บทที่ 4
ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาวิธีการสกัดสารหอมจากใบเตยสดและใบเตยแห้ง ที่สภาวะความดันบรรยากาศ และสุญญากาศ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการในการสกัดสารหอมจากใบเตย โดยพิจารณาปริมาณสารหอมที่สกัดได้เป็นสำคัญ โดยเฉพาะสาร 2AP ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นหอมหลักในข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพื่อนำสารสกัดที่ได้ไปใช้ในการเคลือบข้าวพันธุ์ที่ไม่หอมให้มีความหอมเทียบเคียงข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งวิธีการสกัดที่เลือกมาศึกษามี 4 วิธี คือ 1) กลั่นด้วยน้ำ 2) กลั่นด้วยไอน้ำ 3) กลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ 4) กลั่นลำดับส่วน โดยจะศึกษาการสกัดตัวอย่าง 2 แบบ คือ ใบเตยสดและใบเตยแห้ง ที่สภาวะ 2 สภาวะ คือ บรรยากาศและสุญญากาศ จากนั้นนำสารสกัดทุกตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณสารหอม 2AP ด้วยเครื่อง GC โดยค่าที่ได้จะรายงานในรูปอัตราส่วนสาร 2AP ต่อสาร 2,4,6-trimetry-pyridine (TMP) ซึ่งเป็นสารมาตรฐานภายใน (internal standard) โดยปริมาณสาร TMP จะใส่ในปริมาณที่เท่ากันในทุกตัวอย่าง ดังนั้นทุกตัวอย่างจะมีปริมาณสาร TMP ที่เท่ากัน ถ้าตัวอย่างมีปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่มากกว่าแสดงว่ามีปริมาณสาร 2AP ที่มากกว่าด้วย ซึ่งมีรายละเอียดการสกัดในแต่ละวิธีและผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหอม 2AP ดังต่อไปนี้

4.1.1 การกลั่นด้วยน้ำ

ใบเตยสด ใส่ใบเตย 40 g ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำ 200 ml ประกอบชุดกลั่นดังภาคผนวก ฉ.1 เมื่อน้ำในขวดก้นกลมเริ่มเดือด มีการผลิตไอน้ำเกิดขึ้น ไอน้ำจะพาสารหอมระเหยออกจากใบเตย และสารหอมระเหยจะเริ่มกลั่นตัวออกมา สารที่สกัดได้มีลักษณะใส ไม่มีสี ทำการกลั่นจนกระทั่งได้ปริมาณสารที่กลั่นได้ 100 ml สำหรับการกลั่นที่สภาวะบรรยากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 1 ชั่วโมง 10 นาที ส่วนการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 50 นาที

ใบเตยแห้ง ใส่ใบเตย 7 g ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำ 200 ml ประกอบชุดกลั่นดังภาคผนวก ฉ.1 เมื่อน้ำในขวดก้นกลมเริ่มเดือด มีการผลิตไอน้ำเกิดขึ้น ไอน้ำจะพาสารหอมระเหยออกจากใบเตย และสารหอมระเหยจะเริ่มกลั่นตัวออกมา สารที่สกัดได้มีลักษณะใสไม่มีสี ทำการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลั่นจนกระทั่งได้ปริมาณสารที่กลั่นได้ 100 ml สำหรับการกลั่นที่สภาวะบรรยากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 1 ชั่วโมง ส่วนการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 50 นาที

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่ได้จากการกลั่นระหว่างใช้ตัวอย่างใบเตยสดและใบเตยแห้ง (ดังแสดงในตารางที่ 4.1) พบว่า ปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่กลั่นได้จากใบเตยสดมีปริมาณอัตราส่วนที่มากกว่า และเมื่อนำไปทดสอบทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการกลั่นที่ใช้ตัวอย่างใบเตยชนิดเดียวกัน (ทั้งใบเตยสดและใบเตยแห้ง) แต่ทำการกลั่นที่สภาวะต่างกัน พบว่า การกลั่นที่สภาวะบรรยากาศมีค่าปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP มากกว่าการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ แต่เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ในส่วนของเวลาที่ใช้ในการกลั่น พบว่า เวลาที่ใช้ในการกลั่นทั้งตัวอย่างใบเตยสดและใบเตยแห้งที่กลั่นด้วยสภาวะเดียวกัน ใช้เวลาในการกลั่นไม่แตกต่างกัน แต่การกลั่นที่สภาวะสุญญากาศใช้เวลาในการกลั่นน้อยกว่าเล็กน้อย

4.1.2 การกลั่นด้วยไอน้ำ

ใบเตยสด ใส่ใบเตย 40 g ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำ 200 ml ประกอบชุดกลั่นดังภาคผนวก ฉ.2 เมื่อน้ำในขวดก้นกลมเริ่มเดือด มีการผลิตไอน้ำเกิดขึ้น ไอน้ำจะไปผ่านใบเตยที่อยู่ในขวดก้นกลมที่มีรูซึ่งจะต่ออยู่ด้านบนและพาสารหอมระเหยออกมาจากใบเตย จากนั้นสารหอมระเหยจะเริ่มกลั่นตัวออกมา สำหรับสารที่สกัดได้มีลักษณะใส ไม่มีสี ทำการกลั่นจนกระทั่งได้ปริมาณสารที่กลั่นได้ 100 ml สำหรับการกลั่นที่สภาวะบรรยากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 2 ชั่วโมง 30 นาที ส่วนการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 1 ชั่วโมง

ใบเตยแห้ง ใส่ใบเตย 7 g ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำ 200 ml ประกอบชุดกลั่นดังภาคผนวก ฉ.2.เมื่อน้ำในขวดก้นกลมเริ่มเดือด มีการผลิตไอน้ำเกิดขึ้น ไอน้ำจะไปผ่านใบเตยที่อยู่ในขวดก้นกลมที่มีรูซึ่งจะต่ออยู่ด้านบนและพาสารหอมระเหยออกมาจากใบเตย จากนั้นสารหอมระเหยจะเริ่มกลั่นตัวออกมา สารที่สกัดได้มีลักษณะใส ไม่มีสี ทำการกลั่นจนกระทั่งได้ปริมาณสารที่กลั่นได้ 100 ml สำหรับการกลั่นที่สภาวะบรรยากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 1 ชั่วโมง 30 นาที ส่วนการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 1 ชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่ได้จากการกลั่นระหว่างใช้ตัวอย่างใบเตยสดและใบเตยแห้ง (ดังแสดงในตารางที่ 4.1) พบว่า ปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่กลั่นได้จากใบเตยสดมีปริมาณอัตราส่วนที่มากกว่า และเมื่อนำไปทดสอบทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการกลั่นที่ใช้ตัวอย่างใบเตยชนิดเดียวกัน (ทั้งใบเตยสดและใบเตยแห้ง) แต่ทำการกลั่นที่สภาวะต่างกัน พบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การกลั่นที่สภาวะบรรยากาศมีค่าปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP มากกว่าการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ แต่เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในส่วนของเวลาที่ใช้ในการกลั่น พบว่า ทั้งใบเตยสดและใบเตยแห้งที่กลั่นที่สภาวะสุญญากาศ ใช้เวลาในการกลั่นไม่แตกต่างกัน แต่การกลั่นที่สภาวะบรรยากาศใบเตยสดใช้เวลาในการกลั่นมากกว่าใบเตยแห้ง

4.1.3 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ

ใบเตยสด ใส่ใบเตย 40 g ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำ 200 ml และขวดก้นกลมอีกขวดเติมน้ำ 200 ml ประกอบชุดกลั่นดังภาคผนวก ฉ.3 เมื่อน้ำในขวดก้นกลมทั้ง 2 เริ่มเดือด มีการผลิตไอน้ำเกิดขึ้น ไอน้ำจากขวดก้นกลมทั้ง 2 ขวด จะช่วยกันพาสารหอมระเหยออกมาจากใบเตย และสารหอมระเหยจะเริ่มกลั่นตัวออกมา สารที่สกัดได้มีลักษณะใส ไม่มีสี ทำการกลั่นจนกระทั่งได้ปริมาณสารที่กลั่นได้ 100 ml สำหรับการกลั่นที่สภาวะบรรยากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 1 ชั่วโมง 30 นาที ส่วนการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 45 นาที

ใบเตยแห้ง ใส่ใบเตย 7 g ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำ 200 ml และขวดก้นกลมอีกขวดเติมน้ำ 200 ml ประกอบชุดกลั่นดังภาคผนวก ฉ.3 เมื่อน้ำในขวดก้นกลมทั้ง 2 เริ่มเดือด มีการผลิตไอน้ำเกิดขึ้น ไอน้ำจากขวดก้นกลมทั้ง 2 ขวด จะช่วยกันพาสารหอมระเหยออกมาจากใบเตย และสารหอมระเหยจะเริ่มกลั่นตัวออกมา สารที่สกัดได้มีลักษณะใส ไม่มีสี ทำการกลั่นจนกระทั่งได้ปริมาณสารที่กลั่นได้ 100 ml สำหรับการกลั่นที่สภาวะบรรยากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 1 ชั่วโมง 30 นาที ส่วนการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 45 นาที

เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการกลั่นกับวิธีการอื่นแล้ว พบว่าการกลั่นด้วยวิธีนี้ใช้เวลาในการกลั่นน้อยที่สุด แต่ปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ก็น้อยกว่าวิธีการอื่นด้วย เนื่องมาจากวิธีในการกลั่นนั้นใช้ปริมาณน้ำทั้งหมดในการกลั่น 400 ml ในขณะที่วิธีการอื่นใช้ปริมาณน้ำทั้งหมดเพียง 200 ml จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการกลั่นเพื่อให้ได้ปริมาณสารที่กลั่นได้ 100 ml นั้นน้อยกว่า ส่งผลให้มีปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP น้อยกว่าด้วย และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่ได้จากการกลั่นระหว่างใช้ตัวอย่างใบเตยสดและใบเตยแห้ง (ดังแสดงในตารางที่ 4.1) พบว่า ปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่กลั่นได้จากใบเตยสดมีปริมาณอัตราส่วนที่มากกว่า และเมื่อนำไปทดสอบทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการกลั่นที่ใช้ตัวอย่างใบเตยชนิดเดียวกัน (ทั้งใบเตยสดและใบเตยแห้ง) แต่ทำการกลั่นที่สภาวะต่างกัน พบว่า การกลั่นที่สภาวะบรรยากาศมีค่าปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP มากกว่าการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ แต่เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในส่วนของเวลาที่ใช้ในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลั่น พบว่าใบเตยสดและใบเตยแห้งที่กลั่นที่สภาวะเดียวกัน ใช้เวลาในการกลั่นไม่แตกต่างกัน แต่การกลั่นที่สภาวะสุญญากาศใช้เวลาในการกลั่นน้อยกว่าเล็กน้อย

4.1.4 การกลั่นลำดับส่วน

ใบเตยสด ใส่ใบเตย 40 g ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำ 200 ml ประกอบชุดกลั่นดังภาคผนวก ฉ.4 เมื่อน้ำในขวดก้นกลมเริ่มเดือด มีการผลิตไอน้ำเกิดขึ้น ไอน้ำจะพาสารหอมระเหยออกจากใบเตย และสารหอมระเหยจะเริ่มกลั่นตัวออกมา สารที่สกัดได้มีลักษณะใส ไม่มีสี ทำการกลั่นจนกระทั่งได้ปริมาณสารที่กลั่นได้ 100 ml สำหรับการกลั่นที่สภาวะบรรยากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 2 ชั่วโมง 30 นาที ส่วนการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 1 ชั่วโมง

ใบเตยแห้ง ใส่ใบเตย 7 g ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำ 200 ml ประกอบชุดกลั่นดังภาคผนวก ฉ.4 เมื่อน้ำในขวดก้นกลมเริ่มเดือด มีการผลิตไอน้ำเกิดขึ้น ไอน้ำจะพาสารหอมระเหยออกจากใบเตย และสารหอมระเหยจะเริ่มกลั่นตัวออกมา สารที่สกัดได้มีลักษณะใส ไม่มีสี ทำการกลั่นจนกระทั่งได้ปริมาณสารที่กลั่นได้ 100 ml สำหรับการกลั่นที่สภาวะบรรยากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 1 ชั่วโมง 30 นาที ส่วนการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ ใช้เวลาทั้งหมดในการกลั่น 1 ชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่ได้จากการกลั่นระหว่างใช้ตัวอย่างใบเตยสดและใบเตยแห้ง (ดังแสดงในตารางที่ 4.1) พบว่า ปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่กลั่นได้จากใบเตยสดมีปริมาณอัตราส่วนที่มากกว่า และเมื่อนำไปทดสอบทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการกลั่นที่ใช้ตัวอย่างใบเตยชนิดเดียวกัน (ทั้งใบเตยสดและใบเตยแห้ง) แต่ทำการกลั่นที่สภาวะต่างกัน พบว่าการกลั่นที่สภาวะบรรยากาศมีค่าปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP มากกว่าการกลั่นที่สภาวะสุญญากาศ แต่เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ในส่วนของเวลาที่ใช้ในการสกัด พบว่าใบเตยสดและใบเตยแห้งที่กลั่นที่สภาวะเดียวกันใช้เวลาในการกลั่นไม่แตกต่างกัน แต่การกลั่นที่สภาวะสุญญากาศใช้เวลาในการกลั่นน้อยกว่าเล็กน้อย

