับประทาน ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวบอกถึงคุณภาพข้าวก่อนที่จะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ แต่การวิเคราะห์ปริมาณอมิโลสโดยทั่วไปที่เป็นที่ยอมรับคือการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามวิธีของ Juliano *et al*. (1981) โดยต้องนำเมล็ดมาบดเป็นแป้งให้มีขนาด 80-100 mesh แล้วนำไปทำปฏิกิริยากับสารเคมีตามขั้นตอนที่ค่อนข้างยุ่งยาก และการวิเคราะห์ต้องอาศัยประสบการณ์ สารเคมีที่ใช้มีอันตราย การวิเคราะห์ใช้เวลานาน และต้องอาศัยความชำนาญของผู้วิเคราะห์ ทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาแพง ทำให้ผู้ประกอบการไม่สามารถใช้การตรวจวิเคราะห์ปริมาณอมิโลสเป็นเครื่องมือวิเคราะห์เพื่อดูคุณภาพข้าวที่จะซื้อ หรือคุณภาพข้าวที่จะใช้ได้ ผู้ประกอบการจึงควรหาเครื่องมือที่จะสามารถประเมินค่าอมิโลสได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ง่ายต่อการใช้

NIR spectroscopy

NIR spectroscopy เป็นเครื่องมือที่น่าสนใจมีผู้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เป็นเพราะประหยัดเวลา ลดการใช้สารเคมีและต้นทุนในระยะยาว และไม่ทำลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์

ในต่างประเทศมีการใช้กันอย่างแพร่หลายมานานแล้ว ในประเทศญี่ปุ่นเริ่มใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตผลทางการเกษตร ในอุตสาหกรรมยา และโรงงานปิโตรเลียม ตั้งแต่ปี 1980 ปัจจุบันมีการนำมาใช้ในการทดสอบรสชาติของข้าวระหว่างพันธุ์ และข้าวที่มีการผสม วิเคราะห์องค์ประกอบของซอสถั่วเหลือง ประเมินคุณภาพของน้ำอ้อย เป็นต้น ต่อไปจะมีการนำมาใช้ เช่น ควบคุมคุณภาพการผลิตในโรงงาน ตรวจสอบคุณภาพ เป็นต้น

ในประเทศไทยมีการนำเทคนิค NIR มาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมแป้ง นมและผลิตภัณฑ์นม น้ำมันพืช เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบในวัตถุดิบ ได้หลายชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ความชื้น เส้นใย ขี้เถ้า น้ำมัน กรดไขมันอิสระ ฯลฯ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์เทคนิค NIR ในประเทศไทย

ชนิดอุตสาหกรรม	ชนิดของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์	องค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์
อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง	มันแผ่นและมันอัดเม็ด	ความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรท เส้นใย
อุตสาหกรรมอาหารสัตว์และสัตว์น้ำ	วัตถุดิบ (ข้าวโพด ข้าวสาลี ปลาป่น กระดูกป่น ถั่วเหลืองป่น	ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย ขี้เถ้า
อุตสาหกรรมแป้ง (ข้าวสาลีและอื่นๆ)	วัตถุดิบ (สินค้านำเข้า) และ	ความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรท เส้นใย
นมและผลิตภัณฑ์นม	น้ำนมดิบ นมผง นมหวาน	ความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรท ไขมัน
น้ำมันพืช	วัตถุดิบ (ถั่วเหลือง รำข้าว)	ความชื้น โปรตีน น้ำมัน ไขมันอิสระ

ที่มา: วารุณี (2545)

การทำงานของเครื่อง Near Infrared Spectroscopy

แสงในธรรมชาติจะประกอบด้วยแสง ที่มีความยาวคลื่น ต่างๆ เช่น gamma rays, x-rays, ultraviolet, visible, infrared, microwaves, radiowaves เป็นต้น ดังตารางที่ 2 แสง Near Infrared (NIR) คือ แสงที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 750-2500 nm

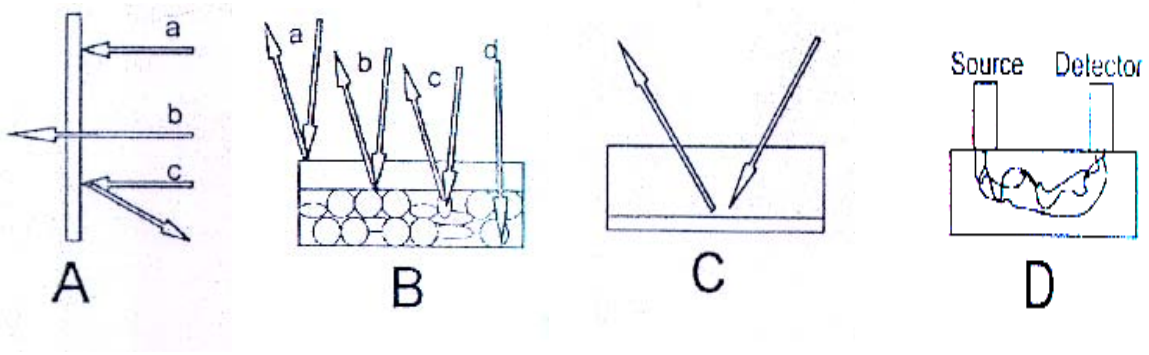
ตารางที่ 2 แสงประเภทต่างๆ จากแสงธรรมชาติ ที่มีความยาวคลื่น และ แบบของการส่องผ่านต่างๆ

Type of Radiation	Frequency Range (Hz)	Wavelength Range	Type of transition
Gamma rays	10^{20}-10^{24}	$<10^{-12}$ m	Nuclear
x-rays	10^{17}-10^{20}	1 nm-1 pm	Inner electron
ultraviolet	10^{15}-10^{17}	400 nm-1 nm	Outer electron
visible	4-7.5 x 10^{14}	750nm-400 nm	Outer electron
Near-infrared	**10^{12}-4 x 10^{14}**	**2.5 µm –750 nm**	**Outer electron molecular vibrations**
infrared	10^{11}-10^{12}	25 µm-2.5 µm	molecular vibrations
microwaves	10^{8}-10^{12}	1 mm-25µ m	molecular rotations, electron spin flips*
radiowaves	10^{0}-10^{8}	>1 mm	Nuclear spin flips*

* energy levels split by a magnetic field

ที่มา: นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ (2545)

เครื่อง Near Infrared Spectroscopy เป็นเครื่องมือที่ให้แสงที่ความยาวคลื่น ตั้งแต่ 750– 2500 nm เป็นแสงที่ไม่ทำลายวัตถุที่ส่องผ่านแสงในย่านใกล้อินฟราเรดที่ถูกปล่อยออกมานี้จะมีการส่องผ่านวัตถุในรูปแบบต่างๆ คือ Transmission, Diffuse reflection, Transfectance และ Transactance (Reeves, 2002) เครื่องจะวัดแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ แต่การแสดงค่า s จะขึ้นอยู่กับการเลือก เช่น ค่าการดูดซับ (absorbance) หรือ ค่าแสงสะท้อนกลับ (reflectance)



ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาที่วัตถุตัวอย่างมีต่อแสงที่ฉายในย่านใกล้อินฟราเรด

A)Transmission B) Diffuse reflection C) Transfectance D) Transactance

ที่มา: Reeves (2002)

เครื่อง NIR spectroscopy จะต่อกับคอมพิวเตอร์ และแสดงค่าออกมาในรูปสเปกตรัมที่มีแกนนอนแทนความยาวคลื่นแสง NIR แกนตั้งแทนค่าการดูดซับแสงของวัตถุ ค่าการดูดซับแสง (absorbance) ของวัตถุ มีการนิยามโดย Beer-Lambert Law ดังนี้

$$A = \log 1/T = abc$$

โดยที่ A = absorbance

T = Transmittance

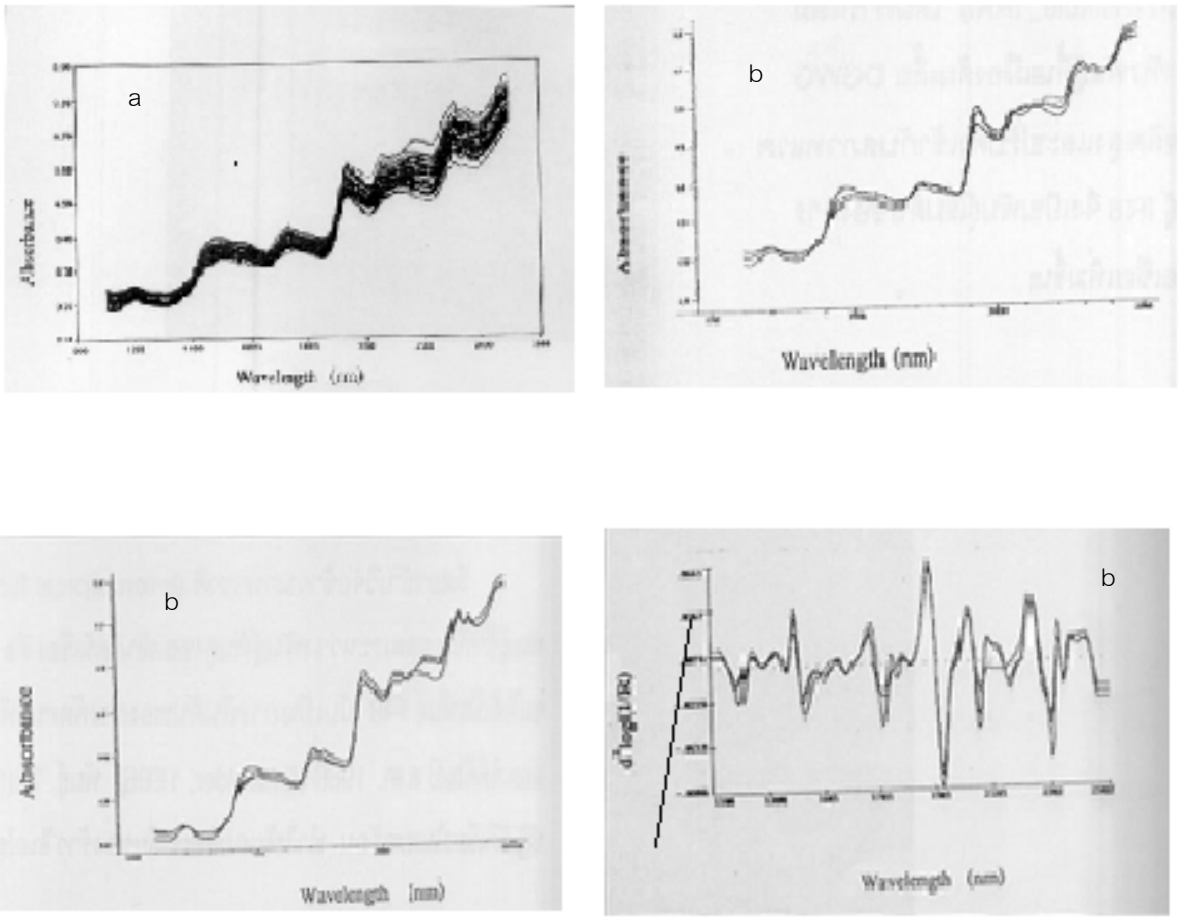
a = absorption coefficient ซึ่งเป็นค่าคงที่สำหรับแต่ละสารประกอบ

