Prawarun Agr. J. Volume 17(1) 2020, 147-157
Received: October 19, 2019; Accepted: March 23, 2020

บทความวิจัย

การศึกษาสายพันธุ์และคุณภาพของข้าวสายพันธุ์สีชล โดยการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี กายภาพและลายพิมพ์ดีเอ็นเอกับพันธุ์ข้าวไทย

กรรณิการ์ พิมพ์รส*, เกศริน ฑีฆายุ และ พิรดา สุดประเสริฐ

สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110

บทคัดย่อ

ข้าวสีชล เป็นข้าวสายพันธุ์ใหม่ได้จากการปรับปรุงสายพันธุ์โดยเกษตรกรชุมชนตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มีลักษณะเด่นคือ เมื่อสุกข้าวจะมีความนิ่ม รสหวาน และกลิ่นหอม เมล็ดข้าวเป็นสีน้ำตาลเข้มปนขาว งานวิจัยนี้ต้องการข้อมูลพื้นฐานประจำพันธุ์ของข้าวชนิดนี้ โดยได้ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของข้าวสีชลเปรียบเทียบกับข้าวสายพันธุ์มาตรฐาน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ กลุ่มข้าวเจ้าหอม (ข้าวขาวดอกมะลิ105 ปทุมธานี1 หอมคลองหลวง) กลุ่มข้าวเจ้าไม่หอม (ชัยนาท1 กข31 พิษณุโลก2 ไรซ์เบอร์รี่) กลุ่มข้าวเหนียว (กข6 ธัญสิริน ลืมผัว) พบว่า ข้าวสีชลมีปริมาณอะไมโลส และไขมันร้อยละ 5.47 และ 1.37 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวลืมผัว ข้าวสีชลมีปริมาณโปรตีนและเถ้าร้อยละ 10.89 และ 3.29 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ และกข6 จากนั้นทำสกัดดีเอ็นเอ และวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของข้าวสีชล และข้าวไทยมาตรฐานทั้ง 10 ชนิด ด้วยเทคนิค SSR และจำแนกกลุ่มตามความสัมพันธ์ของข้าวสีชลกับข้าวพันธ์ไทย ได้ทั้งหมด 5 เครื่องหมาย แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่เป็นข้าวเหนียวมีเครื่องหมายโมเลกุลคือ Glu23 กลุ่มที่ข้าวมีลักษณะอ่อนนุ่มหลังการหุงต้มมีเครื่องหมายโมเลกุลคือ RM3 และ RM190 กลุ่มข้าวที่มีกลิ่นหอมเมื่อหุงสุกมีเครื่องหมายโมเลกุลที่พบคือ BADH และ 3In2AP โดยที่ข้าวสีชลมีเครื่องหมายโมเลกุล Glu23 ใกล้เคียงกันกับในข้าว กข6 ธัญสิริน และข้าวลืมผัว เครื่องหมายโมเลกุล RM190 ใกล้เคียงกันกับในข้าวขาวดอกมะลิ105 และธัญสิริน เครื่องหมายโมเลกุล BADH ใกล้เคียงกันกับในข้าวขาวดอกมะลิ105 และปทุมธานี1 จากการศึกษาจึงระบุได้ว่าข้าวสีชลเป็นพันธ์ข้าวเหนียวที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอมเมื่อหุงสุก

คำสำคัญ: ข้าวไทย ข้าวสายพันธุ์ใหม่ ข้าวสีชล และ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: kpimrote@gmail.com

Prawarun Agr. J. Volume 17(1) 2020, 147-157

Studies of Varieties and Quality of Sichon Rice by Comparison on DNA Fingerprint Chemical and Physical Properties with Thai Rice Varieties

Kannika Pimrote*, Kesarin Teekayu and Pirada Sudprasert

Department of Science and Mathematics Faculty of Science and Technology
Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi, 20110, Thailand

Abstract

Sichon is the name of a new Thai rice variety which was developed by agriculturist from Sriracha, Chon Buri Thailand. Sichon cooked rice has a distinctive profile: soft texture, sweet taste, odoriferous aroma and brown color. Basic characteristics of Sichon rice were investigated in this study and were compared with 10 varieties of standard Thai rice including the aromatic rice group (Khao Dawk Mali 105, Pathum Thani 1, Hom Klong Luang) non-aromatic rice group (Chainat1, RD31, Phitsanulok2, Riceberry) and glutinous rice group (RD6, Thanyasirin, Luem Pua). Sichon rice comtain 5.47% of amylose and 1.37% of fat which was similar to Riceberry and Luem Pua, 10.89% of protein and 3.29% of ash which as similar to Riceberry and RD6. Afterwards, DNA of Sichon and 10 standard Thai rice was extracted and moderated DNA fingerprint by SSR technique. Sichon and standard Thai rice varieties were classified on five primary and three cluster including of; Glu23 primer was found in glutinous rice group, RM3 and RM190 primer was found in good softness rice after cooked group, BADH and 3In2AP primer was found in aromatic rice group. While, Sichon showed Glu23 primer same as RD6 Thanyasirin and Luem Pua, RM190 primer similar Mali105 and Thanyasirin, BADH primer close by Mali 105 and Pathum Thani 1. Consequently, it can be indicated that Sichon rice is glutinous rice varieties which good softness and odor properties after cooked.

