

ลักษณะคุณภาพของเมล็ดและโครงสร้างของส่วนสะสมอาหาร ในข้าวพันธุ์สังข์หยดเมล็ดขุ่นและใส

Grain Quality Characteristics and Structure of Opaque and Translucent Endosperm in Sang Yod Rice Variety

นันทิยา พนมจันทร์^{1*}, เสาวคนธ์ จันทรดำ² และวารารณ์ เพชรแก้ว³

Nantiya Panomjan^{1*}, Saowakon Jandum² and Waraporn Petkaew³

บทคัดย่อ

ข้าวพันธุ์สังข์หยดมีเชื้อหุ้มเมล็ดสีแดง คุณภาพการหุงต้มดี และคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ แต่ข้าวสังข์หยดมีลักษณะความขุ่นและใสของเมล็ดเกิดขึ้นในสัดส่วนที่ต่างกันทั้งในและระหว่างประชากรและต่างพื้นที่ปลูก วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อประเมินลักษณะคุณภาพของเมล็ดและโครงสร้างของส่วนสะสมอาหารในข้าวพันธุ์สังข์หยดเมล็ดขุ่นและใส เก็บตัวอย่างจากแปลงเกษตรกร 22 ตัวอย่าง ปลูกทดสอบในรุ่นลูก ทำการวัดความแตกต่างของเมล็ดขุ่นและใสจากลักษณะคุณภาพของเมล็ดทางกายภาพ ทางเคมี และศึกษาโครงสร้างของส่วนสะสมอาหารเมล็ดขุ่นและใสภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าเมล็ดใสมีความหนาแน่นมากกว่าเมล็ดขุ่น (1.59 และ 1.55 มิลลิเมตร ตามลำดับ) น้ำหนัก 100 เมล็ดของเมล็ดใส (1.50 กรัม) หนักกว่าเมล็ดขุ่น (1.43 กรัม) ปริมาณไขมัน (11.32-11.40 %) และอมิโลส (5.38-5.50 %) มีค่าไม่แตกต่างกัน โครงสร้างของแป้งในเมล็ดใสเกาะตัวกันแน่นกว่าเมล็ดขุ่น ขนาดเม็ดแป้งของเมล็ดใส (3.09-10.04 μm) ใหญ่กว่าเมล็ดขุ่น (2.66-9.49 μm) และเมล็ดใสมีช่องว่างภายในเซลล์มากกว่าเมล็ดขุ่น ดังนั้นความแตกต่างของน้ำหนักในเมล็ดขุ่นและใสจะส่งผลต่อคุณภาพการชื้อขาย ส่วนการเรียงตัวของเม็ดแป้งและช่องว่างของโครงสร้างแป้งภายในเมล็ดอาจเกี่ยวข้องกับคุณภาพการหุงต้มซึ่งควรมีการศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: ลักษณะคุณภาพเมล็ด โครงสร้างส่วนสะสมอาหาร เมล็ดขุ่น เมล็ดใส พันธุ์สังข์หยด

Abstract

“Sang Yod” is a red rice variety, good cooking quality, high nutrition and most popular among health-conscious consumers. Sang Yod has opaque and translucent endosperm of seeds occurring in the different proportion, both within and between population and the different growing area. The objective of this study was to evaluate grain quality characteristics and structure of opaque and translucent endosperm. Samples (22) of Sang Yod rice were collected from farmer’s fields and planted to evaluate the proportion of opaque and translucent endosperm using physical and chemical characteristics, and endosperm structure under the scanning electron microscope (SEM).

¹ อ. ดร., สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² นิสิตปริญญาตรี สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³ นักวิทยาศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Lecturer, Dr., Department of Plant Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210

² Undergraduate Student, Department of Plant Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210

³ Scientist, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210

* Corresponding author: Tel.: 074693996 ext. 3317. E-mail address: n_numkum@hotmail.com, pnantiya@tsu.ac.th

Opaque seed was thicker than translucent endosperm (1.59 and 1.55 mm, respectively). The 100 seed weight of translucent endosperm (1.50 g) was significantly heavier opaque endosperm (1.43 g) ($p < 0.01$). There were no differences in fat (11.32-11.40 %) and amylose content (5.38-5.50 %). The starch granule arrangement of translucent grain was more compact than opaque grain, starch granule size of translucent seed (3.09-10.04 μm) was bigger than opaque seed (2.66-9.49 μm) and had higher internal cavity than opaque seed. Therefore, differentiation of opaque and transparent weight will affect the commercial quality. The starch granule arrangement and gaps in starch structure may be related to the cooking quality, which should be further studied.

Keywords: Grain Quality, Endosperm Structure, Opaque Endosperm, Translucent Endosperm, Sang Yod Variety