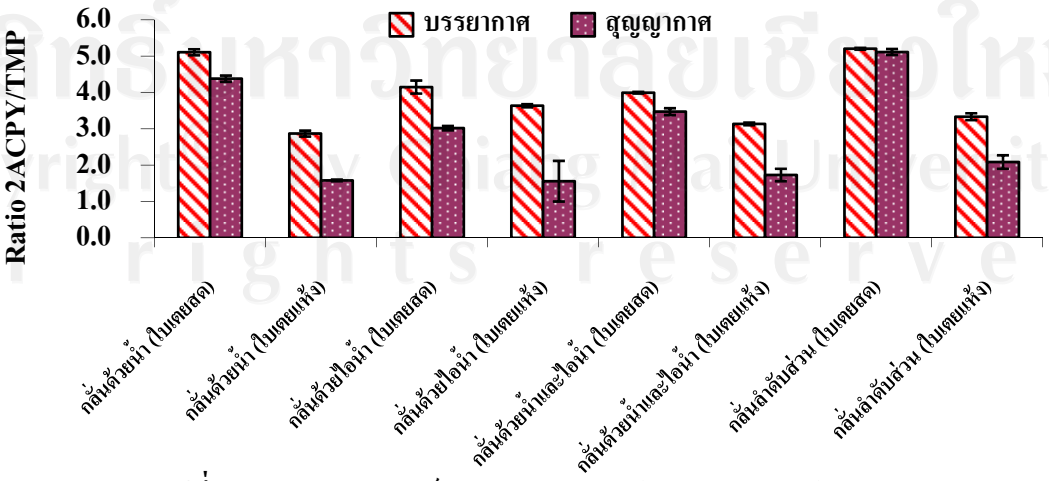
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ในสารสกัดจากใบเตยด้วยวิธีการสกัดที่แตกต่างกันดังกล่าวในข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่าง 2 ชนิด คือ ใบเตยสดและใบเตยแห้ง โดยส่วนใหญ่แล้วสารสกัดจากใบเตยสดและใบเตยแห้งมีปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาดูที่ค่าปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP พบว่าในใบเตยสดมีค่าอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่มากกว่าใบเตยแห้ง ทั้งนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องมาจากใบเตยแห้งจะผ่านขั้นตอนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ซึ่งเป็นการทำแห้งโดยการทำให้ของแข็งกลายเป็นไอโดยที่ไม่ละลาย (การระเหิด) โดยน้ำที่อยู่ในใบเตยจะถูกทำให้แข็งอย่างช้าๆ ในอุปกรณ์แช่แข็ง จากนั้นจึงทำการระเหิดภายใต้ความดันสูง และร้อน และไอที่เกิดขึ้นจะถูกดูดกลับให้ไปควบแน่นในคอยล์เย็น ซึ่งสาร 2AP อาจมีการระเหยไปพร้อมกับไอที่เกิดขึ้นได้ เพราะโดยคุณสมบัติทั่วไปของสาร 2AP จะเป็นสารที่มีความไม่เสถียรและระเหยได้ง่าย (ทินกร, 2548) ดังนั้นอาจทำให้สาร 2AP เกิดการสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการดังกล่าวได้ ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวิมล (2526) ที่พบว่าปริมาณสารสกัดที่ได้จากการสกัดใบเตยสดจะมีค่ามากกว่าที่ได้จากการสกัดใบเตยที่ทำแห้งด้วยการตากในที่ร่มและตากแดด

เมื่อเปรียบเทียบสภาวะในการสกัด คือ สภาวะบรรยากาศและสภาวะสุญญากาศ พบว่า ที่สภาวะสุญญากาศอาจทำให้เวลาที่ใช้ในการสกัดน้อยลง แต่ไม่ทำให้มีปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แม้ว่าเมื่อพิจารณาดูที่ค่าปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่สภาวะบรรยากาศจะมีค่ามากกว่าที่สภาวะสุญญากาศเล็กน้อย ซึ่งก็เนื่องจากการสกัดที่สภาวะสุญญากาศมีการใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศโดยการปั๊มอากาศในระบบออกเพื่อทำให้เกิดเป็นสภาวะสุญญากาศ ซึ่งในระหว่างการปั๊มอากาศออกอาจทำให้สาร 2AP ถูกดูดออกมาพร้อมกับอากาศด้วย ทำให้ปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่ได้มีค่าที่น้อยกว่า

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการในการสกัดใบเตย พบว่า ปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ที่สกัดด้วยวิธีการกลั่นลำดับส่วนให้ปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP มากที่สุด และมีความแตกต่างจากการสกัดด้วยวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในงานวิจัยนี้จึงเลือกการสกัดวิธี การกลั่นลำดับส่วน ตัวอย่างที่เลือกคือใบเตยสด และสภาวะที่เลือกคือสภาวะบรรยากาศ เพื่อใช้ในการสกัดสารหอมจากใบเตยเพื่อใช้ในการผลิตข้าวเคลือบสารหอมต่อไป



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ในสารสกัดจากใบเตย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ในสารสกัดจากใบเตย

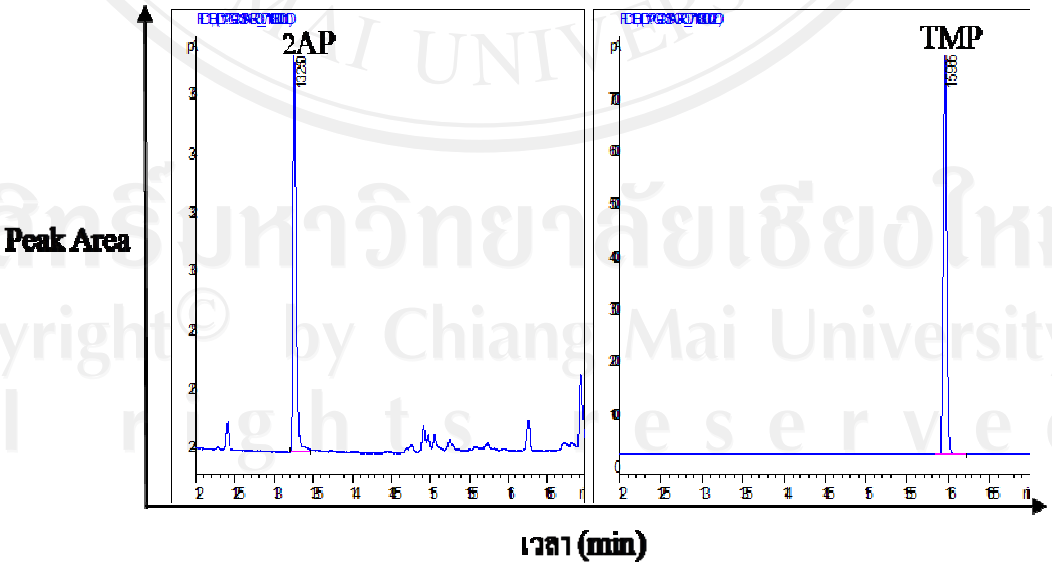
วิธีการกลั่น	ชนิดตัวอย่าง	สภาวะการสกัด	Ratio 2AP/TMP
กลั่นด้วยน้ำ	ใบเตยสด	บรรยากาศ	5.12±1.08[b]
		สุญญากาศ	4.38±0.09[b]
	ใบเตยแห้ง	บรรยากาศ	2.87±0.08[b]
		สุญญากาศ	1.58±0.02[b]
กลั่นด้วยไอน้ำ	ใบเตยสด	บรรยากาศ	4.15±0.18[b]
		สุญญากาศ	3.02±0.06[b]
	ใบเตยแห้ง	บรรยากาศ	3.64±0.06[b]
		สุญญากาศ	1.56±0.56[b]
กลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ	ใบเตยสด	บรรยากาศ	3.99±0.02[b]
		สุญญากาศ	3.47±0.10[b]
	ใบเตยแห้ง	บรรยากาศ	3.14±0.04[b]
		สุญญากาศ	1.73±0.04[b]
กลั่นลำดับส่วน	ใบเตยสด	บรรยากาศ	5.20±0.53[a]
		สุญญากาศ	5.11±0.98[a]
	ใบเตยแห้ง	บรรยากาศ	3.33±0.09[a]
		สุญญากาศ	2.07±0.19[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

รูปภาพที่ 4.3 และ 4.4 แสดงถึงโครมาโตรแกรมของสาร 2AP และสารละลายมาตรฐาน TMP ของสารที่สกัดได้จากใบเตยสดและใบเตยแห้งตามลำดับ พบว่าเวลารีเทนชั่นของสาร 2AP ในสารที่สกัดได้จากใบเตยสดและใบเตยแห้งมีค่าตรงกัน คืออยู่ในช่วง 13.23-13.25 นาที และของสารละลายมาตรฐาน TMP มีเวลารีเทนชั่นอยู่ในช่วง 15.96-15.98 นาที และเพื่อเป็นการยืนยันว่าที่เวลารีเทนชั่นดังกล่าวเป็นของสาร 2AP และ TMP จริงหรือไม่ จึงมีการลองฉีดวัดสารที่สกัดได้จากใบเตยอย่างเดียวและสารละลายมาตรฐาน TMP อย่างเดียว พบว่าเวลารีเทนชั่น ของสาร 2AP และ TMP อยู่ที่ 13.25 และ 15.96 นาที ตามลำดับ (ดังแสดงในรูปที่ 4.2) ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าที่

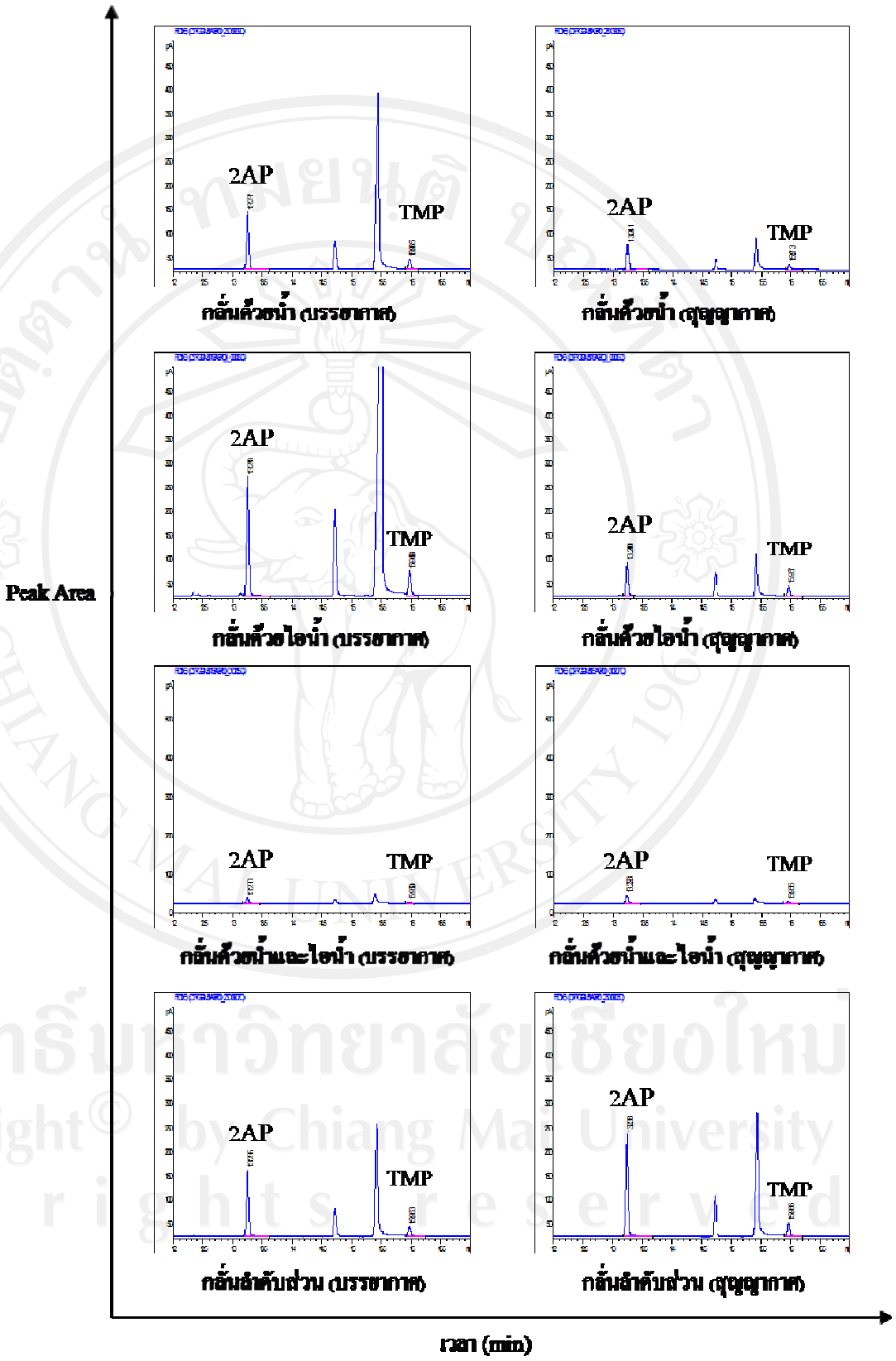
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วงเวลาเวลารีเทนชั่นดังกล่าวเป็นของสาร 2AP และ TMP จริง และพบว่าเวลารีเทนชั่นของสาร 2AP จะเร็วกว่าของสารละลายมาตรฐาน TMP ซึ่งจากงานวิจัยหลายๆงาน จะพบว่าเวลารีเทนชั่นของทั้งสาร 2AP และ TMP มีเวลารีเทนชั่นที่ออกมาแตกต่างกันไป เนื่องจากสภาวะในการวิเคราะห์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองของแต่ละงานวิจัยนั้นอาจมีความแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้ค่าเวลารีเทนชั่นที่ได้แตกต่างกันดังกล่าวได้ และเมื่อมีการลองฉีดสาร 2AP อย่างเดียวและสารละลายมาตรฐาน TMP อย่างเดียว ก็พบว่าที่เวลารีเทนชั่นที่คาดว่าจะเป็นของสารทั้ง 2 ชนิดนั้นเป็นเวลาช่วงเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ Laksanalamai and Ilangantileke (1993) พบว่าเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ในสารสกัดใบเตยและข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่อง GC พบว่า สารสกัดใบเตยมีเวลารีเทนชั่นของสาร 2AP อยู่ที่ 5.47 และของสารละลายมาตรฐาน TMP อยู่ที่ 7.14 และในข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าเวลารีเทนชั่นของสาร 2AP อยู่ที่ 5.59 และของสารละลายมาตรฐาน TMP อยู่ที่ 7.59 พรเทพ (2548) พบว่าเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่อง GC พบว่าเวลารีเทนชั่นของสาร 2AP อยู่ที่ 16.63 และของสารละลายมาตรฐาน TMP อยู่ที่ 18.90 ทินกร (2548) พบว่าเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่อง GC พบว่าเวลารีเทนชั่นของสาร 2AP อยู่ที่ 33.10 และของสารละลายมาตรฐาน TMP อยู่ที่ 48.83 ซึ่งในทุกงานวิจัยล้วนแล้วแต่แสดงให้เห็นว่ามีเวลารีเทนชั่นที่แตกต่างกันไป และค่าเวลารีเทนชั่นของสาร 2AP จะเร็วกว่าของสารละลายมาตรฐาน TMP แต่ทุกงานวิจัยก็ยืนยันว่าค่าที่ได้เป็นของสาร 2AP และสารละลายมาตรฐาน TMP จริง