b = pathlength หรือ ความหนาของตัวอย่างในกรณีนี้

c = ความเข้มข้น (concentration) ของสารประกอบที่ดูดกลืนแสง

เครื่อง Near Infrared Spectroscopy* จะบันทึกค่าการดูดซับแสงที่ความยาวคลื่น ตั้งแต่ 800-2500 nm โดยใช้โปรแกรม spectrum ซึ่ง program จะมีการปรับ noise ของ spectra โดยใช้การปรับ แบบ 2^{nd} derivative ซึ่งจะทำให้ได้ spectra ดังภาพที่ 2

*ในที่นี้ เป็นเครื่องจากบริษัท Perkin Elmer



ภาพที่ 2 a. spectra ที่ไม่ได้ปรับแต่ง จะมี noise มาก

b. spectra ที่ทำการทำปรับแต่งด้วยวิธีต่างๆ เช่น primary, second derivative

ที่มา : จีรวรรณ มณีโรจน์ และคณะ (2545)

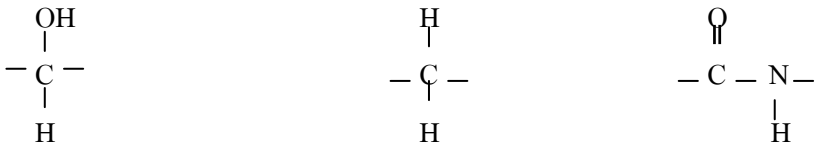
ลักษณะของ band

สารเมื่อได้รับแสง NIR จะดูดกลืนคลื่นแสง NIR เป็นผลทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นที่ความถี่สูง โมเลกุลจะถูกกระตุ้นจาก ground vibrational level ไปยัง excited vibrational level และให้ weak bands

จากการสั่นของ C-H, O-H, N-H และ S-H เมื่อได้รับแสงในช่วง NIR ที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 4000-12500 cm^{-1} (2500-800 nm) จะเกิด Overtone และ combination bands ลักษณะ bands ที่ได้จะมีความเข้มค่อนข้างต่ำ ดังนั้นเพื่อให้สามารถวัดความเข้มได้จึงต้องใช้แหล่งกำเนิดที่มีกำลังสูงแล้ว และใช้ตัวตรวจวัดที่มีความไวสูงด้วย NIR สเปกตรัมค่อนข้างจะเป็นพีคกว้าง (broad spectrum) และอาจจะเห็นพีคกว้างที่มีความเข้มค่อนข้างสูงอันเนื่องมาจากการเกยซ้อนเกยกัน (overlapping bands) อันเนื่องมาจากผลของพันธะไฮโดรเจน บางครั้งอาจจะเห็นพีคบางพีคที่คมชัด (some sharper bands) ในช่วงคลื่นที่แคบ 4000-6000 cm^{-1} (2500 –1667 nm)

ลักษณะของ bands ที่เกิดขึ้นจะต่างกัน เมื่อได้รับแสงที่ช่วงอื่น เช่น แสงที่มองเห็นได้(visible region) จะเกิดการสั่นที่เกิดจาก Electronic transitions ส่วนการได้รับแสงในช่วง IR Region โมเลกุลจะมีการสั่นแบบ Fundamental transitions

สารอินทรีย์ที่จะเกิดขึ้นในลักษณะของ band ที่ดูดกลืนแสง (absorption band) เป็น overtone และ combination band ของ fundamental vibration นี้ เนื่องจากมี H-atom เป็นองค์ประกอบ เช่น O-H (overtone ของมันจะพบในน้ำ แป้ง น้ำตาล), N-H (overtone ของมันจะพบในโปรตีน), C-H (overtone ของมันจะพบใน oil) และ S-H แต่การสั่นและการยืดของ C-C และ C-O เมื่อดูดกลืนแสง NIR จะไม่เห็น bands (ภาพที่ 3)



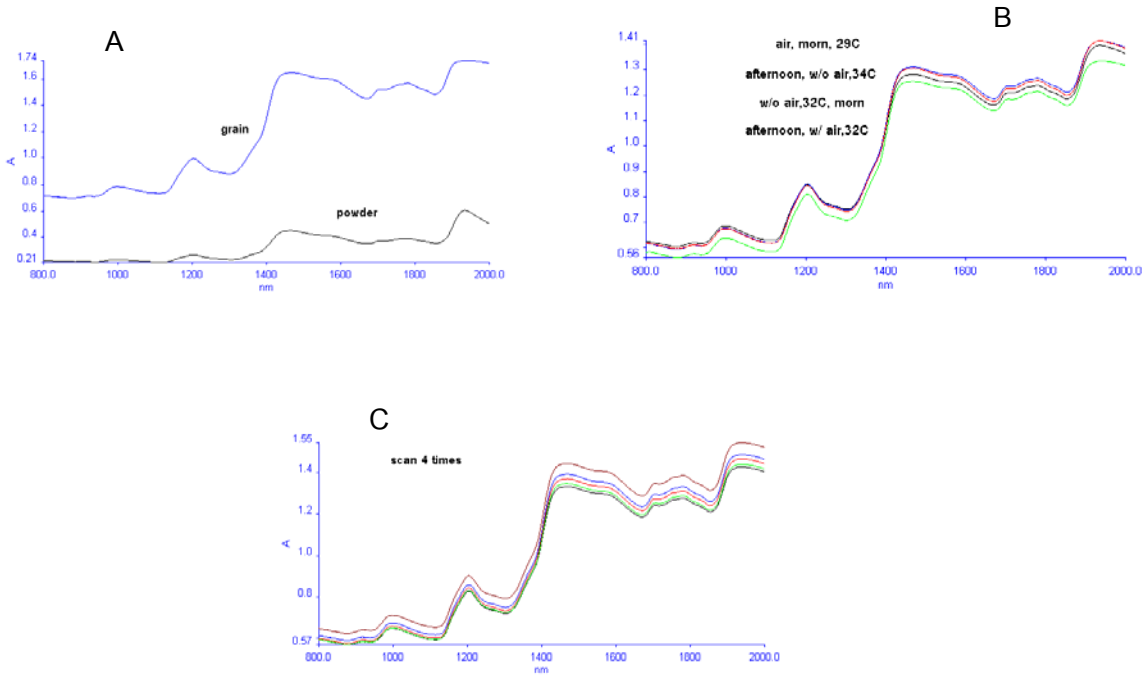
โมเลกุลน้ำตาล แป้ง **ไขมัน (Lipid)** **โปรตีน**

ภาพที่ 3 bond ของโมเลกุลน้ำตาล แป้ง ไขมัน โปรตีน ที่มีไฮโดนเจนเป็นองค์ประกอบจะเกิด overtone เมื่อได้รับแสงใกล้อินฟราเรด (NIR)

ที่มา: นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ (2545)

การวิเคราะห์องค์ประกอบด้วย NIR เป็นไปไม่ได้ที่จะใช้ ความยาวคลื่นเดี่ยว (single wavelength) เพื่อที่จะบอกองค์ประกอบชนิดหนึ่งชนิดใดที่อยู่ในองค์ประกอบที่เป็นส่วนผสม จำเป็นต้องใช้ ความยาวคลื่นที่เป็น multiple wavelengths เพื่อประเมินองค์ประกอบในส่วนผสมในเชิงปริมาณ

ในสารอินทรีย์มีองค์ประกอบหลายอย่างในโมเลกุล จึงทำให้เกิดลักษณะ band ที่ต่างกัน ในแต่ละช่วงความยาวคลื่น ซึ่งจะแตกต่างกัน อาจขึ้นอยู่กับ ขนาดของสาร อุณหภูมิขณะ scan ช่วงเวลาที่ scan ความชื้น เป็นต้น (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 เสปคตรัมที่แตกต่างเมื่อ scan ในสภาพต่างๆ

A) ขนาดของ particle ลักษณะเมล็ดและแป้ง B) อุณหภูมิที่ต่างกันในเวลา scan B)

C) เวลา scan ต่างกัน

ที่มา: จารุวรรณ (2004)

การใช้เครื่อง NIR Spectroscopy

เครื่องมือที่ให้แสงความยาวคลื่น 800-2500 nm มีมากมายหลายแบบจากหลายบริษัท แต่หลักการการให้กำเนิดแสง การเคลื่อนที่ การผ่านของแสง การดูดซับแสงจะเหมือนกัน แต่วิธีการ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้และการดูแลรักษาอาจจะแตกต่างกัน ซึ่งต้องทำตามหลักเกณฑ์ของเครื่องแต่ละแบบอย่างเคร่งครัด เพราะเครื่องมีราคาสูง การใช้อย่างระมัดระวังจึงเป็นการถนอมและรักษาเครื่องให้มีอายุระยะการใช้งานนานขึ้น

