การสกัดร่วมกับการกักเก็บสารหอม 2-Acetyl-1-Pyrroline จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอ เพื่อใช้เคลือบข้าวขาวพิจิตร

Extraction Combined with Encapsulation of 2-Acetyl-1-Pyrroline from Pandan Leaves Using Gelatinized Rice Flour Under Autoclave Conditions for Coating Phichit Rice

รัตนา ม่วงรัตน์* จารุวรรณ จินดากุล และ วรณัฐ อินปันบุตร

Rattana Muangrat*, Jaruwan Jindakul and Woranut Inpanpol

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50100

Department of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

**Corresponding author: Email: rattanamuangrat@yahoo.com*

(Received: 8 September 2016; Accepted: 4 December 2016)

Abstract: This study investigated the extraction and encapsulation of aroma compound 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) from pandan (*Pandanus amaryllifolius*) leaves under autoclave conditions. Gelatinized rice flour was used for encapsulation of 2AP extracts. The gelatinized rice flour encapsulating aroma compound (2AP) was further used to coat on Phichit rice. The experiments were conducted at extraction and encapsulation temperatures of 90 °C (10 Psi), 100 °C (15 Psi) and 110 °C (20 Psi) and different extraction and encapsulation times of 30 min, 60 min and 120 min. The results showed that the optimal condition of extraction and encapsulation of 2AP from pandan leaves at temperature of 90 °C (10 Psi) for 60 min gave the highest level of aroma compound (2AP) encapsulated with gelatinized rice flour. The gelatinized rice flour containing the highest aroma level of 2AP was coated on the Phichit rice. The Phichit rice coated with aroma compound 2AP was analyzed physical and sensory properties. It was found that before cooking the Phichit rice coated with aroma compound 2AP had L^*, a^* b^* and hardness values of 68.97 ± 1.11, -0.63 ± 0.08, 9.34 ± 0.65 and 24.42 ± 7.58 kg_f, respectively. After cooking, the L^*, a^*, b^* and hardness values of the Phichit rice coated with aroma compound 2AP were 63.90 ± 1.36, -1.15 ± 0.08, 3.27 ± 0.24 and 2.99 ± 1.02 kg_f, respectively. In addition, the results of sensory evolution found that the average colour and overall liking scores of the Phichit rice with coating of aroma compound 2AP before cooking were lower than those of the Phichit rice without coating of aroma compound 2AP (P<0.05). However, the flavor score of the Phichit rice with and without coating of aroma compound 2AP was not significantly different (P<0.05). After cooking, the average colour, flavor, texture and overall liking scores of the Phichit rice with and without coating of aroma compound 2AP were not significantly different (P<0.05).

Keywords: Aroma compound 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP), pandan leaves, gelatinized rice flour, autoclave, encapsulation

Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้ศึกษาการสกัดและกักเก็บสารหอม 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันแล้วภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอ แป้งข้าวเจ้าที่กักเก็บสารหอม 2AP นำมาใช้เคลือบข้าวขาวพิจิตร โดยสภาวะการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP ได้แก่อุณหภูมิ 90 °C (10 Psi), 100 °C (15 Psi) และ 110 °C (20 Psi) และเวลา 30, 60 และ 120 นาที ผลการศึกษาพบว่าการสกัดร่วมกับการกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยที่อุณหภูมิ 90 °C (10 Psi) เป็นเวลา 60 นาที ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันจะได้ระดับความหอมของสาร 2AP มากที่สุด แป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันที่มีระดับความหอมของสาร 2AP มากที่สุดนี้ถูกนำมาเคลือบข้าวขาวพิจิตร จากนั้นทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของข้าวขาวพิจิตรที่ผ่านการเคลือบด้วยสารหอม 2AP ผลการวิเคราะห์พบว่าข้าวขาวพิจิตรที่เคลือบด้วยสารหอม 2AP ก่อนทำการหุงมีค่าสี L*, a*, b* และค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 68.97 ± 1.11, -0.63 ± 0.08, 9.34 ± 0.65 และ 24.42 ± 7.58 kg_f ตามลำดับ หลังผ่านการหุงแล้วข้าวขาวพิจิตรที่เคลือบด้วยสารหอม 2AP มีค่าสี L*, a*, b* และความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 63.90 ± 1.36, -1.15 ± 0.08, 3.27 ± 0.24 และ 2.99 ± 1.02 kg_f ตามลำดับ ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบด้านสี และความชอบโดยรวมของข้าวขาวพิจิตรที่เคลือบด้วยสารหอม 2AP ก่อนทำการหุงมีค่าต่ำกว่าข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ผ่านการเคลือบสารหอม 2AP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่คะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ผ่านการเคลือบ หลังจากการหุงแล้วคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของข้าวขาวพิจิตรที่เคลือบด้วยสารหอม 2AP มีค่าไม่แตกต่างจากข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

คำสำคัญ: สารหอม 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) ใบเตย แป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชัน หม้อนึ่งอัดไอ การกักเก็บ

คำนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทย และยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยนั้นมีมากมายหลายชนิด แต่ชนิดที่สร้างชื่อเสียงให้ข้าวไทยเป็นที่รู้จักไปทั่วโลกก็คือ ข้าวหอมมะลิ (Thai jasmine rice) ที่มีลักษณะโดดเด่นคือความหอมที่เกิดจากสารหอมระเหย 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) (Buttery *et al*., 1983; Mahatheeranont *et al*., 2001) ทำให้มีความหอมขณะหุงต้ม จึงเป็นคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างจากข้าวชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ข้าวหอมมะลิที่หุงแล้วยังมีลักษณะนุ่มเหนียว มียาง เกาะตัวกันพอสมควร มีรสชาติอร่อย ไม่ร่วนแข็งกระด้างเหมือนข้าวชนิดอื่น ๆ ข้าวหอมมะลิจึงนิยมปลูกและบริโภคกันอย่างแพร่หลาย โดยมีแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เขตทุ่งกุลาร้องไห้ และมีพื้นที่เพาะปลูกครอบคลุมมากกว่า 19 ล้านไร่ทั่วประเทศ (วนิดา, 2558) โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดสุรินทร์ ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ นครราชสีมา ร้อยเอ็ด และรองลงมาคือภาคเหนือ เนื่องจากข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่มีคุณภาพดี มีกลิ่นหอม จึงเป็นที่ต้องการของชาวไทยและชาวต่างประเทศ ทำให้ปริมาณการส่งออกข้าวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทุกปี ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีการส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์คิดเป็นมูลค่า 1,308,905 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจาก 1,268,217 ล้านบาท ของปีที่แล้วร้อยละ 3.21 โดยสินค้าที่มีมูลค่าส่งออกเพิ่มขึ้นได้แก่ ข้าวและผลิตภัณฑ์ เนื่องจากราคาส่งออกข้าวของไทยอยู่ในระดับใกล้เคียงประเทศคู่แข่ง เช่น อินเดีย และเวียดนาม ทำให้สามารถแข่งขันได้มากขึ้น โดยข้าวและผลิตภัณฑ์มีมูลค่าการส่งออก 191,228 ล้านบาท ข้าวหอมมะลิไทยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกมากที่สุดมีมูลค่า 52,157 ล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวหอมมะลิ และข้าวอื่น ๆ ในช่วงปี พ.ศ. 2554-2557 (สำนักงานภาคตะวันออก ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557) แสดงได้ดังตารางที่ 1

