บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 คุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว

4.1.1 คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าว

คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ทำการศึกษา คือ ขนาดและรูปร่าง (grain dimension) ได้แก่ ความยาว (length) ความกว้าง (width) ความหนา (thickness) และรูปร่าง (shape) จากตารางที่ 4.1 พบว่า ข้าวสารทั้ง 2 พันธุ์มีความยาวและความหนาเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 7.41±0.18 และ 7.29±0.20 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 ±0.16 และ 1.40 ±0.07 มิลลิเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับกัญญา (2547) ที่พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวเมล็ดอยู่ระหว่าง 7.2-7.6 มิลลิเมตร ศิราพร (2551) และงามชื่น (2547) พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวเมล็ดเท่ากับ 7.4 มิลลิเมตร ความกว้างและรูปร่างของเมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์ไม่แตกต่างกัน โดยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีความกว้างเท่ากับ 1.90 ± 0.15 และ 1.84 ±0.06 มิลลิเมตร ตามลำดับ กล่าวได้ว่าข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จัดเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 โดยมีความยาวของข้าวเต็มเมล็ดเกิน 7.0 มิลลิเมตร (กระทรวงพาณิชย์, 2540) มีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างมากกว่า 3 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90±0.28 และ 3.94±0.18 ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลการทดลองก่อนหน้านี้ที่พบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างเฉลี่ยมากกว่า 3 ซึ่งถือว่าเป็นข้าวที่มีรูปร่างเรียวยาว (ศิริธรและคณะ , 2548; นริศรา, 2548; ศิราพร, 2551) และสอดคล้องกับงานวิจัยของอรอนงค์ (2547) ที่เปรียบเทียบรูปร่างของข้าวไทย ข้าวญี่ปุ่น และข้าวอิตาลี พบว่า มีลักษณะเมล็ดข้าวเรียวยาว, ป้อมและปานกลาง ตามลำดับ กัญญา (2547) กล่าวว่า ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว สภาพพื้นที่ปลูก รวมถึงการดูแลรักษาทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งจะส่งผลต่อการขัดสีทำให้ข้าวสารที่ได้มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน

ดังนั้น จึงทำให้ไม่สามารถใช้ลักษณะทางกายภาพ คือ รูปร่างของเมล็ดข้าวสารมาใช้ในการแยกความแตกต่างระหว่างข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ชัยนาท 1

พันธุ์	ความยาว	ความกว้าง	ความหนา	*รูปร่าง
ขาวดอกมะลิ 105	7.41±0.18a	1.90±0.15a	1.55±0.16a	3.90±0.28a
ชัยนาท 1	7.29±0.20b	1.84±0.06a	1.40±0.07b	3.94±0.18a
CV (%)	2.58	6.30	8.24	5.96
$LSD_{0.05}$	0.12	0.07	0.08	0.15

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

*รูปร่าง = ความยาว/ความกว้าง (USDA, 1995; อ้างโดยนริศรา, 2548)

4.1.2 ปริมาณความชื้น

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ความชื้นของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24 % มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า เท่ากับ 13.7, 13.7, 13.5 และ 13.5 % ตามลำดับ และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด คือ 11.4 % และมีปริมาณความชื้นแตกต่างจากตัวอย่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24%

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้น

กรรมวิธี	ความชื้น (% wb)
ขาวดอกมะลิ 105	13.36a
8 %	13.72a
16 %	13.50a
24 %	13.50a
ชัยนาท 1	11.36b
CV (%)	7.07
$LSD_{0.05}$	0.17

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.3 น้ำหนักเมล็ดข้าวสาร

จากตารางที่ 4.3 พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยเมล็ดข้าวสารต่อจำนวนเมล็ด 1000 เมล็ดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีความแตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 19.66±0.38 และ 21.57±0.12 กรัม ตามลำดับ วิสุณี (2546) พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวหลังดอกบานมีผลทำให้น้ำหนัก 1000 เมล็ดแตกต่างกัน โดยอายุการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้นก่อนถึงระยะแก่ทางสรีรวิทยาจะทำให้เมล็ดข้าวมีการพัฒนาและสะสมแป้งมากขึ้น และความชื้นของข้าวอาจจะส่งผลต่อค่าน้ำหนักของเมล็ดข้าวสารที่ได้ด้วย ซึ่งการทดลองครั้งนี้ พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีความชื้น 13.7 % และ 11.4 % ตามลำดับ ซึ่งพบว่า แม้ว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จะมีปริมาณความชื้นที่น้อยกว่าแต่กลับมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดมากกว่า ทั้งนี้ค่าที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากลักษณะเฉพาะของข้าวแต่ละพันธุ์

ตารางที่ 4.3 น้ำหนักของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ชัยนาท 1

พันธุ์	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (g)
ขาวดอกมะลิ 105	19.66±0.38 a
ชัยนาท 1	21.57±0.12 b
CV (%)	1.35
$LSD_{0.05}$	0.26

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2 ปริมาณอะไมโลส

จากการศึกษาผลของระดับการปนที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณอะไมโลสของข้าว พบว่าปริมาณอะไมโลสของข้าวทั้ง 5 กรรมวิธี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะไมโลสน้อยที่สุด เท่ากับ 19.14 ±1.63 % และการปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับ 8, 16 และ 24% โดยน้ำหนัก พบว่ามีผลทำให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 20.88 ±1.31, 22.16 ± 1.34 และ 23.52±1.80 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) การเพิ่มขึ้นของปริมาณอะไมโลสและระดับการปนที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination: R^2) เท่ากับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

0.99 ซึ่งอธิบายได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอะไมโลสมีความสัมพันธ์กับระดับการปนถึง 99% โดยมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงดังสมการ (ภาพที่ 4.1)

$$Y = 18.03X + 19.26$$

เมื่อ Y = ปริมาณอะไมโลสในข้าวปน (%)
X = ระดับการปน (%)

ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณอะไมโลสสูงที่สุดเท่ากับ 33.08 ± 1.81% และจัดอยู่ในกลุ่มข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งข้าวกลุ่มนี้จะมีปริมาณอะไมโลสระหว่าง 25-34% ดังนั้นเมื่อปนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีปริมาณอะไมโลสสูงในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งจัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (งามชื่น, 2547) ในระดับการปนที่มากขึ้น จึงทำให้ข้าวปนมีปริมาณอะ-ไมโลสสูงขึ้น และพบว่าข้าวที่ถูกปนด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับ 8, 16 และ 24 % ทำให้ได้ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง คือ มีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่าง 20-25 % สอดคล้องกับงานวิจัยของ งามชื่น (2547) และ ศิริธร และคณะ (2548) พบว่า การปนข้าวชัยนาท 1 กับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยสัดส่วนการปนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น

จากการทดลองนี้วัดปริมาณอะไมโลสด้วยวิธีการวัดการติดสีด้วยไอโอดีน (iodine method) พบว่า พันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณอะไมโลสที่ค่อนข้างสูง คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.08 ± 1.81% สอดคล้องกับงานวิจัยจำนวนมากที่พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณอะไมโลสสูงและมีค่าความแปรปรวนที่วัดได้กว้าง คือ 26 – 35.5 % (ชนินันท์, 2542; นริศรา, 2548; หยาดฝน, 2548; ศิราพร และคณะ, 2550ก,ข ; สิริกาญจน์ และคณะ, 2551 ; Yoenyongbuddhagal and Noomhorm, 2002) ทั้งนี้อาจจะเกี่ยวข้องกับลักษณะความแปรปรวนของพันธุ์ข้าวซึ่งอาจจะเป็นข้าวจากแหล่งปลูกที่ต่างกัน อายุการเก็บรักษาข้าวหรือวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่างกัน

รุ่งทิวาและคณะ (2547b) พบว่า การวิเคราะห์หาปริมาณอะไมโลสด้วยไอโอดีนจะให้ค่าที่สูงกว่าการใช้ Concanavalin A มาตกตะกอนอะไมโลเพกตินออกไปก่อนแล้วจึงวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสที่เหลือและการคัดแยกขนาดด้วย Gel permeation chomatograph (GPC) ของสตาร์ชและอะไมโลเพกตินที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ไอโซอะไมเลส (Isoamylase) ทั้งนี้เนื่องจากพบว่าอะไมโลเพกตินของข้าวบางพันธุ์ เช่น ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, พันธุ์พิษณุโลก 2 และพันธุ์ กข 23 มีองค์ประกอบที่มีสายโซ่กิ่งก้านที่มีขนาดความยาวมาก (super long chain) ซึ่งสาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โซ่กิ่งที่มีความยาวมากนี้ มีความสามารถในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนได้คล้ายคลึงกับอะไมโลสจึงทำให้ค่าที่วัดได้สูงขึ้น (รุ่งทิวาและคณะ, 2547 a) ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองของ Stawski (2008) ที่ทดลองเปรียบเทียบปริมาณอะไมโลสของแป้งจากข้าวและมันฝรั่งที่ได้จากวิธีการวัดที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ การวัดการติดสี (iodine method) การใช้เอนไซม์ (enzymatic) และการใช้วิธีศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสาร โดยใช้คุณสมบัติความร้อน (thermo gravimetric) พบว่าทั้ง 3 วิธีให้ค่าปริมาณอะไมโลสที่วัดได้ไม่แตกต่างกัน โดยที่ในแป้งข้าวเท่ากับ 26.1 % ทุกวิธีการวัดและในมันฝรั่งเท่ากับ 26.0, 26.3 และ 26.9% ตามลำดับ

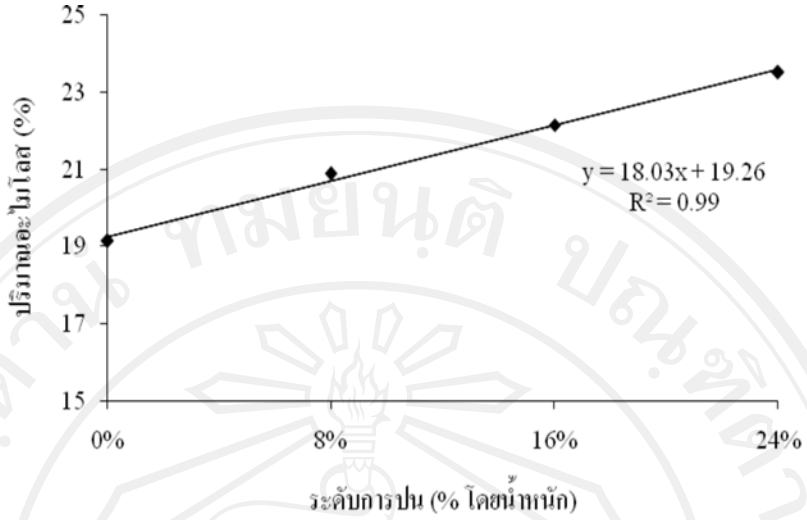
ตารางที่ 4.4 ปริมาณอะไมโลสของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปนด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับ 8, 16 และ 24 % โดยน้ำหนักและข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

กรรมวิธี	ปริมาณอะไมโลส (%)
KDML 105	19.14 ± 1.63 a
KDML 105+8% CN 1	20.88 ± 1.31 b
KDML 105+16% CN 1	22. 16 ± 1.34 c
KDML 105+24% CN 1	23.52 ± 1.80 d
CN 1	33.08 ± 1.81 e
CV (%)	6.71
$LSD_{0.05}$	0.5

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

KDML 105 = ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ CN 1 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยและระดับการปน ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ลงในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ความหนืด