ส่วนประกอบของเครื่อง

แหล่งกำเนิดแสง

เป็นหลอดไฟที่ให้แสงแล้วผ่านการกรองแสงให้แสงที่ผ่านมาเป็นแสงในย่านความยาวคลื่น 800-2500 nm ซึ่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสง จะผ่านส่วนที่ทำหน้าที่แยกแสงโดยใช้ตัวแยกแสงแบบต่างๆ เช่น discrete filter, moving gratings และ diode arrays ซึ่งจะสามารถเลือกความยาวคลื่นแสงได้ตามต้องการ

อุปกรณ์ที่ใส่ตัวอย่าง (sample holders)

การพิจารณาเลือกใช้เครื่อง NIR spectrometer นั้นลักษณะทางกายภาพของเครื่องไม่ใช่สิ่งสำคัญหรือสิ่งที่ผู้ใช้งานสนใจ แต่วิธีหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการใส่ตัวอย่างเพื่อนำไปฉายแสงเป็นสิ่งที่สำคัญต่อผู้ใช้งาน ซึ่งมีความสำคัญที่ควรพิจารณาสองข้อ คือ ข้อที่หนึ่งอุปกรณ์ต้องมีลักษณะเหมาะสมที่จะทำให้วัตถุถูกฉายและวัดแสงในแบบที่ต้องการ ข้อที่สอง คือ ต้องสามารถใส่ตัวอย่างที่จะนำไปฉายแสงได้ นอกจากนั้นแล้วอุปกรณ์ใส่ตัวอย่างก็มีความสัมพันธ์กับรูปแบบของเครื่อง NIR spectrometer นอกเหนือจากรูปแบบการฉายและวัดแสงและขนาดการบรรจุตัวอย่างดังกล่าวข้างต้น ถ้าตัวอย่างมีผิวไม่สม่ำเสมอหรือไม่เป็นเนื้อเดียวกันโดยทั่ว ก็จะใช้วิธีหมุน round cup ในขณะฉายแสง เพื่อให้ตัวอย่างถูกฉายแสงอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง ซึ่งเครื่องมือก็ต้องออกแบบเพื่อให้สามารถหมุน round cup ได้ด้วย (ภาพที่ 5)

ภาพที่ 5 เครื่อง Near Infrared Spectroscopy ระบบ FTIR มีที่ใส่ตัวอย่างแบบจานหมุน
ที่มา: Perkin Elmer

โปรแกรมสำเร็จรูป

เดิมเครื่อง NIR ในอดีตจะทำหน้าที่ scan และบอกค่าการดูดซับแสง (absorption) หรือค่าแสงสะท้อนกลับ (Reflectance) เท่านั้น ส่วนสมการที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับแสง ค่าที่ทำนายได้ ต้องใช้วิธีการคำนวณเอง แต่ปัจจุบันเครื่อง NIR spectroscopy พัฒนาขึ้นจนสามารถ scan และเปลี่ยนค่า reflectance เป็นค่าแสงที่วัตถุดูดซับไว้ (absorption) โดยจะแสดงทั้งในรูปกราฟ และมีโปรแกรมการสร้าง Model สำเร็จรูป และวิเคราะห์ผลและค่าความน่าเชื่อถือ ค่าที่ทำนายได้ (predicted) ทำให้ง่ายต่อการทำงานมาก ในที่นี้จะขออธิบายคร่าวๆ ของการทำงานโดยใช้โปรแกรม spectrum เพื่อใช้ในการ scan โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนการทำงาน

1. การทำงานของเครื่อง (Instrument Diagnosis)

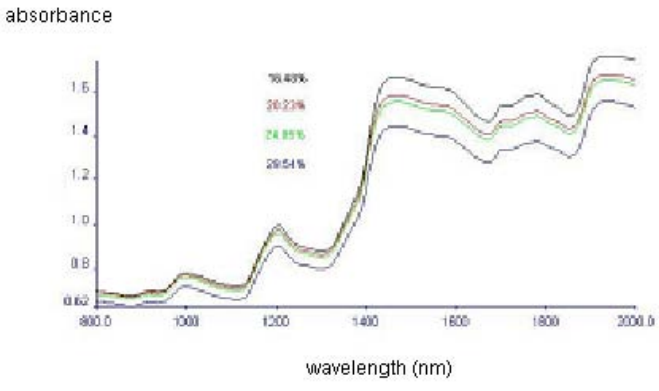
ความยาวคลื่นที่จัดอยู่ในช่วงแสงของ Near Infrared คืออยู่ระหว่าง 800-2000 nm แสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะผ่านส่วนกรองแสง (filter) ที่มีหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่อง เช่น discrete filter, moving gratings หรือ diode arrays แต่ทุกแบบจะสามารถเลือกความยาวคลื่นแสงได้

หลักการ scan คือ เมื่อวางวัตถุที่บรรจุอยู่ในภาชนะที่มีส่วนของ quartz แสงจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านตัวกรองแสงให้มีความยาวคลื่นตามต้องการออกมา และจะผ่านไปยังวัตถุ เมื่อแสงตกกระทบวัตถุ แสงจะมีการเคลื่อนผ่านวัตถุ และจะสามารถตรวจวัดแสงที่สะท้อนกลับออกมาได้ แต่โปรแกรมสำเร็จรูปจะแสดงค่าออกมาได้ทั้ง ค่าการดูดซับ (absorption) หรือค่าแสงสะท้อนกลับ (reflectance) แล้วแต่การเลือก

2. การได้รับข้อมูล (Data Acquisition)

มื่อนำตัวอย่างใส่ในภาชนะเฉพาะสำหรับ scan แสง NIR จะผ่านด้านที่เป็น Quartz แล้วผ่านไปที่วัตถุ เรียกว่า การ scan วัตถุจะได้รับแสง NIR ที่ความยาวคลื่นที่กำหนดในการ set เครื่อง ในที่นี้กำหนดที่ 800-2000 nm แล้วจะเก็บข้อมูลผลของแสงที่สะท้อน (Reflect) ออกจากวัตถุ เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบ ชื่อ file.data จะแสดงในรูป spectra ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดซับแสงที่ได้จากการแปลงค่า แสงที่สะท้อนกลับ (log1/R) หรือ absorbance และ ความยาวคลื่นแสง

หลักการผ่านของแสง วัตถุที่มีความขุ่น แสงจะผ่านได้ต่ำ สะท้อนกลับสูง หรือดูดซับต่ำ จากภาพที่ 6 ข้าวที่มีอมิโลสสูงจะมีค่าการดูดซับแสงต่ำกว่าข้าวที่มีอมิโลสต่ำกว่า แสดงว่าข้าวที่มี อมิโลสต่ำ เม็ดแป้งจะสะท้อนแสงกลับต่ำ ดูดซับแสงไว้ได้มาก จะเห็นความแตกต่างค่อนข้างชัดเจน เพราะฉะนั้นปริมาณอมิโลส สามารถใช้ค่าการดูดซับแสง NIR มาประเมินค่าอมิโลสได้



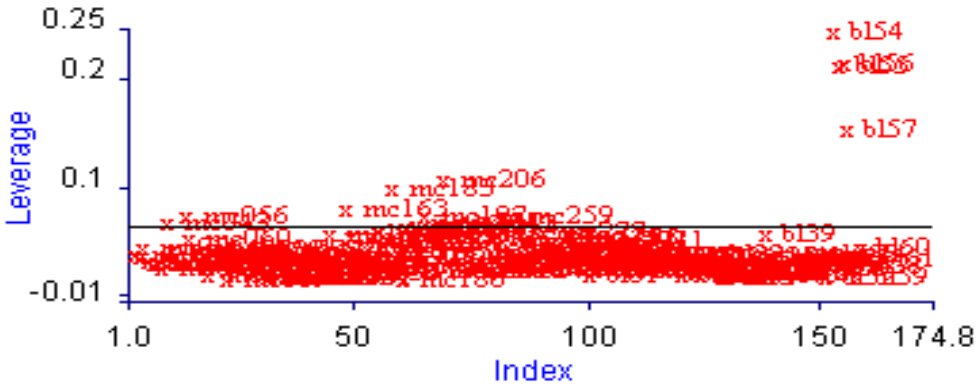
ภาพที่ 6 Spectra ของเมล็ดข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่าง ๆ ที่มีการดูดซับแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 800-2000 nm

3. การปรับค่า spectra (Spectra Manipulation)

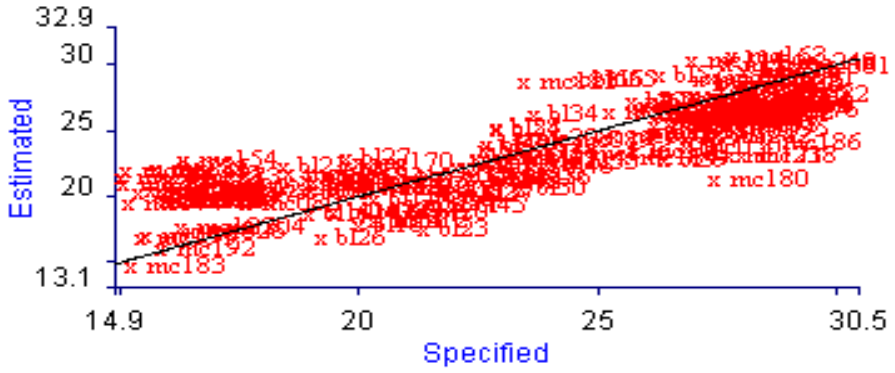
Spectra ที่อ่านได้จะเกิด noise มาก โปรแกรมสำเร็จรูปจะทำหน้าที่อ่านค่าของข้อมูลใน spectra และปรับแต่ง spectra โดยการทำให้เส้น spectra มีความเรียบ (smoothing) โดยการทำ second derivative และ normalization ซึ่งทำได้โดยใช้การคำนวณ เช่น การรวม การลบหรือหักออก และค่าเฉลี่ย ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปจะมีให้เลือกตามความต้องการ

4. การสร้าง calibration model (Development of calibration model)

การ Calibration คือ การทำสมการที่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ และค่าปริมาณอมิโลสจากการวิเคราะห์ ซึ่งในการ calibrate ต้องมีการตัดตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กันน้อยมากระหว่างค่าจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและค่าจากการทำนาย ที่เรียกว่า Outlier (ภาพที่ 7) ซึ่งจะมีผลทำให้ค่า R^2 ค่า regression สูง โดยใช้การวิเคราะห์ค่า variance โดยใช้ Partial Least Square (PLS) (ภาพที่ 8) ทำให้เป็นสมการที่น่าเชื่อถือ