Keywords: Thai rice, New rice varieties, Sichon rice and DNA Fingerprint

*Corresponding author: E-mail: kpimrote@gmail.com

บทนำ

"ข้าว" เป็นธัญญาหารหลักของชาวโลก จัดเป็นพืชสายพันธุ์เดียวกับ หญ้าซึ่งนับได้ว่า เป็นหญ้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก และมีความหลากหลายทางชีวภาพ สามารถปลูกขึ้นได้ง่ายมีความทนทานต่อทุกสภาพภูมิอากาศ ข้าวที่มีการซื้อขายมากที่สุดในตลาดโลกแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มข้าวบาสมาติ (basmati rice) และกลุ่มข้าวหอมมะลิ (jasmine rice) โดยประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกข้าวหอมมะลิที่มีศักยภาพและเป็นที่ยอมรับของตลาดโลก (Rice Department, 2007) นอกจากการรักษามาตรฐานคุณภาพข้าวที่ผลิตแล้วนั้น การปรับปรุงพัฒนาสายพันธุ์ข้าวให้มีคุณสมบัติพิเศษ เป็นอีกกลยุทธ์ และเป้าหมายที่สำคัญของประเทศ นอกจากนี้เนื้อสัมผัสความเหนียวหรือความนุ่มของเมล็ดข้าวหลังหุงสุกแล้ว ความหอมเป็นลักษณะอีกหนึ่งลักษณะพิเศษที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ข้าว นักวิจัยพบว่าข้าวหอมมีสารหอมระเหยมากกว่า 100 ชนิด แต่สารหลักที่พบในทั้งข้าว บาสมาติและข้าวหอมมะลิ คือ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ซึ่งพบในทุกส่วนของข้าวยกเว้นราก ซึ่งสาร 2AP ในข้าวหอมมีการสังเคราะห์ขึ้นระหว่างการเจริญเติบโตของข้าว โดยยีนควบคุมลักษณะความหอม คืออัลลีลด้อยของยีน betaine aldehyde dehydrogenase (BADH2) บนโครโมโซม 8 (Bradbury *et al*., 2005) ในข้าวไม่หอม (non-fragrant genotype) ซึ่งเอนไซม์ BADH2 เปลี่ยน Δ-Pyrimidine เป็น GABA แทนทำให้ไม่เกิดการสร้าง 2AP จึงไม่มีการสะสมของสารหอมระเหย 2AP เกิดขึ้น ส่วนข้าวหอมพบว่ามีการกลายพันธุ์ (mutation) ที่อัลลีล BADH2 โดยลำดับเบสของ exon 7 หายไปจำนวน 8 คู่เบส ทำให้สร้างเอ็นไซม์ไม่สมบูรณ์ จึงเกิดการสะสมของสาร 2AP ซึ่งทำให้ข้าวมีกลิ่นหอม (Bourgis *et al*., 2008; Yoshihashi *et al*., 2002)

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรม โดยการสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอ เพื่อบอกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตในแต่ละชนิดได้ ซึ่งจะเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคลไม่มีโอกาสที่บุคคลใดหรือสิ่งมีชีวิตคู่ใดจะมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เหมือนกัน ปัจจุบันนี้ได้มีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอในพืชและสัตว์หลายชนิด และเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งการทำลายพิมพ์ดีเอ็นเอ สามารถแบ่งเครื่องหมาย DNA ได้เป็น 2 กลุ่มตามหลักการและวิธีการศึกษา ได้แก่ คือ Hybridization-base DNA fingerprint โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลที่ต้องอาศัยการ hybridization ระหว่าง template DNA กับ labeled probe เครื่องหมายโมเลกุลชนิดนี้ได้แก่ RFLP ส่วนกลุ่มที่ 2 คือ PCR-base DNA fingerprint กลุ่มนี้ใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดที่ต้องอาศัยปฏิกิริยา PCR เพื่อเพิ่มจำนวน DNA ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลชนิดนี้เป็นที่นิยมเนื่องจากมีขั้นตอนไม่ยุ่งยากนัก และมีการพัฒนาขึ้นมาหลายชนิด เช่น RAPD, AFLP และ SSR (Archak *et al*., 2007)

Simple sequence repeat (SSR) หรือไมโครแซทเทลไลท์ เป็นลำดับเบสสั้น ประกอบด้วยเบสซ้ำต่อเนื่องกัน (tandem repeat) มีตั้งแต่ 1-6 เบส โดยพบการเรียงตัวของเบสเป็น mono-nucleotide repeat เช่น (A)n, di-nucleotide repeat เช่น (CA)n, โดยที่ n เป็นจำนวนซ้ำของเบส ส่วนใหญ่จะพบการเรียงตัวของเบส จำนวน 2 เบสซ้ำ และพบไมโครแซทเทลไลท์ที่มีลำดับเบสซ้ำ 3-4 เบสแต่น้อยกว่าแบบซ้ำ 2 เบส วิธีการตรวจหา polymorphism ของลำดับเบสทำได้โดยหาลำดับเบสของ DNA ที่อยู่ 2 ด้านของชุดซ้ำเพื่อใช้เป็น primer ที่จำเพาะ โดยทั่วไปเบสซ้ำเหล่านี้มักมีลำดับเบสที่จำเพาะ (unique sequence) อยู่บริเวณรอบๆ เบสซ้ำ primer เหล่านี้จะใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการเพิ่มปริมาณ DNA ของส่วนที่เป็นเบสซ้ำที่อยู่ระหว่าง unique sequence ความหลากหลายของชิ้น DNA ขนาดต่างๆ เป็นผลมาจากจำนวนครั้งของเบสที่ซ้ำไม่เท่ากัน ซึ่งใช้บ่งบอกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตได้ (Sanmuangching, 2010)

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิค SSR marker เพื่อใช้ทดสอบ genomes ของข้าวที่ได้จาก nuclear และ

chloroplast และนำมาใช้ในการศึกษาความแตกต่างของเพื่อจำแนกสายพันธ์ข้าวมากขึ้น (Ishii and McCouch, 2000; Chakravarthi and Naravaneni, 2006; Sanmuangching, 2010)

เกษตรกรในชุมชนตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นชุมชนรอบเขตที่ตั้งของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ได้ศึกษาพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าวชนิดใหม่ขึ้นและตั้งชื่อว่า “ข้าวสีชล” ซึ่งมีลักษณะเมล็ดข้าวเป็นสีน้ำตาลเข้มปนขาว การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวสีชลหุงสุก หรือลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวโดยวิธีตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จัดทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานประจำพันธุ์ของข้าวชนิดนี้ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการจดสิทธิบัตรข้าวสายพันธุ์ใหม่เพื่ออนุรักษ์พันธุ์ข้าวท้องถิ่นของประเทศไทยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของข้าว

เมล็ดข้าวสีชล และข้าวมาตรฐาน 10 สายพันธ์ ได้แก่ พันธุ์ข้าวเจ้าหอม (ดอกมะลิ105, ปทุมธานี1 และหอมคลองหลวง) พันธุ์ข้าวเจ้าไม่หอม (ชัยนาท1, กข31, พิษณุโลก2 และไรซ์เบอร์รี่) พันธุ์ข้าวเหนียว (กข 6, ธัญสิริน และลืมผัว) นำมาบดให้ละเอียดเหมือนแป้งด้วยเครื่องบด (ยี่ห้อ National รุ่น Super Blender) และนำผงแป้งข้าวไปทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้

1.1 ปริมาณอะไมโลส

เตรียมสารละลายน้ำแป้งโดยดูดน้ำแป้ง ปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ในขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ตาม เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ตามวิธีของ Chepprasop *et al.* (2017) นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Varian Cary 50 Bio) ที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโนเมตร ตั้งค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับศูนย์ด้วย Blank (กรดเกลเซียลอะซิติกปริมาตร 2 มิลลิลิตรและสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น) นำค่าการดูดกลืนแสง ไปหาปริมาณร้อยละอะไมโลส โดยเทียบกับกราฟสารมาตรฐานอะไมโลส (ยี่ห้อ SIGMA)

1.2 องค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างแป้งมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000)

2. การทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพของข้าว

2.1 การวัดเนื้อสัมผัส

บรรจุข้าวหุงสุกลงในถ้วยอะลูมิเนียมจนเต็ม ทำการวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (รุ่น TA-XT plus) หัววัด SMS P/0.55 วิเคราะห์ตามวิธีการของ Sirisomboon *et al.* (2012)

2.2 การวิเคราะห์ความหนืด

ชั่งแป้ง 4 กรัม (น้ำหนักแห้ง) เทลงถ้วยอะลูมิเนียม เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร นำมาวิเคราะห์ความหนืด ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (รุ่น RVA-Tec MASTER) วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม STD 1 ตามวิธีการของ Srirod and Piyajomkhawn (2000)

3. การทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวหุงสุก

ทดสอบทางประสาทสัมผัสข้าวหุงสุก ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี ความนุ่ม การเกาะตัว และความเลื่อมมัน โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยใช้วิธีประเมินความชอบ ด้วยการให้คะแนน แบบ 9 – Point Hedonic Scale

4. การตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของข้าว

นำโมเลกุลเครื่องหมายชนิด SSRs จำนวน 5 เครื่องหมาย ดังนี้ RM3, RM190 (Rice marker) BADH, 3In2AP (Aromatic marker) และ Glu23 (Glutinous marker) มาทดสอบเพื่อจำแนกข้าวสีชล และข้าวไทยสายพันธ์มาตรฐาน 10 สายพันธ์ข้างต้น ตามกลุ่มเครื่องหมายหลัก (Sanmuangching, 2010)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพ ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ส่วนการทดสอบความชอบของผู้บริโภคใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS ทำการทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวหุงสุก ได้แก่ ปริมาณน้ำที่ใช้ อุณหภูมิ รวมถึงเวลาที่ใช้หุง และที่สำคัญสุดคือ องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าว ซึ่งใช้ในการจำแนกชนิด และประเภทของข้าว อะไมโลส คือ คาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบหลักทางเคมีที่พบในเมล็ดข้าว และใช้จำแนกข้าวออกเป็น 3 กลุ่ม ตามปริมาณอะไมโลสที่มีอยู่ในข้าว ได้แก่ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (ร้อยละ 25 - 33) เช่น ข้าวดอกมะลิ105 ปทุมธานี1 ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง (ร้อยละ 20 - 25) เช่น ข้าวกข6 ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 9 - 20) เช่น ชัยนาท1 และข้าวที่ไม่มีอะไมโลส (ร้อยละ 0 - 9) เช่น ข้าวเหนียว (Chepprasop *et al*., 2017) ในการหุงข้าวจำเป็นต้องทราบปริมาณอะไมโลส เพื่อกำหนดปริมาณน้ำให้สัมพันธ์กับชนิดข้าว ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำต้องใช้น้ำน้อยในการหุง ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงต้องใช้น้ำมากขึ้นให้พอดีกับปริมาณอะมิโลส เนื่องจากอะไมโลสจะทำหน้าที่ดูดน้ำทำให้เกิดการพองตัว (Vinaikul, 2007)

มักพบโปรตีนในส่วนนอกของเมล็ดข้าว ปริมาณโปรตีนส่งผลต่อคุณลักษณะข้าวหุงสุกโดยข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูง เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะที่แข็งกว่าและเหนียวนุ่มน้อยกว่าข้าวโปรตีนต่ำ เนื่องจากโปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ภายนอกจะขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว ดังนั้นในชนิดข้าวที่มีโปรตีนสูงหรือระดับการสีต่ำ (มีโปรตีนเหลืออยู่ที่เปลือกมาก) เมื่อหุงสุกจะเมล็ดข้าว

