อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

IMPROVEMENT OF ODOUR AFTER COOKING OF CHAI NAT1 AND PHITSANULOK2 RICE TO BE SIMILAR TO KHAO DAWK MALI105 RICE

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์
และคณะ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน - 5 JUL 2011
เลขทะเบียน.....
เลขเรียกหนังสือ.....

21 กันยายน 2553

สัญญาเลขที่ AG-AR-002/2552

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

IMPROVEMENT OF ODOUR AFTER COOKING OF CHAI NAT1 AND PHITSANULOK2 RICE TO BE SIMILAR TO KHAO DAWK MALI105 RICE

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีนา น้อยทัพ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

นางสุพัตรา สุวรรณธาดา

ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2552

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหอพักคุณพ่อดอกรัก ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ที่ให้ความอนุเคราะห์ใบเตย และโรงสีไฟสิงหวัฒน์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 นอกจากนี้ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดินปี 2552 ซึ่งทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คณะผู้วิจัย

21 กันยายน 2553

บทคัดย่อ

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เป็นข้าวที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเนื่องจากเหนียวนุ่มและมีกลิ่นหอมของ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ในขณะที่ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 เป็นข้าวไม่มีกลิ่นและปลูกกันมากในภาคเหนือตอนล่าง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105 โดยสกัดสาร 2AP จากใบเตย ซึ่งใช้ใบเตยใบที่แก่จัด โดยเก็บใบที่ 4 นับจากยอดลงมา นำมาหั่นเป็นฝอยจำนวน 20 กรัม ผสมกับน้ำ 200 มิลลิลิตร กลั่นนาน 1 ชั่วโมง ซึ่งได้สารสกัดจากใบเตย 120 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ประยุกต์ใช้กับข้าวพันธุ์ชัยนาท1และพิษณุโลก2 พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ใช้ระยะเวลาในการหุงสุกนาน 24 นาที โดยเติมสารสกัดจากใบเตยปริมาณ 105 มิลลิลิตร เมื่อทำการหุงข้าวผ่านไป 15 นาที และข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ใช้ระยะเวลาในการหุงสุกนาน 19 นาที โดยเติมสารสกัดจากใบเตยปริมาณ 50 มิลลิลิตร เมื่อทำการหุงข้าวผ่านไป 10 นาที จากนั้นศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ก่อนการหุงต้ม พบว่า ข้าวทั้งสามพันธุ์มีความยาวเมล็ด 7.08, 7.23 และ 7.69 มิลลิเมตร ตามลำดับ ปริมาณอะไมโลสร้อยละ 15.15, 27.28 และ 26.22 ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.63, 7.83 และ 7.80 ตามลำดับ ความคงตัวของแป้งสุก 94, 41 และ 37 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากนั้นศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมี ของข้าวทั้งสามพันธุ์หลังการหุงต้ม พบว่าข้าวทั้งสามพันธุ์มีความยาวเมล็ด 13.28, 12.78 และ 12.43 มิลลิเมตร ตามลำดับ ระยะเวลาการหุงสุก 15, 24 และ 19 นาที ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.07, 3.68 และ 3.71 ตามลำดับ โดยหลังการหุงต้มของข้าวสามพันธุ์ก่อนการเติมสารสกัดจากใบเตยตรวจพบสาร 2AP เฉพาะในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 แต่ไม่พบในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 และหลังการเติมสารสกัดจากใบเตย มีการตรวจพบสาร 2AP ในข้าวทั้งสามพันธุ์ จากนั้นศึกษาความเข้มของกลิ่นสารสกัดจากใบเตยนาน 12 ชั่วโมง โดยเก็บข้าวหุงสุกในบรรจุภัณฑ์สามชนิดคือ 1) หม้อหุงข้าวโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30-32 องศาเซลเซียส) 2) ถุงพลาสติกชนิดทนร้อน (PP) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-6 องศาเซลเซียส) และ 3) กล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟ (PET) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-6 องศาเซลเซียส) พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง การเก็บรักษาข้าวในหม้อหุงข้าวสามารถช่วยรักษากลิ่นใบเตยที่เหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 คือ ร้อยละ 41.28, 48.61 และ 45.63 ตามลำดับ การเก็บรักษาข้าวในถุงพลาสติกสามารถช่วยรักษากลิ่นใบเตยที่เหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 คือ ร้อยละ 40.34, 39.12 และ 44.47 ตามลำดับ และการเก็บรักษาข้าว

ในกล่องพลาสติกสามารถช่วยรักษากลิ่นใบเตยที่เหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 คือ ร้อยละ 42.71, 43.28 และ 41.78 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าว, ชัยนาท1, พิษณุโลก2, ขาวดอกมะลิ105, 2-อะซีทิล-1-ไพโรลีน

Abstract

Khao Dawk Mali105 was popular rice because its properties after cooking were sticky and soft texture and has aromatic odor from 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) while Chai Nat1 and Phitsanulok2 rice were non aromatic rice and mostly cultivated in the lower part of the north of Thailand. Therefore, the objective of this study was to improve odor after cooking of Chai Nat1 and Phitsanulok2 rice to be similar to Khao Dawk Mali105 rice by utilization of 2AP from pandan leave extract. The leaves were collected from the fourth leaves from the top downward, washed by tap water and cross sectional cut to about 1-2 ml. The 20 g of cut leaves were ground and placed in the round flask. Distilled water of 200 ml was added and the extraction unit was switched on for 1 h. The extract was kept in 120 ml brown vials at room temperature before further analysis. The extract was then applied to Phitsanulok2 and Chai Nat1 rice. In Chai Nat1 rice, cooking time was 24 min. The suitable time and amount of extract adding were 19 min and 105 ml, respectively. In Phitsanulok2 rice, cooking time was 19 min. The suitable time and amount of extract adding were 10 min and 50 ml, respectively. The properties of rice were investigated. The properties before cooking of Khao Dawk Mali105 Phitsanulok2 and Chai Nat1 rice including grain length were 7.08, 7.23 and 7.69 ml, respectively. Amylose contents were 15.15, 27.28 and 26.22%, respectively. Protein contents were 6.63, 7.83 and 7.80%, respectively. Gel consistency were 94, 41 and 37 ml, respectively. The properties after cooking of Khao Dawk Mali105, Phitsanulok2 and Chai Nat1 rice consisting of grain length were 13.28, 12.78 and 12.43 ml, respectively. Cooking time were 15, 24 and 19 min, respectively. Protein contents were 3.07, 3.68 and 3.71%, respectively. After cooking of three varieties of rice (non adding extract), 2AP was detected in only Khao Dawk Mali105 but Phitsanulok2 and Chai Nat1. After cooking of three varieties of rice (adding extract) 2AP was detected. The intensity of 2AP was studied for 12 h by storage of cooked rice

in three types of package, 1) rice cooker kept at room temperature (30-32 °C) 2) plastic bag (PP) kept at refrigerator (0-4 °C) 3) microwavable box (PET) kept at refrigerator (0-4 °C). It was found that after 12 h of storage, the cooked rice that kept in rice cooker had pandan odor remained 41.28, 48.61 and 45.63 % for Khao Dawk Mali105, Phitsanulok2 and Chai Nat1 rice, respectively. The cooked rice that kept in plastic bag (PP) had pandan odor remained 40.34, 39.12 and 44.47 % for Khao Dawk Mali105, Phitsanulok2 and Chai Nat1 rice, respectively. The cooked rice that kept in microwavable box (PET) had pandan odor remained 42.71, 43.28 and 41.78 % for Khao Dawk Mali105, Phitsanulok2 and Chai Nat1 rice, respectively.

Keywords: Rice, Chai Nat1, Phitsanulok2, Khao Dawk Mali105, 2-acetyl-1-pyrroline

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... iii

บทคัดย่อ..... iv

Abstract..... v

สารบัญ..... vii

สารบัญตาราง..... x

สารบัญภาพ..... xi

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย..... 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 1

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

ขอบเขตการวิจัย..... 2

ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย..... 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 2

วิธีดำเนินการวิจัย..... 16

ผลและวิจารณ์ผล..... 21

การถ่ายทอดเทคโนโลยี..... 53

สรุปผลการวิจัย..... 56

ข้อเสนอแนะ..... 57

เอกสารอ้างอิง..... 58

ภาคผนวก..... 61

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ประเภทและปริมาณของอะไมโลสในข้าวสาร	3
2	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส	4
3	ปริมาณของ 2-acetyl-1-pyrroline ในข้าวขาวและข้าวกล้อง	4
4	ความคงตัวของแป้งสุก	5
5	ประเภทของข้าวแบ่งตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก	5
6	สมบัติด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของสารสกัดจากใบเตย	22
7	คุณภาพข้าวก่อนการหุงต้มของข้าว 3 สายพันธุ์	32
8	คุณภาพข้าวหลังการหุงต้มของข้าว 3 สายพันธุ์	36
9	คุณภาพข้าวหลังการหุงต้มเมื่อใช้สารสกัดจากใบเตยสำหรับปรับปรุงกลิ่นร่วมกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2	39

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา.....	7
2	ใบเตยสดหั่นตามขวางก่อนนำไปสกัดสารปรับปรุงกลิ่น.....	21
3	ชุดกลั่นสารสกัดจากใบเตยด้วยน้ำ.....	21
4	ภาชนะบรรจุตัวอย่างสำหรับทดสอบกลิ่นหอมของข้าว.....	23
5	คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่เติมสารสกัดจากใบเตย ในเวลาที่ต่างกัน.....	24
6	คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่เติมสารสกัดจากใบเตย ในเวลาที่ต่างกัน (การยืนยัน).....	25
7	คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่เติมสารสกัดจากใบเตย ในเวลาที่ต่างกัน.....	26
8	คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่เติมสารสกัดจากใบเตย ในเวลาที่ต่างกัน (การยืนยัน).....	27
9	คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ในปริมาณการเติม สารสกัดจากใบเตยที่ต่างกัน.....	28
10	คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ในปริมาณการเติม สารสกัดจากใบเตยที่ต่างกัน (การยืนยัน).....	29
11	คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ในปริมาณการเติม สารสกัดจากใบเตยที่ต่างกัน.....	30
12	คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ในปริมาณการเติม สารสกัดจากใบเตยที่ต่างกัน (การยืนยัน).....	31
13	ค่าการสลายตัวในด่างของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (A,B) พิษณุโลก2 (C,D) และชัยนาท1 (E,F) ทั้งก่อน (A,C,E) และหลัง (B,D,F) การแช่ในด่าง.....	35
14	ระยะทางที่น้ำแป้งไหล (ความคงตัวของแป้งสุก) ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ105.....	38
15	การเก็บตัวอย่างข้าวหุงสุกในหม้อหุงข้าว (A) ถุงพลาสติกชนิดทนร้อน (PP) (B) และกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟ (PET) (C).....	40
16	ความเข้มด้านกลิ่นใบเตยในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในหม้อหุงข้าว.....	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	ความเข้มด้านกลิ่นสาบในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในหม้อหุงข้าว.....	42
18	ความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในหม้อหุงข้าว.....	43
19	ความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในหม้อหุงข้าว.....	44
20	ความเข้มด้านกลิ่นใบเตยในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก.....	45
21	ความเข้มด้านกลิ่นสาบในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก.....	46
22	ความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก.....	47
23	ความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก.....	48
24	ความเข้มด้านกลิ่นใบเตยในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในกล่องพลาสติก.....	50
25	ความเข้มด้านกลิ่นสาบในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในกล่องพลาสติก.....	51
26	ความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในกล่องพลาสติก.....	52
27	ความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในกล่องพลาสติก.....	53
28	บรรยากาศช่วงบรรยายภาคทฤษฎี.....	54
29	ภาพหมู่ช่วงบรรยายภาคทฤษฎี.....	54
30	การจัดตั้งอุปกรณ์ในการสกัดสารสกัดจากใบเตย.....	54
31	บรรยากาศระหว่างรอสารสกัดจากใบเตย.....	55
32	การนำสารสกัดจากใบเตยมาใช้ในการหุงข้าว.....	55
33	การซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างรอข้าวหุงสุก.....	55
34	ภาพหมู่หลังจบภาคปฏิบัติการ.....	55

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ข้าวเป็นอาหารหลักที่คนไทยส่วนใหญ่บริโภคเป็นประจำ ซึ่งประเทศไทยมีพันธุ์ข้าวหลายชนิดที่ทำการเพาะปลูกโดยให้ผลผลิตและคุณภาพแตกต่างกัน บางสายพันธุ์เป็นที่ต้องการของตลาด แต่บางสายพันธุ์กลับมีราคาตกต่ำ ความต้องการบริโภคข้าวของประชากรโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนของประชากรโลกที่มีอัตราการเติบโตของประชากรเพิ่มสูงขึ้น แม้ในระยะหลังจะเพิ่มในอัตราที่ลดลงก็ตาม ปริมาณการบริโภคข้าวของโลกในปัจจุบัน มีสูงกว่า 410 ล้านตันข้าวสาร ประเทศที่มีการบริโภคข้าวมากที่สุดในโลก คือประเทศจีน เนื่องจากเป็นประเทศที่มีประชากรมากที่สุด รองลงมาคือประเทศอินเดีย (สุนทรีย์, 2549) ประเทศไทยมีปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวขาว ปี พ.ศ. 2549 คือ 2,217,891 ตัน มีมูลค่า 25,720 ล้านบาท (จีระศักดิ์, 2549) ข้าวที่ผู้บริโภคนิยมสูงสุดคือ ข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นข้าวที่รู้จักกันดีในหมู่ผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศเพราะเป็นข้าวที่มีคุณภาพ เมื่อหุงต้มข้าวสวยนุ่มเหนียวและมีกลิ่นหอมโดยธรรมชาติ ซึ่งต่างจากข้าวทั่วไปที่เมื่อหุงต้มแล้วค่อนข้างร่วนแข็ง ข้าวหอมมะลิจึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจนกระทั่งผลผลิตข้าวหอมมะลิไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด โดยปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวหอมมะลิ ปี 2549 คือ 1,695,598 ตัน มีมูลค่า 31,891 ล้านบาท (จีระศักดิ์, 2549) ถ้ามีการปรับปรุงคุณภาพข้าวหลังการหุงต้มของข้าวสายพันธุ์อื่นให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับข้าวหอมมะลิจะเป็นผลดีทั้งด้านการตอบสนองความต้องการของตลาดและผู้บริโภคมีทางเลือกเพิ่มขึ้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ที่ทำการศึกษาคุณภาพด้านกายภาพและเคมีของข้าวบางสายพันธุ์เปรียบเทียบกับข้าวหอมมะลิเพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบ โดยรวมจากนั้นจึงหาวิธีการสกัดสารจากธรรมชาติเพื่อนำมาช่วยปรับปรุงคุณภาพของข้าวพันธุ์ที่ด้อยกว่าข้าวหอมมะลิโดยการแต่งกลิ่นหอมของข้าวด้วยสารสกัดจากธรรมชาติและสารสังเคราะห์และมีแนวโน้มพัฒนามาเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดความสะดวก สบายและง่ายต่อการใช้สอย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าวด้านกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวหอมมะลิ โดยการใช้สารสกัดจากใบเตย (2-acetyl-1-pyrroline, 2AP)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 โดยที่ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์และเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าทางการเกษตร

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ ศึกษาวิธีการสกัดสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) จากใบเตย เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ขณะหุงต้ม และเปรียบเทียบกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 พร้อมทั้งวิเคราะห์สมบัติด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของสาร 2AP ที่สกัดได้ จากนั้น ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ทั้งก่อนและหลังการหุงต้ม และศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ และศึกษาความคงทนของกลิ่นหอมของสาร 2AP หลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 เปรียบเทียบกับข้าวขาวดอกมะลิ105 เมื่อเติมสาร 2AP ในขณะหุงต้ม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

สามารถปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 หลังการหุงต้มให้มีกลิ่นคล้ายข้าวขาวดอกมะลิ105 โดยการเติมสาร 2-acetyl-1-pyrroline ที่ได้จากการสกัดจากใบเตยซึ่งนำมาเติมขณะหุงต้มข้าว โดยที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ข้าว

ข้าวคุณภาพดีที่ผลิตในประเทศไทยต้องเป็นข้าวที่มีเมล็ดยาวและรูปร่างเรียว ดังนั้นข้าวที่ซื้อขายกันในตลาดจึงมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกัน แต่คุณลักษณะของข้าวสุกที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการรับประทานอาจแตกต่างกันเช่น บางคนนิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับกันเป็นก้อน แต่บางคนชอบข้าวร่วนหุงขึ้นหม้อ เนื่องจากรูปร่างเมล็ดที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงมักเกิดปัญหาการ

ปนกันระหว่างข้าวต่างคุณภาพ ปัญหาเหล่านี้นอกจากกระทบต่อการบริโภคทั่วไปยังก่อความยุ่งยากต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากข้าว ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพข้าวสุกต่างกัน ได้แก่

ปริมาณอะไมโลส (amylose content) ในเมล็ดข้าวสารมีแป้งอยู่ประมาณ 90% โดยน้ำหนักแห้งเช่นเดียวกับธัญพืชชนิดอื่นๆ แป้งข้าวมีส่วนประกอบย่อยที่สำคัญคือ อะไมโลเพกติน (amylopectin) และอะไมโลส (amylose) แป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลเพคตินเพียงอย่างเดียว หรืออาจมีอะไมโลส ปนเล็กน้อย ข้าวเจ้าจะมีปริมาณอะไมโลสประมาณ 7-33% ในข้าวสาร หรือ 9-37% ในแป้ง ส่วนที่เหลือ 63-91% จะเป็นอะไมโลเพคติน สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน หรือที่เรียกกันทั่วๆ ไปว่า ปริมาณอะไมโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพของข้าวสุกแตกต่างกันคือ ข้าวอะไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำและทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสง ไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกจะแข็งและร่วน ส่วนข้าวเหนียวจะดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า และข้าวสุกที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า ได้มีการจัดประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวสารเป็น 5 ประเภท (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ดังแสดงในตารางที่ 1 ตัวอย่างข้าวและปริมาณอะไมโลสในตารางที่ 2 และปริมาณ 2-acetyl-1-pyrroline ในข้าวขาวและข้าวกล้องในตารางที่ 3

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)

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)

ตารางที่ 3 ปริมาณของ 2-acetyl-1-pyrroline ในข้าวขาวและข้าวกล้อง

พันธุ์	ปริมาณของ 2-acetyl-1-pyrroline (ppm)	
	ข้าวขาว	ข้าวกล้อง
Khao Dawk Mali105	0.07	0.20
Malakit Sungsong	0.09	0.02
Basmati370	0.07	0.17
Azucena	0.04	0.16
Taxas long Grain (ข้าวไม่หอม)	< 0.008	-
Carose (ข้าวไม่หอม)	< 0.006	-

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2545)

ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) ในระหว่างข้าวที่มีอะไมโลสสูงด้วยกัน ยังมีความแตกต่างกันในด้านคุณภาพข้าวสุก เช่น ข้าวที่มีแป้งสุกแข็งเมื่อหุงสุกแล้วจะแข็งกว่าข้าวที่มีแป้งสุกอ่อน การหาค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของข้าว โดยวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International

Rice Research Institute: IRRI) ได้แบ่งประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุกดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความคงตัวของแป้งสุก

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

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2545)

ความคงตัวของแป้งสุกมักมีความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณอะไมโลสซึ่งพบว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันก็ยังมีความแตกต่างกัน ดังนั้น ปัจจัยข้อนี้จึงอาจใช้คาดคะเนคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวที่มีความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสระหว่างพันธุ์ เช่น ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็งกว่าย่อมจะมีข้าวสุกแข็งและร่วนกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน ในการเก็บรักษาข้าวจะมีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกแข็งขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) แป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเมื่อค่อยๆ เพิ่มความร้อนจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่งแป้งจะเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมินี้เรียกว่า อุณหภูมิแป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุกนี้มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่จะหุงต้มข้าวให้สุกซึ่งอาจแบ่งประเภทข้าวตามอุณหภูมิที่แป้งสุกเป็น 3 ประเภทดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประเภทของข้าวแบ่งตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก

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

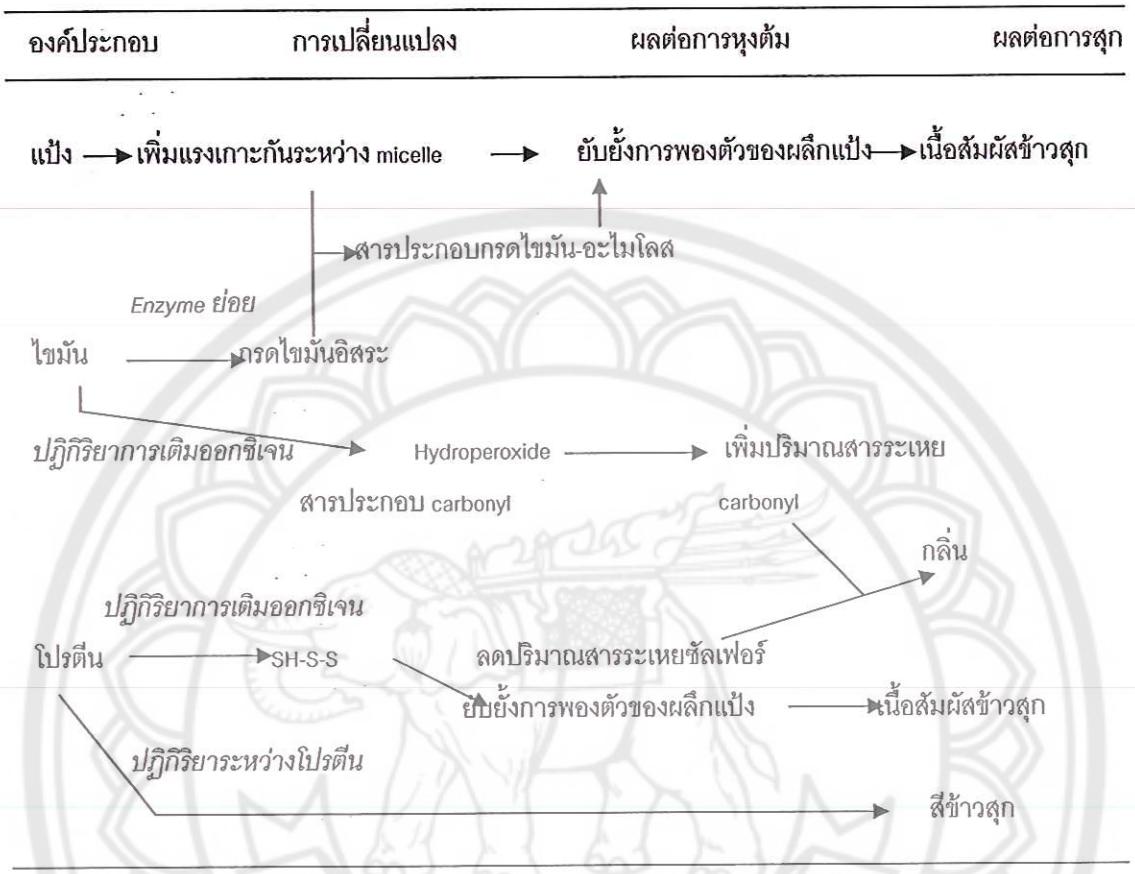
ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2545)

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

โปรตีน ในเมล็ดข้าวแม้จะมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งมากแต่ปริมาณของโปรตีนมีผลกระทบต่อคุณภาพข้าวสุกเล็กน้อย เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ หากเมล็ดข้าวมีโปรตีนสูงจะมีข้าวสุกที่กระด้างและมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

ความเก่าของข้าว ภายหลังการเก็บเกี่ยว ภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นโดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือน หลังการเก็บเกี่ยว เมล็ดข้าวขาวจะแกร่งขึ้น ทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น หากเมล็ดไม่ถูกแมลงทำลายในระหว่างการเก็บ การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากขบวนการที่เกี่ยวข้อง 3 องค์ประกอบคือ แป้ง ไขมันและโปรตีน ดังแสดงในภาพที่ 1 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ของไขมันทำให้เกิดกรดไขมันอิสระและทำให้สารกลุ่ม carbonyl เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นสาบในข้าวเก่า กรดไขมันอิสระนี้จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของอะไมโลสกลายเป็นสารประกอบ กรดไขมัน-อะไมโลส และมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้เนื้อสัมผัส (texture) ของข้าวสุกแข็งมากขึ้นและความเหนียวลดลง สำหรับส่วนของโปรตีนจะเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนกับกรดอะมิโน ทำให้มีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งเช่นเดียวกับกรดไขมัน นอกจากนี้ ผลของปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนยังทำให้สารระเหยที่ได้จากกรดอะมิโนที่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบลดลง ทำให้กลิ่นของข้าวเปลี่ยนไป นอกจากนี้ปฏิกิริยาโปรตีนยังทำให้เกิดปฏิกิริยา non enzymatic browning และมีผลให้สีของข้าวคล้ำลง การเปลี่ยนแปลงต่างๆ เหล่านี้ทำให้ข้าวเก่ามีคุณภาพการหุงต้มและข้าวสุกแตกต่างจากข้าวใหม่ คือ ข้าวเก่าต้องการเวลาในการหุงต้มนานกว่า มีความสามารถในการดูดน้ำ (water absorption) และขยายปริมาตร (volume expansion) ได้มากกว่าข้าวใหม่ ในขณะที่น้ำข้าวจะมีของแข็ง (total solid) ลดลงและข้าวสุกร่วนและแข็งขึ้น กลิ่นหอมของข้าวลดลง เมล็ดข้าวเก่ามีสีคล้ำลงเนื่องจากความเหนียวของข้าวสุกลดลง (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษาสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

ที่มา: 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)

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) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ105 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 สมบัติความหนืดวัดโดยเครื่องวัดความหนืด RVA ของแป้งข้าวสารพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเก็บข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูง

Kaur and Singh (2000) ศึกษาการรวมตัวอย่างซับซ้อนของอะไมโลส-ไขมัน ระหว่างการหุงต้มแป้งข้าวเจ้า กรดไขมันที่พบคือ กรด myristic, palmitic และ stearic และได้ศึกษาสมบัติการละลายและการเกิดเป็นน้ำแป้ง ปริมาณกรดไขมันที่เติมเข้าไปคือ 1.5, 3 และ 4.5% ทำการหุงต้มที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที ปรากฏว่า การรวมตัวของอะไมโลส-ไขมันเพิ่มขึ้น 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 สีและเนื้อสัมผัส ในขณะที่ความดันมีผลเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีผลเลย

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

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

คุณภาพการรับประทานของข้าว (eating quality) เป็นคุณภาพผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อทั้งนี้เพราะความชอบของผู้บริโภคแตกต่างกัน (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 พบว่าข้าวที่มีการเสริมและไม่เสริมแคลเซียมนั้นจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต่างกันโดยเฉพาะค่าความแข็งและค่าความแน่นเนื้อ ซึ่งในข้าวที่มีการเสริมแคลเซียมมีค่ามากกว่า 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 ส่วนค่าการเกาะติดมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับปริมาณอะไมโลสและค่าการสูญเสียของปริมาณของแข็งแต่มีทิศทางตรงกันข้ามกับเวลาที่ใช้ในการหุงสุก

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 ประการคือ 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

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (Khao Dawk Mali105) 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 แต่มีข้อควรระวังคือไม่ต้านทานโรคใบสีส้ม โรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ และโรคใบหงิก ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียวและหนอนกอ ส่วนพื้นที่แนะนำคือทุกภาคของประเทศไทย แต่แหล่งผลิตที่สำคัญและคุณภาพดีที่สุดอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ม.ป.ป.)

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 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าชัยนาท 1 ที่ให้ผลผลิต 716 กิโลกรัมต่อไร่ 15% มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตดีสม่ำเสมอ ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว และเพลี้ยจักจั่นสีเขียว มีคุณภาพเมล็ดดี รูปร่างเรียวยาว มีท้องไข่น้อย และคุณภาพการสีดีมาก เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่นาชลประทานในเขตภาคเหนือตอนล่าง ที่มีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพื่อลดการระบาดของแมลง โดยสามารถปลูกในพื้นที่เดียวกับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เพื่อให้เกิดความหลากหลายของพันธุ์ข้าว และป้องกันการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ม.ป.ป.)

ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ได้มาจากการผสม 3 ทางระหว่างข้าวสายพันธุ์ IR13146-158-1 กับ IR15314-43-2-3-3 และ BKN6995-16-1-1-2 ในปี พ.ศ. 2525 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท ในปี พ.ศ. 2525 - 2529 ปลูกข้าวพันธุ์ผสมชั่วที่ 1 ถึงชั่วที่ 6 จนได้สายพันธุ์ CNTBR82075-43-2-1 ปี พ.ศ. 2530 – 2535 เปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี ระหว่างสถานี และในนาราษฎร์ ปีพ.ศ. 2535 พิจารณาเป็นสายพันธุ์ข้าวดีเด่น และรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 9 กันยายน 2536 โดยกรมวิชาการเกษตร และให้ชื่อว่า ข้าวเจ้าชัยนาท 1 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)

2. เตยหอม

เตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) เป็นพืชในตระกูล screw pine วงศ์ Pandanaceae ลักษณะทั่วไปของเตยหอมคือ เป็นพืชในเขตร้อน มีประมาณ 600-700 ชนิด เช่น *P. amaryllifolius*, *P. odoratissimus* Linn., *P. testorius* Bl. และ *P. latifolius* เป็นต้น ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมักขึ้นเป็นกอในบริเวณชื้นแฉะ ใบเรียวคล้ายใบหอก ปลายใบแหลมและมีหนามตามขอบใบ บริเวณกลางใบเว้าลึก ถ้ามองด้านท้องใบจะมีลักษณะเป็นสันคล้ายกระดูกงูเรือ (นิจศิริและพะยอม, 2534) ใบของเตยมีกลิ่นหอมนิยมใช้ในการแต่งกลิ่นอาหารอย่างแพร่หลายในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

2.1 กลิ่นของใบเตย

สารประกอบที่ให้กลิ่นในใบเตยมีหลายชนิด โดยกลิ่นของใบเตยจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการนำใบเตยมาแปรรูปซึ่งทำให้องค์ประกอบของสารให้กลิ่นเปลี่ยนแปลง ในใบเตยสดสารระเหยที่วิเคราะห์พบเป็นปริมาณหลักโดย 73% ของสารระเหยที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมดคือ 3-methyl-2(5H)-furanone ซึ่งให้กลิ่นในลักษณะฉุน หวานคล้ายยา และจะพบสารให้กลิ่นเหม็นเขียวซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 6 อะตอมได้แก่ 3-haxanol, 4-methylpentanol, 3- hexanone และ 2- hexanone (Jiang, 1999) ทำให้กลิ่นของใบเตยสดแตกต่างไปจากใบเตยแปรรูปซึ่งโดยมากเป็นการนำไปผ่านความร้อน ใบเตยแปรรูปจะมีกลิ่นของ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) (กลิ่นข้าวโพดคั่ว กลิ่นใบเตย) แรงขึ้น ในขณะเดียวกันก็มีกลิ่นใบพืชต้มและกลิ่นใบยาสูบเกิดขึ้นในลักษณะเป็นของกลิ่นต้ม (boiled flavor) ในพืชโดยมากเป็นกลิ่นของสารประกอบซัลเฟอร์ เช่น methional (กลิ่นมันฝรั่งต้ม) thiazole (กลิ่นหอมหัวใหญ่สุก) และ 3-methylthiobutanal (มะเขือเทศสุก) เป็นต้น สารระเหยเหล่านี้เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์หลังจากที่มีการแปรรูป สำหรับสารระเหยที่คล้ายกลิ่นใบยาสูบมีหลายชนิดเช่น β-damascenone (กลิ่นใบยาสูบ กลิ่นหวาน กลิ่นขนมปัง) และ trimethylcyclohexenedione (กลิ่นยาสูบ กลิ่นฟาง กลิ่นชา) เป็นต้น กลิ่นยาสูบที่เกิดขึ้นในพืช

ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นจากกระบวนการแปรรูปซึ่งจะเปลี่ยนสารที่ไม่ระเหยให้กลายเป็นสารให้กลิ่น เช่นเดียวกับการเกิดกลิ่นต้มในอาหาร

2.2 สารให้กลิ่นสำคัญในใบเตย

แม้ว่ากลิ่นของอาหารจะเกิดจากสารระเหยหลายชนิดแต่จะมีสารระเหยเพียงบางชนิดที่เป็นสารระเหยที่มีความสำคัญต่อกลิ่นอาหารชนิดนั้นๆ ซึ่งจะเรียกสารระเหยเหล่านั้นว่าเป็นสารระเหยที่มีความสำคัญ (key odor compounds) สำหรับในใบเตยสารระเหยที่เป็นสารให้กลิ่นสำคัญได้แก่สารระเหยดังต่อไปนี้

2.2.1 2-acetyl-1-pyrroline (2AP)

2-acetyl-1-pyrroline (2AP) เป็นสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของกลิ่นใบเตยและข้าวหอม โดยในใบเตยมี 2AP ปริมาณ 1 ppm โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าในข้าวหอมถึง 10 เท่า (Laksanalamai and Ilangantilek, 1993) 2AP จัดเป็นสารประกอบไนโตรเจนในกลุ่ม heterocyclic compounds มีสูตรโครงสร้าง C_6H_9NO น้ำหนักโมเลกุล 111 สารประกอบชนิดนี้มีคำบรรยายลักษณะกลิ่นสำหรับชาวตะวันตกว่าคล้ายกลิ่นข้าวโพดคั่ว (popcorn) ส่วนชาวเอเชียให้คำอธิบายว่าคล้ายกลิ่นใบเตย (Paule and Power, 1989) นอกจากจะให้กลิ่นที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคแล้ว 2AP ยังเป็นสารที่มีค่า odour threshold ค่อนข้างต่ำ คือมีค่าอยู่ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ppb และนอกจากในใบเตยและ ข้าวหอมแล้วยังสามารถพบ 2AP ในอาหารชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิดเช่น ขนมปัง แครกเกอร์ งา มันฝรั่งทอด ข้าวโพดคั่วและเนื้อวัว เป็นต้น 2AP เป็นสารที่ไม่เสถียรแม้เก็บในสภาพสุญญากาศที่อุณหภูมิ -20°C โดยสารจะเปลี่ยนจากของเหลวใสไม่มีสีไปเป็นของเหลวสีแดงและสีจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น สีที่เข้มขึ้นเกิดจากปฏิกิริยา condensation ของหมู่คาร์บอนิลจนได้ conjugated pyridine polymer ดังนั้นการเก็บ 2AP จึงควรเก็บไว้ในสภาพสารละลายในน้ำ

2.2.2 สารกลุ่มอัลดีไฮด์ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเขียว

กลิ่นเหม็นเขียวของใบเตยมาจากอัลดีไฮด์สายสั้นได้แก่ hexenal (กลิ่นใบไม้) nonenal (กลิ่นเหม็นเขียว) nonadienal (กลิ่นหญ้า) และ n-hexanal (กลิ่นใบไม้) สารระเหยเหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้แก่ linoleic acid และ linolenic acid ผ่าน lipoxygenase pathway กระบวนการเกิดสารให้กลิ่นเหม็นเขียวนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อพืชเกิดการฉีกขาด กรดไขมันไม่อิ่มตัวของพืชอาจอยู่ในรูป triglycerides, phospholipids หรือ glycolipids ซึ่งจะถูกปลดปล่อยเป็นกรดไขมันอิสระโดยเอนไซม์ acylhydrolase จากนั้นกรดไขมันอิสระเหล่านี้

จะเปลี่ยนแปลงเป็นสารให้กลิ่น เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงกรดไขมันไม่อิ่มตัวให้เป็นสารให้กลิ่นในพืชได้แก่เอนไซม์ lipoxygenase, lyase, cis-3,trans-2 isomerase และ alcohol dehydrogenase

2.2.3 3-methyl-2(5H)-furanone

โดยทั่วไป 3-methyl-2(5H)-furanone เกิดในอาหารที่ผ่านการแปรรูป เช่น พบในเนยแข็ง birch syrup และ fermented soy hydrolysate เป็นต้น กลิ่นของ 3-methyl-2(5H)-furanone จะคล้ายลักษณะของกลิ่นคาราเมล กลิ่นหวาน กลิ่นคล้ายยาและกลิ่นน้ำผึ้ง แต่สำหรับในใบเตยมีรายงานว่าพบสารระเหยชนิดนี้ในใบเตยสด (Jiang, 1999) โดยเป็น secondary metabolite และคาดกันว่าสารชนิดนี้อาจเป็นสารที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารกลุ่มอัลคาลอยด์ที่พบในใบเตยซึ่งได้แก่ pandamarilactonine-A และ -B เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของอัลคาลอยด์เหล่านี้มีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างของ 3-methyl-2(5H)-furanone ประกอบกับมีการศึกษาพบว่าสามารถเตรียม pandamarilactonine-B ซึ่งเป็นสารตัวกลางของกระบวนการสังเคราะห์โดย pandamarilactonine-B ได้จากการทำปฏิกิริยาของ 3-methyl-2(5H)-furanone กับ 2-pyrrolidinone (Busque *et al.*, 2002; Takayama *et al.*, 2001)

2.2.4 β-damascenone

การแปรรูปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ ตัวอย่างเช่น การเกิด β-damascenone ซึ่งเป็นสารระเหยให้กลิ่นที่มีลักษณะกลิ่นคล้ายดอกไม้ สารชนิดนี้พบในพืชหลายชนิดและมักพบในพืชที่ผ่านการแปรรูป เช่น ในแอปเปิ้ลที่ผ่านความร้อน หรือในไวน์องุ่น (Naiker, 2001; Zhou, 1993) สารตั้งต้นของ β-damascenone ในพืชคือ xanthophylls ซึ่งพบมากที่สุดในพืชใบเขียวคือ neoxanthin กลไกการเกิด β-damascenone เริ่มจาก neoxanthin เกิดการสลายตัวตามธรรมชาติได้ norisiprenoid glycosides (grasshopper ketone) จากนั้นจะเกิดกระบวนการ enzymatic reduction ได้ 9(or 3)-α-L-arabinofuranosyl-(1,6)-β-D-glucopyranoside acetylenic diol (allene triol) ซึ่งสารชนิดนี้ถือว่าเป็น key intermediate ในการเกิด β-damascenone (Skouroumounis and Mark, 2000) จากขั้นตอนนี้ allene triol จะจัดเรียงตัวใหม่เป็นสารประกอบ 3 ชนิดคือ acetylenic diol, 3-hydroxy-damascenone (ไม่มีกลิ่น) และ β-damascenone อย่างรวดเร็วในสภาวะกรด โดย acetylenic diol เป็นสารที่เกิดในปริมาณมากที่สุด สารชนิดนี้สามารถเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ในสภาวะกรดได้เป็น 3-hydroxy-damascenone และ β-damascenone

Bhattacharjee *et al.* (2005) ศึกษาการใช้ Supercritical carbon dioxide สกัดสาร 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตย โดยใช้สารละลายอีเทอร์เป็นตัวสกัด สภาวะที่ใช้ในการสกัดมี 3 ตัวแปรคือ ความดัน 2 ระดับคือ 125 และ 450 บาร์ อุณหภูมิ 2 ระดับคือ 40 และ 60°C และเวลา 2 ระดับคือ 2 และ 3 ชั่วโมง ซึ่งสภาวะที่สกัดสาร 2-acetyl-1-pyrroline ดีที่สุดคือ ที่ความดัน 450 บาร์ อุณหภูมิ 60°C และเวลา 3 ชั่วโมง ได้ 7.163 mg/kg และได้ใช้วิธีการสกัดนี้ประยุกต์ใช้กับกลิ่นอาหารชนิดอื่น

Wongpornchai *et al.* (2004) ศึกษาผลกระทบของการทำแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อกลิ่นและคุณภาพการสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยมีสภาวะการทำแห้ง 6 สภาวะ ดังนี้ วิธีปกติคือ ปรับอุณหภูมิ 30 และ 40°C ใช้ลมร้อน 40, 50 และ 70°C และการตากแดด เก็บตัวอย่างไว้ 10 เดือน ดูปริมาณกลิ่นหอมของ 2-acetyl-1-pyrroline และกลิ่นอับ *n*-hexanal และ 2-pentylfuran ที่คงเหลือ ปรากฏว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บ 2-acetyl-1-pyrroline ลดลงแต่ *n*-hexanal และ 2-pentylfuran เพิ่มขึ้น และที่สภาวะอุณหภูมิ 70°C จะเหลือ 2-acetyl-1-pyrroline น้อยมาก

Laohakunjit and Kerdchoechuen (2007) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นระหว่างการเก็บรักษาที่เคลือบด้วยสารสกัดจากธรรมชาติในข้าวที่ไม่มีกลิ่น (non aromatic rice) โดยสกัดกลิ่นจากธรรมชาติข้าวที่ไม่มีกลิ่น 3 สายพันธุ์คือ RD 23, SP 1 และ SPR 90 เคลือบโดย Modified spouted bed กับ 30% ซอบิทอล และ 25% สารสกัดจากใบเตย มีตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่างคือ เป็นข้าวไม่มีกลิ่น 6 ตัวอย่าง โดย 3 ตัวอย่างเคลือบกลิ่นและอีก 3 ตัวอย่างไม่เคลือบ อีก 2 ตัวอย่างคือ ข้าวมีกลิ่นที่ไม่ต้องเคลือบกลิ่น ระยะเวลาในการเก็บรักษา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 25°C พบว่า การเคลือบข้าวที่ไม่มีกลิ่นยังคงเหลือกลิ่นของ 2-acetyl-1-pyrroline นานกว่าข้าวที่มีกลิ่นและการเคลือบยังช่วยลด *n*-hexanal ในระหว่างการเก็บอีกด้วย ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่ดี ในการปรับปรุงและพัฒนาข้าวหอมต่อไป แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นตัวทำปฏิกิริยา การเกิดกลิ่นเหม็นหืนระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดข้าว