ภาพที่ 7 ตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์น้อยมากระหว่างค่าจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และค่าจากการทำนาย หรือค่า Outlier (จากโปรแกรมสำเร็จรูป Quant +) คือ ตัวอย่างที่อยู่เหนือเส้น



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและค่าจากการทำนาย (จากโปรแกรมสำเร็จรูป Quant +)

5. การทดสอบสมการประเมินค่าทางเคมี (validation) (ศุมาพร เกษมสำราญ, 2545)

หลังจากที่ได้สมการประเมินค่าทางเคมี ที่สัมพันธ์กับปริมาณสิ่งที่ต้องการหามากที่สุดแล้ว จะต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของสมการนั้นก่อนนำไปใช้จริง การทดสอบสมการประเมินค่าทางเคมีที่มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี ที่นิยมแพร่หลาย

วิธีแรก คือ วิธี Full cross validation เป็นการทดสอบสมการภายใน (internal validation) ความหมายก็คือ ตัวอย่างที่นำมาทดสอบสมการก็คือ ตัวอย่างชุดมาตรฐานทั้งหมดที่ใช้สร้างสมการประเมินค่าทางเคมีนั่นเอง โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้ ตัดตัวอย่างมาตรฐานตัวที่ 1 ออกจากชุดตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้สร้างสมการประเมินทางเคมี จากนั้นใช้ตัวอย่างมาตรฐานที่เหลือทำการคำนวณหาสมการ เมื่อได้สมการจึงนำตัวอย่างมาตรฐานตัวที่ 1 มาหาค่าทางเคมี ขั้นต่อไปใส่ตัวอย่างมาตรฐานที่ 1 กลับคืนและตัดตัวอย่างมาตรฐานตัวที่ 2 ออกจากชุดตัวอย่างมาตรฐาน ถ้าสมการที่ใช้ประเมินสามารถประเมินได้แล้วจึงสร้างสมการประเมินค่าทางเคมี นำสมการที่ได้ประเมินค่าทางเคมีของตัวอย่างมาตรฐานตัวที่ 2 ทำขั้นตอนข้างต้นซ้ำจนกระทั่งหาค่าทางเคมีของตัวอย่างมาตรฐานครบทั้งชุด ดังนั้นตัวอย่างมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นจะถูกตัดออกจากชุดตัวอย่างละ 1 ครั้งเท่ากัน ทำการหาค่า RMSECV (root mean square error of cross validaion)

โปรแกรมสำเร็จรูปสามารถทำขั้นตอนนี้ได้ในเวลาสั้น ค่าที่แสดงให้เห็นจะสามารถบอกได้ว่า model ที่ได้มีความถูกต้องมากน้อยเพียงไร ค่าที่แสดงความชื่อมั่นทางสถิติ คือ Standard Error of Prediction, Standard Error of Estimated, %Variance (R^2) เป็นต้น

วิธีที่ 2 การทดสอบผลการประเมิน (prediction testing) วิธีนี้จะทดสอบสมการแบบภายนอก (external validation) โดยการเตรียมหรือนำตัวอย่างชุดใหม่มาทำการวิเคราะห์ในสภาวะการทดลอง เช่นเดียวกับชุดตัวอย่างมาตรฐาน รวมถึงการ treatment สเปคตรัม ก็ต้องเป็นแบบเดียวกับชุดตัวอย่างมาตรฐาน เรียกชุดตัวอย่างที่นำมาทดสอบสมการมาตรฐานนี้ว่า ชุดทดสอบ (testing set) วิธีการเตรียมตัวอย่างก็ทำเช่นเดียวกับชุดตัวอย่างมาตรฐานทุกขั้นตอน แต่จุดที่ต้องระวังก็คือปริมาณค่าทางเคมีที่เราจะหาในตัวอย่างชุดทดสอบต้องอยู่ภายในช่วงชุดมาตรฐาน หลังจากได้สเปคตรัมของชุดทดสอบ ก็นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณจากสมการประเมินค่าทางเคมี จากนั้นดูผลการคำนวณที่ได้และค่าทางสถิติ ค่าทางสถิติที่ควรพิจารณา ได้แก่ ค่าความคลาดเคลื่อน (bias) คือ ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธี NIR กับค่าจากวิธีอ้างอิง และค่า Root mean square error of prediction (RMSEP) ถ้าผลการหาปริมาณใกล้กับผลของค่าอ้างอิงและค่าทางสถิติดี นั้นแสดงว่าสมการประเมินค่าทางเคมีนั้นสามารถยอมรับได้ และนำไปใช้หาปริมาณตัวอย่างต่อๆ ไปได้ถูกต้อง

$$\text{BIAS} = \sum_{i=1}^{n} (\text{NIR method} - \text{Reference method})/n$$

$$\text{RMSEP} = [\sum_{i=1}^{n} (ni - Yi)^2 / (n)]$$

หลักการใช้เครื่อง (operating) โดยทั่วไป

1. เปิด และ warm เครื่อง ประมาณ 30 นาที
2. ทำความสะอาดภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง โดยเฉพาะบริเวณที่แสงผ่าน
3. ทำความสะอาดตัวอย่างข้าวให้สะอาดไม่มีฝุ่น
4. ลักษณะตัวอย่างที่ใส่ต้องมีวิธีการจัดการที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน เช่น ความชื้นเมล็ด ลักษณะตัวอย่าง เช่น ข้าวเต็มเมล็ดหรือต้นข้าว น้ำหนักตัวอย่าง เป็นต้น
5. ตั้งค่าการทำงานของเครื่องตามวัตถุประสงค์ เช่น ค่าความยาวคลื่นที่ใช้ จำนวนครั้งที่ scan เป็นต้น
6. หลังใช้งาน ทำความสะอาดเครื่อง และดูแลเครื่องตามโปรแกรมการดูแลรักษาเครื่อง

วิธีการในการประเมินค่าอมิโลส โดยใช้เทคนิค NIR spectroscopy

1. สุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวสารที่มีปริมาณอมิโลส ตั้งแต่ 14-30% ที่สะอาด และสม่ำเสมอแต่ละตัวอย่างใส่ในภาชนะ (cell) ของเครื่อง Near Infrared Spectrophotometer โดยแต่ละตัวอย่างบรรจุคำนึงถึงปริมาณ ความหนา และความชื้นของตัวอย่างใกล้เคียงกันมากที่สุด

2. นำส่วนหนึ่งของตัวอย่างบดเมล็ดเป็นแป้ง ด้วยเครื่องบด ไปวิเคราะห์ปริมาณอมิโลส ตามวิธีการของ Juliano (1981)

3. scan ในรูปเมล็ดข้าวสาร จำนวน ประมาณ 200 ตัวอย่าง โดยตั้งค่าของเครื่องให้ใช้ความยาวคลื่น 800-2000 nm โดยให้ cell ของตัวอย่างหมุน scan จำนวน 100 จุด การทำนายโดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป Quantum+ โดยแบ่งข้าวเป็น 2 ชุด ชุดแรก เป็นชุด calibrate ชุดที่ 2 เป็นชุด validate หลังจากนั้นเปลี่ยนสลับกัน โดยชุด 2 เป็นชุด calibrate ชุด 1 เป็นชุด validate

4. ทำการ calibrate หาความความสัมพันธ์สูงสุดระหว่างค่าอมิโลส และค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 800-2000 nm โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Quant + ใช้การวิเคราะห์ค่า regression ด้วย PSL เลือกสมการที่มีความสัมพันธ์สูง (R^2) ใกล้เคียง 1 จากตัวอย่างข้าวที่มีได้สามารถคัดเลือกสมการที่เหมาะสมได้

5. ทำการทดสอบการประเมินค่า (validation) จากสมการ calibration ที่ได้นำค่าเฉลี่ยจากการทำนายที่ได้มาจากสมการ calibrate หลายสมการ หาค่าเฉลี่ยปริมาณจากการทำนาย และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่วิเคราะห์ได้จริงจะไม่ยอมรับค่าที่แตกต่างจากค่าที่วิเคราะห์ได้ถ้ามากหรือต่ำกว่า 2%

6. การยอมรับ (acceptance) ถ้ามีความคลาดเคลื่อนต่ำ การที่ใช้ในการประเมินค่าอมิโลส โดยใช้ NIR spectroscopy ก็สามารถยอมรับได้ สามารถนำสมการ calibration ที่ดี ไปทำนายตัวอย่างที่ไม่รู้ค่า (unknown) ได้

สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในการทำนาย

ความสม่ำเสมอของตัวอย่าง

การประเมินค่าอมิโลสด้วยเครื่อง NIR spectroscopy ถึงแม้จะสะดวก ง่าย ประหยัดเวลา อย่างไรก็ตามการประเมินก็มีความผิดพลาดได้เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการก็มีความผิดพลาดเช่นกัน แต่ถ้าทราบว่าปัจจัยใดมีผลต่อความผิดพลาดก็สามารถหาทางควบคุมได้ นอกจากบางครั้งไม่ทราบว่าการผิดพลาดเกิดจากสาเหตุใด

ปัจจัยที่มีผลต่อความผิดพลาด เช่น ความไม่สม่ำเสมอของตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีลักษณะที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน จะมีปัญหาเรื่องความแม่นยำในการดูดซับแสง ทำให้ในแต่ละครั้งที่ scan จะได้ค่าที่ไม่แน่นอน เนื่องจากตัวอย่างมีความไม่สม่ำเสมอจึงทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ถ้าตัวอย่างมีความสม่ำเสมอ การดูดซับแสงก็จะค่อนข้างสม่ำเสมอ ค่าความแม่นยำก็จะมากขึ้น จึงควรพยายามทำให้ตัวอย่างมีความสม่ำเสมอมากที่สุดเพื่อลดความผิดพลาด