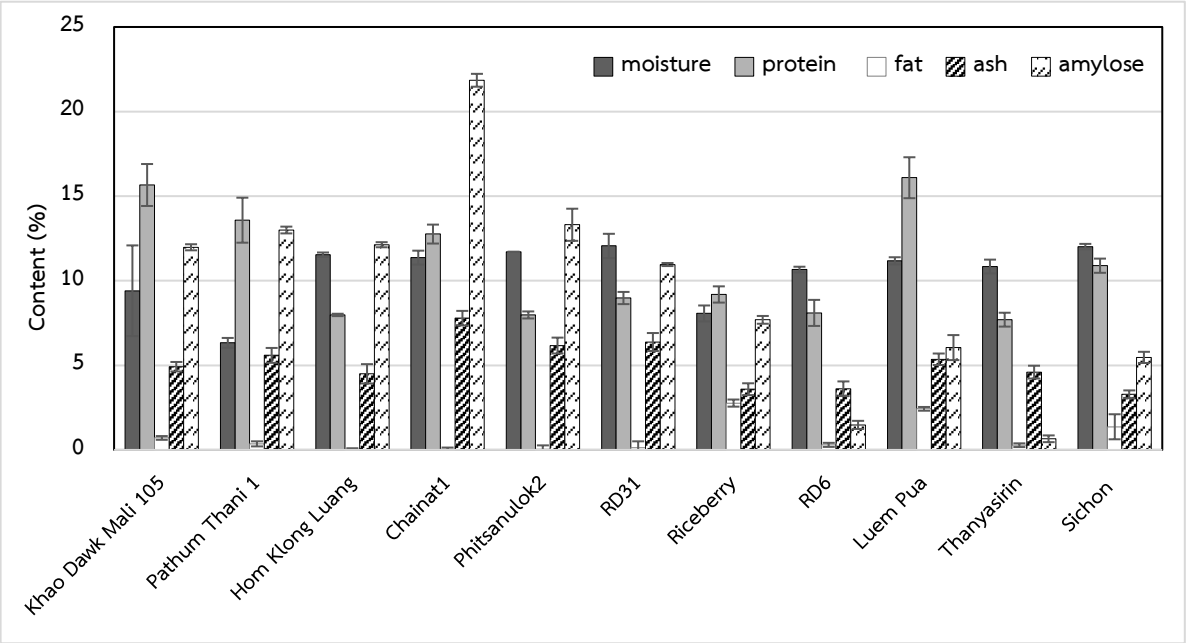

Fig.1 Chemical composition of Sichon and standard Thai rice 10 varieties

ค่อนข้างแข็งไม่เหนียวนุ่ม (Martin และ Fitzgerald, 2002; Mestres *et al*., 2011)

1. คุณภาพทางเคมีของข้าวสีชล และข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสีชล และข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และอะไมโลส (Fig. 1) เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสีชล กับข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์ พบว่าข้าวสีชลมีปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 5.47 ไม่ต่างกับข้าวลืมผัวซึ่งมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 6.05 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณโปรตีนที่พบในข้าวสีชลคือร้อยละ 10.89 ไม่ต่างกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.19 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และปริมาณความชื้นของข้าวสีชลร้อยละ 12.02

2. คุณลักษณะทางกายภาพของข้าวสีชล และข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์

การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสีชลเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวไทยมาตรฐานทั้ง 10 สายพันธุ์ (Table 1) พบว่าข้าวสีชลมีค่า Hardness ไม่ต่างกับกับข้าวหอมคลองหลวง และข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีค่า Stickiness และ Adhesiveness ไม่ต่างกับกับข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ค่า Springiness ไม่ต่างกับกับข้าวหอมปทุมธานี 1 ค่า Cohesiveness ไม่ต่างกับกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ค่า Gumminess ไม่ต่างกับข้าวลืมผัว และข้าวไรซ์เบอร์รี่ ค่า Chewiness ไม่ต่างกับข้าวหอมมะลิ 105 และค่า Resilience ไม่ต่างกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) จากข้อมูลข้างต้นพบว่าข้าวสีชล มีค่า hardness สูงซึ่งแสดงถึงความแข็งของข้าวหุงสุก อาจเนื่องจากข้าวสีชลมีปริมาณโปรตีน (ร้อยละ 10.89) อยู่ในระดับค่าเฉลี่ยของข้าวโดยทั่วไปร้อยละ 5-10

ความหนืดเป็นสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญอย่างหนึ่งของแป้งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อน โดยความร้อนจะทำลายพันธะในเม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งดูดซึมน้ำและพองตัวใหญ่ขึ้น น้ำรอบๆ บริเวณเม็ดแป้งจะเหลือน้อยลง ทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากเกิดความหนืดขึ้น และเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวสูงสุดจะให้ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นเม็ดแป้งจะเริ่มแตกออก

Table 1 Texture profile analysis of Sichon and standard Thai rice 10 varieties

Varieties of rice	Hardness (N)	Stickiness	Adhesiveness (J)	Springiness (m)	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness (J)	Resilience
Khao Dawk Mali 105	1.47±0.29^{a}	0.68±0.29^{d}	-34.76±14.19^{d}	0.48±0.06^{a}	0.47±0.05^{bc}	0.69±0.16^{abc}	0.34±0.11^{ab}	0.19±0.02^{cd}
Pathum Thani 1	2.01±0.39^{ab}	2.04±0.41^{e}	-150.72±40.15^{d}	0.61±0.20^{b}	0.61±0.12^{e}	0.89±0.15^{bc}	0.59±0.15^{bce}	0.15±0.03^{c}
Hom Klong Luang	2.21±0.39^{ab}	0.65±0.07^{d}	-181.58±171.31^{cd}	0.62±0.07^{b}	0.46±0.04^{bc}	1.02±0.17^{c}	0.64±0.16^{cd}	0.18±0.03^{cd}
Chainat1	3.29±1.81^{c}	0.42±0.13^{ab}	-11.26±7.08^{d}	0.63±0.20^{bc}	0.58±0.17^{de}	1.71±0.93^{de}	1.14±0.63^{fg}	0.26±0.14^{e}
Phitsanulok2	6.37±1.52^{d}	0.59±0.20^{cd}	-429.56±15.48^{b}	0.69±0.09^{bcd}	0.31±0.08^{a}	1.86±0.54^{e}	1.30±0.48^{g}	0.09±0.13^{b}
RD31	2.70±0.85^{bc}	0.47±0.60^{abc}	-34.08±19.65^{d}	0.64±0.10^{bcd}	0.53±0.07^{cd}	1.43±0.50^{d}	0.94±0.43^{ef}	0.23±0.03^{de}
Riceberry	2.21±0.32^{ab}	0.31±0.09^{a}	-113.02±50.37^{d}	0.63±0.11^{bc}	0.27±0.06^{a}	0.60±0.16^{ab}	0.39±0.13^{abc}	0.03±0.01^{a}
RD6	2.37±0.40^{b}	0.66±0.09^{d}	-673.59±263.34^{a}	0.73±0.09^{cd}	0.41±0.04^{b}	1.00±0.24^{c}	0.74±0.26^{de}	0.06±0.01^{ab}
Luem Pua	1.53±0.26^{a}	0.44±0.12^{abc}	-16.44±18.74^{d}	0.43±0.12^{a}	0.29±0.03^{a}	0.45±0.09^{a}	0.22±0.17^{a}	0.08±0.01^{ab}
Thanyasirin	2.31±0.51^{b}	0.63±0.05^{d}	-740.22±245.8^{a}	0.74±0.05^{d}	0.42±0.01^{b}	0.95±0.19^{c}	0.70±0.15^{de}	0.07±0.01^{ab}
Sichon	2.21±0.58^{ab}	0.54±0.05^{bc}	-320.49±57.78^{bc}	0.60±0.10^{b}	0.26±0.06^{a}	0.53±0.12^{a}	0.32±0.06^{ab}	0.03±0.00^{a}

Note: $^{a-f}$ Mean difference column are significantly ($p < 0.05$)

Table 2 Pasting behavior using RVA of Sichon and standard Thai rice 10 varieties

Varieties of rice	Peak Viscosity* (RVU)	Trough* (RVU)	Breakdown* (RVU)	Final* Viscosity (RVU)	Set back* (RVU)	Peak Time* (min)	Peak Viscosity* (RVU)
Khao Dawk Mali 105	1472.33±4.04^{e}	1094.33±24.44^{f}	378.00±20.66^{f}	3613.33±30.89^{i}	2019.00±55.32^{i}	7.00±0.00^{d}	1472.33±4.04^{e}
Pathum Thani 1	636.67±27.06^{c}	533.67±26.65^{c}	103.00±2.00^{b}	1395.33±57.27^{d}	861.67±30.89^{e}	7.00±0.00^{d}	636.67±27.06^{c}
Hom Klong Luang	1637.33±11.59^{f}	1637.33±11.59^{g}	2881.33±10.50^{h}	2881.33±10.50^{h}	1378.33±7.76^{f}	5.58±0.04^{b}	1637.33±11.59^{f}
Chainat1	157.67± 8.38^{a}	157.67±8.38^{a}	50.00±3.60^{a}	333.67±19.63^{a}	226.00±14.73^{a}	7.00±0.00^{d}	157.67± 8.38^{a}
Phitsanulok2	953.00± 42.75^{d}	953.0042.75^{e}	237.33±18.58^{d}	2568.33±106.60^{g}	1852.67±91.69^{h}	7.00±0.00^{d}	953.00± 42.75^{d}
RD31	1883.67± 50.08^{g}	1883.67±50.08^{h}	480.67±23.43^{g}	2952.33±27.06^{h}	1549.33±33.54^{g}	7.00±0.00^{d}	1883.67± 50.08^{g}
Riceberry	391.67±5.68 ^{b}	391.67±5.68^{b}	46.33±2.08^{a}	995.67±9.29^{c}	650.33±7.23^{d}	6.98±0.04^{d}	391.67±5.68 ^{b}
RD6	1845.67±19.14^{g}	1845.67±19.14^{h}	281.67±10.50^{e}	1884.67±17.15^{e}	320.67±9.45^{b}	5.44±0.10^{a}	1845.67±19.14^{g}
Luem Pua	416.00±17.08 ^{b}	416.00±17.08^{b}	76.33±1.15^{ab}	771.33±23.54^{b}	308.33±35.92^{b}	6.22±0.08^{c}	416.00±17.08 ^{b}
Thanyasirin	1869.67±78.52 ^{g}	1869.67±78.52^{h}	164.33±46.71^{c}	2013.67±68.31^{f}	431.67±6.65^{c}	7.00±0.00^{d}	1869.67±78.52 ^{g}
Sichon	973.00±19.05 ^{d}	749.00±19.05^{d}	224.00±0.00^{d}	1439.00±19.97^{d}	690.00±1.73^{d}	7.00±0.00^{d}	973.00±19.05 ^{d}

Note: $^{a-h}$ Mean difference column are significantly ($p < 0.05$)

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิต่อไปเรื่อยๆ เม็ดแป้งจะแตกตัวอย่างสมบูรณ์ เราสามารถวิเคราะห์พฤติกรรม ทางด้านความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) จากการทดสอบเปรียบเทียบพฤติกรรมทางด้านความหนืดของแป้งข้าวสีชล กับข้าวไทยมาตรฐานทั้ง 10 สายพันธุ์ (Table 2) พบว่าข้าวสีชลมีค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดต่ำสุด และค่าการแตกหักไม่ต่างกับข้าวพิษณุโลก2 ค่าความหนืดสุดท้าย ไม่ต่างกับข้าวหอมปทุมธานี1 อุณหภูมิที่เริ่มมีความหนืดเพิ่มขึ้นมีอุณหภูมิไม่ต่างกับข้าวหอมคลองหลวง และค่าการคืนตัวไม่ต่างกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อปล่อยแป้งสุกทิ้งไว้ให้เย็นจะเกิดการคืนตัวช้าๆ และเพิ่มมากขึ้น เมื่อเวลานานขึ้นจะเกิดเป็นผลึกแข็ง เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลส (amylose) และ อะไมโลเพกทิน (amylopectin) ซึ่งเคยรวมตัวกับน้ำแล้วเกิดเป็นเจล จะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันทำให้โมเลกุลกลูโคสในสายเชื่อมต่อกันเองใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจน และขับน้ำที่เคยจับอยู่ออกจากโมเลกุลทำให้เกิดเป็นผลึกใหม่ ซึ่งโมเลกุลของอะไมโลสที่เป็นเส้นตรงจะทำให้เกิดการคืนตัวได้มากกว่าโมเลกุลของอะไมโลเพกทิน ซึ่งโครงสร้างโมเลกุลมีลักษณะเป็นกิ่งก้านสาขา เกะกะ ขัดขวางการการเคลื่อนที่กลับมารวมกันใหม่ของโมเลกุลกลูโคส ทำให้แป้งข้าวที่มีอะไมโลสต่ำจะเกิดการคืนตัวได้ไม่มาก (Rujirapisit, 2006) พบว่าข้าวสีชล มีคุณลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอะไมโลสที่พบในะดับต่ำของข้าวทั้งสองสายพันธุ์

3. ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวสีชล และข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์หุงสุก

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวโดยใช้การทดสอบความชอบด้วยการให้คะแนน 9 – Point Hedonic Scale พบว่าผู้บริโภคมีความชอบข้าวสีชล ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี ความนุ่ม การเกาะตัว และความเลื่อมมัน เท่ากับ 6.30±1.12, 6.33±0.92, 6.13±1.90, 6.50±1.18, 6.47±1.13 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวชนิดอื่นๆ พบว่ามีลักษณะด้านความนุ่มและการเกาะตัว ใกล้เคียงกับข้าวลืมผัว สอดคล้องกับการรายงานปริมาณอะไมโลสของข้าวทั้งสองชนิดในข้างต้น ปริมาณอะไมโลสต่ำมีผลต่อการดูดซึมน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุง ปริมาณน้ำที่เหมาะสมทำให้ข้าวที่หุงสุกมีลักษณะเหนียวและนุ่ม (Sirisoontaralak *et al*., 2007)

4. การเปรียบเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของข้าวสีชล และข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์

จากผลการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (Fig.2) สามารถจำแนกความแตกต่างข้าวสีชลกับข้าวสายไทยพันธุ์มาตรฐาน โดย RM190 ซึ่งเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีความสัมพันธ์กับยีนที่ควบคุมคุณภาพการหุงต้มของข้าว (waxy gene) ทำให้สามารถจำแนกข้าวออกได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มข้าวขาวดอกมะลิ 105 ธัญสิริน และข้าวสีชล (ขนาด 125 bp) ซึ่งเป็นข้าวที่มีคุณภาพการหุงต้มที่ดี คือ ข้าวสุกจะอ่อนนุ่ม อีกกลุ่มได้แก่ข้าวชัยนาท 1, ชัยนาท 2 และ ปิ่นเกษตร 3 ซึ่งเป็นกลุ่มข้าวที่หุงสุกจะร่วนแข็ง ส่วน RM3 ซึ่งเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีความสัมพันธ์กับยีนที่ควบคุมคุณภาพการหุงต้มของข้าวเช่นกัน แต่กลับไม่สามารถจำแนกกลุ่มข้าวตัวอย่างโดยชัดเจนได้ BADH ใช้ตรวจสอบยีนความหอมของข้าวไทยสามารถแยกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 กข31 พิษณุโลก2 ซึ่งเป็นข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอม ออกจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี1 ซึ่งเป็นข้าวที่มีกลิ่นหอม และพบว่าข้าวสีชลมีขนาดเท่ากับกลุ่มข้าวที่มีกลิ่นหอม (150 bp) ส่วน 3In2AP ใช้ตรวจสอบยีนความหอมของข้าวพม่าจากผลการตรวจสอบพบว่าข้าวทุกสายพันธุ์มีขนาดเท่ากัน เนื่องจากเป็นข้าวไทยจึงไม่สามารถจำแนกความแตกต่างด้วยเครื่องหมายโมเลกุลนี้ได้ (Sanmuangching, 2010) ในส่วน Glu23 ซึ่งเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีความสัมพันธ์กันกับกลุ่มยีนความเหนียวของข้าวหลังหุง สามารถแยกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ธัญสิริน และข้าวลืมผัว ออกจากข้าว เจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี1 ได้ เมื่อเปรียบเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของข้าวสีชล พบว่ามีขนาดโมเลกุลเท่ากับกลุ่มข้าวที่มีกลิ่นหอม (200 bp) และกลุ่มข้าวเหนียว (223 bp)

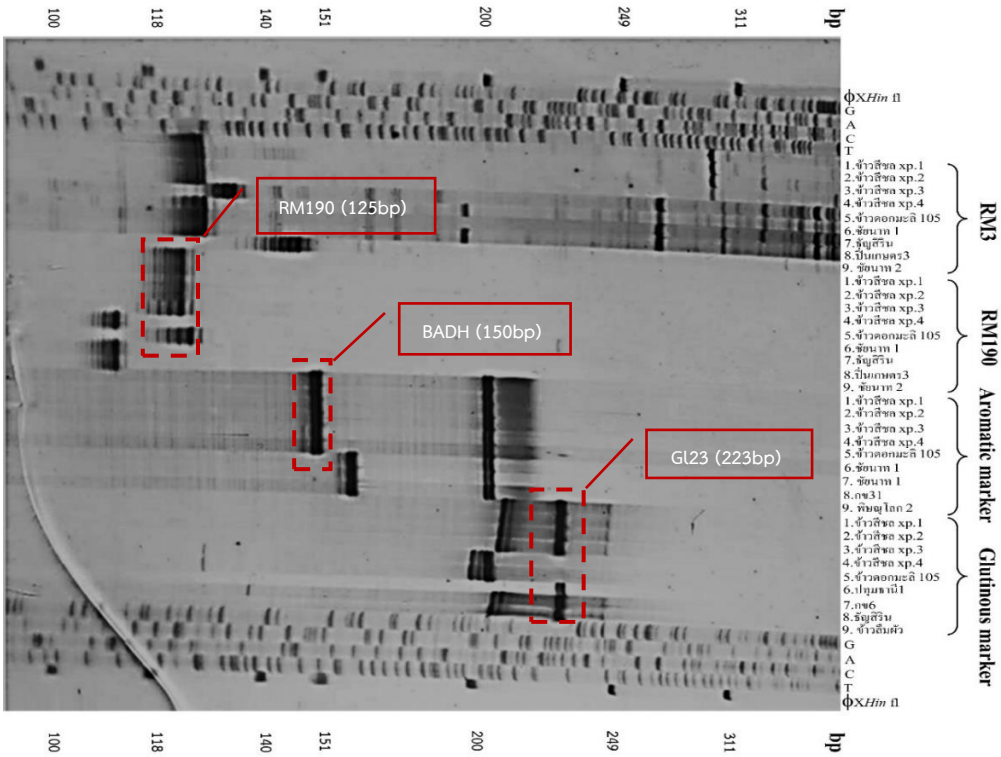

Fig.2 DNA finger print of Sichon and 10 varieties Thai standard rice.

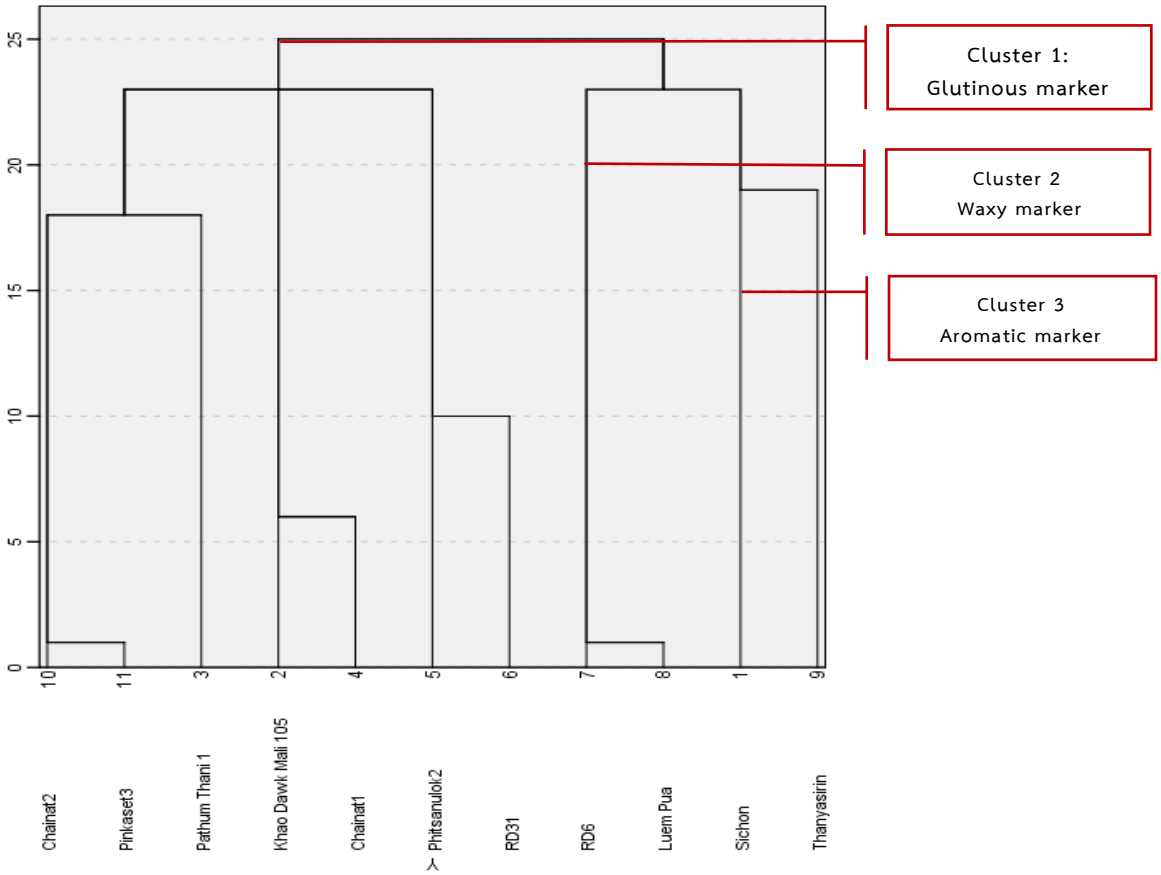

Fig.3 Dendrogram of Sichon and 10 varieties Thai standard rice .

และเมื่อนำข้อมูลมาจัดกลุ่มโดยใช้แผนภาพ Dendrogram (Fig. 3) ทำให้สามารถจำแนกข้าวได้ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จัดกลุ่มข้าวตาม Glutinous marker คือแบ่งกลุ่มระหว่างข้าวเหนียวและข้าวเจ้า กลุ่มที่2 จัดกลุ่มข้าวตาม Waxy marker (RM190) คือแบ่งตามลักษณะความนุ่มของเมล็ดข้าวหลังหุงสุก และกลุ่มที่ 3 จัดกลุ่มข้าวตาม Aromatic marker คือแบ่งข้าวออกเป็นข้าวที่มีกลิ่นหอมและไม่หอม และจาก Dendrogram จะพบว่าข้าวสีชลมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอใกล้เคียงทางกับข้าวเหนียวธัญสิรินมากที่สุด คือเป็นข้าวเหนียวที่มีลักษณะนุ่มเมื่อหุงสุก แต่ต่างกันที่ข้าวสีชลมีกลิ่นหมอแต่ข้าวธัญสิรินไม่มี

วิจารณ์ผลการวิจัย

ข้าวสีชล เป็นข้าวที่เกษตรกรในพื้นที่ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี พัฒนาสายพันธุ์ขึ้นใหม่ การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ การประเมินทางประสาทสัมผัส รวมถึงการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ โดยเปรียบเทียบกับข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์ ที่ครอบคลุมสายพันธุ์ข้าวที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย 3 กลุ่ม ได้แก่ พันธุ์ข้าวเจ้าหอม พันธุ์ข้าวเจ้าไม่หอม และพันธุ์ข้าวเหนียว พบว่าข้าวสีชลมีคุณลักษณะคล้ายคลึงข้าวเหนียว แต่มีความอ่อนนุ่มและกลิ่นหอมเมื่อหุงสุก

อย่างไรก็ตามการศึกษาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการหุง เช่น อุณหภูมิ เวลาในการหุงข้าว กระบวนการแปรรูปแป้งจากข้าวสีชล หรือการศึกษาคุณค่าทางด้านโภชนาการ สารอาหารสำคัญที่สามารถพบได้มากในข้าว เช่น สารกาบา สารประสอบฟีนอลิกทั้งหมด สารออกฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ร่วมกับการตรวจสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอ อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติเด่นดังกล่าว เป็นงานที่จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน 2559 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ผู้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติการวิจัยครั้งนี้

References

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists. William HorwitzVovumel, ll.

Archak, S., Meduri, E., Kumar, P.S. and Nagaraju, J. 2007. InSatDb: a microsatellite database of fully sequenced insect genomes. Nucleic Acids Res. 35: 36–39.

Bourgis, F., Guyot, R., Gherbi, H., Tailliez, E., Amabile, I., Salse, J., Lorieux, M., Delseny, M. and Ghesquière A. 2008. Characterization of the major fragance gene from an aromatic japonica rice and analysis of its diversity in Asian cultivated rice. Theo. Appl. Gen. 117: 353-368.

Bradbury L.M, Fitgerald, T.L., Henry, R.J., Jin, Q. and Waters, D.L.E. 2005. The gene for fragrance in rice. Plant Biotech J. 3: 363–370.

Chakravarthi, B.K. and Naravaneni, R. 2006. SSR marker based DNA fingerprint and diversity study in rice (Oryza sativar. L) African J. Biotech. 5(9): 684-688.

Chepprasop, C., Salem H and Anomunee, R. 2017. Chemical composition and amylose content in local rice variety from Phatthalung rice research center. Sci. Tech. RMUTT J. 7(2): 84-97.

Ishii, T. and McCouch S.R. 2000. Microsatellites and microsynteny in the chloroplast genomes of Oryza and eight other Gramineae species. Theor. Appl. Genet. 100: 1257 – 1266.

Martin, M. and Fitzgerald, M.A. 2002. Proteins in rice Grains. Infl. Cook. Proj. J. Cereal. Sci. 36: 285-294.

Mestres, Y.I. 2011. Factor analysis of physicochemical properties of 63 rice varieties. J. Engineer. 85: 268-276.

Rice Department. 2007. Rice and nutrition for health. Rice Product Development Division. Bangkok. 75 pp. (in Thai)

Rujirapisit, P. 2006. Chemical composition and physico-chemical properties of Chinese water chestnut (*Eleocharisdulcis Trin.*) flour and starch. Research Reports of University of the Thai Chamber of Commerce (in Thai)

Sanmuangching, N. 2010. Genetic Classification of indigenous black glutinous rice using morphological traits and DNA fingerprint. Master's Thesis of Science in Agronomy. Khon Kaen University. (in Thai)

Sirisomboon, P., Pimpen, P. and Akkapong C. 2012. Development of texture profile analysis of cook rice for industrial rice and product. Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)

Sirisoontaralak, P., Boonlerd, R., and Chaovanalikit, A. 2007. Process development of calcium fortified quick cooking rice. Agri. Sci. J. 38(6): 123 – 126. (in Thai)

Srirod, K. and Piyajomkhawn, K. 2000. Technology of starch. Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok. 292 pp. (in Thai)

Vinaikul, O. 2007. Rice. Faculty of Science and Technology. (Editon 2) Kaseteart University. Bangkok. 135 pp. (in Thai)

Yoshihashi, T., Huong, N.T.T. and Inatomi, H. 2002. Precursors of 2-acetyl-1-pyrroline, a potent flavour compound of an aromatic rice variety. J Agric Food Chem. 50: 2001–2004.