บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. บริษัทจิรวัฒน์เอ็กเพรส จำกัด. 115 น.

กรมวิชาการเกษตร. http://www.doa.go.th/germplasm/rice7.htm สืบค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2550.

งามชื่น คงเสรี. 2542. การปรับปรุงพันธุ์ข้าว. ศูนย์วิจัยข้าว สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร, เพลงพิณ ศิวพรรัก และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิสายพันธุ์ 105 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. (27), 285-297.

จีระศักดิ์ คำสุรีย์. 2549. ปริมาณและมูลค่าส่งออกข้าวของไทยปี 2547-2549. วารสารสถาบันอาหาร, 8(50), 27.

นิจศิริ เรืองรังษี และพะยอม ตันติวิวัฒน์. 2534. พืชสมุนไพร. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

น้องนุช เจริญกูล, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และดุษฎี อุตภาพ. 2545. การผลิตเจลปรับอากาศโดยใช้สารหอมที่สกัดได้จากใบเตยหอม. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. (25), 185-201.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2547. เอนไซม์ทางอาหาร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 117 น.

พักตร์ประไพ ประจำเมือง และวิชัย ลีลาวัชระมาศ. 2546. เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยแป้ง. วารสารศูนย์บริการวิชาการ.11(4): 28-31.

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวนครสวรรค์. 2549. http://seedcenter15.doae.go.th/LibraRiceSeeds/ricevar/RiceVarity/RiceVar-06-28.html สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2551

ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท. 2550. http://www.chainat.go.th/sub1/doa/#ข้าวพันธุ์ชัยนาท%201 สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2551.

สุนทรีย์ เกตุคง. 2549. ข้าว วิถี...วัฒนธรรม...การค้า. วารสารสถาบันอาหาร, 8(50), 33.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าวนาฝน 1. ขาวดอกมะลิ 105. (Khao Dawk Mali 105). http://www.ricethailand.org/tech/KDM105.htm สืบค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2550.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. AOAC International. Washington, D.C., Association of Official of Analytical Chemists.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the AOAC International. (16th ed). Washington DC: ssociation of Official Analytical Chemists.

Bhattacharjee, P., Kshirsagar, A., and Singhal, R.S. 2005. Supercritical carbon dioxide extraction of 2-acetyl-1- pyrroline from *Pandanus amaryllifolius* Roxb. *Food Chemistry*, 91, 255-259.

Busque, F., de March, P., Figueredo, M., Font, J., and Sanfeliu, E. 2002. Total synthesis of four Pandanus alkaloids: Pandamarilactonine-A and -B and their chemical precursors norpandamarilactonine-A and -B. *Tetrahedon Letters*, 43, 5583-5586.

Choudhury, N.H. and Juliano, B.O. 1980. Effect of amylase content on the lipids of Mature Rice Grain. Phytochemistry, 19, 1385-1389.

Dipti, S. S., Hossain, S. T., Bari, M. N., and Kabir, K. A. 2002. Physicochemical and cooking properties of some fine rice varieties. *Journal of Nutrition*, 4, 188-190.

Gujral, H. S., and Kumar, V. 2003. Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice. *Journal of Food Engineering*, 59, 117-121.

Jiang, J. 1999. Volatile composition of pandan leave (p*andanus amaryllifolius*). *Flavor Chemistry of Ethnic Food*, 105-109.

Juliano, B.O. 1993. Grain structure, composition and consumer criteria for quality. In rice in Human Nutrition. Juliano, B.O.(ed.), FAO Food and Nutrition Series, 26, 478 p.

Kaur, K., and Singh, N. 2000. Amylose-lipid complex formation during cooking of rice flour. *Food Chemistry*, 71, 511-517.

Laksanalamai, V., and Ilangantilek, S. 1993. Comparison of aroma compound (2-acetyl-1-pyrroline) in leaves from Pandan (p*andanus amaryllifolius*) and Thai fragrant rice (Khao Dawk Mali 105). *Cereal Chem*, 70, 381-384.

Laohakunjit, N., and Kerdchoechuen, O. 2007. Aroma enrichment and the change during storage of non-aromatic milled rice coated with extracted natural flavor. *Food Chemistry*, 101, 339- 344.

Leach, H. W. 1965. Gelatinization of starch, in starch : Chemistry and Technology, Whister, R.L.,Parchall, J. N. B. and Loberts, H. J 9ed.), New York, Academic Press, 579 p.

Lee, M. H., Hettiarachchy, N. S., McNew, R. W., and Gnanasambandam, R. 1995. Physicochemical properties of calcium-fortified rice. American Association of Cereal Chemistry, Inc. 352-355.

Leelayuthsoontorn, P., and Thipayarat, A. 2006. Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions. *Food Chemistry*, 96, 606-613.

Morrision, W. R., Milligan, T. P. and Azudin, M. N. 1984. A relationship between the amylase and lipid contents of starch from diloid cereals. J. Ceral Sci., 2, 257 .

Naiker, M. 2001. β-Damascenone-yielding precursor(s) from Cabernet Sauvignon grapes. *Journal of Natural Science*, 19, 11-17.

Oates, C. G. 1997. Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis. Trends in Food Science and Technology, 8, 375-382.

Ong, M. H. and Blanshard, J. M. V. 1995. Texture determinants in cooked, parboiled rice. I : Rice starch amylase and the fine structure of amylopectin. J. of Cereal Sci, 21, 251-260.

Paule, C. M., and Power, J. J. 1989. Sensory and chemical extraction of aromatic and nonaromatic rices. *Journal of Food Science*, 54(2), 343-345.

Qingyun, L., Yeming, C., Mikami, T., Kawano, M., and Zaigui, L. 2006. Adaptability of four-sample sensory tests prediction of visual and near-infared reflectance spectroscopy for Chinese indica rice. *Journal of Engineering*, 79(4), 1445-1451.

Rehman, Z. U. 2006. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed cereals. *Food Chemistry*, 95, 53-57.

Singh, N., Kaur, L., Sodhi, S. N., and Sekhon, S. K. 2005. Physicochemical, cooking and texture properties of milled rice from different Indian rice cultivars. *Food Chemistry*, 89, 253-259.

Skouroumounis, K. G., and Mark, A. S. 2000. Acid-catalyzed hydrolysis of alcohola and their β-D-glucopyranosides. *Food Chemistry*, 48, 2033-2039.

Takayama, H., Ichikawa, T., Kitajima, M., Nonato, M. G., and Aimi, N. 2001. Isolation and characterization of two new alkaloids norpandamarilactonine-A and -B, from *Pandanus amaryllifolius* by spectroscopic and synthetic methods. *Journal of Natural Product*, 64, 1224-1225.

Thomas, D. J. and Alwell, W.A. 1999. Starch structure, in starches. Eagan Press, Minnesota, USA., 1-11.

Wongpornchai, S., Dumri, K., Jongkaewwattana, S., and Siri, B. 2004. Effect of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza satva* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. *Food Chemistry*, 87, 407-414.

Yau, N. J. N., and Huang, J. J. 1996. Sensory analysis of cooked rice. *Food Quality and Preference*, 7, 263-370.

Zhou, P. G., Cox, J. A., Roberts, D. D., and Acree, T. E. 1993. β-Damascenone precursors in apples. Progress in Flavor Precursor Studies: Analysis-Generation- Biotechnology. Publishing Corporation Carol Stream, Illinois. 261-273.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตัวชี้วัดเพื่อการประเมินผลสำเร็จของโครงการ

สัญญาเลขที่ R2553B027

โครงการ : การปรับปรุงเนื้อสัมผัสหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

ตัวชี้วัดเพื่อการประเมินผลสำเร็จของโครงการ

ระดับผลงาน	ประเภทของผลงาน	จำนวน	จำนวนที่ทำได้จริง
A	1. จดอนุสิทธิบัตร สิทธิบัตร หรือ จดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาอื่นๆ	0 ผลงาน	0 ผลงาน
	2. ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติที่มีค่า Impact Factor	0 ผลงาน	0 ผลงาน
B	3. ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (ไม่มีค่า Impact Factor)	0 เรื่อง	0 เรื่อง
	4. ตีพิมพ์ในวารสารระดับประเทศ	1 เรื่อง	**1 เรื่อง**
	5. นำเสนอในการประชุมวิชาการ ที่มีการตีพิมพ์บทความบน Proceedings	1 เรื่อง	**1 เรื่อง**
	6. ถ่ายทอดผลงานวิจัย / เทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย	ไม่น้อยกว่า 20 คน	**32 คน**
	7. ได้สิ่งประดิษฐ์ อุปกรณ์ เครื่องมือ หรืออื่นๆ เช่น ฐานข้อมูล Software ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป	จำนวน 0 ชิ้น	จำนวน 0 ชิ้น
C	8. นำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการ ที่มีการตีพิมพ์เฉพาะ Abstract	0 เรื่อง	0 เรื่อง

ข้าพเจ้ายินดีให้ผู้ให้ทุนประเมินผลการดำเนินโครงการตามตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ข้างต้นนี้

ลงนาม .....

(ผศ. ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์)

(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

Physical and Chemical Properties Before and After Cooking of Five Rice Varieties Grown in Northern of Thailand

Phattharaphon Khomphon, Sasivimon Chittrakorn, Paweena Noitup and Riantong Singanusong
Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand 65000
E-mail: kphattarapon@yahoo.com

Abstract

Different rice (*Oryza sativa* L.) varieties have performed differently. This research was aimed to study the physical and chemical properties before and after cooking of five rice varieties; Khao Dawk Mali105 (KDML105), Chai Nat1 (CN1), Phitsanulok2 (PL2), Pathumthani1 (PTT1) and RD6 in order to obtain the basic data for its effective utilizations. Among the varieties, grain length and breadth ranged from 6.93-7.52 mm and 2.06-2.24 mm, respectively. The highest length-breadth ratio was found in PL2 while the lowest was found in RD6. Moisture content of varieties ranged from 10.90-12.62% where KDML105 and RD6 had significantly higher ($P \leq 0.05$) moisture content than other varieties. Amylose content ranged from 7.00 - 33.40%. PL2 had the highest ($P \leq 0.05$) amylose content whereas RD6 had the lowest ($P \leq 0.05$). The alkali spreading values ranged from 4.45-6.64 and protein content from 7.20-8.32% where RD6 had the highest ($P \leq 0.05$) protein content while KDML105 had the lowest ($P \leq 0.05$). Cooked rice had significantly lower ($P \leq 0.05$) protein content than uncooked rice. On the other hand, the cooked rice had significantly higher ($P \leq 0.05$) lightness than the uncooked rice. CN1 and PL2 had significantly longer ($P \leq 0.05$) cooking time than that of other varieties. PL2 had significantly higher ($P \leq 0.05$) volume expansion while KDML105 had significantly lower ($P \leq 0.05$). Percentage of grain elongation of five rice varieties were not significantly different ($p > 0.05$). PT1 and CN1 had significantly higher ($P \leq 0.05$) width expansion than that of PL2, RD6, and KDM105. PL2 had significantly higher ($P \leq 0.05$) water uptake while RD6 had significantly lower ($P \leq 0.05$) than that of other varieties. CN1 and PL2 had significantly higher ($P \leq 0.05$) texture properties than other varieties. Physical and chemical properties of five rice varieties were significant difference ($P \leq 0.05$).

Keywords: rice (*Oryza sativa* L.), cooking, physical properties, chemical properties, rice varieties

1. Introduction

Rice is one of the most important and economical crop of Thailand. There are many varieties of rice in Thailand. Different rice varieties have different chemical components and physicochemical properties and these specific properties of each variety make its suitable for particular utilization. Therefore, this research was aimed to study the physical, chemical and physicochemical properties of Khao Dawk Mali105, Chai Nat1, Phitsanulok, Pathumthani1 and RD6 before and after cooking in order to gather basic information for application in quality improvement or be more effectively utilization.

2. Materials and Methods

2.1 Materials

Khao Dawk Mali105 (KDML105) and RD6 paddies were obtained from Seed Extension Center 7, Chiangmai whereas Chainat1 (CN1) paddy was obtained from rice paddy shop, Phitsanulok. Phitsanulok2 (PL2) and Pratumtani1 (PT1) paddies were kindly supported by Phitsanulok Rice Research Center. All paddies were milled separately before further analysis.

2.2 Methods

2.2.1 Physicochemical properties

2.2.1.1 *The length–breadth ratio (L/B)*

The length–breadth ratio was determined according to a modified method of Dipti, *et al.* [1] by dividing cumulative length of 100 kernels by the cumulative breadth of 100 kernels. The average of triplicate was reported.

2.2.1.2 *Volume expansion*

The volume expansion was determined according to the procedures of Gujral and Kumar [2]. The volume expansion after cooking was determined using the following formula:

$$\text{Volume expansion (\%)} = \frac{V_C - V_{UC}}{V_{UC}} \times 100$$

Where V_C and V_{UC} are volume of cooked rice (ml) and uncooked rice (ml) respectively.

2.2.1.3 *Grain elongation, width expansion, cooking time and water up take.*

The length–breadth ratio was determined according to a modified method of Hardeep and

Vishal [3] by dividing cumulative length of 10 kernels by the cumulative breadth of ten kernels. The average of five replication was reported. Whole rice kernels were taken in a test tube containing 20 ml of warm distilled water. The test tube was immersed in a boiling water bath and after 10 min of cooking a rice kernel was taken out after every 30 s and pressed between two microscope glass slides. The appearance of a chalky core indicated uncooked sample. The time (minutes) at which rice showed no chalky core was reported as cooking time. Elongation after cooking was determined using the following formula:

$$\text{Elongation (\%)} = \frac{X_L - Y_L}{Y_L} \times 100$$

Where X_L and Y_L are the cumulative length of 10 cooked and uncooked kernels, respectively. Width expansion after cooking was determined using the following formula:

$$\text{Width expansion (\%)} = \frac{X_W - Y_W}{Y_W} \times 100$$

Where X_W and Y_W are the cumulative width of 10 cooked and uncooked kernels, respectively. The water up take was determined using the following formula:

$$\text{Water uptake (\%)} = \frac{W_C - W_{UC}}{W_{UC}} \times 100$$

Where W_C and W_{UC} is weight of 50 cooked and uncooked kernels, respectively.

2.2.1.4 *Color analysis*

The color of milled and cooked rice was determined using the Hunter color System (Hunter Lab Model DP9000) by recording values in CIE system. L^* (Lightness), a^* (Redness), and b^* (Yellowness) values were measured before and after cooking of rice in triplicate.

2.2.2. Chemical properties

2.2.2.1 *Amylose content*

Amylose content of the powder samples from difference varieties was determined using the modified method of Juliano [4].

2.2.2.2 *Protein content*

Protein content was calculated from nitrogen and was determined using the kjedahl method from AOAC [5].

2.2.2.3 *Moisture content*

Moisture content of grain rice was determined using the method A.O.A.C.1990: Gravimetric method 925.10 AOAC [5].

2.2.2.4 *Alkali spreading value*

Alkali spreading value was determined according to the procedure of Department of Agriculture [6].

2.3 Texture properties

Preparation of rice for texture properties was carried out according to the modified method of Naiwigul [7]. 100 g of milled rice and 170 mL distilled water were placed in an automatic rice cooker (SHARP Model RSH-106) and the rice cooker was switched on. The texture properties of cooked rice were determined according to the modified method of Leelayuthsoontorn and Thipayarat [8], Mohapatra and Bal [9], Singh, *et al.* [10] and Zhou, *et al.* [11]. Cooked rice was subjected to texture profile analysis (TPA), Texture analyzer (Brookfield Model QTS25) with a 25 kg load cell using a two-cycle compression. A stainless steel (SS) cylinder having diameter 40 mm was used to conduct the back extrusion test. Cooked rice sample (15 g) were cooled to 25 °C. A SS cylinder plunger with flat base had diameter of 38 mm. The test was carried out with 25 kg load cell at a test speed of 60 mm/min.

3. Results and discussion

3.1 Physical and chemical properties of five rice varieties before cooking

Five rice varieties: KDML105, RD6, PT1, CN1 and PL2 had length-breadth ratio of 3.56, 3.09, 3.62, 3.61 and 3.65 respectively (Table1). The length-breadth ratio of RD6 was significantly lower ($p \leq 0.05$) than that of other varieties. The lightness (L^* value) of RD6 was significantly higher ($p \leq 0.05$) than that of other varieties where as KDML105 had L^* value lower than that of other varieties significantly ($p \leq 0.05$). The redness (a^* value) of KDML105, PL2 and CN1 were not significantly different ($p > 0.05$) but significantly higher ($p \leq 0.05$) than that of RD6 and PT1. The yellowness (b^* value) of five rice varieties were not significantly different ($p > 0.05$) (Table1).

The chemical composition of five rice varieties showed significant difference ($p \leq 0.05$. The moisture content of KDML105 and RD6 were not significantly different ($p > 0.05$) but significantly higher than that of PT1, CN1 and PL2. The amylose content of five rice varieties showed significant difference ($p \leq 0.05$). PL2 had significantly higher ($p \leq 0.05$) than that of other varieties, following by CN1, KDML105, PT1 and RD6, respectively. Juliano [12] reported that rice that classified as very low amylose content (waxy rice) has amylose content (dry weight) 0-2%, low amylose content has 9-20%, intermediate amylose content has 20-25% and high amylose content has >25%. Therefore, RD6 (7.0%) PT1 (16.0%) and KDML105 (16.8%) were classified into low amylose group while CN1 (30.4%) and PL2 (33.4%) were classified into high amylose group.