การวัดคุณสมบัติด้านความหนืดเป็นสิ่งที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากสำหรับการตรวจสอบคุณภาพของแป้งเพราะจะเป็นคุณสมบัติที่บอกถึงคุณภาพด้านการแปรรูป เช่น ความแข็งหรือลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตโดยใช้แป้งชนิดนั้น สำหรับในกรณีของข้าวนิยมวัดความหนืดเพราะเกี่ยวข้องกับคุณภาพการหุงต้มหรือลักษณะข้าวหุงสุก

ตารางที่ 4.5 ความหนืดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105,ข้าวปน และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

treatment	peak viscosity (cP)	breakdown (cP)	final viscosity (cP)	setback (cP)	pasting temperature (ºC)
KDML105	2396±132.56 a	856±111.33a	2694±100.55a	297±56.57a	71.20±1.70a
8%	2905±75.26b	1204±51.12b	3182±70.38b	277±51.94a	71.44±1.66a
16%	2947±116.74b	1192±69.45b	3406±98.25b	459±77.70b	72.33±1.04ab
24%	3015±108.11bc	1259±57.35b	3670±103.67b	654±39.67c	72.92±1.86b
CN 1	3112±89.40c	947± 57.23a	5611±146.41c	2499±79.26d	77.44±1.12c
CV (%)	3.69	6.64	2.87	7.51	1.82
$LSD_{0.05}$	95.92	65.53	96.22	80.26	1.19

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

ผลการทดลองวัดคุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปนด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับ 8, 16 และ 24 % มีความแตกต่างจากข้าวบริสุทธิ์ทั้ง 2 พันธุ์ โดยพบว่า ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 3112±89.40 cP ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24 % มีค่าความหนืดสูงสุด เท่ากับ 2396±132.56, 2905±75.26, 2947±116.74 และ 3015±108.11 cP ตามลำดับ ค่าความหนืดสูงสุดของข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24 % ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\geq0.05$) แต่มีความแตกต่างกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 บริสุทธิ์ โดยมีค่าความหนืดสูงสุดสูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แต่น้อยกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (ตารางที่ 4.5) วิมลรัตน์ (2550) พบว่า ข้าวหอมมะลิ 105 ที่เป็นข้าวใหม่จะมีค่าความหนืดสูงสุดสูงกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยจะมีค่าประมาณ 3835 และ 2870 cP ตามลำดับ คล้ายกับผลการทดลองของนริศรา (2548) พบว่าค่าความหนืดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่เป็นข้าวใหม่มีค่าอยู่ที่ 2914 และ 2331 cP ตามลำดับ โดยที่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะมีค่าสูงกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือนค่าความหนืดสูงสุดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะลดลง ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่มีค่าเท่ากับ 1587 และ 2850 cP ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองนี้ พบว่า ค่าความหนืดสูงสุดของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าสูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยมีค่าความหนืดสูงสุดที่ไว้ได้ใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่เป็นข้าวเก่า จึงสันนิษฐานว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้น่าจะเป็นข้าวเก่าและเมื่อเปรียบเทียบค่าความหนืดสูงสุดกับปริมาณอะไมโลส พบว่า มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 4.2)

ค่าความหนืดลดลง (breakdown) ใช้อธิบายถึงความทนทานของเม็ดแป้งต่อการเคี่ยว เป็นค่าที่แสดงความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด จากผลการทดลองพบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24 % และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าเท่ากับ 856 ± 111.33, 1204±51.12, 1192±69.45, 1259±57.35 และ 947± 57.23 cP ตามลำดับ ซึ่งระดับการปนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความหนืดลดลงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ซึ่งพบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์และข้าวที่ปนที่ระดับ 8, 16, 24 % และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 บริสุทธิ์ มีค่าความหนืดสุดท้าย เท่ากับ 2694 ±100.55, 3182±70.38 , 3406±98.25, 3670±103.67 และ 5611±146.41 cP ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความหนืดลดลงและค่าความหนืดสุดท้ายของข้าวปนที่ระดับการปนทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.4) แต่มีความแตกต่างกันกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่บริสุทธิ์ ค่าความหนืดลดลงและค่าความหนืดสุดท้ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันกับปริมาณอะไมโลส (ภาพที่ 4.2) สอดคล้องกับการทดลองของ นริศรา (2548) พบว่า ค่าความหนืดสูงสุด, ค่าความหนืดลดลงและค่าความหนืดสุดท้ายของการปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับ 10, 15 และ 20% ไม่มีความแตกต่างกันแต่ข้าวปนมีค่าดังกล่าวแตกต่างจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 บริสุทธิ์

ค่าการคืนตัว (setback) เป็นผลต่างระหว่างค่าความหนืดสุดท้ายกับค่าความหนืดสูงสุด จากผลการทดลอง พบว่า ค่าการคืนตัวของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์และข้าวปนที่ระดับ 8% มีค่าการคืนตัวเท่ากับ 297±56.57 และ 277±51.94 cP และมีความแตกต่างกันกับข้าวปนที่ระดับ 16, 24 % และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 บริสุทธิ์ ที่มีค่าเท่ากับ 459±77.70, 654±39.67 และ 2499±79.26 cP ตามลำดับ ระดับการปนทั้ง 3 ระดับทำให้ข้าวมีค่าการคืนตัวสูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์แต่ยังคงมีค่าการคืนตัวน้อยกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และในการทดลองนี้กล่าว

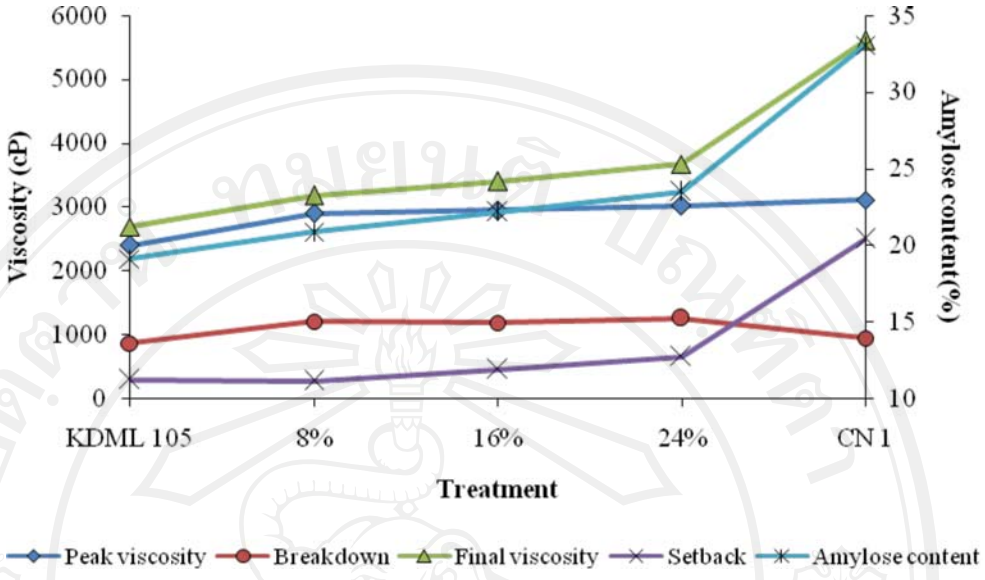
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ว่า ค่าการคืนตัวสามารถตรวจสอบการปนได้ถ้าปนที่ระดับ 16 % ขึ้นไป สอดคล้องกับการทดลองของนริศรา (2548) พบว่า เมื่อปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับ 10, 15 และ 20 % ทำให้ค่าการคืนตัวเพิ่มสูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์แต่น้อยกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และจากผลการทดลองนี้พบว่าค่าการคืนตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับปริมาณอะไมโลส (ภาพที่ 4.2)

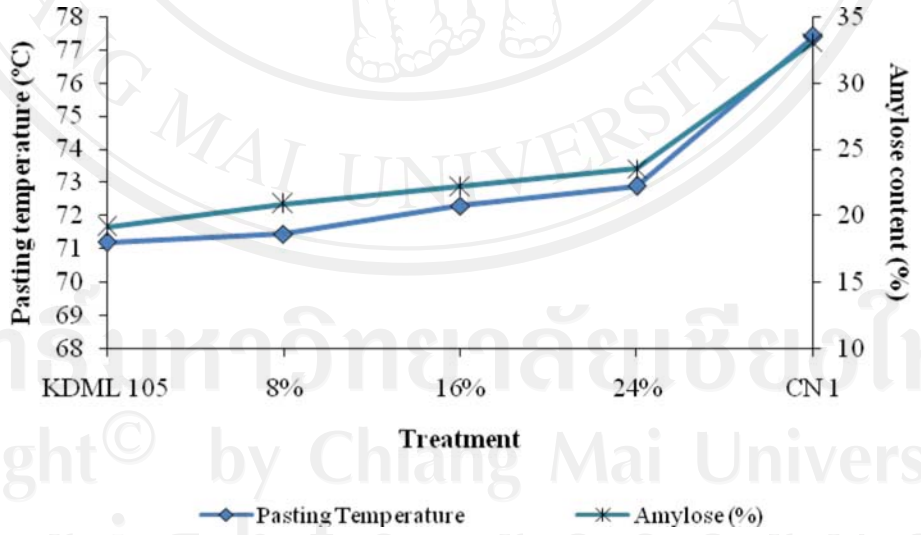
ดังนั้นกล่าวได้ว่า ค่าความหนืดสูงสุด, ค่าความหนืดลดลง, ค่าความหนืดสุดท้ายและค่าการคืนตัวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการปนเพิ่มขึ้นและสามารถบอกได้ว่าไม่ใช่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์ แต่ไม่สามารถบอกระดับการปนของข้าวได้

ค่าอุณหภูมิแป้งสุก (pasting temperature) จากผลการทดลอง พบว่า ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าอุณหภูมิแป้งสุกสูงที่สุดเท่ากับ 77.44±1.12 ºC ขณะที่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีค่าอุณหภูมิแป้งสุกต่ำที่สุดคือเท่ากับ 71.20±1.70 ºC โดยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันกับข้าวปนที่ระดับ 8 และ 16 % ซึ่งมีค่าเท่ากับ 71.44±1.66 และ 72.33± 1.04 ºC ตามลำดับ และข้าวปนที่ระดับ 16 % มีค่าอุณหภูมิแป้งสุกไม่แตกต่างกันกับข้าวปนที่ระดับ 24 % (ตารางที่ 4.4) ค่าอุณหภูมิแป้งสุกเป็นค่าที่ใช้อ้างถึงระยะเวลาที่ต้องใช้ในการทำให้แป้งสุก ดังนั้น กล่าวได้ว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกอยู่ในระดับที่สูง (ภาพที่ 4.3) ต้องใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนานกว่า 24 นาที ส่วนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24 % จัดเป็นข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลาง ซึ่งจะต้องใช้ระยะเวลาในการหุงต้ม 17-24 นาที (งามชื่น, 2547) เช่นเดียวกับ ศิริธร และคณะ (2548) ศึกษาผลของการปนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ถูกปนมีระยะเวลาการหุงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์ คือ เพิ่มจาก 15 เป็น 21 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืดและปริมาณอะไมโลสของข้าว



ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิแป้งสุก (Pasting temperature) และปริมาณอะไมโลสของข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยข้อมูลส่วนมากกล่าวว่าค่าอุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับปริมาณอะไมโลส (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546; อรอนงค์, 2547; Bason and Blakeney, 2007) อาทิเช่น Lu *et al.* (2009) พบว่า ข้าวจำพวกอินดิกา (indica) ชนิดที่มีอะไมโลสสูง ที่ได้จากประเทศไทยใช้อุณหภูมิในการทำให้แป้งสุกสูงกว่าข้าวจำพวกจาโปนิกา (japonica) และโดยส่วนใหญ่แล้วแป้งจากธัญพืชจะมีค่าอุณหภูมิแป้งสุกสูงกว่าแป้งที่ได้จากพืชหัว เช่น แป้งมัน สำปะหลังหรือมันฝรั่ง (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546) เนื่องจากข้าวพันธุ์ที่มีปริมาณอะไมโลสสูงต้องใช้พลังงานในการทำให้แป้งสุกสูงกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (นริศรา, 2548) เพราะปริมาณอะไมโลสที่สูงทำให้มีแรงยึดเกาะระหว่างพันธะหรือการผนึกตัวที่แข็งแรงและสูงกว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ จึงต้องใช้พลังงานความร้อนและระยะเวลาในการทำให้แป้งสุกสูงกว่า สอดคล้องกับผลการทดลองนี้ที่พบว่า ค่าอุณหภูมิแป้งสุกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.3)

อย่างไรก็ตามความแปรปรวนของคุณสมบัติทางด้านความหนืดเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น สายพันธุ์ (Yoenyongbuddhagal and Noomhorm, 2002) สิ่งแวดล้อมและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวรวมถึงอุณหภูมิที่เก็บรักษาด้วย (สุนีย์ และคณะ, 2544) อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาจะมีผลกับการเกิดปฏิกิริยา (interaction) ระหว่างองค์ประกอบของข้าว เช่น โปรตีน แป้ง หรือไขมันกับเอนไซม์ภายในข้าว (Chrastil, 1994; Zhou *et al.*, 2003) ไกรสีห์ และคณะ (2549) พบว่าระยะเวลาและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิแป้งสุกและค่าความหนืดสุดท้าย นอกจากนี้ความหนืดยังขึ้นอยู่กับวิธีการทดลองและการเตรียมตัวอย่าง เช่น วิธีการบดข้าวเพื่อเตรียมแป้ง (Becker *et al*., 2001) เพราะเครื่องบดที่ต่างกันอาจทำให้ขนาดอนุภาคของแป้งที่ได้ต่างกัน พัชรี และคณะ (2549) พบว่า ขนาดอนุภาคของแป้งที่ลดลงมีผลทำให้อุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจลาติไนซ์ของแป้งมีแนวโน้มลดลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กสามารถที่จะดูดซับน้ำได้เร็ว เกิดการพองตัวได้ง่ายและเร็วกว่าอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จึงใช้อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามระยะเวลาการเก็บรักษาและปริมาณอะไมโลสเป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่ส่งผลต่อคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้ง (สุนีย์ และคณะ, 2544 ;อรอนงค์, 2547) ปริมาณอะไมโลสในสตาร์ชข้าวเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อกำลังการพองตัว ดัชนีการละลายน้ำ ลักษณะการเกิดแป้งเปียก (Noosuk, 2003) โดยข้อมูลส่วนใหญ่พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลทำให้ข้าวมีปริมาณอะไมโลสและมีค่าการคืนตัวของข้าวเพิ่มขึ้น (นพมาศ, 2547; บัณฑิตและคณะ, 2548; วิมลรัตน์, 2550; Sharp and Sharp, 1994) ซึ่งค่าการคืนตัวที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อคุณภาพข้าวหุงสุกที่ได้ งามชื่น (2547) กล่าวว่า ค่าการคืนตัวแสดงถึงลักษณะของข้าวสุกหลังจากถูกทิ้งไว้ให้เย็นได้ โดยพบว่า การปนข้าวชัยนาท 1 ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยสัดส่วนการปนที่เพิ่มขึ้นนอกจากจะทำให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นแล้ว ยังมีผลทำให้ข้าวหุงสุกมีความนุ่มและความเหนียวลดลงด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สอดคล้องกับผลการทดลองนี้ที่พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณอะไมโลสสูงที่สุดและมีค่าการคืนตัวสูงที่สุดด้วย และระดับการปนที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าการคืนตัวเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้นทำให้ดัชนีการละลายน้ำเพิ่มขึ้น (Noosuk, 2003) และเกิดการคืนตัวได้เร็วกว่า (Noosuk, 2003; Lu *et al*., 2009) จากข้อมูลบางส่วนพบว่าการที่แป้งข้าวการคืนตัวได้ช้าเร็วต่างกันนอกจากปริมาณอะไมโลสแล้วจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของอะไมโลเพกตินด้วย เพราะความยาวและสัดส่วนของอะไมโลเพกตินในสตาร์ชมีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชั่น หรือการคืนตัวของแป้งต่างกันด้วย (Noosuk, 2003) มีงานวิจัยบางส่วนใช้ค่าการคืนตัวเพื่อตรวจสอบการปนของข้าว พบว่า ค่าการคืนตัวสามารถตรวจสอบการปนของข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้ (สิริรัตน์ และปริศนา, 2548)

แม้ว่าการวัดคุณสมบัติด้านความหนืดถือว่าเป็นคุณสมบัติที่มีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพของข้าว ซึ่งเป็นวิธีที่วัดด้วยเครื่องมือ จะแสดงความแตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์และข้าวที่มีการปนได้อย่างชัดเจน แต่ในขณะที่ผลการวิจัยที่ทดสอบในด้านของการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์และข้าวที่มีการปนได้ เช่น สิริรัตน์ และปริศนา (2548) รายงานว่าผู้บริโภคไม่สามารถตรวจสอบความแตกต่างของข้าวที่ปนด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้ เมื่อมีการปนต่ำกว่าระดับ 25 % เช่นเดียวกับ ศิริธรและคณะ (2548) ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อลักษณะของกลิ่น, ลักษณะปรากฏ, ความร่วน, ความเหนียว, ความแข็งและการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อคุณภาพของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปนด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน และสัดส่วนการปนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผู้บริโภคยอมรับได้โดยรวมได้ คือ 30 % ในกรณีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 สามารถปลอมปนได้ 50 % โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามแม้ผู้บริโภคจะไม่สามารถแยกความแตกต่างทางด้านเนื้อสัมผัสได้เมื่อข้าวหอมมะลิถูกปนด้วยข้าวพันธุ์อื่น แต่ระดับการปนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ข้าวหุงสุกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่บริสุทธิ์มีกลิ่นหอมลดลง ซึ่งกลิ่นหอมที่ลดลงอาจจะเป็นสาเหตุให้ผู้บริโภคทราบได้ว่าไม่ใช่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่บริสุทธิ์ งามชื่น และคณะ (2542) กล่าวว่า การปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยข้าวชัยนาท 1 เกิน 50 % จะทำให้ข้าวสุกมีความหอมน้อยมากหรือไม่มีความหอมเลยและสามารถปนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้สูงสุดที่ระดับ 30 %

อย่างไรก็ตามปริมาณอะไมโลสในข้าวไม่ได้มีค่าคงที่ แต่จะเปลี่ยนไปตามระยะเวลาและวิธีการเก็บรักษา ระดับการปลอมปนที่ยอมรับได้ที่เวลาหนึ่งอาจจะไม่เป็นที่ยอมรับได้เมื่อเวลาผ่านไปเนื่องจากคุณภาพที่ลดลง ดังนั้น การบอกว่าคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้นั้นเป็นคุณภาพที่เวลานั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่านั้น หากมีการส่งข้าวออกให้ลูกค้าและใช้ระยะเวลาขนส่งนานคุณภาพอาจไม่เป็นที่ยอมรับหรือถ้านำข้าวปนไปวางจำหน่าย ก็อาจมีคุณภาพน้อยลงกว่าวันตรวจวัด

4.4 สเปกตรัมของข้าว

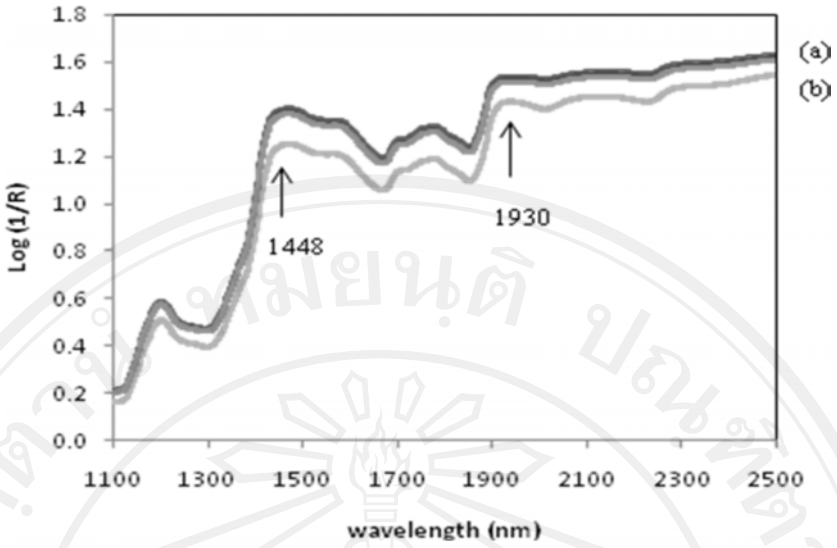
วัดค่าการดูดกลืนแสงของข้าวสารทั้ง 5 กรรมวิธี คือ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปนด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับ 8, 16 และ 24 % โดยน้ำหนัก และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 บริสุทธิ์ ด้วยเครื่อง NIRS6500 ในช่วงความยาวคลื่น 1100-2500 นาโนเมตร พบลักษณะสเปกตรัมดั้งเดิม (original spectrum) ของข้าวสารทั้ง 5 กรรมวิธีมีลักษณะคล้ายคลึงกัน (ภาพที่ 4.4) และสเปกตรัมสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24 % ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงสูงกว่า กลุ่มที่ 2 คือ ข้าวสารพันธุ์ชัยนาท 1 สเปกตรัม 2 กลุ่มพบพีกฐานกว้าง (board peak) ที่เด่นชัด คือ ที่ความยาวคลื่น 1448 และ 1930 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับพีกของน้ำ (Osborne *et al*., 1993b) โดยส่วนใหญ่สเปกตรัมของน้ำมีการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 1440 และ 1930 นาโนเมตร (Iwamoto *et al*., 1995) เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ดูดกลืนคลื่นแสง NIR ได้ดี ส่งผลให้เกิดการซ้อนทับกัน (overlapping) กับพีกของโมเลกุลขององค์ประกอบอื่น ดังนั้นสเปกตรัมดั้งเดิมจึงไม่พบพีกการดูดกลืนแสงที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมีชนิดอื่น เช่น ที่ 2100 นาโนเมตร ซึ่งเป็นพีกของแป้ง (starch) และมีความสัมพันธ์กับปริมาณอะไมโลสในข้าว (Osborne *et al*., 1993b; William and Norris, 2001) และนอกจากนี้ยังพบการเลื่อนตัวของสเปกตรัมในแนวแกน Y (base line shift) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกระเจิงแสงเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้แสงเปลี่ยนทิศทาง ส่งผลกระทบต่อการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน และมีความเกี่ยวข้องกับขนาดหรือรูปร่างของตัวอย่าง (Manley *et al.,* 1994) ในกรณีนี้อาจมีสาเหตุมาจากการอัดตัวกันของเมล็ดข้าวสาร เนื่องจากข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวและความหนาของเมล็ดมากกว่าข้าวสารพันธุ์ชัยนาท 1 (ตารางที่ 4.1) ดังนั้นตัวอย่างข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จึงเกิดการอัดตัวในเซลล์บรรจุตัวอย่างได้แน่นกว่ามีช่องว่างระหว่างเมล็ดน้อย ทำให้ระยะทางที่แสงผ่านเข้าไปในตัวอย่างสั้นกว่าตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้อนุภาคขนาดเล็กยังมีผลทำให้ตัวอย่างดูขาวหรือสว่าง (bright) กว่าตัวอย่างที่มีอนุภาคขนาดใหญ่มีการสะท้อนแสงกลับมากกว่าจึงเกิดการดูดกลืนแสง NIR ได้ต่ำกว่า (Osborne *et al*., 1993b) เช่นเดียวกับ Hruschka (2001) วัดสเปกตรัมข้าวสาลีที่มีขนาดตัวอย่างแตกต่างกัน คือ 320, 240 และ 170 μm พบว่า ค่า Log (1/R) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของตัวอย่างเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากสเปกตรัมดั้งเดิมพบว่าไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่บริสุทธิ์และข้าวปนซึ่งมีปริมาณอะไมโลสต่างกันได้ อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะไมโลสของข้าวยังมีความแตกต่างกันไม่มากพอที่จะสามารถแยกความแตกต่างได้ด้วยการพิจารณาจากสเปกตรัมดั้งเดิมเพียงอย่างเดียว เพราะอะไมโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในข้าวมีการเพิ่มหรือลดเพียงเล็กน้อยจึงยังไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ชัดเจน ให้ผลมีแนวโน้มเดียวกันกับ Hruschka (2001) กล่าวว่า เมื่อใช้ค่าการดูดกลืนแสง NIR ที่ความยาวคลื่น 2180 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน 4 % พบว่าค่า Log (1/R) แตกต่างกัน 0.01 เมื่อโปรตีนต่างกัน 0.2 % ค่า Log (1/R) มีค่าแตกต่างกัน 0.0005 และ Rittiron *et al*. (2005) กล่าวว่า สเปกตรัมที่ได้จากการวัดเมล็ดข้าวสารมีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดความแปรปรวน เช่น พันธุ์ของข้าว พื้นที่เพาะปลูกและสภาพอากาศระหว่างเจริญเติบโต ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อตัวอย่างข้าว ดังนั้นการที่จะตรวจสอบต้องใช้ตัวอย่างที่มีความหลากหลาย, จำนวนมากและครอบคลุม ค่าหรือองค์ประกอบที่ต้องการวัดทั้งสูงสุดและต่ำสุดของข้าวพันธุ์บริสุทธิ์ที่ต้องการตรวจสอบและข้าวพันธุ์ที่นำมาปน