ความชื้นของวัตถุ

ความชื้นมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งมีพันธะ O-H ในโมเลกุล สเปกตรัมของน้ำ ก็จะอยู่ในสเปกตรัมของอมิโลส ในการ calibrate จะใช้ whole wavelength สเปกตรัมของน้ำก็จะมีผลต่อความถูกต้องของค่าที่วัดได้ นอกจากนั้น สภาพอากาศ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ ความหนาของตัวอย่าง ขนาดเมล็ด และค่าการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ เป็นต้น เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อน

แนวทางลดความคลาดเคลื่อน

จากการทดสอบ มีทางทำได้ คือ

1. เตรียมตัวอย่างอย่างดีให้มีความสม่ำเสมอมากที่สุด
2. พยายามควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมือนกันทุกครั้งที่ scan
3. วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมากกว่า 2 ครั้ง จนแน่ใจปริมาณอมิโลสที่ได้ถูกต้อง
4. ทำการ scan หลายครั้งในตัวอย่างเดิม
5. ทำการ calibrate หลายครั้งในตัวอย่างชุดเดิมแล้วหาค่าการทำนายเฉลี่ย

ข้อจำกัดของการใช้ NIR spectroscopy ในแต่ละขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 : การ scan

รูปแบบของ spectra ที่ได้ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น

1. particle size ที่ต่างกันของตัวอย่าง
2. ความชื้นของตัวอย่าง
3. ขนาดความหนาของตัวอย่างในภาชนะที่ใส่ในการ scan
4. สภาพอากาศ ขณะที่ทำการ scan เช่น relative humidity

ขั้นตอนที่ 2 : การวิเคราะห์ปริมาณอมิโลสในห้องปฏิบัติการ (Amylose analysis)

การวิเคราะห์จะมีขั้นตอนและวิธีการที่ค่อนข้างซับซ้อน และต้องมีความชำนาญพอสมควรทำให้การวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนได้ ทำให้ได้ค่าที่ไม่แม่นยำ จึงต้องทำการวิเคราะห์ซ้ำหลายครั้งเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ

ขั้นตอนที่ 3 : Calibration และ validation

ถ้า spectra และค่าการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการไม่แม่นยำ จะทำให้สมการ calibration มีค่าความผิดพลาดสูง ทำให้การประเมินค่า (validation) มีความผิดพลาดและไม่แม่นยำ

ด้วยเหตุนี้การประเมินค่าอมิโลสจะมีประสิทธิภาพ ต้องมีการ scan การวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำและถูกต้อง และทำการหาสมการ calibration ต้องมีความสัมพันธ์สูงระหว่างค่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและค่าสเปกตรัมจากการใช้เครื่อง NIR spectroscopy หลายสมการและเลือกสมการที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

จะเห็นได้ว่าวิธีการที่ใช้ NIR Spectroscopy เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประเมินปริมาณอมิโลสในเมล็ดข้าว โดยที่ไม่ทำให้ตัวอย่างถูกทำลาย ให้ค่าที่ถูกต้องเป็นที่น่าเชื่อถือได้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในระยะยาว ไม่มีอันตรายจากสารเคมี แต่ผู้ใช้ต้องมีความรู้ ความเข้าใจพอสมควร

Chemical assignments of Near Infrared absorption bands

Wavelength (nm)	Band vibration	Structure	Reference
1143	C-H Second Overtone	Aromatic	4
1160	C-H Stretch 4th Overtone	C=O	4
1170	C-H Second Overtone	.HC-CH.	2
1195	C-H Second Overtone	.CH3	2,4
1215	C-H Second Overtone	.CH2.	2,4
1225	C-H Second Overtone	CH	4
1360	C-H Combination	.CH3	4
1395	C-H Combination	.CH2	2,4
1410	O-H First Overtone	ROH	5
		Oil	2
1415	C-H Combination	.CH2	4
1417	C-H Combination	Aromatic	4
1420	O-H First Overtone	ArOH	5
1440	C-H Combination	.CH2	4
1446	C-H Combination	Aromatic	4
1450	O-H Stretch First Overtone	Starch, H2O	2
			1
1450	C=O Stretch Third Overtone	C=O	4
1460	Sym N-H Stretch First Overtone	Urea	1,2
1463	N-H Stretch First Overtone	.$CONH_2$	5
1471	N-H Stretch First Overtone	.CONHR	5
1483	N-H Stretch First Overtone	.$CONH_2$	5
1490	N-H Stretch First Overtone	.CONHR	5
1490	O-H Stretch First Overtone	Cellulose	1
1492	Sym N-H Stretch First Overtone	Urea	1
1492	N-H Stretch First Overtone	$ArNH_2$	5
1500	N-H Stretch First Overtone	.NH.	2
1510	N-H Stretch First Overtone	Protein	1,2
1520	N-H Stretch First Overtone	Urea	1,4
1530	N-H Stretch First Overtone	RNH_2	5
1540	O-H Stretch First Overtone	Starch	2
1570	N-H Stretch First Overtone	CONH	2,4
1620	C-H Stretch First Overtone	-CH_2	4,5

ที่มา: นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ (2545)

บรรณานุกรม

จีรวรรณ มณีโรจน์ อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล วารุณี ธนะแพสย์ และนันทิยา อุ่นประเสริฐ. 2545. การใช้ประโยชน์ของ NIRS กับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์น้ำ : การใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) หาค่าโปรตีนและค่าไขมันในตัวอย่างอาหารกุ้ง. การควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ. หน้า 201-211.

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์. 2545. หลักการพื้นฐานของเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้สเปกโทรสโกปี. การอบรมเชิงปฏิบัติการ การควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ. หน้า : 39-66.

วารุณี ธนะแพสย์. 2545. สถานการณ์ปัจจุบันของงานวิจัยและพัฒนาและการใช้ประโยชน์จากเทคนิค NIR ในประเทศไทย. การควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ หน้า : 25-37.

ศุมาพร เกษมสำราญ. 2545. ขั้นตอนการสร้างสมการประเมินค่าทางเคมีและการทดสอบสมการในเทคนิคสเปคโตรสโกปีย่านใกล้อินฟราเรด. การอบรมเชิงปฏิบัติการ การควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ หน้า : 131-151.

Juliano, B. O., C.M. Perez, A. B. Blakeney, D.T. Castillo, N. Kongseree, B. Laignelet, E.T. Lapis, V.V.S. Murty, C.M. Paule and B.D. Webb. 1981. International Cooperative Testing on the Amylose Content of milled rice. Starch 33: 157-162.

Reeves, J. B. 2002. Near infrared instrumentation. Available Source: http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/nte/spectroscopie/reeves/internet.htm, June 1, 2002.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

วิธีทดสอบหาปริมาณอมิโลส

1. เครื่องมือ

1.1 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

1.2 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม

1.3 เครื่องปั่นกวนระบบแม่เหล็ก (magnetic stirrer)

1.4 เครื่องบดเมล็ดข้าวที่บดให้ละเอียดได้ถึง 80-100 เมซ (mesh)

1.5 ขวดแก้วปริมาตร (volumetric flask) ขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร

1.6 ปิเปต แบบ volumetric pipette ขนาดความจุ 1 2 3 4 และ 5 มิลลิลิตร

1.7 ปิเปต แบบ measuring pipette ขนาดความจุ 1-10 มิลลิลิตร

2. สารเคมี

2.1 เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol : C_2H_5 OH) 95%

2.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide : NaOH)

2.3 กรดเกลเซียลอะซิติก (glacial acetic acid : CH_3COOH)

2.4 ไอโอดีน (iodine : I_2)

2.5 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide : KI)

2.6 อมิโลส (potato amylose) มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 95%

3. วิธีการเตรียมสารละลาย

3.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2 นอร์มัล (N) : ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ข้อ 2.2) 80.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตร ขนาดความจุ 1,000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

3.2 สารละลายกรดเกลเซียลอะซิติกเข้มข้น 2 นอร์มัล (N) : ละลายกรดเกลเซียลอะซิติก (ข้อ 2.3) ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น ประมาณ 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิกรัม

3.3 สารละลายไอโอดีน : ชั่งไอโอดีน 0.2000 กรัม และโพแทสเซียมไอโอไดด์ 2.000 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 80 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรสีชาขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ข้ามคืน หรือจนไอโอดีนละลายหมด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

4. วิธีวิเคราะห์

4.1 บดเมล็ดข้าวขาวด้วยเครื่องบดตาม 1.4 ให้เป็นแป้ง ชั่งแป้งมา 0.100 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร(ตาม 1.5) ที่แห้งสนิท

4.2 เติมเอทิลแอลกอออล์ 95% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ

4.3 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตาม 3.1 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร

4.4 ปั่นกวนตัวอย่างด้วยเครื่องปั่นกวนระบบแม่เหล็ก นาน 10 นาที ให้เป็นน้ำแป้งแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

4.5 เตรียมขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร ชุดใหม่ เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร สารละลายกรดเกลเซียลอะซิติกปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มิลลิลิตร

4.6 ดูดน้ำแป้งตาม 4.4 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ตาม 4.5 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

4.7 วัดความเข้มของสีของสารละลายตาม 4.6 ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยอ่านค่าเป็น absorbance ที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโนเมตร (nm) หลังปรับเครื่องด้วย blank ให้ได้ค่า absorbance เท่ากับ 0 (ศูนย์)

4.8 นำ blank โดยเติมสารละลายกรดเกลเซียมอะซิติก ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

4.9 นำ absorbance ไปหาปริมาณ (ร้อยละ) อมิโลส โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้ตาม 5.

