Agricultural Sci. J. 44 : 3 (Suppl.) : 534-537 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 3 (พิเศษ) : 534-537 (2556)

โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลาย ที่ได้จากการชักนำด้วยเทคนิคลำไอออนพลังงานต่ำ

Structure and Chemical Composition of Thai Jasmine Rice (*Oryza sativa* L.cv. KDML105) Mutants Obtained from Low-energy Ion Bombardment

ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี[1] ศุภัคชญา ฟุ้งไมตรี[1] วีรวัฒน์ ระวีวรรณ[1] ปนัดดา ทองอุทิศ[1] และ บุญรักษ์ พันธ์ไชยศรี[2]

Chaveewon Phanchaisri[1], Supakchaya Fungmaitree[1], Weerawat Raveewan[1], Panadda Tongautis[1] and Boonrak Phanchaisri [2]

Abstract

In the study on structure and chemical composition of 6 KDML 105 mutants obtained from low-energy ion bombardment in KDML 105. It was found that rough seeds of HyKOS16 have awns. Color change as purple color was found in hull and in brown rice of HyKOS21. SEM revealed thicker in aleurone layer of HyKOS3-1 and thicker in pericarb of HyKOS22 than that of others. Under SEM, starch granules of all mutants were polygonal in shape with 5 μm in size as found in flour. Moisture content in mutants' brown rice was 12.48-13.60% and the content in milled rice was 12.78-14.21% which was slightly higher than that of the standard value of KDML 105 (14%). Lipid content of milled rice was 0.28-0.78%. Lipid content of brown rice was 1.64-2.56% which was 3-5 times higher than that of the milled rice and it was found that HyKOS21 showed the highest lipid value of 2.56%. In the study on 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) content, the highest 2-AP contents of 13.77 ppm in milled rice and 11.18 ppm in brown rice were found in KDML105 seeds. The 2-AP contents of milled rice of HyKOS3 and HyKOS16 were 6.88 ppm and 6.93 ppm, respectively. And the 2-AP contents of 6.31 ppm and 5.75 ppm were found in brown rice in the two rice mutants. However, 2-AP content could not be detected in HyKOS21 and HyKOS22. Based on amylose content, low amylose rice (10-19%) were HyKOS3, HyKOS7-1, HyKOS16, HyKOS21 and KDML 105. Medium amylose rice (20-25%) were HyKOS3-1 and HyKOS22.

Keywords: KDML 105 mutants, structure and chemical composition, low-energy ion bombardment

บทคัดย่อ

จากการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลาย 6 สายพันธุ์ ที่ได้จากการเหนี่ยวนำด้วยลำไอออนพลังงานต่ำ พบว่าข้าวเปลือกของข้าว HyKOS16 มีหางข้าว ข้าวเปลือกและข้าวกล้องข้าว HyKOS21 มีสีม่วง เมื่อนำข้าวกล้องไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดพบว่าข้าว HyKOS3-1 มีชั้นแอรูโรนหนาที่สุด ข้าว HyKOS22 มีเยื่อหุ้มผลหนาที่สุด เม็ดสตาร์ชในเมล็ดข้าวพันธุ์กลายทุกสายพันธุ์เป็นรูปหลายเหลี่ยมขนาดเฉลี่ย 5 ไมครอน สอดคล้องกับลักษณะและขนาดของเม็ดสตาร์ชในแป้งข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ปริมาณความชื้นของข้าวกล้องมีค่า 12.48-13.60% ความชื้นของข้าวสารมีค่า 12.78-14.21% ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานของข้าวหอมมะลิไทย (14%) ปริมาณไขมันของข้าวกล้องและข้าวสารมีค่า 1.64-2.56% และ 0.28-0.78% ตามลำดับ ซึ่งข้าวกล้องมีปริมาณไขมันมากกว่าข้าวสารประมาณ 3-5 เท่า โดยข้าวกล้องข้าว HyKOS21 มีปริมาณไขมันสูงที่สุดที่ 2.56% ปริมาณ 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) ของข้าวสารและข้าวกล้องของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 13.77 และ 11.18 ppm ตามลำดับ รองลงมาคือข้าว HyKOS3 และ HyKOS16 ซึ่งมีปริมาณ 2-AP ในข้าวสารเท่ากับ 6.88 และ 6.93 ppm ตามลำดับ และในข้าวกล้องมีค่าเท่ากับ 6.31 และ 5.75 ppm ตามลำดับและตรวจไม่พบ 2-AP ในข้าว HyKOS21 และ HyKOS22 ปริมาณอมิโลสแบ่งข้าวออกเป็น 2 กลุ่มคือข้าวอมิโลสต่ำ(10-19%) ได้แก่ข้าว HyKOS3 HyKOS7-1 HyKOS16 HyKOS21 และข้าวขาวดอกมะลิ 105 กลุ่มที่มีอมิโลสปานกลาง (20-25%) ได้แก่ข้าว HyKOS3-1 และ HyKOS22