บทนำ

ข้าวสังข์หยดเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองแหล่งปลูกดั้งเดิมอยู่ในจังหวัดพัทลุง ลักษณะข้าวกล้องมีสีแดง รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ความยาวเมล็ดข้าวกล้อง 6.70 มิลลิเมตร ข้าวซ้อมมือสีแดงปนขาว ข้าวจากรวงเดียวกันเมื่อขัดสีแล้วบางเมล็ดมีสีขาวใส แต่ส่วนใหญ่มีลักษณะขาวขุ่น คุณสมบัติการหุงต้มดี ข้าวหุงสุกนุ่ม มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน (94 มิลลิเมตร) ปริมาณอมิโลสต่ำ (15.28 ± 2.08 %) ต้นสูง 140 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง และเป็นข้าวไวต่อช่วงแสง [1] ข้าวสังข์หยดขึ้นทะเบียนเป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication; GI) ใช้ชื่อว่า “ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง” และมีการใช้ระบบจัดการคุณภาพผลผลิตที่ดีและเหมาะสมของข้าว (Good Agricultural Practices; GAP) ร่วมด้วย [2] ปัจจุบันกระแสความนิยมบริโภคข้าวคุณภาพเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการพิจารณาเลือกซื้อข้าวอันดับที่ 1 คือคุณภาพข้าวเป็นหลัก ร้อยละ 51.89 [3] คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนักเมล็ด สีของข้าวเปลือก สีข้าวกล้อง ขนาดรูปร่างเมล็ด ข้าวท้องไข่ ความเต็มมันของเมล็ด ความขาวของข้าวสาร และความใส ซึ่งใช้สำหรับการจำแนกสายพันธุ์และเป็นดัชนีกำหนดราคาเพื่อการจำแนกเกรดข้าวในการซื้อขาย [4] ลักษณะสีข้าวเปลือก สีข้าวกล้อง ขนาดของเมล็ด และความใสของเมล็ดตรวจสอบจากคุณภาพการสีของข้าว [5-6] ส่วนคุณภาพข้าวทางเคมีเกี่ยวข้องกับคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ทั้งนี้เพราะผู้บริโภคมีความชอบที่แตกต่างกัน คุณภาพการหุงต้มสามารถคาดคะเนจากคุณสมบัติทางเคมีของเมล็ด โดยปริมาณอมิโลสในแป้งข้าวเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลงด้วย ข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูงจะดูดน้ำได้มากในระหว่างการหุงต้ม ส่วนข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำดูดน้ำได้น้อยต้องการน้ำน้อย หากใส่น้ำมากเกินไปจะแฉะและ [7]

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะคุณภาพของเมล็ดและโครงสร้างของส่วนสะสมอาหารในข้าวสังข์หยดเมล็ดขุ่นและใส สามารถตรวจสอบลักษณะคุณภาพของเมล็ดข้าวได้จากลักษณะทางกายภาพซึ่งเป็นคุณสมบัติภายนอกของเมล็ดที่มองเห็นง่าย ตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า ใช้สำหรับการจำแนกเกรดข้าวสำหรับการซื้อขาย และลักษณะทางเคมีเพื่อประเมินคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ดังนั้นข้าวพันธุ์สังข์หยดเมล็ดขุ่นและใส น่าจะมีลักษณะคุณภาพทางกายภาพและเคมีแตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเมล็ดขุ่นและใสสามารถช่วยหาสาเหตุและแนวทางการจัดการระบบการผลิตข้าวสังข์หยดให้ได้เมล็ดข้าวที่มีคุณภาพสูงสุด เพื่อรักษามันคงทางอาหาร อนุรักษ์ และใช้ประโยชน์เชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่มีคุณค่าของท้องถิ่นด้วยระบบการผลิตที่ยั่งยืน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการทดลองและการปลูก

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ นำตัวอย่างพันธุ์ข้าวสังข์หยดที่เก็บรวบรวม จำนวน 22 เชื้อพันธุ์ จาก 3 จังหวัด ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวหลักในภาคใต้ คือ จังหวัดนครศรีธรรมราช (อำเภอเมือง) จังหวัดพัทลุง (อำเภอควนขนุนและอำเภอศรีนครินทร์) และจังหวัดสงขลา (อำเภอสิงหนคร) นำเมล็ดพันธุ์

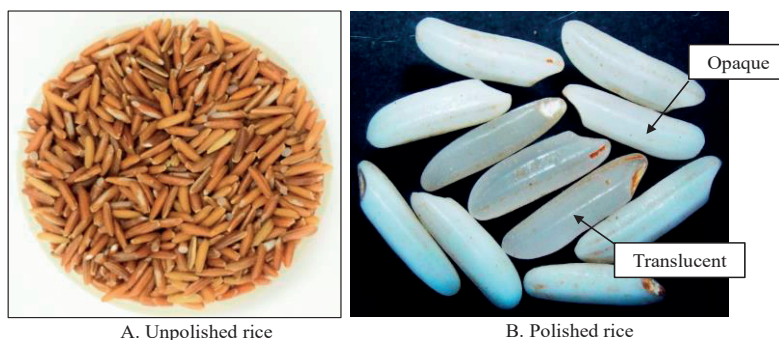
ที่รวบรวมทำการปลูกขยายในแปลงเพาะกล้า ขยายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 25-30 วัน โดยการปักดำ 1 ต้นต่อหลุม ใช้ระยะปลูก 25x25 ซม. จำนวน 4-6 แถว แถวละ 12 ต้น ทำการใส่ปุ๋ย คูแกล และเขตกรรมตามระบบการปลูกข้าวในสภาพน้ำขัง เก็บเกี่ยวผลผลิต เมล็ดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของแต่ละแปลงย่อย นำเมล็ดข้าวเปลือกผ่านการกะเทาะ และคัดเมล็ด ลักษณะปุ่นและใสที่ปรากฏในแต่ละตัวอย่างเชื้อพันธุ์ [9] คัดเลือกตัวอย่างจากเชื้อพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดปุ่น น้อยกว่า 70 % จำนวน 2 ตัวอย่าง คือ จากอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (1 ตัวอย่าง) และ อำเภอสรีนครินทร์ จังหวัดพัทลุง (1 ตัวอย่าง) และมากกว่า 90 % จำนวน 2 ตัวอย่าง คืออำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง (1 ตัวอย่าง) และ อำเภอลี้พิน จังหวัดสงขลา (1 ตัวอย่าง) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่มาของตัวอย่างพันธุ์ข้าวสังข์หยดที่ใช้สำหรับการทดลอง