4.10 ปรับปริมาณอมิโลสในแป้งข้าวที่วิเคราะห์ได้ให้เป็นที่ระดับความชื้น ร้อยละ 14.0 จากสูตร

$$\text{ปริมาณอมิโลสในแป้งข้าวที่ความชื้นร้อยละ 14.0} = \frac{A \times 86}{100 - M}$$

เมื่อ A = ปริมาณอมิโลสในแป้งข้าวที่วิเคราะห์ได้เป็นร้อยละ

M = ปริมาณความชื้นของแป้งข้าวที่วิเคราะห์ได้ เป็นร้อยละ

5. การเขียนเส้นกราฟมาตรฐาน

5.1 ชั่งอมิโลส 0.0400 กรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร (ตาม 1.5) ที่แห้งสนิท แล้วดำเนินการเช่นเดียวกับตัวอย่างตาม 4.2-4.4 เป็นสารละลายมาตรฐาน

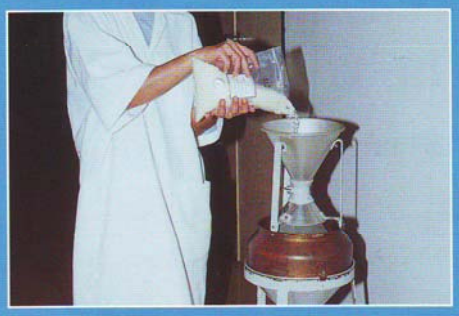
5.2 เตรียมขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร จำนวน 5 ขวด เติมน้ำกลั่นขวดละ 70 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเกลเซียลอะซิติก ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร ในขวดที่ 1 ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ในขวดที่ 2 ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร ในขวดที่ 3 ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตรในขวดที่ 4 และปริมาตร 20 มิลลิลิตร ในขวดที่ 5 ตามลำดับ แล้วเติมสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด

5.3 ดูดสารละลายมาตรฐานตาม 5.1 ปริมาตร 1 2 3 4 และ 5 มิลลิลิตร ซึ่งเทียบเท่าปริมาณอมิโลสร้อยละ 8 16 32 และ 40 ตามลำดับ ใส่ในขวดที่เตรียมไว้ใน 5.2 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร และวัดค่า absorbance ที่ 620 นาโนเมตร หลังปรับเครื่องด้วย blank ให้ได้ค่า absorbance เท่ากับ 0 (ศูนย์) เช่นเดียวกับ 4.7

5.4 นำ absorbance กับปริมาณอมิโลสในสารละลายมาตรฐานตาม 5.3 มาเขียนเป็นเส้นกราฟมาตรฐาน

5.5 นำเส้นกราฟมาตรฐานที่ได้จาก 5.4 มาใช้แปลงค่า absorbance ให้เป็นปริมาณ (ร้อยละ) อมิโลส

วิธีทดสอบหาปริมาณอมิโลส



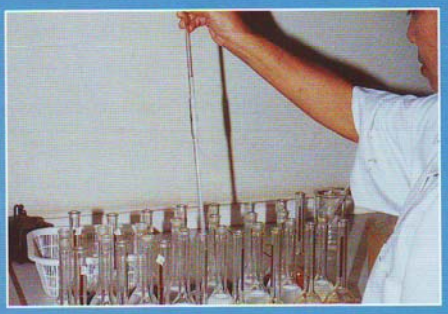
แบ่งตัวอย่าง

บดเมล็ดข้าวให้ละเอียด 80-100 เมช

ชั่งแป้ง 0.1000 กรัม

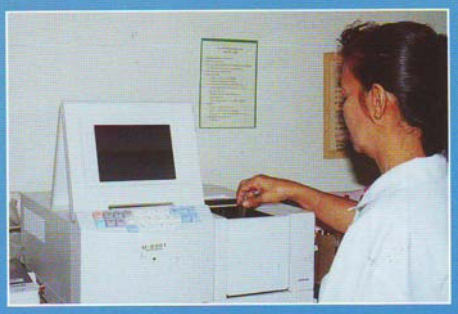
เติมแอลกอฮอล์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ปั่นกวน 10 นาที



ดูดน้ำแป้ง 5 มล. ลงในสารละลายกรดและไอโอดีน

ปรับปริมาตรเป็น 100 มล.



วัดความเข้มของสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ภาคผนวก ข.

วิธีทดสอบหาปริมาณความชื้น

1. เครื่องมือ

1.1 ตู้อบ (oven)

1.2 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม

1.3 เดซิกเคเตอร์ดูดความชื้น (desiccator)

1.4 เครื่องบดเมล็ดข้าวที่บดให้ละเอียดได้ถึง 80-100 เมซ (mesh)

1.5 กล่องอลูมิเนียมมีฝาปิด

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 บดเมล็ดข้าวขาวด้วยเครื่องบดตาม 1.4 ให้เป็นแป้ง

2.2 เปิดฝากล่องอลูมิเนียมตาม 1.5 โดยเอาฝาซ้อนไว้ใต้กล่อง แล้วนำไปอบในตู้อบตาม 1.1 ที่อุณหภูมิ 130°ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

2.3 ชั่งแป้งตาม 2.1 น้ำหนักประมาณ 1.0000 กรัม ใส่ในกล่องอลูมิเนียมตาม 2.2 แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

2.4 อบกล่องแป้งตาม 2.3 ในตู้อบที่อุณหภูมิ 130°ซ. โดยเปิดฝาไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

2.5 คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(B - C) \times 100}{(B - A)}$$

เมื่อ A = น้ำหนักกล่องอลูมิเนียมพร้อมฝา

B = น้ำหนักกล่องอลูมิเนียมพร้อมฝาและแป้งก่อนอบ

C = น้ำหนักกล่องอลูมิเนียมพร้อมฝาและแป้งหลังอบ

ภาคผนวก ค.

วิธีทดสอบหาปริมาณข้าวเจ้าอื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยปน

การหาค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง

1. เครื่องมือ

1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม

1.2 ตู้อบ (oven)

1.3 ขวดแก้วปริมาตร (volumetric flask) ขนาดความจุ 1,000 มิลลิลิตร

1.4 จานพลาสติกใสพร้อมฝาปิด (petri dish) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14.5 เซนติเมตร

1.5 บีกเกอร์แก้ว (beaker) ขนาด 1 – 2 ลิตร

1.6 เดซิกเคเตอร์ดูดความชื้น (desicator)

2. สารเคมี

2.1 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide : KOH) 87%

2.2 โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (potassium hydrogen phthalate : $C_8H_5KO_4$)

2.3 ฟีนอล์ฟธาลีน (phenolphtalein : $C_{20}H_{14}O_4$)

3. การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1.7% $\pm$ 0.05%

3.1 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ อาจทำได้ 2 วิธี

3.1.1 เตรียม working solution โดยตรง ชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 19.54 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มให้เดือดแล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

3.1.2 เตรียม working solution จาก stock solution

ก) ชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 588.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มให้เดือดแล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้เป็น stock solution สำหรับเจือจางต่อไป

ข) นำ stock solution จาก ก) ปริมาตร 33 มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร สำหรับใช้เป็น working solution

3.2 การหาความเข้มข้นของสารละลาย working solution

3.2.1 อบสารโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลทที่อุณหภูมิ 130^0ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์

3.2.2 ชั่งสารโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลทตาม 3.2.1 ประมาณ 0.5000 กรัม โดยอ่านให้ได้น้ำหนักที่แท้จริง

3.2.3 ละลายสารโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลทตาม 3.2.2 ในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟธาลีนเข้มข้น 1% ลงไป 3 หยด ไทเทรตกับสารละลาย working solution จนสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรของ working solution ที่ใช้ไปเป็นมิลลิลิตร

3.2.4 ทำ blank ตามวิธีการเดียวกับ 3.2.3 โดยไม่ใช้สารโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท

3.2.5 คำนวณหาความเข้มข้นของ working solution ดังนี้

$$\% \text{ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์} = \frac{P}{204.23} \times \frac{56.109}{V - B} \times 100$$

เมื่อ V = ปริมาตรของ working solution ที่ใช้ในการไทเทรตกับโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของ working solution ที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)

P = น้ำหนักของสารโพแสสเซียมไฮโดรพทาเลท (กรัม)

4. วิธีวิเคราะห์

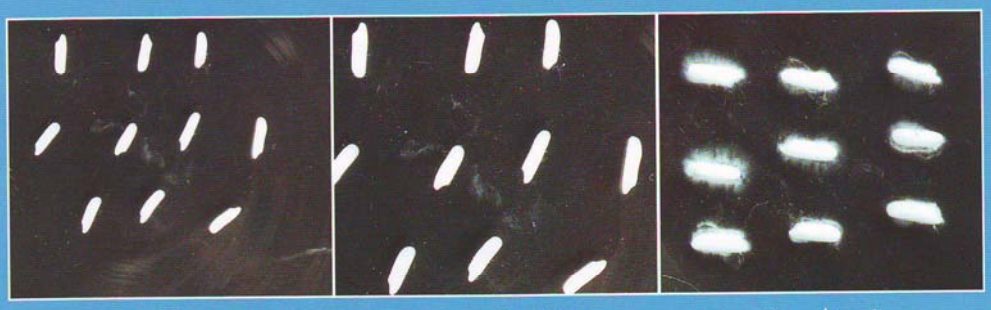
4.1 สุ่มเมล็ดข้าวขาวเต็มเมล็ดมา 100 เมล็ด แบ่งใส่ในจานพลาสติกใส ตาม 1.4 จำนวน 4 จานๆ ละ 25 เมล็ด แล้ววางบนพื้นราบสีดำ

4.2 เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ลงในจานพลาสติกตาม 4.1 ประมาณจานละ 100 มิลลิลิตร ให้เมล็ดข้าวทุกเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย และให้แต่ละเมล็ดอยู่ห่างกันพอสมควร แล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้อยู่กับที่ที่อุณหภูมิห้อง (30°ซ $\pm$ 5°ซ) โดยไม่ขยับเขยื้อนเป็นเวลา 23 ชั่วโมง

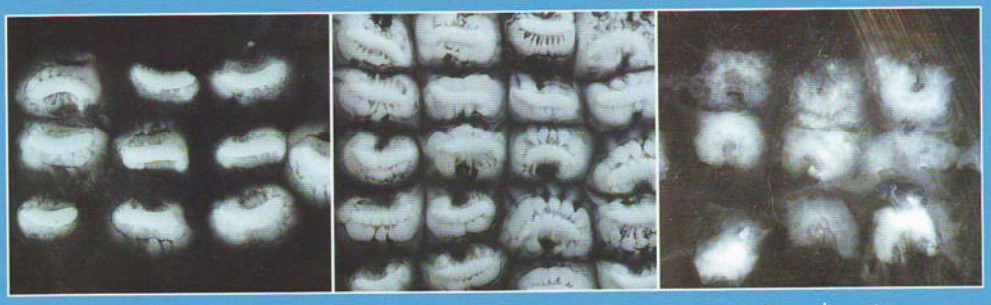
4.3 ตรวจเมล็ดข้าวตาม 4.2 โดยพิจารณาระดับการสลายของเมล็ดข้าวในด่างแต่ละเมล็ดตามลักษณะการสลายตามตารางที่ 1