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใช้สำหรับการทดลองนี้ ได้แก่

1. ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ที่มีอายุการเก็บรักษาเท่ากัน ได้มาจากโรงสีไฟสิงหวัฒน์ ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

2. ใบเตย ได้มาจากหอพักคุณพ่อดอกรัก ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยคัดเลือกเฉพาะใบที่แก่จัดนับจากยอดลงมา 3 ใบจึงเริ่มตัดตั้งแต่ใบที่ 4 ลงมา

ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการสกัดสาร 2AP จากใบเตย เพื่อนำใช้ในการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ขณะหุงต้ม

1.1 ศึกษาวิธีการสกัดสาร 2AP จากใบเตย

ทำการสกัดสารที่ให้กลิ่นหอม (2AP) ในใบเตยที่เก็บจากหอพักคุณพ่อดอกรัก ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยคัดเลือกเฉพาะใบที่แก่จัดนับจากยอดลงมา 3 ใบจึงเริ่มตัดตั้งแต่ใบที่ 4 ลงมา นำใบเตยมาล้าง หั่นตามขวางของใบให้ได้ความกว้างประมาณ 1-2 มิลลิเมตร และชั่งน้ำหนักตามต้องการเพื่อนำไปสกัดสาร 2AP ด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณ 2AP โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทรกราเฟอร์และดัดแปลงตามวิธีของ ดุษฎี และคณะ (2545)

1.2 นำสารสกัดที่เป็นของเหลวที่ได้มาวิเคราะห์สมบัติด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์

1.2.1 ด้านกายภาพ

- ความหนืด
- สี (Hunter Lab รุ่น DP 9000)

1.2.2 ด้านเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดย pH meter ยี่ห้อ CONSORT รุ่น C 830
- ปริมาณ 2-acetyl-1-pyrroline (น้องนุชและคณะ, 2545)

1.2.3 ด้านจุลินทรีย์

- จุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี Plate count ด้วยอาหาร Plate count agar (AOAC, 1990)
- ยีสต์และรา โดยวิธี Plate count ด้วยอาหาร Rose bengol (AOAC, 1990)

1.3 ประยุกต์ใช้สารสกัดและสารสังเคราะห์ในการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2

นำสารสกัด 2AP ที่สกัดได้เติมลงในหม้อหุงข้าวระหว่างการหุงต้มข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 โดยใช้ความเข้มข้นที่แตกต่างกันอย่างน้อย 3 ระดับ จากนั้นทดสอบสมบัติด้านเคมี (ปริมาณ 2AP ที่เหลืออยู่ในข้าวหลังการหุงต้ม) และประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale และใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน เพื่อดูการยอมรับของผู้บริโภคและเพื่อคัดเลือกปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาขั้นต่อไป (ตอนที่ 3)

ตอนที่ 2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ105 ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ทั้งก่อนและหลังการหุงต้ม

ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบว่าเมื่อไม่มีการเติมสาร 2AP และเมื่อมีการเติมสาร 2AP แล้วสมบัติใดมีการเปลี่ยนแปลง ถ้าเปลี่ยนแปลงเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้ง 3 พันธุ์หรือไม่

สำหรับการวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ นั้น ได้นำข้าวขาวดอกมะลิ105 เป็นตัวควบคุมเพื่อใช้เปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ทั้งก่อนและหลังการหุงต้ม โดยข้าวแต่ละพันธุ์จะต้องมีอายุการเก็บรักษาเท่ากัน

2.1 วิเคราะห์คุณภาพของข้าว 3 สายพันธุ์ก่อนการหุงต้ม

2.1.1 ด้านกายภาพ

- ขนาดและรูปร่างข้าวสาร ประกอบด้วย
  - ความยาวของเมล็ด (Length) (Dipti *et al.*, 2002)
  - ความกว้างของเมล็ด (Breadth) (Dipti *et al.*, 2002)
  - อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง (Length-Breadth Ratio, L/B ratio) (Dipti *et al.*, 2002)

2.1.2 ด้านเคมี

- ความชื้น (กรมวิชาการเกษตร, 2545)
- ค่าการสลายตัวในด่าง (Alkali test) (กรมวิชาการเกษตร, 2545)
- ปริมาณอะไมโลส (Amylose content) (AOAC, 1990)
- ปริมาณโปรตีน (Protein content) (AOAC, 1990)
- ปริมาณ 2-acetyl-1-pyrroline (น้องนุชและคณะ, 2545)

2.1.3 ด้านเคมีกายภาพ

- ความหนืดของแป้งข้าวโดยใช้เครื่อง Brabender Visco/Amylograph (กรมวิชาการเกษตร, 2545)
- ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) (กรมวิชาเกษตร, 2545)

2.2 วิเคราะห์คุณภาพของข้าว 3 สายพันธุ์หลังการหุงต้ม

2.2.1 ด้านกายภาพ

- ระยะเวลาการหุงสุก (Cooking time) (Gujral and Kumar, 2003)
- ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (Volume expansion) (Gujral and Kumar, 2003)
- % การยืดตัวด้านยาวของเมล็ด (% Elongation) (Gujral and Kumar, 2003)
- % การยืดตัวด้านกว้างของเมล็ด (% Width expansion) (Gujral and Kumar, 2003)
- % การดูดน้ำ (% Water uptake) (Gujral and Kumar, 2003)

2.2.2 ด้านเคมี

- ความชื้น (กรมวิชาการเกษตร, 2545)
- ค่าการสลายตัวในด่าง (Alkali test) (กรมวิชาการเกษตร, 2545)
- ปริมาณโปรตีน (Protein content) (AOAC, 1990)
- ปริมาณ 2-acetyl-1-pyrroline (น้องนุชและคณะ, 2545)

2.2.3 ด้านเคมีกายภาพ

- ความหนืดของแป้งข้าวโดยใช้เครื่อง Brabender Visco/Amylograph (กรมวิชาการเกษตร, 2545)
- ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

ตอนที่ 3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 หลังการหุงต้ม เมื่อเติมสาร 2AP ในขณะหุงต้ม เปรียบเทียบกับข้าวขาวดอกมะลิ105 ที่ไม่มีการเติมสาร 2AP และศึกษาความคงทนของกลิ่นหอมของสาร 2AP หลังการหุงต้ม

วิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี เคมีกายภาพจุลินทรีย์และประสามสัมผัสของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์เปรียบเทียบกับตัวควบคุม (ข้าวขาวดอกมะลิ105) หลังการหุงต้ม ดังนี้

3.1 ด้านกายภาพ

- ระยะเวลาการหุงสุก (Cooking time) (Gujral and Kumar, 2003)

• **ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น** (Volume expansion) (Gujral and Kumar, 2003)

• **% การยืดตัวด้านยาวของเมล็ด** (% Elongation) (Gujral and Kumar, 2003)

• **% การยืดตัวด้านกว้างของเมล็ด** (% Width expansion) (Gujral and Kumar, 2003)

• **% การดูดน้ำ** (% Water uptake) (Gujral and Kumar, 2003)

3.2 ด้านเคมี

• ความชื้น (AOAC, 1990)

• ปริมาณอะไมโลส (amylose content) (AOAC, 1990)

• ค่าการสลายตัวในด่าง (alkali test) (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

• ปริมาณโปรตีน (protein content) (AOAC, 1990)

• ปริมาณ 2-acetyl-1-pyrroline (น้องนุช และคณะ, 2545)

3.3 ด้านเคมีกายภาพ

• ความหนืดของแป้งข้าวโดยใช้เครื่อง Brabender Visco/Amylograph (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

• ความคงตัวของแป้งสุก (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

3.4 ด้านจุลินทรีย์

• จุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี Plate count ด้วยอาหาร Plate count agar (AOAC, 1990)

• ยีสต์และรา โดยวิธี Plate count ด้วยอาหาร Rose bengol (AOAC, 1990)

3.5 ศึกษาความคงทนของกลิ่นหอมของสาร 2AP หลังการหุงต้มโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใช้การทดสอบเชิงพรรณนา (Quantitative descriptive analysis) ทำการคัดเลือก และฝึกฝนผู้ประเมิน (panelist) ประมาณ 10-12 คน แต่ละคนจะต้องเสนอคำศัพท์ที่ใช้อธิบายคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ให้ได้มากที่สุด จากนั้นทำการคัดเลือกคำศัพท์ที่เป็นที่ยอมรับของสมาชิกในกลุ่ม ในขั้นตอนการฝึกฝนจะมีตัวอย่างมาตรฐาน (standard reference) เพื่อฝึกฝนผู้ประเมินแต่ละคนให้มีความเข้าใจตรงกันถึงคำจำกัดความและหลักเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละคุณลักษณะ ผลของการประเมินจะแสดงเป็นคะแนนของคำศัพท์ที่อธิบายลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการตกลงและเป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้ประเมินทั้งหมด

สำหรับการทดสอบความคงทนของกลิ่นหอมของสาร 2AP หลังการหุงต้มนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์หลังการหุงต้ม แบ่งออกเป็น 2 สภาวะคือ ทำการหุงแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ข้อ 3.5.1) และทำการหุงแล้วนำไปแช่เย็น หลังจากนั้นจึงทดสอบชิม (ข้อ

3.5.2) ทั้งนี้เพื่อที่จะดูว่ากลิ่นหอมของสาร 2AP ยังคงอยู่ในข้าวนานเท่าใดและสภาวะการเก็บรักษาแบบใดที่เหมาะสมในการรักษากลิ่นหอมของ 2AP ได้นานที่สุด

3.5.1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหลังหุงสุกแล้ว (ประมาณ 30-32°C)

- **ข้าว 3 พันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2**
- **ภาชนะการเก็บคือ เก็บในหม้อหุงข้าว**
- วิธีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส นำข้าว 3 ชนิดหลังหุงสุกแล้วเก็บในหม้อหุงข้าวและนำมาทดสอบชิมทุกๆ 1 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง

3.5.2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นหลังหุงสุกแล้ว (ประมาณ 4-6°C)

- ข้าว 3 พันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2
- ภาชนะการเก็บคือ ถุงพลาสติกชนิดทนร้อนและกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้
- วิธีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ชุดคือ

  ชุดที่ 1 ข้าว 3 ชนิดบรรจุถุงพลาสติกชนิดทนร้อน นำมาอุ่นก่อนทดสอบชิม

  ชุดที่ 2 ข้าว 3 ชนิดบรรจุกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้ นำมาอุ่นก่อนทดสอบชิม
- ทดสอบชิมทุกๆ 1 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง

ผลและวิจารณ์ผล

ตอนที่ 1 วิธีการสกัดสารหอมจากใบเตยสำหรับปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105

1.1 วิธีการสกัดสารหอมจากใบเตยสำหรับปรับปรุงกลิ่น

นำใบเตยมาหั่นตามขวางให้ได้ขนาด 0.3-0.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 2) ชั่งใบเตย 20 กรัม และน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร นำไปกลั่น (ภาพที่ 3) ด้วยน้ำร้อน (อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 60 นาที ได้ของเหลวที่กลั่นตัวจำนวน 120 มิลลิลิตร ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP พบว่ามีปริมาณ 0.02 ppm ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าที่รายงาน (1 ppm) โดย Laksanalamai and Ilangantilek (1993) ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับพันธุ์ สถานที่ปลูก อากาศ การดูแลรักษา และวิธีการสกัดและวิเคราะห์ ซึ่ง Bhattacharjee *et al.* (2005) ศึกษาการใช้ Supercritical carbon dioxide สกัดสาร 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตยซึ่งสภาวะที่ดีที่สุดคือความดัน 450 บาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ 2AP เท่ากับ 7.163 ppm

ภาพที่ 2 ใบเตยสดหั่นตามขวางก่อนนำไปสกัดสารปรับปรุงกลิ่น

ภาพที่ 3 ชุดกลั่นสารสกัดจากใบเตยด้วยน้ำร้อน

1.2 การวิเคราะห์สมบัติด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของสารสกัดจากใบเตย

นำสารสกัดจากใบเตยที่ได้ในข้อ 1.1 มาทดสอบสมบัติทางกายภาพ (สี) เคมี (ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณ 2AP) และจุลินทรีย์ (จุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา) ผลแสดงดังตารางที่ 6

สมบัติของสารสกัดจากใบเตย (ตารางที่ 6) ที่ใช้วิธีการกลั่นด้วยน้ำร้อนพบว่ามีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 10.14, -3.46 และ 0.98 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารสกัดใส ไม่มีสี มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.53 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารสกัดมีสมบัติเป็นกรด มีปริมาณ 2AP เท่ากับ 0.02 ppm ซึ่งให้กลิ่นหอมแก่สารสกัด และพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.87×10^3 CFU/mL แต่ไม่พบยีสต์และรา

ตารางที่ 6 สมบัติด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของสารสกัดจากใบเตย

สมบัติ	ค่าที่ได้
ด้านกายภาพ	
สี	
L*	10.14±0.02
a*	-3.46±0.09
b*	0.98±0.31
ด้านเคมี	
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5.53±0.32
2AP (ppm)	0.02
ด้านจุลินทรีย์	
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/mL)	1.87×10^3
ยีสต์และรา (CFU/mL)	<10

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)

1.3 การประยุกต์ใช้สารสกัดจากใบเตยในการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2

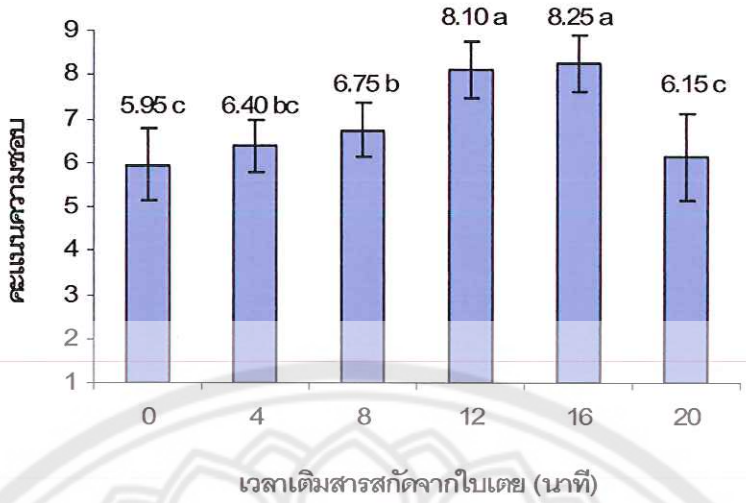
1.3.1 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับใส่สารสกัดจากใบเตยในระหว่างการหุงของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2

เมื่อประยุกต์ใช้สารสกัดจากใบเตยในการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 จะได้ข้าวหุงสุกที่บรรจุในภาชนะจำนวน 20 กรัม พร้อมทดสอบกลิ่นหอมของข้าว (ภาพที่ 4) โดยใช้การทดสอบแบบ Hedonic scale 9 point (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) และใช้ผู้ทดสอบ 50 คน

ภาพที่ 4 ภาชนะบรรจุตัวอย่างสำหรับทดสอบกลิ่นหอมของข้าว

1.3.1.1 ข้าวพันธุ์ชัยนาท1

ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ใช้เวลาในการหุงสุก 24 นาที ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับเติมสารสกัดจากใบเตยในระหว่างการหุงของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 พบว่าการเติมสารสกัดจากใบเตยเมื่อเวลาการหุงต้มผ่านไป 12 และ 16 นาที (ภาพที่ 5) ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่น 8.1 และ 8.25 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบมากถึงชอบมากที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในทางตรงกันข้ามข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่เติมสารสกัดจากใบเตยในเวลาที่ 0 และ 20 นาที ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำกว่าที่เวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ยกเว้นที่เวลา 4 นาที



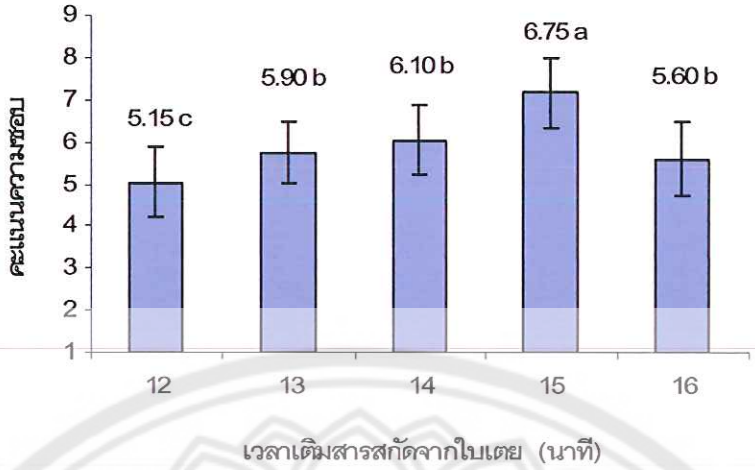
1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

a-c อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 5 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่เติมสารสกัดจากใบเตยในเวลาที่ต่างกัน

จากคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในเวลาที่ 12 และ 16 นาที จึงทำการทดสอบยืนยัน (ภาพที่ 6) เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเติมสารสกัดจากใบเตย โดยเวลาการเติมสารสกัดจากใบเตย คือ เวลาการหุงต้มผ่านไป 12, 13, 14, 15 และ 16 นาที พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงสุดที่เวลา 15 นาที ซึ่งแตกต่างจากเวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่การเติมสารสกัดจากใบเตยในเวลาที่ 13, 14 และ 16 นาทีได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการเติมสารสกัดจากใบเตยในเวลาที่ 12 นาทีนั้นได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำที่สุด ($P \leq 0.05$) ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเติมสารสกัดจากใบเตยในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 คือเมื่อเวลาการหุงต้มผ่านไป 15 นาที จากระยะเวลาการหุงสุก 24 นาที

สำนักหอสมุด
- 5 JUL 2011



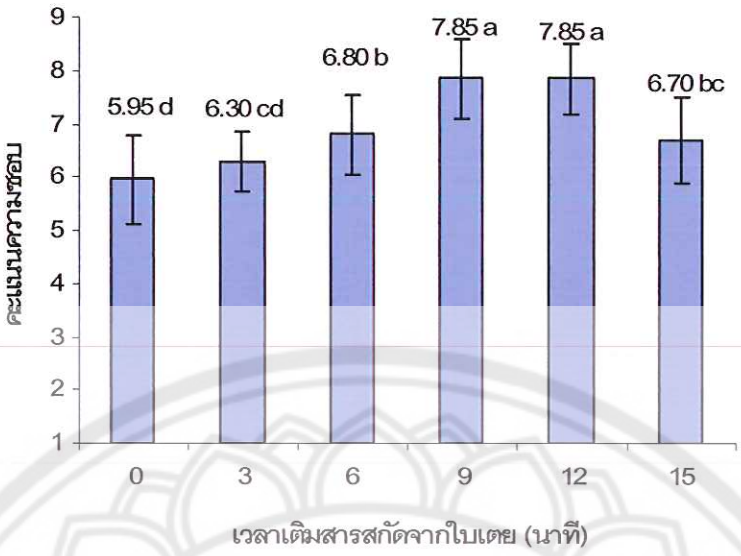
1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

a-c อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 6 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่เติมสารสกัดจากใบเตยในเวลาที่ต่างกัน (การยืนยัน)

1.3.1.2 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ใช้เวลาในการหุงสุก 19 นาที ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับเติมสารสกัดจากใบเตยในระหว่างการหุงของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 พบว่าการเติมสารสกัดจากใบเตยเมื่อเวลาการหุงต้มผ่านไป 9 และ 12 นาที (ภาพที่ 7) ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงสุดเท่ากันคือ 7.85 ($P>0.05$) แต่ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าที่เวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่เติมสารสกัดจากใบเตยในเวลาที่ 0 และ 3 นาที ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากใบเตยเมื่อเวลาการหุงต้มผ่านไป 3 นาที มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากใบเตยเมื่อเวลาการหุงต้มผ่านไป 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

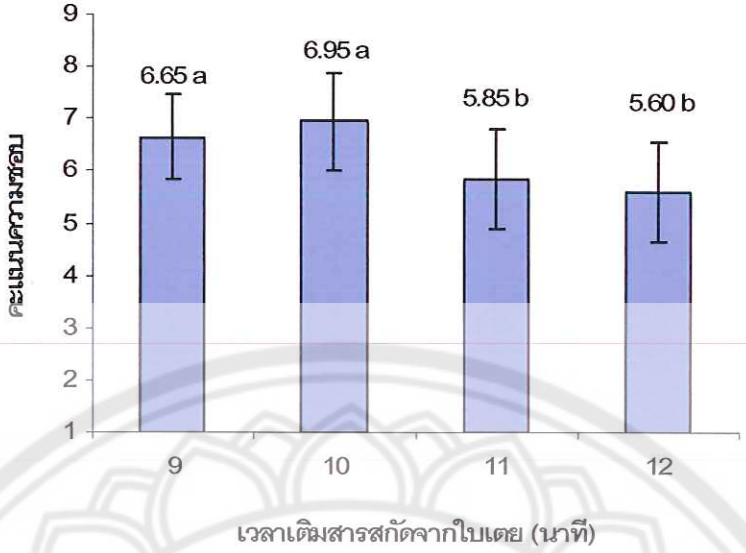


1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

a-d อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 7 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่เติมสารสกัดจากใบเตยในเวลาที่ต่างกัน

จากคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่เท่ากันในเวลาที่เติมสารสกัดจากใบเตย ที่ 9 และ 12 นาที จึงทำการทดสอบยืนยัน (ภาพที่ 8) เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเติมสารสกัดจากใบเตย โดยเวลาการเติมสารสกัดจากใบเตย คือเวลาการหุงต้มผ่านไป 9, 10, 11 และ 12 นาที พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงสุดที่เวลา 9 และ 10 นาที ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่สูงกว่าที่เวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เลือกที่เวลา 10 นาที เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเติมสารสกัดจากใบเตยในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 เพื่อที่จะได้เวลาสำหรับเติมสารสกัดจากใบเตยที่ระยะเวลาเดียวกับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 เมื่อเทียบกับระยะเวลาการหุงสุก คือข้าวพันธุ์ชัยนาท1 เติมสารสกัดจากใบเตยที่เวลาการหุงต้มผ่านไป 15 นาที และใช้ระยะเวลาหุงสุก 24 นาที ส่วนข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 เติมสารสกัดจากใบเตยที่เวลาการหุงต้มผ่านไป 10 นาที และใช้ระยะเวลาหุงสุก 19 นาที ซึ่งข้าวทั้งสองพันธุ์มีช่วงเวลาจากการเติมสารสกัดจากใบเตยจนกระทั้งถึงระยะเวลาการหุงสุกเท่ากันคือ 9 นาที



1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

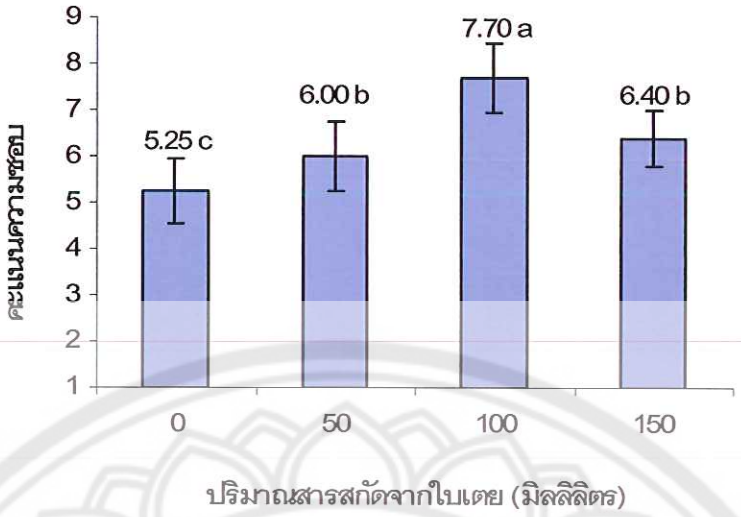
a-b อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 8 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่เติมสารสกัดจากใบเตยในเวลาที่ต่างกัน (การยืนยัน)

1.3.2 การศึกษาปริมาณสารสกัดจากใบเตยที่เหมาะสมสำหรับเติมลงไปในหม้อหุงข้าวของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2

1.3.2.1 ข้าวพันธุ์ชัยนาท1

การศึกษาปริมาณสารสกัดจากใบเตยที่เหมาะสมสำหรับเติมลงไปในหม้อหุงข้าวของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยการให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic Test พบว่าปริมาณการเติมสารสกัดจากใบเตยที่ 100 มิลลิลิตร (ภาพที่ 9) ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงกว่าที่ปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยคะแนนอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก ในขณะที่ตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารสกัดจากใบเตยนั้นได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยคะแนนอยู่ในช่วงเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย

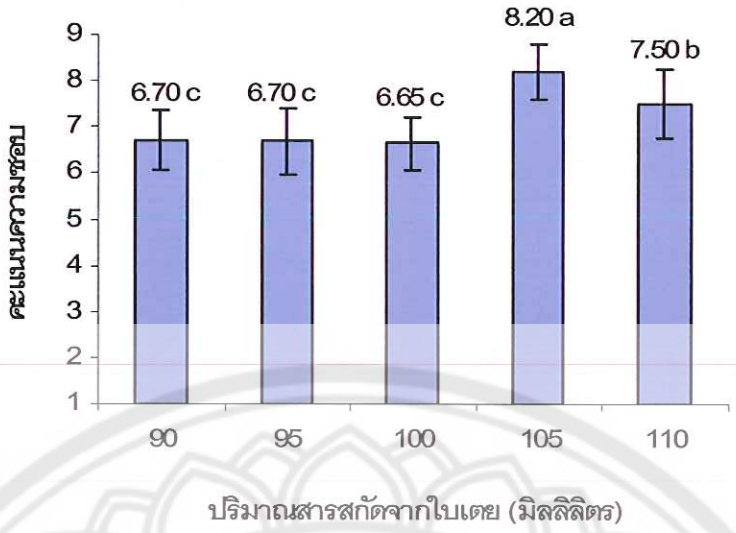


1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

a-c อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 9 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ในปริมาณการเติมสารสกัดจากใบเตยที่ต่างกัน

จากคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่เติมสารสกัดจากใบเตยปริมาณ 100 มิลลิลิตร (ภาพที่ 9) จึงทำการทดสอบยืนยัน (ภาพที่ 10) เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการเติมสารสกัดจากใบเตย โดยปริมาณการเติมสารสกัดจากใบเตย คือ 90, 95, 100, 105 และ 110 มิลลิลิตร พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงสุดที่ปริมาณ 105 มิลลิลิตร ซึ่งแตกต่างจากปริมาณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่การเติมสารสกัดจากใบเตย 90, 95 และ 100 มิลลิลิตร ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการเติมสารสกัดจากใบเตยในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 คือ 105 มิลลิลิตร



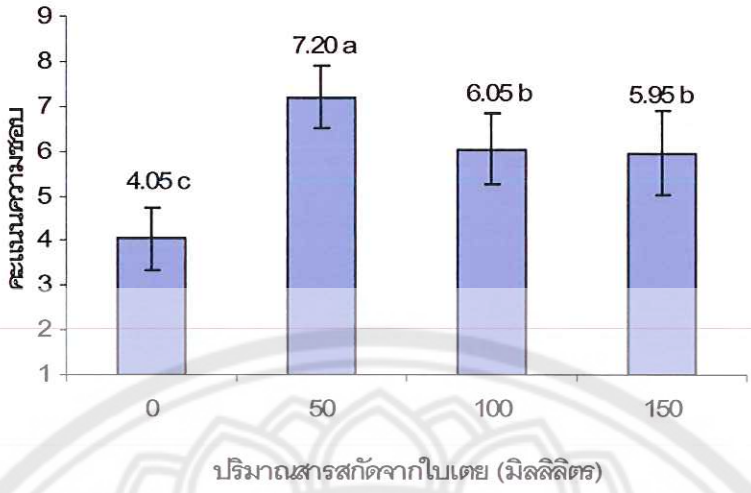
1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

a-c อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 10 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ในปริมาณการเติมสารสกัดจากใบเตยที่ต่างกัน (การยืนยัน)

1.3.2.2 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2

การศึกษาปริมาณสารสกัดจากใบเตยที่เหมาะสมสำหรับเติมลงไปในหม้อหุงข้าวของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นโดยการให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic Test พบว่า ปริมาณการเติมสารสกัดจากใบเตยที่ 50 มิลลิลิตร (ภาพที่ 11) ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงสุดคือ 7.2 ซึ่งมีคะแนนความชอบในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมากโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสารสกัดจากใบเตยในปริมาณอื่นๆ ส่วนตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารสกัดจากใบเตยได้รับคะแนนความชอบต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อย

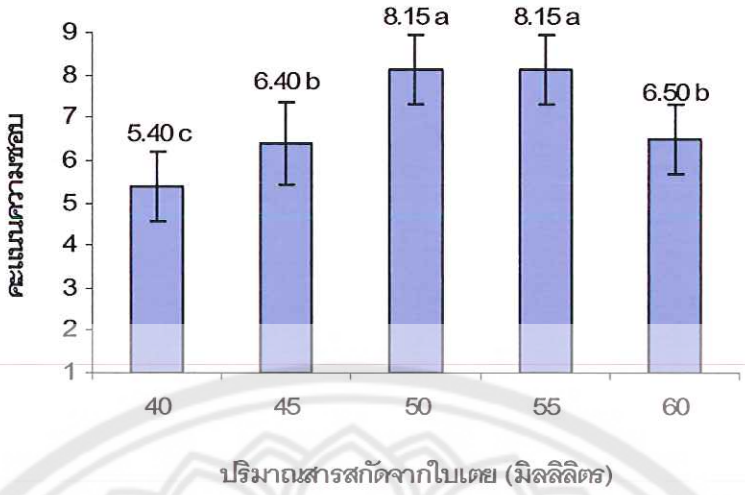


1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

a-c อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 11 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ในปริมาณการเติมสารสกัดจากใบเตยที่ต่างกัน

จากภาพที่ 11 ตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากใบเตยปริมาณ 50 มิลลิลิตร ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จึงทำการทดสอบยืนยัน (ภาพที่ 12) โดยปริมาณการเติมสารสกัดจากใบเตย คือ 40, 45, 50, 55 และ 60 มิลลิลิตร พบว่า ตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากใบเตยปริมาณ 50 และ 55 มิลลิลิตร ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบมากถึงชอบมากที่สุด เพื่อประหยัดปริมาณสารสกัดจากใบเตย ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการเติมสารสกัดจากใบเตยในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 คือ 50 มิลลิลิตร



1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

a-c อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 12 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ในปริมาณการเติมสารสกัดจากใบเตยที่ต่างกัน (การยืนยัน)

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเติมสารสกัดจากใบเตยสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 คือ 15 และ 10 นาที ตามลำดับ และได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และปริมาณสารสกัดจากใบเตยที่ใช้เติมสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 คือ 105 และ 50 มิลลิลิตร และได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นอยู่ในช่วงชอบมากถึงชอบมากที่สุด

ตอนที่ 2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพ ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ทั้งก่อนและหลังการหุงต้ม

คุณภาพก่อนการหุงต้มของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 แสดงดังตารางที่ 7 โดยข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีความยาวของเมล็ดมากกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และ ชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าความสว่างของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีค่ามากกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณความชื้นและค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่างของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีปริมาณสูงกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณอะไมโลสของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 สูงกว่าข้าวทั้งสองพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ปริมาณโปรตีนของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และ

ชัยนาท1 สูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อุณหภูมิแป้งสุกของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 สูงกว่าข้าวทั้งสองพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และความคงตัวของแป้งสุกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีค่ามากกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 7)

ปริมาณความชื้นของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 อยู่ในระดับทั่วไปของข้าวที่ยอมรับว่าปลอดภัยต่อการเก็บรักษาข้าวที่เหมาะสม คือไม่เกินร้อยละ 13 (อรอนงค์, 2547) ร้อยละความชื้นในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 คือ 12.24 ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐานความชื้นของกรมวิชาการเกษตรที่กำหนดให้ข้าวหอมมะลิมีความชื้นในช่วงไม่เกินร้อยละ 14 (กรมวิชาการเกษตร, 2547) โดยข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 มีความชื้นร้อยละ 10.87 และ 10.62 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กรมวิชาการเกษตร กำหนดปริมาณความชื้นเริ่มต้นในข้าวสารของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และ ชัยนาท1 ในช่วงไม่เกินร้อยละ 14 เช่นกัน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ดังนั้นความชื้นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 จึงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 7 คุณภาพข้าวก่อนการหุงต้มของข้าว 3 สายพันธุ์

คุณภาพ	พันธุ์ข้าว		
	ขาวดอกมะลิ105	พิษณุโลก2	ชัยนาท1
ด้านกายภาพ			
ความยาวของเมล็ด (ม.ม.)	7.08^{b}±0.13	7.69^{a}±0.20	7.23^{b}±0.23
สี			
L*	76.93^{a}±0.02	75.31^{b}±0.10	74.83^{c}±0.13
a*	0.41^{b}±0.18	0.24^{a}±0.25	0.36^{a}±0.28
b*	20.08^{b}±0.05	19.47^{c}±0.22	21.46^{a}±0.07
ด้านเคมี			
ความชื้น (%)	12.24^{a}±0.07	10.87^{b}±0.1	10.62^{c}±0.08
การสลายตัวของเมล็ดในด่าง	6.96^{a}±0.07	5.70^{b}±0.50	4.90^{c}±0.11
ปริมาณอะไมโลส (% น.น. สด)	15.15^{c}±0.14	26.22^{b}±0.32	27.28^{a}±0.03
ปริมาณโปรตีน (% น.น. สด)	6.63^{b}±0.80	7.80^{a}±0.10	7.83^{a}±0.12

ด้านเคมีกายภาพ

ความหนืดของแป้งข้าว

GT (°C)	65.15^{b}±2.33	68.85^{b}±0.07	74.5^{a}±0.84
BD (BU)	655^{a}±21.21	190^{b}±0.00	105^{c}±7.07
CC (BU)	275^{c}±0.00	595^{b}±7.07	765^{a}±7.07
SB (BU)	-375^{c}±21.21	405^{b}±7.07	660^{a}±14.14
ความคงตัวของแป้งสุก (ม.ม.)	94^{a}±1	37^{c}±1	41^{b}±1

a-c อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

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

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

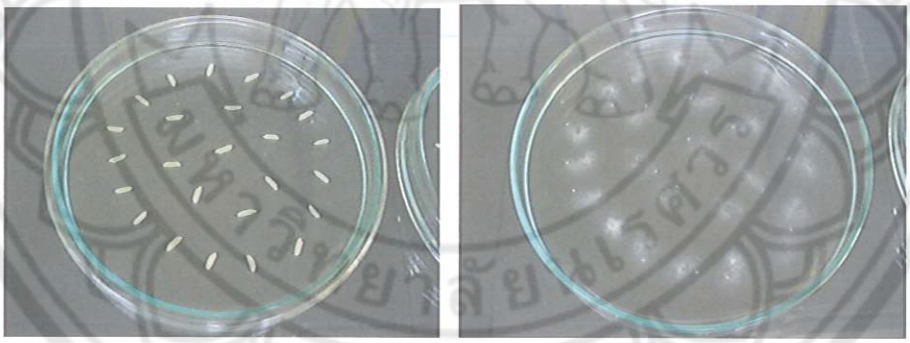
b* คือ ความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน (ค่า b - = สีน้ำเงิน และ b + = สีเหลือง)

GT = อุณหภูมิที่แป้งเกิดเจลาติไนเซชัน, BD = ความทนทานของเม็ดแป้ง, SB = การแข็งตัวของแป้งสุกที่เย็นลงเปรียบเทียบกับค่าความหนืดสูงสุด, CC = การแข็งตัวของแป้งสุกที่เย็นลงเปรียบเทียบกับแป้งสุกร้อน

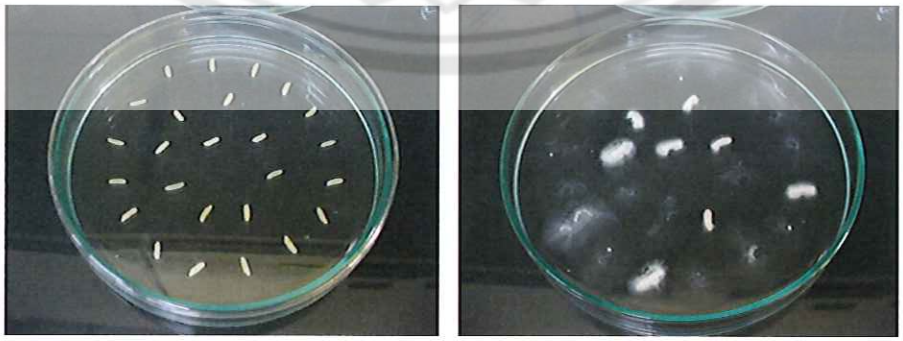
ปริมาณโปรตีนเริ่มต้นของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 คือ 6.03, 7.83 และ 7.80 ตามลำดับ ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีผลทำให้คุณสมบัติด้านสีของข้าวชัยนาท1 เข้มกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพิษณุโลก2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และมีผลต่อระยะเวลาการหุงต้มอีกด้วย กล่าวคือ โปรตีนที่อยู่ส่วนนอกของเมล็ดมีส่วนทำให้ระยะเวลาหุงต้มเมล็ดข้าวให้สุกนานขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากโปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว นอกจากนี้ข้าวโปรตีนสูงยังทำให้เมล็ดแกร่งขึ้นทำให้ขัดสีออกได้ยากจึงอาจมีระดับการสีต่ำกว่า (มีรำเหลืออยู่มาก) และทำให้ข้าวสุกนั้นเหนียวน้อยลงและมีสีคล้ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ค่าการสลายตัวในด่าง (ภาพที่ 13) ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีค่ามากกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่างของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีค่ามากกว่าในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่ลักษณะการสลายตัวของเมล็ดในด่างของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ได้คะแนนเท่ากับ 6.96 ซึ่งจะแสดงลักษณะการสลายของเมล็ดจนหมดและแป้งมีลักษณะเป็นเมือกใส (ภาพที่ 13B) สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ได้คะแนนการสลายตัวของเมล็ดในด่างเท่ากับ 5.7 ซึ่งลักษณะการสลายตัวของเมล็ดในด่างจะแตกปริทางขวางหรือทางยาว แป้งกระจายออกโดยรอบ

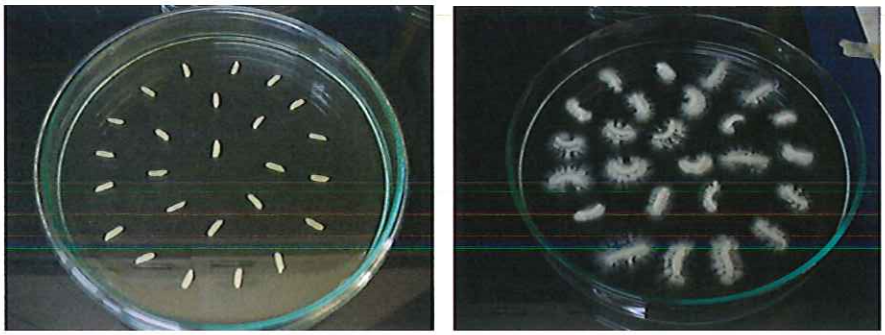
และกว้างและมีลักษณะเป็นเมือกขุ่นดังภาพที่ 13D และข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีคะแนนการสลายตัวของเมล็ดในด่างเท่ากับ 4.9 ซึ่งลักษณะเมล็ดที่สลายตัวในด่างที่ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง ดังภาพที่ 13F ทั้งนี้ค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่างมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน คือ ถ้าค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่างอยู่ในช่วง 1-3 อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันจะสูงมากกว่า 74 องศาเซลเซียส ถ้าการสลายตัวของเมล็ดในด่างอยู่ในช่วง 4-5 อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันจะสูงประมาณ 70-74 องศาเซลเซียส และถ้ามีค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่างอยู่ในช่วง 6-7 ซึ่งจะมีอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน ต่ำกว่า 69 องศาเซลเซียส (กรมวิชาการเกษตร, 2545) จากผลการทดลองพบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่าง 4.90 และมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน 74.5 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับค่าที่รายงานโดยกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร 2545) ส่วนข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่าง 5.70 และมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน 68.85 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าค่าที่รายงานโดยกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2545) เล็กน้อย และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่าง 6.96 และมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน 65.15 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับค่าที่รายงานโดยกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2545)



A B



C D



E F

ภาพที่ 13 ค่าการสลายตัวในด่างของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (A,B) พิษณุโลก2 (C,D) และชัยนาท1 (E,F) ทั้งก่อน (A,C,E) และหลัง (B,D,F) การแช่ในด่าง

คุณภาพหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 แสดงดังตารางที่ 8 ความยาวของเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากข้าวพันธุ์ชัยนาท1 แต่มีความยาวของเมล็ดมากกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีค่าความสว่างมากกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ใช้ระยะเวลาการหุงสุกนานกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพิษณุโลก2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีปริมาตรที่เพิ่มขึ้นและปริมาณการดูดน้ำมากกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ปริมาณโปรตีนในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีค่าน้อยกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ปริมาณยีสต์และราของข้าวทั้งสามพันธุ์มีค่าน้อยกว่า 10 CFU/g และข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และชัยนาท1