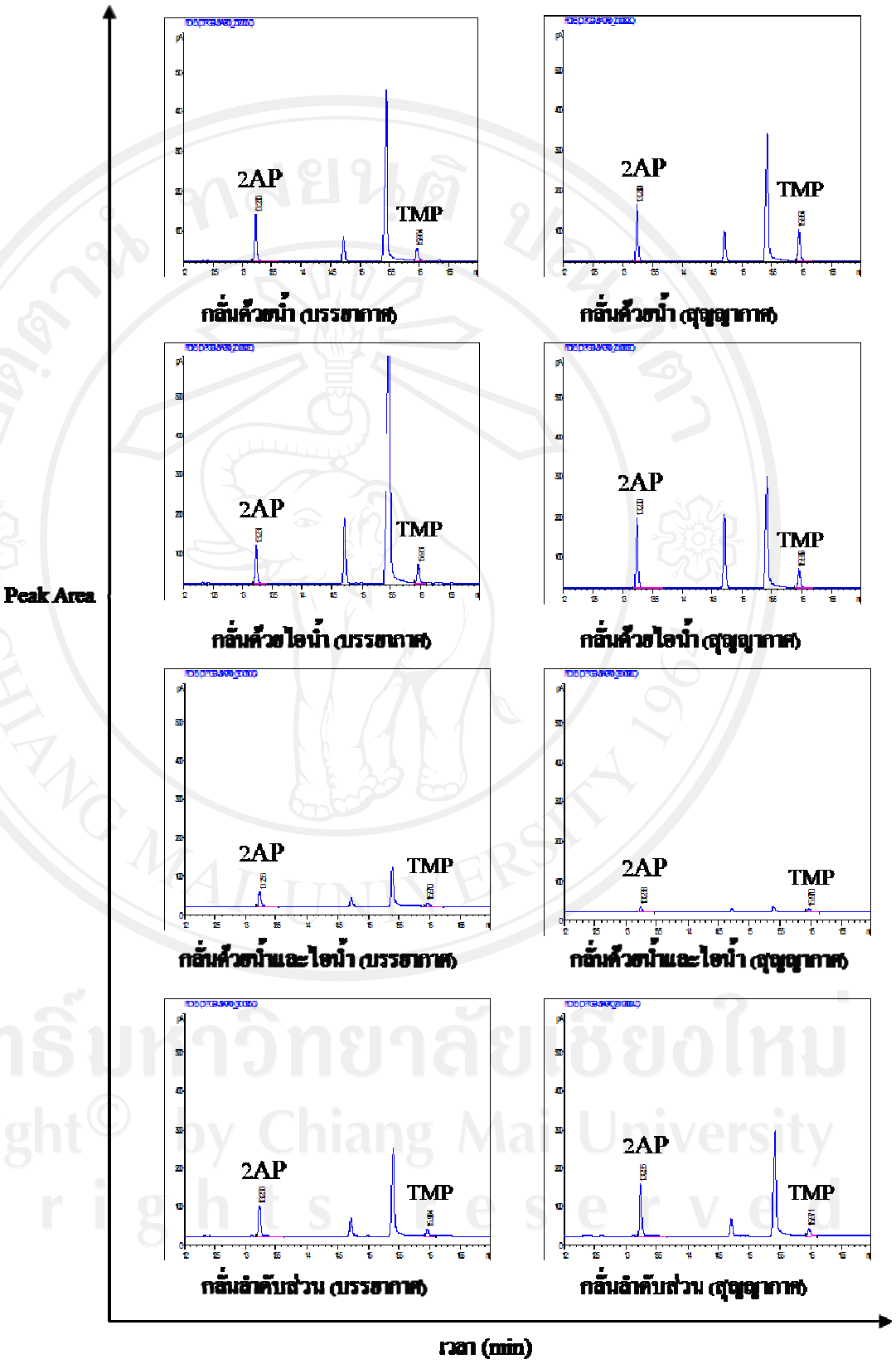
รูปที่ 4. 2 Chromatogram ของสาร 2AP และสารละลายมาตรฐาน TMP

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4. 3 Chromatogram ของสารหอมที่สกัดได้จากใบเตยสด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.4 Chromatogram ของสารหอมที่สกัดได้จากใบเตยแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ศึกษาการผลิตข้าวขาวเคลือบสารหอมและทำให้แห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน

ตัวอย่างข้าวขาวที่ใช้ในการเคลือบ คือ ข้าวพันธุ์ชัยนาท จากอำเภอสันป่าตอง จ.เชียงใหม่ วิธีการจะทำการเก็บกักสารหอมระเหยที่สกัดได้จากใบเตยด้วยเทคนิคเอนแคปซูเลชัน โดยผสมสารหอมกับสาร wall material โดยใช้อัตราส่วนสาร wall material:สารหอมระเหย เท่ากับ 75:25 ซึ่งสาร wall material เตรียมได้จากการผสม gum acacia และ maltodextrins ซึ่งมีอัตราส่วน 70:30 ผสมกับน้ำให้ได้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง 33 % (gram dry weight per 100 ml solution) จากนั้นนำมาฉีดพ่นละอองฝอยเคลือบบนผิวข้าวที่ถูกพ่นลมร้อนด้วยเครื่องฟลูอิไดเบด ตั้งอุณหภูมิที่ 60 ˚C เป็นเวลา 30 นาที เมื่อได้ข้าวเคลือบสารหอมแล้วจึงนำไปวัดค่าปริมาณความชื้น วิเคราะห์ปริมาณสารหอม ค่าสีและนำไปคำนวณหาค่าดัชนีความขาว (white index) ลักษณะเนื้อสัมผัส และ ค่าความหนืด โดยการวัดทุกค่ายกเว้นการวิเคราะห์ปริมาณสารหอม จะเปรียบเทียบกับข้าวชัยนาทซึ่งไม่ผ่านกระบวนการเคลือบสารหอมและข้าวขาวดอกมะลิ 105 ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณสารหอมจะเปรียบเทียบกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างเดียว

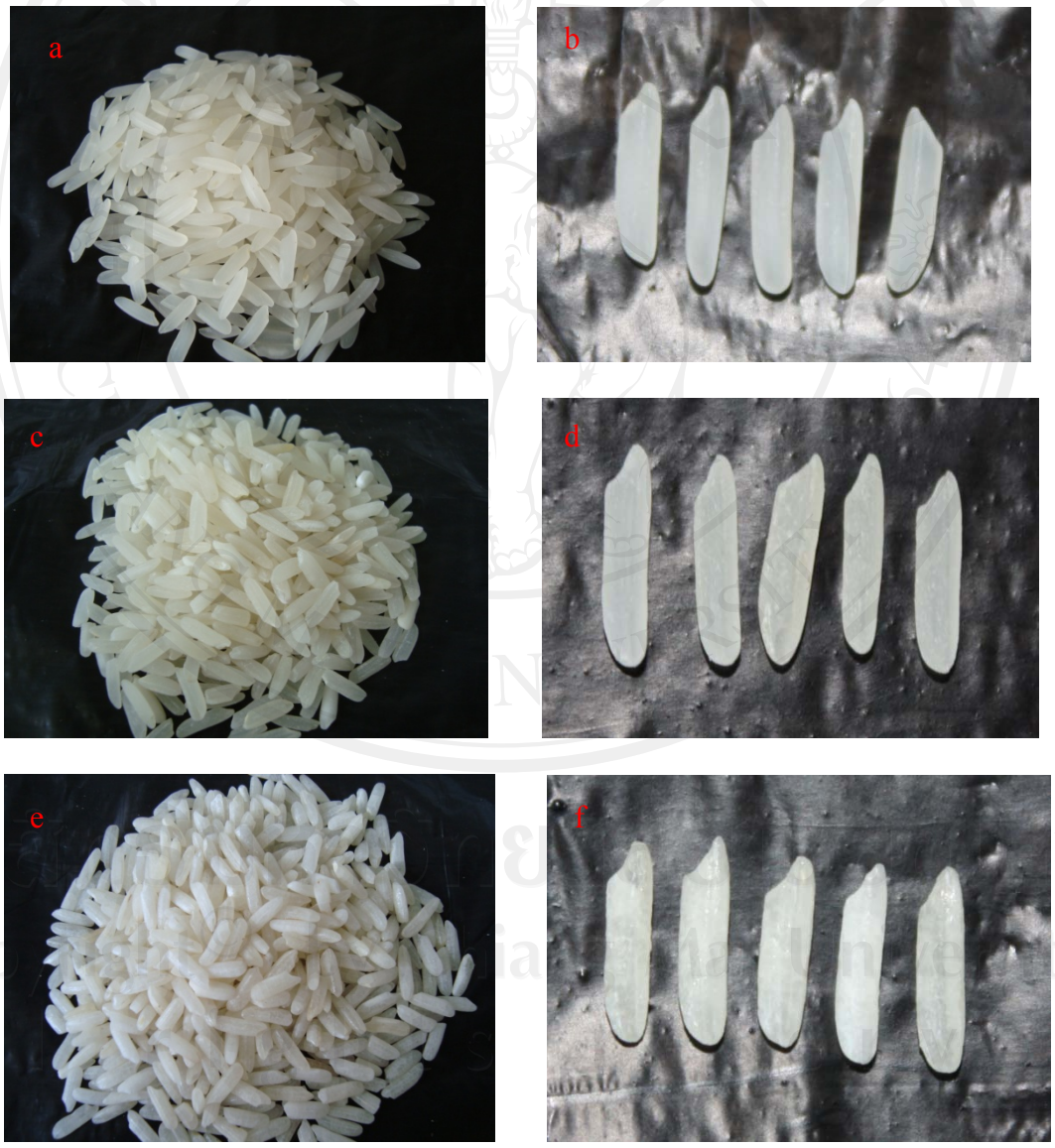
4.2.1 ผลการวัดปริมาณความชื้นและปริมาณสารหอมของข้าวเคลือบสารหอม

ผลการวัดปริมาณความชื้นของข้าวเคลือบสารหอม (ดังแสดงในตารางที่ 4.2) พบว่าความชื้นของข้าวหลังจากผ่านกระบวนการเคลือบและอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดเบด มีปริมาณความชื้นลดลงจาก 10.94±0.04 % ที่ความชื้นข้าวชัยนาทเริ่มต้น เหลืออยู่ที่ 7.19±0.03 % เนื่องจากข้าวผ่านการเคลือบด้วยสาร wall material และผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดเบด ซึ่งมีการพ่นลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 ˚C เป็นเวลา 30 นาที โดยที่การเคลือบด้วยสาร wall material อาจทำให้ข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้นแต่เมื่อผ่านการทำแห้งด้วยการพ่นลมร้อนที่อุณหภูมิและเวลาดังกล่าว ทำให้ค่าความชื้นของข้าวลดลงแต่ก็ไม่ทำให้ความชื้นของข้าวต่ำกว่าความชื้นของข้าวสารโดยทั่วไป ซึ่งค่าความชื้นของข้าวสารโดยทั่วไปควรจะอยู่ที่ 7-10 % และเมื่อนำข้าวเคลือบสารหอมไปวัดปริมาณสารหอมเปรียบเทียบกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ข้าวเคลือบสารหอมมีปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP เท่ากับ 0.15 ซึ่งถือได้ว่ามีปริมาณความหอมที่เทียบเคียงกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 0.17 แสดงให้เห็นว่าการนำตัวอย่างข้าวขาวพันธุ์ชัยนาทมาเคลือบด้วยสารหอมที่สกัดได้จากใบเตยด้วยวิธีการเคลือบดังกล่าวในข้างต้น สามารถทำให้ได้ข้าวเคลือบสารหอมที่มีปริมาณความหอมที่เทียบเคียงกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดปริมาณความชื้นและปริมาณสารหอมของข้าวเคลือบสารหอม