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วลักษณะเด่นชัดที่พบได้จากสเปกตรัมดั้งเดิม คือ มีการซ้อนทับกันของพีก, มีพีกฐานกว้างและค่าของสเปกตรัมหรือค่า Log (1/R) แตกต่างกัน โดยสาเหตุหลักมาจากการกระเจิงแสงหรือปัจจัยภายนอก มากกว่าที่เกิดความแตกต่างเพราะมีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีภายในตัวอย่าง (อนุพันธ์, 2552) ดังนั้นจึงต้องแปลงข้อมูลสเปกตรัมก่อนที่จะสร้างสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.4 สเปกตรัมดั้งเดิมของข้าวสารทั้ง 5 กรรมวิธี
(ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปน (a) และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (b))

4.5 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

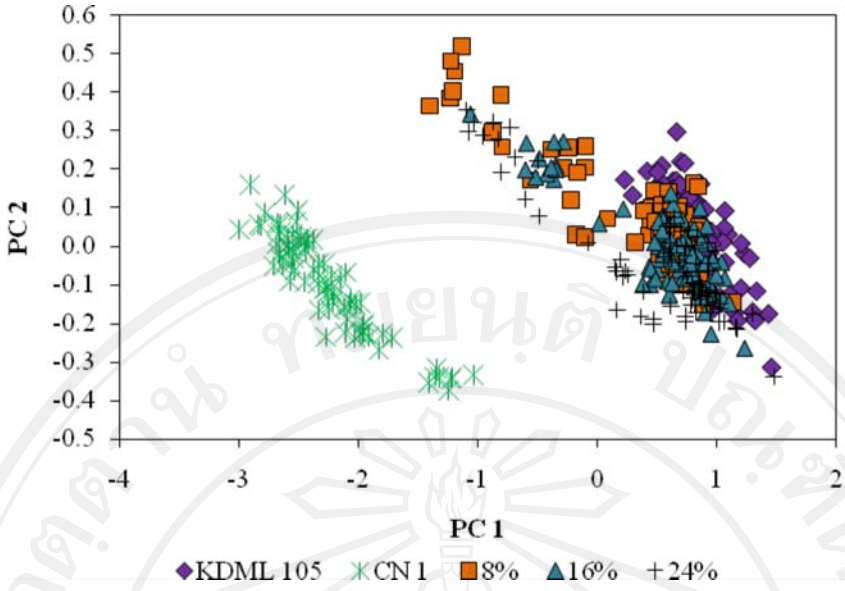
การใช้เทคนิค PCA (principal component analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ผลโดยการลดจำนวนตัวแปรอิสระหรือตัวแปรที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย NIRS โดยการแบ่งกลุ่มตัวแปรอิสระเดิมที่มีความสัมพันธ์กันเพื่อสร้างตัวแปรใหม่ที่เรียกว่า principal component (PC) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสเปกตรัมของข้าว จากผลการวิเคราะห์ด้วย PCA พบว่า สามารถแบ่งสเปกตรัมของข้าวได้เป็น 2 กลุ่มเช่นเดียวกับสเปกตรัมดั้งเดิมด้วย PC1 กลุ่มที่ 1 คือ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์และข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24 % และกลุ่มที่ 2 คือ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 บริสุทธิ์ กล่าวได้ว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีบางองค์ประกอบที่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และกลุ่มตัวอย่างข้าวที่มีการปน โดยส่วนใหญ่ PC1 ใช้อธิบายความแปรปรวนที่เกิดจากขนาดอนุภาคของตัวอย่างที่แตกต่างกัน (Osborne *et al*., 1993a) มักไม่นิยมใช้ PC1 ในการแยกองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่าง จากผลของ PCA พบว่า PC1 สามารถแยกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์และข้าว ปนออกจากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้ชัดเจน (ภาพที่ 4.5) เนื่องจากขนาดและรูปร่างของตัวอย่างเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง NIR ซึ่งเกี่ยวข้องการการกระเจิงแสงของตัวอย่าง (Manley *et al.,* 1994; Pasikatan *et al*., 2001) ดังนั้น แม้ว่าเมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีรูปร่างเรียวยาวเหมือนกัน แต่เมล็ดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีความยาวและความหนาน้อยกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จึงมีผลให้เมล็ดอัดตัวกันได้แน่นกว่าทำให้มีค่าการดูดกลืนแสงต่ำกว่า ให้ผลแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับ Chen *et al*. (2004a) ใช้เทคนิค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

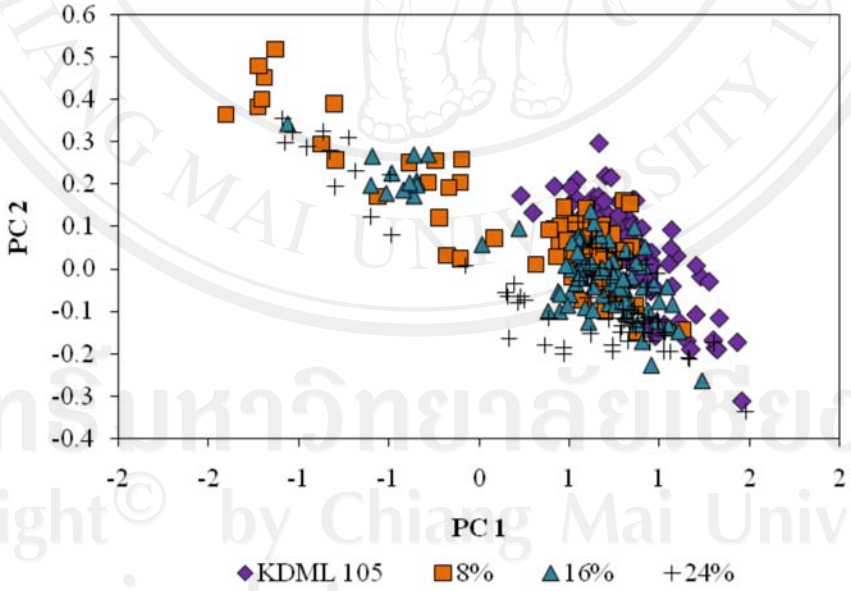
PCA วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางด้านเคมีกายภาพและการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของแป้งข้าวที่เป็นพันธุ์ข้าวของไต้หวัน จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง PC1 และ PC2 พบว่า PC1 สามารถอธิบายความแปรปรวนของอุณหภูมิที่ใช้สีข้าว ซึ่งถือเป็นคุณสมบัติทางด้านกายภาพและ PC2 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับไขมันและเถ้า (ash) ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีได้ ขณะที่ Osborne *et al*. (1993a) และ Krzanowski (1995) รายงานว่าเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิค PCA พบว่าสามารถแยกข้าวพันธุ์อื่นออกจากข้าวพันธุ์บาสมาติได้อย่างชัดเจน เช่นเดียวกันกับ Margach *et al.* (2009) ที่พบว่า PCA สามารถแยกข้าวบาร์เลย์ได้เป็น 3 กลุ่มอย่างชัดเจนคือ ข้าวบาร์เลย์ ชนิด waxy, ชนิดที่มีเปลือกบาง (hulless) และข้าวบาร์เลย์ที่มีเปลือกหนา (covered) นอกจากนี้ยังมีผลการทดลองที่พบว่า การใช้เทคนิค PCA มาวิเคราะห์ผลที่มาจากการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆของข้าว PCA สามารถแบ่งกลุ่มข้าวได้เป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน คือ กลุ่มของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มและเหนียว และกลุ่มของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นข้าวที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็ง (สิริกาญจน์ และคณะ, 2551)

แต่จากผลการการวิเคราะห์ด้วย PCA พบว่ายังไม่สามารถแยกกลุ่มข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับต่างๆ ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสต่างกันออกจากกันได้ (ภาพที่ 4.6) เช่นเดียวกับ Margach *et al.* (2009) พบว่า PCA ไม่สามารถแยกข้าวบาร์เลย์ที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (> 35 %) ออกจากข้าวบาร์เลย์ที่มีอะไมโลสปกติ (~25 %) ได้ แม้ว่าปริมาณอะไมโลสของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนมีความแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1% โดยประมาณในระดับการปนที่เพิ่มขึ้น 1 เท่าตัว แต่เนื่องจากอะไมโลสเป็นองค์ประกอบหลักในข้าว เมื่อมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพียงเล็กน้อย อาจไม่สามารถพบความแตกต่างเมื่อวัดด้วย NIR และใช้เทคนิค PCA แยกกลุ่มข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่บริสุทธิ์และข้าวที่มีการปนได้ เช่นเดียวกับ Kasemsumran *et al*. (2007) กล่าวว่านมวัวที่ถูกเติมน้ำเพียงเล็กน้อย อาจไม่สามารถแยกความแตกต่างจากสเปกตรัม NIR ได้ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบหลักของนม การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพียงเล็กน้อยจึงไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ Rittiron *et al*. (2005) ใช้เทคนิค NIR ทำการแยกข้าวทีละเมล็ด (single kernel) เพื่อตรวจสอบความบริสุทธิ์ของข้าว โดยอาศัยคุณสมบัติของปริมาณโปรตีนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างข้าวบริสุทธิ์และข้าวที่ปน พบว่าเทคนิค NIR สามารถแยกการปนของข้าวพันธุ์ Koshihikari ด้วยข้าวพันธุ์ Akitakomachi ได้ถ้าปนปริมาณมากกว่า 5 % แต่อาจจะไม่สามารถตรวจสอบความแตกต่างระหว่างข้าวบริสุทธิ์และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.5 การวิเคราะห์ PCA ของสเปกตรัมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, ข้าวปนที่ 8, 16 และ 24 % และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1