4.4 การวินิจฉัย เมล็ดข้าวที่มีระดับการสลายในด่าง ตั้งแต่ระดับ 1 ถึงระดับ 5 เป็นเมล็ดข้าวที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทย

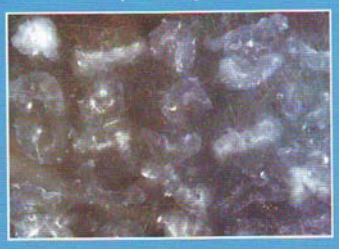
ระดับการสลายของเมล็ดข้าวในด่าง



Spreading 1 Spreading 2 Spreading 3

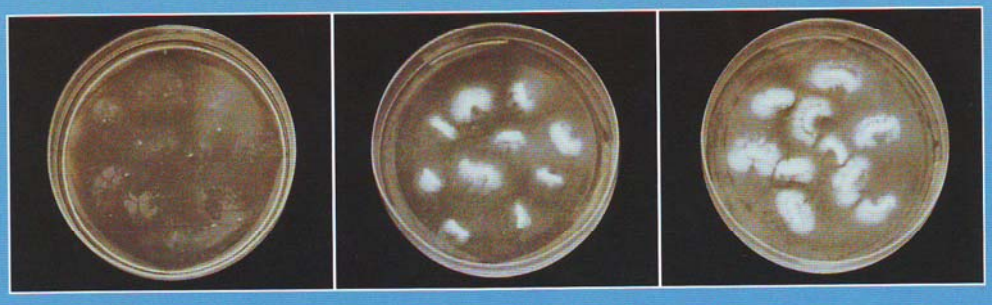


Spreading 4 Spreading 5 Spreading 6



Spreading 7

การตรวจสอบข้าวชนิดอื่นปนโดยวิธีการสลายเมล็ดข้าวในด่าง



ขาวดอกมะลิ105 กข23 ชัยนาท1

ตารางที่ 1 ระดับของการสลายของเมล็ดข้าวในด่างแต่ละเมล็ด

การสลายของเมล็ดข้าวระดับ	ลักษณะของเมล็ดข้าวที่สลายในด่าง
1	ลักษณะของเมล็ดข้าวไม่เปลี่ยนแปลงเลย
2	เมล็ดข้าวพองตัว
3	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมาจากบางส่วนของเมล็ดข้าว
4	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดข้าวเป็นบริเวณกว้าง
5	ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาวและมีแป้งกระจายออกมารอบ
6	เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ด มีลักษณะเป็นเมือกขุ่นขาว
7	เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ดและมีลักษณะเป็นเมือกใส

ภาคผนวก ง
การตรวจสอบข้าวชนิดอื่นปนในข้าวหอมมะลิโดยวิธีการย้อมสี

1. อุปกรณ์

1.1 บีกเกอร์แก้ว (beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร หรือ ถ้วยพลาสติกใสที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

1.2 หลอดหยด (dropper) พลาสติก ขนาด 1 มิลลิลิตร

1.3 ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 และ 2000 มิลลิลิตร

1.4 ปิเปต (pipette) ขนาดความจุอ่านได้ 1-10 มิลลิลิตร

1.5 ขวดใส่สารละลายสีชา ขนาดประมาณ 100 มิลลิลิตร

1.6 กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 50 มิลลิลิตร

1.7 ปากคีบ (forcep)

1.8 กระดาษซับหรือกระดาษทิชชู

1.9 เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียด 0.01 กรัม

2. สารเคมี

2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

2.2 กรดเกลเซียลอะซีติก (Glacial acetic acid)

2.3 โปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI)

2.4 ไอโอดีน (I_2)

2.5 ไทมอลบลู (Thymol blue)

2.6 เอธิลแอลกอฮอล์ 95%

2.7 ไอโซโปรปิลแอลกอฮอส์ (Isopropyl alcohol) 70% ซื้อจากร้านขายยา

2.8 น้ำกลั่นหรือน้ำกรองที่มีคุณภาพสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ

3. วิธีการเตรียมสารละลาย

3.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 นอร์มัล : ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ข้อ 2.1) 4.00 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 80 มิลลิลิตร ถ่ายใส่ขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตรทิ้งให้เย็น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3.2 สารละลายกรดอะซีติก เข้มข้น 1 นอร์มัล : ตวงกรดเกลเซียลอะซีติกเข้มข้น (ข้อ 2.2) ปริมาณ 6 มิลลิลิตร ใส่ลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.05 นอร์มัล : ดูดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 นอร์มัล (ข้อ 3.1) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตรในขวดปริมาตร

3.4 สารละลายกรดอะซีติก เข้มข้น 0.05 นอร์มัล : ดูดสารละลายกรดอะซีติก เข้มข้น 1 นอร์มัล (ข้อ 3.2) ปริมาณ5 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตร

3.5 Working Solution : ผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 นอร์มัล (ข้อ 3.1) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร กับสารละลายกรดอะซีติก เข้มข้น 1 นอร์มัล (ข้อ 3.2) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 2000 มิลลิลิตร

3.6 สารละลายอินดิเคเตอร์ : ชั่งไทมอลบลู (ข้อ 2.5) 0.10 กรัม ละลายในขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตรที่มีเอธิลแอลกอฮอล์ 95% อยู่ 53 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3.7 สารละลายไอโอดีน : ชั่งไอโอดีน (ข้อ 2.4) 0.20 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์(ข้อ 2.3) จำนวน 2.00 กรัม ใส่ในขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร และละลายในน้ำกลั่น ประมาณ 80 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ค้างคืนในที่มืด แล้วจึงปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชา

หมายเหตุ : สารละลายไอโอดีนนี้ไม่ควรเก็บนานเกิน 2 เดือน

3.8 ไอโซโปรปิลแอลกอฮอล์ 70%

4. วิธีตรวจสอบ

4.1 การเตรียมสารละลายสำหรับย้อมสีเมล็ดข้าว

4.1.1 ตวงสารละลาย Working Solution (ข้อ 3.5) ปริมาณ 30 มิลลิลิตร

4.1.2 เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ (ข้อ 3.6) จำนวน 3 หยด

4.1.3 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.05 นอร์มัล (ข้อ 3.3) ทีละหยดเขย่าให้เข้ากัน เมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีฟ้าอ่อนให้ยุติการหยดทันที

4.1.4 เติมสารละลายกรดอะซีติก เข้มข้น 0.05 นอร์มัล (ข้อ 3.4) ลงไปทีละหยดเขย่าให้เข้ากันทำเช่นนี้จนกว่าสีฟ้าของสารละลายหายไป

4.1.5 เติมสารละลายไอโอดีน (ข้อ 3.7) จำนวน 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน สารละลายที่ได้จะใช้สำหรับย้อมสีเมล็ดข้าว (ควรย้อมทันที)

4.2 วิธีการย้อมสีเมล็ดข้าว

4.2.1 สุ่มตัวอย่างข้าวสาร 3.0 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร หรือ ถ้วยพลาสติกใส ที่มีขนาดใกล้เคียง (ข้อ 1.1)

4.2.2 เติมไอโซโปรปิลแอลกอฮอล์ 70% (ข้อ 2.7) ปริมาณ 15 มิลลิลิตร แกว่งบีกเกอร์ หรือ ถ้วยพลาสติกใส นาน 45 วินาที แล้วรินแอลกอฮอล์ทิ้ง (แอลกอฮอล์ที่ใช้แล้วควรรวบรวมไว้ในขวดปิดฝา)

4.2.3 เติมน้ำกลั่น ปริมาณ 15 มิลลิลิตร แกว่งนาน 30 วินาที แล้วรินน้ำทิ้ง

4.2.4 เติมสารละลายสำหรับย้อมสีเมล็ดข้าว (ข้อ 4.1) ปริมาณ 15 มิลลิลิตร แกว่งนาน 45 วินาที แล้วรินสารละลายทิ้ง

4.2.5 เติมน้ำกรองปริมาณ 15 มิลลิลิตร รินน้ำทิ้งจนแห้ง

4.2.6 เทเมล็ดข้าวลงบนกระดาษทิชชู หรือ กระดาษซับ (ข้อ 1.8) เอากระดาษทิชชูอีกแผ่นมาซับด้านบน แล้วพลิกกลับ เพื่อเขี่ยเมล็ดข้าวลงบนกระดาษทิชชูแผ่นหลัง ปล่อยให้ข้าวแห้งนานประมาณ 5 นาที

4.2.7 คัดแยกเมล็ดข้าวด้วยปากคีบ(ข้อ 1.7) แยกออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เมล็ดข้าวติดสีชมพูอ่อนถึงไม่ติดสี เป็นข้าวอมิโลสต่ำ หรือข้าวหอมมะลิ หรือชนิดข้าวสวยนุ่มเหนียว

ส่วนที่ 2 เมล็ดข้าวติดสีน้ำเงินหรือม่วงเข้ม เป็นข้าวอมิโลสสูงหรือข้าวชนิดข้าวสวยแข็ง

4.2.8 นำข้าวที่คัดแยกได้ไปชั่งน้ำหนักทั้ง 2 ส่วน

4.2.9 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ข้าวชนิดอื่นปนในข้าวหอมมะลิ

$$\text{ข้าวชนิดอื่นปน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวส่วนที่ 2}}{\text{น้ำหนักข้าวส่วนที่ 1} + \text{น้ำหนักข้าวส่วนที่ 2}} \times 100$$