คุณภาพด้านเคมีกายภาพเป็นอีกหนึ่งตัวบ่งชี้คุณภาพข้าว เช่น ความหนืดของแป้งสุกที่สามารถอธิบายสมบัติโดยรวมของข้าวได้ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิที่แป้งสุก (GT) การแตกสลายของแป้งเมื่อต้มสุก (BD) ซึ่งจะช่วยลดความแข็งของข้าวสุกลง (กรมวิชาการเกษตร, 2547) การคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงของข้าวเมื่อเย็นลง (CC) โดยค่าสูงแสดงว่าข้าวมีความแข็งกระด้างมาก (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ซึ่งข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีค่าที่ต่ำ คือ 275 BU ส่วนข้าวอีกสองพันธุ์มีค่าที่สูงคือ 595 และ 765 BU จึงคาดคะเนได้ว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 มีความแข็งกว่าข้าวขาวดอกมะลิ105 ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีความแข็งกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และการคาดคะเนความแข็งกระด้างของข้าวสุก (SB) จะสอดคล้องกับค่า CC โดยถ้าค่าบวกมากข้าวสุกจะแข็งมาก ถ้าค่าบวกน้อยข้าวสุกจะอ่อน และถ้าค่าติดลบแสดงว่าข้าวจะนุ่มเหนียว (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ดังนั้นข้าวขาวดอกมะลิ105 ที่หุงสุกจึงมีความเหนียวนุ่ม ส่วนข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ที่หุงสุกแล้วมีความแข็งมากกว่า

ตารางที่ 8 คุณภาพข้าวหลังการหุงต้มของข้าว 3 สายพันธุ์

คุณภาพ	พันธุ์ข้าว		
	ขาวดอกมะลิ 105	พิษณุโลก2	ชัยนาท1
ด้านกายภาพ			
ความยาวของเมล็ด (ม.ม)	13.28^{a}±1.13	12.43^{b}±0.50	12.78^{ab}±0.83
การยืดตัวของข้าวสุก (ม.ม.)^{ns}	1.88±0.24	1.62±0.32	1.76±0.41
ระยะเวลาการหุงสุก (นาที)	15^{c}±0.5	19^{b}±0.5	24^{a}±0.5
ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (%)	335.48^{a}±3.10	245.58^{c}±2.80	296.82^{b}±3.01
%การดูดน้ำ	165.75^{a}±2.90	124.51^{b}±2.65	125.89^{b}±2.78
สี			
L*	82.87^{a}±0.07	80.87^{b}±0.12	78.29^{c}±0.10
a*	0.13^{a}±0.25	0.15^{b} ±0.24	0.08^{a}±0.05
b*	6.65^{b}±0.17	8.13^{a}±0.05	8.24^{a}±0.08
ด้านเคมี			
ปริมาณโปรตีน (% น.น. สด)	3.07^{b}±0.11	3.68^{a}±0.05	3.71^{a}±0.07
สาร 2AP (เชิงคุณภาพ)	ตรวจพบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ

a-c อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P□0.05)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (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)

ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีคุณภาพแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาปริมาณอะไมโลส (ตารางที่ 7) พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีปริมาณอะไมโลสสูงที่สุด (ร้อยละ 27.28) รองลงมาคือ พิษณุโลก2 (ร้อยละ 26.22) และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (ร้อยละ 15.15) จากปริมาณอะไมโลสดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เป็นข้าวอ่อน (ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 10-19) ส่วนข้าวพิษณุโลก2 และชัยนาท1 นั้นเป็นข้าวแข็ง (ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 26-34) (กรมวิชาการเกษตร, 2547) องค์ประกอบของแป้งที่ต่างกันทำให้คุณภาพข้าวหลังการหุงต้ม

ต่างกัน โดยที่ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะเกิดการเพิ่มแรงเกาะกันระหว่าง micelle ซึ่งจะยับยั้งการพองตัวของผลึกแป้ง ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ปริมาณโปรตีนมีผลต่อระยะเวลาการหุงเนื่องจากโปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ดังนั้นระยะเวลาการหุงสุกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 จึงต่างกันคือ 15, 19 และ 24 นาที ตามลำดับ

สมบัติทางเคมีกายภาพอีกหนึ่งอย่างที่บ่งบอกคุณภาพข้าว คือ ความคงตัวของแป้งสุก โดยจะวัดระยะทางที่น้ำแป้งไหล (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ซึ่งระยะทางที่น้ำแป้งของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ไหล มีค่าสอดคล้องกับค่าที่รายงานโดยกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ดังภาพที่ 14 ซึ่งพบว่าระยะทางที่น้ำแป้งไหลของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 อยู่ในช่วง 61-100 มิลลิเมตร ดังนั้นความคงตัวของแป้งสุกจะอ่อน ส่วนระยะทางที่น้ำแป้งของข้าวพิษณุโลก2 ไหล อยู่ในช่วง 36-40 มิลลิเมตร ดังนั้น ความคงตัวของแป้งสุกอยู่ในระดับค่อนข้างแข็ง และระยะทางที่น้ำแป้งของข้าวชัยนาท1 ไหลอยู่ในช่วง 41-60 มิลลิเมตร ดังนั้นความคงตัวของแป้งสุกจะอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากข้าว แต่ละพันธุ์มีสมบัติของแป้งที่ต่างกันจึงทำให้คุณภาพข้าวหลังการหุงต้มต่างกัน (ตารางที่ 8) โดยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ใช้เวลาในการหุงสุก 15 นาที ซึ่งใช้เวลาสั้นกว่าข้าวพิษณุโลก2 และชัยนาท1 ที่ใช้เวลา 19 และ 24 นาที ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าข้าวอีกสองพันธุ์ และเป็นข้าวอ่อนนั้นเอง สำหรับเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำจะมีค่าแปรผันตามค่าปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2547) กล่าวคือ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีค่าร้อยละการดูดน้ำมากจึงมีค่าปริมาตรที่เพิ่มขึ้นมากตามไปด้วยและมีค่าลดลงในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บรักษาเป็นผลมาจากปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาของการเก็บรักษา (จิรศักดิ์ และคณะ, 2547) จึงทำให้คุณภาพหลังการหุงต้มของข้าวแต่ละพันธุ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแตกต่างกันไป

คุณภาพก่อนการหุงต้มสามารถบ่งบอกคุณภาพข้าวหลังการหุงต้มได้โดยค่าที่นิยมศึกษาคือ ปริมาณอะไมโลส ความคงตัวของแป้งสุก และความหนืดของแป้งข้าวซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิที่แป้งเกิดเจลาติไนเซชัน ความทนทานของเม็ดแป้ง การแข็งตัวของแป้งสุกที่เย็นลง เปรียบเทียบกับค่าความหนืดสูงสุด และการแข็งตัวของแป้งสุกที่เย็นลงเปรียบเทียบกับแป้งสุกร้อน (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ภาพที่ 14 ระยะทางที่น้ำแป้งไหล (ความคงตัวของแป้งสุก) ของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ105

ตอนที่ 3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และเคมี หลังการหุงต้มเมื่อใช้สารสกัดจากใบเตย สำหรับปรับปรุงกลิ่นร่วมกับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2

นำสารสกัดจากใบเตยในข้อที่ 1.1 มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการหุงต้มโดยใช้สารสกัดจำนวน 105 และ 50 มิลลิลิตร สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาสมบัติทางกายภาพ และเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณ 2AP ที่หลงเหลือหลังการหุงต้ม ผลแสดงดังตารางที่ 9

เนื้อสัมผัสของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีลักษณะข้าวสุกที่เหนียว-นุ่ม ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 มีลักษณะข้าวสุกที่ร่วน-แข็ง ซึ่งสอดคล้องกับ งามชื่น (2546) ที่อธิบายลักษณะของข้าวทั้งสามพันธุ์โดยอาศัยปริมาณอะไมโลสในการแบ่งประเภทลักษณะข้าวสุก

ปริมาณโปรตีนเริ่มต้นของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 คือ 2.94, 3.67 และ 3.64 ตามลำดับ ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ **อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีผลทำให้คุณสมบัติด้านสีของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 เข้มกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพิษณุโลก2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และมีผลต่อระยะเวลาการหุงต้มอีกด้วย กล่าวคือ โปรตีนที่อยู่ส่วนนอกของเมล็ดมีส่วนทำให้ระยะเวลาหุงต้มเมล็ดข้าวให้สุกนานขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากโปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว นอกจากนี้ข้าวโปรตีนสูงยังทำให้เมล็ดแกร่งขึ้นทำให้ขัดสีออกได้ยากจึงอาจมีระดับการสีต่ำกว่า (มีรำเหลืออยู่มาก) และทำให้ข้าวสุกนั้นเหนียวน้อยลงและมีสีคล้ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)**

กรมวิชาการเกษตร (2545) รายงานปริมาณ 2AP ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (ข้าวขาว) พบ 0.07 ppm ในข้าวกล้อง พบ 0.20 ppm ทั้งนี้สำหรับปริมาณ 2AP ของข้าวหุงสุกก่อนการเติมสารสกัดจากใบเตยในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ตรวจพบสาร 2AP แต่ในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ไม่พบสาร 2AP และในข้าวหุงสุกหลังการเติมสารสกัดจากใบเตยในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 นั้นตรวจพบสาร 2AP

ตารางที่ 9 คุณภาพข้าวหลังการหุงต้มเมื่อใช้สารสกัดจากใบเตยสำหรับปรับปรุงกลิ่นร่วมกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2

คุณภาพ	พันธุ์ข้าว		
	ขาวดอกมะลิ 105	พิษณุโลก2	ชัยนาท1
ด้านกายภาพ			
ความยาวของเมล็ด (ม.ม)	12.88^{a}±0.94	12.22^{b}±0.80	12.65^{ab}±1.06
การยืดตัวของข้าวสุก (ม.ม.)^{ns}	1.82±0.21	1.59±0.54	1.75±0.37
ระยะเวลาการหุงสุก (นาที)	15^{c}±0.5	19^{b}±0.5	24^{a}±0.5
ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (%)	337.16^{a}±3.22	241.32^{c}±2.14	295.82^{b}±2.50
%การดูดน้ำ	162.52^{a}±2.43	128.44^{b}±1.90	127.21^{b}±2.08
สี			
L*	82.76^{a}±0.10	81.15^{b}±0.42	78.18^{c}±0.18
a*	0.12^{a}±0.03	0.16^{a}±0.07	0.07^{b}±0.03
b*	6.74^{b}±0.17	8.13^{a}±0.06	8.25^{a}±0.05
ด้านเคมี			
ปริมาณโปรตีน (% น.น. สด)	2.94^{b}±0.03	3.64^{b}±0.11	3.67^{a}±0.09
สาร 2AP (เชิงคุณภาพ)	ตรวจพบ	ตรวจพบ	ตรวจพบ

a-c อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

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)

สำหรับคุณภาพหลังการหุงต้มของข้าวหลังการหุงต้มของข้าว 3 สายพันธุ์ (ตารางที่ 8) และคุณภาพข้าวหลังการหุงต้มเมื่อใช้สารสกัดจากใบเตยสำหรับปรับปรุงกลิ่นร่วมกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 (ตารางที่ 9) มีคุณภาพใกล้เคียงกัน แต่ต่างกันตรงที่ตารางที่ 9 ตรวจพบสาร 2AP เนื่องจากการเติมสารสกัดจากใบเตย

ตอนที่ 4 การทดสอบความเข้มของกลิ่นของสารสกัดจากใบเตยสำหรับปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อสารสกัดจากใบเตยนั้นใช้บรรจุภัณฑ์สามชนิด คือ หม้อหุงข้าว (ภาพที่ 15A) ถุงพลาสติกชนิดทนร้อน (PP) (ภาพที่ 15B) และกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟ (PET) (ภาพที่ 15C)

A B C

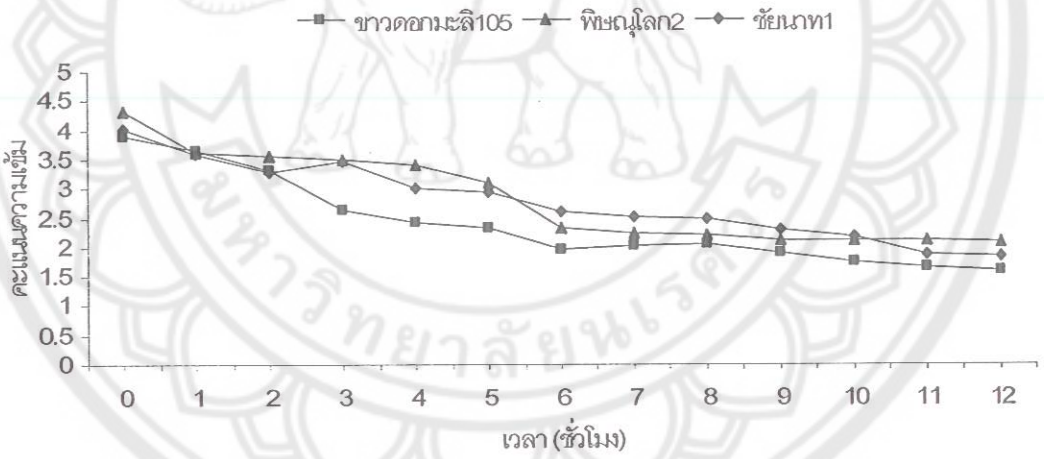
ภาพที่ 15 การเก็บตัวอย่างข้าวหุงสุกในหม้อหุงข้าว (A) ถุงพลาสติกชนิดทนร้อน (PP) (B) และกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟ (PET) (C)

4.1 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30-32 องศาเซลเซียส)

การยอมรับของผู้บริโภคต่อสารสกัดจากใบเตยสำหรับปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 แสดงดัง ภาพที่ 16-19 โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และบรรจุข้าวไว้ในหม้อหุงข้าว จากนั้นทดสอบการยอมรับด้านกลิ่นทุกๆ 1 ชั่วโมง นาน 12 ชั่วโมง โดยแสดงผลการทดสอบทั้ง 4 กลิ่นคือ กลิ่นใบเตย (ภาพที่ 16) กลิ่นสาบ (ภาพที่ 17) กลิ่นไข่ต้ม (ภาพที่ 18) และกลิ่นข้าวเหนียว (ภาพที่ 19)

ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นใบเตยให้คะแนนความเข้มของข้าวทั้งสามพันธุ์ในชั่วโมงที่ 0 มากกว่าชั่วโมงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ภาพที่ 16) โดยระดับความเข้มมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น และคะแนนความเข้มที่ผู้ทดสอบรับรู้มากที่สุดอยู่ในช่วงชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 9 และหลังจากนั้นคะแนนความเข้มจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

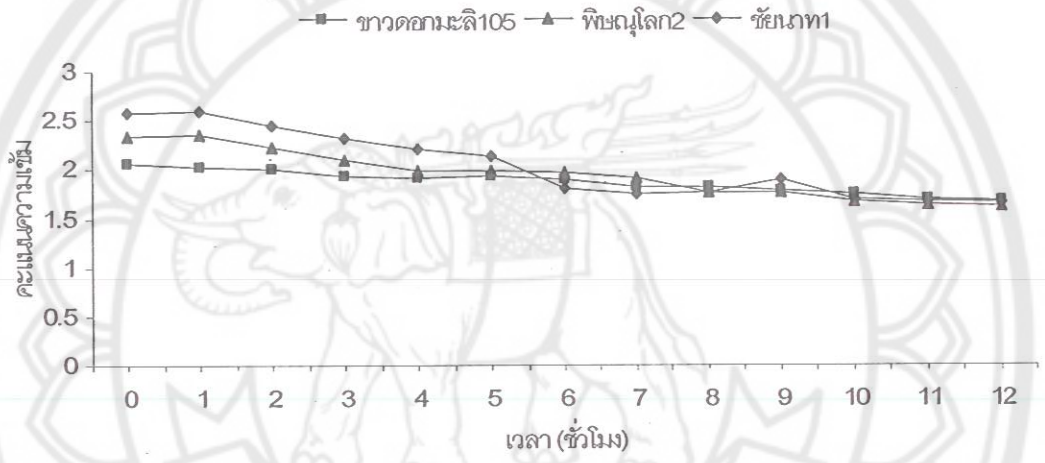
ทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ตัวอย่างข้าวชั่วโมงที่ 1-5 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นใบเตยมากกว่าตัวอย่างข้าวชั่งโมงที่ 6-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง การเก็บข้าวหุงสุกในหม้อหุงข้าวจะช่วยรักษากลิ่นใบเตยได้ร้อยละ 50.51 และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง กลิ่นใบเตยยังคงเหลือร้อยละ 41.28 สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ตัวอย่างข้าวชั่วโมงที่ 1-5 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นใบเตยมากกว่าตัวอย่างข้าวชั่วโมงที่ 6-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง การเก็บข้าวหุงสุกในหม้อหุงข้าวยังคงเหลือกลิ่นใบเตยได้ร้อยละ 53.70 และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง กลิ่นใบเตยยังคงเหลือร้อยละ 48.61 และข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ตัวอย่างข้าวชั่วโมงที่ 1 และ 3 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นใบเตยมากกว่าตัวอย่างข้าวชั่วโมงที่ 4-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ตัวอย่างข้าวชั่วโมงที่ 2 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นใบเตยไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวชั่วโมงที่ 1, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง การเก็บข้าวหุงสุกในหม้อหุงข้าวยังคงเหลือกลิ่นใบเตยร้อยละ 64.83 และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง กลิ่นใบเตยยังคงเหลือร้อยละ 45.63



ภาพที่ 16 ความเข้มด้านกลิ่นใบเตยในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในหม้อหุงข้าว

ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสาบ (ภาพที่ 17) ให้คะแนนความเข้มใกล้เคียงกันในทุกๆ ชั่วโมง กลิ่นสาบจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอายุการเก็บเกี่ยวและสภาวะการเก็บรักษาของข้าว (จิรศักดิ์ และคณะ, 2547) ถ้าเป็นข้าวเก่าจะมีกลิ่นสาบมากกว่าข้าวใหม่ ดังนั้นคะแนนความเข้มด้านกลิ่นสาบของข้าวทั้งสามพันธุ์ จึงอยู่ในระดับที่อ่อนเนื่องจากข้าวทั้งสามพันธุ์เป็นข้าวใหม่ที่เก็บในสภาวะที่เหมาะสม จึงทำให้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสาบให้คะแนน

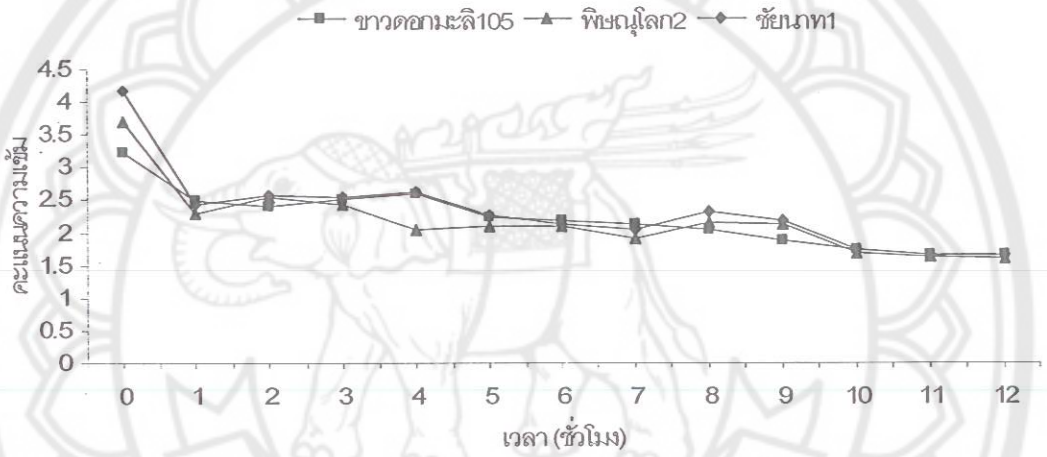
ความเข้มที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งการเก็บข้าวหุงสุกในหม้อหุงข้าวไม่มีผลต่อกลิ่นสาบในข้าว ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพิษณุโลก2 ตัวอย่างข้าวในแต่ละชั่วโมงมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105และพิษณุโลก2 ยังคงเหลือกลิ่นสาบร้อยละ 91.30 และ 84.18 ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง ยังคงเหลือกลิ่นสาบร้อยละ 81.15 และ 69.23 ตามลำดับ และในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ตัวอย่างข้าวที่ชั่วโมง 0-10 มีคะแนนความเข้มมากกว่าชั่วโมงที่ 11 และ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง พบว่ามีกลิ่นสาบคงเหลือร้อยละ 70.03 และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง กลิ่นสาบยังคงเหลือร้อยละ 64.20



ภาพที่ 17 ความเข้มด้านกลิ่นสาบในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในหม้อหุงข้าว

ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นไข่ต้ม (ภาพที่ 18) ให้คะแนนความเข้มในชั่วโมงที่ 0 มากกว่าที่ชั่วโมงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ในข้าวทั้งสามพันธุ์ คะแนนความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ในชั่วโมงที่ 1-5 มากกว่าชั่วโมงที่ 8-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) แต่ในชั่วโมงที่ 6 และ 7 มีคะแนนความเข้มที่ไม่แตกต่างจากชั่วโมงที่ 1-5 และ 8-10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง กลิ่นไข่ต้มคงเหลือร้อยละ 67.28 และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมงกลิ่นไข่ต้มคงเหลือร้อยละ 50.92 สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 คะแนนความเข้มในชั่วโมงที่ 1-6 และ 8-9 มากกว่าชั่วโมงที่ 7 และ 10-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ซึ่งกลิ่นไข่ต้มคงเหลือร้อยละ 57.18 เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง และกลิ่นไข่ต้มคงเหลือร้อยละ 43.08 เมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง และคะแนนความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มในตัวอย่างข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่ชั่วโมง 1-5 มีค่ามากกว่าชั่วโมงที่ 10-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

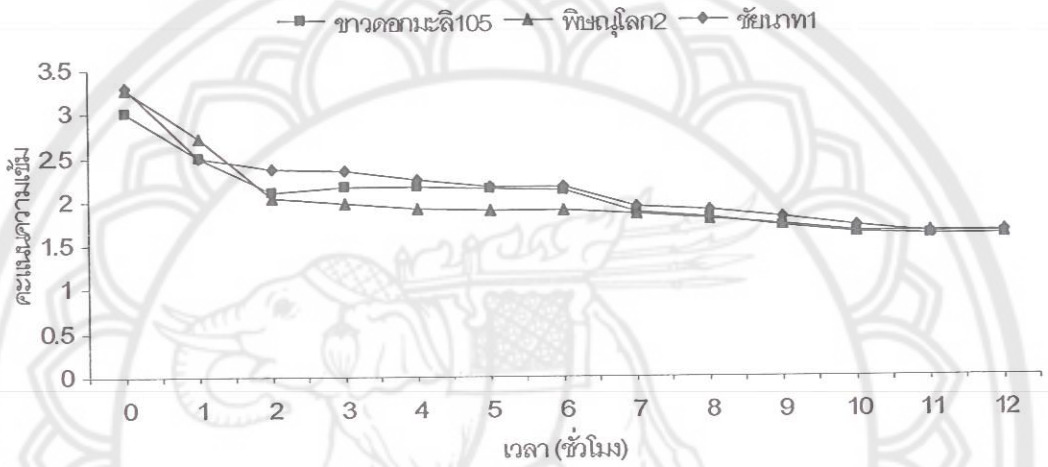
(P≤0.05) แต่ไม่แตกต่างกับชั่วโมงที่ 6-9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง กลิ่นไข่ต้มคงเหลือร้อยละ 50.83 และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมงกลิ่นไข่ต้มคงเหลือร้อยละ 39.56 โดยคะแนนความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น เนื่องจากมีปริมาณซัลเฟอร์มากที่สุด ผู้ทดสอบจึงรับรู้กลิ่นไข่ต้มหรือกลิ่นซัลเฟอร์ได้มากในช่วงชั่วโมงเริ่มต้น ซึ่งเกิดจากการที่โปรตีนเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) โดยข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงย่อมเกิดกลิ่นไข่ต้มมากกว่าข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโปรตีนในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่มีมากที่สุด รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (ตารางที่ 9)



ภาพที่ 18 ความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในหม้อหุงข้าว

ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นข้าวเหนียว (ภาพที่ 19) ให้คะแนนความเข้มใกล้เคียงกันในทุกๆ ชั่วโมง กลิ่นข้าวเหนียวเป็นกลิ่นปกติที่มีในข้าวโดยทั่วไป โดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นข้าวเหนียวให้คะแนนความเข้มที่ระดับความเข้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ซึ่งการเก็บข้าวหุงสุกในหม้อหุงข้าวไม่มีผลต่อกลิ่นข้าวเหนียวในข้าว สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 0-1 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวมากกว่าชั่วโมงที่ 10-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) แต่ไม่แตกต่างกับชั่วโมงที่ 2-9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง คงเหลือกลิ่นข้าวเหนียวร้อยละ 70.43 และ 53.15 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 0-1 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวมากกว่าชั่วโมงที่ 10-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) แต่ไม่แตกต่างกับชั่วโมงที่ 2-9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และชั่วโมงที่

2-9 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวไม่แตกต่างกับชั่วโมงที่ 10-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง คงเหลือกลิ่นข้าวเหนียวร้อยละ 57.79 และ 49.54 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ชั่วโมงที่ 0 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวมากกว่าชั่วโมงที่ 7-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) แต่ไม่แตกต่างกับชั่วโมงที่ 1-6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง คงเหลือกลิ่นข้าวเหนียวร้อยละ 65.65 และ 50.15 ตามลำดับ



ภาพที่ 19 ความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในหม้อหุงข้าว

ดังนั้นการเก็บรักษาข้าวหุงสุกในหม้อหุงข้าวที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30-32 องศาเซลเซียส) นั้น กลิ่นต่างๆ ของข้าวจะระเหยออกไปได้ง่าย โดยเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมงกลิ่นใบเตยคงเหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ร้อยละ 41.28 48.61 และ 45.63 สำหรับกลิ่นสาบนั้นจะคงอยู่นานที่สุดในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพิษณุโลก2 คือ 10 ชั่วโมง รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 นาน 9 ชั่วโมง แต่กลิ่นไข่ต้มจะแรงในช่วงเริ่มต้น คือ ชั่วโมงที่ 0 จากนั้นจะอ่อนลง สำหรับกลิ่นข้าวเหนียวนั้นทั้งข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพิษณุโลก2 จะเข้มในชั่วโมงที่ 0-1 แต่ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ยังคงกลิ่นนานถึงชั่วโมงที่ 6

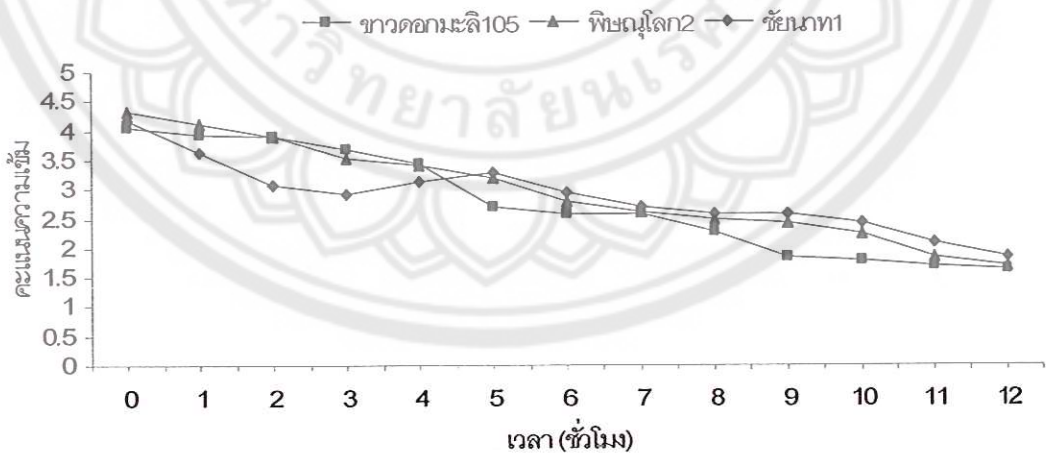
4.2 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-6 องศาเซลเซียส)

4.2.1 การเก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิดทนร้อน (PP)

สำหรับการเก็บรักษาข้าวที่หุงแล้วที่อุณหภูมิตู้เย็นนั้นภาชนะการเก็บคือถุงพลาสติกชนิดทนร้อน คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์สำหรับปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 แสดงดังภาพที่ 20-23

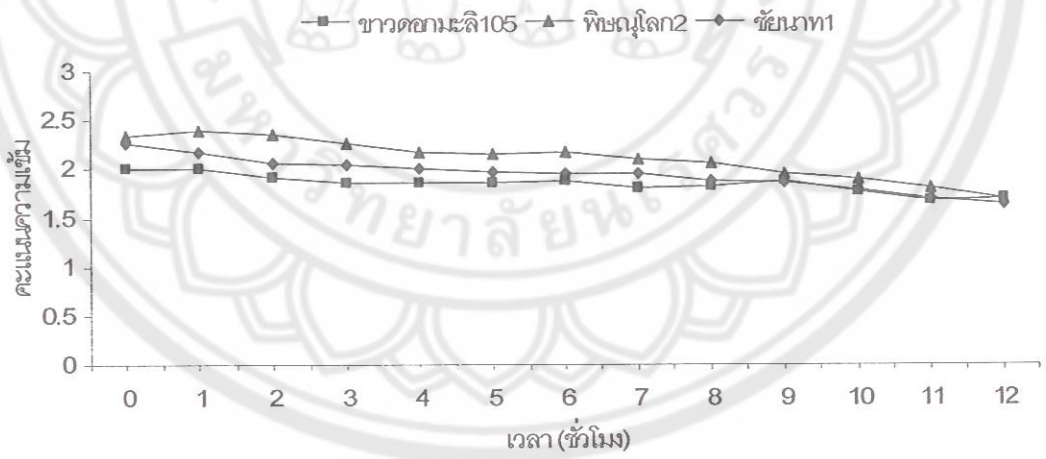
โดยบรรจุข้าวไว้ในถุงพลาสติกชนิดทนร้อนและเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น จากนั้นทดสอบการยอมรับด้านกลิ่น ทุกๆ 1 ชั่วโมง นาน 12 ชั่วโมง โดยแสดงผลการทดสอบทั้ง 4 กลิ่นคือ กลิ่นใบเตย (ภาพที่ 20) กลิ่นสาบ (ภาพที่ 21) กลิ่นไข่ต้ม (ภาพที่ 22) และกลิ่นข้าวเหนียว (ภาพที่ 23)

จากภาพที่ 20 ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นใบเตยให้คะแนนความเข้มในชั่วโมงที่ 0-3, 0-2 และ 0-1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 0-3 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นใบเตยมากกว่า ชั่วโมงที่ 5-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง พบว่าการเก็บข้าวหุงสุกในถุงพลาสติกคงเหลือกลิ่นใบเตยร้อยละ 63.86 และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง คงเหลือกลิ่นใบเตยร้อยละ 40.34 และในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ตัวอย่างข้าวชั่วโมงที่ 0-2 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นใบเตยมากกว่าชั่วโมงที่ 6-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากชั่วโมงที่ 3-5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง พบว่าคงเหลือกลิ่นใบเตยร้อยละ 64.35 และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง คงเหลือกลิ่นใบเตยร้อยละ 39.12 และคะแนนความเข้มด้านกลิ่นใบเตยในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ชั่วโมงที่ 0-1 ไม่แตกต่างกับตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 2-5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นใบเตยมากกว่าชั่วโมงที่ 6-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง พบว่าคงเหลือกลิ่นใบเตยร้อยละ 70.43 และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง คงเหลือกลิ่นใบเตยร้อยละ 44.47



ภาพที่ 20 ความเข้มด้านกลิ่นใบเตยในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก

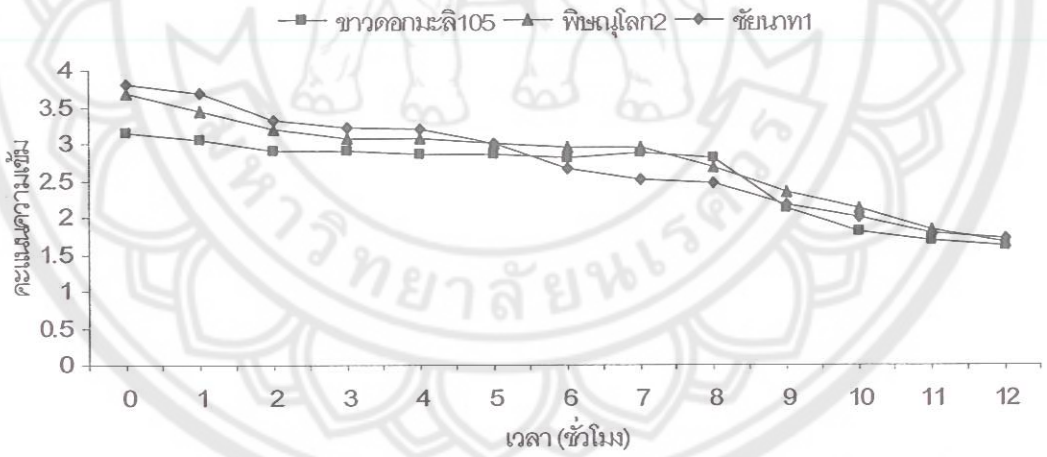
ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสาบให้คะแนนความเข้มใกล้เคียงกันในทุกๆ ชั่วโมง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีคะแนนความเข้มของกลิ่นสาบที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีกลิ่นสาบคงเหลือร้อยละ 93.09 และ 84.57 เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 21) สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ตัวอย่างข้าวชั่วโมงที่ 0-2 มีคะแนนความเข้มมากกว่าชั่วโมงที่ 10-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างข้าวชั่วโมงที่ 3-9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีกลิ่นสาบคงเหลือร้อยละ 93.16 และ 72.22 เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ และข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีคะแนน ด้านกลิ่นสาบในชั่วโมงที่ 0-1 มากกว่าชั่วโมงที่ 11-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากชั่วโมงที่ 2-10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีกลิ่นสาบคงเหลือร้อยละ 86.28 และ 72.12 เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับคะแนนความเข้มด้านกลิ่นสาบของข้าวทั้งสามพันธุ์อยู่ในระดับที่อ่อนเนื่องจากข้าวทั้งสามพันธุ์เป็นข้าวใหม่ที่เก็บในสภาวะที่เหมาะสม จึงทำให้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสาบให้การยอมรับที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งการเก็บข้าวหุงสุกในถุงพลาสติกมีผลต่อกลิ่นสาบในข้าวสำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ซึ่งคะแนนความเข้มไม่แตกต่างกันจาก 0-9 และ 0-10 ชั่วโมง ตามลำดับ



ภาพที่ 21 ความเข้มด้านกลิ่นสาบในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก

ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นไข่ต้ม (ภาพที่ 22) ให้คะแนนความเข้มในชั่วโมงที่ 0 มากกว่าชั่วโมงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ในข้าวทั้งสามพันธุ์ โดยคะแนนความเข้มมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น คะแนนความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มของข้าวพันธุ์

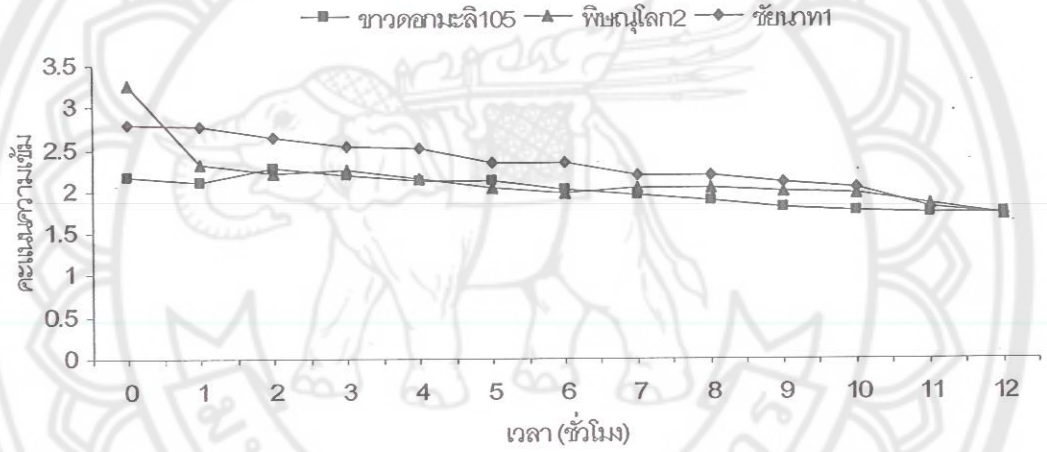
ขาวดอกมะลิ105 ชั่วโมงที่ 0-6 มากกว่าชั่วโมงที่ 10-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากชั่วโมงที่ 7-9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าคงเหลือกลิ่นไข่ต้มร้อยละ 89.49 และ 51.59 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 นั้นมีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้ม ชั่วโมงที่ 0-7 มากกว่าชั่วโมงที่ 10-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากชั่วโมงที่ 8-9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าคงเหลือกลิ่นไข่ต้มร้อยละ 72.89 และ 44.98 ตามลำดับ และในชั่วโมงที่ 0-4 ของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้ม มากกว่าชั่วโมงที่ 6-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากชั่วโมงที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าคงเหลือกลิ่นไข่ต้มร้อยละ 69.73 และ 44.73 ตามลำดับ กลิ่นไข่ต้มหรือกลิ่นซัลเฟอร์เป็นกลิ่นที่ผู้ทดสอบรับรู้ได้มากที่สุดในช่วงชั่วโมงเริ่มต้นเนื่องจากมีปริมาณซัลเฟอร์มากที่สุด ซึ่งเกิดจากการที่โปรตีนเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) โดยข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงย่อมเกิดกลิ่นไข่ต้มมากกว่าข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ คะแนนความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 สูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโปรตีนที่มีมากที่สุด รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และข้าวขาวดอกมะลิ105



ภาพที่ 22 ความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก

ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นข้าวเหนียว (ภาพที่ 23) ให้คะแนนความเข้มใกล้เคียงกันในทุกๆ ชั่วโมง โดยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชั่วโมงที่ 0-3 มีคะแนนความเข้มมากกว่าชั่วโมงที่ 8-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนตัวอย่างชั่วโมงที่ 0-7 และชั่วโมงที่ 4-12 มีคะแนนความเข้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และพบว่าชั่วโมงที่ 6 และ 12 มีกลิ่นข้าวเหนียวคงเหลือ 93.05 และ 80.09 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2

คะแนน ความเข้มชั่วโมงที่ 0 มากกว่าชั่วโมงที่ 1-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และคะแนน ความเข้มในชั่วโมงที่ 1-4 มากกว่าชั่วโมงที่ 11-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 1-12 มีคะแนนความเข้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และพบว่าชั่วโมงที่ 6 และ 12 มีกลิ่นข้าวเหนียวคงเหลือ 60.55 และ 52.29 ตามลำดับ และสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 คะแนนความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวในทุกชั่วโมงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และพบว่าชั่วโมงที่ 6 และ 12 มีกลิ่นข้าวเหนียวคงเหลือ 83.21 และ 61.42 ตามลำดับ กลิ่นข้าวเหนียวเป็นกลิ่นปกติที่มีในข้าวโดยทั่วไป โดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นข้าวเหนียวให้การยอมรับที่ระดับความเข้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการเก็บข้าวหุงสุกในถุงพลาสติกไม่มีผลต่อกลิ่นข้าวเหนียวในข้าว



ภาพที่ 23 ความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก

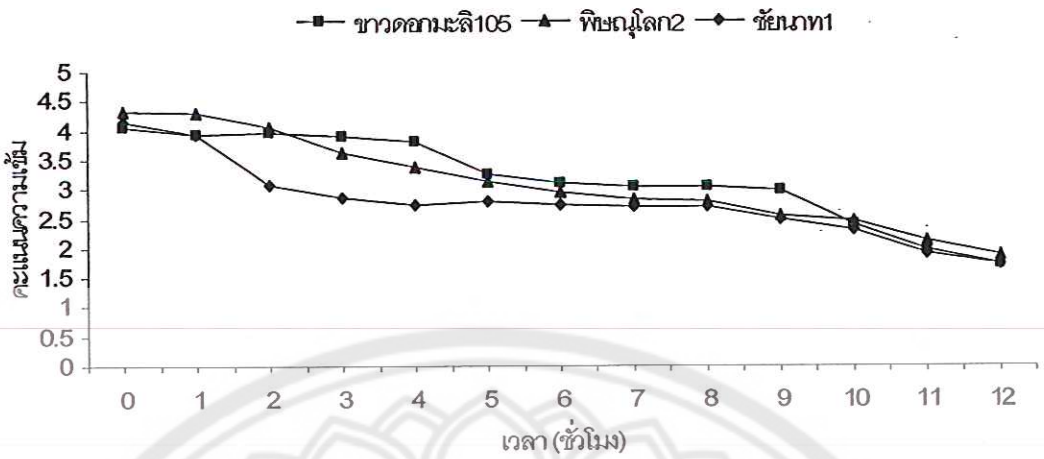
ดังนั้นการเก็บรักษาข้าวหุงสุกในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-6 องศาเซลเซียส) นั้น กลิ่นต่างๆ ของข้าวจะถูกเก็บไว้ในถุงพลาสติก โดยที่กลิ่นใบเตยจะคงเหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง คือ ร้อยละ 63.86 และ 40.34 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 นั้น มีกลิ่นใบเตยคงเหลือในชั่วโมงที่ 6 และ 12 คือ ร้อยละ 64.35 และ 39.12 ตามลำดับ และข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีกลิ่นใบเตยคงเหลือในชั่วโมงที่ 6 และ 12 คือ ร้อยละ 70.43 และ 44.47 ตามลำดับ และกลิ่นสาบนั้นจะคงอยู่นานที่สุดในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 นาน 10 ชั่วโมง รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 คือ 9 ชั่วโมง สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 กลิ่นไข่ต้มจะแรงในช่วงชั่วโมงที่ 0-6 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 คือชั่วโมงที่ 0-7 และข้าวพันธุ์ชัยนาท1