จากข้อมูลในตารางที่ 1 จะพบว่าข้าวหอมมะลิเป็นสินค้าเกษตรหลักชนิดหนึ่งที่ทำรายได้เข้าประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท แต่อย่างไรก็ตามราคารวมของการส่งออกข้าวหอมมะลิก็ต่ำกว่าข้าวอื่น ๆ เพราะมีกำลังการผลิตค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับข้าวพันธุ์อื่น ดังนั้นจึงทำ

Table 1. Export quantity and value of Hom Mali rice and other rice, 2011-2014

Unit: ton

Types of rice	2011	2012	2013	2014	%2014/ 2013	Ratio in the year 2014
White rice	4,620,551.3	2,460,020.0	2,666,901.0	5,341,898.1	100.3	48.7
Parboiled rice	3,227,038.6	2,049,924.4	1,651,000.2	3,262,608.9	97.6	29.7
Hom Mali rice	2,358,958.5	1,912,657.0	1,915,256.4	1,869,672.9	-2.4	17.0
Glutinous rice	287,660.2	226,196.6	326,833.54	334,083.7	2.2	3.1
Pathumthani fragrant rice	212,020.4	85,628.9	51,684.15	161,071.4	211.6	
Total (tons)	10,706,229.1	6,734,426.9	6,611,708.3	10,969,335.0	65.9	100
Value (million Baht)	196,117.0	142,976.2	133,841.9	174,853.4	30.6	

ประเทศไทยมีรายได้ส่วนใหญ่มาจากการส่งออกข้าวอื่น ๆ แต่ราคาการส่งออกเฉลี่ยต่อตันของการส่งออกข้าวหอมมะลิจะสูงกว่าข้าวชนิดอื่น ๆ เนื่องจากมีคุณภาพที่ดีกว่า โดยราคาข้าวหอมมะลิส่งออก เอฟ.โอ.บี. เฉลี่ยตันละ 1,030 ดอลลาร์สหรัฐฯ (33,003 บาทต่อตัน) ขณะที่ราคาข้าวปทุมธานี ส่งออก เอฟ.โอ.บี. เฉลี่ยตันละ 584 ดอลลาร์สหรัฐฯ (18,713 บาทต่อตัน) ราคาข้าวสารเจ้า 5% (ใหม่) ส่งออก เอฟ.โอ.บี. เฉลี่ยตันละ 395 ดอลลาร์สหรัฐฯ (12,657 บาทต่อตัน) ราคาข้าวสารเจ้า 25% (ใหม่) ส่งออก เอฟ.โอ.บี. เฉลี่ยตันละ 350 ดอลลาร์สหรัฐฯ (11,215 บาทต่อตัน) ราคาข้าวนึ่ง 5% ส่งออก เอฟ.โอ.บี. เฉลี่ยตันละ 417 ดอลลาร์สหรัฐฯ (13,362 บาทต่อตัน) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ถึงแม้ว่าข้าวบางชนิด เช่น ข้าวปทุมธานี 1 จะมีความหอมคล้ายกับข้าวหอมมะลิ แต่ปริมาณสารหอมก็ยังต่ำกว่าข้าวหอมมะลิ อีกทั้งคุณภาพก็ไม่ดีเทียบเท่ากับข้าวหอมมะลิ ดังนั้นเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวขาวที่มีปริมาณผลผลิตมากในประเทศไทยและมีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับข้าวหอมมะลิ ควรมีการศึกษาวิธีทำให้ข้าวขาวที่ผลิตได้ในประเทศมีกลิ่นหอมเหมือนข้าวหอมมะลิ โดยการเติมสารหอม 2AP เข้าไปในข้าวเพื่อเพิ่มความหอมและสามารถทดแทนข้าวขาวหอมมะลิที่มีผลผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการได้ นอกจากนี้ยังสามารถผลิตข้าวขาวให้มีกลิ่นหอมเหมือนข้าวหอมมะลิ แต่มีลักษณะเนื้อสัมผัสต่าง ๆ กันเช่น แข็งร่วน นุ่มปานกลาง อ่อนนุ่ม ตามรสนิยมของผู้บริโภคข้าว เช่น ยุโรปและอเมริกานิยมบริโภคข้าวที่มีลักษณะร่วนฟูค่อนข้างแข็งและไม่เกาะติดกัน เป็นต้น เป็นการเพิ่มความหลากหลายของข้าวขาวหอมให้มากขึ้น และเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชาวนาอีกทางหนึ่ง

ใบเตยเป็นพืชมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Pandanus amaryllifolius* Roxb. ประกอบด้วยสารหอมระเหย 2AP (Yahya *et al*., 2010; Ngadi and Yahya, 2014) ใบเตยสดยังนำมาใช้เพื่อขจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ จึงเป็นไปได้ที่จะนำสารหอม 2AP จากใบเตยมากักเก็บไว้เพื่อนำมาใส่หรือเคลือบข้าวขาวธรรมดาให้มีกลิ่นหอม การสกัดสารหอม 2AP จากใบเตย สามารถสกัดได้หลายวิธีเช่นการสกัดสารหอม 2AP แบบ supercritical extraction ด้วยสารคาร์บอนไดออกไซด์ (Yahya *et al*., 2010; Ngadi and Yahya, 2014) การสกัดแบบซอกห์เลต (soxhlet extraction) (Ngadi and Yahya, 2014) เป็นต้น สารหอม 2AP ที่สกัดได้แล้วนำมาทำการกักเก็บ (encapsulation) ไว้ในสารเคลือบเพื่อกักเก็บสารหอม แล้วนำสารหอมที่กักเก็บได้มาใส่ลงในข้าวขาว เพื่อช่วยให้ข้าวขาวมีกลิ่นหอมเหมือนข้าวหอมมะลิ การกักเก็บสารหอมเป็นกระบวนการที่สารหรือส่วนผสมของสารถูกเคลือบด้วยสารชนิดอื่น เทคนิคที่เลือกใช้ในการกักเก็บสารหอมจะมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสารให้กลิ่นรสและความเสถียรของสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งมีอยู่หลากหลายวิธี เช่น spray drying, extrusion, fluidised bed coating, liposome entrapment และ coacervation (Madene *et al*., 2006; Wilson and Shah, 2007; Dubey *et al*., 2009) สารเคลือบที่ใช้ในการกักเก็บ

สารหอมจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารให้กลิ่นรส มีความหนืดต่ำที่ระดับความเข้มข้นสูง ปกป้องสารให้กลิ่นรสจากสภาวะแวดล้อม มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดอิมัลชันที่มีความเสถียร และสามารถควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสภายใต้สภาวะและช่วงเวลาที่ต้องการ ชนิดของสารเคลือบที่ใช้ในกระบวนการกักเก็บจะเป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีหลากหลายชนิด เช่น มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) กัมอารบิก (gum arabic) แป้งข้าวเจ้า (rice flour) แป้งดัดแปร (modified starch) เวย์โปรตีน (whey protein) เป็นต้น (Wilson and Shah, 2007; Winny and Rayaguru, 2010) แป้งถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบในการกักเก็บสารให้กลิ่นรสในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งมันฝรั่ง คุณสมบัติของแป้ง คือ เป็นตัวป้องกันการระเหยของสารหอมได้ ป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ เหนียว ยืดหยุ่น และสามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้ การใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ เช่น การนำแป้งข้าวเจ้ามากักเก็บสาร 2AP แล้วนำไปเคลือบข้าวหอมสุพรรณบุรี เพื่อศึกษาผลระหว่างการเก็บรักษา (Tulyathan *et al.,* 2008)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการสกัดสารหอมระเหย 2AP จากใบเตยร่วมกับการกักเก็บสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันแล้วภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอ เพื่อนำแป้งข้าวเจ้าที่กักเก็บสารหอม 2AP มาใช้เป็นสารห่อหุ้มสารหอม 2AP เคลือบลงบนข้าวขาวเพื่อเพิ่มความหอม และสามารถทดแทนข้าวหอมมะลิ ซึ่งมีกำลังการผลิตที่ไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชัน

นำแป้งข้าวเจ้าตรามือ (ผลิตโดยโรงงานประสบผล จังหวัดเชียงใหม่) ที่มีปริมาณอะไมโลสและสตาร์ชเท่ากับ 28.7% และ 69.9% ตามลำดับ มาผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งข้าวเจ้าต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1:20 จากนั้นผสมแป้งข้าวเจ้ากับน้ำให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนโดยใช้เครื่องให้ความร้อน (hot plate) ที่ระดับอุณหภูมิ 85-90 ºC เป็นเวลา 40 นาที ระหว่างการให้ความร้อนมีการคนแป้งเป็นระยะ ๆ เพื่อไม่ให้แป้งเกาะตัวกันเป็นก้อน

2. การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดร่วมกับการกักเก็บสารหอม 2AP ภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชัน

เตรียมใบเตยสด (ร้านในชุมชน ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่) ล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้แห้งแล้วนำมาปั่นละเอียด นำใบเตยที่ปั่นละเอียดปริมาณ 200 กรัมใส่ลงไปบนตะแกรงด้านล่างที่ติดตั้งอยู่ในหม้อนึ่งอัดไอ ที่บรรจุน้ำกลั่นไว้แล้วปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร โดยตะแกรงด้านล่างจะวางสูงจากระดับน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นนำแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันจากข้อที่ 1 มาใส่บนตะแกรงชั้นบนที่ติดตั้งไว้ในหม้อนึ่งอัดไอและอยู่เหนือตะแกรงใส่ใบเตยสดปั่นละเอียดประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นทำการสกัดและกักเก็บสาร 2AP โดยการสกัดร่วมกับการกักเก็บสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 90, 100 และ 110 °C เป็นเวลา 60 นาที และเวลา 30, 60 และ 120 นาที ทำการทดลองสภาวะละ 3 ซ้ำ นำแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันหลังทำการกักเก็บสารหอม 2AP ที่สภาวะต่าง ๆ แล้ว ไปเคลือบข้าวขาวพิจิตรในอัตราส่วนโดยน้ำหนักข้าวขาวพิจิตรต่อแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการกักเก็บกลิ่นสารหอม 2AP เท่ากับ 2:1 การเคลือบทำได้โดยการผสมด้วยเครื่องผสมอาหารแบบโถยก (KITCHEN AID รุ่น 5K5SS ผลิตโดยประเทศอเมริกา) ที่ระดับความเร็วต่ำที่สุด (ระดับ 1) ผสมจนข้าวขาวพิจิตรถูกเคลือบจนสม่ำเสมอด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาติไนเซชัน

จากนั้นนำข้าวขาวพิจิตรที่ได้ทำการเคลือบแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำข้าวขาวพิจิตรที่เคลือบสารหอม 2AP ไปวิเคราะห์ปริมาณสารหอม 2AP เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันมีปริมาณสารหอม 2AP มากที่สุด

3. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

นำข้าวขาวพิจิตรที่เคลือบสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอ จากข้อ 2 ที่มีปริมาณสารหอม 2AP มากที่สุดมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ (สี และความแข็ง) และทดสอบทางประสาทสัมผัส (สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) ของข้าวขาวพิจิตรเคลือบทั้งก่อนและหลังการหุงต่อไป