Table 1. Physical and chemical properties of five rice varieties before cooking. [a]

Quality	Varieties				
	KDML105	RD6	PT1	CN1	PL2
Physical properties					
Length (mm)	7.40 ± 0.03b	6.93 ± 0.02c	7.36 ± 0.02b	7.52 ± 0.04ab	7.73 ± 0.38a
Breadth (mm)	2.08 ± 0.16bc	2.24 ± 0.01a	2.06 ± 0.05c	2.09 ± 0.00bc	2.12 ± 0.00b
Length/Breadth	3.56 ± 0.02a	3.09 ± 0.01b	3.62 ± 0.03a	3.61 ± 0.03a	3.65 ± 0.17a
Color					
L*	73.14 ± 0.04d	80.73 ± 0.08a	74.05 ± 0.07c	74.17 ± 0.04c	75.41 ± 0.04b
a*	1.53 ± 0.13a	0.34 ± 0.04c	1.26 ± 0.15b	1.52 ± 0.06a	1.57 ± 0.11a
b* [ns]	18.61 ± 0.13	17.50 ± 0.16	16.55 ± 0.07	16.52 ± 0.15	16.77 ± 0.06
Chemical properties					
Moisture (%)	12.62 ± 0.12a	12.60 ± 0.05a	10.90 ± 0.07c	10.90 ± 0.05c	11.62 ± 0.13b
Amylose (%)	16.80 ± 0.10c	7.00 ± 0.10d	16.00 ± 0.10c	30.50 ± 0.11b	33.40 ± 0.10a
Protein (%)	7.20 ± 0.32c	8.32 ± 0.12a	7.85 ± 0.07b	7.47 ± 0.00bc	7.64 ± 0.15bc
Alkali spreading value	6.64 ± 0.14a	6.20 ± 0.18a	6.47 ± 0.32a	4.45 ± 0.20b	6.25 ± 0.50a

[a] Mean values and standard deviation of triplicate. Mean values followed by the same letter in the row are not significantly different (p>0.05)
[ns] = not significantly different (p>0.05)

Table 2. Physical and chemical properties of five rice varieties after cooking. [a]

Quality	Varieties				
	KDML105	RD6	PT1	CN1	PL2
Physical properties					
Cooking time (min)	13.00 ± 0.50b	14.30 ± 0.50b	14.00 ± 0.50b	18.00 ± 0.50a	19.00 ± 0.50a
Volume expansion (%)	330.95 ± 2.56c	404.85 ± 4.34b	381.29 ± 1.80b	406.47 ± 2.45b	440.45 ± 2.3a
Grain elongation (%) [ns]	34.00 ± 3.73	33.71 ± 2.33	36.64 ± 0.42	31.69 ± 1.12	39.44 ± 4.71
Width expansion (%)	38.31 ± 2.70b	22.49 ± 1.56c	48.49 ± 1.32a	47.75 ± 1.19a	34.62 ± 2.47b
Water up takes (%)	196.56 ± 2.52c	179.58 ± 1.22d	206.93 ± 1.53bc	218.28 ± 1.93b	230.71 ± 2.54a
Color					
L*	77.49± 0.23b	76.49 ± 0.47c	77.59± 0.50b	77.47 ± 0.64b	79.60± 0.30a
a* [ns]	-0.54 ± 0.09	-0.71 ± 0.06	-0.88 ± 0.07	-0.47 ± 0.04	-0.55 ± 0.03
b*	9.22 ± 0.30b	12.57 ± 0.27a	9.37 ± 0.23b	8.60 ± 0.41c	8.39± 0.25c
Texture properties					
Hardness (g)	787.00 ± 72.12bc	698.50 ± 33.23c	857.00 ± 53.03b	1628.00± 21.92a	1669.50 ± 7.78a
Gumminess (g)	281.66 ± 60.87b	256.39 ± 1.96b	284.70 ± 4.42b	745.22 ± 11.20a	785.54 ± 39.24a
Adhesiveness (gs)	-72.00± 15.54b	-159.17 ± 10.85c	-81.06 ± 0.50b	-7.80 ± 0.06a	-2.44 ± 3.23a
Cohesiveness	0.36 ± 0.05b	0.37 ± 0.02b	0.33 ± 0.01b	0.46 ± 0.00a	0.47 ± 0.03a
Chewiness (gmm)	1082.82 ± 296.25b	1017.79 ± 77.15b	865.71 ± 41.61b	3357.24 ± 55.73a	3667.19 ± 288.60a
Springiness (mm)	3.82 ± 0.23b	3.97 ± 0.28b	3.04 ± 0.10c	4.51 ± 0.01a	4.67 ± 0.13a
Chemical properties					
Protein (%)	3.03 ± 0.08c	3.08 ± 0.03bc	2.91 ± 0.11c	3.38 ± 0.04a	3.26± 0.07ab

[a] Mean values and standard deviation of triplicate. Mean values followed by the same letter in the row are not significantly different (p>0.05)
[ns] = not significantly different (p>0.05)

RD6 had significantly higher (p≤0.05) protein content (8.32%) than other varieties (Table 1).
The protein content of PT1, CN1 and PL2 were not significantly different (p>0.05). These results were consistent with that of Dipti, *et al.* [1]. They reported that the protein content of Superfast, Basmati 4488, Khazar, Basmati PNR, Badshabhog and BRRI dhan 28 rices were 6.9-8.6%. The alkali spreading value of CN1 (4.45) was significantly lower (p≤0.05) than that of other varieties.

3.2 Physical and chemical properties of five rice varieties after cooking

The cooking time of CN1 (18.00 min) and PL2 (19.00 min) were significantly longer (p≤0.05) than that of other varieties (Table 2). The cooking time of KDM105 (13.00 min), RD6 (14.30 min), PT1 (14.0 min) were not significantly different (P>0.05). The percentage of volume expansion of PL2 was significantly higher (p≤0.05) than that of other varieties, following by CN1, RD6 PT1, and

KDML105, respectively. The percentage of grain elongation of five rice varieties were not significantly different ($p>0.05$) (Table 2). The percentage of width expansion of PT1 and CN1 were significantly higher ($p\leq0.05$) than that of other varieties whereas that of RD6 was significantly lower ($p\leq0.05$) than that of other varieties. The percentage of water uptake of PL2 was significantly higher ($p\leq0.05$) than that of CN1, PT1, KDML105 and RD6. The L^* value of PL2 was significantly higher ($p\leq0.05$) than that of other varieties whereas RD6 had significantly lower ($p\leq0.05$) L^* value than that of other varieties. The protein content of CN1 and PL2 were not significantly different ($p>0.05$) but were significantly higher ($p\leq0.05$) than that of RD6, KDML105 and PT1.

3.3 Texture properties of five varieties after cooking.

All the texture properties of CN1 and PL2 were significantly higher ($p\leq0.05$) than that of KDML105, PT1 and RD6 (Table 2). This was mainly due to these two varieties composed of high amylose content. While CN1 and PL2 had significantly higher ($p\leq0.05$) hardness, KDML105 and RD6 had significantly lower ($p\leq0.05$). The gumminess, cohesiveness and chewiness of CN1 and PL2 were significantly higher ($p\leq0.05$) than that of other varieties whereas that of RD6, KDML105 and PT1 were not significantly different ($p>0.05$). While CN1 and PL2 had significantly higher ($p\leq0.05$) adhesiveness than that of other varieties, RD6 had significantly lower ($p\leq0.05$). In addition, CN1 and PL2 had significantly higher ($p\leq0.05$) springiness than that of other varieties while PT1 had significantly lower ($p\leq0.05$).

5. Conclusions

KDM105, RD6 and PT1 were classified into low amylose content group whereas CN1 and PL2 were classified into high amylose content group which had a longer time in cooking and had harder texture than that of RD6, PT1 and KDML105.

Acknowledgments

This research was financially supported by 2010 Annual Budget of Naresuan University. Furthermore, appreciation was also expressed to Phitsanulok Rice Research Center for kindly supported Phitsanulok2 (PL2) and Pratumtani1 (PT1) paddies.

References

[1] Dipti, S. S., Hossain, S. T., Bari, M. N., and Kabir, K. A. 2002. Physicochemical and cooking properties of some fine rice varieties. Pakistan Journal of Nutrition, 4: 188-190.

[2] Gujral, H. S., and Kumar, V. 2003. Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice. Journal of Food Engineering, 59: 117-121.

[3] Hardeep, S.G., and Vishal, K. 2003. Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice. Journal of Food Engineering, 59: 117-121.

[4] Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylase. Cereal Science Today. 16 (10): 334-338.

[5] Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official methods of analysis. AOAC International. Washington, D.C.

[6] Department of Agriculture. 2002. Ministry of Agricultural and Cooperatives. Rice quality and determination of mixed rice in Thai Hom Mali rice. Jirawat Express Ltd., Co., 115.

[7] Naiwigul, O. 2004. Rice : Science and Technology. Department of Food Science and technology. Faculty of Agro Industry. Kasetsart University.

[8] Leelayuthsoontorn, P., and Thipayarat, A. 2006. Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions. Food Chemistry, 96: 606-613.

[9] Mohapatra, D., and Bal, S. 2006. Cooking quality and instrumental textural attributes of cooked rice for different milling fractions. Journal of Food Engineering, 73: 253-259.

[10] Singh, N., Kaur, L., Sodhi, S. N., and Sekhon, S. K. 2005. Physicochemical, cooking and texture properties of milled rice from different Indian rice cultivars. Food Chemistry, 89: 253-259.

[11] Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., and Blanchard, C. 2007. Effect of storage temperture on cooking behaviour of rice. Food Chemistry, 105: 491-497.

[12] Juliano, B.O. 1984. Rice starch: Production, properties, and uses. *In* Starch Chemistry and Technology, 2nd ed. R.L. Whistler, J.N. Bemiller, and E.F. Paschall, eds. Academic Press, Oriando, FL: 507-528.

สมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ที่ผสมกับข้าวปทุมธานี1 และกข6 ก่อนหุงต้ม

Physical and Chemical Properties of Chainat1 and Pitsanulok2 Rice after Mixing with Patumthani1 and RD6 Rice Before Cooking

ภัทราพร คำผล[1] ศศิวิมล จิตรากร[1] ปวีนา น้อยทัพ[1] และ เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์[1]
Khomphon, P.[1], Chittrakorn, S.[1], Noitup, P.[1] and Singanusong, R.[1]

Abstract

Different rice varieties have different amylose content which can influent the softness, hardness and stickiness of cooked rice. This research was aimed to study the physical and chemical properties before cooking of Chainat1 and Pitsanulok2 rice after mixing at different ratio with Patumthani1 and RD6 rice. Physical properties examined including length, breadth, length-breadth ratio and color value. Chemical properties tested were moisture, amylose and protein content. It was found that as the mixing ratio of Patumthani1 and RD6 rice increased, the length of mixed rice decreased significantly ($P \leq 0.05$). The length of mixed rice was ranged 7.21–7.51 mm. The length-breadth ratio of mixed rice was ranged 3.31–3.64 which was classified into long grain rice. The mixed rice had 6.91–7.78% protein content and 14.66–28.67% amylose content. As the mixing ratio of Patumthani1 and RD6 rice increased, amylose content gradually decreased ($P \leq 0.05$), with the ratio of 50:50 showed the lowest amylose content. The moisture content of mixed rice was ranged 10.55–12.31%, which conformed to a standard level for rice grain. The L^* value of Pitsanulok2 and Chainat1 that mixed with RD6 rice was significantly higher ($P \leq 0.05$) than that of Patumthani1. The a^* value of mixed rice was inversely to the L^* and b^* values. Therefore, type and ratio of rice for mixing affected the physical and chemical properties before cooking of mixed rice.

Keywords: rice, amylose, protein, mixing ratio

บทคัดย่อ

ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณอะไมโลสที่แตกต่างกันจึงมีผลต่อความนุ่ม ความแข็ง และความเหนียวของข้าวหลัง หุงต้ม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและเคมีของข้าวชัยนาท 1 และพิษณุโลก 2 ที่ผสมกับข้าวปทุมธานี 1 และกข 6 ก่อนการหุงต้มในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยลักษณะทางกายภาพที่ตรวจสอบ คือ ความยาว ความกว้าง อัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้าง และค่าสี องค์ประกอบทางเคมีที่ตรวจสอบ คือ ปริมาณความชื้น อะไมโลส และโปรตีน พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของข้าวปทุมธานี 1 และกข 6 ที่ใช้ผสมกับข้าวพิษณุโลก2 และชัยนาท1 ค่าความยาวของข้าวผสมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีความยาว 7.21–7.51 มิลลิเมตร อัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้างมีค่า 3.31–3.64 จัดเป็นข้าวเมล็ดยาว ข้าวผสมมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.91–7.78 และมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 14.66–28.67 เมื่ออัตราส่วนของข้าวปทุมธานี1 และกข6 เพิ่มขึ้น ปริมาณอะไมโลสของข้าวผสมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และลดลงต่ำสุดที่อัตราส่วน 50:50 ความชื้นของข้าวผสมมีค่าร้อยละ 10.55–12.31 ซึ่งอยู่ในระดับมาตรฐานของข้าวสาร ค่า L^* ของข้าวพิษณุโลก2 และชัยนาท1 ที่ผสมกับข้าวกข6 มีค่าสูงกว่าที่ผสมกับข้าวปทุมธานี1 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ค่า a^* ของข้าวผสมมีค่าแปรผกผันกับค่า L^* และค่า b^* ดังนั้นชนิดและอัตราส่วนของข้าวที่ใช้ในการผสมมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี ก่อนการหุงต้มของข้าวผสม

คำสำคัญ: ข้าว อะไมโลส โปรตีน อัตราส่วนการผสม

[1]ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000
[1]Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand 65000

คำนำ

ลักษณะทางกายภาพและเคมีของข้าวที่แตกต่างกันหรืออาจใกล้เคียงกันขึ้นกับชนิดของพันธุ์ข้าวมีผลต่อลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของข้าวหลังหุงต้ม ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 มีลักษณะเมล็ดข้าวสารเรียวยาว ขาวใส แต่เมื่อหุงสุกมีลักษณะร่วน ค่อนข้างแข็งและไม่มีกลิ่นหอม (งามชื่น และคณะ, 2542; กรมการข้าว, เว็บไซต์) ซึ่งข้าวทั้งสองพันธุ์เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (ร้อยละ 24-35) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 มีลักษณะเมล็ดยาว สีขาวใส เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะนุ่มเหนียวเหมือนข้าวหอมมะลิแต่มีกลิ่นอ่อนกว่า (อมรทิพย์, มปป.) ข้าวพันธุ์กข6 มีลักษณะเมล็ดสีขาวขุ่น เมล็ดยาว เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะนุ่มเหนียว มีกลิ่นหอม (ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี, เว็บไซต์) ซึ่งข้าวทั้งสองพันธุ์จัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 1-20) ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105 ใช้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 และกข6 ร่วมในการปรับปรุงโดยใช้อัตราส่วนการผสมที่แตกต่างกัน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ที่ผ่านการผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกันกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 และกข6 ก่อนการหุงต้ม

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวพันธุ์กข6 (RD6) ได้มาจากศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 (CN1) ยี่ห้อเฮียจุ้ยบ้านตลิ่งชัน ได้มาจากร้านขายพันธุ์ข้าวจังหวัดพิษณุโลก ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 (PL2) และปทุมธานี1 (PT1) ได้มาจากศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชที่ 1 จังหวัดพิษณุโลก โดยอัตราส่วนการผสมระหว่าง PL2 กับ PT1, PL2 กับ RD6, CN1 กับ PT1 และ CN1 กับ RD6 คือ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50

ลักษณะทางกายภาพของข้าวผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกันก่อนหุงต้มที่ทดสอบได้แก่ ความยาว (*L*) และความกว้าง (*B*) ของเมล็ด และอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ด *(L/B)* โดยประยุกต์วิธีการของ Dipti และคณะ (2002) ค่าสี (Hunter Lab Model DP9000) ส่วนลักษณะทางเคมีของข้าวผสมก่อนการหุงต้มที่ทดสอบคือ ปริมาณความชื้น โปรตีน AOAC (1990) และอะไมโลสโดยประยุกต์วิธีการของ Juliano (1971)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่ออัตราส่วนของ PT1 และ RD6 ที่ผสมกับ PL2 และ CN1 เพิ่มขึ้น ค่า *L* ของข้าวผสมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ค่า *L* ของเมล็ดข้าวผสมที่อัตราส่วนที่แตกต่างกันระหว่าง PL2 กับ PT1, PL2 กับ RD6, CN1 กับ PT1 และ CN1 กับ RD6 อยู่ในช่วง 7.21–7.51 มิลลิเมตร จัดอยู่ในช่วงข้าวเมล็ดยาวที่มีค่าระหว่าง 6.61–7.50 มิลลิเมตร (อรอนงค์, 2547; Dipit และคณะ, 2002) ค่า *B* ของ CN1 กับ PT1 ที่อัตราส่วนการผสมต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 1) เมื่ออัตราส่วนการผสมของ PT1 กับ PL2 เพิ่มขึ้น ค่า *B* ของเมล็ดข้าวผสมมีค่าลดลง ในทางตรงกันข้ามค่า *B* ของข้าวผสมระหว่าง PL2 กับ RD6 และ CN1 กับ RD6 เมื่ออัตราส่วนของ RD6 ที่ใช้ผสมเพิ่มขึ้น ค่า *B* ของเมล็ดข้าวผสมมีค่าเพิ่มขึ้น ค่า *L/B* ของ PL2 ที่ผสมกับ PT1 ในทุกอัตราส่วนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ไม่แสดงข้อมูล) ค่า *L/B* ของเมล็ดข้าวที่ผ่านการผสมมีค่าในช่วง 3.31–3.64 จัดเป็นข้าวชนิดเมล็ดเรียวเนื่องจากมีค่า *L/B* มากกว่า 3 ขึ้นไป (อรอนงค์, 2547; Dipit และคณะ, 2002) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ PT1 ที่ผสมกับ PL2 พบว่าค่า L^* ของข้าวผสมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (Table 1) เมื่ออัตราส่วนของ RD6 ที่ผสมกับ PL2 และ CN1 เพิ่มขึ้น มีผลให้ค่า L^* ของข้าวผสมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอัตราส่วนของข้าวผสมแต่ละพันธุ์ พบว่าข้าวที่ผสมระหว่าง PL2 กับ RD6 ในทุกอัตราส่วนมีค่า L^* สูงกว่าข้าวผสมพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มอัตราส่วน PT1 ที่ใช้ผสมกับ PL2 ส่งผลให้ค่า a^* ของข้าวผสมมีค่าลดลง (ไม่แสดงข้อมูล) เช่นเดียวกับการเพิ่มอัตราส่วน RD6 ที่ใช้ผสมกับ PL2 และ CN1 ข้าวผสมระหว่าง CN1 กับ PT1 ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันของค่า b^* อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ไม่แสดงข้อมูล) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ PT1 ในการผสมกับ PL2 และ RD6 ในการผสมกับ CN1 ค่า b^* ของข้าวผสมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ค่า a^* ของข้าวผสมแปรผกผันกับค่า L^* และค่า b^*