ตัวอย่าง	% Moisture	Ratio 2AP/TMP
ข้าวเคลือบ	7.19±0.03	0.15±0.05
ข้าวชัยนาท	10.94±0.04	-
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	11.46±0.10	0.17±0.06



รูปที่ 4.5 ลักษณะของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 (a, b) ข้าวชัยนาท (c, d) และข้าวเคลือบสารหอม(e, f)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปภาพที่ 4.5 แสดงถึงลักษณะของข้าวชัยนาทที่ผ่านการเคลือบสารหอม เปรียบเทียบกับข้าวชัยนาทที่ไม่ผ่านการเคลือบและข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะเห็นได้ว่าข้าวที่ผ่านการเคลือบผิวจะมีลักษณะสีขาวขุ่นสีออกน้ำตาลเล็กน้อย เมล็ดข้าวมีรอยแตกร้าว ซึ่งเป็นผลมาจากข้าวได้รับความร้อนจากการเป่าด้วยลมร้อนของเครื่องฟลูอิไดเบด และถูกเคลือบด้วยสาร wall material ซึ่งตัวสารมีลักษณะสีน้ำตาลเนื่องจากมีส่วนประกอบของ acacia gum ทำให้สาร wall material มีลักษณะสีน้ำตาล และอาจเกิดจากเกิดปฏิกิริยา caramelization ของน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดสีน้ำตาลที่ผิวของเมล็ดข้าวได้ (Quintas *et al*., 2007) และการที่เมล็ดข้าวมีรอยแตกร้าว ซึ่งอนลลักษณ์ (2546) กล่าวว่า การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ผิวของเมล็ดข้าวแตกเป็นรอยมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ เกิดขึ้น จึงทำให้เห็นเมล็ดข้าวมีลักษณะรอยแตกร้าวดังกล่าว นอกจากนั้นยังเกิดลักษณะจุดสีขาวขุ่นตรงบริเวณใจกลางของเมล็ด ซึ่ง Soponronnarit *et al*. (2006) รายงานว่าการเกิดเป็นจุดสีขาวขุ่นตรงบริเวณใจกลางของเมล็ดข้าว หรือที่เรียกว่า white belly เป็นผลเนื่องมาจากการเกิดเจลาติไนเซชันที่ไม่สมบูรณ์ของเม็ดแป้งในเมล็ดข้าว ทำให้เกิดเป็นลักษณะจุดสีขาวขุ่นซึ่งจะเกิดบริเวณใจกลางของเมล็ดข้าว ซึ่งการเคลือบข้าวด้วยสารหอมและอบแห้งด้วยลมร้อน อาจทำให้ข้าวเกิดการเจลาติไนเซชันที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากได้รับความร้อนแต่มีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอ จึงอาจทำให้เกิดลักษณะดังกล่าวได้

4.2.2 ผลการวัดค่าสีของข้าวเคลือบสารหอม

ผลการวัดสี (ดังแสดงในตารางที่ 4.3) พบว่าเมื่อข้าวเคลือบผ่านกระบวนการเคลือบและอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดเบด จะทำให้ทั้ง ค่า L*, ค่า a*, และค่า b* มีค่าลดลง ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่าเมื่อข้าวผ่านกระบวนการให้ความร้อน เมล็ดข้าวจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้พันธะไฮโดรเจนของสายอะไมโลส และอะไมโลเพคตินในเมล็ดข้าวอ่อนแอลง เกิดการคลายตัวออกและเริ่มดูดซับน้ำ (อนลลักษณ์, 2546) หรือที่เรียกว่าเกิดเจลาติไนเซชัน การเกิดเจลาติไนเซชันจะสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อมีปริมาณน้ำที่มากเพียงพอและได้รับความร้อน ซึ่งในกรณีที่มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอจึงทำให้เกิด เจลาติไนเซชันที่ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้เมล็ดข้าวเกิดมีลักษณะจุดสีขาวขุ่นตรงบริเวณใจกลางของเมล็ดข้าว (Soponronnarit *et al*., 2006) ดังแสดงให้เห็นในรูป 4.5 ซึ่งอาจส่งผลให้ข้าวมีค่าความสว่างลดลงดังกล่าว และทำให้ค่าดัชนีความขาว (White index) ของข้าวที่มีค่าลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งให้ผลการทดลองคล้ายกับ Soponronnarit *et al*. (2006) พบว่าเมื่ออบแห้งข้าวด้วยฟลูอิไดเบดทำให้ค่าความขาวของข้าวมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านการอบแห้ง นอกจากนั้น Chanpagen (1996) และ Chanpagen *et al*. (1997) พบว่าการอบแห้งข้าวนอกจากจะส่งผลให้ค่าปริมาณความชื้นของข้าวลดลง ส่งผลต่อกลิ่นหอมในข้าว และยังมีอิทธิพลต่อค่าความขาว (whiteness) ของเมล็ดข้าว ซึ่งผลกระทบของการอบแห้งต่อคุณสมบัติของข้าวจะมากหรือน้อยก็

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าวด้วย และเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ข้าวเคลือบสารหอมและข้าวชัยนาทมีค่าสีที่แตกต่างจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างชัดเจนคือมีค่าน้อยกว่า ซึ่งนั่นก็เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวต่างชนิดกันกับข้าวเคลือบสารหอมและข้าวชัยนาท จึงทำให้ค่าสีที่ได้แตกต่างกันดังกล่าว

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดค่า L*, a*, b* และ White index ของข้าวเคลือบสารหอม

ตัวอย่าง	L*	a*	b*	White index
ข้าวเคลือบ	0.93±0.02	3.33±0.02	1.61±0.04	0.86
ข้าวชัยนาท	7.94±0.02	8.57±0.06	12.94±0.05	6.64
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	17.20±0.01	5.35±0.03	21.78±0.05	14.21

4.2.3 ผลการวัดลักษณะทางเนื้อสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอม

ผลการวัดลักษณะทางเนื้อสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอม (ดังแสดงในตารางที่ 4.4) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวชัยนาทที่ไม่ผ่านกระบวนการเคลือบสารหอมและอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดเบด พบว่า ค่าความแข็ง (hardness) ของข้าวมีค่าลดลง จาก 86.08±1.07 N เหลือ 73.96±2.29 N ซึ่งอาจเกิดจากการทำแห้งข้าวด้วยลมร้อน เมล็ดข้าวจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้พันธะไฮโดรเจนของสายอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในเมล็ดข้าวอ่อนแอลง เกิดการคลายตัวออกและเริ่มดูดซับน้ำ หรือเกิดเจลาติไนเซชันเกิดขึ้นแต่ไม่สมบรูณ์ (อนลลักษณ์, 2546; Soponronnarit *et al.*, 2006) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเมล็ดข้าวดังกล่าวส่งผลให้ค่าความแข็งของข้าวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ไกรสีห์และคณะ (2549) ที่พบว่า เมื่อเพิ่มความร้อนและระยะเวลาในการอบแห้งแก่ข้าวสาร จะทำให้ค่าความแข็ง การคงสภาพของเมล็ด การยืดหยุ่นสู่สภาพเดิม และค่าของแรงที่ใช้บดเคี้ยว ของข้าวสารมีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นข้าวเคลือบซึ่งผ่านกระบวนการเคลือบและอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดเบด ซึ่งมีการได้รับความร้อน จึงทำให้ค่าความแข็งที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากข้าวชัยนาทที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และยังพบว่าค่าความแข็งของข้าวชัยนาทสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 เนื่องมาจากข้าวชัยนาทและข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวต่างชนิดกันซึ่งจะทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันด้วย โดยเฉพาะปริมาณอะไมโลส ซึ่งปริมาณอะไมโลสในข้าวจะทำให้ข้าวมีลักษณะที่ร่วนและแข็ง (จริยาพร, 2544) ข้าวชัยนาทเป็นข้าวชนิดที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (25-35 %) ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวชนิดที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (<20 %) จึงทำให้ข้าวชัยนาทมีความแข็งมากกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกจากนั้นการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ผิวของเมล็ดข้าวแตกเป็นรอยมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหลังการหุงสุกต่อไป เนื่องจากในขณะหุงน้ำจะซึมเข้าไปในส่วนที่เป็นรอยแตกทำให้สารต่างๆในข้าวซึมออกมาส่งผลต่อความนุ่มความเหนียวของข้าว (อนลลักษณ์, 2546) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Mullenet *et al*. (1998) พบว่าการอบแห้งข้าวที่อุณหภูมิสูง (54.3 ˚C) ส่งผลให้เมล็ดข้าวสุกที่ได้มีลักษณะอ่อนนุ่มมากขึ้นและยังทำให้ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันของข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอม

ตัวอย่าง	Hardness (N)
ข้าวเคลือบ	73.96±0.23
ข้าวชัยนาท	86.08±0.11
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	77.13±0.23

4.2.4 ผลการวัดค่าความหนืด RVAของข้าวเคลือบสารหอม

ผลการวัดค่าความหนืดของข้าวเคลือบสารหอม (ดังแสดงในตารางที่ 4.5) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวชัยนาทที่ไม่ผ่านกระบวนการเคลือบสารหอม ข้าวที่ผ่านกระบวนการเคลือบสารหอมและอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดเบด จะทำให้ ค่าความหนืดสูงสุด (Peak1) ค่าความคงทนต่อการกวน (Trough1) ความหนืดสุดท้ายของการทดสอบ (Final Visc) และความหนืดกลับคืนจากความความคงทนต่อการกวน (Setback) ของข้าวมีค่าลดลง สำหรับค่าช่วงความหนืดลดลง (Breakdown) และเวลาที่ความหนืดสูงสุด (Peak Time) และค่าอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด (Pasting Temp) ของข้าวไม่มีการเปลี่ยนแปลง Whalen (2001) อธิบายถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวซึ่งมีสตาร์ชหรือเม็ดแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ว่าโดยทั่วไปเม็ดแป้งจะไม่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 ˚C เมื่อน้ำแป้งข้าวได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิวิกฤต (critical temperature) เม็ดแป้งจะเริ่มดูดซึมน้ำและขยายตัวขึ้นหลายเท่าของขนาดเดิม เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิวิกฤต (ให้ความร้อนน้ำแป้งจนถึงอุณหภูมิประมาณ 95 ˚C) จนทำให้โครงสร้างของเม็ดแป้งเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับไม่ได้ หรือเรียกว่าเกิดเจลาติไนเซชัน ซึ่งในขณะที่เม็ดแป้งพองตัวจะมีความหนืดเกิดขึ้นและเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของเม็ดแป้งที่มีในแป้งตัวอย่าง เนื่องจากข้าวเคลือบสารหอมคือข้าวชัยนาทที่ผ่านกระบวนการเคลือบและอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดเบด จึงถือได้ว่าข้าวเคลือบสารหอมและข้าวชัยนาทเป็นข้าวชนิดเดียวกัน แต่ข้าวเคลือบสารหอมจะผ่านกระบวนการเคลือบและอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดเบด ข้าวจะได้รับความร้อนจึงทำให้เม็ดแป้งในข้าวเกิดเจลาติไนเซชันไปบางส่วนในระหว่างกระบวนการดังกล่าว (นิธิยา,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

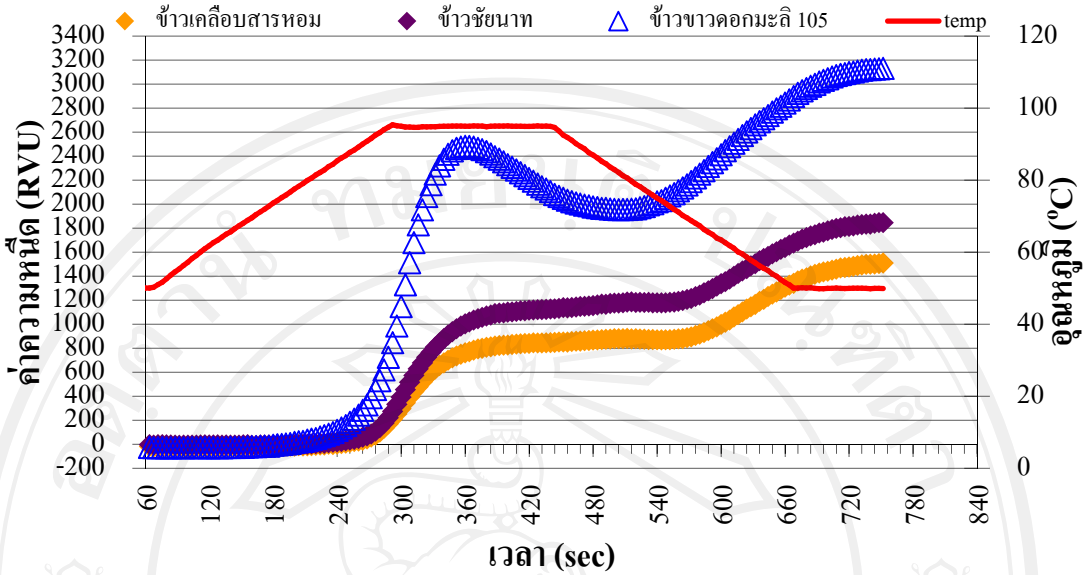
2545) ค่าความหนืดที่วัดได้จึงเป็นค่าความหนืดเนื่องจากการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งที่เหลือที่ยังไม่เกิดเจลาติไนเซชัน จึงทำให้ค่าความหนืดสูงสุด ความคงทนต่อการกวน ความหนืดสุดท้ายของการทดสอบ และความหนืดกลับคืนจากความหนืดสูงสุด ของข้าวเคลือบสารหอมมีค่าน้อยกว่าของข้าวชัยนาท

สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าค่าความหนืดกลับคืนจากความหนืดสูงสุด เวลาที่ความหนืดสูงสุด และค่าอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด มีค่าน้อยกว่าของข้าวเคลือบสารหอมและข้าวชัยนาท ส่วนค่าความหนืดสูงสุด ความคงทนต่อการกวน ช่วงความหนืดลดลง และความหนืดสุดท้ายของการทดสอบ มีค่ามากกว่าข้าวชัยนาทและข้าวเคลือบสารหอม ซึ่งก็เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวชนิดที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าข้าวชัยนาท รุ่งทิวาและคณะ (2549) กล่าวว่าอุณหภูมิที่สารละลายเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดของเม็ดแป้งในข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง จะมีค่าสูงกว่าในข้าวพันธุ์ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ ซึ่งอธิบายได้ว่าเป็นผลมาจากโครงสร้างอะไมโลสของเม็ดแป้งสามารถที่จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไขมันทำให้โมเลกุลอะไมโลสมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบเกลียวม้วน ส่งเสริมให้เม็ดแป้งมีโครงสร้างที่มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไขมันได้มากกว่า ส่งผลให้อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืดของสารละลายเม็ดแป้งในกลุ่มที่มีปริมาณอะไมโลสสูงมีค่าสูงกว่า (Jane *et al*., 1999; Yoshimoto *et al*., 2000) ซึ่งการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสกับไขมันมีผลไปยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้ง (Tester and Morrison, 1990) จึงส่งผลทำให้ค่าความหนืดสูงสุดของเม็ดแป้งข้าวในกลุ่มที่มีอะไมโลสสูงมีค่าต่ำกว่าข้าวกลุ่มที่มีอะไมโลสต่ำ

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดค่าความหนืดของข้าวเคลือบสารหอม

Properties	ข้าวชัยนาท	ข้าวเคลือบสารหอม	ข้าวขาวดอกมะลิ 105
Peak 1	1116.75±2.63	840.75±1.01	2494.75±1.51
Trough 1	1117.00±2.70	840.50±1.07	1951.50±1.55
Breakdown	0.25±1.43	0.25±1.40	543.25±1.79
Final Visc	1846.00±1.73	1509.25±1.32	3131.00±1.56
Setback	729.25±1.60	668.50±1.39	636.25±1.73
Peak Time	6.98±0.03	6.95±0.06	6.03±0.17
Pasting Temp	92.21±0.73	92.88±0.40	89.20±1.41

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.6 ผลการวัดค่าความหนืดของข้าวเคลือบสารหอม

4.3 ศึกษาการผลิตข้าวขาวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์

นำข้าวที่ผ่านการเคลือบสารหอมมาบรรจุในซองรีทอร์ทเพาช์ปริมาณ 150 g จากนั้น เติมน้ำด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 7 ระดับ คือ 1:0.5, 1:0.75, 1:1, 1:1.25, 1:1.5, 1:1.75 และ 1: 2 ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกสุญญากาศ นำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารหอม วัดค่าสีและนำไปคำนวณหาค่าดัชนีความขาว (white index) วัดลักษณะเนื้อสัมผัส และวัดคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยทำการเปรียบเทียบกับข้าวชัยนาทที่ไม่ผ่านกระบวนการเคลือบและทำแห้ง และข้าวขาวดอกมะลิ 105 และตัวอย่างควบคุม (control) คือข้าวเคลือบสารหอม ข้าวชัยนาท และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:1.5, 1:1.5 และ 1:1.25 ตามลำดับ

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหอมของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหอมของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ จะเปรียบเทียบระหว่างปริมาณสารหอม 2AP ของข้าวเคลือบสารหอมที่บรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ในทุกอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ และของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่บรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:1.25 ผลการทดลอง (ดังแสดงในตารางที่ 4.6) พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP มากกว่าข้าวเคลือบสารหอมในทุกอัตราส่วน และมีปริมาณอัตราส่วนที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน เมื่อนำผลปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ไปเปรียบเทียบกับข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เคลือบสารหอมและข้าวขาวดอกมะลิ 105 ก่อนนำมาหุงสุกในซองรีทอร์ทเพาช์ พบว่า ข้าวเคลือบสารหอมเมื่อนำมาหุงสุกในซองรีทอร์ทเพาช์ทำให้ปริมาณสารหอมลดลงเพียงเล็กน้อย ในทางสถิติถือได้ว่าไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากสารหอมของข้าวเคลือบสารหอมจะถูกเคลือบอยู่ที่บริเวณผิวทำให้ในกรณีของข้าวสุกหรือข้าวดิบผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน และพบว่าอัตราส่วนข้าวต่อน้ำไม่มีผลทำให้ค่าปริมาณอัตราส่วนสาร 2AP/TMP ของข้าวมีความแตกต่างกัน สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าเมื่อนำมาหุงสุกในซองรีทอร์ทเพาช์มีปริมาณสารหอมที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีอยู่ในเมล็ดตั้งแต่เนื้อเยื่อเข้าไปจนถึงในเมล็ดข้าว (จริยาพร, 2544) ในขณะที่สุกัญญา (2540) พบว่าสารหอมในข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะมีในทุกส่วนของเมล็ดข้าวแต่จะมีมากในบริเวณส่วนของเอนโดสเปิร์ม ทำให้ข้าวกล้องข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่ามีปริมาณสารหอมที่มากกว่า และนอกจากนั้นแววตา (2547) ยังพบอีกว่าสารหอม 2AP สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้โดยผ่านทางปฏิกิริยา Maillard reaction ของกรดอะมิโน proline กับน้ำตาลในกระบวนการที่ผ่านความร้อน ได้สาร 1-pyrroline ซึ่งเป็นสารตัวกลางที่สำคัญในการเกิดสาร 2APได้ ดังนั้นปริมาณสารหอมที่ตรวจพบเพิ่มขึ้นมาอาจเกิดขึ้นมาได้จากปฏิกิริยานี้ ดังนั้นจึงทำให้ผลการสกัดสารหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สุกมีปริมาณสารหอมมากกว่าของข้าวดิบ

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารหอมของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์

ชนิดตัวอย่าง	อัตราส่วน 2AP/TMP
ข้าวขาวดอกมะลิ 105	1.00±0.05
ข้าวเคลือบ 1:0.5	0.04±0.77
ข้าวเคลือบ 1:0.75	0.13±0.15
ข้าวเคลือบ 1:1	0.09±0.83
ข้าวเคลือบ 1:1.25	0.08±0.29
ข้าวเคลือบ 1:1.5	0.10±0.91
ข้าวเคลือบ 1:1.75	0.08±0.50
ข้าวเคลือบ 1:2	0.07±0.70

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.2 ผลการวัดค่าสีของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์

ผลการวัดค่าสีของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ (ดังแสดงในตารางที่ 4.7) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่เพิ่มมากขึ้น พบว่า ทำให้ค่า L* ของข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่เพิ่มมากขึ้น จาก 19.22±0.10 เป็น 23.59±0.02 สำหรับข้าวชัยนาท จาก 11.72±0.02 เป็น 25.42±0.02 สำหรับข้าวเคลือบสารหอม และจาก 9.72±0.01 เป็น 24.68±0.02 สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับค่าดัชนีความขาว (white index) ที่มีค่าเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน และเมื่อนำไปทดสอบทางสถิติพบว่า ปริมาณอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้ค่า L* และค่าดัชนีความขาวของข้าวมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่ง Leelayuthsoontorn and Thipayarat (2006) กล่าวว่าเมื่อนำข้าวมาหุงสุกโดยได้รับปริมาณน้ำที่มากเพียงพอ จะทำให้ค่าความสว่างของข้าวเพิ่มขึ้นและทำให้ค่าดัชนีความขาวเพิ่มขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่าค่าความสว่างมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีความขาว สำหรับค่า a* และ b* พบว่า ค่า a* และ b* จะลดลงตามปริมาณอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่เพิ่มมากขึ้น จาก 6.51±0.06 เหลือ 2.55±0.06 สำหรับค่า a* ของข้าวชัยนาท จาก 8.34±0.03 เหลือ 2.56±0.02 สำหรับค่า a* ข้าวเคลือบสารหอม และจาก 4.62±0.03 - 2.31±0.02 สำหรับค่า a* ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ และลดลงจาก 26.60±0.06 เหลือ 21.55±0.05 สำหรับค่า b* ของข้าวชัยนาท จาก 23.45±0.06 เหลือ 18.63±0.06 สำหรับค่า b* ข้าวเคลือบสารหอม และจาก 26.55±0.06 เหลือ 14.45±0.05 สำหรับค่า b* ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ และเมื่อนำไปทดสอบทางสถิติพบว่า ปริมาณอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่า a* และ b* มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างข้าวต่างชนิดกัน พบว่า ข้าวต่างชนิดกันทำให้ค่า L*, a*, b* และค่าดัชนีความขาวของข้าว มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งการที่ข้าวเคลือบสารหอมและข้าวชัยนาทมีความแตกต่างจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 ก็เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวชัยนาทเป็นข้าวต่างประเภทกันและมีลักษณะทั้งทางกายภาพและองค์ประกอบโครงสร้างภายในที่แตกต่างกัน จึงทำให้มีความแตกต่างกันได้ ส่วนข้าวเคลือบสารหอมและข้าวชัยนาทเป็นข้าวประเภทเดียวกันเพราะข้าวเคลือบสารหอมก็คือข้าวชัยนาทผ่านการเคลือบสารหอม การที่ข้าวเคลือบสารหอมและข้าวชัยนาทมีความแตกต่างกันก็เนื่องจากข้าวเคลือบสารหอมผ่านกระบวนการเคลือบสารหอม และอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิไดเบดซึ่งข้าวจะได้รับความร้อน อาจทำให้องค์ประกอบภายในของข้าวถูกทำลายเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไป ทำให้ผลที่ได้มีความแตกต่างกันดังกล่าวได้ เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวแต่ละชนิดที่หุงสุกในรีทอร์ทเพาช์และใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน ทำการเปรียบเทียบโดยใช้ตัวอย่างควบคุม (control) ซึ่งทำการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวอัตโนมัติเป็นเกณฑ์ พบว่า ทุกตัวอย่างทั้งข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อนำไปหุงสุกในรีทอร์ทเพาช์และใช้อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าสีของข้าวแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่าวิธีการในการหุงข้าวที่แตกต่างกันทำให้ค่าสีของข้าวสุกที่ได้แตกต่างกันด้วยแม้จะใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำในการหุงที่เท่ากัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 ผลการวัดค่า L*, a*, b* และ White index ของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ที่สภาวะต่างๆ