ตัวอย่าง	สถานที่	อำเภอ	จังหวัด	ลองจิจูด °E	ละติจูด °N	% เมล็ดปุ่น
SY01	แปลงเกษตรกร	เมือง	นครศรีธรรมราช	099.93902	08.48980	66 (< 70 %)
SY02	แปลงเกษตรกร	ศรีนครินทร์	พัทลุง	099.88548	07.565226	66 (< 70 %)
SY03	แปลงเกษตรกร	ควนขนุน	พัทลุง	099.99133	07.65809	98 (> 90 %)
SY04	แปลงเกษตรกร	สิงหนคร	สงขลา	100.45515	07.29392	93 (> 90 %)
SYPT	ศูนย์วิจัยข้าว	เมือง	พัทลุง	100.08224	07.57067	100

2. วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ลักษณะคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดเมล็ด (ความยาว ความกว้าง และความหนา) น้ำหนัก เมล็ด และสีของเมล็ด และวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี ได้แก่ ชนิดของข้าวสาร ปริมาณไขมัน และปริมาณอมิโลส ใช้พันธุ์ เปรียบเทียบ คือ พันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง จากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (ใช้ตรวจสอบลักษณะเมล็ดปุ่นที่เป็นข้าวเจ้า) การ ประเมินลักษณะปุ่นและใส (ภาพที่ 1) แยกด้วยสายตา (ตาเปล่า) จำนวน 30 กรัมต่อลักษณะ สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยด (A) และข้าวสารเมล็ดใส (Translucent Seeds) และเมล็ดปุ่น (Opaque Seeds)

2.1 การประเมินลักษณะคุณภาพทางกายภาพของข้าวสังข์หยดเมล็ดปุ่นและใส

2.2.1 ขนาดเมล็ด ขนาดเมล็ดเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้สำหรับจำแนกพันธุ์ข้าว ประกอบด้วยความยาว (Length; L) ความกว้าง (Width; W) และความหนา (Thickness; T) ประเมินได้จากการเตรียมเมล็ดข้าวสังข์หยดในแต่ละตัวอย่าง จำนวน 10 เมล็ด วัดความยาว ความกว้าง และความหนา ด้วยเวอร์เนียดิจิทัล [5-6]

2.2.2 น้ำหนักเมล็ด นับเมล็ดข้าวจำนวนทั้งหมด 100 เมล็ด ทำ 3 ซ้ำ และชั่งน้ำหนักเมล็ดด้วยเครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง คำนวณค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ด [8] ประเมินความสัมพันธ์ของน้ำหนัก 100 เมล็ดกับเปอร์เซ็นต์ เมล็ดปุ่นและใส โดยนำเมล็ดข้าวเปลือกจำนวน 22 ตัวอย่างเชื้อพันธุ์จากแปลงเกษตรกร ผ่านการกะเทาะและคัดแยก ลักษณะเมล็ดปุ่นและใสที่ปรากฏในแต่ละตัวอย่างเชื้อพันธุ์ นับเมล็ด 100 เมล็ด และชั่งน้ำหนัก จำนวน 3 ซ้ำ ทั้งเมล็ดปุ่น

และใส โดยคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ลักษณะที่พบและความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์เมล็ดขุนและใสที่เกิดขึ้นในตัวอย่าง กับน้ำหนัก 100 เมล็ดต่อไป

2.2 การประเมินลักษณะคุณภาพทางเคมีของข้าวสังข์หยดเมล็ดขุนและใส

2.2.1 ชนิดของข้าวสาร พิจารณาจากชนิดของแป้ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของคาร์โบไฮเดรต ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์โดยการผ่าครึ่งเมล็ดแล้วนำมาเชื่อมด้วยสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ + ไอโอดีน (KI+I) เป็นเวลา 2-3 นาที ซึ่งจะติดสีน้ำเงินดำในส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรต หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ทิ้งให้แห้งแล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น ด้วยตาเปล่าที่ละเมล็ด จำนวน 100 เมล็ดของแต่ละตัวอย่างทุกซ้ำ และบันทึกผล [9]

2.2.2 ปริมาณไขมันวิเคราะห์ ด้วยวิธีซอกเลต (Soxhlet) เป็นวิธีการสกัดโดยตรงด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว เวลาในการสกัดขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันในตัวอย่าง และอัตราการให้ความร้อน ใช้เวลาในการสกัดประมาณ 8-16 ชั่วโมง จากนั้นกำจัดตัวทำละลายออกให้หมด และชั่งหาปริมาณของไขมันที่สกัดได้ [9]

2.2.3 ปริมาณอมิไลส วิเคราะห์หาปริมาณอมิไลส โดยการวัดค่าสีที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแป้งข้าว และสารละลายไอโอดีน วัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่น 620 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ต่างกัน บ่งบอกถึงระดับ ปริมาณ อมิไลสในแป้งข้าว และวิเคราะห์หาปริมาณอมิไลส [10]

2.3 การศึกษาลักษณะโครงสร้างของส่วนสะสมอาหารในข้าวสังข์หยดเมล็ดขุนและใสภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy; SEM)

แยกเมล็ดข้าวสารแต่ละตัวอย่างออกเป็น 2 ลักษณะ (เมล็ดขุนและเมล็ดใส) จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำเตรียมตัวอย่างสำหรับการสังเกตด้วย SEM จำนวน 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง แบ่งครึ่งตัวอย่างเมล็ดโดยใช้ใบมีดโกนช่วยกดเล็กน้อยแล้ว จึงหักครึ่งด้วยมือ นำตัวอย่างที่หักแล้ววางบนสติกเกอร์ที่ติดบนชิ้นส่วนของอลูมิเนียม (Sputtering Device, Balzers Union Limited, Liechtenstein) และนำไปเคลือบด้วยทองคำในระบบสุญญากาศโดยใช้เครื่องเคลือบผิวแบบ sputter ก่อนที่จะดูด้วยกล้อง SEM (XL20E SEM, Philips, Holland) ภายใต้แรงดันไฟฟ้าที่ 20 kV ภายใต้กำลังขยายของกล้องที่ 50x และ 2,000x เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของส่วนสะสมอาหารในเมล็ดและเมล็ดแป้ง [11]