คือชั่วโมงที่ 0-4 สำหรับกลิ่นข้าวเหนียวนั้นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 นาน 7 ชั่วโมง และข้าวพันธุ์พันธุ์พิษณุโลก2 จะเข้มในชั่วโมงที่ 0

4.2.2 การเก็บรักษาในกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟ (PET)

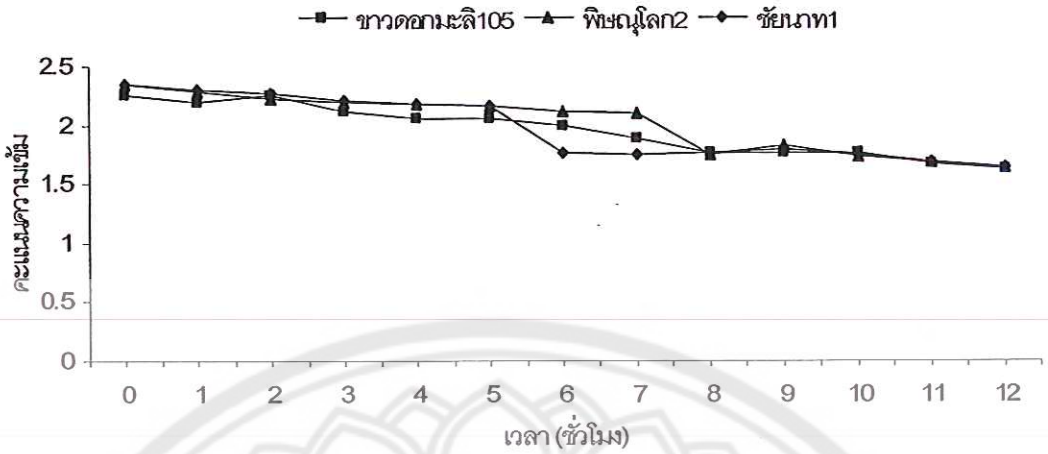
สำหรับการเก็บรักษาข้าวที่หุงแล้วที่อุณหภูมิตู้เย็นนั้นภาชนะการเก็บคือ กล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้ คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์สำหรับปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 แสดงดังภาพที่ 24-27 โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น และบรรจุข้าวไว้ในกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้ จากนั้นทดสอบการยอมรับด้านกลิ่น ทุกๆ 1 ชั่วโมง นาน 12 ชั่วโมง โดยแสดงผลการทดสอบทั้ง 4 กลิ่นคือ กลิ่นใบเตย (ภาพที่ 24) กลิ่นสาบ (ภาพที่ 25) กลิ่นไข่ต้ม (ภาพที่ 26) และกลิ่นข้าวเหนียว (ภาพที่ 27)

จากภาพที่ 24 คะแนนความเข้มด้านกลิ่นใบเตยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นใบเตยให้คะแนนความเข้มในชั่วโมงที่ 0-3 สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และ คะแนนความเข้มในชั่วโมงที่ 0-1 สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 และ ชัยนาท1 มากกว่าชั่วโมงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) คะแนนความเข้มด้านกลิ่นใบเตยของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ในชั่วโมงที่ 0-3 มากกว่าชั่วโมงที่ 5-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ส่วนชั่วโมงที่ 0-4, 4-6 และ 5-9 มีคะแนนความเข้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง การเก็บข้าวหุงสุกไว้ในกล่องพลาสติกนั้นทำให้คงเหลือกลิ่นใบเตยร้อยละ 76.54 และ 42.71 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 คะแนนความเข้มด้านกลิ่นใบเตยในชั่วโมงที่ 0-2 มากกว่าชั่วโมงที่ 9-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากชั่วโมงที่ 3-8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนชั่วโมงที่ 0-2, 2-8 และ 6-10 มีคะแนนความเข้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง การเก็บข้าวหุงสุกไว้ในกล่องพลาสติกนั้นทำให้คงเหลือกลิ่นใบเตยร้อยละ 67.82 และ 43.28 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 คะแนนความเข้มในชั่วโมงที่ 0-1 มีค่ามากกว่าชั่วโมงที่ 9-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากชั่วโมงที่ 2-9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง การเก็บข้าวหุงสุกไว้ในกล่องพลาสติกนั้นทำให้คงเหลือกลิ่นใบเตยร้อยละ 65.94 และ 41.78 ตามลำดับ



ภาพที่ 24 ความเข้มด้านกลิ่นใบเตยในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในกล่องพลาสติก

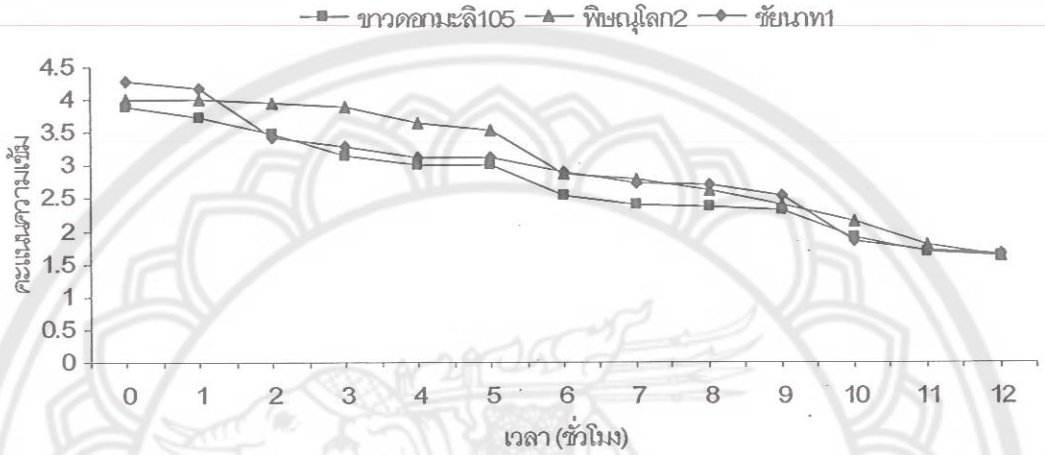
ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสาบ (ภาพที่ 25) ให้คะแนนความเข้มใกล้เคียงกันในทุกๆ ชั่วโมง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีคะแนนความเข้มของกลิ่นสาบที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่งโมงพบว่ายังคงเหลือกลิ่นสาบร้อยละ 88.44 และ 72.00 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 คะแนนความเข้มในชั่วโมงที่ 0-7 มีค่ามากกว่าชั่วโมงที่ 8-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่งโมงพบว่ายังคงเหลือกลิ่นสาบร้อยละ 90.17 และ 70.08 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นสาบในชั่วโมงที่ 0-5 มากกว่าชั่วโมงที่ 6-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่งโมงพบว่ายังคงเหลือกลิ่นสาบร้อยละ 75.31 และ 69.78 ตามลำดับ ดังนั้นคะแนนความเข้มด้านกลิ่นสาบของข้าวทั้งสามพันธุ์ จึงอยู่ในระดับที่อ่อนเนื่องจากข้าวทั้งสามพันธุ์เป็นข้าวใหม่ที่เก็บในสภาวะเหมาะสม จึงทำให้ผู้ทดสอบประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสาบให้การยอมรับที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งการเก็บข้าวหุงสุกในกล่องพลาสติกไม่มีผลต่อกลิ่นสาบในข้าว



ภาพที่ 25 ความเข้มด้านกลิ่นสาบในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในกล่องพลาสติก

สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นไข่ต้ม (ภาพที่ 26) ให้คะแนนความเข้มในชั่วโมงที่ 0-1 มากกว่าชั่วโมงที่ 3-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และในชั่วโมงที่ 0-2 มากกว่าชั่วโมงที่ 7-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ไม่แตกต่างชั่วโมงที่ 3-6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 0-5 และชั่วโมงที่ 3-9 มีคะแนนความเข้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง คงเหลือกลิ่นไข่ต้มร้อยละ 65.72 และ 41.75 ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 นั้น คะแนนความเข้มของชั่วโมงที่ 0-2 มากกว่าชั่วโมงที่ 4-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และชั่วโมงที่ 0-3 มากกว่า ชั่วโมงที่ 6-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชั่วโมงที่ 4-5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 0-5 และชั่วโมงที่ 4-8 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง คงเหลือกลิ่นไข่ต้มร้อยละ 72.18 และ 41.10 ตามลำดับ และสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 0-5 และชั่วโมงที่ 3-9 มีคะแนนความเข้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในชั่วโมงที่ 0-1 มีค่ามากกว่าชั่วโมงที่ 3-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และในชั่วโมงที่ 0-2 มีค่ามากกว่าชั่วโมงที่ 9-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับชั่วโมงที่ 3-8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง คงเหลือกลิ่นไข่ต้มร้อยละ 67.52 และ 38.55 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนความเข้มมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยกรมวิชาการเกษตร (2547) กล่าวว่ากลิ่นไข่ต้มหรือกลิ่นซัลเฟอร์เป็นกลิ่นที่ผู้ทดสอบรับรู้ได้มากที่สุดในช่วงชั่วโมงเริ่มต้นเนื่องจากมีปริมาณซัลเฟอร์มากที่สุด เมื่อนำข้าวมาบรรจุในกล่องพลาสติกจึง

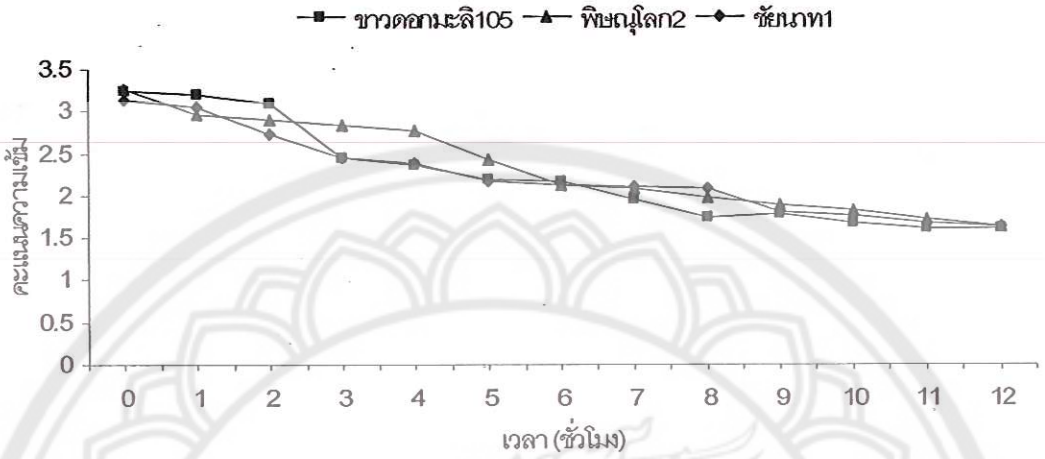
ทำให้กลิ่นไข่ต้มคงอยู่ในช่วง 3-4 ชั่วโมงแรก โดยข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงย่อมเกิดกลิ่นไข่ต้มมากกว่าข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ คะแนนความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 สูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโปรตีนที่มีมากที่สุด รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105



ภาพที่ 26 ความเข้มด้านกลิ่นไข่ต้มในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในกล่องพลาสติก

ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นข้าวเหนียว (ภาพที่ 27) ให้คะแนนความเข้มใกล้เคียงกันในทุกๆ ชั่วโมง สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ในช่วงสามชั่วโมงแรกนั้น กลิ่นข้าวเหนียวยังคงเด่นชัดเนื่องจากภาชนะบรรจุสามารถรักษากลิ่นที่จะซึมออกไปได้ โดยตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 0-2 มีคะแนนความเข้มมากกว่าชั่วโมงที่ 3-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 3-7 และ ชั่วโมงที่ 7-12 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบกลิ่นข้าวเหนียวคงเหลือร้อยละ 66.97 และ 49.38 เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ และในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 คะแนนความเข้มด้านกลิ่นในชั่วโมงที่ 0-4 มากกว่า ชั่วโมงที่ 6-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 0-5 และชั่วโมงที่ 5-11 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบกลิ่นข้าวเหนียวคงเหลือร้อยละ 64.83 และ 49.84 เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 นั้น ตัวอย่างข้าวมีคะแนนความเข้มในชั่วโมงที่ 0-1 มากกว่า ชั่วโมงที่ 3-12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนตัวอย่างข้าวในชั่วโมงที่ 0-8 มีคะแนนความเข้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบกลิ่นข้าวเหนียวคงเหลือร้อยละ 67.51 และ 51.91 เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นข้าวเหนียวให้การ

ยอมรับที่ระดับความเข้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการเก็บข้าวหุงสุกในกล่องพลาสติก ไม่มีผลต่อกลิ่นข้าวเหนียวในข้าว



ภาพที่ 27 ความเข้มด้านกลิ่นข้าวเหนียวในข้าวทั้งสามพันธุ์ที่เก็บไว้ในกล่องพลาสติก

ดังนั้นการเก็บรักษาข้าวหุงสุกในกล่องพลาสติกที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 4-6 องศาเซลเซียส) นั้นกลิ่นต่างๆของข้าวจะถูกเก็บไว้ในกล่องพลาสติก โดยที่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีกลิ่นใบเตยคงเหลือร้อยละ 76.54 และ 42.71 เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีกลิ่นใบเตยคงเหลือร้อยละ 67.82 และ 43.28 เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ และข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีกลิ่นใบเตยคงเหลือร้อยละ 65.94 และ 41.78 เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ และกลิ่นสาบนั้นจะคงอยู่นานที่สุดในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 คือ 7 ชั่วโมง รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 นาน 5 ชั่วโมง สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท1 กลิ่นไข่ต้มจะแรงในช่วงชั่วโมงที่ 0-2 แต่ข้าวพันธุ์ พิษณุโลก2 คือชั่วโมงที่ 3 สำหรับกลิ่นข้าวเหนียวนั้นทั้งข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และข้าวพันธุ์ชัยนาท1 นาน 2 ชั่วโมง ส่วนข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 จะเข้มในชั่วโมงที่ 0-4

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีเรื่อง การปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105 เมื่อวันพุธที่ 7 เมษายน 2553 ณ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

จังหวัดพิษณุโลก โดยมีผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการจำนวน 20 คน และจากผลการประเมินพบว่าผู้เข้าร่วมอบรมให้คะแนนความพึงพอใจทั้งในรูปแบบการอบรมและเนื้อหาในระดับดีมาก

ภาพที่ 28 บรรยากาศช่วงบรรยายภาคทฤษฎี

ภาพที่ 29 ภาพหมู่ช่วงบรรยายภาคทฤษฎี

ภาพที่ 30 การจัดตั้งอุปกรณ์ในการสกัดสารสกัดจากใบเตย

ภาพที่ 31 บรรยากาศระหว่างรอสารสกัดจากใบเตย

ภาพที่ 32 การนำสารสกัดจากใบเตยมาใช้ในการหุงข้าว

ภาพที่ 33 การซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างรอข้าวหุงสุก

ภาพที่ 34 ภาพหมู่หลังจบภาคปฏิบัติการ

สรุปผลการวิจัย

1. วิธีการสกัดสารหอมจากใบเตยสำหรับปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105

สำหรับการสกัดสารหอม (2AP) จากใบเตยนั้น ใช้ใบเตยหั่นเป็นฝอยจำนวน 20 กรัม และน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ใช้วิธีการกลั่นโดยน้ำร้อน ระยะเวลา 60 นาที ได้ปริมาณสารสกัดจากใบเตย 120 มิลลิลิตร ซึ่งมีปริมาณ 2AP เท่ากับ 0.02 ppm โดยเวลาและปริมาณสารสกัดจากใบเตยในการเติมที่เหมาะสมสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 คือ 15 นาที และ 105 มิลลิลิตร ตามลำดับ และเวลาและปริมาณสารสกัดจากใบเตยในการเติมที่เหมาะสมสำหรับข้าวพิษณุโลก2 คือ 10 นาที และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ

2. การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และเคมีกายภาพ ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ทั้งก่อนและหลังการหุงต้ม

2.1 คุณภาพข้าวก่อนการหุงต้มของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 พบว่ามีความยาวของเมล็ด 7.08, 7.23 และ 7.69 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 12.24, 10.62 และ 10.87 ตามลำดับ มีค่าการสลายตัวในด่าง 6.96, 4.90 และ 5.70 ตามลำดับ มีปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 15.15, 27.28 และ 26.22 ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.63, 7.83 และ 7.80 ตามลำดับ มีค่าความหนืดของแป้งข้าว ได้แก่ ค่า GT 65.15, 74.5 และ 68.85 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่า BD 655, 105 และ 190 BU ตามลำดับ ค่า CC 275, 765 และ 595 BU ตามลำดับ ค่า SB -375, 660 และ 405 BU ตามลำดับ และค่าความคงตัวของแป้งสุก 94, 41 และ 37 มิลลิเมตร ตามลำดับ

2.2 คุณภาพข้าวหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 พบว่ามีความยาวของเมล็ด 13.28, 12.78 และ 12.43 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าการยืดตัวด้านยาวของเมล็ด 1.88, 1.76 และ 1.62 มิลลิเมตร ตามลำดับ ระยะเวลาการหุงสุก 15, 24 และ 19 นาที ตามลำดับ มีปริมาตรที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 335.48, 296.82 และ 245.58 ตามลำดับ ค่าการดูดน้ำร้อยละ 165.75, 125.89 และ 124.51 ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.07, 3.71 และ 3.68 ตามลำดับ ตรวจพบสาร 2AP ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 แต่ไม่พบในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2

3. การศึกษาสมบัติทางเคมี และเคมีกายภาพ หลังการหุงต้มเมื่อใช้สารสกัดจากใบเตยสำหรับปรับปรุงกลิ่นร่วมกับข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2

คุณภาพข้าวหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 พบว่ามีความยาวของเมล็ด 12.88, 12.65 และ 12.22 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าการยืดตัวด้านยาวของ

เมล็ด 1.82, 1.75 และ 1.59 มิลลิเมตร ตามลำดับ ระยะเวลาการหุงสุก 15, 24 และ 19 นาที ตามลำดับ มีปริมาตรที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 337.16, 295.82 และ 241.32 ตามลำดับ ค่าการดูดน้ำ ร้อยละ 162.52, 127.21 และ 128.44 ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 2.94, 3.67 และ 3.64 ตามลำดับ ตรวจพบสาร 2AP ในข้าวทั้งสามพันธุ์

4. การทดสอบความเข้มของกลิ่นของสารสกัดจากใบเตยสำหรับปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของข้าวหุงสุกในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ นั้น พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง การเก็บรักษาข้าวในหม้อหุงข้าวสามารถช่วยยืดอายุกลิ่นใบเตยคงเหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 คือ ร้อยละ 50.51, 53.70 และ 64.83 ตามลำดับ การเก็บรักษาข้าวในถุงพลาสติกสามารถช่วยยืดอายุกลิ่นใบเตยคงเหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 คือ ร้อยละ 63.86, 64.35 และ 70.43 ตามลำดับ และการเก็บรักษาข้าวในกล่องพลาสติกสามารถช่วยยืดอายุกลิ่นใบเตยคงเหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 คือ ร้อยละ 76.54, 67.82 และ 65.94 ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง การเก็บรักษาข้าวในหม้อหุงข้าวสามารถช่วยยืดอายุกลิ่นใบเตยคงเหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 คือ ร้อยละ 41.28, 48.61 และ 45.63 ตามลำดับ การเก็บรักษาข้าวในถุงพลาสติกสามารถช่วยยืดอายุกลิ่นใบเตยคงเหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 คือ ร้อยละ 40.34, 39.12 และ 44.47 ตามลำดับ และการเก็บรักษาข้าวในกล่องพลาสติกสามารถช่วยยืดอายุกลิ่นใบเตยคงเหลือในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 คือ ร้อยละ 42.71, 43.28 และ 41.78 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษากรรมวิธีการสกัดหลากหลายวิธีที่มีประสิทธิภาพที่เพื่อให้ได้ปริมาณสารสกัดสูงสุด สาร 2AP เป็นกลิ่นหลักในข้าวหอมมะลิ ซึ่งนอกจากในใบเตยแล้วยังมีในพืชชนิดอื่นอีกด้วย จึงควรศึกษากลิ่นหอมจากวัตถุดิบชนิดอื่นนอกจากใบเตย จากนั้นนำมาประยุกต์ใช้กับข้าวที่เป็นข้าวอ่อน (ข้าวอะไมโลสต่ำ) แต่ไม่มีกลิ่นหอมเพื่อที่จะได้ข้าวหุงสุกที่มีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มและมีกลิ่นหอมน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น และนอกจากสารสกัดที่เป็นของเหลวใสไม่มีสีแล้วอาจดัดแปลงสารสกัดจากใบเตยให้อยู่ในรูปแบบอื่น เช่น ผง หรือของเหลวเข้มข้นทั้งนี้ควรคำนึงถึงความเสถียรของสารสกัดด้วยเพื่อให้เกิดความหลากหลายในการใช้ประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ม.ป.ป. องค์ความรู้เรื่องข้าว. สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2551, จาก http://www.brrd.in.th/rkb/data_002/a1/rice_xx2-03_ricebreed_Khao_Dawk_Mali_105.html

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ม.ป.ป. องค์ความรู้เรื่องข้าว. สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2551, จาก http://www.brrd.in.th/rkb/data_002/a2/rice_xx2-03_ricebreed_Phitsanulok_2.html

กรมวิชาการเกษตร. 2545. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. กรุงเทพฯ: จิรวัฒน์เอ็กเพรส.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย.กรุงเทพฯ: จิรวัฒน์เอ็กเพรส.

งามชื่น คงเสรี. 2542. ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว. กรุงเทพฯ: จิรวัฒน์เอ็กเพรส.

งามชื่น คงเสรี. 2546. ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว. กรุงเทพฯ: จิรวัฒน์เอ็กเพรส.

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. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

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

ใบเตยหอม. 2551. เว็บสุขภาพที่ครบวงจร. สืบค้นเมื่อ 28 มิถุนายน 2552, จาก http://www.bangkokhealth.com/nutrition_htdoc/nutrition_health_detail.asp? Number=9223.

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

สุนทรีย์ เกตุคง. 2549. ข้าว วิถีวัฒนธรรมการค้า. วารสารสถาบันอาหาร, 8(50), 33.

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

AOAC. 1995. Official methods of analysis. AOAC International. Washington, D.C., Association of Official of 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.

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 (*Pandanus amaryllifolius*). Flavor Chemistry of Ethnic Food, 48, 105-109.

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 (*Pandanus amaryllifolius*) and Thai fragrant rice (Khao Dawk Mali 105). Cereal Chemistry, 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.

Lee, M.H., Hettiarachchy, N.S., McNew, R.W., and Gnanasambandam, R. 1995. Physicochemical properties of calcium-fortified rice. American Association of Cereal Chemistry, 17(8), 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.

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

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.

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, 42, 261-273.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

ภาคผนวก ข เอกสารการตีพิมพ์เผยแพร่ของงานวิจัยนี้

มหาวิทยาลัยนเรศวร

กำหนดการอบรมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง การปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

วันพุธที่ 7 เมษายน 2553

ณ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

8.00-8.30 น.	ลงทะเบียนและรับเอกสารประกอบการประชุม
8.30-8.45 น.	พิธีเปิดโดยหัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
8.45-10.30 น.	ภาคบรรยาย : การสกัดสารหอม (2 acetyl-1-pyrroline) จากใบเตยและการปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 โดย นายคุณากร ขัติศรี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์
10.30-10.45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
10.45-12.00 น.	ภาคปฏิบัติการ : การสกัดสารหอม (2 acetyl-1-pyrroline) จากใบเตย โดย นายคุณากร ขัติศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีนา น้อยทัพ
12.00-13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00-14.30 น.	ภาคปฏิบัติการ : การปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 โดย นายคุณากร ขัติศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีนา น้อยทัพ
14.30-14.45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
14.45-15.30 น.	สรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการ และการซักถาม โดย นายคุณากร ขัติศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีนา น้อยทัพ

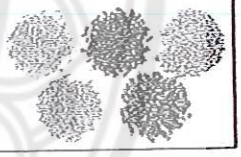
การสกัดสารหอม (2-acetyl-1-pyrroline) จากใบเตย และการปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ขัยนาท1 และพันธุ์ทิพณุโลก2

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

- ข้าวเป็นอาหารหลักที่คนไทยส่วนใหญ่บริโภคเป็นประจำ
- ประเทศไทยมีพันธุ์ข้าวหลายชนิดที่ทำการเพาะปลูกโดยให้ผลผลิตและคุณภาพที่แตกต่างกัน
- บางสายพันธุ์ เป็นที่ต้องการของตลาดแต่บางสายพันธุ์กลับมีราคาตกต่ำ
- ข้าวที่ผู้บริโภคนิยมสูงสุดคือ ข้าวขาวดอกมะลิ105 หรือข้าวหอมมะลิ

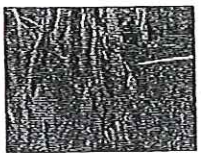
- ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่รู้จักกันดีในหมู่ผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศเพราะเป็นข้าวที่มีคุณภาพ
- เมื่อหุงต้มจะได้ข้าวสวย นุ่มเหนียวและมีกลิ่นหอมโดยธรรมชาติ
- ต่างจากข้าวทั่วไป ที่เมื่อหุงต้มแล้วก่อนข้างร่วนแข็ง
- ข้าวหอมมะลิจึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจนกระทั่งผลผลิตข้าวหอมมะลิไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

- เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคจึงปรับปรุงคุณภาพกลิ่นหอมของข้าวให้ใกล้เคียงข้าวหอมมะลิ
- โดยการสกัดกลิ่นหอมจากใบเตยเพื่อนำมาแต่งกลิ่นให้ใกล้เคียงข้าวหอมมะลิ



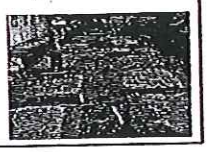
วัตถุประสงค์

- เพื่อปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ ขัยนาท 1 และ ทิพณุโลก 2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105



ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพข้าวพันธุ์ทิพณุโลก2 และขัยนาท1 ให้มีคุณภาพหลังการหุงต้มใกล้เคียงข้าวหอมมะลิ
2. ผู้บริโภคยอมรับข้าวพันธุ์ทิพณุโลก2 และขัยนาท1 หลังจากการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่น
3. เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้ข้าวอะไมโลสสูง



ขอบเขตการวิจัย

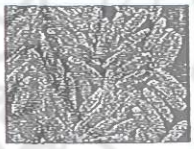
- ศึกษากรรมวิธีการผลิตสารสกัดสำหรับปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105 โดยใช้สารสกัดจากใบเตย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ข้าว (*Oryza sativa* L.)
  - ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105
  - ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2
  - ข้าวพันธุ์ชัยนาท1

ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพข้าวสุกต่างกัน

1. ปริมาณอะไมโลส (amylose content)
2. ความคงตัวของเมล็ดแป้ง (gel consistency)
3. อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature)
4. โปรตีน (protein)
5. ความเก่าของข้าว (age of rice)



ตาราง 1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

พันธุ์ข้าว	ปริมาณอะไมโลส %	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวขาวดอกมะลิ105	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวปทุมธานี1	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวหอมคลองหลวง	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าว กข7	20-25	ค่อนข้างร่วน-ไม่เหนียว
ข้าวสุพรรณบุรี60	20-25	ค่อนข้างร่วน-ไม่เหนียว
ข้าวชัยนาท1	25-34	ร่วน-เหนียว
ข้าวสุพรรณบุรี1	25-34	ร่วน-เหนียว
ข้าวพิษณุโลก2	25-34	ร่วน-เหนียว

ที่มา งามชื่น คาเสรี, 2539

จิรศักดิ์และคณะ (2547)

- ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ105 ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 37 °C
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ ของข้าวสาร ที่อุณหภูมิ 37 °C มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนข้าวสารที่อุณหภูมิ 25 °C มีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ลดลง
- คุณสมบัติความหนืดวัดโดยเครื่องวัดความหนืด RVA พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเก็บข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูง

Pongthorn & Aluck (2005)

- เปรียบเทียบสมบัติด้านเคมีกายภาพ เนื้อสัมผัสและโครงสร้างของข้าวขาวดอกมะลิ105 ที่ระดับอุณหภูมิ 80, 100, 120 และ 140 °C และระดับความดัน 0, 0.1, 0.3 และ 0.5 MPa
- เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ มีผลต่อลักษณะปรากฏคือ สี และ เนื้อสัมผัสในขณะที่โครงสร้างของเมล็ดข้าวมีรูขนาดใหญ่ เพิ่มตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น
- ความดันไม่มีผลต่อคุณภาพของข้าว
- การหุงต้มทำให้ข้าวเสียสภาพ ทั้งลักษณะปรากฏ และโครงสร้างของข้าว

Rehman (2006)

- ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและเวลาเก็บรักษาต่อคุณค่าทางโภชนาการในข้าวสาลี ข้าวและ ข้าวโพดโดยอุณหภูมิที่ใช้ คือ 10, 25 และ 45 °C ระยะเวลา 0, 3 และ 6 เดือน
- อุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนและแป้งเมื่อเก็บไว้ที่ 25 และ 45 °C ที่ระยะเวลา 6 เดือน
- ไลซีน และ ไทอะมีน สูญเสียเมื่อเก็บไว้ที่ 25 และ45 °C
- น้ำตาลสูญเสียที่อุณหภูมิ 45 °C ที่ระยะเวลา 6 เดือน
- ไม่ควรเก็บข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 °C

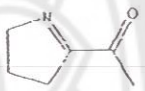
- ข้าว (*Oryza sativa* L.)
  - ข้าวที่มีกลิ่น (aromatic rice)
    (Basmatic, Kaorimai, Jasmine)
  - ข้าวที่ไม่มีกลิ่น (non-aromatic rice)
    (Chai Nat1, Phitsanulok2)

ตาราง 2 ปริมาณของ 2-acetyl-1-pyrroline ในข้าว

พันธุ์	ปริมาณของ 2-acetyl-1-pyrroline (ppm)	
	ข้าวขาว	ข้าวกล้อง
Khao Dawk Mali 105	0.07	0.20
Malakit Sungsong	0.09	0.02
Basmati 370	0.07	0.17
Azucena	0.04	0.16
Texas long Grain (ข้าวไม่หอม)	< 0.008	-
Carose (ข้าวไม่หอม)	< 0.006	-

ที่มา: กรมวิชาเกษตร, 2545

2-Acetyl-1-pyrroline



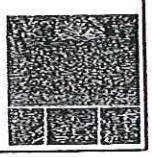
Formula: C_6H_9NO

MW: 111.14

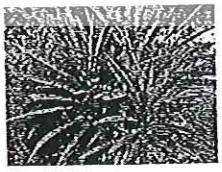
Odour Characteristic: Roasty, Overheated meat-like, Cured ham-like, Sweet

พืชที่มีกลิ่นหอมของ 2AP

- ใบเตย
- ดอกชมนาด
- เนียมหรือโอ้ม



ชื่อสามัญ : Pandanus Palm
ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Pandanus amaryllifolius* Roxb.
วงศ์ : Pandaceae



- ใบเตย (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)
  - แหล่งของ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP)
  - organic volatile compound
  - sweet and delightful flavor

Paramita et al. (2005)

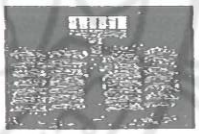
- ศึกษาการใช้ Supercritical carbon dioxide
- สกัดสาร 2 – acetyl – 1 – pyrroline จากใบเตย
- ใช้สารละลายอีเทอร์เป็นตัวสกัด
- สภาวะที่ใช้ในการสกัดมี 3 ตัวแปรคือ

  ความดัน 450 บาร์, อุณหภูมิ 60 °C, เวลา 3 ชั่วโมง

Sugunya et al. (2004)

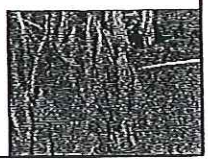
- ศึกษาผลกระทบของการทำแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อกลิ่นและคุณภาพการสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105
- มีสภาวะการทำแห้ง 6 สภาวะ คือ
  - วิธีปกติคือปรับอุณหภูมิ 30 และ 40 °C
  - ใช้ลมร้อน 40, 50 และ 70 °C
  - การคากเดค

- เก็บตัวอย่างไว้ 10 เดือน
- ปริมาณ 2–acetyl–1–pyrroline ลดลง
- *n*–hexanal และ 2–pentylfuran (กลิ่นอับ) เพิ่มขึ้น
- ที่สภาวะ 70 °C เหลือ 2–acetyl–1–pyrroline น้อยมาก

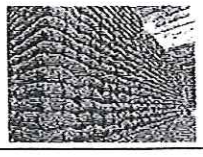


Natta & Orapin (2007)

- ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นระหว่างการเก็บรักษาที่เคลือบด้วยสารสกัดจากธรรมชาติในข้าวที่ไม่มีกลิ่น (non aromatic rice)
- สกัดกลิ่นจากธรรมชาติ
- ข้าวที่ไม่มีกลิ่น 3 สายพันธุ์คือ RD 23, SP 1 และ SPR 90



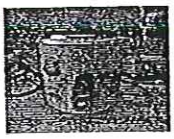
- ระยะเวลาในการเก็บรักษา 6 เดือน
- การเคลือบข้าวที่ไม่มีกลิ่นยังคงเหลือกลิ่นของ 2-acetyl-1-pyrroline มากกว่าข้าวที่มีกลิ่น
- การเคลือบยังช่วยลด *n*-hexanal ในระหว่างการเก็บอีกด้วย



วัตถุดิบและวิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

- ใบเตย จากบ้านคุณพ่อคอยรัก คำบอล ท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
- ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 หลังการเก็บเกี่ยวในปี 2550 และขัดสีจากโรงสีไฟสิงหวัฒน์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
- ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (PP)
- กล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้หรือ (Polyethylene Terephthalate - PET)
- หม้อหุงข้าวไฟฟ้ายี่ห้อ Panasonic รุ่น SR-610



การเก็บรักษาข้าวหุงสุกในหม้อหุงข้าว

การเก็บรักษาข้าวหุงสุกในถุงพลาสติกชนิด PP

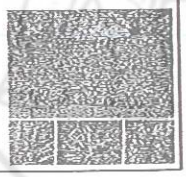
การเก็บรักษาข้าวหุงสุกในกล่องพลาสติกชนิด PET

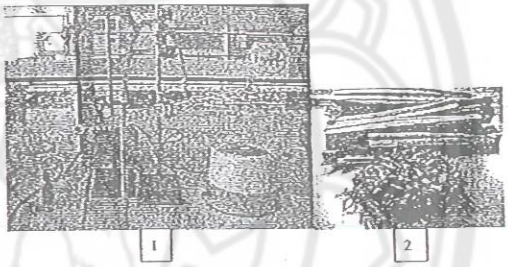
วิธีการทดลอง

การศึกษากรรมวิธีการผลิตสารสกัดสำหรับปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงสุกของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

1.1 การศึกษากรรมวิธีการผลิตสารสำหรับปรับปรุงกลิ่น

- สกัดจากใบเตย
- กลั่นด้วยน้ำร้อน





ภาพ 1 ระดับสารสกัดจากใบเตยด้วยน้ำร้อน (1) และใบเตยหั่นแช่ (2)

การสกัด 2-acetyl-1-pyrroline จากใบเตย (water distillation method)

คัดเลือกเฉพาะใบที่แก่จัดนับจากยอดลงมา 3 ใบและเริ่มคัดตั้งแต่ใบที่ 4 ลงมา

↓

นำใบเตยมาล้าง หั่นตามขวางของใบให้ได้ความกว้างประมาณ 1-2 มิลลิเมตร

↓

ชั่งใบเตยที่หั่นฝอย 20 กรัม ลงในขวดก้นกลม

↓

เติมน้ำบริสุทธิ์ 200 มิลลิลิตร สกัดนาน 1 ชั่วโมง

↓

ใช้ขวดสีชารองรับสารสกัดที่กลั่นออกมา

ออกแบบการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.2 นำสารสกัดจากใบเตยที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

1.2.1 ด้านกายภาพ

- สี (Hunter Lab รุ่น DP 9000)

1.2.2 ด้านเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดย pH meter ยี่ห้อ CONSORT รุ่น C 830
- ปริมาณ 2-acetyl-1-pyrroline (คุมฎี และคณะ, 2545)

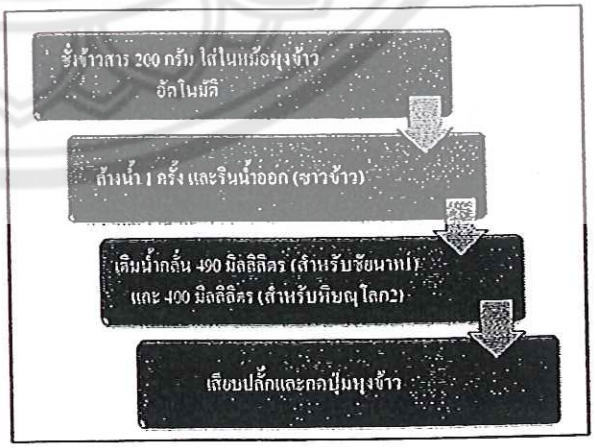
1.2.3 ด้านจุลินทรีย์

- จุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี Plate count ด้วยอาหาร Plate count agar (AOAC, 1990)
- ยีสต์และรา โดยวิธี Plate count ด้วยอาหาร Rose bengol (AOAC, 1990)

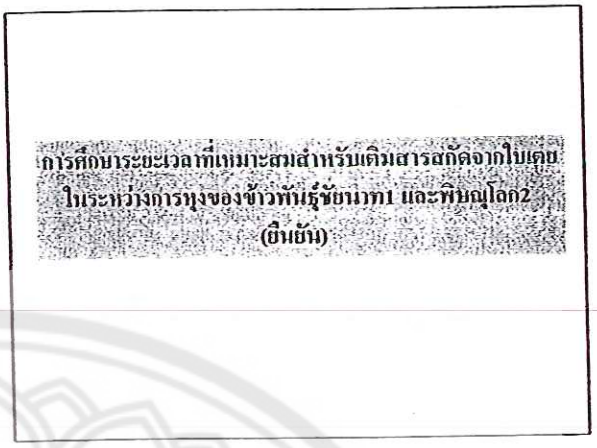
ออกแบบการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

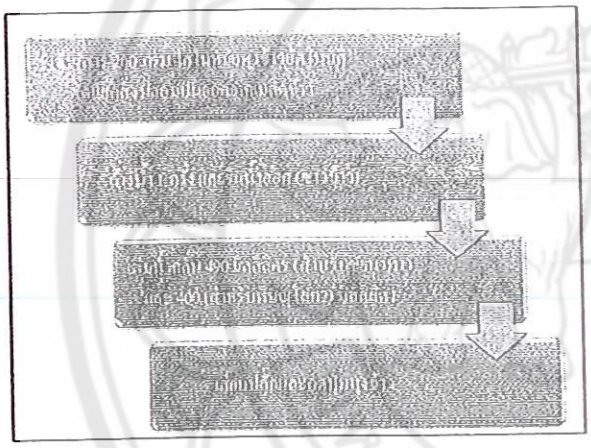
1.3 การประยุกต์ใช้สารสกัดจากใบเตยในการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์พิษณุโลก2

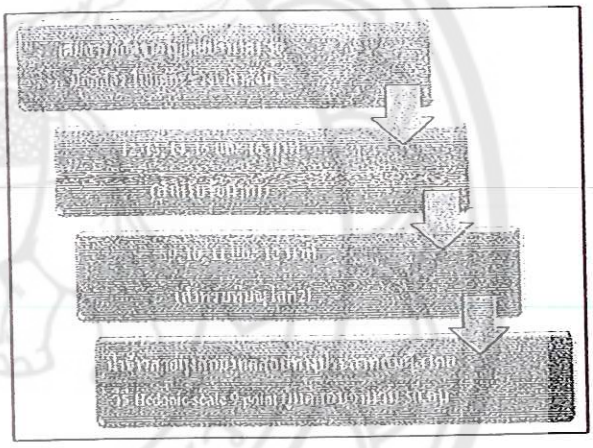
การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับเติมสารสกัดจากใบเตยในระหว่างการหุงของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2

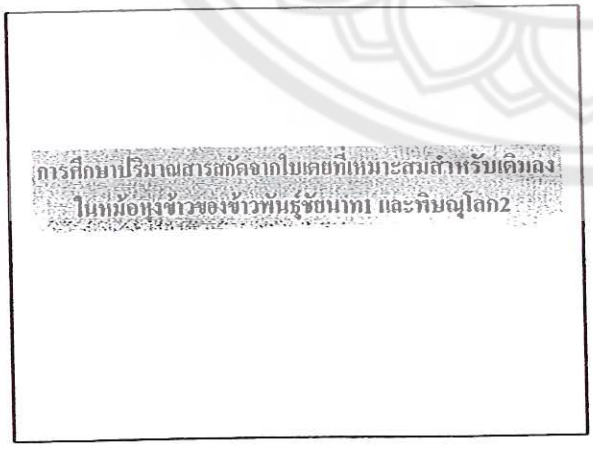


เติมสารสกัดจากใบเตยปริมาตร 50 มิลลิลิตร
ในแต่ละช่วงเวลาดังนี้
0, 4, 8, 12, 16 และ 20 นาที
(สำหรับข้อนาที1)
0, 3, 6, 9, 12 และ 15 นาที
(สำหรับหิมพุโลก2)
นำข้าวสวยหุงสุกมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดย
วิธี Hedonic scale 9 point ผู้ทดสอบจำนวน 50คน


การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับเติมสารสกัดจากใบเตย
ในระหว่างการหุงของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2
(ยืนยัน)

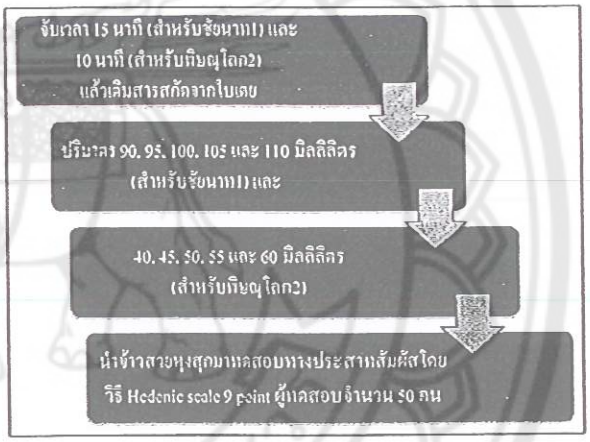





การศึกษาปริมาณสารสกัดจากใบเตยที่เหมาะสมสำหรับเติมลง
ในหม้อหุงข้าวของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2

ชั่งข้าวสาร 200 กรัม
ใส่ในหม้อหุงข้าวอัตโนมัติ
ล้างน้ำ 1 ครั้ง และรินน้ำออก (ชาวข้าว)
เติมน้ำกลั่น 390, 440, 490 และ 540 มิลลิลิตร
(สำหรับชัยนาท1)
300 , 350, 400 และ 450 มิลลิลิตร
(สำหรับหิมพุโลก2)
เสียบปลั๊กและกดปุ่มหุงข้าว

การศึกษาปริมาณสารสกัดจากใบเตยที่เหมาะสมสำหรับเติมลงในหม้อหุงข้าวของข้าวหอมนิลข้าวเหนียวและทับทิมชุมแพ 2 (ขาวใบเตย)



สำหรับการหุงต้ม

ออกแบบการทดลองแบบ RCBD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

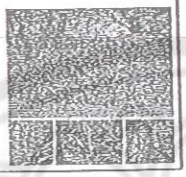
ออกแบบการทดลองแบบ Factorial in RCBD วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลอง

การศึกษากรรมวิธีการผลิตสารสกัดสำหรับปรับปรุงกลิ่นของการปรุงข้นของข้าวพันธุ์ขนาท1 และพันธุ์ทับญโดก2 ให้ได้ลักษณะข้าวขาวออกนะจ๋105

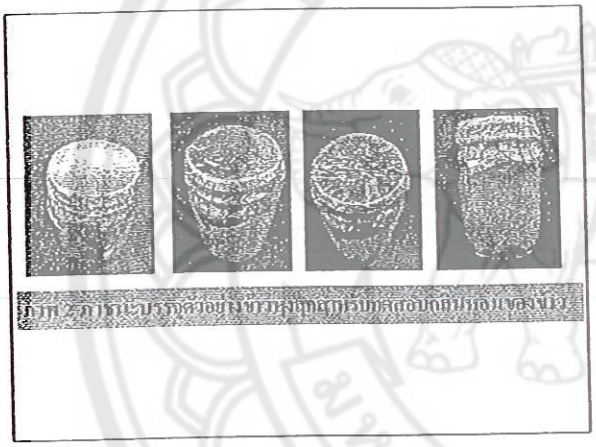
1.1 การศึกษากรรมวิธีการผลิตสารสำหรับปรับปรุงกลิ่น

- สกัดจากใบเตย
- กลั่นด้วยน้ำร้อน

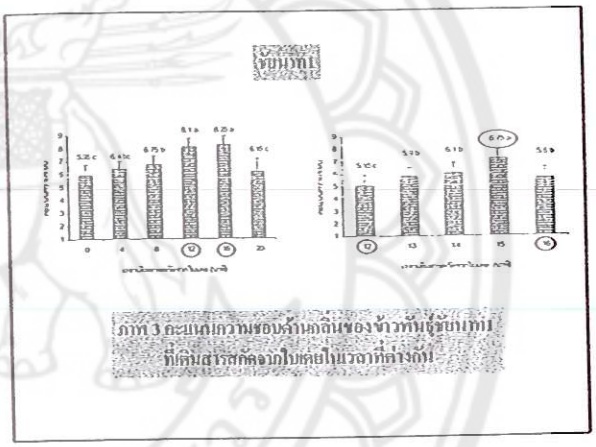


ตาราง 3 คุณสมบัติด้านกายภาพและจุลินทรีย์ของสารสกัดจากใบเตย

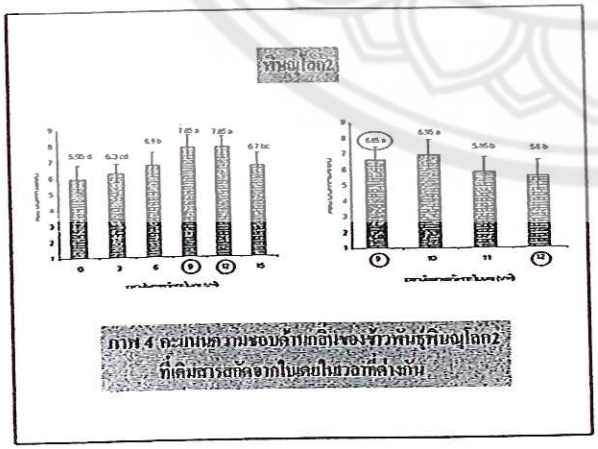
คุณสมบัติ	ค่าที่ได้
ด้านกายภาพ	
สี	
L*	10.14±0.02
a*	-3.46±0.09
b*	0.98±0.31
ด้านเคมี	
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5.53±0.32
2AP (ppm)	0.02
ด้านจุลินทรีย์	
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/mL)	<10
อีสต์และรา (CFU/mL)	1.87×10^3



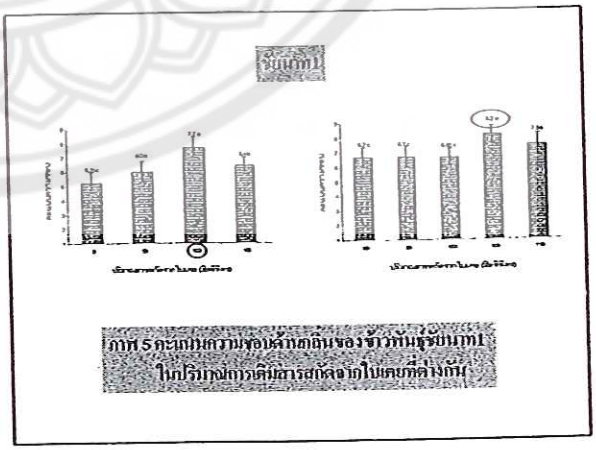
ภาพ 2 การเปรียบเทียบด้วยตาของข้าวสุกจากการทดสอบคุณภาพของข้าว



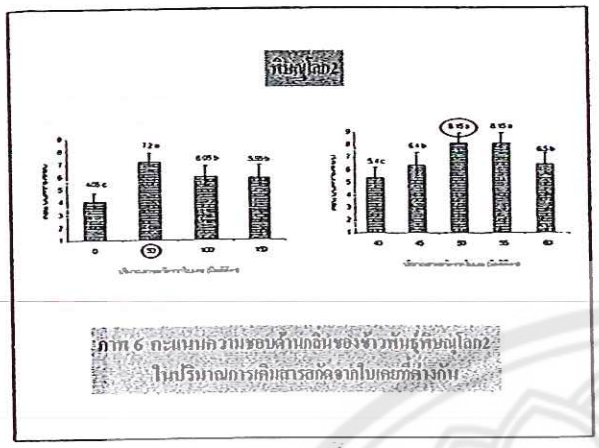
ภาพ 3 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ขนาท1 ที่เติมสารสกัดจากใบเตยในอัตราที่ต่างกัน



ภาพ 4 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ทับญโดก2 ที่เติมสารสกัดจากใบเตยในอัตราที่ต่างกัน



ภาพ 5 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์ขนาท1 ในปริมาณการเติมสารสกัดจากใบเตยที่ต่างกัน



ภาพ 6 กะแนนความชอบด้านกลิ่นของข้าวทินหุทินหุโลก2
ในปริมาณการเติมสารสกัดจากใบเตยที่ต่างกัน

สรุปผลการทดลอง

1. เวลาและปริมาณสารสกัดจากใบเตยในการเติมที่เหมาะสมสำหรับข้าวทินหุโลก1 คือ 15 นาที และ 105 มิลลิลิตร ตามลำดับ
2. เวลาและปริมาณสารสกัดจากใบเตยในการเติมที่เหมาะสมสำหรับข้าวทินหุโลก2 คือ 9 นาที และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ขอบคุณครับ

วิธีการหุงข้าว (Katsri et al., 2008)

ชั่งข้าว 200 กรัม แยกลิ่งปออนปน

↓

ล้างข้าว 1 ครั้ง รินน้ำออก

↓

เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร

↓

กดปุ่มหม้อหุงข้าว

↓

เวลาผ่านไป 9 นาที เติมสารสกัดจากใบเตย 50 มิลลิลิตร

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

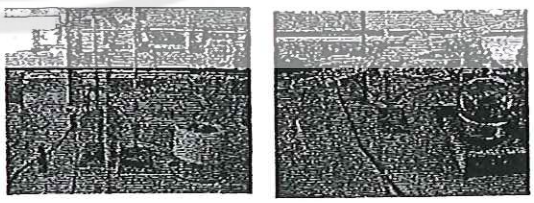
นำข้าวบรรจุในขวดแก้ว ปิดปากขวดด้วยฟอยล์

↓

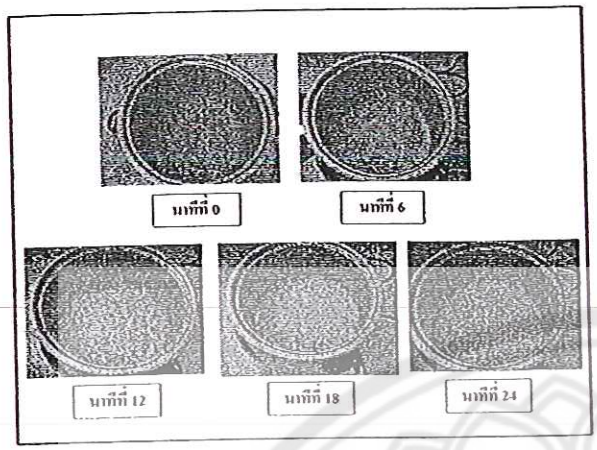
โดยใช้ไม้จิ้มฟันเจาะรู 10 รู

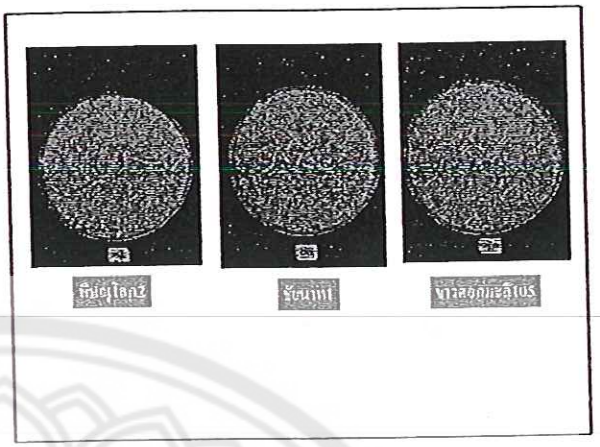
↓

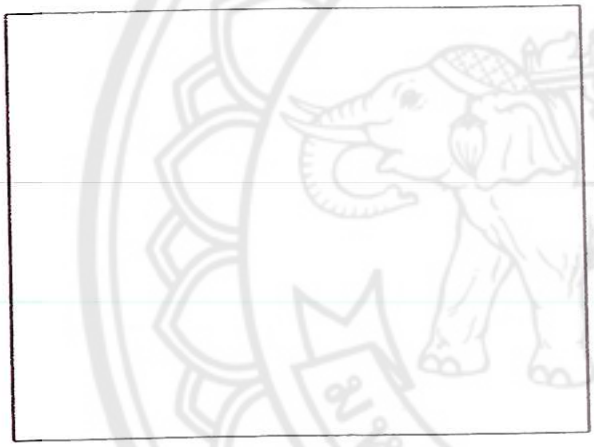
ทดสอบด้วยอ่างน้ำกลิ่นด้วยการดม



• ภาพ 7 ชุดกลั่นสารสกัดจากใบเตยด้วยน้ำร้อน


นาทีที่ 0
นาทีที่ 6
นาทีที่ 12
นาทีที่ 18
นาทีที่ 24


พีย์อุโลกุ๋
รัชนุกูล
ขาวสอกและอิโบร



เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง การปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

จัดโดย

นายคุณากร ขัติศรี

และ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีนา น้อยทัพ

ร่วมกับ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันพุธที่ 7 เมษายน 2553

ณ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

กำหนดการอบรมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง การปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ105

วันพุธที่ 7 เมษายน 2553

ณ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

8.00-8.30 น.	ลงทะเบียนและรับเอกสารประกอบการประชุม
8.30-8.45 น.	พิธีเปิดโดยหัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
8.45-10.30 น.	ภาคบรรยาย : การสกัดสารหอม (2 acetyl-1-pyrroline) จากใบเตยและการปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 โดย นายคุณากร ขัติศรี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์
10.30-10.45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
10.45-12.00 น.	ภาคปฏิบัติการ : การสกัดสารหอม (2 acetyl-1-pyrroline) จากใบเตย โดย นายคุณากร ขัติศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีนา น้อยทัพ
12.00-13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00-14.30 น.	ภาคปฏิบัติการ : การปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพิษณุโลก2 โดย นายคุณากร ขัติศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีนา น้อยทัพ
14.30-14.45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
14.45-15.30 น.	สรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการ และการซักถาม โดย นายคุณากร ขัติศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีนา น้อยทัพ

สารบัญ

1. ข้าว (*Oryza sativa* L.) 1

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (Khao Dawk Mali105) 1

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 1

ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 2

2. ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพข้าวสุกต่างกัน

ปริมาณอะไมโลส (amylose content) 3

ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) 5

อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) 5

โปรตีน (protein) 6

ความเก่าของข้าว 6

การปรับปรุงพันธุ์ข้าว 7

3. เตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) 11

4. กลิ่นของใบเตย 13

สารให้กลิ่นสำคัญในใบเตย 14

2-acetyl-1-pyrroline (2AP) 14

Aldehyde compounds 14

3-methyl-2(5H)-furanone 15

β-damascenone 15

5. การกลั่น (Distillation) 18

6. บรรจุภัณฑ์พลาสติก 22

โพลิโพรพิลีน (Polypropylene-PP) 22

โพลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate-PET) 22

7. บรรณานุกรม 23

เอกสารประกอบการบรรยาย

- ข้าว (*Oryza sativa* L.)
- ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพข้าวสุกต่างกัน
- เตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)
- กลิ่นของใบเตย
- การกลั่น (Distillation)
- บรรจุภัณฑ์พลาสติก

1. ข้าว (*Oryza sativa* L.)

1.1 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (Khao Dawk Mali105)

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เป็นข้าวเจ้าหอม ซึ่งได้มาโดย นายสุนทร สีหะเนิน พนักงานเกษตร รวบรวมจากอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เมื่อ พ.ศ. 2493-2494 จำนวน 199 รวง แล้วนำไปคัดเลือกแบบคัดพันธุ์บริสุทธิ์ (Pure Line Selection) และปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง จากนั้นปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ท้องถิ่นในภาคเหนือ 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 เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2502 และ ให้ชื่อว่า "ขาวดอกมะลิ105" ลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญได้แก่ สูงประมาณ 140 เซนติเมตร ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้เฉพาะนาปี ลำต้นสีเขียวจาง ใบสีเขียวยาวค่อนข้างแคบ ฟางอ่อน ใบธงทำมุมกว้างกับรวง เมล็ดข้าวรูปร่างเรียวยาว ข้าวเปลือกสีฟาง วันเก็บเกี่ยว ประมาณ 25 พฤศจิกายน ระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 8 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้อง กว้าง x ยาว x หนา = 2.1 x 7.5 x 1.8 มิลลิเมตร ปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 12-17 คุณภาพข้าวสุก นุ่มหอม ผลผลิตประมาณ 363 กิโลกรัม/ไร่ มีลักษณะเด่นคือ ทนแล้งได้ดีพอสมควร ปลูกเป็นข้าวไร่ได้เมล็ดข้าวสารใส แกร่ง คุณภาพการขัดสีดี คุณภาพการหุงต้มมีกลิ่นหอมและอ่อนนุ่ม โรงสีมีความต้องการสูง จำหน่ายได้ราคาดี (กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ม.ป.ป.) โดยกรมวิชาการเกษตร (2547) ได้จัดแบ่งข้าวตามคุณภาพทางกายภาพเคมีของแป้งที่เกี่ยวกับคุณภาพข้าวสุกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ในแหล่งปลูกต่างๆ กัน

1.2 ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ได้จากการผสมพันธุ์ 3 ทางระหว่าง F1 ของสายพันธุ์ CNTLR81122-PSL-37-2-1 และ SPRLR81041-194-2-1 กับ IR56 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 ศึกษาเสถียรภาพในการให้ผลผลิตเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันและทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ในปี พ.ศ. 2540-2542 และได้รับการพิจารณารับรองพันธุ์

เมื่อวันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2543 โดยมีลักษณะเด่นคือ ให้ผลผลิตสูงซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ย 807 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ชัยนาท1 ที่ให้ผลผลิต 716 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีเสถียรภาพร้อยละ 15 ในการให้ผลผลิตดีสม่ำเสมอ มีคุณภาพเมล็ดดี รูปร่างเรียวยาว มีท้องไข่น้อยและคุณภาพการสีดีมาก (กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ม.ป.ป.)

1.3 ข้าวพันธุ์ชัยนาท1

ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ได้มาจากการผสม 3 ทางระหว่างข้าวสายพันธุ์ IR13146-158-1 กับ IR15314-43-2-3-3 และ BKN6995-16-1-1-2 ในปี พ.ศ. 2525 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท ในปี พ.ศ. 2525-2529 ปลูกข้าวพันธุ์ผสมชั่วที่ 1 ถึงชั่วที่ 6 จนได้สายพันธุ์ CNTBR82075-43-2-1 ปี พ.ศ. 2530-2535 เปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี ระหว่างสถานี และในนาราษฎร์ ปี พ.ศ. 2535 พิจารณาเป็นสายพันธุ์ข้าวดีเด่น และรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2536 โดยกรมวิชาการเกษตร และให้ชื่อว่า ข้าวเจ้าชัยนาท1 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง อายุประมาณ 119 วันเมื่อปลูกฤดูฝน และ 130 วันในฤดูแล้ง สูงประมาณ 113 เซนติเมตร มีลักษณะทรงกอตั้ง ใบสีเขียว ใบธงค่อนข้างยาวตั้งตรง ใบแก่ช้า รวงยาวและแน่น คอรวงสั้น ระแง้ค่อนข้างถี่ เมล็ดยาวเรียว เปลือกเมล็ดสีฟาง ท้องไข่น้อย เมล็ดข้าวสารเรียวยาว ขาวใส คล้ายข้าวขาวดอกมะลิ105 ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ มีลักษณะเด่นคือ ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนดี ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว ต้านทานโรคใบหงิกและค่อนข้างต้านทานโรคไหม้ ให้ผลผลิตเฉลี่ยในฤดูฝน 725 กิโลกรัม/ไร่ และในฤดูแล้ง 754 กิโลกรัม/ไร่ และมีคุณภาพการสีดี ข้าวเมื่อหุงสุกมีลักษณะร่วนแข็ง ข้าวประเภทนี้นำไปแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ เส้นกวยจั๊บ และเส้นขนมจีนได้ (ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท, 2550)

ข้าวคุณภาพดีที่ผลิตในประเทศไทยต้องเป็นข้าวที่เมล็ดยาวและรูปร่างเรียว ดังนั้นข้าวที่ซื้อขายกันในตลาดจึงมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกัน แต่คุณลักษณะของข้าวสุกที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการรับประทานอาจแตกต่างกันเช่น บางคนนิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับกันเป็นก้อน แต่บางคนชอบข้าวร่วนหุงขึ้นหม้อ เนื่องจากรูปร่างเมล็ดที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงมักเกิดปัญหาการปนกันระหว่างข้าวต่างคุณภาพ ปัญหาเหล่านี้นอกจากกระทบต่อการบริโภคทั่วไปยังก่อความยุ่งยากต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากข้าว ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพข้าวสุกต่างกันได้แก่ ปริมาณอะไมโลส ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุก โปรตีน และความเก่าของข้าว (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 12-18)

2. ปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพข้าวสุกต่างกัน

2.1 ปริมาณอะไมโลส (amylose content)

เมล็ดข้าวสารมีแป้งอยู่ประมาณร้อยละ 90 โดยน้ำหนักแห้งเช่นเดียวกับธัญพืชชนิดอื่นๆ แป้งข้าวมีส่วนประกอบย่อยที่สำคัญคือ อะไมโลเพกติน (amylopectin) และอะไมโลส (amylose) แป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลเพคตินเพียงอย่างเดียว หรืออาจมีอะไมโลสปนเล็กน้อย ข้าวเจ้าจะมีปริมาณอะไมโลสประมาณร้อยละ 7-33 ในข้าวสาร หรือ ร้อยละ 9-37 ในแป้ง ส่วนที่เหลือร้อยละ 63-91 จะเป็นอะไมโลเพคติน สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน หรือที่เรียกกันทั่วๆ ไปว่า ปริมาณอะไมโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวมีคุณภาพของข้าวสุกแตกต่างกันคือ ข้าวอะไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่าง การหุงต้มได้มากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำและทำให้ข้าวสุกมีลักษณะทึบแสงไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกจะแข็งและร่วน ส่วนข้าวเหนียวจะดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า และข้าวสุกที่ได้จะเหนียว และนุ่มกว่า ได้มีการจัดประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวสารเป็น 5 ประเภท (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 12) และ 3 ประเภท (งามชื่น คงเลรี, 2546, หน้า 88) ดังแสดงในตาราง 1 และ 2 และได้แสดงปริมาณของสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ในข้าวบางสายพันธุ์ดังตาราง 3

ตาราง 1 ประเภทและปริมาณของอะไมโลสในข้าวสาร

ประเภท (อะไมโลส)	ปริมาณอะไมโลสในข้าวสาร (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
ต่ำมาก	2-9	เหนียว-นุ่ม
ต่ำ	10-19	เหนียว-นุ่ม
ปานกลาง	20-25	นุ่ม-ค่อนข้างเหนียว
สูง	26-33	ร่วน-แข็ง

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

ตาราง 2 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส

พันธุ์ข้าว	ปริมาณอะไมโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ขาวดอกมะลิ105	10-19	เหนียว-นุ่ม
ปทุมธานี1	10-19	เหนียว-นุ่ม
หอมคลองหลวง	10-19	เหนียว-นุ่ม
กข7	20-25	ค่อนข้างร่วน-ไม่แข็ง
สุพรรณบุรี60	20-25	ค่อนข้างร่วน-ไม่แข็ง
ชัยนาท1	26-34	ร่วน-แข็ง
สุพรรณบุรี1	26-34	ร่วน-แข็ง
พิษณุโลก2	26-34	ร่วน-แข็ง

ที่มา: งามชื่น คงเสรี, 2546

ตาราง 3 ปริมาณของ 2-acetyl-1-pyrroline ในข้าวขาวและข้าวกล้อง

พันธุ์	ปริมาณของ 2-acetyl-1-pyrroline (ppm)	
	ข้าวขาว	ข้าวกล้อง
Khao Dawk Mali105	0.07	0.20
Malakit Sungsong	0.09	0.02
Basmati370	0.07	0.17
Azucena	0.04	0.16
Taxas long Grain (ข้าวไม่หอม)	< 0.008	-
Carose (ข้าวไม่หอม)	< 0.006	-

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

2.2 **ความคงตัวของแป้งสุก** (gel consistency)

ในระหว่างข้าวที่มีอะไมโลสสูงด้วยกัน ยังมีความแตกต่างกันในด้านคุณภาพข้าวสุก เช่น ข้าวที่มีแป้งสุกแข็งเมื่อหุงสุกแล้วจะแข็งกว่าข้าวที่มีแป้งสุกอ่อน การหาค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการคาดคะเนคุณภาพของข้าวโดยวัดระยะทางที่แป้งสุกไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute: IRRI) ได้แบ่งประเภทของข้าวตามความคงตัวของแป้งสุกเป็น 4 ประเภท ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร)
แข็ง	ต่ำกว่า 35
ค่อนข้างแข็ง	36-40
ปานกลาง	41-60
อ่อน	มากกว่า 60

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

ความคงตัวของแป้งสุกมักมีความสัมพันธ์ผกผันกับปริมาณอะไมโลสซึ่งพบว่าข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันก็ยังมีความแตกต่างกัน ดังนั้น ปัจจัยข้อนี้จึงอาจใช้คาดคะเนคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวที่มีความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสระหว่างพันธุ์ เช่น ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็งกว่าย่อมจะมีข้าวสุกแข็งและร่วนกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน ซึ่งการเก็บรักษาข้าวนั้นมีผลทำให้ความคงตัวของแป้งสุกแข็งขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 12)

2.3 **อุณหภูมิแป้งสุก** (gelatinization temperature)

แป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเมื่อค่อยๆ เพิ่มความร้อนจนถึงอุณหภูมิระดับหนึ่งแป้งจะเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมินี้เรียกว่า อุณหภูมิแป้งสุก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่จะหุงต้มข้าวให้สุกซึ่งอาจแบ่งประเภทข้าวตามอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภทดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ประเภทของข้าวแบ่งตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก

ประเภทของข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก	อุณหภูมิที่แป้งสุก (°C)
ต่ำ	55-69.5
ปานกลาง	70-74
สูง	74.5-79

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำจะหุงสุกเร็วกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูง การคาดคะเนระดับอุณหภูมิที่แป้งสุกอาจทำโดยการหาค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง (alkali spreading value) (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 13)

2.4 โปรตีน (protein)

ในเมล็ดข้าวแม้จะมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งมากแต่ปริมาณโปรตีนมีผลกระทบต่อคุณภาพข้าวสุกเล็กน้อย เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่นิยมบริโภคกันทั่วไปซึ่งเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ หากเมล็ดข้าวมีโปรตีนสูงจะมีข้าวสุกที่กระด้างและมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 18)

2.5 ความเก่าของข้าว

ภายหลังการเก็บเกี่ยว ภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นโดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือน หลังการเก็บเกี่ยว เมล็ดข้าวขาวจะแกร่งขึ้นทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น หากเมล็ดไม่ถูกแมลงทำลายในระหว่างการเก็บ การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากขบวนการที่เกี่ยวข้อง 3 องค์ประกอบคือ แป้ง ไขมันและโปรตีน ดังแสดงในภาพ 1 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ของไขมันทำให้เกิดกรดไขมันอิสระและทำให้สารกลุ่ม carbonyl เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นสาบในข้าวเก่า กรดไขมันอิสระนี้จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของอะไมโลสกลายเป็นสารประกอบกรดไขมัน-อะไมโลส และมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้เนื้อสัมผัส (texture) ของข้าวสุกแข็งมากขึ้นและความเหนียวลดลง สำหรับส่วนของโปรตีนจะเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนกับกรดอะมิโน ทำให้มีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งเช่นเดียวกับ

กรดไขมัน นอกจากนี้ ผลของปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนยังทำให้สารระเหยที่ได้จากกรดอะมิโนที่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบลดลง ทำให้กลิ่นของข้าวเปลี่ยนไป นอกจากนี้โปรตีนยังทำให้เกิดปฏิกิริยา non enzymatic browning และมีผลให้สีของข้าวคล้ำลง การเปลี่ยนแปลงต่างๆ เหล่านี้ทำให้ข้าวเก่ามีคุณภาพการหุงต้มและข้าวสุกแตกต่างจากข้าวใหม่ คือ ข้าวเก่าต้องการเวลาในการหุงต้มนานกว่า มีความสามารถในการดูดน้ำ (water absorption) และขยายปริมาตร (volume expansion) ได้มากกว่าข้าวใหม่ ในขณะที่น้ำข้าวจะมีของแข็ง (total solid) ลดลงและข้าวสุกร่วนและแข็งขึ้น กลิ่นหอมของข้าวลดลง เมล็ดข้าวเก่ามีสีคล้ำลงเนื่องจากความเหนียวของข้าวสุกลดลง (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 24)

กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษาสามารถสรุปได้ดังภาพ 1

2.6 การปรับปรุงพันธุ์ข้าว

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดมี 2 ลักษณะ คือ คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพการหุงต้มตลอดจนการรับประทาน คุณภาพทางกายภาพประกอบด้วย (1) ขนาดและรูปร่างของเมล็ด การวัดขนาดเมล็ดนิยมใช้เวอร์เนียร์วัดจากเมล็ดที่สุ่มมาอย่างน้อย 10 เมล็ด ข้าวที่มีคุณภาพเมล็ดดีควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 7.2 มิลลิเมตร (2) ท้องไข่ (chalkiness) เป็นจุดขาวทึบแสงภายในเมล็ดซึ่งเกิดจากผลึกแป้งภายในเมล็ดอัดกันไม่แน่นพอเกิดเป็นช่องอากาศเล็กๆ ขึ้น การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดต้องคัดเลือกข้าวที่มีท้องไข่น้อย (3) คุณภาพการสี คือ ปริมาณข้าวสารและต้นข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือก (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 26)

สำหรับคุณภาพการหุงต้มของข้าวสารขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีในเมล็ด ดังนี้ (1) ปริมาณอะไมโลส การหุงต้มข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงต้องการปริมาณน้ำมากและเมื่อสุกจะได้ข้าวร่วนฟู ได้ข้าวปริมาตรมากและขึ้นหม้อ ในขณะที่ข้าวอะไมโลสต่ำเป็นข้าวเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อนและไม่ขึ้นหม้อ (2) ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) ข้าวที่มีค่าความคงตัวอ่อนเมื่อสุกแล้วจะนุ่มกว่าข้าวที่มีค่าความคงตัวแข็ง หากข้าวทั้งสองมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในระดับเดียวกัน (3) การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio) ในระหว่างการหุงต้ม เช่น เมล็ดข้าวจะขยายตัวด้านยาวช่วยให้เป็นข้าวขึ้นหม้อ (งามชื่น คงเสรี, 2542, หน้า 46)

จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร เพลงพิณ ศิวพรรัก และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย (2547) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 37 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์

แอลฟาอะไมเลสของข้าวที่เก็บไว้ทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากับ 0.9-7.8 และ 0.9-9.6 U/100 กรัม ตามลำดับ น้ำตาลรีดิวส์ของข้าวสารที่เก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนข้าวสารที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา คุณสมบัติความหนืดวัดโดยเครื่องวัดความหนืด Rapid Visco Amylogramp (RVA) ของแป้งข้าวสารพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเก็บข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูง

ภาพ 1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2545

Kaur and Singh (2000) ศึกษาการรวมตัวอย่างซับซ้อนของอะไมโลส-ไขมัน ระหว่างการหุงต้มแป้งข้าวเจ้า กรดไขมันที่พบคือ กรด myristic, palmitic และ stearic และได้ศึกษาคุณสมบัติการละลายและการเกิดเป็นน้ำแป้ง ปริมาณกรดไขมันที่เติมเข้าไปคือร้อยละ 1.5, 3 และ 4.5 ทำการหุงต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30, 60 และ 90 นาที ปรากฏว่า การรวมตัวของอะไมโลส-

ไขมัน เพิ่มขึ้น สำหรับความสามารถในการละลายนั้นลดลงเมื่อเพิ่มระดับของกรดไขมัน ส่วนการรวมตัวของอะไมโลสและกรดไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหุงต้ม และการเพิ่มกรดไขมันทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มขึ้น

Leelayuthsoontorn and Thipayarat (2006) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและโครงสร้างของข้าวหอมมะลิในสภาวะการหุงต้มต่างๆ คือ ใช้อุณหภูมิ 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส 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 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0, 3 และ 6 เดือน พบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนและแป้งเมื่อเก็บไว้ที่ 25 และ 45 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 6 เดือน ไลซีนและไทอะมีนสูญเสียเมื่อเก็บไว้ที่ 25 และ 45 องศาเซลเซียส น้ำตาลสูญเสียที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 6 เดือน กล่าวคือไม่ควรเก็บข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส

คุณภาพการรับประทานของข้าว (eating quality) เป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อทั้งนี้เพราะความชอบของผู้บริโภคแตกต่างกัน (กรมวิชาการเกษตร, 2545, หน้า 41) คุณภาพการรับประทานของข้าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพการหุงต้ม เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสข้าวตามคุณภาพการรับประทานของผู้บริโภค (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, หน้า 174) คุณภาพการรับประทานอาจศึกษาในด้านความเหนียว และความแข็ง โดยใช้เครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron food tester) แต่การตรวจสอบที่ตรงประเด็นที่สุดคือ การตรวจสอบโดยใช้ประสาทสัมผัส (sensory) ลักษณะข้าวหุงสุกที่ให้ผู้ชิมประเมินคือ กลิ่น (aroma), กลิ่นรส (flavour) หรือรสชาติ (taste), ความนุ่ม (tenderness) หรือความแข็งหรือกระด้าง (hardness), ความเกาะตัวกัน (cohesiveness) หรือความเหนียวติดกัน (stickiness), ลักษณะปรากฏ (appearance) และความขาว (whiteness) หรือสี (colour) โดยให้คะแนนในช่วง 2-11 สำหรับผู้ชิมที่ฝึกฝน และ 6 คะแนน สำหรับผู้บริโภค (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, หน้า 174)

Lee, et al. (1995) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเสริมแคลเซียม พบว่าข้าวที่มีการเสริมและไม่เสริมแคลเซียมนั้นจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต่างกันโดยเฉพาะค่าความแข็งและค่าความแน่นเนื้อซึ่งในข้าวที่มีการเสริมแคลเซียมมีค่ามากกว่า แต่ค่าการไหลของแป้งเปียกพบว่า

ในข้าวเสริมแคลเซียมมีค่าน้อยกว่าข้าวที่ไม่เสริมแคลเซียม และการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกพบว่าข้าวที่เสริมแคลเซียมมีคะแนนด้านความนุ่มและความเหนียวติดกันมากกว่าข้าวที่ไม่เสริมแคลเซียม

Dipti, et al. (2002) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และสมบัติการหุงต้มของข้าว 6 สายพันธุ์ในประเทศบังกลาเทศ คือพันธุ์ Superfast, Basmati 4488, Khazar, Basmati PNR, Badshabhog และ BRRIdhan 28 พบว่าข้าวที่มีสมบัติทางเคมีและเปอร์เซ็นต์การขัดสีสูงที่สุดคือพันธุ์ BRRIdhan 28 ส่วนข้าวพันธุ์ Khazar มีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดซึ่งทั้งสองพันธุ์นี้มีลักษณะปรากฏดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น การศึกษาสมบัติในการหุงต้ม พบว่าข้าวทั้ง 6 สายพันธุ์มีอัตราการยืดตัวของเมล็ด และอัตราการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกันมาก ส่วนเวลาที่ใช้ในการหุงต้มนั้นต่างกันโดยพบว่าพันธุ์ Basmati 44 88 ใช้เวลาในการหุงต้มนานที่สุด

Singh, et al. (2005) ทำการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ และคุณภาพการหุงต้มของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ โดยใช้วิธี Pearson correlation พบว่าปริมาณของอะไมโลสมีความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการหุงสุกในทิศทางตรงกันข้ามแต่มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับค่าการสูญเสียของปริมาณของแข็ง ส่วนค่าการเกาะติดมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับปริมาณอะไมโลสและค่าการสูญเสียของปริมาณของแข็งแต่มีทิศทางตรงกันข้ามกับเวลาที่ใช้ในการหุงสุก

Yau and Haung (1996) วิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุก 4 สายพันธุ์ คือพันธุ์ TNu 67, TNu 70, TC 189 และ TC Sen 10 ใช้การทดสอบเชิงพรรณนาและให้คะแนนในช่วง 1-15 แบ่งเป็น 1 = อ่อน, 7 = ปานกลาง และ 15 = แข็งมาก โดยนำตัวอย่าง 2 อุณหภูมิ ให้ผู้ทดสอบชิม คือ 18 องศาเซลเซียส (หุงสุกแล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง) และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (หุงสุกแล้วชิมตัวอย่างทันที) ลักษณะข้าวหุงสุกที่ให้ผู้ชิมประเมินได้แก่ กลิ่นของข้าวสุก (hot-rice aroma), ความแข็งหรือกระด้าง, ความเกาะตัวกัน, ความหลวม (looseness), กลิ่นของข้าวกล้อง (brown-aroma rice), ความหวาน (sweetness), กลิ่นของข้าวสุกเมื่อเย็น (cold-rice aroma) และลักษณะการเคี้ยว (chewiness) ปรากฏว่าลักษณะข้าวหุงสุกที่ผู้ชิมให้คะแนนประเมินสูงสุดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส คือ ความหลวม, กลิ่นของข้าวสุก, กลิ่นของข้าวกล้อง และความหวาน

Qingyun, et al. (2006) ต้องการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้างหุงสุก 90 สายพันธุ์ โดยวิธี Four-samples sensory test ให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 20 คน ประเมินคุณลักษณะ 7 ประการคือ กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ ความสว่าง และการชิม ให้ระดับคะแนนตั้งแต่ –5 ถึง 5 ส่วนความเหนียว และความแข็งหรือกระด้าง ให้ระดับคะแนนตั้งแต่ –3 ถึง 3 การหุง

ใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:1.4 แช่ในน้ำ 30 นาที ก่อนนำไปหุงเป็นเวลา 20 นาทีและอุ่นไว้ก่อน 10 นาที จึงนำไปให้ผู้ทดสอบชิมโดยทดสอบช่วงเช้าเวลา 10.00 น. และช่วงบ่ายเวลา 15.30 น. การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงผลออกมาเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยวิธี Regession เส้นตรงแบบหลายตัวแปร ซึ่งผลที่ได้นั้นมีความชอบที่แตกต่างกันไปตามแหล่งภูมิลำเนาหรือที่อยู่อาศัย

3. เตยหอม (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

เตยหอมเป็นพืชในตระกูล screw pine วงศ์ Pandanaceae ลักษณะทั่วไปของเตยหอม คือ เป็นพืชในเขตร้อน มีประมาณ 600-700 ชนิด เช่น *P. amaryllifolius*, *P. odoratissimus* Linn., *P. testorius* Bl. และ *P. latifolius* เป็นต้น ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมักขึ้นเป็นกอในบริเวณชื้นแฉะ ใบเรียวคล้ายใบหอก ปลายใบแหลมและมีหนาม ตามขอบใบ บริเวณกลางใบเว้าลึก ถ้ามองด้านท้องใบจะมีลักษณะเป็นสันคล้ายกระดูกงูเรือ (นิจศิริ เรืองรังษี และพะยอม ตันติวิวัฒน์, 2534) กลิ่นของใบเตยมีกลิ่นหอมนิยมใช้ในการแต่งกลิ่นอาหารอย่างแพร่หลายในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ในอดีตจนถึงปัจจุบันมนุษย์นิยมนำใบเตยหอมมาใช้ในการประกอบอาหาร ทำขนมหวาน และใช้ในการแต่งกลิ่น นอกจากนั้นยังมีการนำมาใช้ทำยารักษาโรค ซึ่งตามตำรายาแผนโบราณกล่าวว่า ใบเตยมีสรรพคุณในการเป็นยาบำรุงหัวใจ ช่วยลดการกระหายน้ำ ส่วนรากใช้เป็นยาขับปัสสาวะ และรักษาโรคเบาหวาน (ใบเตยหอม, 2551)

เพ็ญโฉม พึ่งวิชา และคณะ (2530, 2533) พบว่าเตยหอมมีคุณสมบัติในการลดน้ำตาลในเลือดของหนูทดลอง ทั้งในส่วนของ ราก ลำต้นใต้ดิน และใบ ในขณะที่ รัชวรรณ ลิ้มวิวัฒน์กุล และวีระนุช นิลนนท์. (2542, 2543) พบว่าสารสกัดจากใบเตยมีผลในการเพิ่มความแรงและการเต้นของหัวใจ ซึ่งส่งผลความดันเลือดด้วย นอกจากนั้นใบเตยยังมีคุณสมบัติในการทำให้ร่างกายสดชื่น ลดอาการไข้และยังช่วยบรรเทาอาการอาหารไม่ย่อย ท้องอืดท้องเฟ้อ (Cheeptham and Towers, 2002)

นอกจากสรรพคุณทางยาของเตยหอมแล้ว การที่เตยหอมมีลักษณะของกลิ่นเฉพาะตัวจึงทำให้เตยหอมได้รับความนิยมนำกลิ่นที่สกัดได้จากใบเตยไปใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน

วิมลมาศ พวงนาค และสุนทรี วรผลึก (2524) ได้ทำการศึกษาวิธีการสกัดสารจากใบเตยเพื่อนำไปใช้เป็นสารปรุงแต่งบุหรี่ โดยการสกัดใบเตยด้วยตัวทำละลายหลายชนิด ได้แก่ ether, petroleum ether, chloroform pentane และ benzene และวิเคราะห์องค์ประกอบด้วย thin layer chromatography (TLC) และ gas chromatography (GC) พบว่าตัวทำละลายทุกชนิดมีการตรวจ

พบสารคล้ายกัน ได้แก่ สาร linalyl acetate, benzyl acetate, linalool และ geraneol ส่วน cumarin และ ethylvanillin ซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญในการปรุงกลิ่นของยาสูบ พบ chromatogram ไม่ชัดเจน แต่เมื่อนำใบเตยมาสกัดด้วย ethyl alcohol และสกัดซ้ำด้วย chloroform และวิเคราะห์ด้วย GC และ TLC พบว่ามีปริมาณน้อยมองเห็นไม่ชัดเจน

น้องนุช เจริญกูล, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และดุษฎี อุดภาพ (2545) ได้ศึกษาการนำสารที่สกัดจากใบเตยด้วยวิธีการสกัดด้วยไอน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์พร้อมกัน (simultaneous steam distillation and extraction) มาใช้ในการผลิตเจลปรับอากาศ โดยพิจารณาที่ปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ร่วมกับผลทางประสาทสัมผัส ซึ่งส่วนผสมที่เหมาะมี 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 คือ 1.5:2:20 (carrageenan: ร้อยละ propyleneglycol: ร้อยละน้ำหอม) สูตรที่ 2 คือ 2: 3: 20 (carrageenan: ร้อยละ propyleneglycol: ร้อยละน้ำหอม) และ สูตรที่ 3 คือ 2.5: 3: 20 (carrageenan: ร้อยละ propyleneglycol: ร้อยละน้ำหอม) จากนั้นนำเจลปรับอากาศทั้ง 3 สูตร มาเปิดทิ้งไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 22 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 69 พบว่า หลังจากผ่านไป 4 ชั่วโมง ปริมาณสาร 2AP ลดลงไปร้อยละ 77.90, 56.43 และ 12.29 ตามลำดับ เมื่อทิ้งไว้ 2 วันพบว่าไม่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณ 2AP ได้ และเมื่อใช้ทดสอบด้วยการดมพบว่า ยังมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ของใบเตย ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ พบว่า สีของเจลทั้ง 3 สูตรเพิ่มตามอายุการใช้งาน และในช่วงวันที่ 10 ของการใช้งาน เจลทั้ง 3 สูตรจะมีการสูญเสียรูปทรงและสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 90 และ ร้อยละ 50 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าเจลปรับอากาศที่ผลิตขึ้นมีคุณภาพไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้จริง เนื่องจากกลิ่นของเจลลดลงอย่างรวดเร็วในเวลา 2 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเจลปรับอากาศทางการค้าที่ใช้น้ำหอมสังเคราะห์ซึ่งอายุการใช้งาน 15-20 วัน

นัยวิท เฉลิมนนท์ (2543) ศึกษาการสกัดสารสีเขียวจากเตยหอม โดยการศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย คือ ตัวละลาย อุณหภูมิ และ pH ที่ใช้ในการสกัด พบว่า การสกัดสารสีเขียวจากใบเตยหอมด้วยเอทานอล ร้อยละ 95 ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ที่ช่วง pH 7 ถึง 8 สามารถสกัดสารสีเขียวที่มีปริมาณของคลอโรฟิลล์สูงสุด คือ 3,141.73 mg/L และจากการผลิตผงสีเขียวโดยการทำแห้ง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยปัจจัย 3 ปัจจัย คือ สารตัวกลาง อุณหภูมิลมร้อนเข้า และค่าการวัดแรงดันหัวฉีด พบว่า สภาวะที่ใช้กัมอาราบิกเป็นสารเจือปน อุณหภูมิลมร้อนเข้า 200 องศาเซลเซียส และค่าการวัดแรงดันหัวฉีด 1.0 bar สามารถผลิตผงสีเขียวที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด 101.10 mg/L ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด ร้อยละ 1.0 ค่า pH 4.47 ค่าการละลาย 0.064 ค่าการดูดความชื้น ร้อยละ 1.047 การเปลี่ยนแปลงค่า pH 0.64 และปริมาณ

ความชื้นร้อยละ 4.36 และเมื่อนำสีเขียวที่ได้ไปใช้ในผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับการใช้สารสะลายสีเขียวเข้มข้น ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ผงสีเขียวที่เติมกัมอาราบิกสูงที่สุด

Nor, et al. (2008) ได้ทำการศึกษาพบว่าสารสกัดจากใบเตยสามารถนำมาใช้ในการเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidative properties) ป้องกันการเหม็นหืนของน้ำมันปาล์ม คือ นำใบเตยมาสกัดด้วย ethanol ด้วยอัตราส่วน 1:10 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเติมในน้ำมันปาล์ม (ร้อยละ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 8, 16, 24 และ 32 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตรวจหา antioxidant activity ในรูปของ DDPH radicals ผลการทดลองพบว่า การเติมสารสกัดจากใบเตยที่ ร้อยละ 0.2 สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเหม็นหืนได้ดีที่สุด และการที่สารสกัดใบเตยสามารถยับยั้งการเกิดการเหม็นหืนก็เนื่องจาก ในสารสกัดใบเตยมีสาร polyphenol อยู่ประมาณ 102 mg/g ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระได้

4. กลิ่นของใบเตย

สารประกอบที่ให้กลิ่นในใบเตยมีหลายชนิดโดยกลิ่นของใบเตยจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการนำใบเตยมาแปรรูปซึ่งทำให้องค์ประกอบของสารให้กลิ่นเปลี่ยนแปลง ในใบเตยสดสารระเหยที่วิเคราะห์พบเป็นปริมาณหลักโดยร้อยละ 73 ของสารระเหยที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมดคือ 3-methyl-2(5H)-furanone ซึ่งให้กลิ่นในลักษณะฉุน หวานคล้ายยา และจะพบสารให้กลิ่นเหม็นเขียวซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 6 อะตอมได้แก่ 3-haxanol, 4-methylpentanol, 3-hexanone และ 2-hexanone (Jiang, 1999) ทำให้กลิ่นของใบเตยสดแตกต่างไปจากใบเตยแปรรูปซึ่งโดยมากเป็นการนำไปผ่านความร้อน ใบเตยแปรรูปจะมีกลิ่นของ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) (กลิ่นข้าวโพดคั่ว, กลิ่นใบเตย) แรงขึ้น ในขณะเดียวกันก็มีกลิ่นใบพืชต้มและกลิ่นใบยาสูบเกิดขึ้นในลักษณะเป็น undertone กลิ่นต้ม (boiled flavor) ในพืชโดยมากเป็นกลิ่นของสารประกอบซัลเฟอร์ เช่น methional (กลิ่นมันฝรั่งต้ม), thiazole (กลิ่นหอมหัวใหญ่สุก) และ 3-methylthiobutanal (มะเขือเทศสุก) เป็นต้น สารระเหยเหล่านี้เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์หลังจากที่มีการแปรรูป สำหรับสารระเหยที่คล้ายกลิ่นใบยาสูบมีหลายชนิดเช่น β-damascenone (กลิ่นใบยาสูบ, กลิ่นหวาน, กลิ่นขนมปัง) และ trimethylcyclohexenedione (กลิ่นยาสูบ, กลิ่นฟาง, กลิ่นชา) เป็นต้น กลิ่นยาสูบที่เกิดขึ้นในพืชส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นจากกระบวนการแปรรูปซึ่งจะเปลี่ยนสารที่ไม่ระเหยให้กลายเป็นสารให้กลิ่นเช่นเดียวกับการเกิดกลิ่นต้มในอาหาร

4.1 สารให้กลิ่นสำคัญในใบเตย

แม้ว่ากลิ่นของอาหารจะเกิดจากสารระเหยหลายชนิดแต่จะมีสารระเหยเพียงบางชนิดที่เป็นสารระเหยที่มีความสำคัญต่อกลิ่นอาหารชนิดนั้นๆ ซึ่งจะเรียกสารระเหยเหล่านั้นว่าเป็นสารระเหยที่มีความสำคัญ (key odour compounds) สำหรับในใบเตยสารระเหยที่เป็นสารให้กลิ่นสำคัญได้แก่สารระเหยดังต่อไปนี้

4.1.1 2-acetyl-1-pyrroline (2AP)

2AP เป็นสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของกลิ่นใบเตยและข้าวหอม โดยในใบเตยมี 2AP ปริมาณ 1 ppm โดยน้ำหนักแห้งซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าในข้าวหอมถึง 10 เท่า (Laksanalamai and Ilangantilek, 1993) 2AP จัดเป็นสารประกอบไนโตรเจนในกลุ่ม heterocyclic compounds มีสูตรโครงสร้าง C_6H_9NO น้ำหนักโมเลกุล 111 สารประกอบชนิดนี้มีคำบรรยายลักษณะกลิ่นสำหรับชาวตะวันตกว่าคล้ายกลิ่นข้าวโพดคั่ว (popcorn) ส่วนชาวเอเชียให้คำอธิบายว่าคล้ายกลิ่นใบเตย (Paule and Power, 1989) นอกจากจะให้กลิ่นที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคแล้ว 2AP ยังเป็นสารที่มีค่า odour threshold ค่อนข้างต่ำ คือมีค่าอยู่ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ppb และนอกจากในใบเตยและข้าวหอมแล้วยังสามารถพบ 2AP ในอาหารชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิดเช่น ขนมปัง แครกเกอร์ งา มันฝรั่งทอด ข้าวโพดคั่วและเนื้อวัว เป็นต้น 2AP เป็นสารที่ไม่เสถียรแม้เก็บในสภาพสุญญากาศที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส โดยจะเปลี่ยนจากของเหลวใสไม่มีสีไปเป็นของเหลวสีแดงและสีจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น สีที่เข้มขึ้นเกิดจากปฏิกิริยา condensation ของหมู่คาร์บอนิลจนได้ conjugated pyridine polymer ดังนั้นการเก็บ 2AP จึงควรเก็บไว้ในสภาพสารละลายในน้ำ

4.1.2 Aldehyde compounds

กลิ่นเหม็นเขียวของใบเตยมาจากอัลดีไฮด์สายสั้นได้แก่ hexenal (กลิ่นใบไม้), nonenal (กลิ่นเหม็นเขียว), nonadienal (กลิ่นหญ้า), และ n-hexanal (กลิ่นใบไม้) สารระเหยเหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้แก่ linoleic acid และ linolenic acid ผ่าน lipoxygenase pathway กระบวนการเกิดสารให้กลิ่นเหม็นเขียวนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อพืชเกิดการฉีกขาด กรดไขมันไม่อิ่มตัวของพืชอาจอยู่ในรูป triglycerides, phospholipids หรือ glycolipids ซึ่งจะถูกปลดปล่อยเป็นกรดไขมันอิสระโดยเอนไซม์ acylhydrolase จากนั้นกรดไขมันอิสระเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงเป็นสารให้กลิ่น เอนไซม์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงกรดไขมันไม่อิ่มตัวให้

เป็นสารให้กลิ่นในพืชได้แก่เอนไซม์ lipoxygenase, lyase, cis-3,trans-2 isomerase และ alcohol dehydrogenase

4.1.3 3-methyl-2(5H)-furanone

โดยทั่วไป 3-methyl-2(5H)-furanone เกิดในอาหารที่ผ่านการแปรรูป เช่น พบในเนยแข็ง birch syrup และ fermented soy hydrolysate เป็นต้น กลิ่นของ 3-methyl-2(5H)-furanone จะคล้ายลักษณะของกลิ่นคาราเมล กลิ่นหวาน กลิ่นคล้ายยาและกลิ่นน้ำผึ้ง แต่สำหรับในใบเตย มีรายงานว่าพบสารระเหยชนิดนี้ในใบเตยสด (Jiang, 1999) โดยเป็น secondary metabolite และคาดกันว่าสารชนิดนี้อาจเป็นสารที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารกลุ่มอัลคาลอยด์ที่พบในใบเตยซึ่งได้แก่ pandamarilactonine-A และ -B เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของอัลคาลอยด์เหล่านี้มีความเกี่ยวเนื่องกับโครงสร้างของ 3-methyl-2(5H)-furanone ประกอบกับมีการศึกษาพบว่าสามารถเตรียม pandamarilactonine-B ซึ่งเป็นสารตัวกลางของกระบวนการสังเคราะห์ โดย pandamarilactonine-B ได้จากการทำปฏิกิริยาของ 3-methyl-2(5H)-furanone กับ 2-pyrrolidinone (Busque, et al., 2002; Takayama, et al., 2001)

4.1.4 β-damascenone

การแปรรูปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ ตัวอย่างเช่น การเกิด β-damascenone ซึ่งเป็นสารระเหยให้กลิ่นที่มีลักษณะกลิ่นคล้ายดอกไม้ สารชนิดนี้พบในพืชหลายชนิดและมักพบในพืชที่ผ่านการแปรรูป เช่น ในแอปเปิ้ลที่ผ่านความร้อนหรือในไวน์องุ่น (Naiker, 2001; Zhou, et al., 1993) สารตั้งต้นของ β-damascenone ในพืชคือ xanthophylls ซึ่งพบมากที่สุดในพืชใบเขียวคือ neoxanthin กลไกการเกิด β-damascenone เริ่มจาก neoxanthin เกิดการสลายตัวตามธรรมชาติได้ norisiprenoid glycosides (grasshopper ketone) จากนั้นจะเกิดกระบวนการ enzymatic reduction ได้ 9(or 3)-α-L-arabinofuranosyl-(1,6)-β-D-glucopyranoside acetylenic diol (allene triol) ซึ่งสารชนิดนี้ถือว่าเป็น key intermediate ในการเกิด β-damascenone (Skouroumounis and Mark, 2000) จากขั้นตอนนี้ allene triol จะจัดเรียงตัวใหม่ เป็นสารประกอบ 3 ชนิดคือ acetylenic diol, 3-hydroxy-damascenone (ไม่มีกลิ่น) และ β-damascenone อย่างรวดเร็วในสภาวะกรด โดย acetylenic diol เป็นสารที่เกิดในปริมาณมากที่สุด สารชนิดนี้สามารถเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ในสภาวะกรดได้เป็น 3-hydroxy-damascenone และ β-damascenone

Bhattacharjee, Kshirsagar and Singhal (2005) ศึกษาการใช้ Supercritical carbon dioxide สกัดสาร 2AP จากใบเตย โดยใช้สารละลาย ether เป็นตัวสกัด สภาวะที่ใช้ในการสกัดมี 3 ตัวแปรคือ ความดัน 2 ระดับคือ 125 และ 450 บาร์ อุณหภูมิ 2 ระดับคือ 40 และ 60 องศาเซลเซียส และเวลา 2 ระดับคือ 2 และ 3 ชั่วโมง ซึ่งสภาวะที่สกัดสาร 2-acetyl-1-pyrroline ดีที่สุด คือ ที่ความดัน 450 บาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเวลา 3 ชั่วโมง ได้ 7.163 mg/kg และประยุกต์ใช้สารสกัดนี้กับกลิ่นในอาหาร

Wongpornchai, et al. (2004) ศึกษาผลกระทบของการทำแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อกลิ่นและคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยมีสภาวะการทำแห้ง 6 สภาวะ ดังนี้ วิธีปกติคือ ปรับอุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ใช้ลมร้อน 40, 50 และ 70 องศาเซลเซียส และ การตากแดด เก็บตัวอย่างไว้ 10 เดือน ดูปริมาณกลิ่นหอมของ 2-acetyl-1-pyrroline และกลิ่นอับ *n*-hexanal และ 2-pentylfuran ที่คงเหลือ ปรากฏว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บ 2-acetyl-1-pyrroline ลดลงแต่ *n*-hexanal และ 2-pentylfuran เพิ่มขึ้น และที่สภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะเหลือ 2-acetyl-1-pyrroline น้อยมาก

Laohakunjit and Kerdchoechuen (2007) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นระหว่างการเก็บรักษาที่เคลือบด้วยสารสกัดจากธรรมชาติในข้าวที่ไม่มีกลิ่น (non aromatic rice) โดยสกัดกลิ่นจากธรรมชาติ ข้าวที่ไม่มีกลิ่น 3 สายพันธุ์คือ RD 23, SP 1 และ SPR 90 เคลือบโดย Modified spouted bed กับ sorbital ร้อยละ 30 และ สารสกัดจากใบเตยร้อยละ 25 มีตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่างคือ เป็นข้าวไม่มีกลิ่น 6 ตัวอย่าง โดย 3 ตัวอย่างเคลือบกลิ่นและอีก 3 ตัวอย่างไม่เคลือบ อีก 2 ตัวอย่างคือ ข้าวมีกลิ่นที่ไม่ต้องเคลือบกลิ่น ระยะเวลาในการเก็บรักษา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า การเคลือบข้าวที่ไม่มีกลิ่นยังคงเหลือกลิ่นของ 2AP นานกว่าข้าวที่มีกลิ่นและการเคลือบยังช่วยลด *n*-hexanal ในระหว่างการเก็บอีกด้วย ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่ดีในการปรับปรุงและพัฒนาข้าวหอมต่อไป แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นตัวทำปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นเหม็นหืนระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดข้าว

แววตา ชี้ทางดี (2547) พบว่าสารหอมที่ให้กลิ่นใบเตยมีหลายชนิด สำหรับสารหอมที่พบเป็นปริมาณหลักในใบเตยสด คือสาร 3-methyl-2(5H)-furanone ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นในลักษณะกลิ่นฉุน หวาน และกลิ่นคล้ายยา และยังพบสารที่ให้กลิ่นเหม็นเขียว เช่น 3-hexanol, 4-methylpentanol, 3-hexanone และ 2-hexanone ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 6 อะตอม ส่วนสาร 2AP จะพบมากขึ้นในใบเตยที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนพร้อมกับมี

กลิ่นใบพืชต้มหรือกลิ่นใบยาสูบ สำหรับสารที่มีกลิ่นคล้ายใบยาสูบ คือ β-damascenone, 4-hydroxy-3-pentanoic acid lactone และ trimethylcyclohexanedione

Lee, et al. (2004) พบว่าในใบเตยจะประกอบด้วยน้ำมัน essential oil, carotenoids, tocopherols และ tocotrienols และยังพบว่าใบเตยมีสารประกอบพวก quercetin (Miean and Mohamed, 2004) สารประกอบพวก alkaloids (Busquercetin, et al., 2002) ซึ่ง Salim, et al. (2004) ได้ตรวจพบสารประกอบ alkaloids ชนิดใหม่ในใบเตย ถึง 2 ชนิด ในขณะที่อีก 5 ชนิดเป็นสารประกอบ alkaloids ที่เป็นที่รู้จักอยู่แล้ว ซึ่งสารประกอบ alkaloids ชนิดใหม่ที่พบมีหมู่ alpha-methyl alpha, beta-unsaturated gamma-lactone moieties 2 หมู่ โดยที่สารประกอบ alkaloids บางองค์ประกอบจะพบว่ามี seven-membered ring

Zainuddin (2001) พบว่าในใบเตยมีสารประกอบพวก fatty acids และ ester ในขณะที่ Ooi, et al. (2006) ตรวจพบสาร non-specific lipid transfer protein ในใบเตย นอกจากนั้นยังมีการตรวจพบสาร 2AP ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นหอมหลักในใบเตย และยังเป็นสารชนิดเดียวกับที่ให้กลิ่นหอมในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (น้องนุช เจริญกูล และคณะ, 2545) จึงทำให้มีหลายงานวิจัยที่ทำการศึกษาหาสารประกอบที่ให้กลิ่นในใบเตย

Jiang (1999) ได้ศึกษาสารประกอบที่ให้กลิ่นในใบเตย พบว่าในใบเตยมีสารประกอบให้กลิ่นหลายชนิดโดยเฉพาะสาร 3-methyl-2(5H)-furanone ซึ่งให้กลิ่นในลักษณะฉุน หวาน และคล้ายยา ซึ่งเป็นสารหอมที่พบเป็นปริมาณหลักโดยคิดเป็น ร้อยละ 73 ของสารระเหยที่วิเคราะห์ได้ และยังพบสารให้กลิ่นเหม็นเขียวซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 6 อะตอม ได้แก่ 3-hexanol, 4-methylpentanol, 3-hexanone และ 2-hexanone นอกจากนั้นยังพบสารพวก alcohol, carboxylic acid, ester, hydrocarbon และ furanone

Byrne, et al. (1992) ได้ศึกษาสารที่ได้จากการสกัดใบเตย ศึกษาโดยใช้เทคนิค X-ray diffraction ซึ่งตรวจพบสารประกอบประเภท alkaloids คือ (+/-)-Pandamarine นอกจากนั้น Nonato, et al. (1993) ยังศึกษาสารจากใบเตยที่แยกด้วยวิธีการโครมาโตกราฟี ตรวจพบสาร piperidine alkaloids 3 ชนิด ซึ่งก็คือ pandamarilactone-1, pandamarilactone-31 และ pandamarilactone-32 และเมื่อนำสารเหล่านี้ไปศึกษาลักษณะทางด้านโครงสร้างด้วยเทคนิค Inverse-detected 2D NMR พบว่าลักษณะโครงสร้างจะประกอบด้วย α, β- unsaturated five-membered ring และ enol ester

Gasser and Grosch (1988) ได้ศึกษาสารระเหยในเนื้อวัวที่ผ่านกระบวนการหุงต้ม ซึ่งตรวจพบว่ามีสารประกอบ 2AP ด้วย และยังพบว่าสาร 2AP เป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นหลักใน

กระบวนการผลิตต่าง ๆ โดยเฉพาะในกระบวนการทำอาหารให้สุกด้วยความร้อน เช่น ใน Baguette crusts (Zehentbauer and Grosch, 1998) กุ้งนางสายพันธุ์ *Procambarus clarkill* (Cadwallader and Baek, 1998) ต้นมันฝรั่งต้ม (Mutti and Grosch, 1999) เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ สายพันธุ์ *Irvingia gabonensis* (Tairu, et al., 2000) ไส้กรอกเทียมสไตล์อิตาลีและแฮมที่ผ่านความร้อน (Blank, et al., 2001) และกุ้งก้ามกราม (*Homarus americans*) (Lee, et al., 2001) เป็นต้น

สุกัญญา มหาธีรานนท์ (2540) ได้รายงานการสกัดดอกชมนาด 50 กรัม โดยใช้วิธีการสกัดด้วยไอน้ำ นำสารสกัดที่ได้มาสกัดต่อด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ไดคลอโรมีเทน จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วย GC-MS พบว่ามีสาร 2AP เป็นองค์ประกอบหลักในสารที่สกัดได้

กรรณานุช เลาห์เรณู นุสรา เมธาพิพัฒน์ และศรีสุรางค์ ปิ่นแสงมณี (2541) ได้ศึกษาสาร 2AP ในมะพร้าว พบว่ามีการตรวจพบสาร 2AP ทั้งในส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำมะพร้าวด้วย

5. การกลั่น (Distillation)

การกลั่นเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการสกัดน้ำมันหอมระเหย หลักการของการกลั่นคือ ใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำเข้าไปแยกน้ำมันหอมระเหยออกมาจากพืช โดยการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อพืช ความร้อนจะทำให้สารละลายออกมากลายเป็นไอ ปนมากับน้ำร้อนหรือไอน้ำ อย่างไรก็ดี การกลั่นเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพดีนั้น ต้องอาศัยเทคนิคและขบวนการทางเคมีและกายภาพหลายอย่างมาประกอบกัน โดยทั่วๆ ไปเทคนิคการกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ใช้กันมีอยู่ 3 วิธี ได้แก่ (จุไรรัตน์ แสงสวัสดิ์, 2552)

5.1 การกลั่นด้วยน้ำ (Water distillation or Hydro-distillation) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การกลั่นด้วยวิธีนี้ตัวอย่างจะจุ่มในน้ำเดือดทั้งหมด อาจพบใช้กับพืชชนิดบางเบา การกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีนี้ใช้กับของที่ติดกันง่ายๆ เช่น ใบไม้บางๆ กลีบดอกไม้อ่อนๆ สำหรับการเลือกใช้วิธีการกลั่นนี้ต้องดูชนิดของพืชที่จะนำมากลั่นด้วย

5.2 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (Water and stream distillation) การกลั่นด้วยวิธีนี้ตัวอย่างจะจุ่มในน้ำเดือดและมีการเพิ่มการผลิตไอน้ำเพื่อให้ไอน้ำผ่านตัวอย่าง เป็นการกลั่นที่

สะดวกที่สุด ให้คุณภาพของน้ำมันออกมาดีกว่าการกลั่นด้วยน้ำ การกลั่นแบบนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า

5.3 การกลั่นด้วยไอน้ำ (Stream distillation) วิธีนี้วางตัวอย่างที่จะกลั่นบนตะแกรงในหม้อกลั่น ซึ่งไม่มีน้ำอยู่ ไอน้ำจะถูกผลิตจากภายนอกและถูกส่งไปตามท่อให้สัมผัสกับตัวอย่างบนตะแกรง ไอน้ำต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะช่วยให้น้ำมันแพร่ระเหยออกมาจากตัวอย่าง ข้อดีของการกลั่นวิธีนี้คือ สามารถทำการกลั่นได้อย่างรวดเร็วและได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าด้วย

การกลั่นลำดับส่วนเป็นการแยกตัวถูกละลายและตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่างกันเล็กน้อย (ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส) ในหอกลั่น ซึ่งหอกลั่นนี้จะทำหน้าที่ให้สารระเหยออกมาได้ช้าลง โดยหอกลั่นยิ่งมีความสูงเพิ่มขึ้น สารที่ออกมาก็จะมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นด้วยแต่ก็จะทำให้ต้องใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นด้วย (เอกดนัย ก้อนคำ, 2550)

วิธีการกลั่นเป็นวิธีที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดต่างๆ เช่น การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ พนิดา รุ่งรัตนกุล และคณะ (2545) ได้รายงานการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบ ผลและราก ของตะไคร้ต้น (*Litsea cubeba* Pers.) ด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ พบว่าเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหย และสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผลคิดเป็นร้อยละ 9.3 ของน้ำหนักผลสด จากใบและราก คิดเป็นร้อยละ 2.8 และ 0.5 ของน้ำหนักสด ตามลำดับ

Szarka, et al. (2006) ได้ศึกษาการสกัดสารจากส่วนของดอก ใบ และราก ของ *Tagetes patula* L. ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่า ส่วนของดอกสกัดได้สาร β-caryophyllene (ร้อยละ 53.5) ส่วนของใบสกัดได้สาร terpinolene (ร้อยละ 21.1) ส่วนของรากพบว่ามีสาร 5-(3-buten-1-ynyl)-2, 2'-bithienyl (BBT) ร้อยละ 28.5 และ ร้อยละ 44.0 ในส่วนของรากฝอย (hairy roots) และรากแก้ว (intact root)

Wang, et al. (2009) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบซินนามอล ทั้งหมด 5 สายพันธุ์ ด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (hydrodistillation) มีการตรวจพบสารหอมระเหย 20 ชนิด โดยมีสาร trans-cinnamaldehyde, 3-methoxy-1, 2-propanediol เป็นสารหอมหลักที่พบในสายพันธุ์ *Cinnamomum cassia* ในขณะที่สายพันธุ์ *Cinnamomum zeylanicumand*, *Cinnamomum puaciflorum*, และ *Cinnamomum burmannii* มีสาร eugenol เป็นสารหอมหลัก ส่วนสาร 5-(-2-ropenyl)-1, 3-benzodioxole เป็นสารหอมหลักที่พบในสายพันธุ์ *Cinnamomum tamala*

Khajeh, et al. (2009) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจาก *Nepeta persics* ด้วยวิธีการกลั่นไอน้ำ พบว่ามีสารหอมมากกว่า 20 ชนิด ซึ่งสารหอมที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ 4α, β,

7α, 7aα-nepetalactone ร้อยละ 26.5, cis-β-farnesene ร้อยละ 4.4 และ 3, 4α-dihydro-4aα, 7α, 7aα-nepetalactone ร้อยละ 3.5

Tungsakul, et al. (2007) ได้ศึกษาการสกัดสารให้กลิ่นรส (oleoresin) จากหัวหอมใหญ่ โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเอทานอลและเฮกเซนที่อัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 พบว่าสามารถสกัดสารหอมระเหยมากกว่า 15 ชนิด แต่สารประกอบหลักที่พบ คือ 2,4-dimthylthiophene (ร้อยละ 10.45), dimethyl sulfide (ร้อยละ 17.17), dipropyl disulfide (ร้อยละ 4.03) และ dimthyl trisulfide (ร้อยละ 7.33) การสกัดที่อัตราส่วน 75:25, 50:50 และ 25:75 ให้ปริมาณสารที่สกัดได้ 30.6, 23.0 และ 14.0 ตามลำดับ การสกัดด้วยเฮกเซน (0:100) ให้ปริมาณสารสกัดที่สกัดได้น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 3.0 ส่วนการสกัดด้วยเอทานอล (100 : 0) ให้ปริมาณสารที่สกัดได้มากที่สุด

Laksanalamai and Ilangantileke (1993) ทำการเปรียบเทียบการสกัดสารหอมระเหยจากใบเตย ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่เก็บไว้ไม่นานและเก็บไว้นาน และข้าวพันธุ์ไม่หอม ด้วยวิธีการสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ในเวลาเดียวกัน พบว่าองค์ประกอบสารหอมระเหยที่พบในใบเตยมีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับสาร 2AP และเป็นองค์ประกอบที่พบในข้าวพันธุ์หอมทั้งที่เก็บไว้นานและที่เก็บไว้ไม่นาน แต่ในข้าวที่เก็บไว้นานจะพบในปริมาณที่น้อยกว่าส่วนในข้าวพันธุ์ไม่หอมตรวจไม่พบสารประกอบที่คล้ายสาร 2AP

Ferhat, et al. (2007) ได้ทำการสกัดสารหอมจาก *Zygophyllum album* L. ด้วยวิธีการสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ในเวลาเดียวกัน พบว่าสารหอมที่สกัดได้ประกอบด้วย monoterpenes hydrocarbons (ร้อยละ 0.2, 2 องค์ประกอบ), oxygenated monoterpenes (ร้อยละ 10.3, 22 องค์ประกอบ), sesquiterpenes hydrocarbons (ร้อยละ 2.8, 6 องค์ประกอบ), oxygenated sesquiterpenes (ร้อยละ 2.1, 12 องค์ประกอบ), alkanes and alkynes (ร้อยละ 3.2, 13 องค์ประกอบ), และสารประกอบอื่น ๆ (ร้อยละ 74.2, 56 องค์ประกอบ) และยังพบอีกว่าหากมีการนำเอาไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ร่วมด้วยจะทำให้ใช้เวลาและปริมาณสารที่ใช้ตัวทำละลายลดลง ในขณะที่ปริมาณสารประกอบที่สกัดได้ไม่แตกต่างกัน

Singkhornart, et al. (2007) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช 5 ชนิด คือ กะเพราแดง ขมิ้นชัน แมงลัก มะกรูด และโหระพา โดยใช้วิธีการสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ในเวลาเดียวกัน พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้ง 5 ชนิด มีค่า refractive index เท่ากับ 1.52, 1.51, 1.48, 1.51 และ 1.47 ตามลำดับ สำหรับมะกรูดจะให้ปริมาณสารสกัด

มากที่สุด (ร้อยละ 0.45) รองลงมาคือ ขมิ้นชัน กะเพราแดง โหระพา และแมงลัก (ร้อยละ 0.36, 0.09, 0.05 และ 0.04 ตามลำดับ)

Khajeh, et al. (2009) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยวิธีการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ ใน *Nepeta persica* พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ ที่สภาวะความดัน 20.3 MPa อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลา 50 นาที สามารถสกัดสาร 4α, β, 7α, 7aα-nepetalactone ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักออกมาได้มากที่สุด ปริมาณสารที่สกัดได้ คือ ร้อยละ 0.22-8.90 ซึ่งสกัดได้มากกว่าการสกัดวิธีทั่วไปคือการกลั่นด้วยไอน้ำ (ปริมาณสารที่สกัดได้ คือ ร้อยละ 0.08)

Laohakunnjit and Noomhorm (2004) ศึกษาเปรียบเทียบการสกัดใบเตยด้วยวิธีการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว การสกัดด้วยไอน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์แบบต่อเนื่อง และการสกัดโดยใช้เอทานอล พบว่าวิธีการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว มีปริมาณสาร 2AP และ 3-methyl-2(5H)-furanone ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงกว่าวิธีการอื่น และการใช้สภาวะในการสกัดที่แตกต่างกันปริมาณสารที่ได้ก็แตกต่างกันด้วย และยังพบสารองค์ประกอบอื่น ๆ อีก 14 ชนิด สำหรับสภาวะในการสกัดที่ดีที่สุดคือ ที่ความดัน 200 bar อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 20 นาที

สุวิมล ศรีเทวฤทธิ์ (2526) ได้ทำการศึกษาการสกัดสารหอมจากใบเตยโดยศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารที่ได้จากการสกัดใบเตยสดและใบเตยที่ทำแห้งด้วยวิธีการตากในร่มและตากแดด พบว่าใบเตยสดให้ปริมาณสารที่สกัดได้มากกว่าใบเตยแห้ง คือนำสารสกัดที่ได้มาตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 220 nm พบว่าสารสกัดจากใบเตยสดมีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.61-0.74 ซึ่งมากกว่าค่าการดูดกลืนแสงของใบเตยที่ทำแห้งด้วยวิธีการตากในที่ร่มและตากแดด ซึ่งอยู่ในช่วง 0.49-0.55 และ 0.55-0.68 ตามลำดับ จากนั้นทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการในการสกัด โดยเลือกใบเตยสดมาใช้ในการศึกษา ซึ่งวิธีการสกัดที่ทำการศึกษาคือ การสกัดโดยการต้มกลั่น สกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ สกัดโดยตัวทำละลายต่าง ๆ สกัดโดยใช้สารละลาย surfactant สกัดโดยใช้ไขมันสัตว์ สกัดโดยใช้ไนโตรเจนเหลว สกัดโดยใช้ activated carbon และสกัดโดยใช้ porapak Q พบว่าการสกัดด้วยการต้มกลั่น และสกัดด้วยการกลั่นด้วยไอน้ำซึ่งมีการใช้ความร้อน สารสกัดที่ได้มีกลิ่นหอมแรงแต่กลิ่นไม่เหมือนใบเตยธรรมชาติ การสกัดโดยใช้สารละลายซึ่งไม่มีการใช้การความร้อนจะให้กลิ่นที่เหมือนธรรมชาติมากกว่าการสกัดโดยใช้สารละลาย surfactant จะให้กลิ่นที่ไม่หอมและไม่เหมือนธรรมชาติ การสกัดโดยใช้ไขมันสัตว์กลิ่นที่ได้มีลักษณะเหมือนกลิ่นใบเตยแต่มีกลิ่น

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

จุไรรัตน์ แสงสวัสดิ์. (2552) **การสกัดน้ำมันหอมระเหย. สืบค้นเมื่อ** 28 มิถุนายน 2552, จาก http://agriman.doae.go.th/home/news3/news3_1/vagetable/007sakad.doc

นัยวิท เฉลิมนนท์. (2543). การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตสีเขียวธรรมชาติจากเตยหอม. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา ห้นตรา. วารสารวิทยาศาสตร์, 8(10), 437.

นิจศิริ เรืองรังษี และพะยอม ตันติวิวัฒน์. (2534). พืชสมุนไพร. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

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

ใบเตยหอม. (2551). เว็บสุขภาพครบวงจร. สืบค้นเมื่อ 28 มิถุนายน 2552, จาก http://www.bangkokhealth.com/nutrition_htdoc/nutrition_health_detail.asp? Number=9223.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. (2541).บรรจุภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพฯ: แพคเมทส์.

พนิดา รุ่งรัตนกุล, ภูมิศักดิ์ อินทนนท์ สิริรัตน์ แสงยงค์ และวิจิตร อุดอ้าย. (2545). Development of mosquito repellent fluid from *Litsea cubeba Pers.* oil. ใน **เอกสารการประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่** 1. (หน้า 7) พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เพ็ญโฉม พึ่งวิชา, ยุวดี วงษ์กระจ่าง และอรวรรณ เรืองสมบูรณ์. (2530). ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของน้ำสกัดรากใบเตย. **จุลสารมหาวิทยาลัยมหิดล**, 12(11), 13.

เพ็ญโฉม พึ่งวิชา, ยุวดี วงษ์กระจ่าง, อรวรรณ เรืองสมบูรณ์ และวิสุดา สุวิทยาวัฒน์. (2533). ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของน้ำสกัดรากใบเตย II. วารสารเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 12(11), 13.

รัชวรรณ ลิ้มวิวัฒน์กุล และวีระนุช นิลนนท์. (2542). ผลของการสกัดใบเตย (*Pandanus cdorus* Ridl.) **ต่อความดันเลือดแดงและอัตราการเต้นของหัวใจในหนูขาวปกติ. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 21(1), 89-97.

รัชวรรณ ลิ้มวิวัฒน์กุล และวีระนุช นิลนนท์. (2543). ฤทธิ์กระตุ้นหัวใจของสารสกัดใบเตยหอม (*Pandanus cdorus* Ridl.). **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 22(1), 57-65.

วิมลมาศ พวงนาค และสุนทรี วรผลึก. (2524). การศึกษาสารหอมจากใบเตยเพื่อนำมาใช้เป็นสารปรุงบุหรี่. **วารสารวิทยาศาสตร์**, 35(1), 29-35.

แววตา ชี้ทางดี. (2547). **ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสาร 2-acetyl-1- pyrroline และสารให้กลิ่นอื่นๆ ในใบเตย. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.**

ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท. (2550). **ข้อมูล/สารสนเทศจากสมุดข้าวไทย ปี 2550.** สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2551, จาก http://www.chainat.go.th/sub1/doa/#ข้าวพันธุ์ชัยนาท%201

สุกัญญา มหาธีรานนท์. (2540). การศึกษาสารให้ความหอมในเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. ใน **เอกสารวิชาการ** Biotech 1/2540. (หน้า 1-33).กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวิมล ศรีเทวฤทธิ์. (2526). การสกัดหัวเชื้อกลิ่นจากใบเตย. **การค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วท.ม.**, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เอกดนัย ก้อนคำ. (2550). **เว็บครูบ้านนอกดอทคอม.** สืบค้นเมื่อ 28 มิถุนายน 2552, จาก http://www.kroobannok.com/new_pic/p10182440737.jpg.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2547). **ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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.

Byrne, L.T., Guevra, B.Q., Patalinghug, W.C., Recio, B.V., Ualat, C.R., and Whith, A.K. (1992). The X-ray Crystal-Structure of (+/-)-Pandamarine the Major Alkaloid of *Pandanus Amaryllifolius*. **Australian Journal of Chemistry**, 45(11), 1903-1908.

Cadwallader, K.R., and Baek, H.H. (1998). Aroma-impact compounds in cooked tail meat of freshwater crayfish (*Procambarus clarkia*). Food Science, 40, 217-278.

Cheeptham, N., and Towers, G.H.N. (2002). Light-mediated activities of some Thai medicinal plant teas. Fototerapia, 73, 651-662.

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.

Ferhat, M.A., Kordjain, N.T., Chemat, S., Meklati, B.Y. and Chemat, F. (2007). Rapid Extraction of Volatile Compounds Using a New Simultaneous Microwave Distillation: Solvent Extraction Device. Chromatographia, 65, 217-222.

Gasser, U., and Grosch, W. (1988). Identification of volatile flavor components with high aroma values of cooked beek. Z. Lebenm. Unter. Forsch, 188, 27-35.

Jiang, J. (1999). Volatile composition of pandan leave (*Pandanus amaryllifolius*). Flavor Chemistry of Ethnic Food, 48, 105-109.

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

Khajeh, M., Yamini, Y., and Shariati, S. (2009). Comparison of essential oils compositions of Nepeta persica obtained by supercritical carbon dioxide extraction and steam distillation method. Food and Bioproducts Processing, 11, 10-16.

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

Laohakunnjit, N., and Noomhorm, A. (2004). Supercritical carbon dioxide extraction of 2-acetyl-1-pyrroline and volatile components from pandan leaves. Flavour and Fragrance Journal, 19(4), 251-259.

Lee, M.H., Hettiarachchy, N.S., McNew, R.W., and Gnanasambandam, R. (1995). Physicochemical properties of calcium-fortified rice. American Association of Cereal Chemistry, 17(8), 352-355.

Lee, B.L., Su, J., and Ong, C.N. (2004). Monomeric C 18 chromatographic method for the liquid chromatographic determination of lipophilic antioxidants in plants. Journal of Chromatography, 1048, 263-267.

Lee, G.H., Suriyaphan, O., and Cadwallader, K.R. (2001). Aroma component of cooked tail meat of American lobster (*Homarus americanus*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 114, 4324-4332.

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

Mutti, B., and Grosch, W. (1999). Potent odorants of boiled potatoes. Nahrung, 43, 302-306.

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

Nor, F.M., Mohamed, S., Idris, N.A. and Ismail, R. (2008). Antioxidative properties of *Pandanus amaryllifolius* leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies. Food Chemistry, 110, 319-327.

Ooi, L.S.M., Wong, E.Y.L., Sun, S.S.M. and Ooi, V.E.C. (2006). Purification and characterization of non-specific lipid transfer protein from the leaves of *Pandanus amaryllifolius* (Pandanaceae). Peptids, 27, 626-632.

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.

Singkhornart, S., Laohakunit, N., Kerdchoechuen, O. and Sirisoontaralak, P. (2007). Comparison the efficiency of essential oils from 5 spicies to control Maize weevil. Journal of Agricultural Science, 38, 295-298.

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

Tairu, A.O., Hofmann, T., and Grosch, W. (2000). Studies on the key odorants formes by roasting of wild mango seed (*Irvingia gabonensis*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 2391-2394.

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.

Tungsakul, A., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O. (2007). Extraction and identification the volatile flavor of oleoresin from onion (*Allium cepa L.*). Journal of Agricultural Science, 38(6), 143-146.

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.

Zainuddin, H. (2001). Flavonoids and volatile compounds in 29 types of tropical plants from different anatomical parts using gas chromatography-mass spectrometry. Faculty of Food Science and Technology. University Putra Malaysia, 32, 32-57.

Zehentbauer, G. and Grosch, W. (1998). Crust aroma of banguettes I key odorants of baguettes prepared in two different ways. Journal of Cereal Science, 28, 81-92.

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, 42, 261-273.

Food Innovation Asia Conference 2008

FoSTAT - The 10th Agro-Industrial Conference
12th -13th June 2008
8.00 a.m. - 16.00 p.m.
At BITEC Bangkok Thailand

"HEALTHY FOOD FOR ALL"

Organized by
Food Science and Technology Association of Thailand (FoSTAT)
Agro-Industry Academic Council Association (AIAC)
Naresuan University (NU)
Ramkhamhaeng University (RU)
Department of Fisheries (DoF)
National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC)

In Conjunction with
The Federation of Institutes of Food Science and Technology in the ASEAN (FIFSTA)
Food Processing Industry Club of the Federation of Thai Industries (FTI)

PROPAK ASIA 2008
www.propakasia.com

FoSTAT BES BIOTEC

Extraction and properties of 2-acetyl-1-pyroline from pandan leaves and its application in cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice

Katsri, K[1,*]., Noitup, P[1]., Jarunrattanasri A[2]. and Singanusong R[1].
[1]Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000
[2]School of Agriculture and Natural Resources, Naresuan University, Phoyao Campus, Phoyao, 56000
*Corresponding author e-mail: Koonplan@hotmail.com

Abstract

This research was aimed to improve odour after cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice by using extract of pandan leaves which comprised mainly of 2-acetyl-1-pyrroline (2AP). Extraction method used was steam distillation. The extract was analysed for physical, chemical and microbiological properties and added to rice during cooking. The acceptability was then assessed. It was found that extraction of 20 g pandan leaves with 200 mL distilled water yielded approximately 120 mL extract. pH, L*, a* and b* values of the extract were 5.53, 10.14, -3.46 and 0.98, respectively. Total plate count of the extract was 1.87×10^3 CFU/mL. There was no yeast and mould present. The suitable amount and adding time of the extract during cooking for Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice were 105 mL, 14 minutes and 50 mL, 9 minutes, respectively with the liking score of both rice varieties was like very much.

Keyword

Rice, Chai Nat 1, Phitsanulok 2, Pandan leaves, 2-acetyl-1-pyrroline

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is a major component of the diet of people in many countries. Thailand is the world's second largest rice exporting country. The milling product of greatest commercial importance is scented or aromatic rice. Khao Dawk Mali 105 (KDML) or Jasmine rice is a good example of the native variety which has the specific dominant trait of good jasmine fragrance (Laohakunjit and Kerdchoechuen, 2007). The steady increase in aromatic rice consumption and the growing export demand have brought keen interest on scented rice production and flavor improvement of non-aromatic rice. Buttery, Ling, and Juliano (1982) found that 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) is the organic volatile compound in cooked aromatic rice. This volatile compound could be a good indicator for identifying fragrance rice from ordinary or non-aromatic rice. It was not found in non-aromatic rice and was present in low concentration in aged KDML rice. However, it is the major volatile compound in pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) leaves (Buttery, Juliano, & Ling, 1983; Laksanalamai & Ilangantileke, 1993) and could be synthesized by using rhodium on alumina, reducing 2-acetyl pyrrole for 15 h, and hydrolyzing 2-(1-alkyloxyethenyl)-1-pyrroline compound with an acid. Flavor enrichment of non-aromatic rice has been attempted earlier but a successful product has not been obtained (Donnarumma et al., 1973). The flavoring agent was either removed or not released or sensed during ingestion of the cooked grain. This research was aimed to improve odour after cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice by using extract of pandan leaves which comprised mainly of 2AP.

Materials and Methods

Pandan leaves were collected from Khun Pho Dok Rak dormitory, Phitsanulok, Thailand. Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 polished rice were kindly supported by Shinghawat Electrical Rice Mill, Phitsanulok.

1. Extraction of 2-acetyl-1-pyrroline from pandan leaves by steam distillation method

Fresh leaves of pandan were collected from Khun Pho Dok Rak dormitory. The leaves were collected from the fourth leaves from the top downward, washed by tap water and cross sectional cut to about 1-2 mm. The 20 g of cut leaves were ground and placed in the round flask. Distilled water of 200 mL was added and the extraction unit was switched on for 2 h. The extract was kept in 120 mL brown vials at room temperature before further analysis.

2. Physical, Chemical and Microbiological properties of the extract

The extract was determined for the colour: L*, a* and b* (color measurement), pH (pH meter), total plate count and yeast and mold (AOAC, 1995).

3. Application of the extract in cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice

3.1 The suitable time for adding the extract during cooking Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice

Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 polished rice were hand sorted to remove any defects and weighed 200 g. It was then placed in the rice cooker, washed and rinsed using distilled water. The distilled water of 540 mL and 450 mL was added for Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice, respectively and the rice cooker was switched on for 24 and 16 min for Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice, respectively. The extract of 50 mL was added at 0, 4, 8, 12, 16 and 20 min of cooking time for Chai Nat 1 and 0, 3, 6, 9, 12 and 15 min for Phitsanulok 2. The cooked rice was kept at room temperature for 10 min before sensory evaluation by 20 untrained panelists using 9-point Hedonic scale method was carried out. One suitable adding time for each rice variety was selected.

After obtaining the suitable adding time, the process of cooking Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 polished rice was repeated again with the exception of the adding time. Five adding times were used by placing the suitable adding time at the middle and two lower and upper values were selected for the adding of extract during cooking of both varieties of rice (depending on results). The cooked rice was assessed for its sensory properties. One suitable adding time for each rice variety was selected.

3.2 The suitable amount of extract adding for cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice

Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 polished rice were hand sorted to remove any defects and weighed 200 g. It was then placed in the cooking pot, washed and rinsed with the distilled water. The distilled water of 540, 490, 440 and 390 mL for Chai Nat 1 and 450, 400, 350 and 300 mL for Phitsanulok 2 rice was added and the rice cooker was switched on for 24 and 16 min for Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice, respectively. The extract of 0, 50, 100 and 150 mL for Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice was added at the selected suitable adding time for each rice variety (3.1). The cooked rice was kept at room temperature before sensory evaluation was carried out. The suitable amount of extract adding was selected for each rice variety.

After obtaining the suitable amount of extract adding for cooking of each rice variety, the process of cooking and adding the amount of extract for cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice was repeated again with the exception of the amount of extract adding. Five amounts of extract were used by placing the suitable amount of extract from part 3.2 at the middle and two lower and upper values were selected for the amount of extract adding for cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice (depending

on results). The cooked rice was assessed for its sensory properties. One suitable amount of extract adding for each rice variety was selected.

3.3 The sensory evaluation of cooked Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice

After cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice following the procedures described in parts 3.1 and 3.2, the cooked rice was allowed to warm down at room temperature for approximately 10 min. Then, 20 g of cooked rice of each variety was placed in 100 mL glass bottles and tightly covered with the aluminium foil. The samples were served with tooth stick for digging holes for odour testing. The sensory method used was 9-point Hedonic scale and 20 untrained panelists were used.

3.4 The statistical design

The Completely Randomized Design (CRD) was used for this study. The significant difference of means was analysed using the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). The experiment was conducted in three replications.

Results and Discussion

1. Extraction of 2-acetyl-1-pyrroline from pandan leaves by steam distillation method

Extraction of 2AP by the steam distillation on 20 g cut pandan leaves and 200 mL distilled water yielded approximately 120 mL extract.

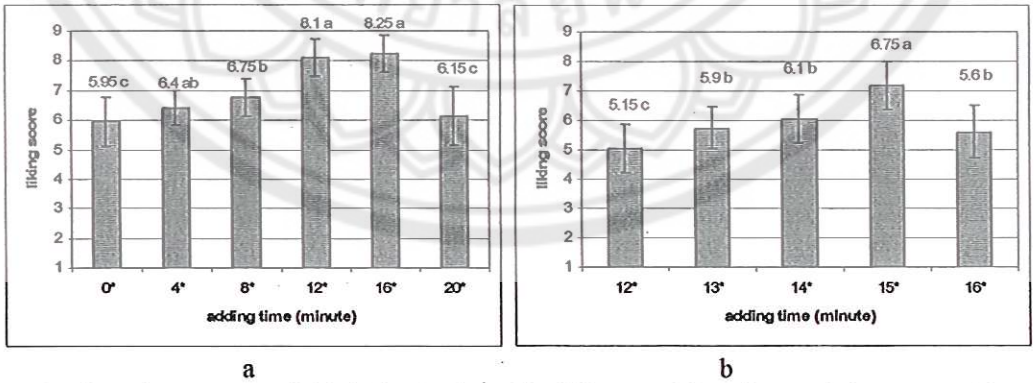
2. Physical, Chemical and Microbiological properties of the extract

The extract had the L*, a* and b* values of 10.14, -3.46 and 0.98, respectively, the pH of 5.53, the total plate count 1.87 x 10^3 CFU/mL and no yeast and mold.

3. Application of the extract in cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice

3.1 The suitable time for adding the extract during cooking Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice

The liking scores in term of odour of cooked Chai Nat 1 rice at 12 and 16 min adding time were not significantly difference (P>0.05) but were significantly higher (P≤0.05) than at other adding times (Figure 1a). Therefore, they were chosen for further determination of suitable adding time of the extract during cooking Chai Nat 1 rice. From Figure 1b, the adding time of 15 min showed the significantly highest liking score (P≤0.05). Therefore, the suitable time for adding the extract during cooking of Chai Nat 1 rice was 15 min after switching on the rice cooker.



a b

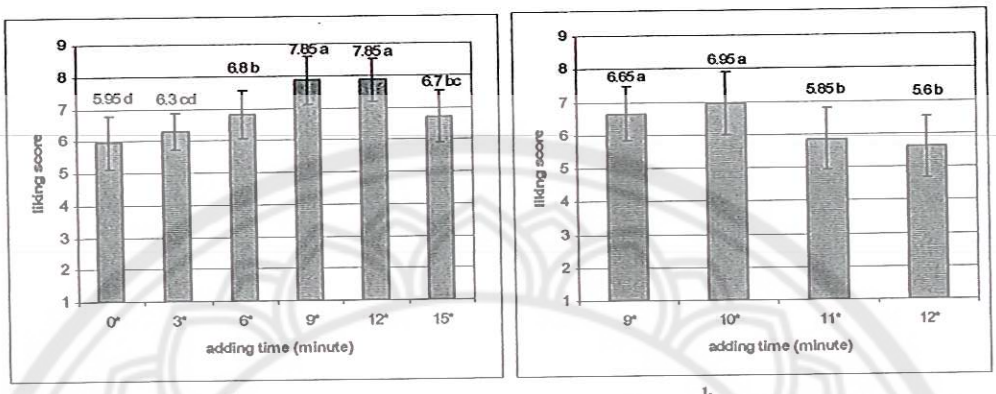
Figure 1. The odour scores of Chai Nat 1 rice with different adding times of the extract (a) and its verification (b)

* Values with the same small letters are not significance (P>0.05)

Score: 1 = dislike extremely, 2 = dislike very much, 3 = dislike moderately, 4 = dislike slightly, 5 = neither like nor dislike, 6 = like slightly, 7 = like moderately, 8 = like very much, 9 = like extremely

The liking scores in term of odour of cooked Phitsanulok 2 rice of 9 and 12 min adding time were not significantly difference (P>0.05) but were significantly higher

(P≤0.05) than other adding times (Figure 2a). Therefore, they were chosen for further determination of suitable adding time of the extract during cooking Phitsanulok 2 rice. The adding times of 9 and 10 min showed significantly higher liking score (P≤0.05) than other adding times (Figure 2b). For time and energy saving, therefore, the suitable time for adding the extract during cooking of Phitsanulok 2 rice was 9 min after switching on the rice cooker.



a b

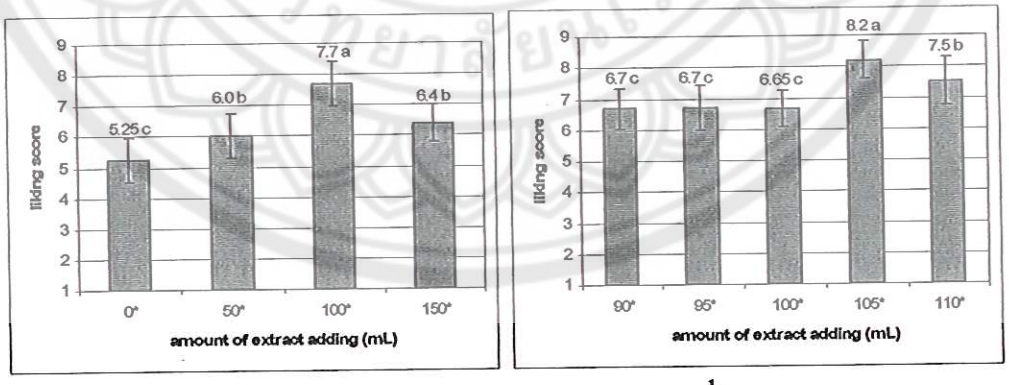
Figure 2. The odour scores of Phitsanulok 2 rice with different adding times of the extract (a) and its verification (b)

* Values with the same small letters are not significance (P>0.05)

Score: 1 = dislike extremely, 2 = dislike very much, 3 = dislike moderately, 4 = dislike slightly, 5 = neither like nor dislike, 6 = like slightly, 7 = like moderately, 8 = like very much, 9 = like extremely

3.2 The suitable amount of extract adding for cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice

From Figure 3a, 100 mL of extract adding for cooking of Chai Nat 1 rice showed the significantly highest liking score (P≤0.05) whereas Chai Nat 1 rice with no extract added had the significantly lowest liking score (P≤0.05). From Figure 3b, 105 mL of extract adding for cooking of Chai Nat 1 rice showed the significantly highest liking score (P≤0.05).



a b

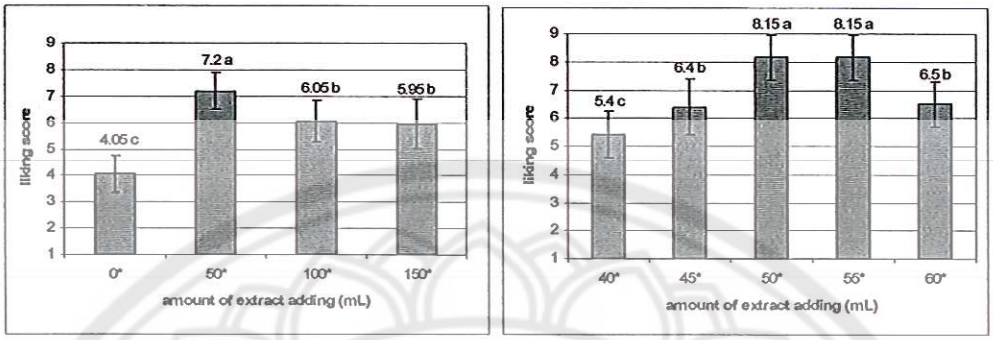
Figure 3. The odour scores of Chai Nat 1 rice with different amounts of extract adding (a) and its verification (b)

* Values with the same small letters are not significance (P>0.05)

Score: 1 = dislike extremely, 2 = dislike very much, 3 = dislike moderately, 4 = dislike slightly, 5 = neither like nor dislike, 6 = like slightly, 7 = like moderately, 8 = like very much, 9 = like extremely

Figure 4a showed that 50 mL of extract adding for cooking of Phitsanulok 2 rice had the significantly highest liking score (P≤0.05) whereas Phitsanulok 2 rice with none

of the extract added had the significantly lowest liking score (P≤0.05). From Figure 4b, 50 and 55 mL of extract adding for cooking of Phitsanulok 2 rice showed the significantly highest liking score (P≤0.05) while 40 mL showed the significantly lowest liking score (P≤0.05). For saving reason, the suitable amount of the extract adding during cooking of Phitsanulok 2 rice was 50 mL.



a b

Figure 4. The odour scores of Phitsanulok 2 rice with different amounts of extract adding (a) and its verification (b)

* Values with the same small letters are not significance (P>0.05)

Score: 1 = dislike extremely, 2 = dislike very much, 3 = dislike moderately, 4 = dislike slightly, 5 = neither like nor dislike, 6 = like slightly, 7 = like moderately, 8 = like very much, 9 = like extremely

Conclusion

2-acetyl-1-pyrroline extracted from pandan leaves could be used to improve odour of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice. The suitable amount and adding time of the extract during cooking for Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice were 105 mL, 14 minutes and 50 mL, 9 minutes, respectively with the liking score of both rice varieties was like very much.

References

AOAC. 1995. Official methods of analysis. AOAC International. Washington, D.C., Association of Official of Analytical Chemists.

Buttery, R. G., Juliano, B. O., and Ling, L. C. 1983. Identification of rice aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in pandan leaves. Chemical Industries (London), 20, 478.

Buttery, R. G., Ling, L. C., and Juliano, B. O. 1982. 2-Acetyl-1-pyrroline: an important aroma component of cooked rice. Chemical Industries (London), 19, 958.

Donnarumma, C., Farber, H., Grimm, C. H., Kuramoto, S., Marmo, D., and Stein, H. S. 1973. Process for flavoring rice, compositions used therewith, and products obtained thereby. US patent No. 3, 753, 730.

Laksanalamai, V., and Ilangantileke, S. (1993). Comparison of aroma compound 2-acetyl-1-pyrrolne in leaves from pandan (*Pandanus amaryllifolius*) and Thai fragrant rice (Khao Dawk Mali-105). Cereal Chemistry, 70(4), 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.

ISSN 0850-3027

ปีที่ 12 (ฉบับพิเศษ) สิงหาคม - ธันวาคม 2552
Vol.12 (Suppl.) August - December 2009

วารสารเกษตรนเรศวร

Naresuan Agriculture Journal

"เกษตรกู้วิกฤตเศรษฐกิจไทย"

การประชุมวิชาการ งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 7

วันที่ 29-30 กรกฎาคม 2552 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ใบแทรกแก้ไข

หน้า

ผลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อสมบัติของนมผึ้งที่ผ่านการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 293
ครองจิต วรรณวงศ์ และพิไลรัก อินธิปัญญา

ผลของอัตราส่วนของตัวทำละลายกับน้ำ และวิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกข้าวต่อ 300
คุณสมบัติการต้านออกซิเดชัน
จีระวัฒน์ นามทัศน์ ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ และรัชฎา ตั้งวงค์ไชย

ผลของหัวเชื้อเริ่มต้นและระยะเวลาการหมักที่มีต่อปริมาณไดซิอินและเจนิสทิอินในถั่วเหลืองหมัก 305
ปัทมา กาญจนคีรีธำรง และไพโรจน์ วิริยจารี

ผลของวิธีการสกัดต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในใบพลู 310
วรรณกนก สวนแก้วมณี และสุทัศน์ สุระวัง

การเปลี่ยนแปลงความเข้มของกลิ่นในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 หลังการหุงต้มและเก็บไว้ใน 316
บรรจุภัณฑ์และเวลาที่ต่างกัน
คุณากร ขัติศรี ปวีนา น้อยทัพ อาภรณ์ จรัญรัตนศรี สุพัตรา สุวรรณธาดา
และเหรียญทอง สิงห์จานุสงค์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาร้าผงเสริมสมุนไพร 322
วสาวี พิชัย สุชาดา จันทะวงค์ และรัฐชัย มุ่งสมัคร

การศึกษาผลของแป้งฟักทองพรีเจลาติไนซ์ต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของขนมปุยฝ้าย 328
โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบหลายตัวแปร
ปิติพร ฤทธิเรืองเดช น้ำผึ้ง รุ่งเรือง จุรีพร ขันติปกรณ์กุล และธงชัย สุวรรณสิชณน์

ผลของเวลาในการลวกและอุณหภูมิในการอบแห้งที่มีต่อคุณสมบัติทางด้านโครงสร้างจุลภาคและ 335
ความข้นหนืดของแป้งฟักทอง
ปิติพร ฤทธิเรืองเดช จุรีพร ขันติปกรณ์กุล และน้ำผึ้ง รุ่งเรือง

การประยุกต์ใช้เฮอร์เดิลเทคโนโลยีในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกปลาร้า 342
ปวีนา น้อยทัพ กติกา ไผ่พงเจริญ กิดานันท์ ขุนพิลึก สุวัจ วรรณเวช อรพรรณ ยอดแคล้ว
และจิราภรณ์ สอดจิตร์

การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 349
พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ก่อนและหลังหุงต้ม
คุณากร ขัติศรี ปวีนา น้อยทัพ อาภรณ์ จรัญรัตนศรี สุพัตรา สุวรรณธาดา
และเหรียญทอง สิงห์จานุสงค์

สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนผลิตไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์จากน้ำมันปาล์มในภาคใต้ 355
ของประเทศไทย : กรณีศึกษาจังหวัดกระบี่และตรัง
ปุรวิชญ์ พิทยาภินันท์ และอยุทธ์ นิสสภา

การฟื้นฟูพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณเขตชายฝั่งทะเลจังหวัดระนอง 362
ภูวดล โดยดี

การเปลี่ยนแปลงความเข้มของกลิ่นในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 หลังการหุงต้มและเก็บไว้ในบรรจุภัณฑ์และเวลาที่ต่างกัน

Changes in odour intensity in Phitsanulok2 rice after cooking and keeping in different packages and storage times

คุณากร ขัติศรี[1] ปวีนา น้อยทัพ[1] อาภรณ์ จรัญรัตนศรี[2] สุพัตรา สุวรรณธาดา[3] และ เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์[1*]
Kunakorn Katsri[1], Paweena Noitup[1], Arporn Jarunrattanasri[2], Supattra Suwannatada[3] and Riantong Singanusong[1*]

Abstract

Phitsanulok2 is non-aromatic rice. Addition of aroma from natural extract such as pandan odour would be one option for odour improvement of Phitsanulok2 rice. The objective of this research was to study changes in odour intensity in Phitsanulok2 rice after cooking and stored in polypropylene plastic bag (PP) and microwaveable plastic box (Polyethylene Terephthalate, PET) at refrigerated temperature (4-8^{o}C) for 12 h using 10 trained panelists and qualitative descriptive method (Line scale). It was found that the proposed attributes from the panelists were pandan odour, old aged odour, boiled egg odour and glutinous rice odour. The odour intensity decreased significantly ($p \leq 0.05$) with increased storage time. The persistant time for pandan odour was 4 h for rice that packed in polypropylene plastic bag and 8 h for those packed in microwaveable plastic box. For each tasting time, the intensity of each odour in the cooked Phitsanulok2 rice that packed in both packages was not significantly different ($p > 0.05$).

Keywords: pandan odour, Phitsanulok2 rice, intensity

บทคัดย่อ

ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 เป็นข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอม การเติมกลิ่นหอมโดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติ เช่น กลิ่นใบเตย จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการปรับปรุงกลิ่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มของกลิ่นในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 หลังการหุงต้มและเก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (PP) และกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้ (โพลิเอทิลีน เทเรพทาเลต, PET) ที่อุณหภูมิตู้เย็น (4-8^{o}C) นาน 12 ชั่วโมง โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน และใช้วิธีการทดสอบแบบพรรณนา (Line scale) พบว่าคุณลักษณะที่ผู้ทดสอบเสนอ คือ กลิ่นใบเตย กลิ่นสาบ กลิ่นไข่ต้ม และกลิ่นข้าวเหนียว ความเข้มของกลิ่นที่ทดสอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นระยะเวลาที่ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ยังคงกลิ่นใบเตย คือ นาน 4 ชั่วโมงสำหรับข้าวที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน และ 8 ชั่วโมงสำหรับข้าวที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้ โดยในแต่ละระยะเวลาที่ทดสอบความเข้มของแต่ละกลิ่นในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่บรรจุในภาชนะทั้ง 2 แบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: กลิ่นใบเตย ข้าวพิษณุโลก2 ความเข้ม

[1]ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
[2]สำนักวิชาเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000
[3]ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อ.วังทอง จ.พิษณุโลก 65130
* Corresponding author; e-mail: riantongs@nu.ac.th

คำนำ

ปัจจุบันความนิยมบริโภคข้าวหอมเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งภายในและต่างประเทศ เนื่องจากปริมาณการผลิตและส่งออกข้าวหอมที่เพิ่มขึ้น โดยข้าวหอมที่ได้รับความนิยมและกล่าวขานกันในการค้าขายคือ ข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นข้าวที่มีลักษณะจำเพาะแตกต่างจากข้าวอื่นๆ อย่างเด่นชัด เช่น มีกลิ่นหอมและเมล็ดข้าวสุกนุ่ม พันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดังกล่าวคือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และ กข15 (ปริมาณอะไมโลส 12 – 18%) (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ข้าวทั้งสองพันธุ์นี้เป็นข้าวไวต่อช่วงแสง ปลูกได้เฉพาะในฤดูนาปีและผลผลิตค่อนข้างต่ำ แต่ละปีจะมีผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ105 ประมาณ 3.1 – 4.0 ล้านตันข้าวเปลือก ซึ่งอาจนำมาแปรรูปเป็นข้าวขาวได้ประมาณ 2.0 – 2.6 ล้านตัน ในส่วนนี้จะเป็นข้าวหักจำนวนหนึ่ง ดังนั้นข้าวขาวที่ใช้ในการบริโภคจึงมีปริมาณน้อยกว่านี้ (งามชื่น และคณะ, 2540) ปริมาณการผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ105 จึงไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด การศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อกลิ่นและคุณภาพการสีของข้าวสารมีเป็นจำนวนมาก (Wongpornchai et al., 2004) แต่คุณภาพหลังการหุงต้มโดยเฉพาะด้านกลิ่นยังมีไม่แพร่หลาย ประกอบกับใบเตยมีสารหอมชนิดเดียวกับสารที่ให้กลิ่นหอมในข้าวขาวดอกมะลิ105 นั้นคือ 2-acetyl-1-pyrroline โดยมีมากถึง 10 เท่า (An and Norbert, 2006) งานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้สารสกัดจากใบเตยสำหรับปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 (ปริมาณอะไมโลส 26 – 34%) (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ซึ่งเป็นข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอม มีลักษณะเมล็ดที่ใกล้เคียงกับข้าวขาวดอกมะลิ105 และมีการเพาะปลูกจำนวนมากในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน ทั้งนี้เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ชอบรับประทานข้าวที่มีกลิ่นหอมและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวที่ใช้ในการวิจัยนี้คือข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 หลังการเก็บเกี่ยวในปี 2550 และขัดสีจากโรงสีไฟสิงหวัฒน์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ทำการสกัดสารที่ให้กลิ่นหอม (2-acetyl-1-pyrroline, 2AP) ในใบเตยที่เก็บจากหอพักคุณพ่อดอกรัก ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยคัดเลือกเฉพาะใบที่แก่จัดนับจากยอดลงมา 3 ใบและเริ่มตัดตั้งแต่ใบที่ 4 ลงมา แล้วนำใบเตยมาล้าง หั่นตามขวางของใบให้ได้ความกว้างประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ชั่งใบเตยที่หั่นฝอย 20 กรัม ลงในขวดก้นกลม จากนั้นเติมน้ำบริสุทธิ์ 200 มิลลิลิตร ต่อชุดกลั่น เปิดเครื่องหล่อเย็น และเพิ่มอุณหภูมิเพื่อให้น้ำในขวดก้นกลมเดือด ใช้ขวดสีชารองรับสารสกัดที่กลั่นออกมาบริเวณปลายตัวควบแน่น (condenser) เก็บสารสกัดที่ได้สำหรับการหุงต้มต่อไป จากนั้นชั่งข้าวสาร 200 กรัม คัดแยกสิ่งปลอมปนออกจากเมล็ดข้าว นำข้าวมาล้างน้ำ 1 ครั้ง รินน้ำออก (ซาวข้าว) เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร และหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เติมสารสกัดจากใบเตย ปริมาตร 50 มิลลิลิตร หลังจากหุงต้มไปแล้ว 9 นาที (Katsri et al., 2008) จะได้ข้าวสวยหุงสุกพร้อมทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยเก็บรักษาข้าวไว้ในสองบรรจุภัณฑ์คือ 1) ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน และ 2) กล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้ จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น (4-8°C) นาน 12 ชั่วโมง โดยทุกๆ หนึ่งชั่วโมงนำข้าวมาอุ่นก่อนทดสอบชิมดังนี้ ข้าวที่บรรจุถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนอุ่นโดยหม้อหุงข้าวและข้าวที่บรรจุกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้อุ่นโดยเตาไมโครเวฟ จากนั้นทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (Qualitative descriptive method) แบบ Line scale โดย 0 คือ อ่อน 7 คือ ปานกลาง และ 15 คือ เข้ม ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ซึ่งได้เสนอคำศัพท์เฉพาะ (Table 1) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Table 1 The definitions and reference samples for each odour attributes of the cooked Phitsanulok2 rice

Odour	Definitions	Reference sample		
		weak	moderate	strong
Pandan	The odour intensity of the cooked rice with pandan odour	Shredded pandan leaves 5 g	Shredded pandan leaves 10 g	Shredded pandan leaves 15 g
Old aged	The odour intensity of the cooked rice with old aged odour	Chai Nat1 milled rice kept for 6 months 10 g	Chai Nat1 milled rice kept for 6 months 30 g	Chai Nat1 milled rice kept for 6 months 50 g
Boiled egg	The odour intensity of the cooked rice with boiled agg odour	Boiled agg 5 g	Boiled agg 10 g	Boiled agg 15 g
Glutinous rice	The odour intensity of the cooked rice with glutinous rice odour	Steam glutinous rice 5 g	Steam glutinous rice 10 g	Steam glutinous rice 15 g

ผล

จากผลการทดสอบพบว่า กลิ่นใบเตย (pandan) กลิ่นสาบ (old aged) กลิ่นไข่ต้ม (boiled egg) และกลิ่นข้าวเหนียว (glutinous rice) ของข้าวที่บรรจุถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นโดยกลิ่นใบเตยนั้นมีค่าลดลงจนถึงระดับที่สามารถได้กลิ่นในระยะเวลา 4 ชั่วโมง (Table 2, Figure 1) จากนั้นกลิ่นจางลงไปจนกระทั่งผ่านไป 12 ชั่วโมง

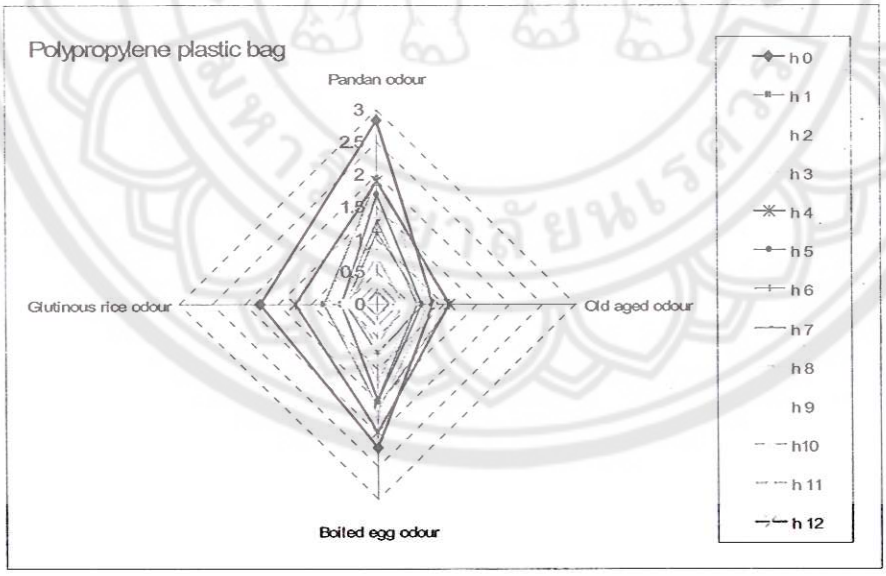


Figure 1. The odour profiles of the cooked Phitsanulok2 rice packed in polypropylene plastic bag.

ผู้ประเมินให้ระดับความเข้มเริ่มต้นของคุณลักษณะทั้ง 4 กลิ่น ของข้าวที่บรรจุกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้ดังนี้ กลิ่นใบเตย กลิ่นสาบ กลิ่นไข่ต้ม และกลิ่นข้าวเหนียว คือ 2.82 0.84 2.19 และ 1.77 ตามลำดับ และความเข้มของกลิ่นใบเตยค่อนข้างคงที่ในชั่วโมงที่ 0 - 5 เช่นเดียวกับกลิ่นไข่ต้ม แต่กลิ่นสาบ และกลิ่นข้าวเหนียวมีแนวโน้มลดลงจากชั่วโมงที่ 0 -12 (Table 2, Figure 2)

Table 2 Comparison of odour intensity scores for tasting of the cooked Phitsanulok2 rice that kept in polypropylene plastic bag (PP) and microwaveable plastic box (PET)

Storage time (h)	Pandan odour		Old aged odour		Boiled egg odour		Glutinous rice odour	
	PP	PET	PP	PET	PP	PET	PP	PET
0*	2.82^{a}±1.75	2.82^{a}±1.75	0.84^{ab}±0.75	0.84^{abcd}±0.75	2.19^{a}±2.78	2.19^{abc}±2.78	1.77^{a}±2.01	1.77^{a}±2.01
1*	1.92^{ab}±1.28	2.79^{a}±1.46	1.09^{a}±0.35	1.40^{a}±0.99	1.58^{abce}±1.21	2.46^{a}±1.54	0.81^{ab}±1.08	1.46^{ab}±1.68
2*	1.90^{ab}±1.00	2.55^{ab}±1.46	0.86^{ab}±0.51	1.14^{ab}±1.17	1.57^{abcd}±1.33	2.15^{abc}±1.12	0.71^{b}±0.67	1.39^{abc}±1.38
3*	2.02^{ab}±1.25	2.12^{abc}±1.48	0.76^{ab}±0.69	1.08^{abc}±1.03	1.69^{abc}±1.42	2.04^{abc}±1.14	0.75^{b}±1.01	0.74^{abc}±0.80
4*	1.90^{ab}±1.60	1.88^{abcd}±1.54	1.08^{a}±1.59	1.30^{a}±1.63	1.95^{ab}±1.76	2.50^{a}±2.33	1.24^{ab}±2.15	1.38^{abc}±1.89
5*	1.68^{bc}±1.20	2.22^{abc}±1.64	0.65^{ab}±0.81	1.38^{abcd}±0.81	1.49^{abcd}±1.69	2.39^{ab}±2.09	0.55^{b}±0.64	1.02^{abc}±1..34
6*	1.11^{bcde}±0.90	1.43^{bcde}±1.15	0.68^{ab}±0.75	0.61^{bcd}±0.59	0.76^{abcd}±0.83	1.38^{abcd}±1.23	0.48^{b}±0.62	1.02^{abc}±1.54
7*	1.28^{bcde}±1.14	1.73^{abcd}±1.46	0.59^{ab}±0.93	0.60^{abcd}±0.93	1.44^{abcd}±1.50	1.29^{abcd}±1.24	0.55^{b}±0.74	0.59^{abc}±0.91
8*	1.31^{bcd}±1.04	1.89^{abcd}±1.31	0.57^{ab}±0.74	0.25^{cd}±0.24	1.19^{abcd}±1.44	0.89^{bcd}±1.22	0.54^{b}±0.70	0.40^{bc}±0.68
9*	0.91^{bcde}±0.82	1.44^{bcde}±1.15	0.46^{ab}±0.61	0.32^{bcd}±0.28	0.85^{abcd}±0.90	1.11^{abcd}±1.28	0.50^{b}±0.71	0.58^{abc}±0.88
10*	0.73^{cde}±0.62	0.96^{cde}±0.76	0.39^{ab}±0.41	0.24^{cd}±0.18	0.63^{bcd}±0.77	0.65^{cd}±0.69	0.47^{b}±0.62	0.32^{bc}±0.38
11*	0.34^{de}±0.25	0.62^{de}±0.48	0.30^{ab}±0.32	0.18^{d}±0.10	0.33^{cd}±0.33	0.29^{d}±0.20	0.34^{b}±0.42	0.21^{bc}±0.18
12*	0.19^{e}±0.12	0.37^{e}±0.31	0.19^{b}±0.17	0.14^{d}±0.07	0.16^{d}±0.13	0.14^{d}±0.07	0.21^{b}±0.16	0.13^{c}±0.07

a-e Means in the column with different superscripts are significantly different ($P \leq 0.05$)

* Means in the same row for each odour attribute are not significantly different ($P > 0.05$)

Line scale: 0 = weak, 7 = moderate and 15 = strong

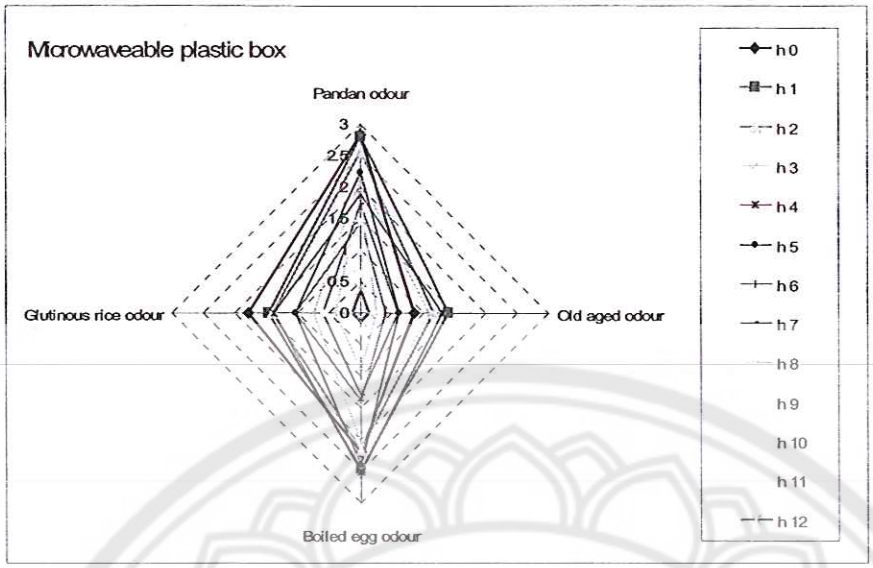


Figure 2. The odour profiles of the cooked Phitsanulok2 rice packed in microwaveable plastic box.

วิจารณ์ผล

ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ได้เสนอคำศัพท์เฉพาะสำหรับการทดสอบคุณภาพข้าวหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ด้านกลิ่นไว้ 4 คุณลักษณะดังนี้ กลิ่นใบเตย กลิ่นสาบ กลิ่นไข่ต้ม และกลิ่นข้าวเหนียว (Table 1) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวหุงสุกที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Table 2) ผู้ประเมินสามารถบอกลักษณะเด่นได้ว่าข้าวหุงสุกมีกลิ่นใบเตยที่เข้มในชั่วโมงที่ 0-4 โดยหลังจากนี้พบว่าผู้ประเมินให้ระดับความเข้มของกลิ่นใบเตยที่มีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตามผู้ประเมินมีความรู้สึกในแง่ลบทางด้านกลิ่นสาบ กลิ่นไข่ต้ม และกลิ่นข้าวเหนียวในชั่วโมงที่ 0-4 เมื่อพิจารณาชั่วโมงที่ 5-8 พบว่าในข้าวสุกยังคงมีกลิ่นหอมของใบเตย และหลังจากชั่วโมงที่ 8 กลิ่นใบเตยเริ่มลดลง กลิ่นสาบในข้าวสุกมีน้อย ส่วนกลิ่นไข่ต้มนั้นมีมากในชั่วโมงที่ 1-5 คุณภาพด้านกลิ่นของข้าวหุงสุกนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอุณหภูมิในการหุงต้ม และกลิ่นหอมของข้าวจะปลดปล่อยออกมาอย่างต่อเนื่อง (An and Norbert, 2006) ถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (PP) มีความใสและป้องกันการซึมผ่านก๊าซ ความชื้น ไอน้ำได้ดี ทนความร้อนได้สูง มีจุดหลอมเหลวสูงเหมาะสำหรับบรรจุอาหารขณะร้อน แต่จะเปราะและเป็นสีขาวขุ่นเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 0 องศาเซลเซียส (ปุ่น และ สมพร, 2545)

เมื่อพิจารณาข้าวหุงสุกที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้ (Table 2) พบว่ากลิ่นหอมของใบเตยยังคงปรากฏเด่นชัดเมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 8 ชั่วโมง และยังคงมีกลิ่นไข่ต้มอย่างต่อเนื่องถึงชั่วโมงที่ 7 ส่วนกลิ่นสาบและกลิ่นข้าวเหนียวนั้นหลังจากชั่วโมงที่ 4-5 ปรากฏน้อยลง กล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้หรือโพลิเอทิลีน เทเรพทาเลต (Polyethylene Terephthalate - PET) มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี ทนแรงยืดและแรงกระแทกเสียดสีได้ดี จุดหลอมเหลวสูง สามารถใช้ได้ทั้งเตาอบและเตาไมโครเวฟ (ปุ่น และ สมพร, 2545) จึงเก็บรักษากลิ่นได้ยาวนานกว่าถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน ทั้งนี้กลิ่นใบเตยในข้าวหุงสุกที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้จะมีกลิ่นยาวนานกว่าข้าวหุงสุกที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนเนื่องจากวิธีการนำข้าวสวยมาอุ่น ข้าวหุงสุกที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้จะนำเข้าอุ่นในไมโครเวฟโดยตรงแต่ข้าวหุงสุกที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนจะต้องนำมาเทในหม้อหุงข้าว ซึ่ง กลิ่นใบเตยมีโอกาสสูญเสียไปมากกว่า นอกจากนี้ กลิ่นใบเตยสามารถสูญสลายไปได้ด้วยกลไกต่าง ๆ เช่น การถูกทำลายหรือการแพร่กระจายสู่ภายนอก การเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ และไม่คงตัวเมื่อสัมผัสความร้อน (An and Norbert, 2006) ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บรักษาเป็นผลมาจากปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาของการเก็บรักษา จึงทำให้คุณภาพหลังการหุงต้มของข้าวแต่ละพันธุ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแตกต่างกันไป (จิรศักดิ์ และคณะ, 2547) การเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิดของแต่ละกลิ่น พบว่าในแต่ละชั่วโมงทุกกลิ่นของข้าวที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด โพลีโพรพิลีนไม่มีความแตกต่างจากข้าวที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุป

การประยุกต์ใช้สารสกัดจากใบเตยในข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ในระหว่างการหุงเป็นการเพิ่มกลิ่นหอมในข้าว เมื่อนำข้าวหุงสุกมาบรรจุถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน และกล่องพลาสติกชนิดเข้าไมโครเวฟแล้วเก็บไว้ในตู้เย็น (อุณหภูมิประมาณ 4-8^{o}C) จะช่วยรักษากลิ่นหอมได้นาน 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2552 ขอขอบคุณหอพักคุณพ่อดอกรัก ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก สำหรับใบเตย โรงสีไฟสิงหวัฒน์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก สำหรับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2545). คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. กรุงเทพ: จิรวัฒน์เอ็กเพรส.

กรมวิชาการเกษตร. (2547). คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรุงเทพ: จิรวัฒน์เอ็กเพรส.

งามชื่น คงศรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน และพูลสรี สว่างจิต. (2540). คุณภาพข้าวสุกจากการผสมข้าวชัยนาท1 และ กข23 ในขาวดอกมะลิ105. สถาบันวิจัยข้าว. 126-137.

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

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. (2545). บรรจุภัณฑ์อาหาร. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมและสมาคมการบรรจุไทย. 63-65.

An, A. and Norbert, D.K. (2006). Chemistry of 2-Acetyl-1-pyroline, 6-Acetyl-1,2,3,4-tetrahydropyridine, 2-Acetyl-2-thtazoline, and 5-Acetyl-2,3-dihydro-4*H*-thaizine: Extraordinary Maillard Flavor Compounds. Chem. Rev.,106, 2299-2319.

Katsri, K., Noitup, P., Jarunrattanasri A. and Singanusong R. (2008). Extraction and properties of 2-acetyl-1-pyroline from pandan leaves and its application in cooking of Chai Nat 1 and Phitsanulok 2 rice. Food Innovation Asia conference 2008, 48.

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.

การศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี เคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ก่อนและหลังหุงต้ม

The study of physical, chemical, physicochemical and microbiological properties of Khao Dawk Mali105, Phitsanulok2 and Chai Nat1 rice before and after cooking

คุณากร ขัติศรี[1] ปวีนา น้อยทัพ[1] อาภรณ์ จรัญรัตนศรี[2] สุพัตรา สุวรรณธาดา[3] และ เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์[1*]

Kunakorn Katsri[1], Paweena Noitup[1], Arporn Jarunrattanasri[2], Supattra Suwannatada[3] and Riantong Singanusong[1*]

Abstract

The objective of this research was to study physical (grain length, grain elongation, cooking time, volume expansion and water uptake), chemical (moisture, amylose and protein content) physicochemical (alkali spreading value, gelatinization temperature and gel consistency) and microbiological (total plate count and yeast and mould count) properties of Khao Dawk Mali105, Phitsanulok2 and Chai Nat1 rice both before and after cooking. It was found that before cooking of Khao Dawk Mali105, Phitsanulok2 and Chai Nat1 rice, their grain length were 7.08, 7.69 and 7.23 mm; moisture content 12.24, 10.87 and 10.62%; alkali spreading value 6.96, 5.70 and 4.90; amylose content 15.15, 26.22 and 27.28%; protein content 6.63, 7.80 and 7.83%; gelatinization temperature 65.15, 68.85 and 74.50 ^{o}C; gel consistency 94, 37 and 41 mm; total plate count all < 10 CFU/g and yeast and mould count $5x10^{2}$, $4x10^{3}$ and $2x10^{2}$ CFU/g, respectively. Quality after cooking of Khao Dawk Mali105, Phitsanulok2 and Chai Nat1 rice, their grain length were 13.28, 12.43 and 12.78 mm; grain elongation 1.88, 1.62 and 1.76 mm; cooking time 15, 19 and 24 min; volume expansion 335, 245.58 and 296.82 mL.; water uptake 165.75, 124.51 and 125.89%; protein content 3.07, 3.71 and 3.68%; total plate count all <10 CFU/g and yeast and mould count $1.95x10^{2}$, $3x10^{3}$ and $1.5x10^{2}$ CFU/g, respectively.

Keywords: Khao Dawk Mali105, Phitsanulok2, Chai Nat1

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ (ความยาวของเมล็ด การยืดตัวด้านยาวของเมล็ด ระยะเวลาการหุงสุก การขยายปริมาตร และการดูดน้ำ) เคมี (ปริมาณความชื้น อะไมโลส และโปรตีน) เคมีกายภาพ (การสลายตัวในด่าง อุณหภูมิแป้งสุก และความคงตัวของแป้งสุก) และจุลินทรีย์ (จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา) ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ทั้งก่อนและหลังการหุงต้ม พบว่าก่อนการหุงต้มข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 มีความยาวของเมล็ด 7.08 7.69 และ 7.23 ซม. ความชื้น 12.24 10.87 และ10.62% การสลายตัวในด่าง 6.96 5.70 และ 4.90 ปริมาณอะไมโลส 15.15 26.22 และ 27.28% ปริมาณโปรตีน 6.63 7.80 และ 7.83% อุณหภูมิแป้งสุก 65.15, 68.85 และ 74.50 ^{o}C ความคงตัวของแป้งสุก 94 37 และ 41 มม. จุลินทรีย์ทั้งหมด <10CFU/g ยีสต์และรา $5x10^{2}$, $4x10^{3}$ และ $2x10^{2}$ CFU/g ตามลำดับ คุณภาพหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 คือ ความยาวของเมล็ด 13.28 12.43 และ 12.78 มม. การยืดตัวด้านยาวของเมล็ด 1.88 1.62 และ 1.76 มม. ระยะเวลาการหุงสุก 15 19 และ 24 นาที การขยายปริมาตร 335 245.58 และ 296.82 มล. การดูดน้ำ 165.75 124.51 และ 125.89% ปริมาณโปรตีน 3.07 3.71 และ 3.68% จุลินทรีย์ทั้งหมด <10CFU/g ยีสต์และรา $1.95x10^{2}$ $3x10^{3}$ และ $1.5x10^{2}$ CFU/g ตามลำดับ

คำสำคัญ : ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 ชัยนาท1

[1] ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

[2] สำนักวิชาเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

[3] ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อ.วังทอง จ.พิษณุโลก 65130

* Corresponding author; e-mail: riantongs@nu.ac.th

คำนำ

ในแต่ละปีประเทศไทยมีการผลิตข้าวหลายชนิดทั้งนี้เพราะมีพื้นที่เพาะปลูกมากและสภาพแวดล้อมแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกัน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ซึ่งในการจำแนกประเภทของข้าวนั้นมีหลายวิธี เช่น แบ่งตามประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ดข้าวสาร สภาพพื้นที่ปลูก อายุการเก็บเกี่ยว ลักษณะความไวต่อแสง รูปร่างและขนาดของเมล็ดข้าวสาร และฤดูปลูก (สุพัตรา, 2550) ในการจำแนกดังกล่าวนั้นเป็นการจำแนกตามลักษณะปัจจัยภายนอกของข้าว ยังมีอีกหนึ่งการจำแนกที่จะแบ่งประเภทของข้าวเพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างที่ชัดเจนยิ่งขึ้นนั้นคือการจำแนกตามคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบองค์ประกอบภายในเมล็ดข้าว ข้าวทุกชนิดสามารถทำผลิตภัณฑ์และแปรรูปได้ เช่น ข้าวเหนียวและข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นขนมพองกรอบ ข้าวอะไมโลสปานกลางเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นข้าวกึ่งสำเร็จรูปและข้าวกระป๋อง ข้าวอะไมโลสสูงเหมาะสำหรับแปรรูปเป็นแป้งทำขนมและผลิตภัณฑ์เส้น สำหรับข้าวที่มีอะไมโลสสูงเป็นข้าวที่มีการแปรรูปมากที่สุดและเกิดปัญหากับผู้ประกอบการ เนื่องจากถึงแม้จะเป็นข้าวอะไมโลสสูงเหมือนกันแต่คุณสมบัติในการดูดน้ำของเม็ดแป้งและการแตกของเม็ดแป้งไม่เท่ากันและค่าความคงตัวของแป้ง (consistency) ซึ่งเป็นค่าหนึ่งที่บอกถึงความแข็งและความเหนียวของแป้งก็ไม่เท่ากัน คุณสมบัติเหล่านี้เป็นตัวบ่งชี้ว่าข้าวนั้นเหมาะสมในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อะไร (สุพัตรา, 2550) การทราบข้อมูลพื้นฐานของข้าวในแต่ละพันธุ์ทำให้สามารถเลือกใช้พันธุ์ข้าวได้เหมาะสมกับความต้องการโดยจะประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติด้านกายภาพ เคมีและเคมีกายภาพของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ข้าวที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้คือข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ที่เก็บเกี่ยวในฤดูเดียวกันและขัดสีจากโรงสีไฟสิงหวัฒน์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
2. นำข้าวทั้งสามพันธุ์มาคัดแยกสิ่งปลอมปนออก จากนั้นนำข้าวไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ทั้งก่อนและหลังการหุงต้มดังนี้
   - 2.1 *ด้านกายภาพ* ความยาวของเมล็ด สี การยืดตัวด้านยาวของเมล็ด ระยะเวลาการหุงสุก ปริมาตรที่เพิ่มขึ้นและการดูดน้ำ (Gujral and Kumar, 2003; Dipti, et al., 2002)
   - 2.2 *ด้านเคมี* ปริมาณความชื้น อะไมโลส และโปรตีน (AOAC, 1990)
   - 2.3 *ด้านเคมีกายภาพ* การสลายตัวในด่าง อุณหภูมิของแป้งสุก ความคงตัวของแป้งสุก (กรมวิชาเกษตร, 2545)
   - 2.4 *ด้านจุลินทรีย์* จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (AOAC, 1990)

ผล

คุณภาพก่อนการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 แสดงดัง Table 1 โดยข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีความยาวของเมล็ดมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ105 และชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าความสว่างของข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ105 มีความสว่างมากกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณความชื้นและค่าการสลายตัวในด่างของข้าวขาวดอกมะลิ105 มีปริมาณที่มากกว่าข้าวพิษณุโลก2 และชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณอะไมโลสของข้าวชัยนาท1 สูงกว่าข้าวทั้งสองพันธุ์ ($P \leq 0.05$) โดยที่ปริมาณโปรตีนของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 สูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อุณหภูมิแป้งสุกของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 สูงกว่าข้าวทั้งสองพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และความคงตัวของแป้งสุกในข้าวขาวดอกมะลิ105 มีค่ามากกว่าข้าวพิษณุโลก2 และชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (Table 1) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีค่า <10CFU/g ส่วปริมาณยีสต์และราพบในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 น้อยกว่าในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพันธุ์พิษณุโลก2

Table 1 Physical, Chemical, Physicochemical and microbiological properties of three varities of rice before cooking

Properties	Varieties of rice		
	Khao Dawk Mali105	Phitsanulok2	Chai Nat1
Physical			
Length (cm)	7.08^{b}±0.13	7.69^{a}±0.20	7.23^{b}±0.23
Colour			
L*	76.93^{a}±0.02	74.83^{c}±0.13	75.31^{b}±0.10
a*	-0.41^{b}±0.18	0.24^{a}±0.25	0.36^{a}±0.28
b*	20.08^{b}±0.05	19.47^{c}±0.22	21.46^{a}±0.07
Chemical			
Moisture content (%)	12.24^{a}±0.07	10.87^{b}±0.1	10.62^{c}±0.08
Alkali spreading value	6.96^{a}±0.07	5.70^{b}±0.50	4.90^{c}±0.11
Amylose content (%)	15.15^{c}±0.14	26.22^{b}±0.32	27.28^{a}±0.03
Protein content (%)	6.63^{b}±0.80	7.80^{a}±0.10	7.83^{a}±0.12
Physicochemical			
Pasting properties			
GT(^{o}C)	65.15^{b}±2.33	68.85^{b}±0.07	74.5^{a}±0.84
BD(BU)	655^{a}±21.21	190^{b}±0.00	105^{c}±7.07
CC(BU)	275^{c}±0.00	595^{b}±7.07	765^{a}±7.07
SB(BU)	-375^{c}±21.21	405^{b}±7.07	660^{a}±14.14
Gel consistency (mm)	94^{a}±1	41^{b}±1	37^{c}±1
Microbiological			
Total plate count	<10CFU/g	<10CFU/g	<10CFU/g
Yeast and mold	5x10^{2} CFU/g	4x10^{3} CFU/g	2x10^{2} CFU/g

GT=Gelatinization temperature, BD=Breakdown value, SB=Setback value, CC=Consistency

Mean in the row with different superscripts are significantly different ($P \leq 0.05$)

คุณภาพหลังการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 แสดงดัง Table 2 ความยาวของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ105 มีค่าไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีความยาวเมล็ดมากกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีค่าความสว่างมากกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ใช้ระยะเวลาการหุงสุกนานกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และพิษณุโลก2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ข้าวขาวดอกมะลิ105 มีปริมาตรที่เพิ่มขึ้นและปริมาณการดูดน้ำมากกว่าข้าวพิษณุโลก2 และชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณโปรตีนในข้าวขาวดอกมะลิ105 มีค่าน้อยกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2

และชัยนาท1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จำนวนเชื้อทั้งหมดของข้าวทั้งสามพันธุ์น้อยกว่า 10CFU/g และข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีปริมาณยีสต์และรา มากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และชัยนาท1

Table 2 Physical, Chemical, Physicochemical and microbiological properties of three varities of rice after cooking

Properties	Varieties of rices		
	Khao Dawk Mali105	Phitsanulok2	Chai Nat1
Physical			
Length (cm)	$13.28^{a}\pm1.13$	$12.43^{b}\pm0.50$	$12.78^{ab}\pm0.83$
Elongation (%)	$1.88^{a}\pm0.1$	$1.62^{c}\pm0.3$	$1.76^{b}\pm0.2$
Cooking time (min)	$15^{c}\pm1$	$19^{b}\pm1$	$24^{a}\pm1$
Volume expansion (ml.)	$335.48^{a}\pm3.10$	$245.58^{c}\pm2.80$	$296.82^{b}\pm3.01$
Water uptake (%)	$165.75^{a}\pm2.90$	$124.51^{b}\pm2.65$	$125.89^{b}\pm2.78$
Colour			
L*	$80.87^{b}\pm0.12$	$78.29^{c}\pm0.10$	$82.87^{a}\pm0.07$
a*	$0.13^{a}\pm0.25$	$0.15^{b}\pm0.24$	$-0.08^{a}\pm0.05$
b*	$6.65^{b}\pm0.17$	$8.13^{a}\pm0.05$	$8.24^{a}\pm0.08$
Chemical			
Protein content (%)	$3.07^{b}\pm0.11$	$3.71^{a}\pm0.07$	$3.68^{a}\pm0.05$
Microbiological			
Total plate count	<10CFU/g	<10CFU/g	<10CFU/g
Yeast and mold	1.95×10^{2} CFU/g	3×10^{3} CFU/g	1.5×10^{2} CFU/g

Mean in the row with different superscripts are significantly different ($P \leq 0.05$)

วิจารณ์ผล

ปริมาณความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 อยู่ในระดับทั่วไปของข้าวที่ยอมรับว่าปลอดภัยต่อการเก็บรักษาข้าวที่เหมาะสม คือไม่เกิน 13% (อรอนงค์, 2547) ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีคุณภาพที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาปริมาณอะไมโลส (Table 1) พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีปริมาณอะไมโลสสูงที่สุด (27.28%) รองลงมาคือ พิษณุโลก2 (26.22%) และข้าวขาวดอกมะลิ105 (15.15%) จากปริมาณอะไมโลสดังกล่าวแสดง ให้เห็นว่าข้าวขาวดอกมะลิ105 เป็นข้าวอ่อน (ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส 10-19%) ส่วนข้าวพิษณุโลก2 และชัยนาท1 นั้นเป็น ข้าวแข็ง (ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส 26-34%) (กรมวิชาการเกษตร, 2547) องค์ประกอบของแป้งที่ต่างกันทำให้คุณภาพข้าวหลังการหุงต้มต่างกัน โดยที่ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะเกิดการเพิ่มแรงเกาะกันระหว่าง micelle ซึ่งจะยับยั้งการพองตัวของผลึกแป้ง ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ปริมาณโปรตีนมีผลต่อระยะเวลาการหุงเนื่องจากโปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ดังนั้นระยะเวลาการหุงสุกของข้าวขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 จึงต่างกันคือ 15 19 และ 24 นาที ตามลำดับ และคุณภาพด้านเคมีกายภาพเป็นอีกหนึ่งตัวบ่งชี้คุณภาพข้าว เช่น ความหนืดของแป้งสุขที่สามารถอธิบายคุณสมบัติโดยรวมของข้าวได้ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิที่แป้งสุก (GT) การแตกสลายของแป้งเมื่อต้มสุก (BD) ซึ่งจะช่วยลดความแข็งของข้าวสุกลง (กรมวิชาการเกษตร, 2547) การคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงของข้าว

เมื่อเย็นลง (CC) โดยค่าสูงแสดงว่าข้าวมีความแข็งกระด้างมาก (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ซึ่งข้าวขาวดอกมะลิ105 มีค่าที่ต่ำคือ 275 BU ส่วนข้าวอีกสองพันธุ์มีค่าที่สูงคือ 595 และ 765 BU จึงคาดคะเนได้ว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 มีความแข็งกว่าข้าวขาวดอกมะลิ105 ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีความแข็งกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และการคาดคะเนความแข็งกระด้างของข้าวสุก (SB) จะสอดคล้องกับค่า CC โดยถ้าค่าบวกมากข้าวสุกจะแข็งมาก ถ้าค่าบวกน้อยข้าวสุกจะอ่อน และถ้าค่าติดลบแสดงว่าข้าวจะนุ่มเหนียว (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ดังนั้นข้าวขาวดอกมะลิ105 ที่หุงสุกจึงมีความเหนียวนุ่ม ส่วนข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ที่หุงสุกมีความแข็งมากกว่า คุณสมบัติด้านเคมีกายภาพอีกหนึ่งอย่างที่บ่งบอกคุณภาพข้าว คือ ความคงตัวของแป้งสุกโดยจะวัดระยะทางที่น้ำแป้งไหล (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ซึ่งระยะทางที่น้ำแป้งของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ไหล มีค่าสอดคล้องกับค่าที่รายงานโดย กรมวิชาการเกษตร (2547) ซึ่งพบว่าระยะทางที่น้ำแป้งไหลของข้าวขาวดอกมะลิ105 อยู่ในช่วง 61-100 มิลลิเมตร ดังนั้นความคงตัวของแป้งสุกจะอ่อน ส่วนระยะทางที่น้ำแป้งของข้าวพิษณุโลก2 ไหล อยู่ในช่วง 41-60 มิลลิเมตร ดังนั้น ความคงตัวของแป้งสุกอยู่ในระดับปานกลาง และระยะทางที่น้ำแป้งของข้าวชัยนาท1 ไหล อยู่ในช่วง 25-40 มิลลิเมตร ดังนั้นความคงตัวของแป้งสุกจะแข็ง เนื่องจากข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติของแป้งที่ต่างกันจึงทำให้คุณภาพข้าวหลังการหุงต้มต่างกัน (Table 2) โดยข้าวขาวดอกมะลิ105 ใช้เวลาในการหุงสุก 15 นาที ซึ่งใช้เวลาสั้นกว่าข้าวพิษณุโลก2 และชัยนาท1 ที่ใช้เวลา 19 และ 24 นาที ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ105 มีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าข้าวอีกสองชนิดและเป็นข้าวอ่อนนั้นเอง สำหรับเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำจะมีค่าแปรผันตามค่าปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2547) กล่าวคือ ข้าวขาวดอกมะลิ105 มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำมากจึงมีค่าปริมาตรที่เพิ่มขึ้นมากตามไปด้วยและมีค่าลดลงในข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพิษณุโลก2 ผลการทดสอบด้านจุลินทรีย์ในข้าวหุงสุกพบว่าปริมาณยีสต์และรา ต่ำกว่าค่าที่พบในข้าวสารทั้งนี้เนื่องจาก อุณหภูมิการหุงมีผลต่อการเหลือรอดของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บรักษาเป็นผลมาจากปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาของการเก็บรักษา (จิรศักดิ์และคณะ, 2547) จึงทำให้คุณภาพหลังการหุงต้มของข้าวแต่ละพันธุ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแตกต่างกันไป

สรุป

สมบัติทางเคมี กายภาพ เคมีกายภาพ และจุลินทรีย์เป็นปัจจัยที่ใช้สำหรับการบ่งบอกคุณภาพของข้าง เช่นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำดังนั้นคุณภาพหลังการหุงต้มด้านเนื้อสัมผัสจึงมีความเหนียวนุ่มมากกว่าข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 และชัยนาท1 ที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ทำให้คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสหลังการหุงต้มที่แข็งกว่าซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวสามารถใช้เป็นแนวทางในการนำข้าวพันธุ์ต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2552 ขอขอบคุณโรงสีไฟสิงหวัฒน์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พิษณุโลก2 และชัยนาท1

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2545). คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. กรุงเทพ: จิรวัฒน์เอ็กเพรส.

กรมวิชาการเกษตร. (2547). คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรุงเทพ: จิรวัฒน์เอ็กเพรส.

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

สุพัตรา สุวรรณธาดา. (2550). คุณภาพข้าวเพื่อการแปรรูป. ข้อเสนอแนวความคิดเพื่อพัฒนางานให้มีประสิทธิภาพ. ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก. 22 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2547). ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 366 หน้า.

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

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.

Odor Improvement After Cooking of Chai Nat1 Rice by Addition of Pandan Leave Extract

Riantong Sinaganusong[1*], Kunakorn Katsri[1], Paweena Noitup[1], and Supattra Suwannatada[2]
[1]Department of Agro-Industry. Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment.
Naresuan University, Muang, Phitsanulok, 65000
[2]Phitsanulok Rice Research Center, Wangthong, Phitsanulok, 65130
*Corresponding author e-mail: riantongs@nu.ac.th

Abstract
Chai Nat1 is non-glutinous and non-aromatic rice. Addition of aroma from natural extract such as pandan odor would be optional for odor improvement of Chai Nat1 rice. The objective of this research was to study the suitable adding time and amount of pandan leave extract to Chai Nat1 rice during cooking in order to improve its odor and to study changes in odor intensity in cooked Chai Nat1 rice after addition of pandan leave extract during cooking and storage of cooked Chai Nat1 rice in polypropylene plastic bag and microwaveable plastic box at refrigerated temperature (4-8°C) for 12 h. It was found that the proposed odor attributes from the trained panelists were pandan odor, old aged odor, boiled egg odor and glutinous rice odor. The suitable adding time for pandan leave extract during cooking of Chai Nat1 rice was 15 min after switching on the rice cooker and the suitable adding amount was 105 mL. The intensity of four odors studied significantly decreased ($P \leq 0.05$) with time of storage. However, after 12 h storage, the pandan odor was still detected for cooked Chai Nat1 rice that packed in both packages. The odor of cooked Chai Nat1 rice could be improved by the addition of pandan leave extract.

Keywords: odor, pandan leave extract, Chai Nat1, rice, 2-acetyl-1-pyrroline (2AP)

1. Introduction

Chai Nat1 (CNTBR82075-43-2-1), a non-glutinous rice, was derived from the cross IR13146-158-1/IR15314-43-2-3-3//BKN6995-16-1-1-2. It is a high yielding photoperiod insensitivity, 119-130 days in maturity, 113 cm height, just exserted panicle, and high nitrogen response. Its grain quality is straw hull colour, long slender grain with slight chalkiness, good milling quality, and high amylose content. It is resistant to major insect pests and diseases in central region of Thailand such as brown planthopper (Nilaparvata lugents), whilebacked planthopper (Sogatella furcifera), ragged stunt virus disease and blast (Pyricularia oryzae). Phitsanulok Rice Research Center therefore submitted CNTBR 82075-43-2-1 to rice Research Institute to be an approved variety as the name Chai Nat1 for solving the insect and disease problems of the farmers in the central region [1]. Rice (Oryza sativa L.) is a major component of the diet of people in many countries. Thailand is the world's second largest rice exporting country. The milling product of greatest commercial importance is scented or aromatic rice. Khao Dawk Mali 105 (KDML) or Jasmine rice is a good example of the native variety which has the specific dominant trait of good jasmine fragrance [2]. The steady increase in aromatic rice consumption and the growing export demand have brought keen interest on scented rice production and flavor improvement of non-aromatic rice. Buttery, Ling, and Juliano [3] found that 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) is the organic volatile compound in cooked aromatic rice. This volatile compound could be a good indicator for identifying fragrance rice from ordinary or non-aromatic rice. It was not found in non-aromatic rice and was present in low concentration in aged KDML rice. However, it is the major volatile compound in pandan (Pandanus amaryllifolius Roxb.) leaves [3]; [4] and could be synthesized by using rhodium on alumina, reducing 2-acetyl pyrrole for 15 h, and hydrolyzing 2-(1-alkyloxyethenyl)-1-pyrroline compound with an acid. Flavor enrichment of non-aromatic rice has been attempted earlier but a successful product has not been obtained [5]. The flavoring agent was either removed or not released or sensed during ingestion of the cooked grain. This research was aimed to improve odor after cooking of Chai Nat1 rice by using extract of pandan leaves which comprised mainly of 2AP.

2. Materials and Methods

2.1 Materials

Pandan leaves were collected from Khun Pho Dok Rak dormitory, Phitsanulok, Thailand. Chai Nat1 polished rice were kindly supported by Shinghawat Electrical Rice Mill, Phitsanulok.

2.2 Extraction of 2-acetyl-1-pyrroline from pandan leaves by water distillation method

Fresh leaves of pandan were collected from the fourth leaves from the top downward, washed by tap water and cross sectional cut to about 1-2 mm. The 20 g of cut leaves were ground and placed in the round flask. Distilled water of 200 mL was added. The round flask was then placed on the heating unit and connected to the condenser which was connected

to the cooling unit. The 120 mL brown vial was connected at the end of the condenser to collect the sample. The heating unit was switched on at 100 °C for 1 h. The extract was used immediately after extraction.

2.3 Application of the extract in cooking of Chai Nat1 rice

2.3.1 The suitable time for adding the extract during cooking Chai Nat1 rice

Chai Nat1 polished rice was hand sorted to remove any defects and weighed 200 g. It was then placed in the rice cooker, washed and rinsed using distilled water. The distilled water of 540 mL was added and the rice cooker was switched on for 24 min. The extract of 50 mL was added at 0, 4, 8, 12, 16 and 20 min of cooking time. The cooked rice was kept at room temperature for 10 min before tasted by 20 untrained panelists using 9-point Hedonic scale method. One suitable adding time was selected.

After obtaining the suitable adding time, the process of cooking was repeated again with the exception of the adding time. Five adding times were used by placing the suitable adding time at the middle and two lower and upper values were selected for the adding of extract during cooking (depending on results). The cooked rice was assessed for its sensory properties. One suitable adding time was selected.

2.3.2 The suitable adding amount of extract for cooking of Chai Nat1 rice

Chai Nat1 polished rice was hand sorted to remove any defects and weighed 200 g. It was then placed in the cooking pot, washed and rinsed with the distilled water. The distilled water of 540, 490, 440 and 390 mL was added and the rice cooker was switched on for 24 min. The extract of 0, 50, 100 and 150 mL was added at the selected suitable adding time (2.3.1). The cooked rice was kept at room temperature before sensory evaluation was carried out. The suitable adding amount of extract was selected.

After obtaining the suitable adding amount of extract for cooking, the process of cooking and adding the amount of extract for cooking was repeated again with the exception of the adding amount of extract. Five amounts of extract were used by placing the suitable amount of extract from part 3.2 at the middle and two lower and upper values were selected for the adding amount of extract during cooking (depending on results). The cooked rice was assessed for its sensory properties. One suitable adding amount of extract was selected.

2.3.3 The sensory evaluation of cooked Chai Nat1

After cooking of Chai Nat1 rice following the procedures described in parts 3.1 and 3.2, the cooked rice was allowed to warm down at room temperature for approximately 10 min. Then, 20 g of cooked rice was placed in 100 mL glass bottles and tightly covered with the aluminium foil. The samples were served with tooth stick for making holes for odor testing. The 9-point Hedonic scale and 20 untrained panelists were used for the sensory test where 1 = dislike extremely, 2 = dislike very much, 3= dislike moderately, 4 = dislike slightly, 5 = neither like nor dislike, 6 = like slightly, 7 = like moderately, 8 = like very much, 9 = like extremely.

2.3.4 Changes in odor intensity of Chai Nat1 rice after cooking and keeping in different packages and at different storage times

Chai Nat1 polished rice was hand sorted to remove any defects and weighed 200 g. It was then placed in the rice cooker, washed and rinsed with distilled water. The distilled water of 540 mL was added and the rice cooker was switched on. The pandan leave extract of 105 mL was added after switching on the rice cooker for 15 min. The cooking was continued upto 20 min. The cooked rice was kept in 2 different packages; polypropylene plastic bag and microwavable PET plastic box. Then it was kept in the refrigerator (4-8°C) for 12 h. The sample was withdrawn every hour for sensory evaluation. The rice was warmed up in the rice cooker for that kept in polypropylene plastic bag and placed in microwave for those kept in microwavable PET plastic box. The sample was present to the trained panelists by using descriptive analysis method with line scale where 0 = weak, 7 = moderate and 15 = strong.

2.3.5 The statistical design

The Completely Randomized Design (CRD) was used for this study. The significant difference of means was analyzed using the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). The experiment was conducted in three replications.

3. Results and Discussion

3.1 Extraction of 2-acetyl-1-pyrroline from pandan leaves by steam distillation method

Extraction of 2AP by the steam distillation using 20 g cut pandan leaves and 200 mL distilled water yielded approximately 120 mL extract which contained 0.002 ppm of 2AP.

3.2 Application of the extract in cooking of Chai Nat1 rice

The proposed odor attributes from training of the panelists were pandan odor, old aged odor, boiled egg odor and glutinous rice odor. The definitions and reference samples of each odor attributes were listed in Table 1.

3.2.1 The suitable time for adding the extract during cooking Chai Nat1 rice

The liking scores in term of odor of cooked Chai Nat1 rice at 12 and 16 min adding time were not significantly difference ($P>0.05$) but were significantly higher ($P\leq0.05$) than that of other adding times (Table 2). Therefore, they were chosen for further determination of suitable adding time of the extract during cooking Chai Nat1 rice. For the second test, the adding time of 15 min showed the significantly highest liking score ($P\leq0.05$). Therefore, the suitable time for adding the extract during cooking

of Chai Nat1 rice was 15 min after switching on the rice cooker.

Table 1. The definitions and reference samples for each odor attributes of the cooked Chai Nat1 rice.

Odor	Definitions	Reference sample		
		Weak	Moderate	Strong
Pandan	The odor intensity of the cooked rice with pandan odor	Shredded pandan leaves 5 g	Shredded pandan leaves 10 g	Shredded pandan leaves 15 g
Old aged	The odor intensity of the cooked rice with old aged odor	ChaiNat1 milled rice kept for 6 months 10 g	ChaiNat1 milled rice kept for 6 months 30 g	ChaiNat1 milled rice kept for 6 months 50 g
Boiled egg	The odor intensity of the cooked rice with boiled egg odor	Boiled egg 5 g	Boiled egg 10 g	Boiled egg 15 g
Glutinous rice	The odor intensity of the cooked rice with glutinous rice odor	Steam glutinous rice 5 g	Steam glutinous rice 10 g	Steam glutinous rice 15 g

Table 2. Suitable time of adding pandan leave extract (50 mL) during cooking of Chai Nat1 rice.

Adding time (min)	Odor scores
0	$5.95^{c}\pm0.83$
4	$6.40^{bc}\pm0.60$
8	$6.75^{b}\pm0.64$
12	$8.10^{a}\pm0.64$
16	$8.25^{a}\pm0.64$
20	$6.15^{c}\pm1.00$
Confirmation	
12	$5.15^{d}\pm1.00$
13	$5.90^{b}\pm1.20$
14	$6.10^{b}\pm1.12$
15	$6.75^{a}\pm1.55$
16	$5.60^{b}\pm1.31$

[a-c] Means within column for each test with the same small letters are not significantly different (P>0.05

3.2.2 The suitable adding amount of extract for cooking of Chai Nat1 rice

From Table 3, 100 mL of extract adding for cooking of Chai Nat1 rice showed the significantly highest liking score ($P\leq0.05$) whereas Chai Nat1 rice with no extract added had the significantly lowest liking score ($P\leq0.05$). For the second test, 105 mL of extract adding for cooking of Chai Nat1 rice showed the significantly highest liking score ($P\leq0.05$). Therefore, the suitable adding amount of pandan leave extract for cooking of Chai Nat1 rice was 105 mL.

Table 3. Suitable amount of pandan leave extract for adding during cooking (at 15 min after switching on the rice cooker) of Chai Nat1 rice.

Adding amount (mL)	Odor scores
0	$5.25^{c}\pm0.72$
50	$6.00^{b}\pm0.73$
100	$7.70^{a}\pm0.73$
150	$6.40^{b}\pm0.60$
Confirmation	
90	$6.70^{c}\pm0.66$
95	$6.70^{c}\pm0.73$
100	$6.65^{c}\pm0.60$
105	$8.20^{a}\pm0.66$
110	$7.50^{b}\pm0.76$

[a-c] Means within column for each test with the same small letters are not significantly different (P>0.05)

3.3 Changes in odor intensity of Chai Nat1 rice after cooking and keeping in different packages and storage times

It can be seen from Figure 1 that even though the scores for all odors were significantly decreased ($P\leq0.05$) with time of storage, they were still detected after keeping cooked rice for 12 h. After cooking of Chai Nat1 rice with addition of 105 mL pandan leave extract, pandan odor had higher odor intensity score than that of the other odors, following by boiled egg odor, glutinous rice odor and old aged odor. After 1 h of storage, all four odors of cooked rice that kept in microwavable PET plastic box had odor intensity scores remained higher than that kept in polypropylene plastic bag, except for glutinous rice odor. After 6 h of storage, all four odors had the odor intensity score about 50%, except for old egg odor and glutinous rice odor that kept in microwavable PET plastic box which had odor intensity score 31.76 and 37.80%, respectively. It was noticed that the odor intensity score of cooked rice that kept in polypropylene plastic bag were higher than that kept in microwavable PET plastic box, except boiled egg odor which had the same intensity score. After 12 h of storage, the odor intensity score of old egg odor had remained higher than that of other odors, following by glutinous rice odor, pandan odor and boiled egg odor. Once again, the odor intensity score of cooked rice that kept in polypropylene plastic bag were remained higher than that kept in microwavable PET plastic box, particularly glutinous rice odor which the odor intensity score of cooked rice that kept in polypropylene plastic bag were remained twice amount of that kept in microwavable PET plastic box.

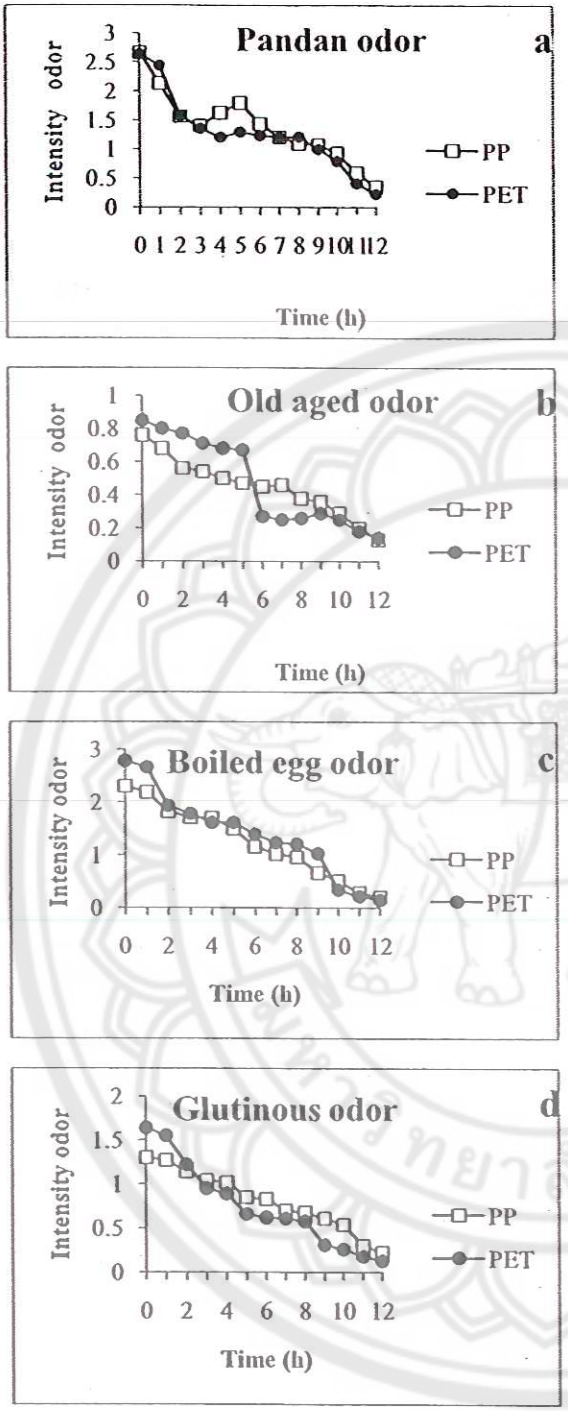


Figure 1. Comparison of odor intensity scores of the cooked Chai Nat1 rice in pandan odor (a), old aged odor (b), boiled egg odor (c) and glutinous odor (d) that kept in polypropylene plastic bag (PP) and microwaveable plastic box (PET).

4. Conclusion

Pandan leave extract which comprised of 2-acetyl-1-pyrroline could be used to improve odor of Chai Nat1 rice. The suitable amount and adding time of the extract during cooking for Chai Nat1 rice were 105 mL and 14 min with the liking score of like very much. The added pandan odor in cooked Chai Nat1 rice still remained for 12 h for rice that kept in polypropylene plastic bag and microwaveable plastic box.

Acknowledgement

This research was financially supported by 2009 Annual Budget of Naresuan University. Furthermore, appreciation was also expressed to Khun Pho Dok Rak for kindly supported pandan leaves and Shinghawat Electrical Rice Mill, Phitsanulok for kindly supported Chai Nat1 rice.

References

[1] Woramitra, W., and Sa-nguansat, T. 1994. Chai Nat1, a new approved rice variety. Thai Agricultural Research Journal. 12(2).

[2] 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.

[3] Buttery, R.G., Juliano, B.O., and Ling, L.C. 1983. Identification of rice aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in pandan leave. Chemical Industries (London), 20: 478.

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

[5] Donnarumma, C., Farber, H., Grimm, C.H., Kuramoto, S., Marmo, D., and Stein, H.S. 1973. Process for flavoring rice, composition used therewith, and products obtained thereby. US patent No. 3, 753, 730.

ไม่ต้องใส่เล่ม/โน๊ต

เลขทะเบียน.....

หนังสือยินยอมการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการบนเว็บไซต์
ฐานข้อมูล NU Digital Repository (http://obj.lib.nu.ac.th/media/)
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตามที่ข้าพเจ้า ผศ.ดร.เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ (ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม) ได้ส่งผลงานทางวิชาการการรายงานการวิจัย (เรื่อง) รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การปรับปรุงกลิ่นหลังการหุงต้มของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์พิษณุโลก 2 ให้ใกล้เคียงข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปีที่พิมพ์ 2553

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานทางวิชาการเป็นลิขสิทธิ์ของข้าพเจ้า ผศ.ดร.เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ (ผู้วิจัย) ผศ.ดร.ปวีนา น้อยทัพ และ นางสุพัตรา สุวรรณธาดร (ผู้วิจัยร่วม) เป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ร่วม และเพื่อให้ผลงานทางวิชาการของข้าพเจ้าเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและสาธารณชน จึงอนุญาตให้เผยแพร่ผลงาน ดังนี้

☑ อนุญาตให้เผยแพร่

☐ ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ เนื่องจาก.....
.....
.....

ลงชื่อ .....
(ผศ.ดร.เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์)

วันที่ 5 ก.ค. 56

หมายเหตุ ลิขสิทธิ์ใดๆ ที่ปรากฏอยู่ในผลงานนี้เป็นความรับผิดชอบของเจ้าของผลงาน ไม่ใช่ของสำนักหอสมุด

ส่ง สำนักงานเลขานุการ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

(ฐานข้อมูล NU Digital Repository)