ภาพที่ 4.6 การวิเคราะห์ PCA ของสเปกตรัมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, ข้าวปนที่ 8, 16 และ 24 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวที่ถูกปนได้ถ้าเป็นพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยใกล้เคียงกันหรือปนแล้วมีปริมาณเฉลี่ยใกล้เคียงกับพันธุ์บริสุทธิ์ ดังนั้น หากต้องการแยกความแตกต่างกันระหว่างข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่างกัน จึงต้องทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอื่นต่อไป

4.6 การสร้างสมการเทียบมาตรฐาน

การสร้างสมการเทียบมาตรฐานเพื่อทำนายการปนของข้าวโดยใช้ปริมาณอะไมโลส จากตัวอย่างทั้งหมด 5 กรรมวิธี รวมใช้ตัวอย่างทั้งหมด 400 ตัวอย่าง โดยนำสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 1100-2500 นาโนเมตร กับปริมาณอะไมโลสที่วัดได้มาหาความสัมพันธ์ แต่การสร้างสมการครั้งนี้จะใช้ตัวอย่างจาก 4 กรรมวิธี โดยไม่ใช้ตัวอย่างข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในการสร้างสมการ ดังนั้นตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างสมการเท่ากับ 320 ตัวอย่าง สร้างสมการถดถอยเชิงเส้นด้วยเทคนิค PLSR แล้วใช้วิธีทดสอบสมการ (validation method) แบบ test set โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ใช้ในการสร้างสมการ (calibration set) จำนวน 164 ตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมการ (validation set) จำนวน 156 ตัวอย่าง

เมื่อสร้างสมการเทียบมาตรฐานโดยใช้ข้าวสารทั้ง 5 กรรมวิธี คือ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24 % และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสในช่วง 14.01-36.02 % พบว่า สมการเทียบมาตรฐานให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; R) สูงสุด เท่ากับ 0.95 และค่า SEC, SEP, Bias และ RPD เท่ากับ 1.63, 1.67, 0.05 และ 3.07 ตามลำดับ สอดคล้องกับศิราพร (2551) พบว่า เมื่อสร้างสมการทำนายปริมาณอะไมโลสของข้าวสาร 5 พันธุ์ ที่มีปริมาณอะไมโลสในช่วง 13.88-33.09 % ได้สมการทำนายที่มีค่า R สูงเท่ากับ 0.97 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากพันธุ์ข้าวที่นำมาสร้างสมการมีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกันมาก คือ ปริมาณอะไมโลสต่ำและสูง ทำให้มีช่วงของปริมาณอะไมโลสค่อนข้างกว้างค่า R ที่ได้จึงมีค่าสูง ทำให้ค่า SEC และ SEP สูงด้วย และอาจแก้ไขได้โดยการสร้างสมการแยกระหว่างข้าวปริมาณอะไมโลสต่ำและสูง William (2001) กล่าวว่า หากตัวอย่างที่นำมาสร้างสมการมีค่าทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น ปริมาณต่ำ (low) และสูง (high) โดยที่ไม่มีค่าทางเคมีที่อยู่ในระดับปานกลาง (intermediate) จะทำให้ได้การกระจายของตัวอย่างแยกกันเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน เรียกว่า เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีการกระจายแบบดัมเบล (dumbbell distribution) ซึ่งสมการที่สร้างจากตัวอย่างลักษณะดังกล่าวจะให้ค่า R สูงได้ เพราะมีช่องว่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างมากหากนำไปใช้งานต้องระวัง ซึ่งบางครั้งเมื่อสร้างสมการแยกกันระหว่างตัวอย่างที่มีค่าทางเคมีสูงหรือต่ำเพียงอย่างเดียวอาจจะให้ค่าความสัมพันธ์หรือค่าความแม่นยำที่ไม่ดีนัก สอดคล้องกับ Hong-jiang *et al.*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2007) ทำการเปรียบเทียบสมการเทียบมาตรฐานของปริมาณอะไมโลสที่สร้างจาก 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ตัวอย่างข้าวจากการปรับปรุงพันธุ์ที่แนะนำ (recombinant inbred line; RILs) และตัวอย่างข้าวพันธุ์ทั่วไป (conventional varieties; Var) พบว่า สมการที่สร้างจากตัวอย่างข้าวกลุ่ม RILs มีค่า R^2 เท่ากับ 0.95 ซึ่งสูงกว่าสมการที่สร้างจากตัวอย่างข้าวจากกลุ่ม Var ที่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.69 และพบว่าตัวอย่างข้าวทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกัน คือ ตัวอย่างข้าวกลุ่ม RILs มีปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วง 12.07-28.88 % และเป็นตัวอย่างข้าวที่มีการกระจายตัวของปริมาณอะไมโลสแตกต่างกันอย่างชัดเจน คือ มีปริมาณอะไมโลสต่ำและสูง ส่วนตัวอย่างกลุ่มข้าวกลุ่ม Var มีปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วง 16.01-29.15 เป็นตัวอย่างข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วงต่ำ, ปานกลางและสูง เมื่อทำการสร้างสมการใหม่โดยการรวมตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มเข้าด้วยกัน (MIX) พบว่า สมการให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.81 เมื่อทดสอบสมการที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง RILs, Var และ Mix ด้วยตัวอย่างข้าวจากกลุ่ม RILs และ Var พบว่า สมการที่ได้จาก MIX ให้ค่าการทำนายปริมาณอะไมโลสใกล้เคียงกับปริมาณอะไมโลสที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีมากที่สุด

ให้ผลการทดลองเป็นแนวโน้มเดียวกันกับ Shimizu *et al.* (1999) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของสมการเทียบมาตรฐานของปริมาณอะไมโลส ที่สร้างจากตัวอย่างข้าวที่มีช่วงของปริมาณอะไมโลสกว้าง คือ 0-35.3 % (R^2=0.64) ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสของตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง และสมการเทียบมาตรฐานที่สร้างจากตัวอย่างข้าวที่มีปริมาณอะ-ไมโลสแคบ คือ 13.2-20.7 % (R^2=0.74) มาทำนายปริมาณอะไมโลสในข้าวซึ่งมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วง 13.4-19.8 % พบว่าให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.28 และ 0.49 ตามลำดับ ดังนั้นจะพบว่านอกจากสมการที่สร้างควรมาจากตัวอย่างที่มีค่าครอบคลุมต่ำและสูงสุดแล้ว ยังต้องคำนึงถึงลักษณะการกระจายของตัวอย่างที่สร้างสมการด้วย

ดังนั้น จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำการสร้างสมการเทียบมาตรฐานเพื่อทำนายการปนโดยไม่ใช้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เพื่อลดความแตกต่างของปริมาณอะไมโลส

เมื่อนำตัวอย่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24% ซึ่งจัดเป็นตัวอย่างข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสในระดับต่ำและปานกลาง (งามชื่น, 2547) มาสร้างสมการ พบว่าสเปกตรัมที่แปลงข้อมูลด้วย Smoothing 15 (15 nm averaging for left and right side) ร่วมกับ 2nd Derivative 5 (5 nm averaging for left and right side) ที่ช่วงความยาวคลื่น 1140-2458 นาโนเมตร ให้ความแม่นยำของสมการเทียบมาตรฐานเท่ากับการแปลงสเปกตรัมด้วย Smoothing 15 ร่วมกับ 2nd derivative 5 ในช่วงความยาวคลื่น 1140-2358 นาโนเมตร คือ ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; R) สูงสุด เท่ากับ 0.81 โดยมีค่า SEC

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ 1.33 % และ 1.35 % ตามลำดับ แต่ช่วงความยาวคลื่น 1140-2358 นาโนเมตร มีค่า SEP เท่ากับ 1.38 % ซึ่งต่ำกว่าในช่วงความยาวคลื่น 1140-2458 นาโนเมตร ที่มีค่าเท่ากับ 1.43 % และมีค่า RPD ซึ่งเป็นสัดส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างในกลุ่ม validation set กับ SEP เท่ากับ 1.54 ซึ่งสูงกว่าช่วงความยาวคลื่น 1140-2458 นาโนเมตร (ตารางที่ 4.6) ดังนั้น จึงเลือกสมการที่แปลงข้อมูล Smoothing 15 ร่วมกับ 2nd derivative 5 ในช่วงความยาวคลื่น 1140-2358 เป็นสมการที่จะนำไปทดสอบการปนข้าวต่อไป

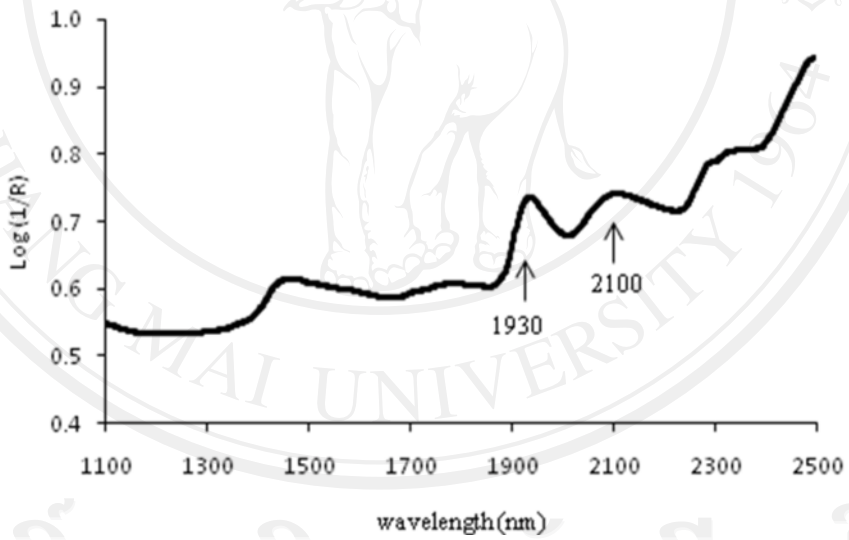
ตารางที่ 4.6 ค่าทางสถิติที่ได้จากการสร้างสมการเทียบมาตรฐานโดยใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24 %

Pre-treatment	Wavelength region (nm)	Factor	R	SEC (%)	SEP (%)	Bias	RPD
MSC + Smoothing 5	1110-2488	7	0.75	1.51	1.48	0.09	1.43
Smoothing 5 + 2nd Derivative 15	1140-2458	7	0.80	1.31	1.35	0.20	1.57
Smoothing 15 + 2nd Derivative 5	**1140-2358**	**7**	**0.81**	**1.35**	**1.38**	**0.12**	**1.54**
Smoothing 15 + 2nd Derivative 5	**1140-2458**	**7**	**0.81**	**1.33**	**1.43**	**0.09**	**1.48**