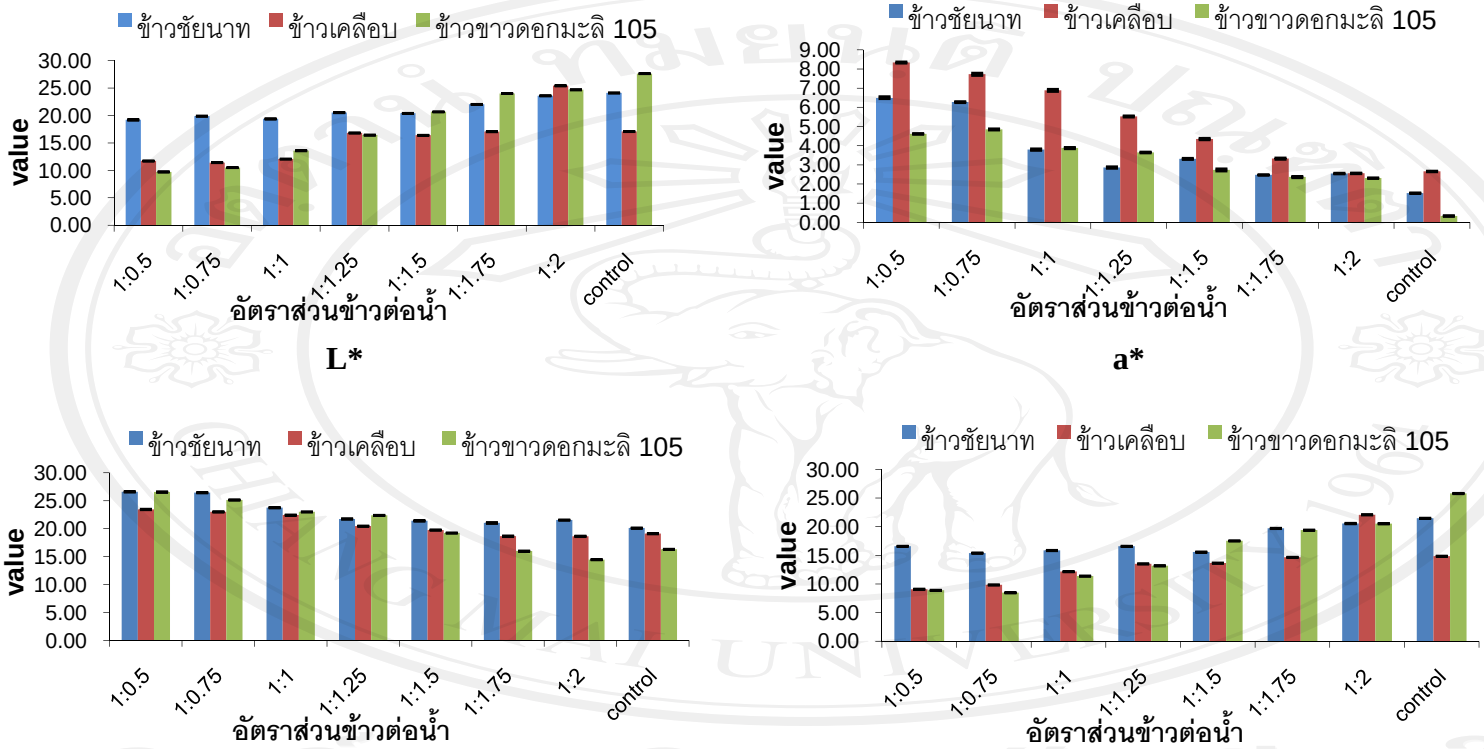
คุณลักษณะ	อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ	1:0.50	1:0.75	1:1.00	1:1.25	1:1.50	1:1.75	1:2.00	control
L*	ข้าวชัยนาท	19.22±0.10 ^{ah}	19.89±0.01 ^{ag}	19.38±0.01 ^{af}	20.52±0.01 ^{ae}	20.41±0.01 ^{ad}	22.03±0.01 ^{ac}	23.59±0.02 ^{aa}	24.11±0.01 ^{ab}
	ข้าวเคลือบ	11.72±0.02 ^{ch}	11.41±0.02 ^{cg}	12.07±0.01 ^{cf}	16.82±002 ^{ce}	16.41±0.02 ^{cd}	17.05±0.02 ^{cc}	25.42±0.02 ^{ca}	17.07±0.02 ^{cb}
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	9.72±0.01 ^{bh}	10.50±0.02 ^{bg}	13.59± 0.04 ^{bf}	16.44±0.01 ^{be}	20.66±0.03 ^{bd}	24.00±0.02 ^{bc}	24.68±0.02 ^{ba}	27.62±0.02 ^{bb}
a*	ข้าวชัยนาท	6.51±0.06 ^{ba}	6.28±0.03 ^{bb}	3.80±0.04 ^{bc}	2.86±0.04 ^{bd}	3.31±0.03 ^{be}	2.48±0.02 ^{bf}	2.55±0.06 ^{bg}	1.53±0.02 ^{bh}
	ข้าวเคลือบ	8.34±0.03 ^{aa}	7.73±0.06 ^{ab}	6.89±0.06 ^{ac}	5.53±0.04 ^{ad}	4.35±0.05 ^{ae}	3.33±0.04 ^{af}	2.56±0.02 ^{ag}	2.66±0.02 ^{ah}
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	4.62±0.03 ^{ca}	4.85±0.03 ^{cb}	3.88±0.04 ^{cc}	3.65±0.03 ^{cd}	2.74±0.06 ^{ce}	2.37±0.04 ^{cf}	2.31±0.02 ^{cg}	0.34±0.03 ^{ch}
b*	ข้าวชัยนาท	26.60±0.06 ^{aa}	26.44±0.06 ^{aa}	23.76±0.06 ^{ab}	21.73±0.07 ^{ac}	21.41±0.10 ^{ad}	21.02±0.10 ^{ae}	21.55±0.05 ^{ae}	20.11±0.04 ^{ae}
	ข้าวเคลือบ	23.45±0.06 ^{ba}	23.00±0.04 ^{ba}	22.43±0.04 ^{bb}	20.45±0.06 ^{bc}	19.75±0.07 ^{bd}	18.64±0.08 ^{be}	18.63±0.06 ^{be}	19.10±0.03 ^{be}
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	26.55±0.06 ^{aa}	25.14±0.06 ^{aa}	23.60±0.06 ^{ac}	22.37±0.03 ^{ac}	19.22±0.06 ^{ad}	15.98±0.05 ^{ae}	14.45±0.05 ^{ae}	16.31±0.03 ^{ae}
white index	ข้าวชัยนาท	16.59	15.4	15.87	16.58	15.58	19.71	20.57	21.48
	ข้าวเคลือบ	9.09	9.85	12.17	13.52	13.66	14.66	22.08	14.86
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	8.98	8.49	11.4	13.19	17.53	19.41	20.54	25.81

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวแรกกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวที่สองกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

control = หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ที่อัตราส่วน 1:5, 1:5, 1:1.25 สำหรับข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.7 ผลการวัดค่า L*, a*, b* และ White index ของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ที่สภาวะต่างๆ

หมายเหตุ: control = หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ที่อัตราส่วน 1:5, 1:5, 1:1.25 สำหรับข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.3 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์

ผลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ (ดังแสดงในตารางที่ 4.8) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่เพิ่มมากขึ้น พบว่า ค่าความแข็งของทั้งข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าลดลงจาก 15.95±2.22 เหลือ 5.40±1.15 สำหรับข้าวชัยนาท จาก 14.80±2.68 เหลือ 5.41±2.46 สำหรับข้าวเคลือบสารหอม และจาก 10.40±2.04 เหลือ 2.71±2.05 สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเหนียวของทั้ง ข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าความเหนียวที่มากกว่าข้าวชัยนาทและข้าวเคลือบสารหอม ส่วนค่าความสามารถในการเกาะติดของเม็ดข้าวกับผิวสัมผัสอื่น และความสามารถเกาะรวมตัวกันของข้าว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างข้าวต่างชนิดกัน พบว่า ข้าวชัยนาทและข้าวเคลือบสารหอมมีลักษณะทางเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกัน ($p\geq0.05$) แต่แตกต่างกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ก็เนื่องจากข้าวชัยนาทกับข้าวเคลือบสารหอมเป็นข้าวชนิดเดียวกัน จึงมีองค์ประกอบทางเคมีของข้าวไม่แตกต่างกัน ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวต่างชนิดกันย่อมมีองค์ประกอบทางเคมีของข้างแตกต่างกัน ซึ่งอนลลักษณ์ (2546) รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุก คือ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (สภาวะการทำแห้ง ความชื้นสุดท้ายของข้าวสาร และระดับการขัดสี) อายุของข้าวสาร องค์ประกอบทางเคมีของข้าว และการใช้สารเคมีเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้าวสุก จะส่งผลให้ข้าวสุกที่ได้มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของข้าวที่แตกต่างกันนั้นก็ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าว จึงทำให้ผลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวชัยนาทและข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความแตกต่างกันดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวแต่ละชนิดที่หุงสุกในรีทอร์ทเพาช์ และใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน ทำการเปรียบเทียบโดยใช้ตัวอย่างควบคุม (control) ซึ่งทำการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวอัตโนมัติเป็นเกณฑ์ พบว่า ข้าวที่หุงสุกในรีทอร์ทเพาช์ที่ใช้ปริมาณอัตราส่วนข้าวต่อน้ำในการหุงข้าวที่แตกต่างกัน ของทั้งข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำให้ลักษณะทางเนื้อสัมผัสของข้าวมีความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมกับข้าวที่หุงสุกในรีทอร์ทเพาช์ที่ใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากัน คือ ข้าวหุงสุกในรีทอร์ทเพาช์ที่ใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:1.5, 1:1.5, 1:1.25 ของข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ ไม่ทำให้ลักษณะทางเนื้อสัมผัสของข้าวมีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ซึ่งมีการใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากัน ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่า วิธีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการหุงข้าวที่แตกต่างกันไม่ทำให้ลักษณะทางเนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่ได้มีความแตกต่างกัน แต่ปัจจัยที่ทำให้ลักษณะทางเนื้อสัมผัสของข้าวสุกแตกต่างกัน คือ ปริมาณอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ และชนิดของข้าว

เมื่อพิจารณาดูลักษณะของเมล็ดข้าวที่ผ่านการหุงสุกในซองรีทอร์ทเพาช์ ด้วยสภาวะที่แตกต่างกัน (ดังแสดงในรูปที่ 4.8) จะเห็นได้ว่าเมล็ดข้าวทั้งข้าวเคลือบสารหอม ข้าวชัยนาท และข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีการพองตัวและการยืดตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณของน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการพองตัวและการยืดตัวของข้าวเกิดจากการที่เม็ดแป้งในข้าวเกิดการดูดซึมน้ำ และขยายตัวเพิ่มขึ้นหลายเท่าเมื่อข้าวได้รับความร้อนและปริมาณน้ำที่เพียงพอ (นิธิยา, 2545) ดังนั้นปริมาณน้ำที่ข้าวได้รับจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการพองตัวและการยืดตัวของเมล็ดข้าว ดังจะเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำสูงจะมีปริมาณน้ำให้เม็ดแป้งดูดซึมได้มากกว่าจึงมีการพองตัวและยืดตัวมากกว่าด้วย ส่วนที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำต่ำจะมีปริมาณน้ำให้เม็ดแป้งดูดซึมได้น้อยกว่า จึงมีการพองตัวและยืดตัวน้อยกว่าและการที่ข้าวซึ่งได้รับน้ำในปริมาณต่ำและได้รับความร้อนด้วย จึงทำให้ที่บริเวณผิวข้าวเกิดมีลักษณะสีน้ำตาล เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำตาล (caramelization) ในข้าวเมื่อได้รับความร้อน(วิไล,2543)

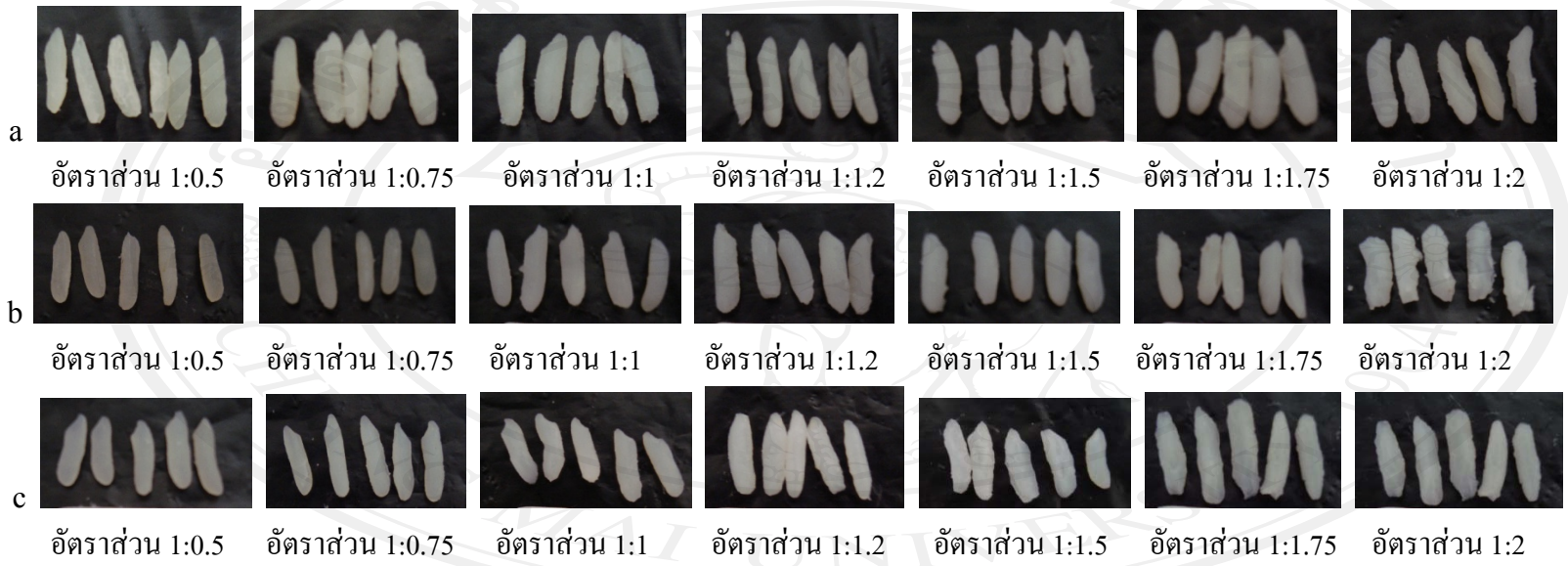
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ที่สภาวะต่างๆ