3.1 การวัดความแข็ง

นำตัวอย่างข้าวขาวพิจิตรเคลือบที่มีปริมาณสารหอม 2AP มากที่สุดจากข้อ 2 ก่อนและหลังหุงมาตัวอย่างละ 1 กรัม ไปวัดเพื่อหาค่าความแข็ง (hardness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TEXTURE ANALYZER รุ่น TA-XT plus ผลิตโดยประเทศอังกฤษ) โดยใช้หัววัด P/35 ด้วยระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ลงไปในข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ประมาณ 75% ทำการวัด 3 ซ้ำ

3.2 การวัดค่าสี (L*, a*, b*)

นำตัวอย่างข้าวขาวพิจิตรเคลือบที่มีปริมาณสารหอม 2AP มากที่สุดจากข้อ 2 ก่อนและหลังหุงไปวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (MINALTA CHROMA METER รุ่น CR-300 ผลิตโดยประเทศญี่ปุ่น) ซึ่งวัดสีในระบบ CIELAB โดยการนำข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ใส่ลงไปในภาชนะใส (petri dish) ปิดฝา แล้วทำการอ่านค่าสี L* (บ่งบอกถึงความสว่างของสี) a* (บ่งบอกถึงสีแดงหรือสีเขียว) และ b* (บ่งบอกถึงสีเหลืองและน้ำเงิน) ทำการวัด 3 ซ้ำ

3.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบการยอมรับหรือความพึงพอใจที่มีต่อข้าวขาวพิจิตรเคลือบที่มีปริมาณสารหอม 2AP มากที่สุดจากข้อ 2 ทั้งก่อนการหุง และหลังทำการหุง ด้วยการทดสอบแบบ hedonic scale โดยการ แบ่งคะแนนออกเป็น 9 ระดับ จากความพึงพอใจมากที่สุดไปจนถึงน้อยที่สุด ความพึงพอใจมากที่สุดหรือชอบมากที่สุดเท่ากับ 9 ความพึงพอใจน้อยที่สุดหรือไม่ชอบมากที่สุดเท่ากับ 1 คุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ทำการประเมินได้แก่ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารหอม 2AP

นำตัวอย่างเมล็ดข้าวขาวพิจิตรที่ผ่านการเคลือบและไม่เคลือบสารหอม 2AP มาบดละเอียด และบรรจุลงในขวดตัวอย่าง (headspace vial) ปริมาณ 1 กรัม ทำการเติมสารมาตรฐานภายใน 2,6-ไดเมทธิลพิริดีน (2,6-DMP) แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารหอม 2AP ด้วยเทคนิคเฮดสเปซ-แก๊สโครมาโทกราฟ (HS-GC) ตามวิธีของ Sriseadka *et al.* (2006) ซึ่งการวิเคราะห์นี้ทำได้โดยนำโครมาโทแกรมที่ได้จากแต่ละตัวอย่างข้าวขาวพิจิตรเคลือบมาหาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีค ของสารหอม 2AP (peak area of 2AP) ที่วิเคราะห์ได้กับพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐานภายใน 2,6 DMP นำอัตราส่วนที่คำนวณได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Sriseadka *et al.* (2006) ซึ่งกราฟมาตรฐานนี้จะพล๊อตระหว่างอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคของสารหอม 2AP ที่ทราบปริมาณที่แน่นอน กับพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐานภายใน 2,6 DMP จะทำให้สามารถหาปริมาณของสารหอม 2AP ใน headspace ของตัวอย่างข้าวขาวพิจิตรเคลือบและไม่เคลือบได้ จากนั้นทำการเปรียบเทียบปริมาณสารหอม 2AP ของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP กับข้าวขาวหอมมะลิ 105 ของศูนย์วิจัยข้าวเชียงใหม่ ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Minitab และ SPSS Version 17.0 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดและการกักเก็บสารหอม 2-Acetyl-1-Pyroline ภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอ

สภาวะที่ใช้ในการสกัดและการกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอ ได้แก่อุณหภูมิในการสกัดและการกักเก็บสารหอม 2AP เท่ากับ 90, 100 และ

110 °C และเวลาในการสกัดและการกักเก็บสารหอม 2AP เท่ากับ 30, 60 และ 120 นาที สารหอม 2AP ที่สกัดได้จะถูกกักเก็บไว้ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันแล้วนำแป้งข้าวเจ้าที่กักเก็บสารหอม 2AP นี้ไปเคลือบลงบนข้าวขาวพิจิตร จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HS-GC เพื่อหาระดับปริมาณสารหอม 2AP ของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม ผลการวิเคราะห์พบว่าไม่สามารถบอกเป็นปริมาณสาร 2AP ในรูปของความเข้มข้นในหน่วย ppb หรือ ppm ได้ เนื่องจากสารมาตรฐานภายใน 2,6 DMP ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสาร 2AP อาจถูกรบกวนจากแป้งข้าวเจ้าที่เคลือบข้าวขาวพิจิตรไว้ ทำให้ไม่สามารถหาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคของสารหอม 2AP (peak area of 2AP) ของตัวอย่างข้าวกับพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐานภายใน 2,6 DMP ส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณหาอัตราส่วนดังกล่าวเพื่อนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานในการหาปริมาณสาร 2AP ได้ ขณะที่ข้าวขาวหอมมะลิ 105 ของศูนย์ข้าวเชียงใหม่ สามารถหาพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐานภายใน 2,6 DMP โดยมีความเข้มข้นของสารหอม 2AP เฉลี่ยเท่ากับ 3.06 ± 0.06 ppm ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแสดงได้เพียงระดับความหอมของสาร 2AP โดยระดับความหอมมากและหอมน้อยของสารหอม 2AP ที่สกัดได้จะอยู่ในรูปของพื้นที่ใต้พีคของสารหอม 2AP ถ้าพื้นที่ใต้พีคของสารหอม 2AP มาก แสดงถึงระดับความหอมของสาร 2AP ที่มากหรือสกัดสารหอม 2AP จากใบเตยออกมากักเก็บไว้ในแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันได้มาก Ngadi and Yahya (2014) ได้ศึกษาการสกัดสารหอม 2AP จากใบเตยด้วยการสกัดแบบซอกห์เลต โดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล เอทานอล และโพรพานอล แล้วทำการวิเคราะห์สารหอม 2AP ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีและแมสสเปกโทรสโกปี (Gas Chromatography-Mass Spectroscopy, GC-MS) โดยตัวทำละลายที่สกัดสารหอม 2AP ได้ดีกว่าจะแสดงจากโครมาโตแกรมที่มีพีคของสารหอม 2AP สูงกว่าผลการทดลองพบว่าเอทานอลสามารถสกัดสารหอม 2AP ได้ดีกว่าเมทานอลเนื่องจากมีพีคของสารหอม 2AP สูงกว่า ขณะที่โครมาโตแกรมของสารสกัดด้วยโพรพรนอลไม่พบพีคของสารหอม 2AP

ผลของระดับปริมาณสารหอม 2AP ของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ของงานวิจัยนี้ พิจารณาจากพื้นที่ใต้พีคของสารหอม 2AP ที่ได้จากสภาวะต่าง ๆ ในการสกัดและการกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอ แสดงดังภาพที่ 1

จากภาพที่ 1 แกน y คือพื้นที่ใต้พีคของสารหอม 2AP ของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ซึ่งแสดงระดับความหอมของปริมาณสารหอม 2AP ผลการ

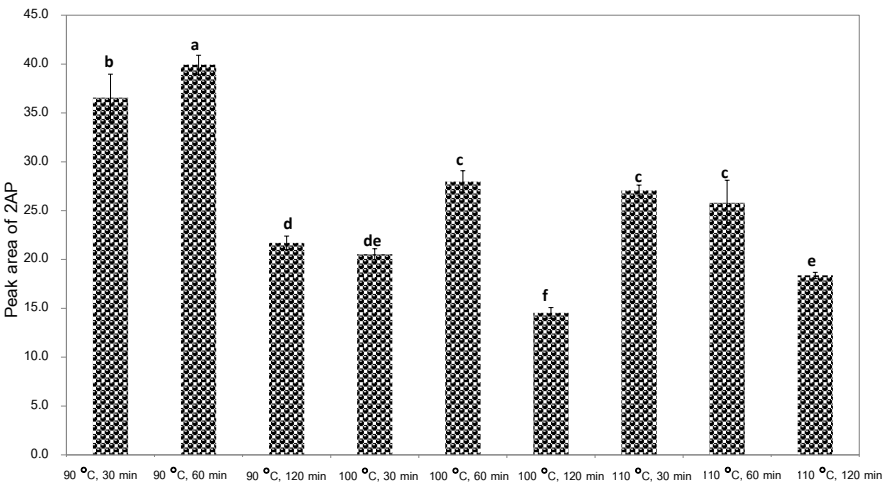

Figure 1. The peak area of 2AP represented as 2AP levels of fragrance of the Phichit rice coated with aroma compound 2AP obtained from extraction combined with encapsulation of 2AP from pandan leaves using gelatinized rice flour under autoclave conditions (different letters on top of bar graph are significantly different (P<0.05)

วิเคราะห์ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดเพื่อกักเก็บสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันเพื่อนำมาเคลือบข้าวขาวพิจิตรแล้วทำให้ข้าวขาวพิตรมีปริมาณสารหอม 2AP มากที่สุดคือที่อุณหภูมิ 90 °C (10 Psi) เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งเห็นได้จากพื้นที่ใต้พีคของสาร 2AP ที่มีค่ามากที่สุด แสดงว่ามีระดับความหอมของสารหอม 2AP ที่สกัดและกักเก็บได้มากที่สุด ด้วยโครงสร้างที่ซับซ้อนมากขึ้นของแป้งข้าวที่ผ่านการเจลาติไนเซชันจึงมีโอกาสที่จะกักเก็บสารหอม 2AP ไว้ได้ อีกทั้งปริมาณอะไมโลสจากแป้งที่เกิดการเจลาติไนเซชันยังมีความสามารถในการจับสารหอม 2AP ได้เช่นกัน (Leelayuthsoontorn and Thipayarat, 2006; Yahya *et al*., 2011) โดยภาพที่ 2-5 แสดงการเปรียบเทียบจากภาพถ่าย SEM ในลักษณะปรากฏเป็นภาพตัดขวางของข้าวขาวพิจิตรไม่เคลือบ (ชุดควบคุม) และเคลือบสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยในหม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 90, 100 และ 110 °C และเวลา 60 นาที ตามลำดับ พบว่าเม็ดแป้งจะมีขนาด รูปร่าง และลักษณะไม่แตกต่างกัน แต่ที่บริเวณขอบของภาพตัดขวางของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP พบว่าความหนาของแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาติไนเซชันและกักเก็บสารหอม 2AP จากสภาวะการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยในหม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 90 °C และเวลา 60 นาที ที่เคลือบลงบนข้าวขาวพิตรมีมากกว่าความหนาของแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาติไนเซชันและกักเก็บสารหอม 2AP จากสภาวะการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยในหม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 100 และ 110 °C และเวลา 60 นาที จึงเป็นไปได้ว่าปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่ผิวเคลือบมากจะสามารถกักเก็บสารหอม 2AP ได้มากกว่า ดังนั้นที่สภาวะการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP ที่อุณหภูมิ 90 °C และเวลา 60 นาที ช่วยให้แป้งข้าวเจ้าที่เคลือบข้าวขาวพิจิตรกักเก็บสารหอม 2AP ได้มากส่งผลให้ข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2P มีระดับปริมาณสารหอม 2AP มากที่สุด

จากผลการทดลองการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาติไนเซชันด้วยหม้อนึ่งอัดไอที่สภาวะต่าง ๆ ข้างต้น (ดังภาพที่ 3-5) นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของ 2AP ที่แสดงถึงระดับปริมาณสารหอม 2AP และอุณหภูมิและเวลาในการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเจลาติไนเซชันในหม้อนึ่งอัดไอแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ (1)

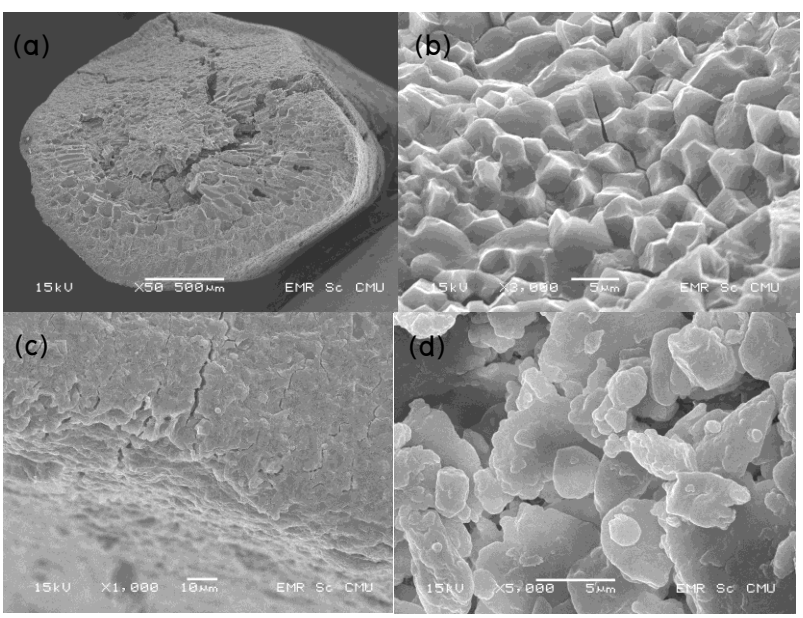

Figure 2. Cross sectional SEM images of the Phichit rice (without coating of aroma compound 2AP) at a magnitude of (a) 50 (b) 3,000 (c) 1,000 (d) 5,000 times

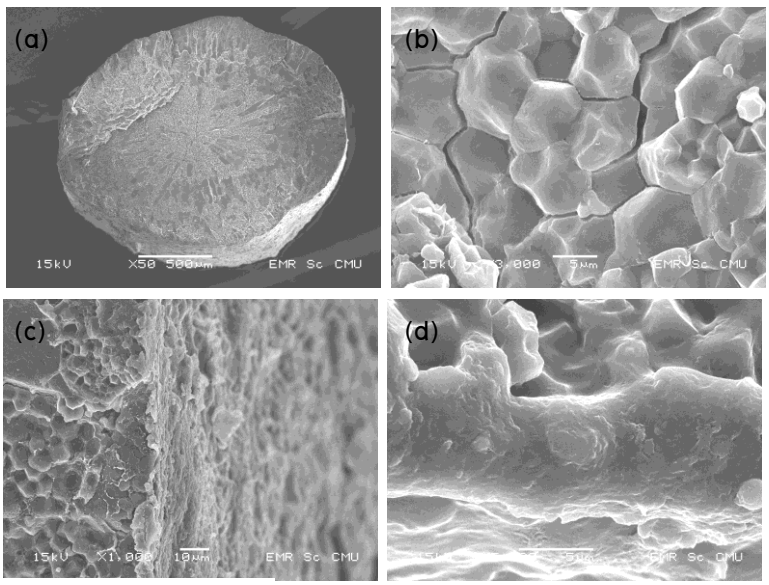

Figure 3. Cross sectional SEM images of the Phichit rice coated with the gelatinized rice flour encapsulating aroma compound 2AP obtained from extraction combined with encapsulation of 2AP from pandan leaves under autoclave condition at 90 °C and 60 min at a magnitude of (a) 50 (b) 3,000 (c) 1,000 (d) 5,000 times

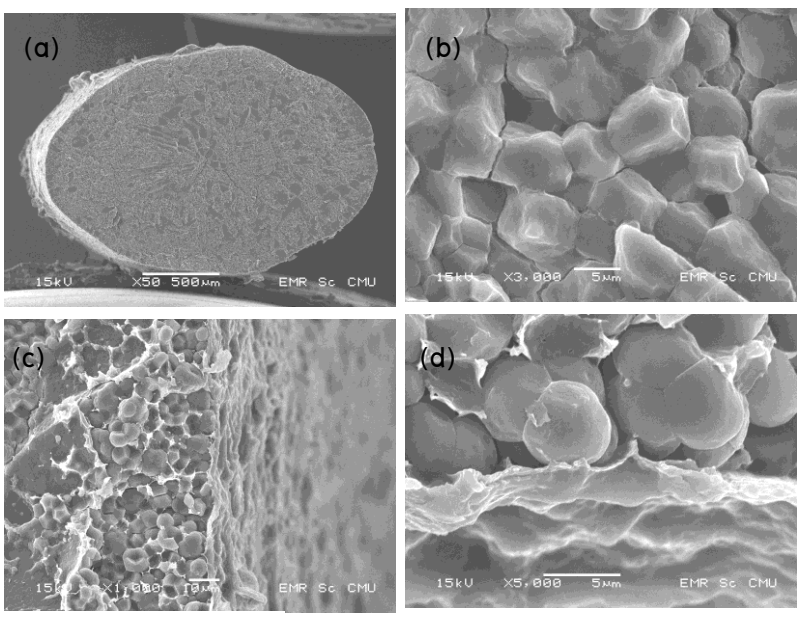

Figure 4. Cross sectional SEM images of the Phichit rice coated with the gelatinized rice flour encapsulating aroma compound 2AP obtained from extraction combined with encapsulation of 2AP from pandan leaves under autoclave condition at 100 °C and 60 min at a magnitude of (a) 50 (b) 3,000 (c) 1,000 (d) 5,000 times

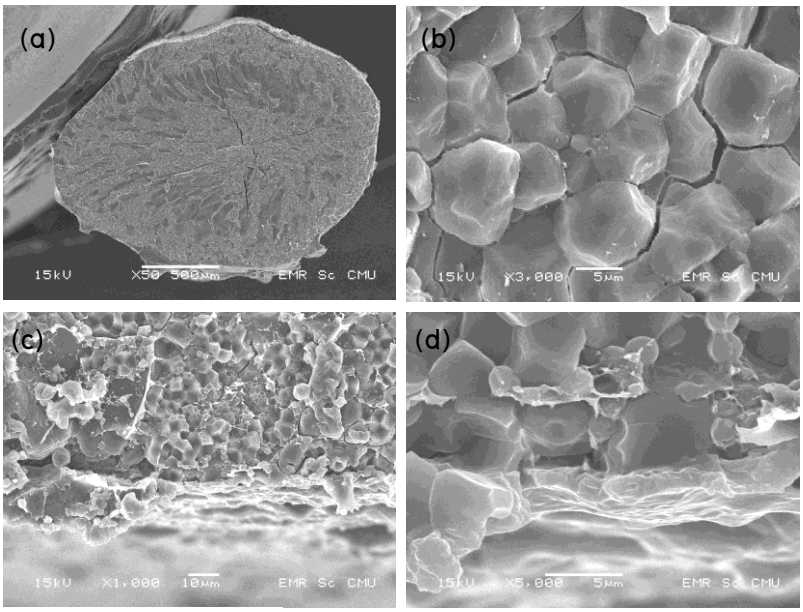

Figure 5. Cross sectional SEM images of the Phichit rice coated with the gelatinized rice flour encapsulating aroma compound 2AP obtained from extraction combined with encapsulation of 2AP from pandan leaves under autoclave condition at 110 °C and 60 min at a magnitude of (a) 50 (b) 3,000 (c) 1,000 (d) 5,000 times

พื้นที่ใต้กราฟของ 2AP แสดงถึงระดับปริมาณสารหอม

$$2AP = 781.319 - 14.9050(Temp) + 0.429074(time) + 0.0722778(Temp)^2 - 0.00359053(time)^2 \quad (R^2 = 0.833) \quad (1)$$

เมื่อ Temp คืออุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP (°C) และ time คือเวลาที่ใช้ในการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP (นาที)

การศึกษาลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP

นำข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ที่มีปริมาณสารหอม 2AP มากที่สุดที่สภาวะการสกัดและการกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอ ที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 60 นาที มาศึกษาหาลักษณะปรากฏของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ทั้งก่อนและหลังการหุง (ภาพที่ 6)

จากภาพที่ 6 พบว่าลักษณะปรากฏของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ที่ได้ก่อนทำการหุงจะจับตัวเป็นก้อน ไม่เรียงเม็ดเหมือนข้าวขาวพิจิตรธรรมดาที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบสารหอม 2AP โดยค่าสี L*, a* และ b* ของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ดังกล่าวก่อนการหุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.97 ± 1.11, -0.63 ± 0.08 และ 9.34 ± 0.65 ตามลำดับ สำหรับค่าความแข็ง (hardness) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.42 ± 7.58 kg_f ขณะที่ข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ได้เคลือบสารหอม 2AP ก่อนหุงมีค่าสี L*, a* และ b* เฉลี่ยเท่ากับ 73.49 ± 1.21, -1.00 ± 0.12 และ 11.26 ± 0.78 ตามลำดับ และค่าความแข็งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.45 ± 3.76 kg_f

สำหรับลักษณะปรากฏของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ที่มีปริมาณสารหอม 2AP มากที่สุด (ที่อุณหภูมิและเวลาในการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอเท่ากับ 90 °C และ 60 นาที ตามลำดับ) หลังผ่านการหุง (ภาพที่ 7) พบว่า

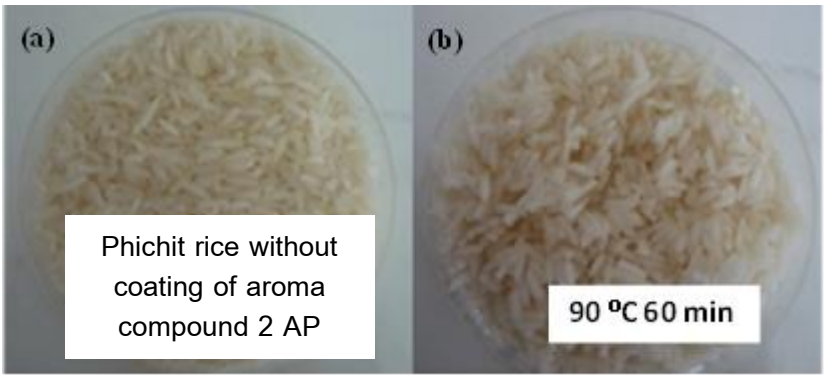

Figure 6. Samples of the Phichit rice (a) without coating of aroma compound 2AP (b) with coating of aroma compound 2AP obtained from extraction combined with encapsulation of 2AP from pandan leaves using gelatinized rice flour under autoclave condition at 90 °C and 60 min (before cooking)

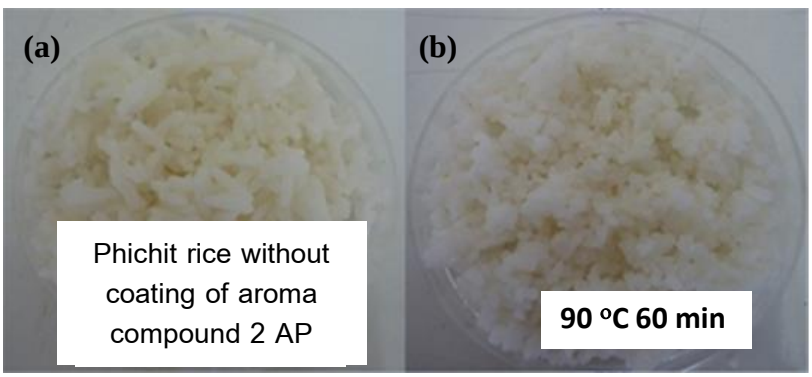

Figure 7. Samples of the Phichit rice (a) without coating of aroma compound 2AP (b) with coating of aroma compound 2AP obtained from extraction combined with encapsulation of 2AP from pandan leaves using gelatinized rice flour under autoclave condition at 90 °C and 60 min (after cooking)

ข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP หลังผ่านการหุง เมล็ดข้าวหัก และเกาะกันเป็นก้อน โดยค่าสี L*, a* และ b* ของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP หลังผ่านการหุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.90 ± 1.36, -1.15 ± 0.08 และ 3.27 ± 0.24 ตามลำดับ ขณะที่ค่าความแข็งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.99 ± 1.02 kg_f สำหรับข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ได้เคลือบสารหอม 2AP หลังหุงเมล็ดข้าวไม่หักและเรียงตัวกันได้ดีกว่า โดยมีค่าสี L*, a* b* และค่าความแข็งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65.16 ± 1.75, -1.14 ± 0.10, 4.10 ± 0.63 และ 9.74 ± 0.89 kg_f ตามลำดับ

การประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอที่ 90 °C เป็นเวลา 60 นาที ก่อนและหลังหุง แสดงดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 พบว่าก่อนทำการหุงข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอที่ 90 °C เป็นเวลา 60 นาที มีคะแนนความชอบด้านสี และความชอบโดยรวมน้อยกว่าข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ผ่านการเคลือบสารหอม 2AP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากกับข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ผ่านการเคลือบสารหอม 2AP และเมื่อนำข้าว

Table 2. Sensory evaluation of the Phichit rice with and without coating of aroma compound 2AP obtained from extraction combined with encapsulation of 2AP from pandan leaves using gelatinized rice flour under autoclave condition at 90 °C and 60 min (before and after cooking)

Types of rice	Before cooking			After cooking			
	Color	Flavor	Over liking	Color	Flavor	Texture	Over liking
Phichit rice with coating of aroma compound 2AP	5.51 ± 1.58[b]	5.65 ± 1.35[a]	5.80 ± 1.30[b]	6.37 ± 1.20[a]	6.12 ± 1.36[a]	5.70 ± 1.27[a]	5.90 ± 0.98[a]
Phichit rice without coating of aroma compound 2AP	6.80 ± 1.39[a]	5.60 ± 1.35[a]	6.72 ± 1.24[a]	6.85 ± 1.30[a]	5.85 ± 1.39[a]	5.58 ± 1.67[a]	6.30 ± 1.40[a]

Different letters in the same column denote significantly difference at $P<0.05$

ขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ไปหุงพบว่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีค่าไม่แตกต่างกับข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ผ่านการเคลือบสารหอม 2AP (หลังหุง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สรุป

การศึกษาการสกัดและการกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดและกักเก็บสารหอม 2AP จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันเพื่อนำแป้งข้าวเจ้ากักเก็บสารหอม 2AP ที่ได้ไปเคลือบบนข้าวขาวพิจิตรแล้วทำให้ข้าวขาวพิจิตรมีระดับความหอมของสารหอม 2AP มากที่สุดคือที่ อุณหภูมิ 90 °C (10 Psi) และเวลา 60 นาที ข้าวขาวพิจิตรที่เคลือบสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอที่สภาวะที่เหมาะสมก่อนการหุงมีค่าสี L*, a* และ b* มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.97 ± 1.11, -0.63 ± 0.08 และ 9.34 ± 0.65 ตามลำดับ และมีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 24.42 ± 7.58 kg_f ขณะที่ค่าสี L*, a* และ b* ของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP หลังผ่านการหุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.90 ± 1.36, -1.15 ± 0.08 และ 3.27 ± 0.24 ตามลำดับ และค่าความแข็งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.99 ± 1.02 kg_f จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบด้านสี และความชอบโดยรวมของข้าวขาวพิจิตรเคลือบสารหอม 2AP ด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอที่ 90 °C เป็นเวลา 60 นาที ก่อนทำการหุงมีค่าต่ำกว่าข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ผ่านการเคลือบสารหอม 2AP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่คะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากกับข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ผ่านการเคลือบสารหอม 2AP แต่หลังจากการหุงแล้วคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของข้าวขาวพิจิตรที่เคลือบสารหอม 2AP มีค่าไม่แตกต่างกับข้าวขาวพิจิตรที่ไม่ผ่านการเคลือบสารหอม 2AP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามงานวิจัยจะต้องหาวิธีการที่จะวัดปริมาณสารหอม 2AP ในรูปของความเข้มข้นในหน่วย ppb หรือ ppm และศึกษาอายุการเก็บรักษาข้าวขาวเคลือบสารหอม 2AP รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บสารหอม 2AP ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

วนิดา วัฒนพายัพกุล. 2558. ผลของน้ำส้มควันไม้และปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของข้าวหอมมะลิ. วารสารเกษตร 31(3): 269-279.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศปี 2557. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2557. รายงานสถานการณ์สินค้าเกษตรปี

2557 และแนวโน้มปี 2558. ส่วนเศรษฐกิจภาค สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ธนาคารแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 24 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=17309&filename=index (3 พฤศจิกายน 2558).

อภิสรา ศรีสายหยุด และ อภินันท์ สุทธิธารธวัช. 2554. การเตรียมผงแป้งที่ถูกเชื่อมขวางโมเลกุลผ่านการอบแห้งแบบพ้นฝอย. การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21. ระหว่างวันที่ 10-11 พฤศจิกายน 2554. อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

Buttery, R.G., L.C. Ling, B.O. Juliano and J.G. Turnbaugh. 1983. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. Journal of Agricultural and Food Chemistry 31: 823-826.

Dubey, R., T.C. Shami and K.U. Bhasker Rao. 2009. Microencapsulation technology and applications. Defence Science Journal 59: 82-95.

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

Madene, A., M. Jacquot, J. Scher and S. Desobry. 2006. Flavor encapsulation and controlled release-a review. International Journal of Food Science & Technology 416: 1-21.

Mahatheeranont, S., S. Keawsa-ard and K. Dumri. 2001. Quantification of the rice aroma compound, 2-Acetyl-1-pyrroline, in Uncooked Khao Dawk Mali 105 brown rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49: 773-779.

Ngadi, N. and N.Y. Yahya. 2014. Extraction of 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) in pandan leaves (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) via solvent extraction method: effect of solvent. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) 67(2): 51-54.

Sriseadka, T., S. Wongpornchai and P. Kitsawatpaiboon. 2006. Rapid method for quantitative analysis of the aroma impact compound, 2-acetyl-1-pyrroline, in fragrant rice using automated headspace gas chromatography. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 8183-8189.

Tulyathan, V., N. Srisupattarawanich and A. Suwanagul. 2008. Effect of rice flour coating on 2-acetyl-1-pyrroline and n-hexanal in brown rice cv. Jao Hom Supanburi during storage. Postharvest Biology and Technology 47: 367-372.

Wilson, N. and N.P. Shah. 2007. Microencapsulation of vitamins. ASEAN Food Journal 14(1): 1-14.

Winny, R. and K. Rayaguru. 2010. Chemical constituents and post-harvest prospects of *Pandanus amaryllifolius* leaves: a review. Food Reviews International 26: 230-245.

Yahya, F., T. Lu, R.C.D. Santos, P.J. Fryer and S. Bakalis. 2010. Supercritical carbon dioxide and solvent extraction of 2-acetyl-1-pyrroline from pandan leaf: the effect of pre-treatment. Journal of Supercritical Fluids 55: 200-207.

Yahya, F., P.J. Fryer and S. Bakalis. 2011. The absorption of 2-acetyl-1-pyrroline during cooking of rice (*Oryza sativa* L.) with pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) leaves). Procedia Food Science 1: 722-728.