การตรวจสอบข้าวชนิดอื่นปนในข้าวหอมมะลิโดยวิธีการย้อมสี

อุปกรณ์

การเตรียมสารละลายสำหรับย้อมสี

เติมไอโซโปรปิลแอลกอฮอล์ แกว่ง 45 วินาที
รินทิ้ง เติมน้ำ แกว่ง 30 วินาที

เติมสารละลายสำหรับย้อมสี แกว่ง 45 วินาที

หลังย้อม คัดแยกเมล็ดติดสีเข้มและอ่อน

ข้าวหอมมะลิติดสีชมพูอ่อนหรือม่วงอ่อนถึงไม่ติดสี
ข้าวแข็งติดสีน้ำเงินหรือม่วงเข้ม

ภาคผนวก จ

การตรวจสอบข้าวชนิดอื่นปนในข้าวหอมมะลิโดยวิธีการต้ม

วิธีตรวจสอบเมล็ดข้าวสุกที่ต้มในน้ำเดือด วิธีการนี้เป็นวิธีที่ไม่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานแต่เป็นวิธีการตรวจสอบเบื้องต้นอย่างง่ายๆ เพื่อเป็นแนวทางในการบ่งชี้เท่านั้น

1. เครื่องมือ

1.1 หม้อต้มน้ำไฟฟ้า หรือหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาด 1 ลิตร

1.2 ตะกร้าตะแกรงลวดปลอดสนิม

1.3 ช้อนหรือพายสำหรับเขี่ยเมล็ดข้าว

1.4 กระจกสำหรับกดเมล็ดข้าว 2 แผ่น

1.5 เครื่องแบ่งตัวอย่าง

1.6 ตัวอย่างข้าวขาวหอมมะลิแท้

1.7 ตัวอย่างข้าวขาวพันธุ์ชัยนาท1

2. การทดสอบอุปกรณ์ เพื่อหาระยะเวลาต้มข้าวที่เหมาะสม

2.1 ผสมข้าวขาวหอมมะลิแท้ (1.6) และข้าวขาวพันธุ์ชัยนาท1 (1.7) ให้มีอัตราการปนของข้าวชัยนาท1 30% และคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างทั่วถึง

2.2 แบ่งตัวอย่างข้าวโดยใช้เครื่องแบ่งจนกระทั่งได้ตัวอย่างละประมาณ 150 เมล็ด แล้วจึง สุ่มนับให้ได้ 100 เมล็ด เตรียมไว้หลายๆ ตัวอย่าง

2.3 นำตัวอย่างจากข้อ 2.2 มา 1 ตัวอย่าง นำไปตรวจหาข้าวปนโดยการหาค่าการสลายเมล็ดในด่าง (ภาคผนวก ค)

2.4 นำหม้อต้มน้ำไฟฟ้า หรือหม้อหุงข้าวไฟฟ้า (ข้อ 1.1) มาเติมน้ำ ให้มีความลึกของน้ำ ประมาณ 2.5-3.0 ซม. เปิดสวิทส์ต้มน้ำจนเดือดและต้มต่อไปอีก 1 นาที

2.5 นำตัวอย่างจากข้อ 2.2 มาอีก 1 ตัวอย่าง ใส่ในตะกร้าตะแกรงลวดปลอดสนิม (ข้อ 1.2) และต้มในน้ำเดือด (ข้อ 2.4) นาน 12 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา ยกตะแกรงขึ้นแล้วรีบแช่ในน้ำเย็นทันทีเพื่อลดอุณหภูมิ ทำ 2 ซ้ำ

2.6 เทเมล็ดข้าวในตะกร้าลงบนกระจกเกลี่ยเมล็ดข้าวให้กระจาย นำกระจกอีกแผ่นมาวางทับเมล็ดข้าวและกดให้แบน เพื่อตรวจดูภายในของเมล็ดข้าวทั้ง 100 เมล็ด ถ้าปรากฏว่าข้าว เมล็ดใดยังเป็นไต โดยมีลักษณะเป็นจุดขุ่นขาวของแป้งดิบปรากฏภายในเมล็ด ให้ถือว่า เป็นข้าวที่ยังไม่สุกสมบูรณ์

2.7 ดำเนินการตามข้อ 2.4-2.6 โดยปรับระยะเวลาต้มข้าวเป็น 13, 14, 15, 16, 17, 18…….. นาที หรือจนกว่าจะถึงระยะเวลาต้มที่เมล็ดข้าวสุกทั้ง 100 เมล็ด

2.8 คัดเลือกเวลาต้มข้าวที่ได้ผลปริมาณข้าวปน (เมล็ดข้าวไม่สุก) ทำนองเดียวกับผลค่าการสลายเมล็ดในด่างตาม ข้อ 2.3 เป็นระยะเวลาต้มข้าว เพื่อทดสอบต่อไป

2.9 เตรียมตัวอย่างอีกชุด จำนวน 3-4 ตัวอย่าง 2 ซ้ำ

2.10 ดำเนินการตามข้อ 2.4-2.6 โดยใช้ระยะเวลาที่คัดเลือกได้ตามข้อ 2.8 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบค่าการสลายเมล็ดในด่าง เพื่อยืนยันความถูกต้อง แล้วจึงเลือกวิธีการดังกล่าวสำหรับตรวจสอบ ปริมาณข้าวปนเบื้องต้นต่อไป

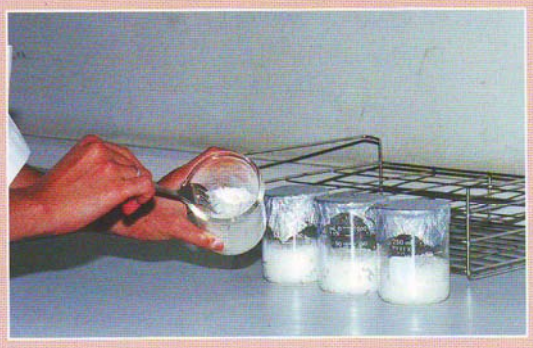
3. การวินิจฉัย

เมล็ดข้าวที่ยังไม่สุกสมบูรณ์ ให้ถือว่าเป็นข้าวที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทย

วิธีการตรวจสอบกลิ่นข้าว

นึ่งข้าวในน้ำเดือดนาน 25 นาที วางไว้ให้เย็น

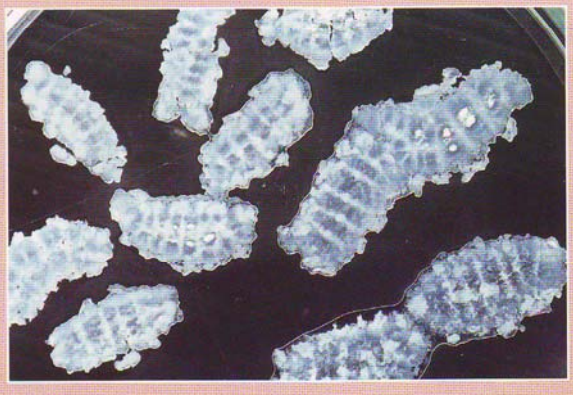
ดมพิสูจน์กลิ่น



เขี่ยข้าวสุกดูการเกาะตัว

การตรวจสอบข้าวชนิดอื่นปนในข้าวหอมมะลิโดยวิธีการต้ม

ต้มข้าว 100 เมล็ด ในน้ำเดือด



หลังการต้มนำมากดด้วยกระจก สังเกตลักษณะจุดขุ่นขาวของแป้งดิบที่แนวกลางเมล็ด ถือว่าไม่ใช่ข้าวหอมมะลิ

ภาคผนวก ฉ

วิธีการตรวจสอบกลิ่นข้าว

1. อุปกรณ์

1.1 บีกเกอร์แก้วขนาด 200 มิลลิลิตร

1.2 อ่างน้ำสแตนเลส พร้อมเตาแก๊สหรือหม้อต้มน้ำหรือหม้อนึ่งไฟฟ้า

1.3 อลูมินัมฟอยล์

1.4 เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียดเป็นกรัม

2. วิธีตรวจสอบ

2.1 ชั่งบีกเกอร์เพื่อทราบน้ำหนัก

2.2 ใส่ข้าวขาวในบีกเกอร์ และชั่งให้ได้น้ำหนักข้าว 30 กรัม

2.3 ล้างข้าวด้วยน้ำ 1 ครั้ง แล้วเติมน้ำให้ได้น้ำหนักข้าวและน้ำ 80 กรัม ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอลูมินัมฟอยล์

2.4 ต้มในหม้อน้ำเดือดหรือนึ่งนาน 15 นาที

2.5 ทิ้งไว้ให้เย็นและดมพิสูจน์กลิ่นเหม็นบูด หรือกลิ่นหอม

แนวทางการตรวจสอบข้าวปนในระหว่างการซื้อขายข้าวเปลือก

1. วัดความชื้นข้าวเปลือก หากมีความชื้นไม่เกิน 15% ให้ดำเนินการตามข้อ 2 หากมีความชื้นเกิน 15% ให้ลดความชื้นก่อนโดยตากแดด

2. ขัดสีข้าวให้ได้ข้าวสาร แล้วดม ตรวจหากลิ่นแปลกปลอม

3. ตรวจสอบข้าวแข็งปน โดยวิธีการย้อมสี (ภาคผนวก ง)

4. หากมีห้องปฏิบัติการให้วิเคราะห์หาปริมาณอมิโลส (ภาคผนวก ก) แล้วตรวจสอบข้าวปน โดยวิธีการต้ม (ภาคผนวก จ) หรือย้อมสี

คณะผู้วิจัย

ที่ปรึกษาโครงการ	นางสาวงามชื่น	คงเสรี
หัวหน้าโครงการ	นางสาวจารุวรรณ	บางแวก
ผู้ร่วมงานวิจัย	นางสาวกิติยา	กิจควรดี
	นางละม้ายมาศ	ยังสุข
	นางสาวกัญญา	เชื้อพันธุ์
	นางสาวสุนันทา	วงศ์ปิยชน
	นางพูลศรี	สว่างจิต
	นางสาวศิริวรรณ	ตั้งวิสุทธิจิต
	นางประนอม	มงคลบรรจง

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา	นางสาวงามชื่น	คงเสรี
คณะทำงาน	นางสาวจารุวรรณ	บางแวก
	นางสาวกัญญา	เชื้อพันธุ์
	นางสาวสุนันทา	วงศ์ปิยชน
	นางสาววัชรี	สุขวิวัฒน์
	นางพลูศรี	สว่างจิต
	นางสาวศิริวรรณ	ตั้งวิสุทธิจิต