คุณลักษณะ	อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ	1:0.5	1:0.75	1:1	1:1.25	1:1.5	1:1.75	1:2	control
Hardness(N)	ข้าวชัยนาท	15.95±2.22 ^{aa}	14.63±2.73 ^{ab}	11.82±2.93 ^{ac}	9.03±2.25 ^{ad}	6.05±0.79 ^{ae}	5.72±0.63 ^{ae}	5.40±1.15 ^{ae}	6.79±1.54 ^{ae}
	ข้าวเคลือบ	14.80±2.68 ^{aa}	14.51±2.77 ^{ab}	9.64±2.98 ^{ac}	8.64±2.33 ^{ad}	5.44±1.90 ^{ae}	5.63±1.58 ^{ae}	5.41±2.46 ^{ae}	5.40±1.39 ^{ae}
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	10.40±2.04 ^{ba}	5.19±0.51 ^{bb}	5.43±1.02 ^{bc}	3.52±0.59 ^{bd}	3.24±0.63 ^{be}	2.13±0.46 ^{be}	2.71±2.05 ^{be}	3.28±1.07 ^{be}
Stickiness(N)	ข้าวชัยนาท	8.13±2.19 ^{cg}	14.20±1.25 ^{cf}	24.91±1.29 ^{ce}	28.03±1.74 ^{cd}	36.84±1.09 ^{cc}	44.05±1.88 ^{cb}	67.38±1.73 ^{ca}	33.27±1.54 ^{cc}
	ข้าวเคลือบ	5.42±1.19 ^{bg}	7.03±1.36 ^{bf}	11.34±1.53 ^{be}	14.61±3.34 ^{bd}	42.85±1.49 ^{bc}	66.00±1.10 ^{bb}	94.99±2.96 ^{ba}	44.88±1.39 ^{bc}
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	760.20±1.02 ^{ag}	543.72±1.96 ^{af}	619.87±2.25 ^{ae}	429.75±1.09 ^{ad}	465.12±1.29 ^{ac}	241.71±1.91 ^{ab}	152.57±1.27 ^{aa}	489.21±1.39 ^{ac}
Adhesiveness (N.S)	ข้าวชัยนาท	2.45±1.04	0.94±2.71	0.57±0.22	0.34±0.08	0.19±0.09	0.10±0.05	0.06±0.13	0.47±0.05
	ข้าวเคลือบ	2.69±1.28	1.72±1.57	0.56±0.44	0.32±0.16	0.26±0.12	0.16±0.06	0.29±0.11	0.40±0.08
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	0.23±0.34	-0.22±0.07	0.01±0.44	-0.17±0.07	-0.18±0.06	-0.04±0.07	0.08±0.15	-0.06±0.09
Cohesiveness	ข้าวชัยนาท	0.40±0.13	0.30±0.08	0.31±0.05	0.27±0.02	0.25±0.03	0.23±0.03	0.25±0.02	0.24±0.04
	ข้าวเคลือบ	0.38±0.14	0.28±0.10	0.22±0.02	0.23±0.04	0.25±0.04	0.29±0.04	0.24±0.05	0.33±0.03
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	0.34±0.09	0.36±0.02	0.41±0.09	0.33±0.03	0.32±0.03	0.45±0.04	0.42±0.08	0.26±0.04

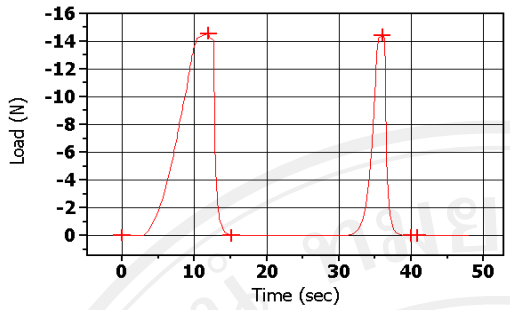
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวแรกกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวที่สองกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
control = หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ที่อัตราส่วน 1:5, 1:5, 1:1.25 สำหรับข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

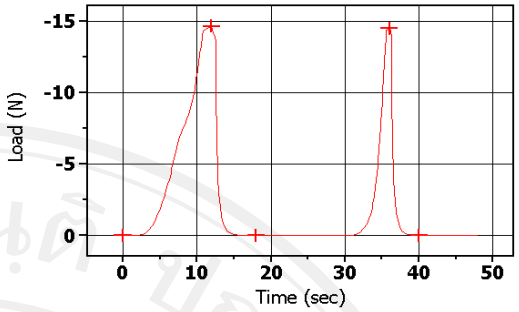


รูปที่ 4.8 ลักษณะของเมล็ดข้าวเคลือบสารให้ความหอม (a) เมล็ดข้าวชัยนาท (b) และเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 (c) บรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ที่สภาวะต่างๆ

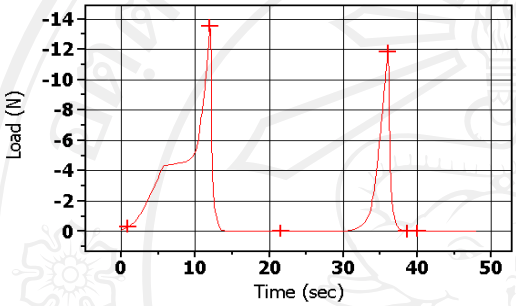
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



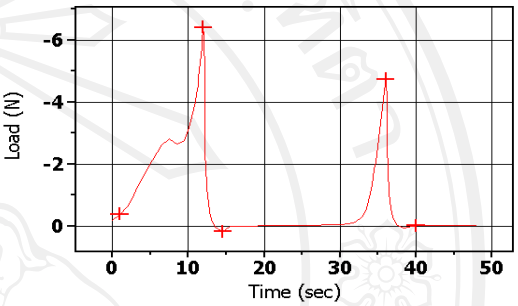
a) อัตราส่วน 1:0.5



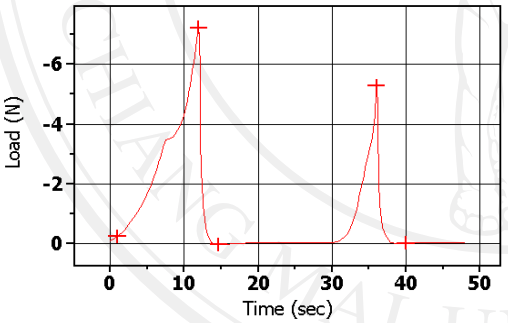
b) อัตราส่วน 1:0.75



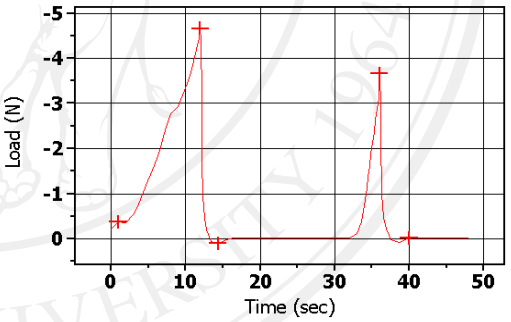
c) อัตราส่วน 1:1



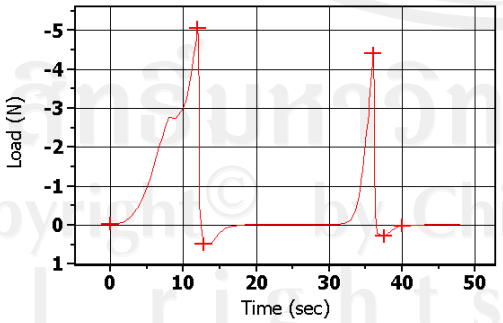
d) อัตราส่วน 1:1.25



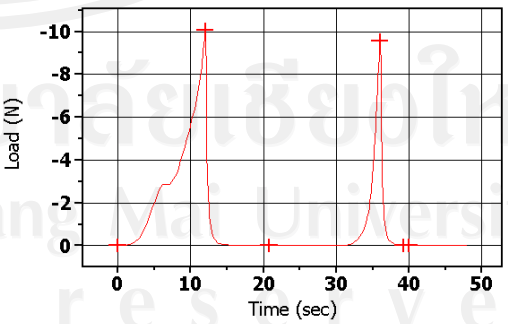
e) อัตราส่วน 1:5



f) อัตราส่วน 1:1.75



g) อัตราส่วน 1:2

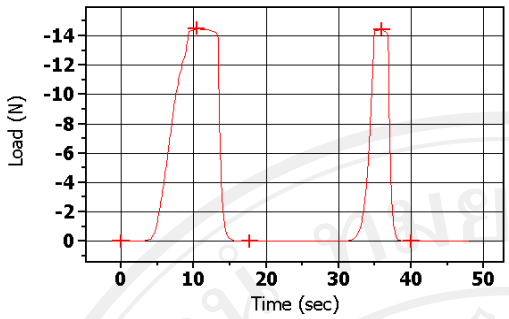


h) control

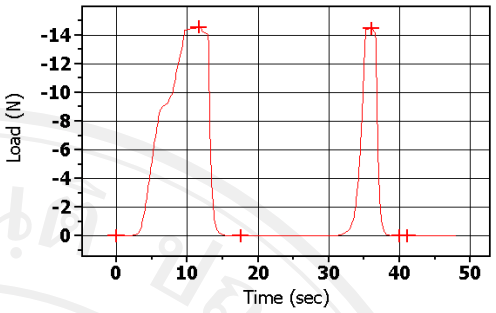
รูปที่ 4.9 กราฟการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวชัยนาท

หมายเหตุ: control = หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ที่อัตราส่วน 1:5

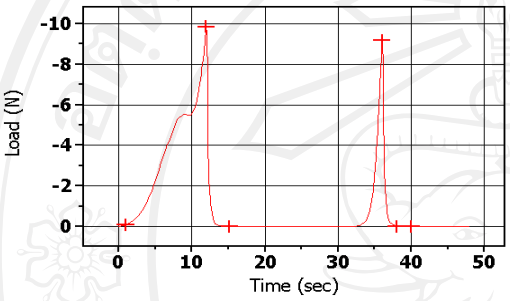
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



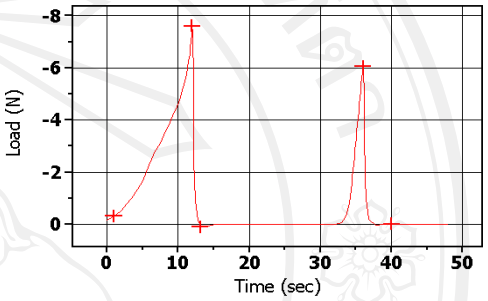
a) อัตราส่วน 1:0.5



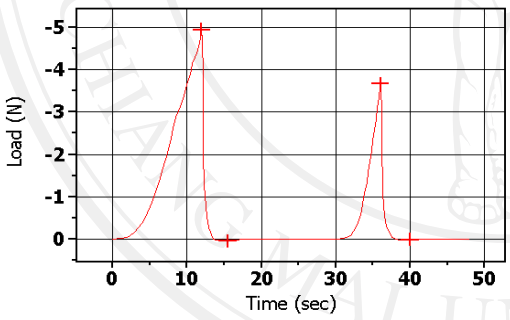
b) อัตราส่วน 1:0.75



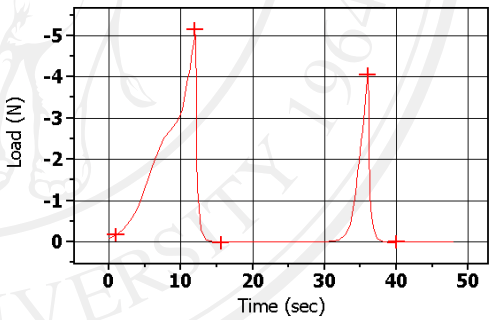
c) อัตราส่วน 1:1



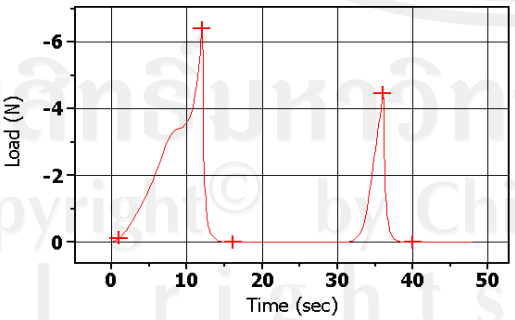
d) อัตราส่วน 1:1.25



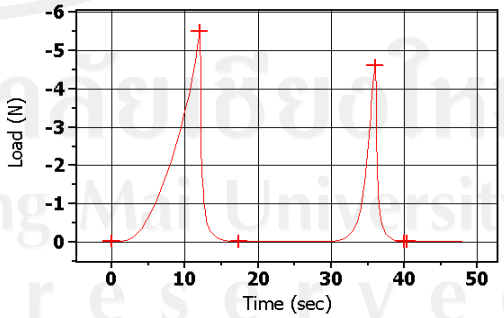
e) อัตราส่วน 1:5



f) อัตราส่วน 1:1.75



g) อัตราส่วน 1:2

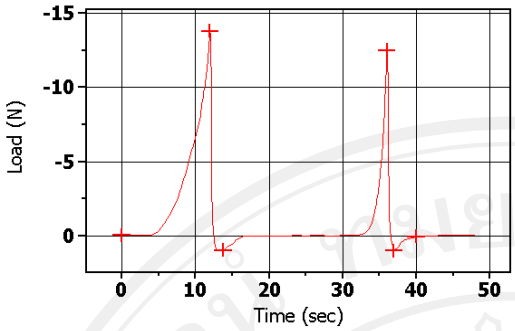


h) control

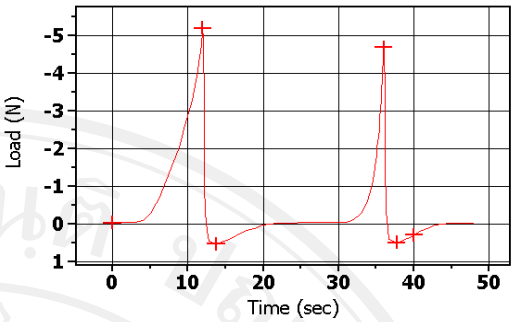
รูปที่ 4.10 กราฟการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวเคลือบสารหอม

หมายเหตุ: control = หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ที่อัตราส่วน 1:5

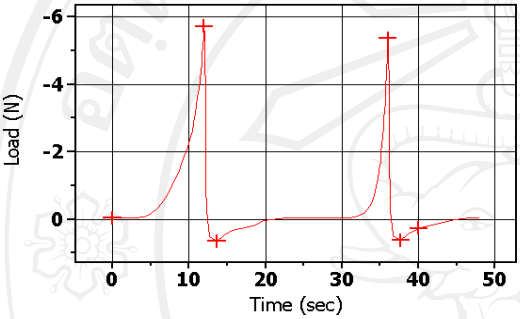
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