เมื่อวัดสเปกตรัมของอะไมโลสบริสุทธิ พบพีกการดูดกลืนคลื่นแสงที่ชัดเจนอยู่ที่ความยาวคลื่น 2100 นาโนเมตร (ภาพที่ 4.7) จากงานวิจัยส่วนใหญ่ พบว่า ที่ความยาวคลื่น 2100 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับแป้งมากที่สุด (Osborne *et al*., 1993 b) เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงว่าค่าการดูดกลืนแสง (Log(1/R)) ที่ความยาวคลื่นใดมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมีที่ใช้สร้างสมการทำนาย จากภาพที่ 4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการเทียบมาตรฐาน เพื่อทำนายการปนโดยใช้ปริมาณอะไมโลสของข้าวจาก 4 กรรมวิธี คือ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับ 8, 16 และ 24 % โดยน้ำหนัก และแปลงข้อมูลสเปกตรัมด้วย Smoothing ร่วมกับ 2nd derivative พบว่า ที่ความยาวคลื่น 1538, 2084 และ 2094 นาโนเมตร มีความเกี่ยวข้องกับพันธะ C-H และ O-H ซึ่งมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์กับแป้ง (Osborne *et al*., 1993 b) ซึ่งพันธะและโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกันนั้นมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของอะไมโลสที่เป็นองค์ประกอบ ในการศึกษาครั้งนี้พบพีกที่ความยาวคลื่น 2094 นาโนเมตร ซึ่งอาจเป็นผลจากการแปลงข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคคณิตศาสตร์ จึงทำให้พีกเลื่อนไปบ้างสมการทำนายการปนด้วยวิธีการแปลงสเปกตรัมจาก Smoothing ร่วมกับ 2^{nd} derivative พบว่า ที่ความยาวคลื่นที่ให้ผลการทำนายดีที่สุดอยู่ที่ 1140-2358 นาโนเมตร ซึ่งรวมความยาวคลื่น 2100 ด้วย เมื่อ พิจารณาจากการกระจายของข้อมูลระหว่างค่าที่วัดได้จริงและค่าที่ได้จากการทำนายบนกราฟการกระจาย (scatter plots) (ภาพที่ 4.9) ของตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการและตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมการจะพบว่ากลุ่มตัวอย่างข้าวทั้ง 4 กรรมวิธีไม่ได้แยกกลุ่มกันอย่างชัดเจน ยังพบว่ามีส่วนที่ซ้อนทับ (overlap) ในขณะที่ปริมาณอะไมโลสที่วัดได้จริงและค่าที่ได้จากการทำนายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการปนเพิ่มขึ้น



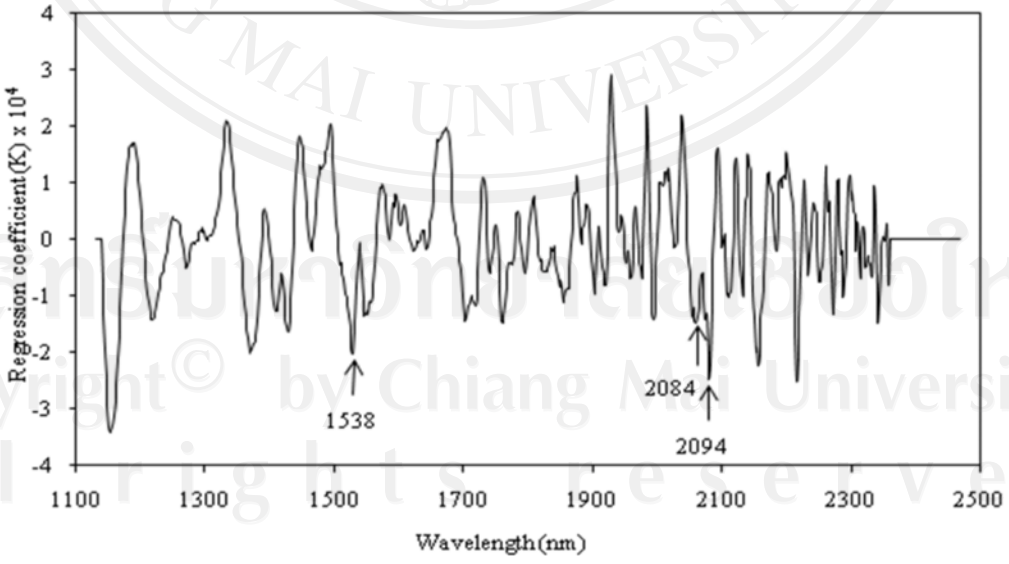
ภาพที่ 4.7 สเปกตรัมของอะไมโลสบริสุทธิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากว่าช่วงของปริมาณอะไมโลสของข้าวแต่ละกรรมวิธีมีค่าค่อนข้างกว้าง แม้ว่าปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีจะมีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ยังคงมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.7) เมื่อนำมาสร้างสมการจึงยังมีค่าที่อยู่ในช่วงที่ซ้อนทับกันในกลุ่มตัวอย่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวปนที่ระดับต่างๆ ดังนั้นเมื่อจะนำไปใช้ในการตรวจสอบการปนอาจจะบอกได้ว่ามีปริมาณอะไมโลสเท่าไร แต่สำหรับระดับการปนที่กี่ % นั้นยังไม่สามารถบอกได้ชัดเจน

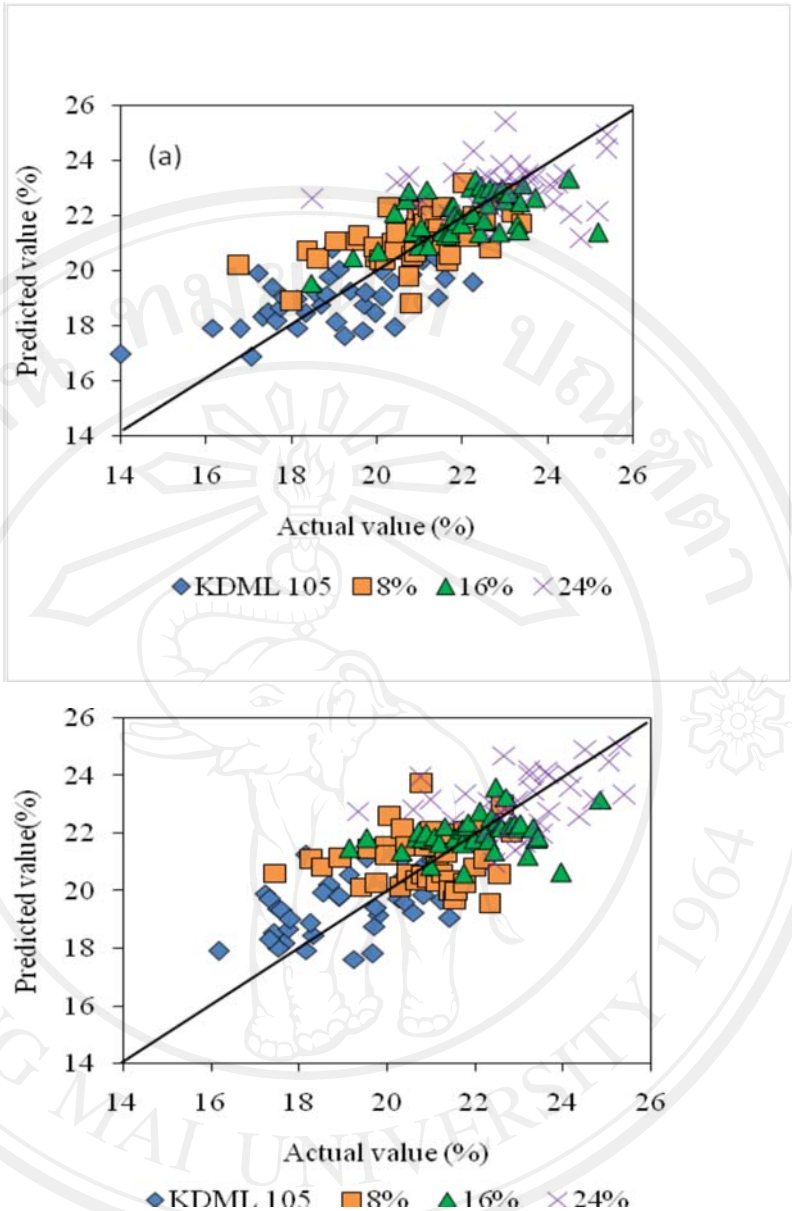
ตารางที่ 4.7 ปริมาณอะไมโลสของตัวอย่างข้าวที่ใช้สร้างสมการ

กรรมวิธี	ช่วงของปริมาณอะไมโลส (%)	ปริมาณอะไมโลสเฉลี่ย (%)
ขาวดอกมะลิ 105	14.01 - 22.25	19.14
8%	16.78 - 23.39	20.88
16%	18.49 - 26.58	22.16
24%	18.51 - 27.44	23.52
ชัยนาท 1	27.98 – 36.17	33.08



ภาพที่ 4.8 สัมประสิทธิ์การถดถอยที่แต่ละความยาวคลื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสที่วัดได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี และค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ (a) ตัวอย่างในกลุ่มสร้างสมการและ (b) ตัวอย่างในกลุ่มทดสอบสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.7 การทดสอบสมการเทียบมาตรฐานที่สร้างด้วยตัวอย่างข้าวชุดใหม่ (sample unknown)

นำสมการที่สร้างขึ้นซึ่งเป็นสมการที่สร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสเปกตรัม และปริมาณอะไมโลส มาทดสอบความแม่นยำ (precision) ของสมการ ด้วยข้าวชุดใหม่ (unknown) ได้แก่ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากศูนย์วิจัยข้าวลพบุรีและข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จากศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี ซึ่งมีวิธีการเตรียมตัวอย่างข้าวสาร, การวัดสเปกตรัม สภาวะแวดล้อมในการวัดตัวอย่าง และการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสทำเหมือนกับขั้นตอนการสร้างสมการทุกประการ การทดสอบสมการใช้ตัวอย่างข้าวที่มีการปนที่ 8, 16 และ 24% ตามลำดับ รวมทั้งหมด 3 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 30 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 200 กรัม รวมทั้งหมด 90 ตัวอย่าง นำข้อมูลที่ได้ไปทดสอบด้วยสมการเทียบมาตรฐาน พบว่ามีค่า SEP และ Bias เท่ากับ 2.00 % และ 0.48 ตามลำดับ ค่า SEP ซึ่งถือเป็นค่าทางสถิติค่าหนึ่งที่นำมาใช้พิจารณาความแม่นยำของสมการด้วยจากการทดลองพบว่าค่า SEP ของตัวอย่างกลุ่มทดสอบสมการมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างชุดสร้างสมการ (SEP = 1.38 %) และมีค่าไม่เกิน 1 เท่าของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการถือว่าสมการทำนายมีความแม่นยำ (William and Norris, 2001; Kawano and Saranwong, 2007) ได้ผลการทำนายดังตารางที่ 4.7-4.9 ปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยที่ได้จากการทำนายด้วยสมการของข้าวที่มีการปน 8, 16 และ 24 % มีค่าเท่ากับ 22.57 %, 22.83 % และ 22.91 % ตามลำดับ และปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าทางเคมีมีค่าเท่ากับ 19.58 %, 21.36 % และ 23.42 % ตามลำดับ ซึ่งพบว่าปริมาณอะไมโลสที่ได้จากการทำนายด้วยสมการในทุกระดับการปน มีปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 23 % ในขณะที่พบว่าปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยที่ได้จากวิธีทางเคมีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการปนเพิ่มมากขึ้น พบว่าค่าความผิดพลาดของตัวอย่างข้าวชุดใหม่มีค่ามากกว่าตัวอย่างกลุ่มสร้างสมการหรือมีค่าเพิ่มขึ้น หมายถึง ค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์ทางเคมี ทั้งเนื่องอาจเนื่องมาจากข้าวที่นำมาทดสอบสมการมาจากพื้นที่และช่วงเวลาการทดลองต่างกันจึงส่งผลให้คุณภาพแตกต่างกัน William and Norris (2001) กล่าวว่า ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการทำนายด้วย NIR และค่าจากวิธีทางเคมี เกิดจากคุณภาพของตัวอย่าง ฤดูกาล ขั้นตอนการเตรียม ช่วงเวลาการวัดและอุณหภูมิของตัวอย่างและเครื่องมือที่มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 ปริมาณอะไมโลสที่ได้จากการทำนายด้วยสมการและการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีที่ระดับการปน 8 %