คำสำคัญ: ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลาย, โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมี, ลำไอออนพลังงานต่ำ

---

[1] คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

[1] Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Nongharn, Sansai, Chiang Mai 50290

[2]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

[2] Science and Technology Research institute, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, 50200

คำนำ

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่สร้างชื่อเสียงให้ข้าวไทยเป็นที่รู้จักทั่วโลก มีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย สีขาวเหมือนดอกมะลิ เมล็ดข้าวคงรูป คุณภาพหลังการหุงต้มดีเด่น แต่ข้าวพันธุ์ดังกล่าวเป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสงทำให้เพาะปลูกได้ปีละ 1 ครั้ง มีลักษณะต้นสูง ลำต้นเล็กอ่อนแอ ทำให้หักล้มง่ายไม่เหมาะกับการเพาะปลูกแบบข้าวนาหว่านและไม่สามารถเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องจักรกล นอกจากนั้นยังเป็นข้าวที่ให้ผลผลิตต่ำ ทีมวิจัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่(บุญรักษ์และคณะ, 2553) ได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิคลำไอออนพลังงานต่ำได้ข้าวพันธุ์กลายที่ให้ผลผลิตสูง ไม่ไวต่อช่วงแสงและเป็นข้าวลำต้นสั้น ต้นเตี้ยปานกลางจำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ HyKOS3 HyKOS3-1 HyKOS7-1 HyKOS16 HyKOS21 และ HyKOS22 ซึ่งข้าวทั้ง 6 สายพันธุ์จำเป็นต้องทำการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีที่จะส่งผลต่อคุณภาพข้าว เช่น คุณภาพในการบริโภค คุณภาพการหุงต้มและการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ตัวอย่างข้าวพันธุ์กลาย 6 สายพันธุ์ ได้แก่ HyKOS3 HyKOS3-1 HyKOS7-1 HyKOS16 HyKOS21 HyKOS22 และข้าวชุดควบคุม (ข้าวขาวดอกมะลิ 105) ที่ปลูกในฤดูกาลแบบนาดำเกษตรอินทรีย์ที่อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

2. วิเคราะห์โครงสร้างเมล็ดข้าวกล้องและแป้งข้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รุ่น JEOL-5410LV โดยใช้ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์

3. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ปริมาณความชื้นและอมิโลสตามวิธีมกอช. 4000-2546 ปริมาณไขมันตามวิธี AOAC (2005) ด้วยเครื่อง Soxtec และปริมาณ 2-AP ด้วยวิธี Static HS-GC (SHS-GC)

4. วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผล

1. ผลการศึกษาโครงสร้างเมล็ดข้าวและแป้งข้าวด้วย SEM

ข้าวเปลือก HyKOS16 มีหางข้าว ข้าวเปลือกและข้าวกล้อง HyKOS21 มีสีม่วง เมื่อนำเมล็ดข้าวกล้องภาคตัดขวางไปส่องดูด้วย SEM พบว่าข้าว HyKOS22 มีเยื่อหุ้มผลหนาที่สุด (7-8 ไมครอน) ข้าว HyKOS3-1 มีชั้นแอรูโรนหนาที่สุดโดยมีความหนามากกว่า 30 ไมครอน ภายในชั้นแอรูโรนมี Aleurone grain ซึ่งมีลักษณะกลมขนาด 2-5 ไมครอน (Figure 1) Figure 2 แสดงลักษณะเม็ดสตาร์ชในเมล็ดข้าวกล้องที่มีลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยมขนาด 2-7 ไมครอนอัดเรียงตัวกันโดยมีเม็ดโปรตีนจำนวนเล็กน้อยฝังรวมอยู่ด้วย (Watson and Dikeman, 1977) โดยเม็ดสตาร์ชส่วนใหญ่มีรูปห้าเหลี่ยมขนาดเฉลี่ย 5 ไมครอน สอดคล้องกับลักษณะและขนาดของเม็ดสตาร์ชในแป้งข้าว