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลของลักษณะคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 8 (Statistix 8.0 Software, Analytical Software, Tallahassee, FL, USA) คำนวณค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวนของวาเรียนซ์ เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) หาความแปรปรวนของตัวอย่าง ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (% CV) และเปรียบเทียบความสัมพันธ์แต่ละลักษณะโดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะคุณภาพทางกายภาพของข้าวสังข์หยดเมล็ดขุนและใส

1.1 ขนาดเมล็ด ข้าวพันธุ์สังข์หยดวัดจากความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดข้าวกล้อง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.79, 6.43 และ 1.57 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่าข้าวสังข์หยดเมล็ดขุนและใสมีความหนาของเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยเมล็ดใสมีความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 1.59 มิลลิเมตร มากกว่าเมล็ดขุนและเมล็ดเปรียบเทียบ ซึ่งมีความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 และ 1.56 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนความกว้างและความยาวของเมล็ดข้าวสังข์หยดไม่มีความแตกต่างกันทั้งในเมล็ดขุน เมล็ดใส และเมล็ดพันธุ์เปรียบเทียบ (ตารางที่ 2)

1.2 น้ำหนักเมล็ด ข้าวพันธุ์สังข์หยดมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 1.46 กรัม พบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดของเมล็ดขุน เมล็ดใส และเมล็ดเปรียบเทียบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยเมล็ดใสมีน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงสุด เท่ากับ 1.50 กรัม รองลงมาคือ เมล็ดเปรียบเทียบ เท่ากับ 1.49 กรัม และเมล็ดขุนหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 1.43 กรัม

(ตารางที่ 2) นอกจากนั้นยังพบว่าตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่เก็บจากแปลงเกษตรกรจำนวน 22 ตัวอย่าง และผ่านการกะเทาะเมล็ดแยกหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดชุ่นและใสไว้แล้วนั้น มีความสัมพันธ์กับน้ำหนัก 100 เมล็ด ของข้าวกล้องที่แยกออกจากกันในแต่ละตัวอย่าง โดยเปอร์เซ็นต์เมล็ดชุ่นมีความสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวกล้อง ($r = -0.53, p < 0.05$) ขณะที่เมล็ดใสมีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวกล้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.53, p < 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 3

ตารางที่ 2 ลักษณะคุณภาพทางกายภาพของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมล็ดชุ่นและใส

ลักษณะทางกายภาพของเมล็ด	เมล็ดชุ่น	เมล็ดใส	เมล็ดเปรียบเทียบ ^{1/}	ค่าเฉลี่ย	% CV	F-test
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	1.79	1.79	1.74	1.79 ± 0.04	8.22	ns
ความยาว (มิลลิเมตร)	6.44	6.42	6.42	6.43 ± 0.08	7.22	ns
ความหนา (มิลลิเมตร)	1.55 ^b	1.59 ^a	1.56 ^b	1.57 ± 0.02	8.09	**
น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	1.43 ^b	1.50 ^a	1.49 ^{ab}	1.46 ± 6.00	2.39	**

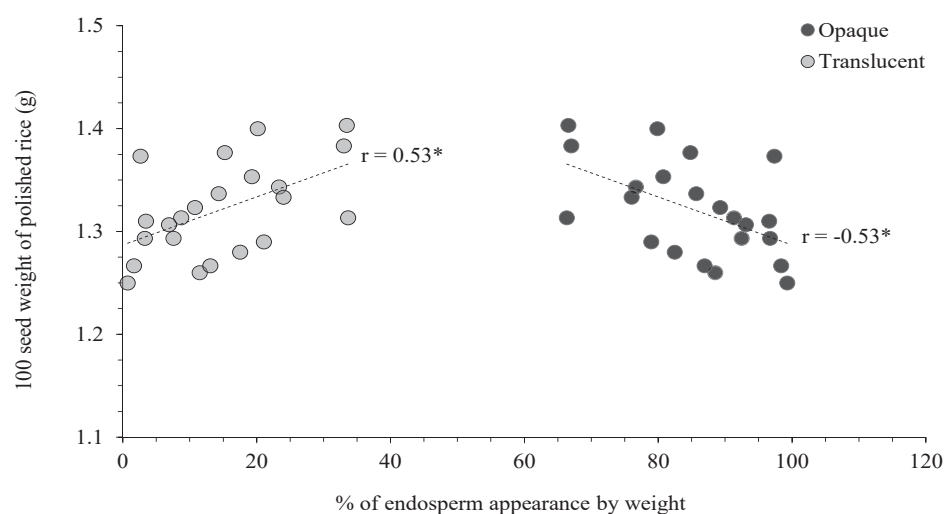
หมายเหตุ: ^{1/} เมล็ดเปรียบเทียบ คือ เมล็ดพันธุ์ “ข้าวสังข์หยดเมืองพัลุง” จากศูนย์วิจัยข้าวพัลุง จังหวัดพัลุง

^{a b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย

โดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns = Non-significant difference, ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ด กับเปอร์เซ็นต์เมล็ดชุ่นและเมล็ดใส (โดยน้ำหนัก) ของข้าวกล้องพันธุ์ สังข์หยดจำนวน 22 ตัวอย่างเชื้อพันธุ์

2. ลักษณะคุณภาพทางเคมีของข้าวสังข์หยดเมล็ดชุ่นและใส

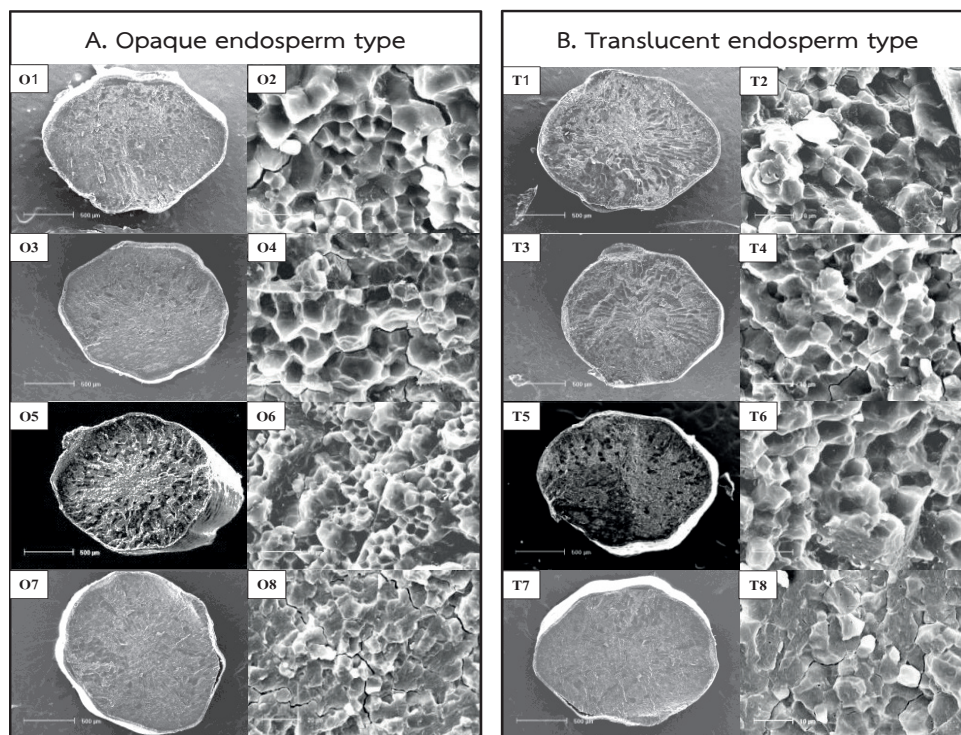
2.1 ชนิดของข้าวสาร หลังการข้อมเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการขัดสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่าติดสีน้ำเงินดำทั้งเมล็ดชุ่นและเมล็ดใส แสดงให้เห็นว่าข้าวพันธุ์สังข์หยดทั้งลักษณะเมล็ดชุ่นและใสเป็นข้าวเจ้าในทุกตัวอย่าง (ตารางที่ 3)

2.2 ปริมาณไขมัน ข้าวพันธุ์สังข์หยดจากข้าวกล้องทุกตัวอย่างมีปริมาณไขมันไม่พบความแตกต่าง โดยปริมาณไขมันเฉลี่ยเท่ากับ $5.44 \pm 1.18\%$ แต่พบว่าแนวโน้มปริมาณไขมันในข้าวเมล็ดใส ($5.50 \pm 1.08\%$) สูงกว่าเมล็ดชุ่น ($5.38 \pm 1.29\%$) และเมล็ดเปรียบเทียบ ($5.12 \pm 1.88\%$) ดังนั้นความขุ่นใสของเมล็ดข้าวไม่มีผลต่อปริมาณไขมันในเมล็ดข้าว

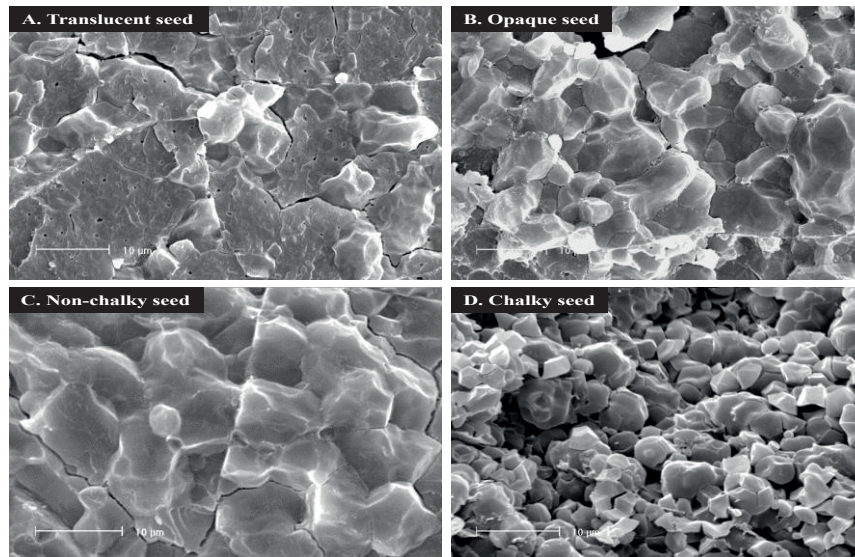
2.3 ปริมาณอมิโลส ข้าวพันธุ์สังข์หยดมีปริมาณอมิโลสเฉลี่ยเท่ากับ 11.36 ± 0.93 % ไม่พบความแตกต่างของปริมาณ อมิโลสในข้าวกล้องทุกตัวอย่าง แต่พบว่าแวนโนมีปริมาณอมิโลสในข้าวเมล็ดขุ่น (11.40 ± 1.14 %) มากกว่าเมล็ดใส (11.32 ± 0.71 %) ซึ่งทั้งสองลักษณะมีปริมาณไขมันสูงกว่าเมล็ดเปรียบเทียบกับ 8.91 ± 1.09 %

3. ลักษณะโครงสร้างของส่วนสะสมอาหารภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ลักษณะโครงสร้างของส่วนสะสมอาหารภายในข้าวพันธุ์สังข์หยดเมล็ดข้าวกล้องลักษณะเมล็ดขุ่นและใสสังเกตภายใต้กล้อง SEM พบว่าโครงสร้างแป้งในเมล็ดใสเกาะตัวกันแน่นกว่าเมล็ดขุ่น ขนาดเม็ดแป้งของเมล็ดใส ($3.09-10.04 \mu\text{m}$) ใหญ่กว่าเมล็ดขุ่น ($2.66-9.49 \mu\text{m}$) และเมล็ดใสมีช่องว่างภายในเซลล์มากกว่าเมล็ดขุ่น (ภาพที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบลักษณะเมล็ดขุ่นและใสของข้าวพันธุ์สังข์หยด (SY) ที่เกิดขึ้นกับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SPR1) ที่มีลักษณะข้าวท้องไข่และปกติ พบว่าลักษณะเมล็ดขุ่นและใสที่เกิดขึ้นในข้าวสังข์หยดแตกต่างจากลักษณะข้าวท้องไข่ที่เกิดขึ้นในข้าวพันธุ์ SPR1 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์ปรับปรุง โดยพบว่าลักษณะข้าวท้องไข่ในข้าวพันธุ์ SPR1 มีการเกาะตัวกันของเม็ดแป้งค่อนข้างหลวม หลุดออกจากกันได้ง่าย ขนาดเล็ก และมีช่องว่างระหว่างเม็ดแป้งค่อนข้างมาก ในขณะที่ลักษณะปกติ (ไม่เกิดข้าวท้องไข่) โครงสร้างของแป้งเกาะตัวกันค่อนข้างแน่น และเม็ดแป้งมีขนาดใหญ่กว่า ส่วนข้าวพันธุ์สังข์หยดเมล็ดขุ่นมีโครงสร้างของแป้งเกาะตัวกันแน่นกว่าลักษณะท้องไข่ในพันธุ์ SPR1 แต่ขนาดของเม็ดแป้งเล็กกว่าข้าวปกติในพันธุ์ SPR1 ส่วนเมล็ดใสในข้าวสังข์หยดเม็ดแป้งจะเกาะตัวกันแน่นกว่าข้าวที่ไม่ใช่ท้องไข่ในพันธุ์ SPR1 เรียงลำดับการเกาะตัวกันของโครงสร้างของแป้งจากแน่นมากที่สุดไปหลวม คือ เมล็ดใส (SY) > เมล็ดขุ่น (SY) > ข้าวปกติ (SPR1) > ข้าวท้องไข่ (SPR1) และขนาดเม็ดแป้งจากใหญ่สุดไปน้อยสุด คือ ข้าวปกติ (SPR1) > เมล็ดใส (SY) > เมล็ดขุ่น (SY) > ข้าวท้องไข่ (SPR1) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 โครงสร้างของส่วนสะสมอาหารในข้าวพันธุ์สังข์หยดเมล็ดขุ่น (A; O1-O8) และเมล็ดใส (B; T1-T8) จำนวน 4 ตัวอย่าง SY01 (O1, O2, T1, T2), SY02 (O3, O4, T3, T4), SY03 (O5, O6, T5, T6) และ SY04 (O7, O8, T7, T8) สังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 50x (O1, O3, O5, O7, T1, T3, T5, T7) และ 2,000x (O2, O4, O6, O8, T2, T4, T6, T8)



ภาพที่ 5 โครงสร้างของส่วนสะสมอาหารในข้าวพันธุ์สังข์หยดเมล็ดใส (A) และเมล็ดขุ่น (B) ของตัวอย่าง SY04 เปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ลักษณะปกติ (ไม่เกิดท้องไข) (C) และข้าวท้องไข (D) สังเกตภายใต้ จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 2,000x

การอภิปรายผล

1. ลักษณะคุณภาพทางกายภาพของข้าวสังข์หยดเมล็ดขุ่นและใส

ข้าวสังข์หยดเมล็ดใสมีความหนาและน้ำหนัก 100 เมล็ด มากกว่าเมล็ดขุ่น บ่งบอกถึงเมล็ดลักษณะใสมีการเจริญเติบโตและพัฒนาของเมล็ดดีและสุกแก่เต็มที่ [11] ก่อนหน้านี้นักวิจัยพบว่าความแปรปรวนของสัดส่วนเมล็ดขุ่นและใสจากแปลงเกษตรกรในกองเมล็ดพันธุ์เดียวกัน เกิดจากการควบคุมของยีนส์ที่เป็น heterozygous mutant (เมล็ดขุ่น) จะถ่ายทอดลักษณะเมล็ดขุ่นที่ไม่เป็นหมัน ตามหลักการของเมนเดล ในเมล็ดรุ่นแรก และปริมาณลักษณะด้อยจะเพิ่มขึ้นในรุ่นถัดไป [12] สังเกตได้จากความแปรปรวนของสัดส่วนเมล็ดขุ่นและใสของตัวอย่างข้าว [8] เนื่องจากเกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์จากศูนย์วิจัยข้าวปลูกในฤดูแรก และเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ในรุ่นต่อไป จึงเป็นเหตุให้จำนวนเมล็ดใสเพิ่มขึ้น ดังนั้นเพื่อรักษาลักษณะขุ่นของเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดให้ตรงตามพันธุ์กรรมเดิม เกษตรกรควรเก็บเมล็ดข้าวสังข์หยดไว้ทำพันธุ์ไม่ควรเกิน 2 ฤดูปลูก นอกจากนี้ลักษณะขุ่นและใสสามารถเกิดจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิสูงเกินไป ขาดน้ำ ทำให้ลดประสิทธิภาพกระบวนการสังเคราะห์ การเคลื่อนย้าย และการสะสมอาหารไปยังเมล็ด [11-12] ส่งผลต่อราคาการซื้อขายทั้งในรูปข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสารทุกห่วงโซ่ของระบบการค้าข้าวที่ใช้น้ำหนักเมล็ดเป็นดัชนีในการกำหนดราคา จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเกิดลักษณะเมล็ดขุ่นจำนวนมาก ๆ ทำให้น้ำหนักเมล็ดของผลผลิตที่ได้จริงลดลง เกิดการสูญเสียเม็ดเงินเป็นจำนวนมากในพื้นที่การผลิตข้าวขนาดใหญ่ ข้อมูลคุณภาพทางกายภาพจึงมีประโยชน์ต่อการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ข้าว และหาแนวทางการส่งเสริมการผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ

2. ลักษณะคุณภาพทางเคมีของข้าวสังข์หยดเมล็ดขุ่นและใส

การทดสอบด้วยสารละลายไอโอดีนยืนยันว่าข้าวสังข์หยดเมล็ดขุ่นเป็นข้าวเจ้าเหมือนกับเมล็ดใส แต่แตกต่างจากลักษณะขุ่นในข้าวเหนียว สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ได้ทำการย้อมเมล็ดด้วยสารละลายไอโอดีนเพื่อจำแนกชนิดข้าวเหนียวและข้าวเจ้า พบว่าเมล็ดย้อมติดสีน้ำเงินดำทั้งเมล็ดขุ่นและใส แต่เมล็ดขุ่นติดสีน้ำเงินดำสม่ำเสมอกว่าเมล็ดใส [8] เมล็ดขุ่นในข้าวพันธุ์สังข์หยดอาจเกิดจากหลายสาเหตุในช่วงหลังการผสมเกสร การสร้างเมล็ด การสะสมน้ำหนักแห้ง และการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นลักษณะความผิดปกติที่คล้ายกับลักษณะการเกิดข้าวท้องไข [13] ผลการศึกษาก่อนหน้านี้บ่งชี้ว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไปส่งผลให้ลดเมล็ดน้อย อาจเกี่ยวกับการพัฒนาโครงสร้างและการเรียงตัวของเม็ดแป้งที่ต่างกัน ส่งผลให้ลดกิจกรรมของเอนไซม์ในการสังเคราะห์อะมิโลสและการสร้างชั้นของเม็ดแป้ง เกิดสัดส่วนของลักษณะ

เมล็ดพันธุ์และสีต่างกัน [13-14] ปริมาณไขมันและอมิโลสในข้าวสังข์หยดเมล็ดพันธุ์และสีไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีปริมาณไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 5.44 % และปริมาณอมิโลสเฉลี่ยเท่ากับ 11.36 % จัดอยู่ในกลุ่มข้าวปริมาณไขมันน้อย และอมิโลสต่ำ เนื่องจากปริมาณอมิโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงและความนุ่มลดลง [8] มีรายงานว่าเมล็ดพันธุ์เกี่ยวข้องกับปริมาณอมิโลส [15] เมล็ดพันธุ์มีปริมาณอมิโลส น้อยกว่าเมล็ดสี และเมล็ดพันธุ์ประกอบไปด้วยสายของอมิโลเปกตินในเมล็ดจำนวนมาก ซึ่งเป็นลักษณะเมล็ดพันธุ์ตามธรรมชาติและมีปริมาณอมิโลสต่ำ [16] ดังนั้นข้าวพันธุ์สังข์หยดจึงจัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ เมื่อหุงจะได้ข้าวสุกที่มีลักษณะเหนียวและนุ่ม ควรมีการศึกษาลักษณะคุณภาพทางเคมี และทางโภชนาการอื่น ๆ เพิ่มเติมที่น่าส่งผลให้คุณภาพการหุงต้มของข้าวเมล็ดพันธุ์และสีมีแตกต่างกัน

3. ลักษณะโครงสร้างของส่วนสะสมอาหารภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

โครงสร้างของส่วนสะสมอาหารในข้าวพันธุ์สังข์หยดเมล็ดสีมีเม็ดแป้งเกาะตัวกันแน่นกว่าเมล็ดพันธุ์ บ่งบอกถึงเมล็ดสีมีการเจริญเติบโตและพัฒนาของเมล็ดดีและสุกแก่เต็มที่ การเรียงตัวกันของเม็ดแป้งติดกันแน่น ส่วนเมล็ดพันธุ์จะเกาะตัวกันแบบหลวม ๆ เนื่องจากการสังเคราะห์และสร้างเม็ดแป้งยังไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดช่องว่างระหว่างเม็ดแป้งมากขึ้นทำให้น้ำหนักเมล็ดน้อย [14] แสดงให้เห็นว่าเมล็ดสีเกิดการสังเคราะห์แป้งได้ดีกว่าเมล็ดสี ขนาดของเม็ดแป้งในเมล็ดสีจึงใหญ่ เม็ดแป้งเกาะตัวกันแน่น และมีช่องว่างภายในเซลล์มากกว่าเมล็ดพันธุ์ ส่งผลให้เกิดการส่องผ่านของแสงได้ง่ายจึงมองเห็นเป็นลักษณะเมล็ดสี แต่เมล็ดพันธุ์มีขนาดเม็ดแป้งเล็ก ลักษณะปรากฏที่มองเห็นจึงเป็นเมล็ดพันธุ์ แต่แตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ที่เกิดจากลักษณะข้าวท้องไขในตัวอย่างเปรียบเทียบกับพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยเมล็ดพันธุ์ (ข้าวท้องไข) และเมล็ด (ข้าวขาวปกติไม่เกิดท้องไข) การสังเกตภายใต้กล้อง SEM ช่วยให้เห็นโครงสร้างและลักษณะของเม็ดแป้งระหว่างเมล็ดพันธุ์ของข้าวพันธุ์สังข์หยดว่ามีลักษณะที่แตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ข้าวท้องไขพันธุ์สุพรรณบุรี 1 อย่างชัดเจน แม้ลักษณะเมล็ดพันธุ์ของข้าวสังข์หยดจะเหมือนกับลักษณะพันธุ์ในข้าวเหนียว แต่แป้งที่สะสมในเมล็ดกลับมีโครงสร้างเป็นข้าวเจ้า [15] ดังนั้นสิ่งที่ค้นพบใหม่เกี่ยวกับข้าวพันธุ์สังข์หยดลักษณะเมล็ดพันธุ์และสี คือ เมล็ดพันธุ์มีผลต่อการสูญเสีย น้ำหนักเมล็ด ปริมาณอมิโลสต่ำ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของข้าวสังข์หยดลดลง [16] ข้อมูลนี้จึงมีประโยชน์ต่อการหาแนวทางยกระดับทั้งปริมาณและคุณภาพข้าวพันธุ์สังข์หยดให้มีราคาเพิ่มสูงขึ้นในพื้นที่ภาคใต้

สรุปผลการวิจัย

ลักษณะคุณภาพทางกายภาพข้าวพันธุ์สังข์หยดเมล็ดพันธุ์และสีแตกต่างกันเฉพาะความหนาของเมล็ดข้าวกล้องและน้ำหนัก 100 เมล็ด เมล็ดสีมีความหนาและน้ำหนัก 100 เมล็ดมากกว่าเมล็ดพันธุ์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดพันธุ์มากส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตลดลง ส่วนลักษณะคุณภาพทางเคมีเมล็ดพันธุ์และสีเป็นข้าวเจ้าทั้งสองลักษณะและมีปริมาณไขมันและอมิโลสไม่แตกต่างกัน แต่มีโครงสร้างของส่วนสะสมอาหารในเมล็ดแตกต่างกันโดยเมล็ดพันธุ์มีขนาดเม็ดแป้งใหญ่และเกาะตัวกันแน่นกว่าเมล็ดสี ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีสาเหตุมาจากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ปัจจัยสภาพแวดล้อมระหว่างปลูก และระยะการพัฒนารสสุกแก่ของเมล็ดข้าวที่ไม่สม่ำเสมอร่วมด้วย ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตของข้าวพันธุ์สังข์หยดลดลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Saeton, S. (2010). **Southern Thai Rice Book 2**. Rice Research and Development Bureau, Department of Rice, Bangkok, Thailand.
- [2] Saeton, S. (2007). "Geographical indications (GI) Khao Sang Yod Muang Phatthalung", **Proceedings of Rice and Temperate Cereal Crops Annual Conference 2007**. on 19-21 February 2007, Bangkok. 237-244.
- [3] Maejo Poll. (2017). "Consumption Behavior of Thai People", **Center for Economic Research and Agricultural Forecasting**. 3, 1-5.

- [4] IRRI. (1996). **Standard Evaluation and Utilization System for Rice**. IRRI publisher, Manila, Philippines.
- [5] USDA. (1982). **Rice Inspection Hand Book**. FGIS, U.S. Department of Agriculture, Washington DC, USA.
- [6] Naivikul, O. (2007). **Rice: Science and Technology**. Publisher Kasetsart University, Bangkok, Thailand.
- [7] AOAC. (2016). **Official Method of Analysis 20th Edition**. The Association of Official Analytical Chemicals, Washington DC, USA.
- [8] Panomjan, N., S. Jamjod, B. Rerkasem, B. Dell and C. Prom-u-thai. (2016). "Variation in Seed Morphology of Sang Yod Rice Variety from Southern Thailand", **Khon Kaen Agricultural Journal**. 44, 83-94.
- [9] Juliano, B.O. (1971). "A Simplified Assay for Milled Rice Amylase", **Cereal Science Today**. 16, 334-338.
- [10] Egerton, R. F. (2005). **Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM and AEM**. Springer, New York, USA.
- [11] Fujita, N., R. Satoh, A. Hayashi, M. Kodama, R. Itoh, A. Satomi and Y. Nakamura. (2011). "Starch Biosynthesis in Rice Endosperm Requires the Presence of Either Starch Synthase I or IIIa", **Journal of Experimental Botany**. 62, 4819-4831.
- [12] Moose, S.P. and R.H. Mumm. (2008). "Molecular Plant Breeding as the Foundation for 21st Century Crop Improvement", **Plant Physiology**. 147, 969-977.
- [13] Zhao X., V.D. Daygon, K.L. McNally, R.S. Hamilton, F. Xie, R.F. Reinke and M.A. Fitzgerald. (2016). "Identification of Stable QTLs Causing Chalk in Rice Grains in Nine Environments", **Theoretical and Applied Genetics**. 129, 141-153.
- [14] Tsutsui, K., K. Kaneko, I. Hanashiro, K. Nishinari and T. Mitsui. (2013). "Characteristics of Opaque and Translucent Parts of High Temperature Stressed Grains of Rice", **The Japanese Society of Applied Glycoscience**. 60, 61-67.
- [15] Mitsui, T., T. Shiraya, K. Kaneko and K. Wada. (2013). "Proteomics of Rice Grain under High Temperature Stress", **Frontiers in Plant Science**. 4, 1-5.
- [16] Kim, S.S., S.E. Lee, O.W. Kim and D.C. Kim. (2000). "Physicochemical Characteristics of Chalky Kernels and Their Effects on Sensory Quality of Cooked Rice", **Cereal Chemistry**. 77, 376-379.