ตัวอย่าง	ค่าทำนาย	ค่าผิดพลาด	ค่าทางเคมี
8-R1	24.00	3.25	20.75
8-R2	23.16	2.12	21.04
8-R3	24.36	3.25	21.11
8-R4	24.33	4.02	20.31
8-R5	22.99	1.86	21.13
8-R6	24.03	5.76	18.27
8-R7	22.97	4.44	18.53
8-R8	23.28	2.96	20.32
8-R9	22.63	1.67	20.96
8-R10	23.07	1.26	21.81
8-R11	23.07	4.08	18.99
8-R12	22.78	2.45	20.33
8-R13	20.94	-0.11	21.05
8-R14	21.42	0.42	21.00
8-R15	21.48	0.85	20.63
8-R16	21.40	0.03	21.37
8-R17	22.89	2.79	20.10
8-R18	22.07	2.24	19.83
8-R19	22.13	2.94	19.19
8-R20	21.74	2.03	19.71
8-R21	21.97	3.90	18.07
8-R22	22.29	3.34	18.95
8-R23	21.56	2.24	19.32
8-R24	22.64	2.07	20.57
8-R25	21.81	2.35	19.46
8-R26	22.35	5.67	16.68
8-R27	23.60	8.92	14.68
8-R28	22.05	3.87	18.18
8-R29	22.83	5.47	17.36
8-R30	21.18	3.55	17.63
เฉลี่ย	22.57	2.99	19.58
SD	0.92	0.33	1.59
ค่าต่ำสุด	20.94	0.03	14.68
ค่าสูงสุด	24.33	8.92	21.81

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.9 ปริมาณอะไมโลสที่ได้จากการทำนายด้วยสมการและการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีที่ระดับการปน 16 %

ตัวอย่าง	ค่าทำนาย	ค่าผิดพลาด	ค่าทางเคมี
16-R1	22.32	-0.44	22.76
16-R2	21.95	0.02	21.93
16-R3	23.52	2.93	20.59
16-R4	23.73	1.38	22.35
16-R5	22.73	4.27	18.46
16-R6	22.95	0.14	22.81
16-R7	23.44	0.27	23.17
16-R8	23.14	0.07	23.07
16-R9	23.09	-0.30	23.39
16-R10	22.43	-0.61	23.04
16-R11	22.14	-0.66	22.80
16-R12	23.27	0.39	22.88
16-R13	22.22	-0.99	23.21
16-R14	22.94	-0.88	23.82
16-R15	21.69	-1.87	23.56
16-R16	21.66	-0.10	21.76
16-R17	23.14	0.47	22.67
16-R18	24.07	2.18	21.89
16-R19	20.98	-0.85	21.83
16-R20	21.86	-0.26	22.12
16-R21	21.41	1.91	19.50
16-R22	23.59	3.42	20.17
16-R23	22.42	2.05	20.37
16-R24	24.03	3.56	20.47
16-R25	23.98	2.95	21.03
16-R26	23.94	4.48	19.46
16-R27	22.65	4.39	18.26
16-R28	22.90	5.60	17.30
16-R29	23.03	5.25	17.78
16-R30	23.62	5.16	18.46
เฉลี่ย	22.83	1.46	21.36
SD	1.14	0.40	1.88
ค่าต่ำสุด	20.98	0.07	17.3
ค่าสูงสุด	24.07	5.60	23.82

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 ปริมาณอะไมโลสที่ได้จากการทำนายด้วยสมการและการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีที่ระดับการปน 24 %

ตัวอย่าง	ค่าทำนาย	ค่าผิดพลาด	ค่าทางเคมี
24-R1	22.4	-0.45	22.85
24-R2	22.14	-1.50	23.64
24-R3	22.31	-0.98	23.29
24-R4	24.33	1.64	22.69
24-R5	22.54	-0.90	23.44
24-R6	22.86	1.14	21.72
24-R7	22.43	0.07	22.36
24-R8	22.80	-0.11	22.91
24-R9	22.87	0.56	22.31
24-R10	21.69	0.79	20.90
24-R11	21.66	-3.15	24.81
24-R12	22.76	-0.83	23.59
24-R13	23.57	-0.42	23.99
24-R14	23.03	-1.63	24.66
24-R15	22.71	-1.05	23.76
24-R16	22.96	-0.48	23.44
24-R17	23.33	-1.26	24.59
24-R18	23.50	-0.97	24.47
24-R19	24.53	-0.51	25.04
24-R20	24.15	-0.41	24.56
24-R21	23.33	-0.27	23.60
24-R22	23.33	-0.18	23.51
24-R23	23.83	0.09	23.74
24-R24	22.60	-0.35	22.95
24-R25	23.41	-0.09	23.50
24-R26	22.72	-0.23	22.95
24-R27	21.86	-2.26	24.12
24-R28	22.68	-0.23	22.91
24-R29	22.92	-0.82	23.74
24-R30	22.09	-0.32	22.41
เฉลี่ย	22.91	-0.50	23.42
SD	0.71	0.14	0.92
ค่าต่ำสุด	21.66	0.07	21.72
ค่าสูงสุด	24.53	1.64	25.04

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากค่าทำนายที่ได้จากสมการพบว่าค่าทำนายมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) ที่ระดับการปน 24 % ใกล้เคียงกับ SD ของวิธีวิเคราะห์ทางเคมี SD ของตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีมีค่ามากกว่า SD ของการทำนายด้วยสมการ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอะไมโลสที่ได้ พบว่า ทุกตัวอย่างมีค่าจากการทำนายปริมาณอะไมโลสเกินระดับปริมาณอะไมโลสที่กระทรวงพาณิชย์กำหนดไว้ (13-18 %) ในทุกระดับการปน แต่จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีจะพบว่ามีบางตัวอย่างที่ยังมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในระดับที่ส่งออกได้ (ตารางที่ 4.8-4.10) ทั้งนี้เนื่องจากการวัดตัวอย่างด้วย NIR จะเป็นการวัดปริมาณอะไมโลสทั้งหมดภายในตัวอย่างนั้น (200 กรัม) แต่การวัดค่าทางเคมีไม่ได้วัดทั้งหมด 200 กรัม แต่เป็นการสุ่มวัดจากตัวอย่างทั้งหมด 200 กรัม

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ช่วงของปริมาณอะไมโลสของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 ที่บริสุทธิ์มีค่าค่อนข้างกว้าง เช่น จากการทดลองนี้จะพบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากศูนย์วิจัยข้าวสันป่าตองมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วง 14.01-22.25 % และชัยนาท 1 มีค่าอยู่ในช่วง 27.98-36.17 % ดังนั้น การปนของข้าวพันธุ์อื่นในข้าวหอมมะลิมีโอกาสที่จะเกิดการปนทั้งจากข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณอะไมโลสในระดับต่ำกับข้าวชนิดอื่นที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ, ข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณอะไมโลสในระดับต่ำกับข้าวชนิดอื่นที่มีปริมาณอะไมโลสสูง, ข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณอะไมโลสในระดับสูงกับข้าวชนิดอื่นที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ หรือข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณอะไมโลสในระดับสูงกับข้าวชนิดอื่นที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ดังนั้น ปริมาณอะไมโลสของข้าวปนจะเป็นเท่าไรไม่ได้ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์การปนเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลสเริ่มต้นของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ที่นำมาปนกันด้วย จึงทำการทดสอบ คำนวณหาปริมาณอะไมโลสของข้าวปน เมื่อเกิดการปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับการปน 8, 16, 24, 32 และ 40 % โดยน้ำหนัก โดยสมมุติว่าเกิดการปนข้าวในกรณีต่างๆ โดยคำนวณจากระดับปริมาณอะไมโลสเริ่มต้นของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ที่ระดับอะไมโลส ต่ำสุดและสูงสุดที่ได้จากการทดลองนี้

จากการทดลองนี้พบว่าหากเป็นการปนระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีอะไมโลสต่ำสุด คือ 14.01 % กับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มี ปริมาณอะไมโลสต่ำสุด คือ 27.98 % เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณจะใช้ปริมาณอะไมโลสเป็น 14 และ 28 % สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ชัยนาท 1 ตามลำดับ ที่ระดับการปน 8, 16, 24, 32 และ 40 % จากการคำนวณจะได้ปริมาณอะไมโลสของข้าวปนที่ระดับการปน 8, 16, 24, 32 และ 40 % ตามตารางที่ 4.14 จะเห็นว่าแม้เกิดการปนด้วยข้าวพันธุ์อื่นที่ระดับสูงถึง 24 % ซึ่งเกินที่มาตรฐานของกระทรวงพาณิชย์ (2549) กำหนดไว้ คือ 8% แต่ข้าวปนมีปริมาณอะไมโลสเท่ากับ 17.36 % ซึ่ง อยู่ในระดับที่ส่งออกได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 13-18 % เมื่อคำนวณหาปริมาณอะไมโลสของข้าวปนที่เกิดจากกรณีที่ข้าวทั้ง 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์มีปริมาณอะไมโลสเริ่มต้นสูงสุด คือ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เท่ากับ 22.25 และ 3 6.17 % ตามลำดับ แต่เพื่อให้ง่ายในการคำนวณจะใช้ค่า 22 และ 36 % ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าแม้เป็นข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่บริสุทธิ์ มีการปนเท่ากับ 0 % ก็มีปริมาณอะไมโลสที่เกินมาตรฐานการส่งออก ตารางที่ 4.11-4.14 แสดงการคำนวณหาปริมาณอะไมโลสของข้าวปนทั้งในกรณีของการปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำสุดกับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำสุดและการปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีปริมาณอะไมโลสสูงสุดกับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีปริมาณอะไมโลสสูงสุด

ตารางที่ 4.11 ปริมาณอะไมโลสที่ได้จากการคำนวณเมื่อปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีปริมาณอะไมโลส 14 % ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับการปน (%) ต่างๆ

Treatment	Amylose (%)
KDML 105 + CN 1-(8 %)	12.88
KDML 105 + CN 1-(16 %)	11.76
KDML 105 + CN 1-(24 %)	10.64
KDML 105 + CN 1-(32 %)	9.52
KDML 105 + CN 1-(40 %)	8.40

ตารางที่ 4.12 ปริมาณอะไมโลสที่ได้จากการคำนวณเมื่อปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีปริมาณอะไมโลส 22 % ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับการปน (%) ต่างๆ

Treatment	Amylose (%)
KDML 105 + CN 1-(8 %)	20.24
KDML 105 + CN 1-(16 %)	18.48
KDML 105 + CN 1-(24 %)	16.72
KDML 105 + CN 1-(32 %)	14.96
KDML 105 + CN 1-(40 %)	13.20