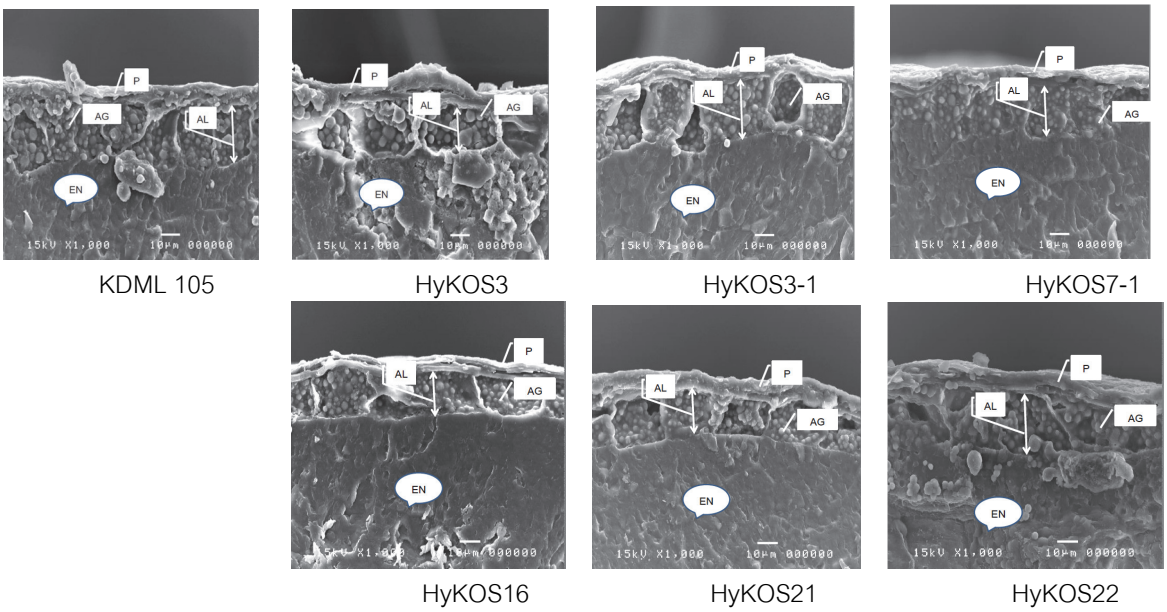
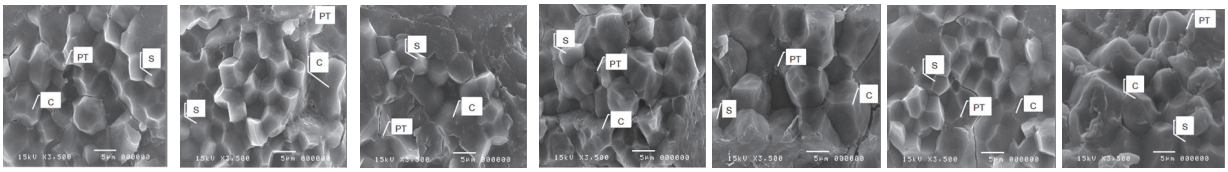


Figure 1 SEM micrograph of outer layer of 6 Thai jasmine rice mutants and KDML 105 (scale bar = 10 μm) ; P = Pericarb, EN = Endosperm, AL = Aleurone layer, AG = Aleurone grain



KDML 105 HyKOS3 HyKOS3-1 HyKOS7-1 HyKOS16 HyKOS21 HyKOS22

Figure 2 Ultrastructural of rice endosperms of 6 Thai jasmine rice mutants and KDML 105 (scale bar = 5 μm) : S = Starch granule, C = Compound starch granule, PT = Protein

2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ความชื้นของข้าวทุกสายพันธุ์ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย(มกอช.4000-2546) ยกเว้นข้าวสารชุดควบคุม (ขาวดอกมะลิ 105) ปริมาณไขมันของข้าวสารทุกสายพันธุ์น้อยกว่า 1% (0.28-0.78%) โดยข้าวสาร HyKOS7-1 มีปริมาณไขมันสูงสุด ปริมาณไขมันของข้าวกล้องมีค่า 1.64-2.56% โดยข้าว HyKOS21 มีค่ามากที่สุด ($p \leq 0.05$) ซึ่งข้าวกล้องทุกสายพันธุ์มีไขมันมากกว่าข้าวสาร 3-5 เท่า (Juliano, 1993) จากการวิเคราะห์อมิโลสสามารถแบ่งข้าวออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอมิโลสต่ำ (10-19%) ได้แก่ข้าว HyKOS3 HyKOS7-1 HyKOS16 HyKOS21 และข้าวขาวดอกมะลิ 105 กลุ่มที่มีอมิโลสปานกลาง (20-25%) ได้แก่ข้าว HyKOS3-1 และ HyKOS22