เมื่ออัตราส่วนของ PT1 ที่ผสมกับ PL2 เพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ปริมาณโปรตีนของ CN1 กับ PT1 ในทุกอัตราส่วนไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนของข้าวผสมแต่ละพันธุ์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าที่อัตราส่วน 90:10, 80:20 และ 70:30 ของการผสมระหว่าง PL2 กับ PT1 และ PL2 กับ RD6 ที่อัตราส่วนการผสม 90:10 และ 50:50 และ CN1 กับ RD6 ที่อัตราส่วนการผสม 70:30 และ 50:50 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าการผสมระหว่างข้าวพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ขณะที่อัตราส่วน 60:40 มีปริมาณโปรตีนที่ไม่แตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ปริมาณโปรตีนของข้าวผสมมีค่าระหว่างร้อยละ 6.91-7.78 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khompon และคณะ (2010) ที่พบว่าปริมาณโปรตีนของ RD6, PT1, CN1 และPL2 มีค่าร้อยละ 8.32 7.85, 7.47 และ 7.64 ตามลำดับ

เมื่อปริมาณของ PL1 และ RD6 ที่ผสมกับ PL2 และ CN1 เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณอะไมโลสของข้าวผสมมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) (Table 2) โดยทุกอัตราส่วนการผสมของ PL2 กับ PT1 และที่อัตราส่วน 90:10, 70:30 และ 50:50 ของ CN1 ที่ผสมกับ PT1 มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าที่ใช้ RD6 ผสมอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ข้าวผสมมีปริมาณ อะไมโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 14.66-28.67 พบว่า PL2 และ CN1 ที่ผสมกับ RD6 มีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าที่ผสมกับ PT1 ที่อัตราส่วนเดียวกันเนื่องจาก RD6 มีปริมาณอะไมสต่ำ (ร้อยละ 7) ส่วน PT1 มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่า (ร้อยละ 16) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ RD6 และPT1 ที่ผสมกับ PL2 พบว่ามีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าที่ผสมกับ CN1 เนื่องจาก PL2 มีปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ 33.4) สูงกว่า CN1 (ร้อยละ 30.5) (Khompon และคณะ, 2010) และพบว่าปริมาณอะไมโลสของข้าวผสมลดลงจนถึงระดับต่ำสุดที่อัตราส่วน 50:50 ข้าวผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกันจะมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ไม่แสดงข้อมูล) ปริมาณความชื้นของข้าวผสมอยู่ในช่วงร้อยละ 10.55-12.31 ซึ่งอยู่ในระดับทั่วไปของข้าวคือไม่เกินร้อยละ 13 (อรอนงค์, 2547)

สรุปผล

ชนิดและอัตราส่วนของข้าวที่ใช้ในการผสมมีผลต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีก่อนการหุงต้มของข้าวผสม โดยเฉพาะปริมาณอะไมโลส ซึ่งเมื่อนำข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำมาผสมในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณอะไมโลสของข้าวผสมมีค่าลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้ข้าวผสมมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและเหนียวขึ้นเมื่อหุงสุก

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2553 ขอขอบคุณศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชที่ 1 จังหวัดพิษณุโลก สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และข้าวพันธุ์ปทุมธานี1

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, มปป, องค์ความรู้เรื่องข้าว [สืบค้น], http://www.brrd.in.th/rkb/data_002/a2/rice_xx2-03_ricebreed_Phitsanulok_2.html [7/ Sep/ 03].

งามชื่น คงเสรี สุนันทา วงศ์ปิยชน และพูลศรี สว่างจิต, 2542, คุณภาพข้าวหุงสุกจากการผสมข้าวกข23 และชัยนาท1 ในข้าวขาวดอกมะลิ105, วารสารวิชาการเกษตร, 17(3): 231-238.

ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี, 2546, งานรวบรวมพืชพันธุ์กลายในประเทศไทย [สืบค้น], http://www.sci.ku.ac.th/Gamma/database/rice/rice6_story.htm. [19/July/04].

อมรทิพย์ ภิรมย์บูรณ์, มปป, กรมส่งเสริมการเกษตรเตรียมขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี [สืบค้น], http://www.library.uru.ac.th/webdb/images/aa62.htm. [19/Mar/04].

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, ข้าว, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 366 หน้า.

Association of Official Analytical Chemists, 1990, Official Methods of Analysis, AOAC International, Washington, D.C.

Dipti, S.S., Hossain, S.T., Bari, M.N. and Kabir, K.A., 2002, Physicochemical and Cooking Properties of Some Fine Rice Varieties, Pakistan, Journal of Nutrition, 4: 188-190.

Juliano, B.O., 1971, A Simplified Assay for Milled Rice Amylase, Cereal Science Today, 16(10): 334-338.

Khompon, P., Chittrakorn, S., Noitup, P. and Singanusong, R., 2010, Physical and Chemical Properties before and after Cooking of Five Rice Varieties Grow in Northern of Thailand, Proceedings of Technology and Innovation for Sustainable Development International Conference, March 4-6, Nong Khai, Thailand, 376-379.

Table 1 Length, breadth and lightness of rice after mixing in vary ratio before cooking.

ratio	Pitsanulok 2 : Patumthani 1	Pitsanulok 2 : RD 6	Chainat 1 : Patumthani 1	Chainat 1 : RD 6
length (mm.)				
90 : 10	$7.48^{a,ns} \pm 0.01$	$7.45^{a,ns} \pm 0.02$	$7.51^{a,ns} \pm 0.03$	$7.46^{a,ns} \pm 0.03$
80 : 20	$7.47^{a,z} \pm 0.02$	$7.40^{b,y} \pm 0.01$	$7.50^{a,z} \pm 0.02$	$7.41^{ab,y} \pm 0.01$
70 : 30	$7.45^{a,z} \pm 0.02$	$7.34^{c,y} \pm 0.01$	$7.46^{ab,z} \pm 0.02$	$7.33^{bc,y} \pm 0.04$
60 : 40	$7.46^{ab,z} \pm 0.01$	$7.25^{d,y} \pm 0.03$	$7.45^{ab,z} \pm 0.02$	$7.28^{cd,y} \pm 0.03$
50 : 50	$7.42^{b,z} \pm 0.01$	$7.22^{d,y} \pm 0.01$	$7.43^{b,z} \pm 0.01$	$7.21^{d,y} \pm 0.03$
breadth (mm.)				
90 : 10	$2.11^{ab,y} \pm 0.00$	$2.14^{c,z} \pm 0.00$	$2.08^{ns,x} \pm 0.00$	$2.11^{c,y} \pm 0.00$
80 : 20	$2.10^{ab,xy} \pm 0.00$	$2.15^{c,z} \pm 0.00$	$2.09^{ns,x} \pm 0.01$	$2.12^{bc,y} \pm 0.01$
70 : 30	$2.12^{a,ns} \pm 0.02$	$2.16^{b,ns} \pm 0.00$	$2.11^{ns,ns} \pm 0.03$	$2.14^{ab,ns} \pm 0.00$
60 : 40	$2.09^{ab,y} \pm 0.00$	$2.18^{a,z} \pm 0.01$	$2.07^{ns,y} \pm 0.01$	$2.16^{a,z} \pm 0.01$
50 : 50	$2.08^{b,y} \pm 0.00$	$2.19^{a,z} \pm 0.01$	$2.07^{ns,y} \pm 0.03$	$2.17^{a,z} \pm 0.01$
Lignтness (L^*)				
90 : 10	$75.15^{a,y} \pm 0.08$	$75.83^{d,z} \pm 0.04$	$73.71^{ab,x} \pm 0.03$	$73.67^{d,x} \pm 0.05$
80 : 20	$74.84^{bc,y} \pm 0.04$	$76.39^{c,z} \pm 0.09$	$73.58^{b,x} \pm 0.14$	$73.54^{d,x} \pm 0.10$
70 : 30	$75.00^{b,y} \pm 0.06$	$76.84^{b,z} \pm 0.08$	$73.63^{ab,x} \pm 0.02$	$74.78^{c,y} \pm 0.15$
60 : 40	$74.92^{bc,x} \pm 0.04$	$77.03^{b,z} \pm 0.19$	$73.85^{a,w} \pm 0.02$	$75.40^{b,y} \pm 0.09$
50 : 50	$74.81^{c,x} \pm 0.02$	$78.13^{a,z} \pm 0.08$	$73.73^{ab,w} \pm 0.07$	$76.51^{a,y} \pm 0.11$

a - d = ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในสดมภ์เดียวกันในแต่ละคุณลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

z - w = ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันในแต่ละคุณลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns = ไม่แตกต่างกันในแต่ละคุณลักษณะอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

L^* มีค่า 100 = ขาว; 0 = ดำ

Table 2 Protein content and amylase content of rice after mixing in vary ratio before cooking.

ratio	Pitsanulok 2 : Patumthani 1	Pitsanulok 2 : RD 6	Chainat 1 : Patumthani 1	Chainat 1 : RD 6
protein content (%)				
90 : 10	$7.78^{a,z} \pm 0.07$	$7.59^{a,z} \pm 0.05$	$7.06^{ns,y} \pm 0.08$	$7.26^{ab,y} \pm 0.06$
80 : 20	$7.57^{ab,z} \pm 0.04$	$7.31^{b,y} \pm 0.07$	$7.16^{ns,xy} \pm 0.04$	$6.91^{b,x} \pm 0.13$
70 : 30	$7.45^{b,z} \pm 0.01$	$7.03^{c,xy} \pm 0.06$	$6.93^{ns,x} \pm 0.10$	$7.26a^{b,yz} \pm 0.13$
60 : 40	$7.28^{bc,ns} \pm 0.13$	$7.17^{bc,ns} \pm 0.06$	$7.17^{ns,ns} \pm 0.05$	$7.22^{ab,ns} \pm 0.17$
50 : 50	$7.06^{c,y} \pm 0.14$	$7.67^{a,z} \pm 0.11$	$7.20^{ns,y} \pm 0.18$	$7.50^{a,yz} \pm 0.10$
amylase content (%)				
90 : 10	$28.50^{a,z} \pm 0.50$	$26.50^{a,y} \pm 0.50$	$28.67^{a,z} \pm 0.29$	$24.17^{a,x} \pm 0.29$
80 : 20	$27.50^{a,z} \pm 0.29$	$23.00^{b,x} \pm 0.00$	$26.33^{b,y} \pm 0.17$	$23.17^{b,x} \pm 0.17$
70 : 30	$25.00^{b,z} \pm 0.58$	$21.50^{c,y} \pm 0.23$	$25.33^{c,z} \pm 0.33$	$21.67^{c,y} \pm 0.17$
60 : 40	$24.00^{b,z} \pm 0.58$	$18.00^{d,x} \pm 0.00$	$22.00^{d,y} \pm 0.00$	$17.00^{d,w} \pm 0.00$
50 : 50	$22.00^{c,z} \pm 0.58$	$15.83^{e,y} \pm 0.44$	$20.83^{e,z} \pm 0.17$	$14.66^{e,y} \pm 0.17$

a - c = ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในสดมภ์เดียวกันในแต่ละองค์ประกอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

z - x = ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันในแต่ละองค์ประกอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ns = ไม่แตกต่างกันในแต่ละองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ภาคผนวก ข เอกสารประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ลงทะเบียน การถ่ายทอดเทคโนโลยี

เรื่อง การปรับปรุงเนื้อสัมผัสหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

วันอาทิตย์ที่ 12 มิถุนายน 2554

ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ที่อยู่	เบอร์โทร.	ลายเซ็น
1	ผศ.ดร.เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์	คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก	089-644 1918	
2	ผศ.ดร.ปวีนา น้อยทัพ	คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก	081-3980476	
3	ดร.ศศิวิมล จิตรากร	คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก	081-6747997	
4	นางควพร พุ่มเชย	ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก พิษณุโลก	084-6246412	
5	นายคุณากร ขัติศรี	คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก	089-7577614	
6	นางสาวภัทราพร คำผล	สำนักงานวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (กองเกษตรเคมี) กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ	086-1177339	
7	นางสาวจารุภา หล่อยดา	คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก	083-1653932	
8	นายนิธิ ตั้งไพฑูรย์	คณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก	089-7067388	
9	นางสาววาธิณี เมณฑ์กูล	210/30 ม.5 ต.ลาดยาว อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์ 60150	089-9571743	
10	นายไพรัช มั่นอนรักษ์	26 ม.4 ต.วังโมคบ อ.วชิรบารมี จ.พิจิตร 66140	063-4121449	
11	นางสุดาพร ม่วงแก้ว	หมู่ 1 วังยาง พรหมพิราม	085-0407122	

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ที่อยู่	เบอร์โทร.	ลายเซ็น
12	นายสุดสง สุขวิเวกนต์	48/13 ม.16 ต.บ้านหม้อ อ.เมือง จ.พิจิตร	086-2148850	
13	นายเกษมณี มาตะเขาน	176 ม.20 ต.ดงเสน่ห์ อ.สามง่าม จ.พิจิตร	0839541706	
14	นายบาง วิโค	118/2 ม.2 ต.บ้านหม้อใหม่ อ.สามง่าม จ.พิจิตร	0819738164	นายบาง
15	นิยาย วิโค	6/8 ม.2 ต.บ้านหม้อใหม่ อ.สามง่าม จ.พิจิตร	0848055962	นิยาย
16	นายชนะโชค ช่อมโสดา	85/2 ม.4 ต.บ้านโสน อ.สามง่าม จ.พิจิตร	0848145823	
17	นายนิกร ดวงนอก	50/5 ม.4 ต.บ้านโสน อ.สามง่าม พิจิตร		นายนิกร
18	[illegible]			
19	เลลัย คันสิงหา	144/43 ม.3 ต.หนองโสน อ.สามง่าม จ.พิจิตร	0800479498	เลลัย
20	กนกพร ทองจงดาม	102/3 ม.3 ต.บ้านหม้อใหม่ อ.สามง่าม จ.พิจิตร	082-2975071	กนกพร
21	สำอางค์ ดาพระ	244 ม.3 ต.บ้านหม้อใหม่ อ.สามง่าม จ.พิจิตร		สำอางค์
22	นายสง พรมสีทอง	45/7 ม.2 ต.หนองโสน อ.สามง่าม พิจิตร	0847914022	นายสง
23	พัชรินทร์ มีแสง	314/6 16 ต.บ้านหม้อใหม่ อ.สามง่าม จ.พิจิตร	0853131Z	
24	วิเชียร พันธุ์ดี	25/2 ม.4 ต.หนองโสน อ.สามง่าม จ.พิจิตร		วิเชียร
25	นางสาวพิมพา ศรีวิเชียร	253/1 ม.2 ต.ท่าหลวง อ.โพธิ์ประทับช้าง	0815966649	
26	นายดำรง อัฐฐิกุล	329/200 ม.4 ต.ปากน้ำโพ อ.เมือง จ.นครสวรรค์	081-6809898	
27	นายประพนธ์ อัฐฐิกุล	——— " ———	086-9361568	

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	ที่อยู่	เบอร์โทร.	ลายเซ็น
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				

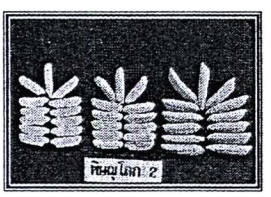
การถ่ายทอดเทคโนโลยี

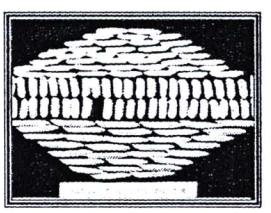
เรื่อง การปรับปรุงเนื้อสัมผัสหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

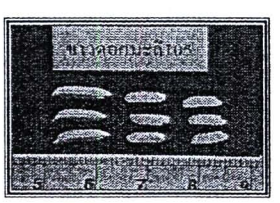
วันอาทิตย์ที่ 12 มิถุนายน 2554

ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

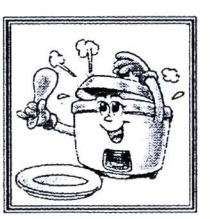
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์
นางสาวภัทราพร คำผล และคณะ

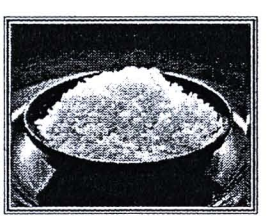




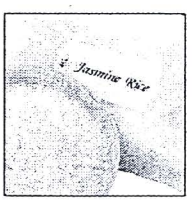


การปรับปรุงเนื้อสัมผัสหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105





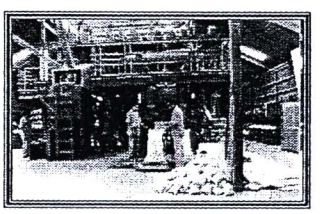
❖ ข้าวที่ผู้บริโภคนิยมสูงสุดคือ ข้าวหอมมะลิหรือข้าวขาวดอกมะลิ105 ซึ่งเป็นข้าวที่รู้จักกันดีในหมู่ผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศเพราะ



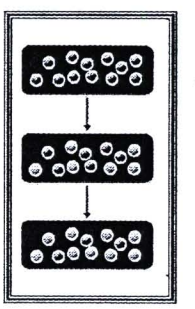
❖ เป็นข้าวที่มีคุณภาพ เมื่อหุงต้มข้าวสวยนุ่มเหนียว (มีปริมาณอะไมโลสต่ำ)

❖ มีกลิ่นหอมโดยธรรมชาติ ซึ่งต่างจากข้าวทั่วไป ที่เมื่อหุงต้มแล้วค่อนข้างร่วนแข็ง (มีปริมาณอะไมโลสสูง)

❖ ข้าวหอมมะลิ จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจนกระทั่งผลผลิตข้าวหอมมะลิไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด



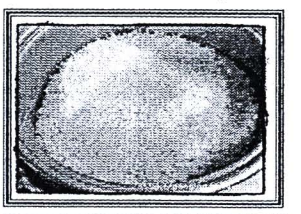
➢ วิธีการจำหน่ายข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (ซึ่งเมื่อหุงสุกจะมีลักษณะเนื้อสัมผัส ที่แข็งและร่วน) ที่โรงสีนิยมใช้คือการนำข้าวที่มีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงหรือมีปริมาณอะไมโลสต่ำมาผสม

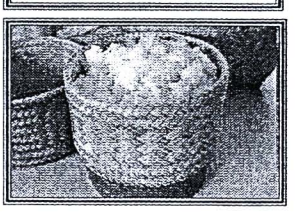


➢ สำหรับอัตราส่วนที่ใช้หรือพันธุ์ข้าวที่นำมาใช้นั้น ยังเป็นความลับของแต่ละโรงสี

➢ ดังนั้นจึงไม่มีหลักฐานข้อมูลที่เป็นลายลักษณ์อักษรหรือเอกสารเผยแพร่

- สำหรับการหุงต้มข้าวเพื่อบริโภคในครัวเรือนก็เช่นเดียวกัน แม่บ้าน จะนำข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำมาผสมกับข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส สูงมาหุง เพื่อลดความแข็งของข้าวหลังการหุงต้ม





- โดยข้าวที่นำมาผสมนั้นเป็นทั้งข้าวสารเจ้าหรือข้าวสารเหนียว ขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคลและพันธุ์ข้าวที่มีในท้องถิ่นนั้นๆ

เนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก

- พันธุ์ข้าว
- คุณภาพของข้าว
- ความเก่า-ใหม่ของข้าว
- อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำ
- ปริมาณอะไมโลสและปริมาณอะไมโลเพคตินของข้าว

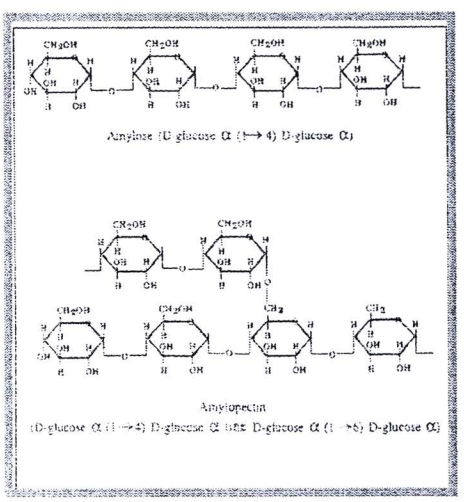
→

- ความเหนียว
- ความนุ่ม
- ความแข็ง/ความกระด้าง
- ความร่วน

ปริมาณอะไมโลส

- ในเมล็ดข้าวสารมีแป้งอยู่ประมาณ 90% โดยน้ำหนักแห้ง

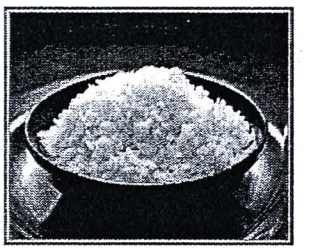
- แป้งข้าวมีส่วนประกอบย่อยที่สำคัญคือ อะไมโลเพกติน (amylopectin) และ อะไมโลส (amylose)

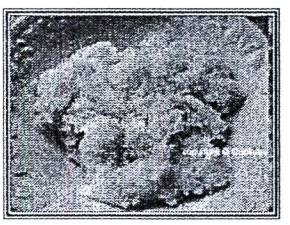


- แป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลเพคตินเพียงอย่างเดียว หรืออาจมีอะไมโลสปนเล็กน้อย

- แป้งข้าวเจ้าจะมีปริมาณอะไมโลสประมาณ 7-33% ในข้าวสาร หรือ 9-37% ในแป้ง ส่วนที่เหลือ 63-91% จะเป็นอะไมโลเพคติน

- ข้าวอะไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำ และทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสงไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกจะแข็ง และร่วน





- ส่วนข้าวเหนียว (ข้าวอะไมโลเพคตินสูง) จะดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า และข้าวสุกที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า

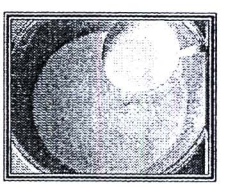
ประเภทและปริมาณของอะไมโลสในข้าวสาร

ประเภท (อะไมโลส)	ปริมาณอะไมโลส ในข้าวสาร (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
- ต่ำมาก	2-9	เหนียว-นุ่ม
- ต่ำ	9-20	เหนียว-นุ่ม
- ปานกลาง	20-25	นุ่ม-ค่อนข้างเหนียว
- สูง	25-33	ร่วน-แข็ง

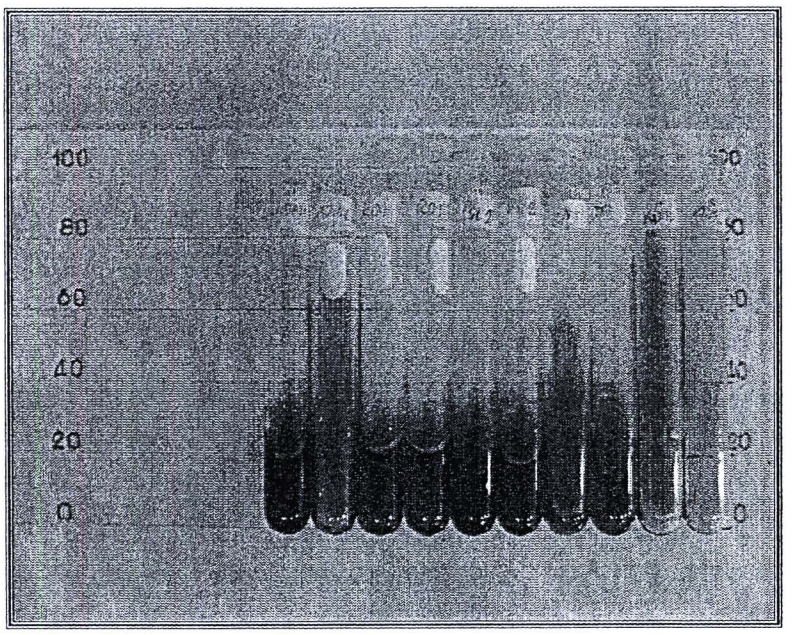
การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

พันธุ์ข้าว	ปริมาณอะไมโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวขาวดอกมะลิ105	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวปทุมธานี1	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวหอมคลองหลวง	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าว กข.7	20-25	ค่อนข้างร่วน-ไม่แข็ง
ข้าวสุพรรณบุรี60	20-25	ค่อนข้างร่วน-ไม่แข็ง
ข้าวชัยนาท1	25-34	ร่วน-แข็ง
ข้าวสุพรรณบุรี1	25-34	ร่วน-แข็ง
ข้าวพิษณุโลก2	25-34	ร่วน-แข็ง

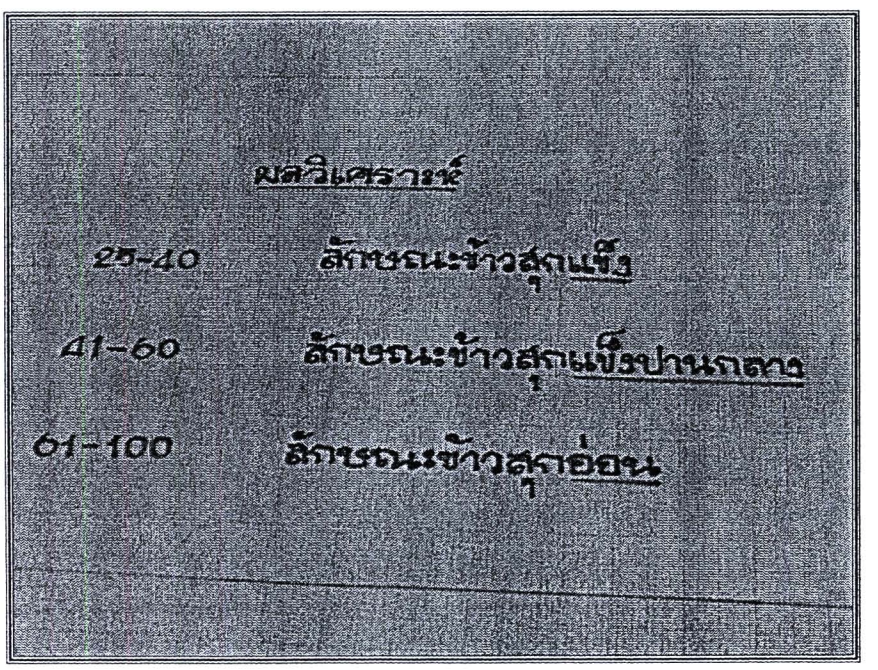
- ในระหว่างข้าวที่มีอะไมโลสสูงด้วยกัน ยังมีความแตกต่างกันในด้านคุณภาพข้าวสุก
  - เช่น ข้าวที่มีแป้งสุกแข็งเมื่อหุงสุกแล้วจะแข็งกว่าข้าวที่มีแป้งสุกอ่อน



- การหาค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของข้าวโดยวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ

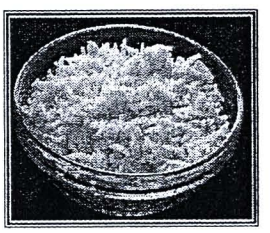


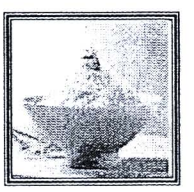
ค่าความคงตัวของแป้งสุก

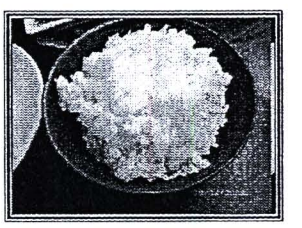


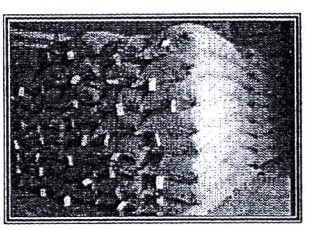
➢ ความคงตัวของแป้งสุกมักมีความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณอะไมโลส ซึ่งพบว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันก็ยังมีความแตกต่างกัน

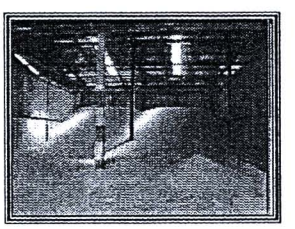
ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็งกว่าย่อมจะมีข้าวสุกแข็งและร่วนกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน

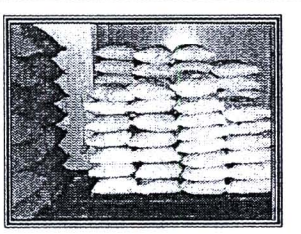


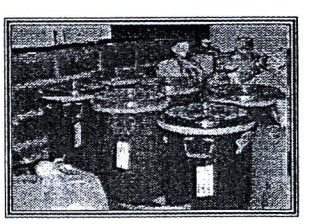










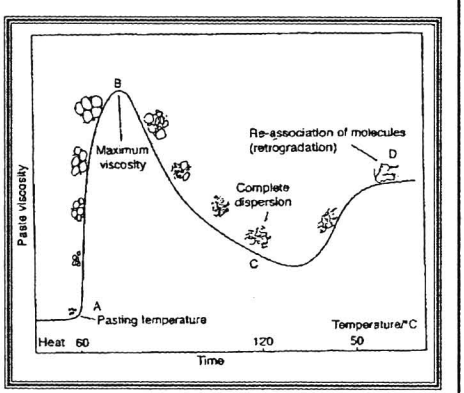


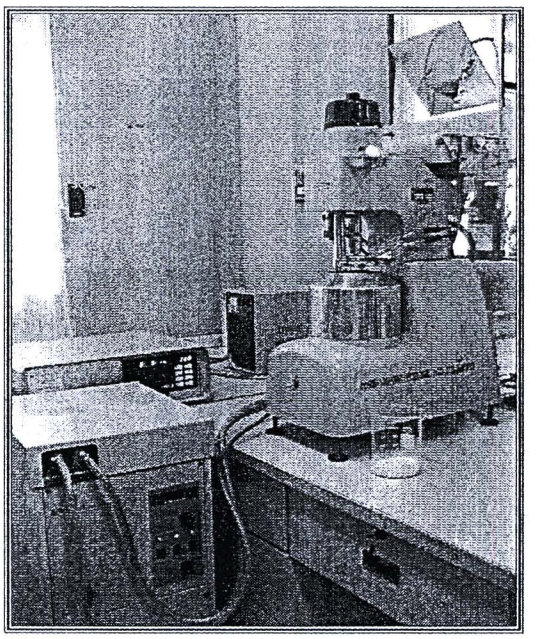
✓ในการเก็บรักษาข้าว จะมีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกแข็งขึ้น

ความคงตัวของแป้งสุก

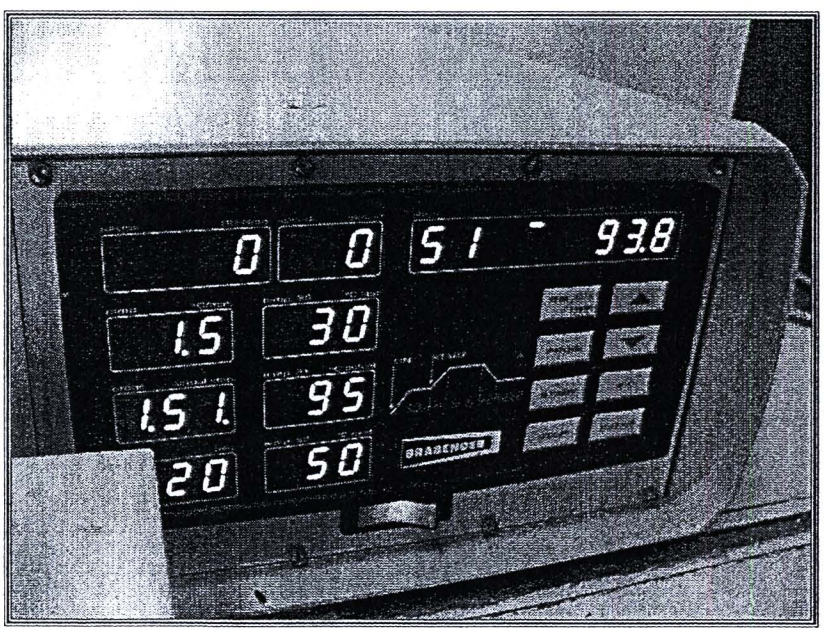
ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร)
แข็ง	ต่ำกว่า 40
ปานกลาง	41-60
อ่อน	มากกว่า 60

- แป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเมื่อค่อยๆ เพิ่มความร้อนจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่ง แป้งจะเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสง เป็นโปร่งใส อุณหภูมินี้เรียกว่า อุณหภูมิแป้งสุก
- อุณหภูมิแป้งสุกนี้มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่จะหุงต้มข้าวให้สุก
- ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำจะหุงสุกเร็วกว่าข้าวที่อุณหภูมิแป้งสุกสูง





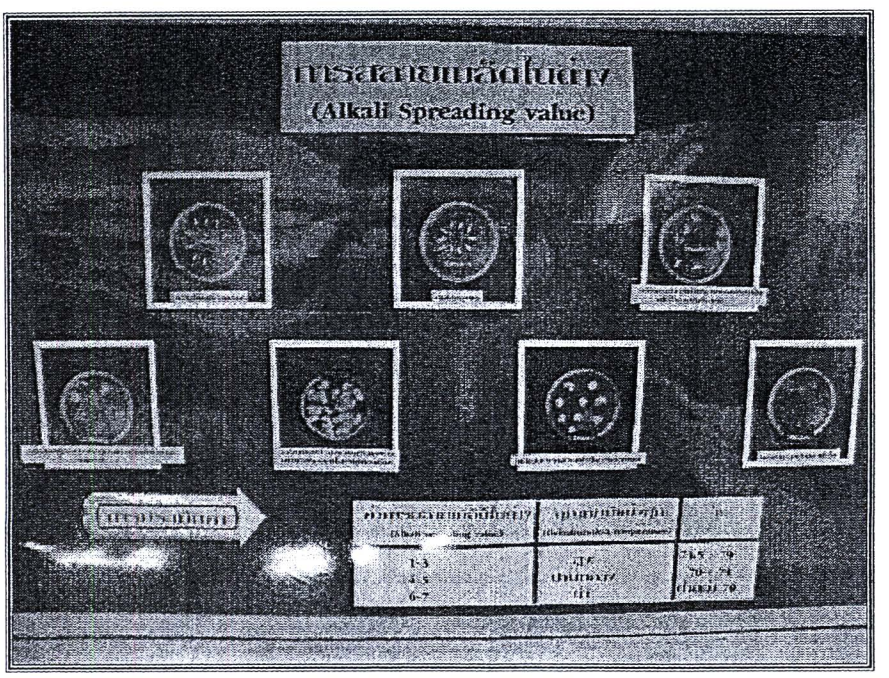
เครื่อง Brabender

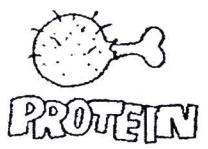


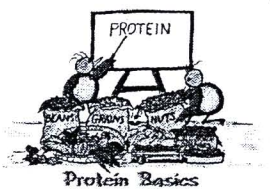
เครื่อง Brabender

ประเภทของข้าวแบ่งตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก

ประเภทของข้าว	แป้งสุกที่อุณหภูมิ (°C)
ต่ำ	55-69.5
ปานกลาง	70-74
สูง	74.5-79

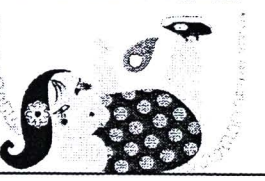






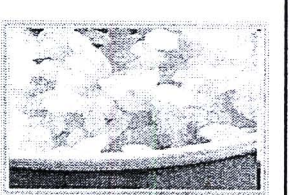
- ปริมาณของโปรตีนมีผลกระทบต่อคุณภาพข้าวสุกเล็กน้อย เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ หากเมล็ดข้าวมีโปรตีนสูง จะมีข้าวสุกที่กระด้างและมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ

- ไขมันสามารถรวมตัวกับอะไมโลสได้เป็น amylase-lipid complex ที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้แป้งมีแนวโน้มลดการพองตัวและการละลาย เมื่อให้ความร้อนสามารถละลายน้ำได้มากขึ้น



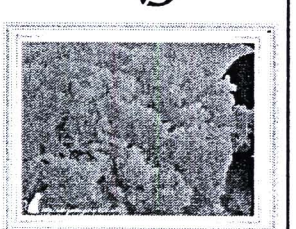
ความเก่าของข้าว

- ภายหลังการเก็บเกี่ยว ภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นโดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือน



- หลังการเก็บเกี่ยว เมล็ดข้าวขาวจะแกร่งขึ้น ทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น หากเมล็ดไม่ถูกแมลงทำลายในระหว่างการเก็บ

VS



- การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากขบวนการที่เกี่ยวข้อง 3 องค์ประกอบคือ แป้ง ไขมัน และโปรตีน

ผลของการเปลี่ยนแปลงในไขมัน

✓ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ของไขมัน ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระและทำให้สารกลุ่ม carbonyl เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นสาบในข้าวเก่า

ก. ไฮโดรลิซิส ไขมันและน้ำมัน + น้ำ ⇌ (อุณหภูมิ) กรดอินทรีย์ + กลีเซอรอล

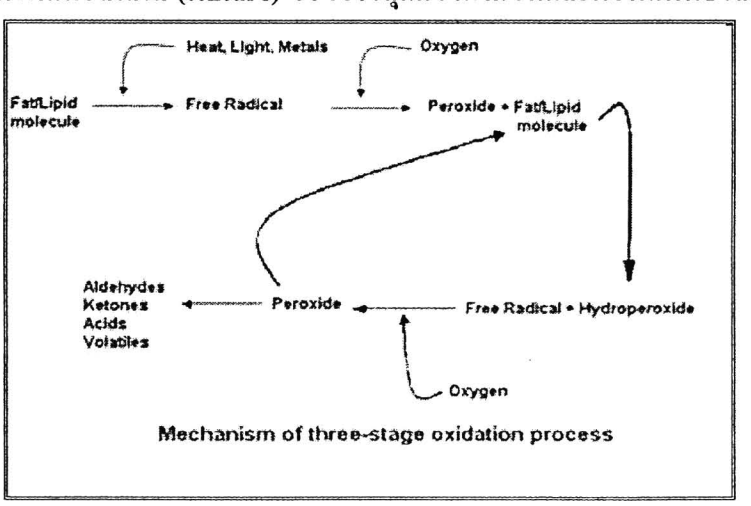
กลิ่นหืนหืน

การป้องกัน เก็บไขมันน้ำมันไว้ที่อุณหภูมิต่ำและอย่าให้ถูกกับน้ำ

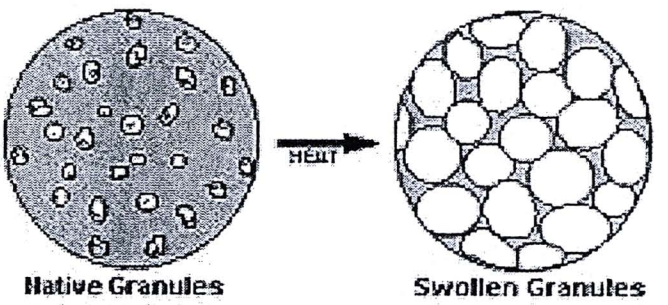
ข. ออกซิเดชัน ไขมันและน้ำมันที่ประกอบด้วย กรดไขมันไม่อิ่มตัว + O → แอลดีไฮด์ + ...

กลิ่นหืนหืน

✓ กรดไขมันอิสระนี้จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของอะไมโลสกลายเป็นสารประกอบกรดไขมัน-อะไมโลส และมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้เนื้อสัมผัส (texture) ของข้าวสุกแข็งมากขึ้นและความเหนียวลดลง



Mechanism of three-stage oxidation process



การพองตัวของเม็ดแป้ง

ผลของการเปลี่ยนแปลงในโปรตีน

- โปรตีนจะเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนกับกรดอะมิโน ทำให้มีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งเช่นเดียวกับกรดไขมัน
- นอกจากนี้ ผลของปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนยังทำให้สารระเหยที่ได้จากกรดอะมิโนที่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบลดลง ทำให้กลิ่นของข้าวเปลี่ยนไป
- นอกจากนี้ปฏิกิริยาโปรตีนยังทำให้เกิด ปฏิกิริยา non enzymatic browning และมีผลให้สีของข้าวคล้ำขึ้น

❖ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้ข้าวเก่ามีคุณภาพการหุงต้มและข้าวสุกแตกต่างจากข้าวใหม่ คือ

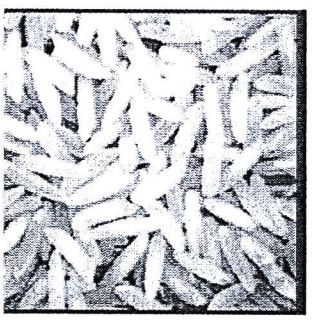
- ❖ ต้องการเวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวใหม่
- ❖ มีความสามารถในการดูดน้ำ (water absorption) และขยายปริมาตร (volume expansion) ได้มากกว่าข้าวใหม่
- ❖ น้ำข้าวจะมีของแข็ง (total solid) ลดลง
- ❖ ข้าวสุกร่วนและแข็งขึ้น
- ❖ กลิ่นหอมของข้าวลดลง
- ❖ เมล็ดข้าวเก่ามีสีคล้ำขึ้นเนื่องจากความเหนียวของข้าวสุกลดลง

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยการปรับปรุงคุณภาพเมล็ด

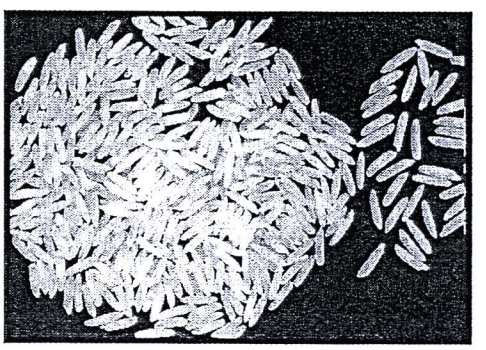
♦ มี 2 ลักษณะ คือ คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพการหุงต้มตลอดจนการรับประทาน

1. คุณภาพทางกายภาพ

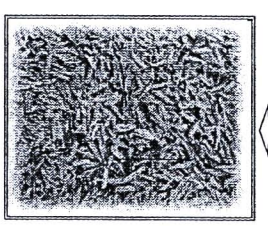
- ♦ ขนาดและรูปร่างของเมล็ด การวัดขนาดเมล็ดนิยมใช้ virnier วัดจากเมล็ดที่สุ่มมาอย่างน้อย 10 เมล็ด ข้าวที่มีคุณภาพเมล็ดดีควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 7.2 มิลลิเมตร



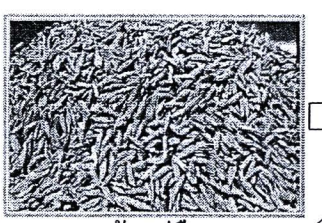
♦ ท้องไข่ (chalkiness) เป็นจุดขาวทึบแสงภายในเมล็ดซึ่งเกิดจากผลึกแป้งภายในเมล็ดอัดกันไม่แน่นพอเกิดเป็นช่องอากาศเล็กๆ ขึ้น การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดต้องคัดเลือกข้าวที่มีท้องไข่น้อย



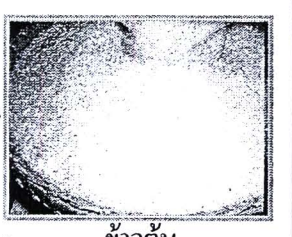
♦ คุณภาพการสี คือปริมาณข้าวสารและข้าวต้นที่ได้จากการสีข้าวเปลือก



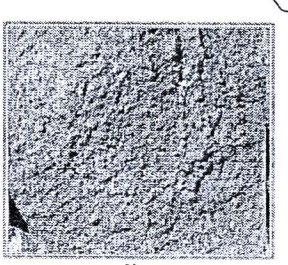
แกลบ



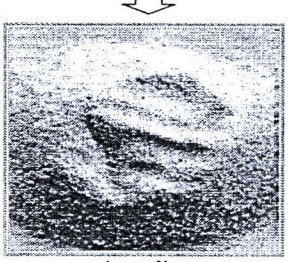
ข้าวเปลือก



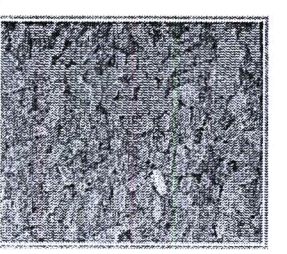
ข้าวต้น



รำข้าว



ปลายข้าว

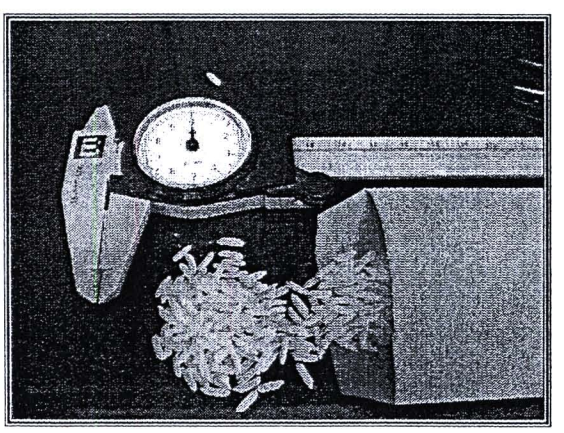


ข้าวท่อน

2. คุณภาพการหุงต้มของข้าวสาร ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีในเมล็ดดังนี้

- ปริมาณอะไมโลส
  - การหุงต้มข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงต้องการปริมาณน้ำมาก และเมื่อสุกจะได้ข้าวร่วนฟู ได้ข้าวปริมาตรมากและขึ้นหม้อ
  - ในขณะที่ข้าวอะไมโลสต่ำเป็นข้าวเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อน และไม่ขึ้นหม้อ

- ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) ข้าวที่มีค่าความคงตัวอ่อน เมื่อสุกแล้วจะนุ่มกว่าข้าวที่มีค่าความคงตัวแข็ง หากข้าวทั้งสองมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในระดับเดียวกัน



- การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio) ในระหว่างการหุงต้ม เช่น เมล็ดข้าวจะขยายตัวด้านยาวช่วยให้เป็นข้าวขึ้นหม้อ

สรุปผล

สัดส่วน ข้าว : น้ำ	อัตราส่วนระหว่างพันธุ์ข้าว (%)			
	พิษณุโลก2 : ปทุมธานี1	ชัยนาท1 : ปทุมธานี1	พิษณุโลก2 : กข6	ชัยนาท1 : กข6
1 : 1.7	60:40	50:50	60:40	70:30
1 : 2	70:30	50:50	70:30	70:30
1 : 2.3	60:40	70:30	80:20	80:20

- เมื่อทำการคัดเลือกอัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำที่ให้เนื้อสัมผัสของข้าวผสมที่ใกล้เคียงกับข้าวขาวดอกมะลิ105 มากที่สุดได้แก่
  - ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ผสมกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ในอัตราส่วน 60:40 และอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 2.3
  - ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ผสมกับข้าวพันธุ์กข6 ในอัตราส่วน 80:20 และอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 2.3

- ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ผสมกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ในอัตราส่วน 50:50 และอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 2
- ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ผสมกับข้าวพันธุ์กข6 ในอัตราส่วน 70:30 และอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 2

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และพันธุ์ชัยนาท1 ซึ่งเป็นข้าวแข็ง (มีปริมาณอะไมโลสสูง) สามารถทำให้นิ่มหลังการหุงต้มได้ใกล้เคียงกับข้าวขาวดอกมะลิ105 โดยการผสมด้วยข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 และพันธุ์ กข6 (มีปริมาณอะไมโลสต่ำ) ในอัตราส่วนที่เหมาะสมได้

จบการนำเสนอ

เอกสารประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยี
เรื่อง การปรับปรุงเนื้อสัมผัสหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

วันอาทิตย์ที่ 12 มิถุนายน 2554
ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
จังหวัดพิษณุโลก

จัดทำโดย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์
ดร. ศศิวิมล จิตรากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีนา น้อยทัพ
นางสุพัตรา สุวรรณธาดา
นางสาวภัทราพร คำผล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินปี 2553

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ข้าวเป็นอาหารหลักที่คนไทยส่วนใหญ่บริโภคเป็นประจำ ซึ่งประเทศไทยมีพันธุ์ข้าวหลายชนิดที่ทำการเพาะปลูกโดยให้ผลผลิตและคุณภาพที่แตกต่างกัน บางสายพันธุ์เป็นที่ต้องการของตลาด แต่บางสายพันธุ์กลับมีราคาตกต่ำ ความต้องการบริโภคข้าวของประชากรโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนของประชากรโลกที่มีอัตราการเติบโตของประชากรเพิ่มสูงขึ้น แม้ในระยะหลังจะเพิ่มในอัตราที่ลดลงก็ตาม ปริมาณการบริโภคข้าวของโลกในปัจจุบันมีสูงกว่า 410 ล้านตันข้าวสาร และคาดว่าในปี พ.ศ. 2550 จะเพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 421 ล้านตันข้าวสาร ประเทศที่มี การบริโภคข้าวมากที่สุดในโลก คือประเทศจีน เนื่องจากจีนเป็นประเทศที่มีประชากรมากที่สุด โดยกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกาได้ประเมินว่าในปี พ.ศ. 2550 จีนจะมีการบริโภคข้าวมากถึงกว่า 135 ล้านตันข้าวสาร รองลงมา คือ ประเทศอินเดีย มีการบริโภค 82 ล้านตันข้าวสาร ในปี พ.ศ. 2548 และคาดว่าในปี พ.ศ. 2550 จะเพิ่มขึ้นเป็น 86 ล้านตันข้าวสาร (สุนทรีย์, 2549) ประเทศไทยมีปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวขาว ปี พ.ศ. 2549 คือ 2,217,891 ตัน มีมูลค่า 25,720 ล้านบาท (จีระศักดิ์, 2549) ข้าวที่ผู้บริโภคนิยมสูงสุดคือ ข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นข้าวที่รู้จักกันดีในหมู่ผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศเพราะเป็นข้าวที่มีคุณภาพ เมื่อหุงต้มข้าวสวยนุ่มเหนียวและมีกลิ่นหอมโดยธรรมชาติ ซึ่งต่างจากข้าวทั่วไปที่เมื่อหุงต้มแล้วค่อนข้างร่วนแข็ง ข้าวหอมมะลิ จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจนกระทั่งผลผลิตข้าวหอมมะลิไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด โดยปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวหอมมะลิ ปี 2549 คือ 1,695,598 ตัน มีมูลค่า 31,891 ล้านบาท (จีระศักดิ์, 2549)

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรงสีและแม่บ้านในจังหวัดพิษณุโลก นครสวรรค์และสุโขทัย พบว่า วิธีการจำหน่ายข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (ซึ่งเมื่อหุงสุกจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งและร่วน) ที่โรงสีนิยมใช้คือการนำข้าวที่มีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงหรือมีปริมาณอะไมโลสต่ำมาผสม สำหรับอัตราส่วนที่ใช้หรือพันธุ์ข้าวที่นำมาใช้นั้นยังเป็นความลับของแต่ละโรงสี ดังนั้นจึงไม่มีหลักฐานข้อมูลที่เป็นลายลักษณ์อักษรหรือเอกสารเผยแพร่ สำหรับการหุงต้มข้าวเพื่อบริโภคในครัวเรือนก็เช่นเดียวกัน แม่บ้านจะนำข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำหรือมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงมาผสมกับข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงมาหุงเพื่อลดความแข็งของข้าวหลังการหุงต้ม โดยข้าวที่นำมาผสมนั้นเป็นทั้งข้าวสารเจ้าหรือข้าวสารเหนียว ขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคลและพันธุ์ข้าวที่มีในท้องถิ่นนั้นๆ

อีกวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงได้คือการนำเอนไซม์มาช่วยย่อยพันธะ α-1,4 กลูโคซิดิก ระหว่างโมเลกุลกลูโคสภายในส่วนของ

ของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน เช่น เอนไซม์อะไมเลส นอกจากนี้ การย่อยแป้งสามารถทำได้โดยการใช้กรด ซึ่งอาจมีผลิตภัณฑ์หลังการย่อยที่ไม่ต้องการ เช่น สารเฟอร์ฟิวราล และยังเกิดการกัดกร่อนอุปกรณ์ด้วย (พัตร์ประไพและวิชัย, 2546) อย่างไรก็ตาม ทั้งการใช้เอนไซม์และกรดนั้นยังไม่เป็นที่รู้จักสำหรับผู้ประกอบการ โรงสีและแม่บ้าน ดังนั้น ถ้ามีการศึกษาการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวที่มีอะไมโลสสูง (ข้าวแข็ง) หลังการหุงต้ม ให้มีความนุ่มขึ้น โดยใช้อัตราส่วนในการผสมของข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกันและทำการเผยแพร่ให้เป็นที่รู้จักทั่วไป น่าจะเป็นวิธีที่ปลอดภัย ปฏิบัติได้จริง มีต้นทุนต่ำ และสามารถใช้ได้กับทั้งระดับอุตสาหกรรมและระดับครัวเรือน

นอกจากนี้ การปรับปรุงคุณภาพข้าวหลังการหุงต้มของข้าวสายพันธุ์อื่นให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับข้าวหอมมะลิจะเป็นผลดีทั้งด้านการตอบสนองความต้องการของตลาดและผู้บริโภคมีทางเลือกเพิ่มขึ้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ที่ทำการศึกษาคุณภาพด้านกายภาพและเคมีของข้าวบางสายพันธุ์เปรียบเทียบกับข้าวหอมมะลิเพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบโดยรวมจากนั้นจึงหาวิธีการเพื่อนำมาช่วยปรับปรุงคุณภาพของข้าวพันธุ์ที่ด้อยกว่าข้าวหอมมะลิโดยการปรับปรุงคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของข้าวด้วยการนำข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำมาผสมกับข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงที่ต้องการปรับปรุง เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสหลังการหุงต้มและมีแนวโน้มพัฒนามาเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดความสะดวก สบายและง่ายต่อการใช้สอย

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ข้าว

ข้าวคุณภาพดีที่ผลิตในประเทศไทยต้องเป็นข้าวที่มีเมล็ดยาวและรูปร่างเรียว ดังนั้นข้าวที่ซื้อขายกันในตลาดจึงมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกัน แต่คุณลักษณะของข้าวสุกที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการรับประทานอาจแตกต่างกันเช่น บางคนนิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับกันเป็นก้อน แต่บางคนชอบข้าวร่วนหุงขึ้นหม้อ เนื่องจากรูปร่างเมล็ดที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงมักเกิดปัญหาการปนกันระหว่างข้าวต่างคุณภาพ ปัญหาเหล่านี้นอกจากกระทบต่อการบริโภคทั่วไปยังก่อความยุ่งยากต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากข้าว ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพข้าวสุกต่างกัน ได้แก่

1. ปริมาณอะไมโลส (amylose content)

ในเมล็ดข้าวสารมีแป้งอยู่ประมาณ 90% โดยน้ำหนักแห้งเช่นเดียวกับธัญพืชชนิดอื่นๆ แป้งข้าวมีส่วนประกอบย่อยที่สำคัญคือ อะไมโลเพกติน (amylopectin) และอะไมโลส (amylose) แป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลเพคตินเพียงอย่างเดียว หรืออาจมีอะไมโลส ปนเล็กน้อย ข้าวเจ้าจะ

มีปริมาณอะไมโลสประมาณ 7-33% ในข้าวสาร หรือ 9-37% ในแป้ง ส่วนที่เหลือ 63-91% จะเป็นอะไมโลเพคติน สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน หรือที่เรียกกันทั่วๆ ไปว่า ปริมาณอะไมโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพของข้าวสุกแตกต่างกันคือ ข้าวอะไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำและทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสงไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกจะแข็งและร่วน ส่วนข้าวเหนียวจะดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้าและข้าวสุกที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า ได้มีการจัดประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวสารเป็น 5 ประเภท (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ดังแสดงในตารางที่ 1 ตัวอย่างข้าวและปริมาณอะไมโลสในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ประเภทและปริมาณของอะไมโลสในข้าวสาร

ประเภท (อะไมโลส)	ปริมาณอะไมโลสในข้าวสาร (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
- ต่ำมาก	2-9	เหนียว-นุ่ม
- ต่ำ	9-20	เหนียว-นุ่ม
- ปานกลาง	20-25	นุ่ม-ค่อนข้างเหนียว
- สูง	25-33	ร่วน-แข็ง

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2545)

นอกจากนี้โครงสร้างของอะไมโลเพคติน ยังมีผลต่อคุณสมบัติของข้าวสุกอีกด้วย โดยอะไมโลเพคตินที่มีสายยาวจะมีความสามารถในการจับกับองค์ประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในเมล็ดข้าว เช่น โปรตีน ไขมัน ได้มากกว่าอะไมโลเพคตินสายสั้นจึงมีผลยับยั้งความนุ่มของข้าวสุก (Ong and Blanshard, 1995)

ตารางที่ 2 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

พันธุ์ข้าว	ปริมาณอะไมโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวขาวดอกมะลิ105	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวปทุมธานี1	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวหอมคลองหลวง	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าว กข.7	20-25	ค่อนข้างร่วน-ไม่แข็ง
ข้าวสุพรรณบุรี60	20-25	ค่อนข้างร่วน-ไม่แข็ง
ข้าวชัยนาท1	25-34	ร่วน-แข็ง
ข้าวสุพรรณบุรี1	25-34	ร่วน-แข็ง
ข้าวพิษณุโลก2	25-34	ร่วน-แข็ง

ที่มา: งามชื่น (2546)

2. ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency)

ในระหว่างข้าวที่มีอะไมโลสสูงด้วยกัน ยังมีความแตกต่างกันในด้านคุณภาพข้าวสุก เช่น ข้าวที่มีแป้งสุกแข็งเมื่อหุงสุกแล้วจะแข็งกว่าข้าวที่มีแป้งสุกอ่อน การหาค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของข้าวโดยวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute: IRRI) ได้แบ่งประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุกดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร)
แข็ง	ต่ำกว่า 40
ปานกลาง	41-60
อ่อน	มากกว่า 60

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2545)

ความคงตัวของแป้งสุกมักมีความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณอะไมโลสซึ่งพบว่าข้าวที่มีปริมาณ อะไมโลสเท่ากันก็ยังมีความแตกต่างกัน ดังนั้น ปัจจัยข้อนี้จึงอาจใช้คาดคะเนคุณภาพ

การหุงต้มและ รับประทานของข้าวที่มีความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสระหว่างพันธุ์ เช่น ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็งกว่าย่อมจะมีข้าวสุกแข็งและร่วนกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน ในการเก็บรักษาข้าวจะมีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกแข็งขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

3. อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature)

แป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเมื่อค่อยๆ เพิ่มความร้อนจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่งแป้งจะเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมินี้เรียกว่า อุณหภูมิแป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุกนี้มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่จะหุงต้มข้าวให้สุกซึ่งอาจแบ่งประเภทข้าวตามอุณหภูมิที่แป้งสุกเป็น 3 ประเภทดังแสดงในตารางที่ 4

ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำจะหุงสุกเร็วกว่าข้าวที่อุณหภูมิแป้งสุกสูง การคาดคะเนระดับอุณหภูมิที่แป้งสุกอาจทำโดยการหาค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง (alkali spreading value) (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

ตารางที่ 4 ประเภทของข้าวแบ่งตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก

ประเภทของข้าว	แป้งสุกที่อุณหภูมิ (^{o}C)
ต่ำ	55-69.5
ปานกลาง	70-74
สูง	74.5-79

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2545)

4. โปรตีน (protein)

โดยทั่วไปเอนโดสเปิร์มของข้าวเจ้าจะมีโปรตีนร้อยละ 4-14 มากเป็นอันดับสองรองจากแป้ง โปรตีนในเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ประมาณร้อยละ 7.81 ขึ้นกับฤดูกาลเพาะปลูก (Leach *et al.*, 1959) ปริมาณของโปรตีนมีผลกระทบต่อคุณภาพข้าวสุกเล็กน้อย เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หรือข้าวหอมมะลิที่นิยมบริโภคกันทั่วไปซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ หากเมล็ดข้าวมีโปรตีนสูง จะมีข้าวสุกที่กระด้างและมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

5. ไขมัน (lipid)

ในข้าวจะพบในส่วนรำ (bran) มากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักแห้งในข้าวสารมีไขมันประมาณร้อยละ 1.5-1.7 ส่วนใหญ่อยู่ในรูป non-starch lipids กรดไขมันอิ่มตัวที่สำคัญ ได้แก่ linoleic oleic และ palmitic acid (Juliano, 1993) ไขมันที่พบในเอนโดสเปิร์มแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ starch lipids เป็นไขมันที่อยู่ในเมล็ดแป้ง ประกอบด้วยกรดอะมิโนอิสระ 32% และ lysophoshatidyl choline 68% (Morrision *et al.*, 1984) และnon-starch lipids เป็นไขมันที่กระจายอยู่ในเอนโดสเปิร์ม แต่มีโครงสร้างต่างกันคือมีองค์ประกอบหลักที่เป็นทั้ง triglyceride และไขมันที่ไม่มีขั้วอื่นๆ เช่นไขมันที่รวมกันอยู่ใน spherosome (Thomas and Atwell, 1999) องค์ประกอบของ non-starch lipids (82-91%) ได้แก่ triglyceride 73-82%, phospholipids 7-10%, glycolipid 2-8% และพบว่า ข้าวสารชนิด non-waxy (มีอะไมโลส 2%) Choudhury and Juliano (1980) รายงานว่า ไขมันสามารถรวมตัวกับอะไมโลสได้เป็น amylase-lipid complex ที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้แป้งมีแนวโน้มลดการพองตัวและการละลาย เมื่อให้ความร้อนสามารถละลายน้ำได้มากขึ้น (Oates, 1997) Crowe *et al.* (2000) กล่าวว่า laluric, myristic, plamitic และ oleic acids และ lysolecithin สามารถยับยั้งการไฮโดรไลซ์อะไมโลส ด้วยเอนไซม์ประมาณ 35% ในขณะที่กรดสเตียริกและคอเลสเตอรอลไม่มีผลต่อการย่อยอะไมโลสด้วยเอนไซม์ นอกจากนี้ยังพบว่า กรดไขมันไม่มีผลต่อการไฮโดรไลซ์อะไมโลเพคตินด้วยเอนไซม์

6. ความเก่าของข้าว

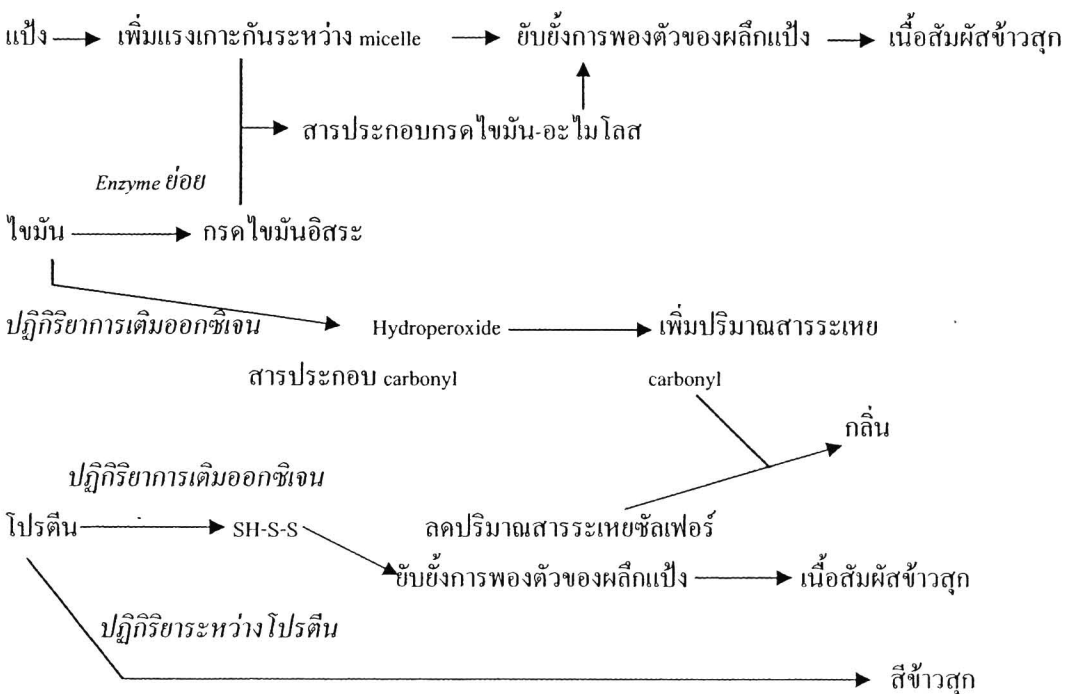
ภายหลังการเก็บเกี่ยว ภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นโดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือน หลังการเก็บเกี่ยว เมล็ดข้าวขาวจะแกร่งขึ้น ทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น หากเมล็ดไม่ถูกแมลงทำลายในระหว่างการเก็บ การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากขบวนการที่เกี่ยวข้อง 3 องค์ประกอบคือ แป้ง ไขมันและโปรตีน ดังแสดงในรูปที่ 1 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ของไขมันทำให้เกิดกรดไขมันอิสระและทำให้สารกลุ่ม carbonyl เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิด กลิ่นสาบในข้าวเก่า กรดไขมันอิสระนี้จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของอะไมโลสกลายเป็นสารประกอบ กรดไขมัน-อะไมโลส และมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งทำให้เนื้อสัมผัส (texture) ของข้าวสุกแข็งมากขึ้นและความเหนียวลดลง สำหรับส่วนของโปรตีนจะเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนกับกรดอะมิโน ทำให้มีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งเช่นเดียวกับกรดไขมัน นอกจากนี้ ผลของปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนยังทำให้สารระเหยที่ได้จากกรดอะมิโนที่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบลดลง ทำให้กลิ่นของข้าวเปลี่ยนไป นอกจากนี้ปฏิกิริยาโปรตีนยังทำให้เกิด ปฏิกิริยา non enzymatic browning และมีผลให้สีของข้าวคล้ำลง การเปลี่ยนแปลงต่างๆ เหล่านี้

ทำให้ข้าวเก่ามีคุณภาพการหุงต้มและข้าวสุกแตกต่างจากข้าวใหม่ คือ ข้าวเก่าต้องการเวลาในการหุงต้มนานกว่า มีความสามารถในการดูดน้ำ (water absorption) และขยายปริมาตร (volume expansion) ได้มากกว่าข้าวใหม่ ในขณะที่น้ำข้าวจะมีของแข็ง (total solid) ลดลงและ ข้าวสุกร่วนและแข็งขึ้น กลิ่นหอมของข้าวลดลง เมล็ดข้าวเก่ามีสีคล้ำลงเนื่องจากความเหนียวของข้าวสุกลดลง (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดมี 2 ลักษณะ คือ คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพการหุงต้มตลอดจนการรับประทาน คุณภาพทางกายภาพประกอบด้วย (1) ขนาดและรูปร่างของเมล็ด การวัดขนาดเมล็ดนิยมใช้ virnier วัดจากเมล็ดที่สุ่มมาอย่างน้อย 10 เมล็ด ข้าวที่มีคุณภาพเมล็ดดีควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 7.2 มิลลิเมตร (2) ท้องไข่ (chalkiness) เป็นจุดขาวทึบแสงภายในเมล็ดซึ่งเกิดจากผลึกแป้งภายในเมล็ดอัดกันไม่แน่นพอเกิดเป็นช่องอากาศเล็กๆ ขึ้น การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดต้องคัดเลือกข้าวที่มีท้องไข่น้อย (3) คุณภาพการสี คือปริมาณข้าวสารและต้นข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือก (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษาสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 1

องค์ประกอบ	การเปลี่ยนแปลง	ผลต่อการหุงต้ม	ผลต่อการสุก



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2545)

สำหรับคุณภาพการหุงต้มของข้าวสารขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีในเมล็ด ดังนี้ (1) ปริมาณอะไมโลส การหุงต้มข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงต้องการปริมาณน้ำมากและเมื่อสุกจะได้ข้าวร่วนฟู ได้ข้าวปริมาตรมากและขึ้นหม้อ ในขณะที่ข้าวอะไมโลสต่ำเป็นข้าวเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อนและไม่ขึ้นหม้อ (2) ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) ข้าวที่มีค่าความคงตัวอ่อนเมื่อสุกแล้วจะนุ่มกว่าข้าวที่มีค่าความคงตัวแข็ง หากข้าวทั้งสองมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในระดับเดียวกัน (3) การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio) ในระหว่างการหุงต้ม เช่น เมล็ดข้าวจะขยายตัวด้านยาวช่วยให้เป็นข้าวขึ้นหม้อ (งามชื่น, 2542)

จิรศักดิ์ และคณะ (2547) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิสายพันธุ์ 105 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 37°C ผลการทดลองพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของข้าวที่เก็บไว้ทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากับ 0.9-7.8 และ 0.9-9.6 U/100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ของข้าวสารที่เก็บที่อุณหภูมิ 37°C มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนข้าวสารที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C มีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา คุณสมบัติความหนืดวัดโดยเครื่องวัดความหนืด RVA ของแป้งข้าวสารพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเก็บข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูง

Kaur and Singh (2000) ศึกษาการรวมตัวอย่างซับซ้อนของอะไมโลส-ไขมัน ระหว่างการหุงต้มแป้งข้าวเจ้า กรดไขมันที่พบคือ กรด myristic, palmitic และ stearic และได้ศึกษาคุณสมบัติการละลายและการเกิดเป็นน้ำแป้ง ปริมาณกรดไขมันที่เติมเข้าไปคือ 1.5, 3 และ 4.5% ทำการหุงต้มที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที ปรากฏว่า การรวมตัวของอะไมโลส-ไขมัน เพิ่มขึ้น สำหรับความสามารถในการละลายนั้นจะลดลงเมื่อเพิ่มระดับของกรดไขมัน ส่วนการรวมตัวของอะไมโลสและกรดไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหุงต้ม และการเพิ่มกรดไขมันทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มขึ้น

Leelayuthsoontorn and Thipayarat (2006) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและโครงสร้างของข้าวหอมมะลิในสภาวะการหุงต้มต่างๆ คือ ใช้อุณหภูมิ 80, 100, 120 และ 140°C ความดัน 0, 0.1, 0.3 และ 0.5 KPa ข้าวที่หุงต้มด้วยอุณหภูมิสูงจะนุ่ม เมล็ดข้าวเกาะกัน เมื่อส่องด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM) พบว่ารูมีขนาดใหญ่ขึ้นและหนาขึ้นบริเวณชั้นในเนื้อเยื่อ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเนื้อเยื่อชั้นนอกจะเป็นรูเล็ก การต้มมีผลต่อลักษณะภายนอก เช่น สี เนื้อสัมผัส ในขณะที่ความดันมีผลเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีผลเลย

Rehman (2006) ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณค่าทางโภชนาการในข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว โดยอุณหภูมิที่ใช้คือ 10, 25 และ 45°C ระยะเวลา 0, 3 และ 6 เดือน พบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนและแป้งเมื่อ

เก็บไว้ที่ 25 และ 45°C ที่ระยะเวลา 6 เดือน ไลซีนและไทอะมีนสูญเสียเมื่อเก็บไว้ที่ 25 และ 45°C น้ำตาลสูญเสียที่อุณหภูมิ 45°C ที่ระยะเวลา 6 เดือน กล่าวคือไม่ควรเก็บข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 25°C

7. คุณภาพการรับประทานของข้าว (eating quality)

เป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อทั้งนี้เพราะความชอบของผู้บริโภคแตกต่างกัน (กรมวิชาการเกษตร, 2545) คุณภาพการรับประทานของข้าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพการหุงต้ม เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสข้าวตามคุณภาพการรับประทานของผู้บริโภค (อรอนงค์, 2547) คุณภาพการรับประทานอาจศึกษาในด้านความเหนียว และความแข็ง โดยใช้เครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron food tester) แต่การตรวจสอบที่ตรงประเด็นที่สุดคือ การตรวจสอบโดยใช้ประสาทสัมผัส (sensory) ลักษณะข้าวหุงสุกที่ให้ผู้ชิมประเมินคือ กลิ่น (aroma) กลิ่นรส (flavor) หรือรสชาติ (taste) ความนุ่ม (tenderness) หรือ ความแข็งหรือกระด้าง (hardness) ความเกาะตัวกัน (cohesiveness) หรือความเหนียวติดกัน (stickiness) ลักษณะปรากฏ (appearance) และความขาว (whiteness) หรือสี (color) โดยให้คะแนนในช่วง 2-11 สำหรับผู้ชิมที่ฝึกฝน และ 6 คะแนน สำหรับผู้บริโภค (อรอนงค์, 2547)

Lee *et al.* (1995) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเสริมแคลเซียม พบว่าข้าวที่มีการเสริมและไม่เสริมแคลเซียมนั้นจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต่างกันโดยเฉพาะค่าความแข็งและค่าความแน่นเนื้อซึ่งในข้าวที่มีการเสริมแคลเซียมมีค่ามากกว่า แต่ค่าการไหลของแป้งเปียกพบว่าในข้าวเสริมแคลเซียมมีค่าน้อยกว่าข้าวที่ไม่เสริมแคลเซียม และการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกพบว่าข้าวที่เสริมแคลเซียมมีคะแนนด้านความนุ่มและความเหนียวติดกันมากกว่าข้าวที่ไม่เสริมแคลเซียม

Dipti *et al.* (2002) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และสมบัติการหุงต้มของข้าว 6 สายพันธุ์ในประเทศบังกลาเทศ พบว่าข้าวที่มีสมบัติทางเคมีและเปอร์เซ็นต์การขัดสีสูงที่สุดคือ พันธุ์ BRRIdhan 28 ส่วนข้าวพันธุ์ Khazar มีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดต่ำที่สุด ซึ่งข้าวทั้งสองพันธุ์นี้มีลักษณะปรากฏดีกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ การศึกษาสมบัติในการหุงต้ม พบว่าข้าวทั้ง 6 สายพันธุ์มีอัตราการยืดตัวของเมล็ด และอัตราการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกันมาก ส่วนเวลาที่ใช้ในการหุงต้มนั้นต่างกัน พบว่าพันธุ์ Basmati 44 88 ใช้เวลาในการหุงสุกนานที่สุด

Singh *et al.* (2005) ทำการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และคุณภาพการหุงต้มของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ พบว่าปริมาณของอะไมโลสมีความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการหุงสุกในทิศทางตรงกันข้ามแต่มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับค่าการสูญเสียของปริมาณของแข็ง ส่วนค่าการ

เกาะติดมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับปริมาณอะไมโลสและค่าการสูญเสียของปริมาณของแข็ง แต่มีทิศทางตรงกันข้ามกับเวลาที่ใช้ในการหุงสุก

Yau and Haung (1996) วิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุก 4 สายพันธุ์ ใช้การทดสอบเชิงพรรณนาและให้คะแนนในช่วง 1-15 แบ่งเป็น 1 = อ่อน 7 = ปานกลาง 15 = แข็งมาก โดยนำตัวอย่าง 2 อุณหภูมิให้ผู้ทดสอบชิม คือ 18°C (หุงสุกแล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 18°C นาน 24 ชั่วโมง) และที่อุณหภูมิ 60°C (หุงสุกแล้วชิมตัวอย่างทันที) ลักษณะข้าวหุงสุกที่ให้ผู้ชิมประเมินได้แก่ กลิ่นของข้าวสุก (hot-rice aroma) ความแข็งหรือกระด้าง ความเกาะตัวกัน ความหลวม (looseness) กลิ่นของข้าวกล้อง (brown-aroma rice) ความหวาน (sweetness) กลิ่นของข้าวสุกเมื่อเย็น (cold-rice aroma) และลักษณะการเคี้ยว (chewiness) พบว่าลักษณะข้าวหุงสุกที่ผู้ชิมให้คะแนนประเมินสูงสุดที่อุณหภูมิ 60°C คือ ความหลวม กลิ่นของข้าวสุก และกลิ่นของข้าวกล้อง

Qingyun *et al.* (2006) ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้างหุงสุก 90 สายพันธุ์ โดยวิธี Four-samples sensory test และผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 20 คน ประเมินคุณลักษณะ 7 ประการ คือ กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ ความสว่าง และการชิม ให้ระดับคะแนนตั้งแต่ –5 ถึง 5 ส่วนความเหนียว และความแข็งหรือกระด้าง ให้ระดับคะแนนตั้งแต่ –3 ถึง 3 การหุงใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:1.4 แช่ในน้ำ 30 นาที ก่อนนำไปหุงเป็นเวลา 20 นาทีและอุ่นไว้ก่อน 10 นาที จึงนำไปให้ผู้ทดสอบชิมโดยทดสอบช่วงเช้าเวลา 10.00 น. และช่วงบ่ายเวลา 15.30 น. พบว่ามีความชอบที่แตกต่างกันไปตามแหล่งภูมิลำเนาหรือที่อยู่อาศัย

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105)

เป็นข้าวเจ้าหอม ซึ่งได้มาโดยนายสุนทร สีหะเนิน พนักงานเกษตร รวบรวมจากอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เมื่อ พ.ศ. 2493 - 2494 จำนวน 199 รวงแล้วนำไปคัดเลือกแบบคัดพันธุ์บริสุทธิ์ (Pure Line Selection) และปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง แล้วปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ ท้องถิ่นในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จนได้สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 4-2-105 ซึ่งเลข 4 หมายถึง สถานที่เก็บรวงข้าว คือ อ.บางคล้า เลข 2 หมายถึง พันธุ์ทดสอบที่ 2 คือ ขาวดอกมะลิ และเลข 105 หมายถึง แถวหรือรวงที่ 105 จากจำนวน 199 รวง และได้รับการรับรองพันธุ์โดยคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ ให้ใช้ขยายพันธุ์ เป็น พันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2502 และให้ชื่อว่า "ขาวดอกมะลิ 105" ลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญได้แก่ สูงประมาณ 140 เซนติเมตร ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้เฉพาะนาปี ลำต้นสีเขียวจาง ใบสีเขียวยาวค่อนข้างแคบ ฟางอ่อน ใบธงทำมุมกว้างกับรวง เมล็ดข้าวรูปร่างเรียวยาว ข้าวเปลือกสีฟาง อายุเก็บเกี่ยว ประมาณ 25 พฤศจิกายน ระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 8 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้อง กว้าง x ยาว x หนา = 2.1x 7.5

x 1.8 มิลลิเมตร ปริมาณอะไมโลส 12-17% คุณภาพข้าวสุก นุ่มหอม ผลผลิตประมาณ 363 กิโลกรัมต่อไร่ มีลักษณะเด่นคือ ทนแล้งได้ดีพอสมควร ปลูกเป็นข้าวไร่ได้เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง คุณภาพการขัดสีดี คุณภาพการหุงต้มมีกลิ่นหอมและอ่อนนุ่ม โรงสีมีความต้องการสูง จำหน่ายได้ราคาดี แตกกอดี ต้นสูง เก็บเกี่ยวง่าย ทนต่อสภาพดินเปรี้ยว และดินเค็ม แต่มี ข้อควรระวังคือไม่ต้านทานโรคใบสีส้ม โรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ และโรค ใบหงิก ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียวและหนอนกอ ส่วนพื้นที่แนะนำคือทุกภาคของประเทศไทย แต่แหล่งผลิตที่สำคัญและคุณภาพดีที่สุดอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (http://www.ricethailand.org/tech/KDM105.htm)

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2

ได้จากการผสมพันธุ์ 3 ทาง ระหว่าง F1 ของสายพันธุ์ CNTLR81122- PSL-37-2-1 และ SPRLR81041-194-2-1 กับ IR 56 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ในปี พ.ศ. 2533-2534 คัดเลือกแบบสืบตระกูล ตั้งแต่ F1-F5 ในปี พ.ศ. 2535-2538 ได้สายพันธุ์ PSL91014-16-1-5-1 นำเข้าศึกษาพันธุ์ในปี พ.ศ. 2538-2539 เปรียบเทียบผลผลิตในสถานี ระหว่างสถานีและในนาเกษตรกรในปี พ.ศ. 2540-2542 ศึกษาเสถียรภาพในการให้ผลผลิต เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ในปี พ.ศ. 2540-2542 และได้รับการพิจารณารับรองพันธุ์ เมื่อวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2543 โดยมีลักษณะเด่นคือ ให้ผลผลิตสูง คือ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 807 กิโลกรัม ต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าชัยนาท 1 ที่ให้ผลผลิต 716 กิโลกรัมต่อไร่ 15% มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตดีสม่ำเสมอ ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว และเพลี้ยจักจั่นสีเขียว มีคุณภาพเมล็ดดี รูปร่างเรียวยาว มีท้องไข่น้อย และคุณภาพการสีดีมาก เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่นาชลประทานในเขตภาคเหนือตอนล่าง ที่มีการระบาดของเพลี้ยกระโดด สีน้ำตาล เพื่อลดการระบาดของแมลง โดยสามารถปลูกในพื้นที่เดียวกับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เพื่อให้เกิดความหลากหลายของพันธุ์ข้าว และป้องกันการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

ข้าวพันธุ์ชัยนาท1

ได้มาจากการผสม 3 ทางระหว่างข้าวสายพันธุ์ IR13146-158-1 กับ IR15314-43-2-3-3 และ BKN6995-16-1-1-2 ในปี พ.ศ. 2525 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท ในปีพ.ศ. 2525 - 2529 ปลูกข้าวพันธุ์ผสมชั่วที่ 1 ถึงชั่วที่ 6 จนได้สายพันธุ์ CNTBR82075-43-2-1 ปีพ.ศ. 2530 – 2535 เปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี ระหว่างสถานี และในนาราษฎร์ ปีพ.ศ. 2535 พิจารณาเป็นสายพันธุ์ข้าวดีเด่น และรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 9 กันยายน 2536 โดยกรมวิชาการเกษตร และให้ชื่อว่า ข้าวเจ้าชัยนาท1 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง อายุประมาณ 119 วันเมื่อปลูกฤดูฝน และ

130 วันในฤดูแล้ง สูงประมาณ 113 ซม. มีลักษณะทรงกอตั้ง ใบสีเขียว ใบธงค่อนข้างยาวตั้งตรง ใบแก่ช้า รวงยาวและแน่น คอรวงสั้น ระแง้ค่อนข้างถี่ เมล็ดยาวเรียวเปลือกเมล็ดสีฟาง ท้องไข่น้อย ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ มีลักษณะเด่นคือ ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนดี ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว ต้านทานโรคใบหงิก และค่อนข้างต้านทานโรคไหม้ ให้ผลผลิตเฉลี่ยในฤดูฝน 725 กก./ไร่ และในฤดูแล้ง 754 กก./ไร่ และมีคุณภาพการสีดี ข้าวเมื่อหุงสุกมีลักษณะร่วนแข็ง ประเภทข้าวเสาไห้ นำไปแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ เส้นก๋วยจั๊บ และเส้นขนมจีนได้ แนะนำให้ปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่าง และภาคกลางในพื้นที่การทำนาเขตชลประทานโดยเฉพาะในแหล่งที่มีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว โรคใบหงิก และโรคไหม้ (ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท, 2550)

ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 (RD 6)

เป็นข้าวเหนียวต้นสูง ส่งเสริมให้ปลูกแบบข้าวนาสวนในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี ได้จากการปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์ โดยใช้รังสีแกมมาขนาด 20 กิโลแรต อาบเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้กลายเป็นพันธุ์ข้าวเหนียว แล้วนำมาปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวบางเขน และสถานีทดลองข้าว พิมาย จากการคัดเลือก ได้ข้าวเหนียวหลายสายพันธุ์ด้วยกันในต้นข้าวชั่วที่ 2 แต่สายพันธุ์ที่ให้ ผลผลิตสูงที่สุด คือ ขาวดอกมะลิ105, 65-G2U-68-254 เป็นข้าวเหนียวหอมที่มีคุณภาพดี พันธุ์แรกที่ได้จากการอาบรังสี ปรับตัวได้ดีเป็นที่นิยมปลูกและรับประทานกันมาก คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ใช้ขยายพันธุ์ได้เมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2520 ให้ใช้ชื่อพันธุ์ กข6 มีทรงกอกระจายเล็กน้อย ใบยาวสีเขียวเข้ม ใบธงตั้ง เมล็ดยาวเรียว ข้าวเปลือกสีน้ำตาล ความสูง ประมาณ 154 ซม. ผลผลิตประมาณ 670 กก./ไร่ ลักษณะพันธุ์ไวต่อช่วงแสง คุณภาพข้าวสุก นุ่มเหนียว หอม ระยะพักตัว ประมาณ 5 สัปดาห์ ลักษณะดีของข้าว กข6 ทนแล้งได้ดีพอสมควร ทำให้ได้ผลผลิตไม่ลดในฤดูการทำนาที่ฝนทิ้งช่วง คุณภาพการขัดสีดี และการคุณภาพการหุงต้มดีมาก ได้ข้าวสุกที่อ่อนนิ่ม มีกลิ่นหอม ลำต้นแข็ง ไม่ล้มง่าย ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ลักษณะต้นสูงเหมาะกับสภาพนาลุ่ม การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี รวงยาว ลักษณะเมล็ดยาว ให้ผลผลิตสูง ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล เก็บเกี่ยวง่าย นวดง่ายลักษณะเสียของข้าวพันธุ์ กข6 เป็นพันธุ์ที่ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี เนื่องจากข้าวพันธุ์นี้ มีต้นกำเนิดมาจากข้าวเจ้า เมื่อปลูกไปนาน ๆ จะกลายพันธุ์เป็นข้าวเจ้าได้ง่ายไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแมลงบั่ว (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวนครสวรรค์, เว็บไซต์)

ปทุมธานี1

คัดเลือกมาจากคู่ผสมเดี่ยวระหว่างข้าวหอมสายพันธุ์ BKNA6-18-3-2 และ PTT85061-86-3-2-1ที่ได้ผสมพันธุ์ในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2533 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ทั้งสายพันธุ์แม่และพ่อ มีเชื้อความหอมจากพันธุ์ข้าว กข 15 และข้าวหอมมะลิจากจังหวัดร้อยเอ็ดที่ชนะการประกวดดำเนินการคัดเลือกพันธุ์แบบสืบตระกูลจนถึงชั่วที่ 6 ระหว่างปี 2534-2536 จนได้สายพันธุ์ PTT90071-93-8-1-1 ได้นำมาศึกษาพันธุ์และเปรียบเทียบผลผลิตเบื้องต้นในปี พ.ศ. 2536 ถึง 2538นำเข้ามาทดสอบในการทดลองการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานี การเปรียบเทียบผลผลิตในนาราษฎร์และผ่านการทดสอบความต้านทานต่อโรคแมลงศัตรูข้าว การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดทางกายภาพและทางเคมี การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนและการศึกษาเสถียรภาพของผลผลิตระหว่างปี 2539-2541 และได้รับการคัดเลือกให้เป็นหนึ่งในข้าวสวยพันธุ์ดีเด่นของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ให้ปลูกขยายพันธุ์เป็นข้าวพันธุ์ดัก เพื่อเตรียมการขยายพันธุ์ต่อไป ลักษณะดีเด่นของข้าวปทุมธานี1 เป็นข้าวเจ้าหอม ไม่ไวต่อช่วงแสง ลักษณะเมล็ดทางกายภาพมีเมล็ดเรียวยาวคล้ายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 เป็นข้าวหุงสุกง่าย เมื่อหุงสุกมีลักษณะนุ่มเหนียว เช่นเดียวกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง โดยมีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดีกว่าข้าวเจ้าหอมคลองหลวง1 ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรีและข้าวเจ้าชัยนาท1 ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง ประมาณ 650-774 กิโลกรัมต่อไร่ (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวนครสวรรค์, เว็บไซต์)

ผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้ สรุปได้ดังตารางที่ 5 และ 6 ซึ่งแสดงคุณสมบัติของข้าวที่ทำการศึกษาทางด้านกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพ รูปที่ 2 แสดงค่าการสลายตัวในด่าง ในขณะที่ตารางที่ 7 แสดงความหนืดของข้าวพันธุ์ต่างๆ และตารางที่ 8 สรุปผลการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผสมของข้าวพันธุ์ต่างๆ

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้าว 5 สายพันธุ์ด้านกายภาพ ก่อนการหุงต้ม

คุณภาพ	พันธุ์ข้าว				
	ขาวดอกมะลิ105	กข6	ปทุมธานี1	ชัยนาท1	พิษณุโลก2
ความยาว (ม.ม.)	$7.40^{b} \pm 0.03$	$6.93^{c} \pm 0.02$	$7.36^{b} \pm 0.02$	$7.52^{ab} \pm 0.04$	$7.73^{a} \pm 0.38$
ความกว้าง (ม.ม.)	$2.08^{bc} \pm 0.16$	$2.24^{a} \pm 0.01$	$2.06^{c} \pm 0.05$	$2.09^{bc} \pm 0.00$	$2.12^{b} \pm 0.00$
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง	$3.56^{a} \pm 0.02$	$3.09^{b} \pm 0.01$	$3.62^{a} \pm 0.03$	$3.61^{a} \pm 0.03$	$3.65^{a} \pm 0.17$
สี					
L*	$73.14^{d} \pm 0.04$	$80.73^{a} \pm 0.08$	$74.05^{c} \pm 0.17$	$74.17^{c} \pm 0.72$	$75.41^{b} \pm 0.04$
a*	$1.53^{a} \pm 0.13$	$0.34^{c} \pm 0.04$	$1.26^{b} \pm 0.15$	$1.52^{a} \pm 0.06$	$1.57^{a} \pm 0.11$
b*	$18.61^{ns} \pm 0.13$	$17.50^{ns} \pm 0.16$	$16.55^{ns} \pm 2.97$	$16.52^{ns} \pm 0.15$	$16.77^{ns} \pm 0.06$

a - c = ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns = ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับในแถวเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

L* คือ ความสว่างของสี มีค่า 0-100 (0 = สีดำ และ 100 = สีขาว)

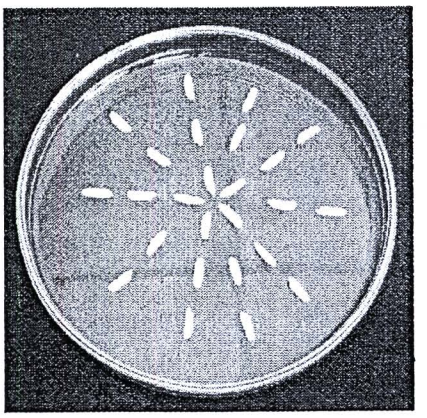
a* คือ ความเป็นสีเขียว-สีแดง (ค่า a*- = สีเขียว และ a*+ = สีแดง)

b* คือ ความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน (ค่า b*- = สีน้ำเงิน และ b*+ = สีเหลือง)

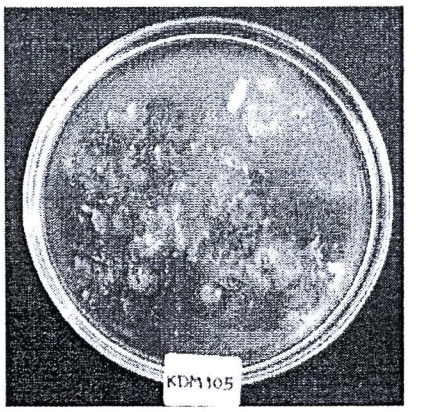
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้าว 5 สายพันธุ์ด้านเคมี และเคมีกายภาพ ก่อนการหุงต้ม

คุณภาพ	พันธุ์ข้าว				
	ขาวดอกมะลิ105	กข6	ปทุมธานี1	ชัยนาท1	พิษณุโลก2
ด้านเคมี					
ความชื้น (%)	$12.62^{a} \pm 0.12$	$12.60^{a} \pm 0.05$	$10.90^{c} \pm 0.07$	$10.90^{c} \pm 0.05$	$11.62^{b} \pm 0.13$
ปริมาณอะไมโลส (%)	$16.80^{c} \pm 0.10$	$7.00^{d} \pm 0.10$	$16.00^{c} \pm 0.10$	$30.50^{b} \pm 0.11$	$33.40^{a} \pm 0.10$
ปริมาณโปรตีน (%)	$7.20^{c} \pm 0.32$	$8.32^{a} \pm 0.12$	$7.85^{b} \pm 0.07$	$7.47^{bc} \pm 0.00$	$7.64^{bc} \pm 0.15$
ค่าการสลายตัวในด่าง	$6.64^{a} \pm 0.14$	$6.20^{a} \pm 0.18$	$6.47^{a} \pm 0.32$	$4.45^{b} \pm 0.20$	$6.25^{a} \pm 0.50$
ด้านเคมีกายภาพ					
ระยะการไหลของแป้งสุก (ม.ม.)	$20.33^{c} \pm 0.58$	$102.00^{a} \pm 0.00$	$32.00^{b} \pm 2.65$	$18.67^{c} \pm 0.15$	$32.33^{b} \pm 2.52$

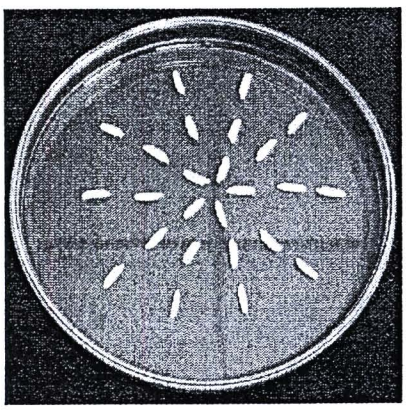
a - c = ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



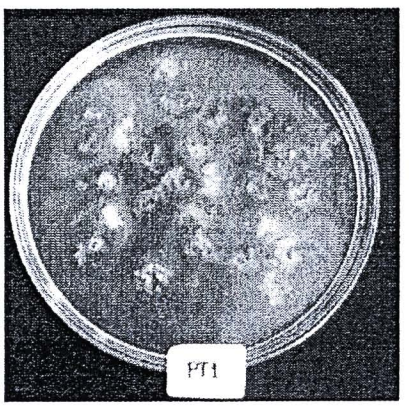
A



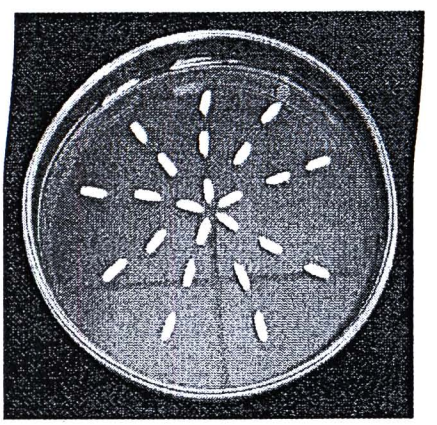
B



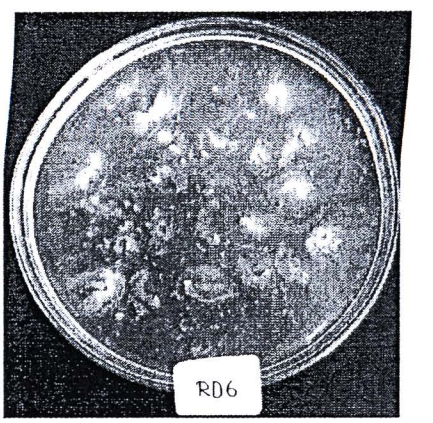
C



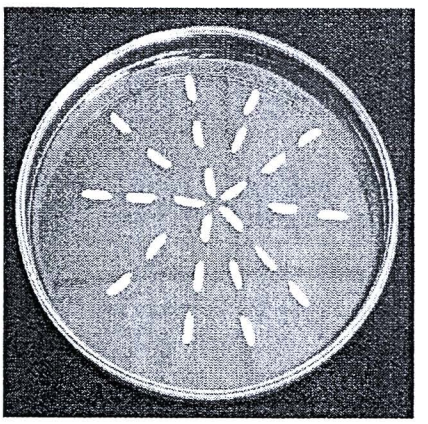
D



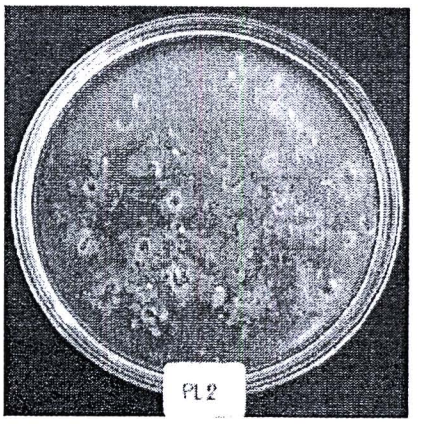
E



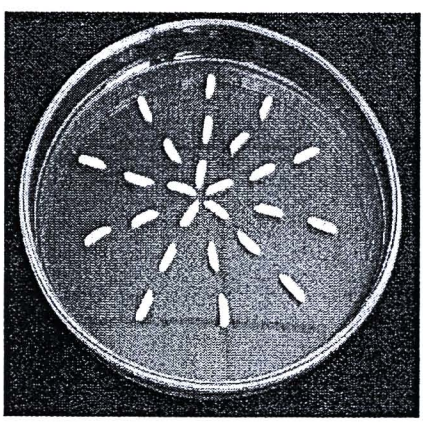
F



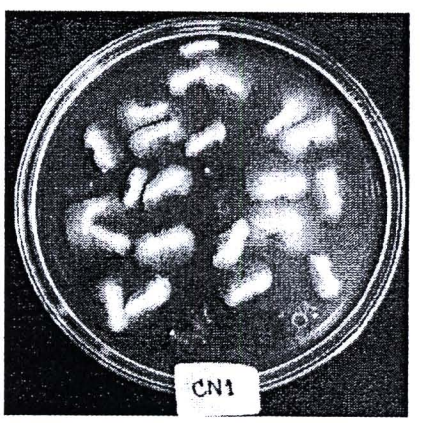
G



H



I



J

รูปที่ 2 ค่าการสลายตัวในด่างของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (A, B,) ปทุมธานี1 (C, D) กข6 (E, F) พันธุ์พิษณุโลก2 (G, H) และชัยนาท1 (I, J) ทั้งก่อน (A, C, E, G, I) และหลัง (B, D, F, H, J) การแช่ด่าง

ตารางที่ 7 ความหนืดของข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ เมื่อทดสอบด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer

พันธุ์ข้าว	Pasting	ความหนืด (RVU)				
	Temperature (°C)	Peak viscosity	Trough viscosity	Final viscosity	Breakdown	Setback form peak
ขาวดอกมะลิ105	83.43^{b} ± 1.18	309.50^{b} ± 2.50	180.33^{a} ± 0.25	370.63^{b} ± 1.79	129.17^{b} ± 2.75	61.13^{c} ± 0.71
กข6	69.63^{d} ± 0.03	225.71^{d} ± 0.29	132.96^{b} ± 0.96	182.13^{e} ± 2.55	92.75^{c} ± 0.67	-43.58^{e} ± 2.25
ปทุมธานี1	83.78^{b} ± 0.03	341.25^{a} ± 2.17	179.21^{a} ± 2.88	306.00^{c} ± 2.09	162.04^{a} ± 0.71	-35.25^{d} ± 0.33
ชัยนาท1	79.88^{c} ± 0.08	267.92^{c} ± 0.25	175.58^{a} ± 0.00	399.62^{a} ± 2.05	92.33^{c} ± 0.25	224.04^{a} ± 2.04
พิษณุโลก2	86.53^{a} ± 1.18	141.46^{e} ± 0.54	110.67^{c} ± 0.75	222.84^{d} ± 2.09	30.79^{d} ± 0.21	81.38^{b} ± 2.63

a - e = ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 สรุปผลการคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ผสมกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 และกข6 ที่มีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

สัดส่วนข้าว : น้ำ	ข้าวขาวดอกมะลิ105 (%)	อัตราส่วนระหว่างพันธุ์ข้าว (%)			
		พิษณุโลก2 : ปทุมธานี1	ชัยนาท1 : ปทุมธานี1	พิษณุโลก2 : กข6	ชัยนาท1 : กข6
1 : 1.7	100	60:40	50:50	60:40	70:30
1 : 2	100	70:30	50:50	70:30	70:30
1 : 2.3	100	60:40	70:30	80:20	80:20

จากตารางที่ 8 เมื่อทำการคัดเลือกอัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำที่ให้เนื้อสัมผัสของข้าวผสมที่ใกล้เคียงกับข้าวขาวดอกมะลิ105 มากที่สุดได้แก่

1. ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ผสมกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ในอัตราส่วน 60:40 และอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 2.3
2. ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ผสมกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ในอัตราส่วน 50:50 และอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 2
3. ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ผสมกับข้าวพันธุ์กข6 ในอัตราส่วน 80:20 และอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 2.3
4. ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ผสมกับข้าวพันธุ์กข6 ในอัตราส่วน 70:30 และอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 2

เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. บริษัทจิรวัฒน์เอ็กเพรส จำกัด. 115 น.

กรมวิชาการเกษตร. http://www.doa.go.th/germplasm/rice7.htm สืบค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2550.

งามชื่น คงเสรี. 2542. การปรับปรุงพันธุ์ข้าว. ศูนย์วิจัยข้าว สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร, เพลงพิณ ศิวพรรัก และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิสายพันธุ์ 105 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. (27), 285-297.

จีระศักดิ์ คำสุรีย์. 2549. ปริมาณและมูลค่าส่งออกข้าวของไทยปี 2547-2549. วารสารสถาบันอาหาร, 8(50), 27.

พักตร์ประไพ ประจำเมือง และวิชัย ลีลาวัชระมาศ. 2546. เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยแป้ง. วารสารศูนย์บริการวิชาการ.11(4): 28-31.

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวนครสวรรค์. 2549. http://seedcenter15.doae.go.th/LibraRiceSeeds/ricevar/RiceVarity/RiceVar-06-28.html สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2551

ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท. 2550. http://www.chainat.go.th/sub1/doa/#ข้าวพันธุ์ชัยนาท%201 สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2551.

สุนทรีย์ เกตุคง. 2549. ข้าว วิถี...วัฒนธรรม...การค้า. วารสารสถาบันอาหาร, 8(50), 33.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Choudhury, N.H. and Juliano, B.O. 1980. Effect of amylase content on the lipids of Mature Rice Grain. Phytochemistry, 19, 1385-1389.

Dipti, S. S., Hossain, S. T., Bari, M. N., and Kabir, K. A. 2002. Physicochemical and cooking properties of some fine rice varieties. *Journal of Nutrition*, 4, 188-190.

Juliano, B.O. 1993. Grain structure, composition and consumer criteria for quality. In rice in Human Nutrition. Juliano, B.O.(ed.), FAO Food and Nutrition Series, 26, 478 p.

Kaur, K., and Singh, N. 2000. Amylose-lipid complex formation during cooking of rice flour. *Food Chemistry*, 71, 511-517.

Leach, H. W. 1965. Gelatinization of starch, in starch : Chemistry and Technology, Whister, R.L.,Parchall, J. N. B. and Loberts, H. J 9ed.), New York, Academic Press, 579 p.

Leelayuthsoontorn, P., and Thipayarat, A. 2006. Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions. *Food Chemistry*, 96, 606-613.

Morrision, W. R., Milligan, T. P. and Azudin, M. N. 1984. A relationship between the amylase and lipid contents of starch from diloid cereals. J. Ceral Sci., 2, 257 .

Oates, C. G. 1997. Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis. Trends in Food Science and Technology, 8, 375-382.

Ong, M. H. and Blanshard, J. M. V. 1995. Texture determinants in cooked, parboiled rice. I : Rice starch amylase and the fine structure of amylopectin. J. of Cereal Sci, 21, 251-260.

Qingyun, L., Yeming, C., Mikami, T., Kawano, M., and Zaigui, L. 2006. Adaptability of four-sample sensory tests prediction of visual and near-infared reflectance spectroscopy for Chinese indica rice. *Journal of Engineering*, 79(4), 1445-1451.

Rehman, Z. U. 2006. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed cereals. *Food Chemistry*, 95, 53-57.

Singh, N., Kaur, L., Sodhi, S. N., and Sekhon, S. K. 2005. Physicochemical, cooking and texture properties of milled rice from different Indian rice cultivars. *Food Chemistry*, 89, 253-259.

Thomas, D. J. and Alwell, W.A. 1999. Starch structure, in starches. Eagan Press, Minnesota, USA., 1-11.

Yau, N. J. N., and Huang, J. J. 1996. Sensory analysis of cooked rice. *Food Quality and Preference*, 7, 263-370.

****