หมายเหตุ : KDML 105 = ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ CN 1 = ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 ปริมาณอะไมโลสของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (CN 1) ที่ระดับการปนต่างๆ คำนวณจากปริมาณอะไมโลส 28 %

Treatment	Amylose (%)
CN 1-(8 %)	2.24
CN 1-(16 %)	4.48
CN 1-(24 %)	6.72
CN 1-(32 %)	8.96
CN 1-(40 %)	11.20

ตารางที่ 4.14 ปริมาณอะไมโลส (%) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (CN 1) ที่ระดับการปนต่างๆ คำนวณจากปริมาณอะไมโลส 36 %

Treatment	Amylose (%)
CN 1-(8 %)	2.88
CN 1-(16 %)	5.76
CN 1-(24 %)	8.64
CN 1-(32 %)	11.52
CN 1-(40 %)	14.40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมการความสัมพันธ์ระหว่างการปนข้าวที่ระดับการปนต่างๆ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) กับปริมาณอะไมโลสของข้าว 2 พันธุ์ที่นำมาปนได้เป็นสมการ

$$A(X) + B(Y) = Z$$

เมื่อ A = สัดส่วนของน้ำหนักข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ใน 100 ส่วน (กรัม)

B = สัดส่วนของน้ำหนักข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ใน 100 ส่วน (กรัม)

X, Y และ Z = ปริมาณอะไมโลส (%) ของข้าว A, B และข้าวปน ตามลำดับ

(หมายเหตุ : น้ำหนักของข้าวพันธุ์ A รวมกับ น้ำหนักของข้าวพันธุ์ B ต้องเท่ากับ 100 ส่วน (กรัม))

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับการปน 8 % จากการทดลองนี้ถ้าเป็นตัวอย่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำสุด (14%) กับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำสุด (28%) ปริมาณอะไมโลสที่ได้ของข้าวปนจะมีค่าเท่ากับ

จากสมการ $A(X) + B(Y) = Z$

เมื่อ A = สัดส่วนของน้ำหนักข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ใน 100 ส่วน (กรัม)

B = สัดส่วนของน้ำหนักข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ใน 100 ส่วน (กรัม)

X = % อะไมโลสต่ำสุดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Y = % อะไมโลสต่ำสุดของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

Z = % อะไมโลสของข้าวปน

แทนค่า $\frac{92(14)}{100} + \frac{8(28)}{100} = 15.12$

ดังนั้น ตัวอย่างข้าวปนชุดนี้จะมีปริมาณอะไมโลส 15.12 % ซึ่งถือว่าเป็นตัวอย่างข้าวที่มีคุณภาพอยู่ในมาตรฐานการส่งออกได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>ตัวอย่างที่ 2</u> ถ้าปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับการปน 16% จากการทดลองนี้ถ้าเป็นตัวอย่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำสุด (14 %) กับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำสุด (28%) ปริมาณอะไมโลสที่ได้ของข้าวปนจะมีค่าเท่ากับ

จากสมการ $A(X) + B(Y) = Z$

เมื่อ A = สัดส่วนของน้ำหนักข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ใน 100 ส่วน (กรัม)

B = สัดส่วนของน้ำหนักข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ใน 100 ส่วน (กรัม)

X = % อะไมโลสต่ำสุดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Y = % อะไมโลสต่ำสุดของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

Z = % อะไมโลสของข้าวปน

แทนค่า $\frac{84(14)}{100} + \frac{16(28)}{100} = 16.24$

ดังนั้น ตัวอย่างข้าวชุดนี้จะมีปริมาณอะไมโลส 16.24 % จากตัวอย่างการคำนวณที่ 2 จะพบว่า ถ้าวัดคุณภาพข้าวชุดนี้เฉพาะจากปริมาณอะไมโลสไม่พิจารณาปริมาณการปนซึ่งเกิน 8 % ถือว่าเป็นตัวอย่างข้าวที่มีคุณภาพอยู่ในมาตรฐานการส่งออกได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างที่ 3 ถ้าปนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับการปน 16 % จากการทดลองนี้ถ้าเป็นตัวอย่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีปริมาณอะไมโลสสูงสุด (22 %) กับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำสุด (28%) ปริมาณอะไมโลสที่ได้ของข้าวปนจะมีค่าเท่ากับ

จากสมการ $A(X) + B(Y) = Z$

เมื่อ A = สัดส่วนของน้ำหนักข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ใน 100 ส่วน (กรัม)

B = สัดส่วนของน้ำหนักข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ใน 100 ส่วน (กรัม)

X = % อะไมโลสสูงสุดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Y = % อะไมโลสต่ำสุดของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

Z = % อะไมโลสของข้าวปน

แทนค่า $\frac{84(22)}{100} + \frac{16(28)}{100} = 22.48$

ดังนั้น ตัวอย่างข้าวชุดนี้จะมีปริมาณอะไมโลส 22.48 % ซึ่งจากตัวอย่างการคำนวณที่ 3 จะพบว่าตัวอย่างข้าวชุดนี้มีระดับการปนไม่เกิน 8 % แต่ถ้าวัดคุณภาพข้าวชุดนี้เฉพาะจากปริมาณอะไมโลส ถือว่าเป็นตัวอย่างข้าวที่มีคุณภาพไม่ผ่านมาตรฐานการส่งออก โดยสรุปปริมาณอะไมโลสของข้าวปนได้ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปริมาณอะไมโลสที่ได้จากการคำนวณเมื่อปนขาวดอกมะลิ 105 ด้วยข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระดับการปนต่างๆ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักรวม)

ระดับปริมาณอะไมโลส		ปริมาณอะไมโลส (%) ที่ระดับการปนต่างๆ				
ขาวดอกมะลิ 105	ชัยนาท 1	8 %	16 %	24 %	32 %	40 %
ต่ำ[1]	ต่ำ[1]	**15.12**	**16.24**	**17.36**	18.48	19.60
ต่ำ[1]	สูง[2]	**15.76**	**18.64**	21.52	24.40	27.28
สูง[2]	ต่ำ[1]	22.48	22.96	23.44	23.92	24.40
สูง[2]	สูง[2]	23.12	24.24	25.36	26.48	27.60

หมายเหตุ ต่ำ[1] คือ ปริมาณอะไมโลสต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างในการทดลองที่ 1

สูง[2] คือ ปริมาณอะไมโลสสูงสุดที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างในการทดลองที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8 การทดสอบสมการคำนวณปริมาณอะไมโลส

ทำการทดสอบสมการคำนวณปริมาณอะไมโลสที่ได้จากการปนข้าวทั้ง 2 พันธุ์ที่ระดับการปนที่ 8, 16 และ 24 % ด้วยสมการ

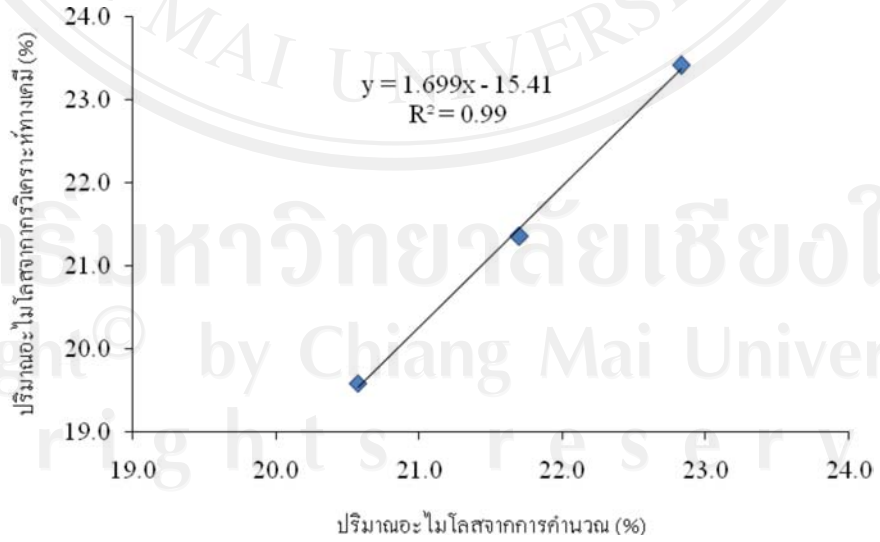
$$A(X) + B(Y) = Z$$

ใช้ตัวอย่างข้าวจากการทดลองที่ 2 ซึ่งข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 บริสุทธิ์ มีปริมาณอะไมโลสเฉลี่ย เท่ากับ 19.44 และ 33.56 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยของข้าวปนที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการและปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์จริงทางเคมี (ตารางที่ 4.16) พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination: R^2) เท่ากับ 0.99 โดยมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงดังสมการ (ภาพที่ 4.10)

$$Y = 1.699X - 15.41$$

เมื่อ Y = ปริมาณอะไมโลสการวิเคราะห์ทางเคมี (%)

X = ปริมาณอะไมโลสจากการคำนวณ (%)



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสจากการคำนวณ (%) และปริมาณอะไมโลสจากการวิเคราะห์ทางเคมี (%)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.16 ปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยของข้าวปนที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการและจากการวิเคราะห์ทางเคมี

กรรมวิธี	ค่าจากการคำนวณจากสมการ (%)	ค่าจากการวิเคราะห์ทางเคมี (%)
8 %	20.57	19.58
16 %	21.70	21.36
24 %	22.83	23.42

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การที่จะกำหนดมาตรฐานการส่งออกโดยกำหนดที่ระดับการปนไม่เกิน 8 % อาจเกิดข้อผิดพลาดได้ เนื่องจาก ข้าวอาจเกิดการปนเกินมาตรฐานจริง คือ เกิน 8 % ในขณะที่ปริมาณอะไมโลสยังอยู่ในปริมาณที่กำหนดให้ส่งออกได้ (13-18 %) แต่ขณะที่บางกรณีตัวอย่างข้าวหอมมะลิชุดนั้นมีการปนไม่เกิน 8 % หรืออาจจะไม่มีการปนเลย แต่เป็นข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ตัวอย่างเช่น จากการทดลองนี้พบว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 บริสุทธิ์มีปริมาณอะไมโลสสูงสุดที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 22 % (อาจจะไม่ใช่ข้าวหอมมะลิ 105 พันธุ์แท้) มีปริมาณอะไมโลสสูงเกินที่กำหนดให้มีการส่งออกได้ทั้งที่ไม่มีการปนข้าวพันธุ์อื่นเลย ทั้งนี้เนื่องจากช่วงของปริมาณอะไมโลสในข้าวมีค่ากว้าง และมีค่าไม่คงที่เนื่องจากเปลี่ยนแปลงได้จากหลายปัจจัย เช่น ระยะเวลาที่เก็บรักษา อุณหภูมิที่เก็บรักษา ความชื้นของสถานที่เก็บรักษาและความชื้นเริ่มต้นของข้าวก่อนเก็บรักษา นอกจากนี้พื้นที่ที่เพาะปลูกข้าวที่ต่างกันก็อาจส่งผลให้ข้าวมีปริมาณอะไมโลสที่ต่างกันด้วย ดังนั้น จากตัวอย่างที่แสดงข้างต้นจึงพบความขัดแย้งระหว่างการตรวจสอบคุณภาพที่ผ่านมาตรฐานการส่งออกจากเปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) การปนและจากปริมาณอะไมโลส (%) ทำให้เกิดความไม่ชัดเจนว่าข้าวหอมมะลิชุดนั้นมีคุณภาพอยู่ในมาตรฐานการส่งออกหรือไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved