อายุการเก็บเกี่ยว และอายุการเก็บรักษาต่อคุณค่าทางโภชนาการบางประการของข้าวกล้องงอกสังข์หยดอินทรีย์

Harvesting Period and Shelf Life on some Nutritional Value of Pre-germinated Sung Yod Organic Brown Rice

อุไรวรรณ วัฒนกุล[1/] วัฒนา วัฒนกุล[1/] นพรัตน์ มะเห[1/] และ พิทูรย์ จรูญรัตน์[2/]

Uraiwan Wattanakul[1/], Wattana Wattanakul[1/], Nopparat Mahae[1/] and Pitun Charoonrat[2/]

Abstract: The study on effect of harvesting period and shelf life on some nutritional value properties of pre-germinated Sung yod organic brown rice was examined. The harvesting period was divided into 3 periods (30, 37 and 44 days after flowering). GABA (gamma aminobutyric acid), vitamin B1, protein content, flavonoid content and phenolic content of Sung yod-brown rice and Sung yod-pre germinated brown rice were evaluated. The result showed that protein content in brown rice was increased as harvesting period increased and GABA content reached to the maximum after 37 days of storage. Storage time also had the effect on vitamin B1 content, while the other nutrition value did not change. It could be concluded that harvesting period and storage time had the effects on nutritional value of brown rice and pre-germinated brown rice .

Keywords: Germinated brown rice, Sung yod rice, harvesting period, storage time, nutritional value

[1/] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง จ.ตรัง 92150

[1/] Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang 92150, Thailand

[2/] สำนักงานเกษตรอำเภอตะโหมด อ.ตะโหมด จ.พัทลุง 93160

[2/] Agricultural office of Tamod district, Tamod district, Phatthalung 93160, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษาอิทธิพลอายุการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาต่อคุณค่าทางโภชนาการบางประการของข้าวกล้องงอกจากข้าวสังข์หยดอินทรีย์ โดยกำหนดอายุเก็บเกี่ยวเป็น 3 ระยะ คือ 30 37 และ 44 วัน หลังออกดอก ผลการทดลองเมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการต่างๆคือ ปริมาณสาร GABA (gamma aminobutyric acid) วิตามินบี 1 ปริมาณโปรตีน ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณสารฟีนอลิกของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอก พบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนสาร GABA ของข้าวกล้องงอกมีมากที่สุดที่ระยะเวลาเก็บรักษาเป็นเวลา 37 วัน และระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณวิตามินบี 1 เมื่อเปรียบเทียบกับคุณค่าอื่นๆซึ่งค่อนข้างคงที่ ผลการทดลองสรุปว่า อายุการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษามีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุง

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก ข้าวสังข์หยด อายุการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา คุณค่าทางโภชนาการ

คำนำ

ข้าวกล้องงอก เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่อยู่ในกระแสข้าวสุขภาพ โดยข้าวกล้องงอก อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น มีไลซีนและใยอาหารมากกว่าข้าวสาร 3 เท่า ทำให้ช่วยในการขับถ่ายและป้องกันมะเร็งลำไส้ อีกทั้งมีสารแกมมา-ออไรซานอล ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด (Juliano *et al.*, 2005) มีกรดแกมมา-อะมิโนบิวไทริก (GABA) มากกว่าข้าวสาร 10 เท่า ซึ่งช่วยในการหมุนเวียนเลือด ลดความดันโลหิต ลดไขมันในเส้นเลือด ป้องกันการเกิดโรคอัลไซเมอร์ ช่วยในการนอนหลับ (Komatsuzaki *et al.*, 2005) ดังนั้นการแปรรูปข้าวกล้องงอกน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ อีกทั้งข้าวสุกจากข้าวกล้องงอกมีรสหวาน เนื่องมาจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในขณะงอก (สุภาณี, 2551) โดยในระหว่างกระบวนการงอก ของข้าว องค์ประกอบในข้าวกล้อง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงมาก โดยสารหลักที่เพิ่มขึ้นในข้าวกล้องงอก คือ GABA เส้นใยอาหาร อินโนซิทอล กรดไฟติก โทโคทรีนอล แมกนีเซียม โพแทสเซียม แกมมาออริซานอล และสังกะสี (Kayahara *et al.*, 2000) คุณค่าทางโภชนาการที่มีในข้าวกล้องงอก เปรียบเทียบกับข้าวขัดขาว พบว่าข้าวกล้องงอกมีสาร GABA มากกว่าข้าวขัดขาวถึง 10 เท่า มีเส้นใยอาหาร วิตามินอี ไนอะซิน และไลซีนมากกว่าประมาณ 4 เท่า และวิตามินบี 1 วิตามินบี 6 มากกว่าประมาณ 3 เท่า (Kayahara *et al.*, 2000)

ข้าวกล้องช้อมมือจากข้าวสังข์หยดของกลุ่มแม่บ้าน จ.พัทลุง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และได้ขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดพัทลุง อีกทั้งเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่จังหวัดพัทลุงมีเป้าหมายส่งเสริมการผลิตและแปรรูป โดยใช้เมล็ดพันธุ์ดีจากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง, 2547) ในปี พ.ศ.2542 กองโภชนาการ กรมอนามัย ได้ทำการศึกษาวิจัยอาหารชีวจิต พบว่าเมื่อเปรียบเทียบคุณค่าของสารอาหารในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ กล่าวคือ มีวิตามิบีในปริมาณสูง มีกากใยอาหารสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ จึงมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย มีวิตามินอีสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ จึงมีประโยชน์ในการชะลอความแก่ นอกจากนี้มีโปรตีน ธาตุเหล็กและฟอสฟอรัส สูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ ซึ่งมีประโยชน์ในการบำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรง และป้องกันโรคความจำเสื่อม และยังมีสารแอนติออกซิแดนท์พวก oryzanol และมี gamma aminbutyric acid (GABA) ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเป็นมะเร็ง (ปรีชา, 2548) นอกจากนั้นจากรายงานการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกจากข้าวสังข์หยดให้การยอมรับอยู่ในเกณฑ์ดี (เปรมฤดี และคณะ, 2551)

เนื่องจากยังไม่มีรายงานงานวิจัยที่เกี่ยวกับอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของข้าวสังข์หยดต่อคุณค่าทางโภชนาการ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสมของข้าวเปลือกต่อการผลิตข้าวกล้องงอกโดยให้คงคุณค่าทาง

โภชนาการไว้สูงสุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการต่อยอดกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก จากข้าวสังข์หยดปลอดสารพิษของกลุ่มเกษตรกรทำนาตะโหมด อ. ตะโหมด จังหวัดพัทลุง เป็นกลุ่มเป้าหมายในการผลิต โดยศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของข้าวต่อคุณค่าทางโภชนาการ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสมของข้าวเปลือกต่อการผลิตข้าวกล้องงอกโดยให้คงคุณค่าทางโภชนาการไว้สูงสุด ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมเป็นอาชีพทางเลือกให้กับเกษตรกร โดยคาดว่าผลการวิจัยจะนำไปสู่การพัฒนาอาชีพและยกระดับความเป็นอยู่ของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวสังข์หยดต่อไป

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง

การศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องสังข์หยด โดยการปลูกข้าวสังข์หยดปลอดสารพิษและการเก็บเกี่ยว เริ่มจากการจัดทำแปลงเพาะปลูกข้าว โดยการหว่านน้ำตม เมื่อเข้าฤดูทำนาปี ทำการไถทิ้งไว้ประมาณ 7 -10 วัน หลังจากนั้นทำการไถแปร และปล่อยน้ำเข้าแปลงนาแช่น้ำไว้เป็นเวลา 7 - 10 วัน แล้วคราดปรับระดับผิวดิน ทำเทือก และหว่านเมล็ดพันธ์ข้าวสังข์หยด โดยใช้เมล็ดพันธ์จากศูนย์เมล็ดพันธ์ข้าวจังหวัดพัทลุง ก่อนการหว่าน ทำการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในน้ำเป็นเวลา 1 คืน ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวและปุ๋ยอินทรีย์ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ไม่ใช้สารเคมีในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ดูแลรักษาแปลงนาจนกระทั่งระยะเก็บเกี่ยว หลังจากนั้น กำหนดอายุเก็บเกี่ยวเป็น 3 ระยะ คือ 30, 37 และ 44 วัน หลังออกดอก วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 2 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องสังข์หยด คือ ปริมาณสาร GABA (gamma aminobutyric acid) และปริมาณ วิตามินบี 1 วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ปริมาณโปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (1990) ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณสารพีนอลิกทั้งหมด ตามวิธีการของ Jia *et al.* (1999)

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุง

นำข้าวเปลือกสังข์หยดที่กำหนดอายุเก็บเกี่ยว 44 วันหลังออกดอกมาเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน จากนั้นทุกๆเดือนนำมาสีเป็นข้าวกล้องแบบกะเทาะเปลือก ด้วยโรงสีข้าวชุมชน คัดเลือกข้าวกล้องสังข์หยดปลอดสารพิษที่มีเมล็ดเอ็มบริโอ(จมูกข้าว) อยู่เพื่อมาผลิตเป็นข้าวกล้องงอกโดยดัดแปลง วิธีการของเปรมฤดีและคณะ (2551) เริ่มจากเตรียมข้าวงอกจากการแช่เมล็ดข้าวในน้ำประปา ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ในอัตราส่วน เมล็ดข้าว : น้ำ เท่ากับ 1 : 3 (Loreti *et al.*, 2003) และนำมาเพาะต่อ โดยรินน้ำที่แช่ออกจากข้าวกล้องสังข์หยด และตักใส่ภาชนะสำหรับเพาะ คลุมภาชนะด้วยผ้าขาวเพื่อไม่ให้ถูกแสง เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำข้าวกล้องงอกที่ได้มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ คือ ปริมาณสาร GABA (gama aminobutyric acid) และปริมาณ วิตามินบี 1 วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปริมาณโปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (1990) ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณสารพีนอลิกทั้งหมด ตามวิธีการของ Jia *et al.* (1999)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง

ผลการศึกษาระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งผลการทดลองพบว่า ปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงที่ระยะการเก็บเกี่ยว 44 วัน หลังออกดอก มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด โดยมีประมาณร้อยละ 8.10 รองลงมา ได้แก่ ระยะการเก็บเกี่ยวที่ 37 วันหลังออกดอก (ร้อยละ 7.43) และ 30 วัน หลังออกดอก(ร้อยละ 7.05)

ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนในข้าวสังข์หยดที่มีผู้เคยศึกษาไว้ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 7.30 (สำเริง, 2548) สำหรับปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องชนิดอื่นนั้น จากการศึกษาของ วรนุช (2551) พบว่าปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องหอมมะลิ105 มีค่าร้อยละ 8 ส่วนในข้าวกล้องชัยนาทมีปริมาณสูงกว่าคือร้อยละ 10.7 โดยกลุ่มโปรตีนในข้าวแทรกตัวอยู่ระหว่างกลุ่มสตาร์ช และกลุ่มโปรตีนที่อยู่ผิวเมล็ดมีความหนาแน่นกว่ากลุ่มที่อยู่ในเมล็ด (Juliano, 1972) จากการทดลองบ่งชี้ว่าระยะเวลาการเก็บเกี่ยวส่งผลต่อการสะสมของโปรตีนในเมล็ดข้าว ข้าวที่ยังไม่สุกเต็มที่ จึงมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าระยะอื่น โดยมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนตามระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่นานขึ้น

ปริมาณความชื้นของทั้ง 3 ระยะเก็บเกี่ยวมีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าประมาณร้อยละ 12 และเป็นค่าความชื้นในข้าวกล้องที่เหมาะสม เช่นเดียวกับรายงานของ Aoto *et.al.* (2002) ที่พบว่าความชื้นในข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกควรอยู่ในช่วงร้อยละ 10-18 หากความชื้นสูงกว่าร้อยละ 18 ทำให้ข้าวเกิดเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์บริเวณผิวเมล็ดทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น และระดับความชื้นร้อยละ 10-18 นั้นมีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มมากขึ้นด้วย สอดคล้องกับ การกำหนดระดับความชื้นของข้าวไว้ โดยประเทศไทยกำหนดความชื้นที่ปลอดภัยของข้าวเปลือกไว้ไม่เกินร้อยละ 14 (เครือวัลย์, 2534)

ปริมาณสาร GABA ของทั้ง 3 ระยะเก็บเกี่ยวมีปริมาณไม่แตกต่างกัน คือมีค่าน้อยกว่า 0.25 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งปริมาณสาร GABA ที่ศึกษาในข้าวหอมมะลิ 105 จากการศึกษาของวรนุช (2551) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.32และ 0.39 มิลลิกรัม/100 กรัม

ส่วนปริมาณวิตามินบี1 ของระยะการเก็บเกี่ยว 37 วัน มีปริมาณมากที่สุด โดยมีปริมาณเท่ากับ 0.48 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ใกล้เคียงกับระยะการเก็บเกี่ยว 44 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.47 มิลลิกรัม/100 กรัม และทั้งสองระยะการเก็บเกี่ยวมีค่าวิตามินบี 1 สูงกว่าการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 30 วันหลังออกดอก ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.41 มิลลิกรัม/100 กรัม ปริมาณวิตามินบีหนึ่ง ที่ระยะเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 37 – 44 วันหลังออกดอก มีค่าอยู่ในช่วง 0.47-0.48 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งสูงกว่าการศึกษาของ พีชยา (2541) ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1ในข้าวกล้อง กข 15 สุพรรณ 60 และมะลิ 105 พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.40 0.34 และ0.39 มิลลิกรัม/100 กรัม จากการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นข้อมูลเบื้องต้นได้ว่า การเก็บเกี่ยวข้าวสังข์หยดเพื่อให้มีคุณค่าของวิตามินบี 1สูงจึงไม่ควรเก็บเกี่ยวก่อนระยะเวลา 37 วันหลังออกดอก

สำหรับปริมาณสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระจากการศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาปริมาณสารฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ โดยผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งผลการทดลองพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าสูงที่สุดในระยะการเก็บเกี่ยวที่ 44 วันหลังออกดอก เท่ากับ 21 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักแห้ง(mg.gallic acid /100 g. dry weight) สูงกว่าระยะการเก็บเกี่ยว 30 และ 37 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18 และ 17 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ

สำหรับปริมาณ ฟลาโวนอยด์ พบว่ามีค่าสูงที่สุดในระยะการเก็บเกี่ยวที่ 44 วันหลังออกดอก เท่ากับ 22.8 ไมโครกรัมเคทิชิน/100 กรัมน้ำหนักแห้ง (µg.catechin /100 g. dry weight) แต่ไม่แตกต่างกับระยะการเก็บเกี่ยว 30 วัน ซึ่งเท่ากับ 20.8 ไมโครกรัม

Table 1 Some nutritional values of Sung Yod organic brown rice at various harvesting period

Harvesting period	Protein (%)	Moisture (%)	GABA (mg./100 g)	Vitamin B1 (mg./100 g)
30 day	7.05 ± 0.04[a]	12.50 ± 0.13[a]	<0.25	0.41 ± 0.01[a]
37 day	7.43 ± 0.02[b]	12.51 ± 0.11[a]	<0.25	0.48 ± 0.02[b]
44 day	8.10 ± 0.05[c]	12.51 ± 0.12[a]	<0.25	0.47 ± 0.02[b]

Remark: Mean within the same column followed by different letter are significantly different by DMRT test at $p < 0.05$.

เคทิชิน/100 กรัมน้ำหนักแห้ง และทั้งสองระยะการเก็บเกี่ยวมีปริมาณฟลาโวนอยด์ สูงกว่า การเก็บเกี่ยวที่ระยะ 37 วันหลังออกดอก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.0 ไมโครกรัมเคทิชิน/100 กรัมน้ำหนักแห้ง สำหรับสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวนั้น นวลศรีและอัญชนา (2546) กล่าวว่าในส่วนของรำและจมูกข้าวประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระจำนวนมากกว่า 100 ชนิด และสารประกอบฟีนอลิกในข้าวกล้องนี้มีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ยาวนานขึ้น ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับรายงานของ วันพรรษา (2549) ที่วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกในข้าวกล้องหอมมะลิ พบว่ามีค่า 3.1 มิลลิกรัมกรด แกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้ง

2. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุงหลังเก็บรักษาเป็นเวลาต่าง ๆกัน

เมื่อนำข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงที่ระยะเก็บเกี่ยว 44 วันหลังออกดอก มาทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน แล้วนำไปแปรรูปเป็นข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุง จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในแต่ละเดือน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2

จากการทดลองพบว่าปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุงในเดือนที่ 1 มีปริมาณสูงที่สุดคือ ร้อยละ 7.61 ซึ่งไม่ต่างจากเดือนที่ 2 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.60 ในขณะที่เดือนที่ 4 มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุดคือร้อยละ 7.50 โปรตีนมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง พบว่า ปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องงอกมีค่าต่ำกว่าปริมาณโปรตีนในข้าวกล้อง สอดคล้องกับการทดลองของ สุดารัตน์ (2550) ที่พบว่าการงอกมีผลทำให้เมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิ มีโปรตีนลดลง ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการการสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการแช่ข้าวก่อนการเพาะงอก ดังนั้นจึงส่งผลต่อปริมาณโปรตีนในข้าวตัวอย่างลดลง โดย จุไรทิพย์ (2549) อธิบายการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของโปรตีนในเมล็ดข้าว จากการย่อยกลายเป็นกรดอะมิโน และเปปไทด์ มีการสะสมสาร GABA และสารอื่นจากการกระตุ้นของเอนไซม์ ซึ่งแตกต่างจากการทดลองของ Kim *et al.* (2004) ที่พบว่าปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำอุณหภูมิ 40 °C เพาะงอก 20 ชั่วโมงมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 5 ไปเป็นร้อยละ 5.4 การที่ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากน้ำไปกระตุ้นการทำงานของ hydrolytic enzyme ทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนบริเวณชั้นรำข้าว (Shoichi, 2004)

ขณะที่การเก็บรักษาทั้ง 4 เดือนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น โดยค่าความชื้นอยู่ในช่วง 12.47 - 12.51 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติ และค่าความชื้นในทั้งข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุงมีค่าในระดับเดียวกัน และเป็นค่าความชื้นในข้าวกล้องที่

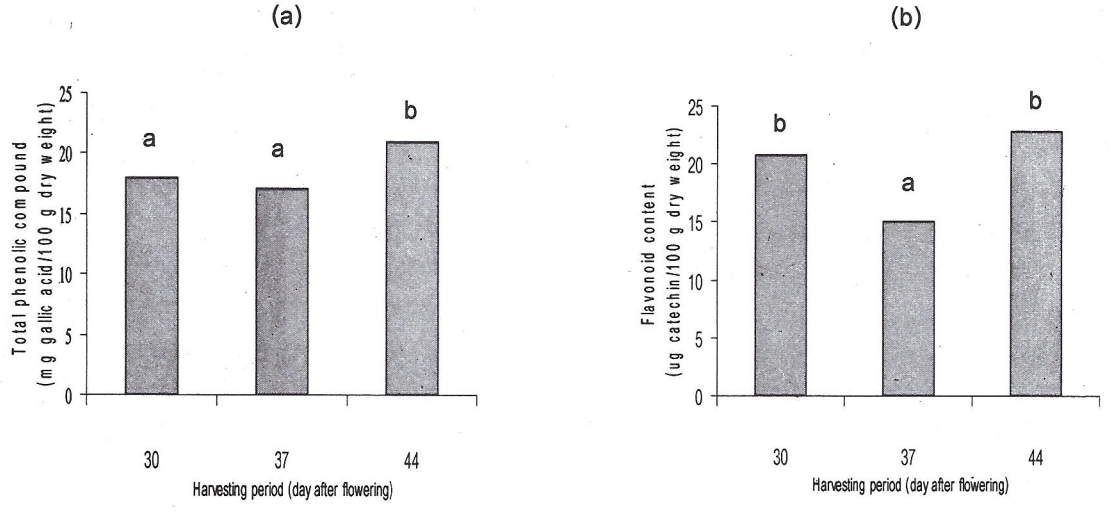

Figure 1 Total phenolic compound (a) and flavonoid content (b) of Sung Yod brown rice at various harvesting period

Table 2 Some nutritional value of pre-germinated Sung Yod organic brown rice at 44 days of harvesting period (after flowering) and various shelf life

Month	Protein (%)	Moisture (%)*	GABA (mg./100 g)	Vitamin B1 (mg./100 g)*	Niacin (mg./100 g)
1	7.61 ± 0.06^{b}	12.51 ± 0.11	40.97 ± 0.41^{c}	0.59 ± 0.18	5.56 ± 0.49^{ab}
2	7.60 ± 0.01^{b}	12.48 ± 0.04	25.89 ± 0.47^{b}	0.66 ± 0.18	5.02 ± 0.11^{b}
3	7.55 ± 0.04^{ab}	12.50 ± 0.05	17.66 ± 0.12^{a}	0.70 ± 0.10	4.22 ± 0.04^{a}
4	7.50 ± 0.02^{a}	12.47 ± 0.06	17.51 ± 0.11^{a}	0.64 ± 0.12	4.26 ± 0.15^{a}

Remark: Mean within the same column followed by different letters are significantly different by DMRT test at $p < 0.05$.

* ns = not significantly different

เหมาะสม คือมีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10-18 (Aoto *et al.*, 2002) ซึ่งปริมาณความชื้นเกี่ยวข้องกับคุณภาพของเมล็ดทั้งทางตรงคือ ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม เมื่อนำมาลดความชื้นให้เหลือ 13 – 15 เปอร์เซ็นต์ จะมีราคาสูงกว่าข้าวที่มีความชื้นสูง (กรมวิชาการเกษตร, 2545) และทางอ้อม คือความชื้นสามารถบ่งชี้ได้ถึงอายุการเก็บรักษาข้าวหรือบอกได้ถึงความปลอดภัยในการเก็บรักษาข้าวให้มีคุณภาพดี โดยทั่วไปความชื้นที่ยอมรับว่าปลอดภัยต่อการเก็บรักษาข้าวที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 13 ซึ่งจะเก็บได้ดีภายในเวลา 6 เดือน แต่ถ้ามีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 12 จะเก็บได้นานขึ้น (อรอนงค์, 2547)

เมื่อทดลองผลิตข้าวกล้องงอกสังข์หยด ที่อายุการเก็บเกี่ยว 44 วันหลังออกดอก โดยการแช่น้ำ 12 ชั่วโมง และเพาะข้าวต่อในที่มืดเป็นเวลา 16 ชั่วโมง จนข้าวกล้องเป็นข้าวกล้องงอก และนำไปอบเพื่อลดความชื้นให้เมล็ดข้าวกล้องงอกอยู่ช่วงไม่เกิน 13 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์พบว่าในตัวอย่างข้าวทั้ง 4 เดือน ที่เก็บรักษาในกระสอบ มีปริมาณสาร GABA สูงที่สุดในข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาเพียง 1 เดือน เท่ากับ 40.97 มิลลิกรัม/100 กรัม และมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยลดลงต่ำสุดในเดือนที่ 4 มีค่าเท่ากับ 17.51 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ทั้งนี้ยังมีค่าสูงกว่าปริมาณสาร GABA ที่พบในข้าวกล้องสังข์หยด และสูงกว่าค่าที่ได้จากการทดลองของ วรนุช (2553) ที่ทำการแช่ข้าวเปลือกสังข์หยดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผ่านกระบวนการงอกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในระบบเปิดมีค่าปริมาณสาร GABA เท่ากับ 9.68 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนในระบบปิดมีค่าเท่ากับ 11.96 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วน พัชรี (2550) พบว่าข้าวกล้องงอกหอมมะลิ 105 มีปริมาณสาร GABA เท่ากับ 15.2-19.5 มิลลิกรัม/100 กรัม อีกทั้งสอดคล้องกับการทดลองของ เมธาวี (2551) ที่นำข้าวกล้องงอกมันปูไปผ่านกระบวนการเพาะงอก พบว่า ปริมาณสาร GABA มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน โดยอยู่ในช่วง 2.55-21.32 มิลลิกรัม/100 กรัม การเพาะเมล็ดข้าวกล้องเป็นเวลา 32 ชั่วโมง มีผลทำให้ปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอกมันปูมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 21.32 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่ที่ระยะเวลา 40 ชั่วโมงกลับให้ค่าที่ลดลงเหลือ 13.09 มิลลิกรัม/100 กรัม เช่นเดียวกับรายงานของ Komatsuzaki *et al.* (2005) และ Zhang *et al.* (2005) ที่ได้รายงานว่าสาร GABA จะสะสมหรือเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างกระบวนการงอกและในข้าวกล้องที่นำไปผ่านกระบวนการงอก ปริมาณสาร GABA มากกว่าในข้าวขัดขาวและข้าวกล้องทั่วไป ซึ่ง Lea *et al.* (1990) อธิบายผลนี้ว่า เนื่องมาจากกรดอะมิโนในเมล็ดข้าวกล้องที่ถูกเก็บไว้ในรูปโปรตีนสะสม ถูกย่อยสลายและเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ เมื่อลำเลียงต่อไปยังจุดเจริญ ดังนั้นในระหว่างกระบวนการงอก เมื่อเมล็ดข้าวมีการดูดน้ำจะทำให้เอนไซม์กลูตาเมต ดีคาร์บอกซีเลส (GAD) สามารถ

กลับมาว่องไว (activity) และทำงานได้ โดยเปลี่ยนกรดกลูตามิกเป็นสาร GABA (Brown and Shelp, 1997) นอกจากนี้ Komatsuzaki *et.al.* (2005) ศึกษาการทำข้าวกล้องงอกในข้าวญี่ปุ่น แช่น้ำในสภาวะ gaseous เป็นเวลา 21 ชั่วโมง พบว่าปริมาณสาร GABA เพิ่มขึ้นเป็น 24.9 มิลลิกรัม/100 กรัม จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวญี่ปุ่นสายพันธุ์ Koshihikari และ Hitomebore ที่มีลักษณะเมล็ดสั้น ข้าวพันธุ์แคลิฟอร์เนีย (Calrose) ซึ่งเป็นข้าวเมล็ดปานกลาง และข้าวพันธุ์เวียดนาม (ordinary grain และ jasmine rice) ที่เป็นข้าวเมล็ดยาว ผลการวิเคราะห์ทางเคมีสามารถชี้ได้ว่า ปริมาณความชื้น และ ช่วงระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางสารอาหาร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญคือ ปริมาณสาร GABA เพิ่มขึ้นเป็น 3.6-6.1 มิลลิกรัม/100 กรัม ในข้าวเวียดนาม ส่วนปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวพันธุ์แคลิฟอร์เนียพันธุ์ Calrose เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า คือจาก 4.9-10.9 มิลลิกรัม/100 กรัม สำหรับข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ Koshihikari มีสาร GABA เพิ่มเป็น 7.6-16.6 มิลลิกรัม/100 กรัม และพันธุ์ Hitomebore มีสาร GABA เพิ่มเป็น 10.5-13.6 มิลลิกรัม/100 กรัม (Shoichi, 2004)

ปริมาณวิตามินบี 1 ของข้าวกล้องงอกในแต่ละเดือน มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.59 – 0.70 มิลลิกรัม/100 กรัม และมีค่าสูงกว่าข้าวกล้องสังข์หยด จากการทดลองของ Zhang *et.al*, (2005) พบว่าปริมาณวิตามินบี 1 เพิ่มประมาณ 2.5 เท่า ในข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวญี่ปุ่นที่แช่น้ำ อุณหภูมิ 30 °C นาน 24 ชั่วโมง การเพิ่มขึ้นของวิตามินบี 1 อาจเนื่องจากภาวะนี้มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใกล้เคียงกับการทำงานของเอ็นไซม์ไทอะมีนฟอสเฟต ไคเนส โดยภาวะเหมาะสมต่อการทำงานของเอ็นไซม์นี้คือที่ค่า pH 7 ถึง 7.5 อุณหภูมิ 35 °C (Yamada and Kawasaki, 1980) และกลไกการเพิ่มขึ้นเกิดจากช่วงการงอกมีกระบวนการหายใจเกิดขึ้นทำให้ได้พลังงาน ATP ออกมาโดยสารไพริมิดีน (pyrimidine) และไทอะโซล (thiazole) ได้มาจากการสังเคราะห์ ATP จากนั้นถูกเอ็นไซม์ไทอะมีน ฟอสเฟต ซินเทส ย่อยสลายเป็นไทอะมีนฟอสเฟต (thiamin phosphate) และเกิดปฏิกิริยาเติมหมู่ฟอสเฟตโดยเอ็นไซม์ ไทอะมีนฟอสเฟต ไคเนส ได้เป็นไทอะมีน ไพโรฟอสเฟต (thiamin pyrophosphate) ซึ่งเป็นอะมีนที่อยู่ในรูปพร้อมทำงาน (Begley, 1996)

ปริมาณไนอะซินมีค่าสูงสุดในช่วงการเก็บรักษาไม่เกิน 2 เดือน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.02-5.56 มิลลิกรัม/100 กรัม หลังจากนั้นปริมาณไนอะซินจะเริ่มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา จากรายงานของมูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2547) กล่าวว่าเมล็ดข้าวกล้องมีไนอะซิน 0.62 มิลลิกรัม/100 กรัม และในข้าวกล้องมันปูมีปริมาณไนอะซิน 2.2 เปอร์เซ็นต์ต์ (บริบูรณ์, 2542) โดยจากการเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้องกับข้าวกล้องงอกบ่งชี้ได้ว่าในการเพาะเมล็ดให้งอกส่งผลต่อการลดลงของปริมาณไนอะซิน

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ในเมล็ดข้าวกล้องงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือกหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน ให้ผลการทดลองดังภาพที่ 2 โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีค่าสูงที่สุดในเดือนที่ 4 เท่ากับ 27 มิลลิกรัม กรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg.gallic acid /100 g. dry weight) เช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ซึ่งพบว่ามีค่าสูงที่สุดในเดือนที่ 4 คือมีค่าเท่ากับ 36.0 ไมโครกรัม เคทิชิน/100 กรัมน้ำหนักแห้ง (µg.catechin /100 g. dry weight) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ มีปริมาณใกล้เคียงกับ ข้าวกล้อง โดยมีแนวโน้มสูงกว่าในข้าวกล้องเล็กน้อย ยกเว้นในเดือนที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีค่าสูงเป็นสองเท่าในข้าวกล้อง (56 mg.gallic acid /100 g. dry weight) เมื่อเทียบกับข้าวกล้องงอก (27 mg.gallic acid /100 g. dry weight) แตกต่างกับรายงานของ วันพรรษา (2549) ที่พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกหอมมะลิที่แช่น้ำสมุนไพรตะไคร้ และผ่านการเพาะ 6 ชั่วโมง มีค่า 3.3 และ 3.9 mg.gallic acid /g. dry weight) ตามลำดับ และเมื่อนำข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกหอมมะลิ แช่น้ำสมุนไพรใบเตยและผ่านการเพาะ 12 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 3.1 และ 3.9 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/ กรัมน้ำหนักแห้ง แต่อย่างไรก็ตาม ข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำกลั่นเพียงอย่างเดียวมีปริมาณสารฟีนอลิกต่ำกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับรายงานของ

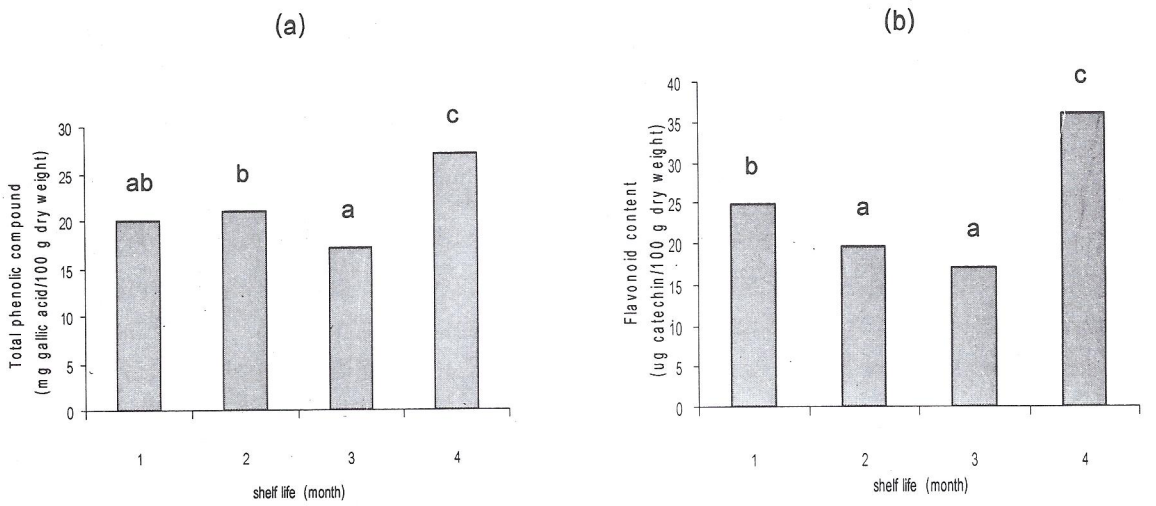

Figure 2 Total phenolic compound (a) and flavonoid content (b) of pre-germinated Sung Yod brown rice produced from rice paddy at various shelf life

Tian *et al.* (2004) ที่พบว่าการนำข้าวกล้องมาแช่น้ำกลั่นเพื่อให้เกิดการงอก ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ละลายน้ำได้ มีการละลายปนออกมากับน้ำที่ใช้แช่ แต่เมื่อแช่ข้าวกล้องครบ 24 ชั่วโมง ทำให้ข้าวกล้องเกิดการงอกเต็มที่ ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงขึ้นได้

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้พบว่า อายุการเก็บเกี่ยวมีผลต่อปริมาณโปรตีน สารต้านอนุมูลอิสระ และวิตามินบี 1 ของข้าวสังข์หยดพัทลุง โดยระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ การเก็บเกี่ยวข้าวสังข์หยดพัทลุงที่ 44 วันหลังออกดอก ส่วนการเก็บรักษาข้าวเปลือกเพื่อผลิตข้าวงอกนั้นพบว่า ปริมาณโปรตีนจะมีค่าลดต่ำลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นและ วิตามินบีหนึ่งในเมล็ดข้าวกล้องงอก ส่วนปริมาณสาร GABA และไนอะซินมีค่าสูงที่สุดเพียงเดือนแรกของการเก็บรักษาเท่านั้น หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ผลการทดลองครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการผลิตข้าวกล้องงอกจากข้าวสังข์หยด เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกที่มีคุณค่าทางอาหารสูงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2545. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. บริษัทจิรวัฒน์เอ็กเพรสจำกัด, กรุงเทพฯ. 115 หน้า.

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

จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล. 2549. มหัศจรรย์ความเป็นข้าว. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์. แหล่งที่มา: http://pcog.pharmacy.psu.ac.th/thi/Article/2549/06-2549/rice.doc., 15 มกราคม 2553.

นวลศรี รักอริยะธรรม และอัญชนา เจนวิถีสุข. 2546. แอนติออกซิแดนท์สารต้านมะเร็งในผักสมุนไพรไทย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 281 หน้า

บริบูรณ์ สมฤทธิ์. 542. ข้าวแดงและมาตรการการปลูก. ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 30 หน้า.

ปรีชา เมียนเพชร. 2548. ข้าวสังข์หยด ข้าวสุขภาพ. เอกสารเผยแพร่ในการสัมมนาทางวิชาการเรื่อง ธุรกิจข้าวไทย อนาคตของคนรุ่นใหม่ วันที่ 2-3 กุมภาพันธ์ 2548. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เปรมฤดี ดำยศ สมพร ดำยศ กาญจนา ชูแสง และพรเพ็ญ ชาติกุล. 2551. ศึกษาการผลิตข้าวกล้องงอกสังข์หยด. ใน การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงาน งานทักษิณวิชาการ-งานเกษตรแฟร์ครั้งที่ 4 " ข้าวไทยคือชีวิต พลิกฟื้นเศรษฐกิจไทย" วันที่ 16-20 สิงหาคม 2551. คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง.

พีชยา จิระธรรมกิจกุล. 2541. ผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 140 หน้า.

พัชรี ตั้งตระกูล. 2550. GABA ในคัพภะข้าวและข้าวกล้องงอก. วารสารอาหาร 37 (4): 291-296.

มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2547. ข้าวขวัญของแผ่นดิน. อมรินทร์, กรุงเทพฯ. 136 หน้า.

เมธาวี อนะวัชกุล. 2551. การศึกษาปริมาณแกมมา-อะมิโนบิวทิริก แอซิด ในข้าวกล้องมันปูงอกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 85 หน้า.

วันพรรษา ชุติปัญญา. 2549. การศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด โทโคเฟอรอล และแกมม่า-ออไรซานอลของข้าวกล้องงอกสมุนไพร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 105 หน้า

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2551. การผลิตสารประกอบชีวภาพจากข้าวกล้องงอก. รายงานฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 91 หน้า

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2553. การศึกษากระบวนการผลิตข้าวกาบาจากข้าวเปลือกพันธุ์สังข์หยด. ใน เอกสารการถ่ายทอดเทคโนโลยี วันที่ 17 มีนาคม 2553 ณ ศูนย์เกษตรกรรมธรรมชาติบางแก้ว, พัทลุง. 18 หน้า.

ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. 2547. พันธุ์ข้าวสังข์หยด KGTC82239-2. ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง, พัทลุง.

สำเริง แซ่ตัน. 2548. ข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง. เอกสารเสนอในการสัมมนาโครงการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการงานวิจัยและพัฒนาของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8. วันที่ 29-30 มีนาคม 2548 ณ โรงแรมบีพีแกรนด์ ทาวเวอร์, สงขลา.

สุดารัตน์ เจียมยั่งยืน. 2550. ผลของการงอกต่อสมบัติและการเปลี่ยนแปลงทางคุณค่าอาหารบางประการของข้าวกล้องหอมมะลิไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก. 77 หน้า.

สุภาณี จงดี. 2551. การเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการข้าว (ข้าวกล้องงอก). ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์ข้าวและผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์วันที่ 2-6 มิถุนายน 2551 ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี. สำนักพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ วินัยกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 366 หน้า.

AOAC (Association of Official Analytical I Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical I Chemists, Arlington. VA. 1298 p.

Aoto, H., T. Sugino, H. Shinmura, A. Mizukuchi, M. Kise, S. Teramoto, S. Someya, K. Tsuchiya

and K. Ishiwata. 2002. Germinated brown rice. Pub.No.: US 2002/0031596 A1

Begley, P.T. 1996. The Biosynthesis and degradation of thiamin (vitaminB1). Natural Product Reports, pp. 177-185.

Bown,A.,W, and B.J. Shelp. 1997. The metabolism and functions of gamma-aminobutyric acid. Plant physiol. 115 (1):1-5.

Jia, Z., M. Tang. and J. Wu. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and theirscarvenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 64: 555-559.

Juliano, B.O.,1972. An international survey of method used for evaluation of the cooking and Eating qualities of milled rice. IRRI Research Paper,Series No. 77 pp. 1-28.

Juliano, C., M. Cossu, M.C. Alamanni and L. Piu. 2005. antioxidant activity of gamma-oryzanol : Mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oils. Int. J. Pharm. 299: 146-154.

Kayahara, H., K. Tsukahara, and T. Tatai. 2000. Flavor, health and nutritional quality of pre-germinated brown rice. In 10th international flavor conference (pp. 546–551). Paros, Greece.

Kim, S.Y., H.J. Park and S.J. Byun. 2004. Method for preparing germinated brown rice having Improved texture and cook ability without microbial contamination and Germinated brown rice obtained therefrom, Pub.No.: US 2004/0105921 Al.

Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, T. Suzuki, N. Shimizu, and T. Kimura. 2005. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. J. Food Eng. 78: 556-560.

Lea, P. J., S. A. Robinson, and G.R Steward. 1990. pp. 121-159. *In* B.J. Miflin and P.J. Lea (Eds.). The Biochemistry of Plants. Academic Pres, London.

Loreti, E., J., A. Yamaguchi, A. Alpi and P. Perata. 2003. Gibberellins are not required for rice germination under anoxia. Plant Soil 253: 137–143.

Shoichi, I. 2004. Marketing of value-add rice products in Japan: germinated brown rice and rice Bread. FAO rice conference, Italy.

Tian, S., K. Nakamura, and H. Kayahara. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice and germinated brown rice. J. Agric. Food Chem. 52 (10): 4808-4813.

Yamada, K. and T. Kawasaki. 1980. Properties of the thiamine transport system in *Escherichia coli*. J. Bacteriol. 141: 254-261.

Zhang,L., P. Hu, S.Tang, H. Zhao and D. Wu. 2005. Comparative studies on major nutritional components of rice with against embryo and normal embryo. J. Food Biochem. 29: 653-661.