ปริมาณ 2-AP ของข้าวสารทุกสายพันธุ์มีค่าสูงกว่าข้าวกล้อง ซึ่งข้าวสารและข้าวกล้องของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณ 2-AP สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 13.77 และ 11.18 ppm ตามลำดับ รองลงมาคือข้าว HyKOS3 และ HyKOS16 ซึ่งมีปริมาณ 2-AP ในข้าวสารเท่ากับ 6.88 และ 6.93 ppm ตามลำดับและในข้าวกล้องมีค่าเท่ากับ 6.31 และ 5.75 ppm ตามลำดับ แต่ตรวจไม่พบ 2-AP ในข้าว HyKOS21 และ HyKOS22 (Table 1, Table 2 และ Figure 3)

Table 1 Chemical composition of milled rice of Thai Jasmine rice (*Oryza sativa* L.cv. KDML105) and 6 KDML 105 mutants obtained from Low-energy ion bombardment.

Milled rice	Moisture,% (mean ± SD)	Lipid*, % (mean ± SD)	Amylose*, % (mean ± SD)	2-AP*, ppm (mean ± SD)
KDML 105	14.21^{a} ± 0.23	0.30^{b} ± 0.12	12.87^{c} ± 0.95	13.77^{a} ± 2.46
HyKOS3	13.62^{bc} ± 0.55	0.28^{b} ± 0.06	12.99^{c} ± 0.83	6.88^{b} ± 1.04
HyKOS3-1	13.81^{ab} ± 0.57	0.43^{b} ± 0.13	19.19^{b} ± 2.44	1.54^{d} ± 0.47
HyKOS7-1	13.43^{bc} ± 0.49	0.78^{a} ± 0.20	13.51^{c} ± 0.61	3.48^{c} ± 0.32
HyKOS16	13.12^{cd} ± 0.44	0.70^{a} ± 0.16	12.85^{c} ± 0.57	6.93^{b} ± 0.31
HyKOS21	12.78^{d} ± 0.18	0.63^{a} ± 0.25	12.95^{c} ± 0.62	not detected
HyKOS22	13.92^{ab} ± 0.79	0.40^{b} ± 0.17	20.99^{a} ± 0.26	not detected

Table 2 Chemical composition of brown rice of Thai Jasmine rice (*Oryza sativa* L.cv. KDML105) and 6 KDML 105 mutants obtained from Low-energy ion bombardment.

Brown rice	Moisture,% (mean ± SD)	Lipid*, % (mean ± SD)	Amylose*, % (mean ± SD)	2-AP*, ppm (mean ± SD)
KDML 105	13.60^{a} ± 0.55	2.19^{b} ± 0.22	16.07^{b} ± 1.28	11.18^{a} ± 0.90
HyKOS3	12.71^{bc} ± 0.21	1.74^{cd} ± 0.24	10.20^{e} ± 0.73	6.31^{b} ± 0.43
HyKOS3-1	12.92^{b} ± 0.28	1.84^{cd} ± 0.24	18.85^{a} ± 0.40	1.09^{e} ± 0.20
HyKOS7-1	12.50^{c} ± 0.47	1.64^{d} ± 0.22	11.77^{d} ± 0.63	2.82^{d} ± 0.20
HyKOS16	12.48^{c} ± 0.25	1.97^{bc} ± 0.39	11.63^{d} ± 0.58	5.75^{c} ± 0.60
HyKOS21	12.67^{bc} ± 0.42	2.56^{a} ± 0.24	12.95^{c} ± 0.46	not detected
HyKOS22	13.27^{a} ± 0.23	1.77^{cd} ± 0.16	18.50^{a} ± 0.80	not detected

* Lipid, Amylose and 2-AP content at 14% moisture content

Mean with different letters (a, b…) within the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$)

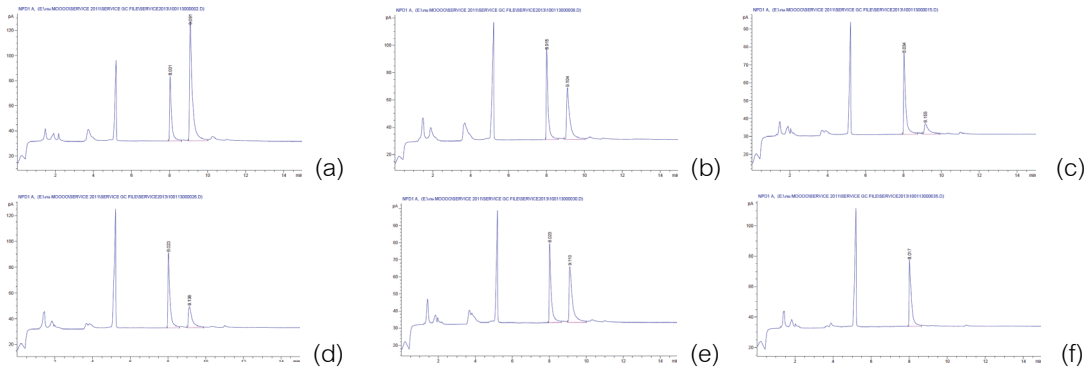


Figure 3 Gas chromatograms of milled rice (a) KDML 105 (b) HyKOS3 (c) HyKOS3-1 (d) HyKOS7-1 (e) HyKOS16 and (f) HyKOS21. Peak at RT 8.015-8.034 min is 2,6-DMP and RT 9.091-9.155 min is 2-AP.

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทั้ง 6 สายพันธุ์ที่ได้จากการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยลำไอออนพลังงานต่ำมีปริมาณสารหอม (2-AP) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์เดิม อย่างไรก็ตามปริมาณความเข้มข้นของสารชนิดนี้เพียง 0.1 ppb มนุษย์ก็สามารถระบุถึงกลิ่นนี้ได้ (Buttery *et al*., 1988) ซึ่งข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ที่ตรวจพบ 2-AP มี 2 สายพันธุ์ (HyKOS3และ HyKOS16) ซึ่งมีปริมาณ 2-AP มากกว่า 5 ppm สาร 2-AP เป็นสารไวต่อแสงและอุณหภูมิ ทำให้ข้าวใหม่ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณ 2-AP มากกว่าข้าวเก่าเกือบเท่าตัว Laksanalamai and Ilanganilike (1993) รายงานว่าเมื่อเก็บข้าวสารไว้ที่อุณหภูมิห้องกลิ่นจะลดลงร้อยละ 50 ข้าว HyKOS3และ HyKOS16 นอกจากจะมีปริมาณ 2-AP สูงยังมีปริมาณอมิโลสใกล้เคียงกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งปริมาณอมิโลสของข้าวใช้เป็นข้อมูลเพื่อบอกถึงลักษณะของแป้งข้าวที่นำไปใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ปริมาณอมิโลสยังมีผลต่อค่าต่างๆ ได้แก่ การเกิดเจล การละลาย คุณสมบัติในการเกิดเพส เนื้อสัมผัส การเกิดสตาร์ชทนย่อย (resistant starch) ปริมาตรขนมปัง การคืนตัวกลับของแป้งและการขยายตัวเมื่อนำไปแปรรูปโดยการอัดพอง (extrusion) รวมทั้งมีผลต่อคุณภาพการหุงต้มตลอดจนการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค (อรอนงค์, 2547) ข้าว HyKOS21 ถึงแม้ว่าจะตรวจไม่พบ 2-AP แต่เป็นข้าวที่มีสีม่วงซึ่งเป็นสีของแอนโทไซยานิน ซึ่งมีสมบัติเป็นเภสัช-โภชภัณฑ์ (nutraceutical) เนื่องจากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหรือต้านออกซิเดชัน (antioxidant) จึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิจัยการเกษตร(สวก.) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษ์ พันธ์ไชยศรี, สมบูรณ์ อนันตลาโภชัย และ เหลียงเติ้ง ยู. 2553. การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวให้ผลผลิตสูงจากข้าวหอมมะลิ 105 ด้วยลำไอออนพลังงานต่ำ รายงานฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 185 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 หน้า.

Buttery, R.G., J. Turnbaugh and L. Ling. 1988. Contributions of volatiles to rice aroma. J. Agric. Food Chern. 36: 1006-1009.

Juliano, B.O. 1993. Rice in human nutrition. The International Rice Research Institute, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 26:162 pp.

Laksanalamai, V. and S. Ilangantileke. 1993. Comparison of Aroma Compound (2-Acetyl-1-Pyrroline) in Leaves from Pandan (*Pandanus amaryllifolius*) and Thai Fragrant Rice (Khao Dawk Mali-105). Cereal Chem. 70:381-384

Watson, C.A. and E. Dikeman. 1977. Structure of the rice grain shown by scanning electron microscopy. Cereal Chem. 54(1): 120-130.