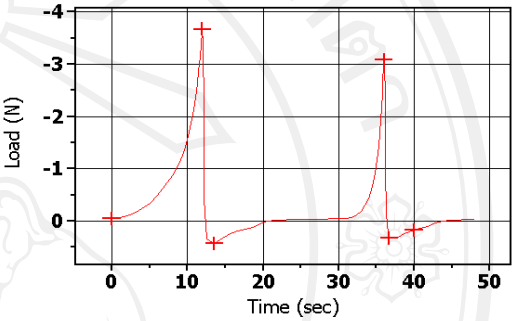
a) อัตราส่วน 1:0.5



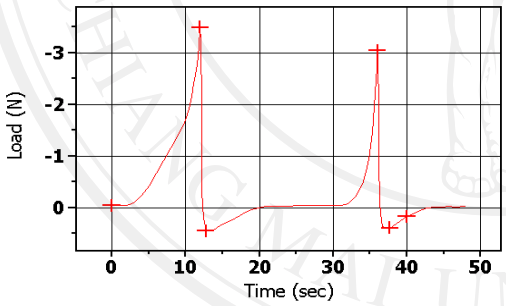
b) อัตราส่วน 1:0.75



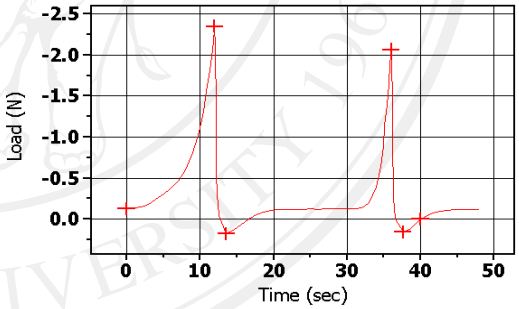
c) อัตราส่วน 1:1



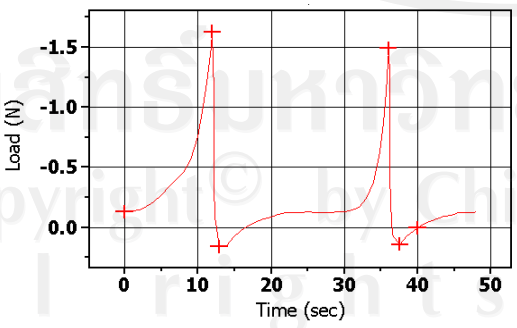
d) อัตราส่วน 1:1.25



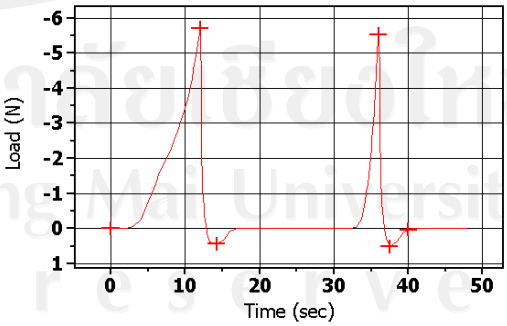
e) อัตราส่วน 1:5



f) อัตราส่วน 1:1.75



g) อัตราส่วน 1:2

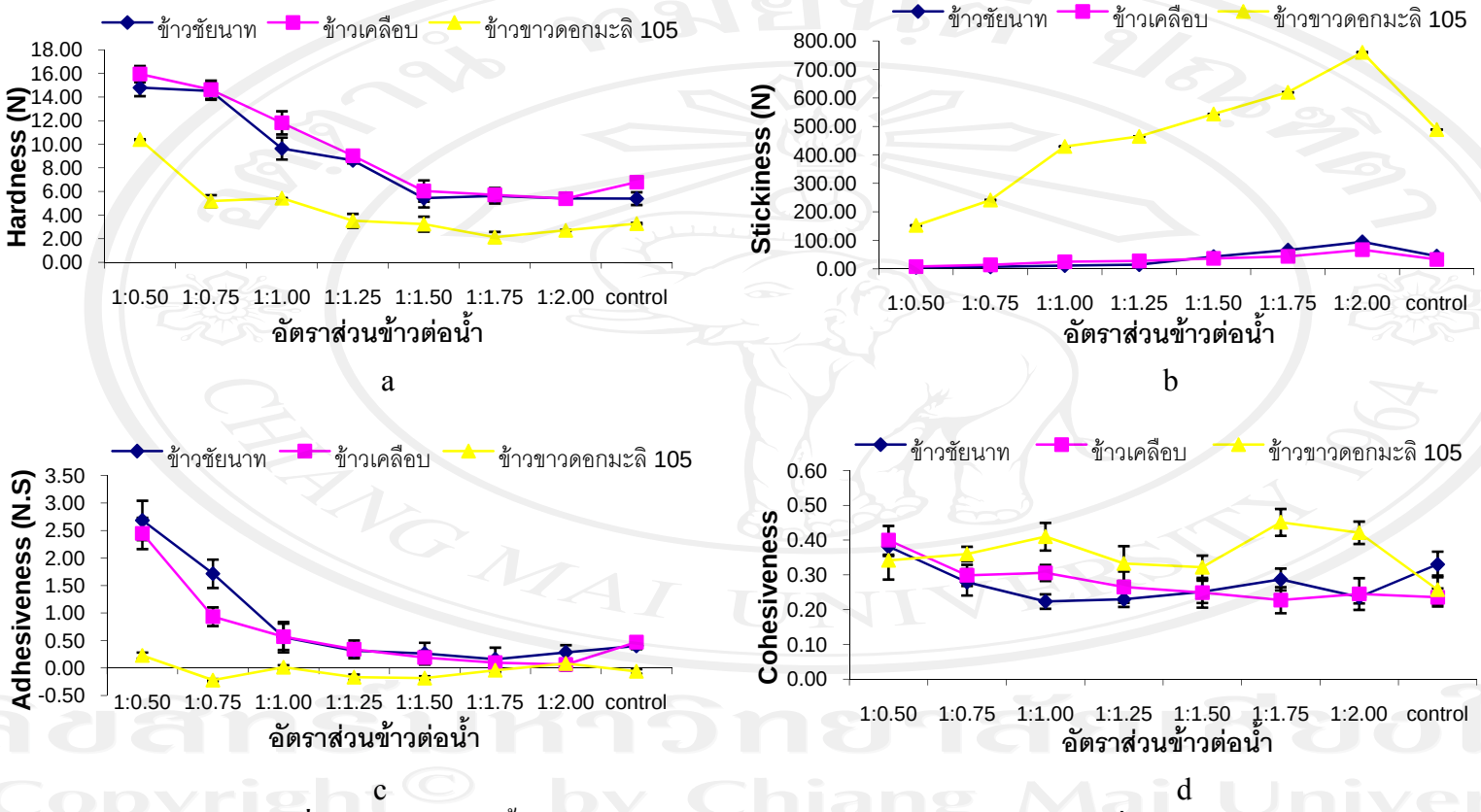


h) control

รูปที่ 4.11 กราฟการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวขาวดอกมะลิ 105

หมายเหตุ: control = หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ที่อัตราส่วน 1:1.25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.12 ผลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ที่สภาวะต่างๆ

หมายเหตุ: control = หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ที่อัตราส่วน 1:5, 1:5, 1:1.25 สำหรับข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.4 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ (ดังแสดงในตารางที่ 4.9) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณอัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน พบว่า ข้าวที่ใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำแตกต่างกันทำให้ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนการยอมรับทั้งในด้าน สี กลิ่นหอม เนื้อสัมผัส การสุกทั่วถึง และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาดูค่าคะแนนแล้วพบว่า การใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนการยอมรับในด้าน สี เนื้อสัมผัส การสุกทั่วถึง และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่สำหรับค่าคะแนนการยอมรับในด้านกลิ่น เมื่อใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่เพิ่มมากขึ้นมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่า การใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าคะแนนการยอมรับในด้านกลิ่นน้อยที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างข้าวต่างชนิดกัน พบว่า ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนการยอมรับในด้าน สี และเนื้อสัมผัส ของข้าวชัยนาทและข้าวเคลือบสารหอมไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) แต่แตกต่างกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) สำหรับค่าคะแนนการยอมรับในด้าน กลิ่นหอม และความชอบโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนการยอมรับข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) แต่แตกต่างจากข้าวชัยนาท อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่าคะแนนการยอมรับในด้านการสุกทั่วถึง พบว่า ข้าวทั้งสามชนิดทำให้ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนการยอมรับแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวแต่ละชนิดที่หุงสุกในรีทอร์ทเพาช์และใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน ทำการเปรียบเทียบโดยใช้ตัวอย่างควบคุม (control) ซึ่งทำการหุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวอัตโนมัติเป็นเกณฑ์ พบว่า ทุกตัวอย่างทั้งข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อนำไปหุงสุกในรีทอร์ทเพาช์และใช้อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าคะแนนการยอมรับในทุกๆด้านของข้าวแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่าวิธีการในการหุงข้าวที่แตกต่างกันทำให้ค่าคะแนนการยอมรับของข้าวสุกที่ได้แตกต่างกันด้วย แม้จะใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำในการหุงที่เท่ากัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

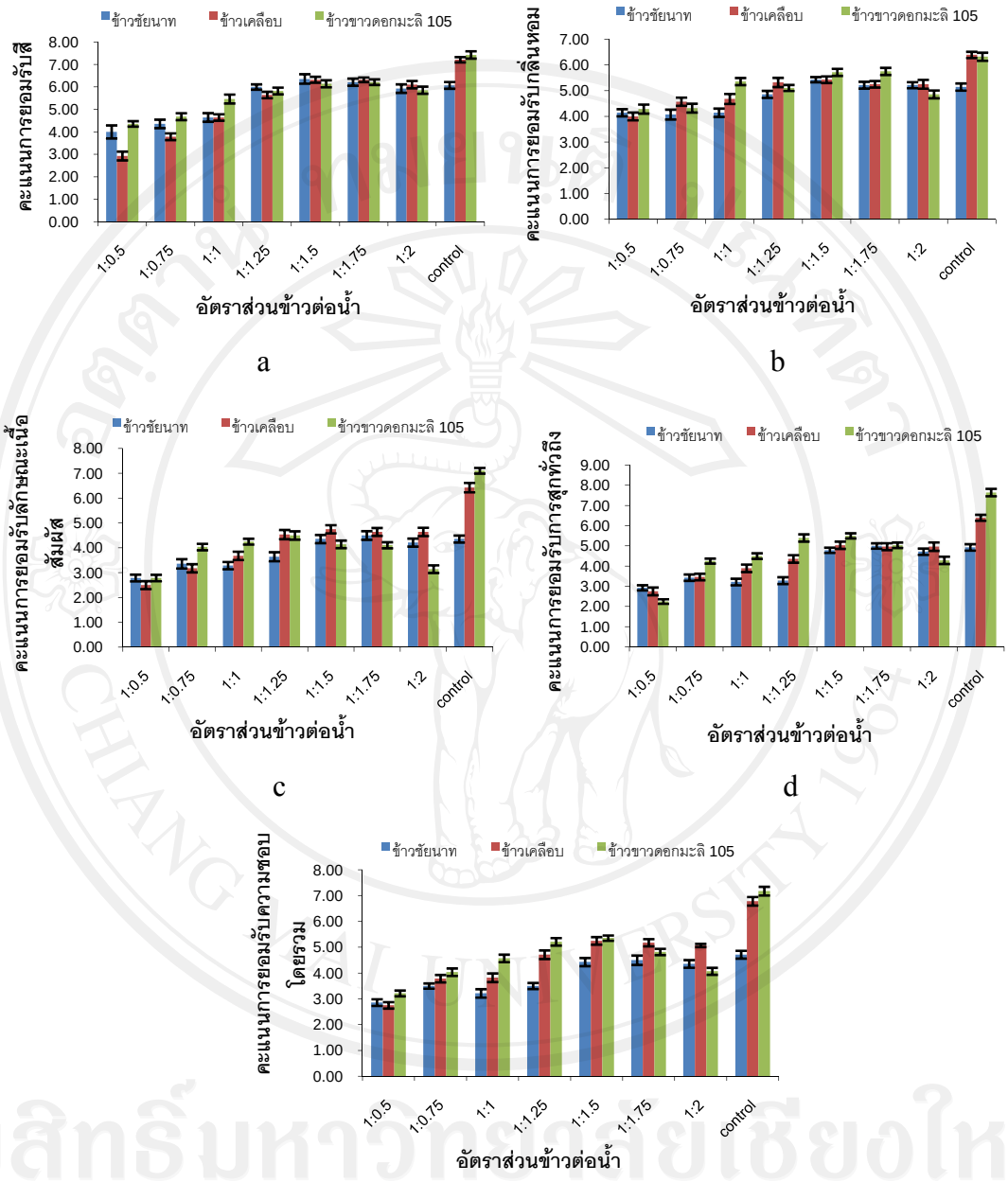
ตารางที่ 4.9 คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ที่สภาวะต่างๆ

คุณลักษณะ	อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ	1:0.5	1:0.75	1:1	1:1.25	1:1.5	1:1.75	1:2	control
สี	ข้าวชัยนาท	4.00±1.89^{be}	4.36±1.91^{bd}	4.64±1.19^{bc}	6.00±2.00^{bb}	6.36±1.57^{bb}	6.21±0.88^{bb}	5.93±1.51^{b,b}	6.07±2.09^{ba}
	ข้าวเคลือบ	2.93±1.49^{be}	3.79±1.42^{bd}	4.64±1.42^{bc}	5.64±1.31^{bb}	6.32±1.02^{bb}	6.32±1.63^{bb}	6.11±1.17^{b,b}	7.21±0.96^{ba}
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	4.36±1.55^{ae}	4.68±0.98^{ad}	5.46±1.50^{ac}	5.82±1.57^{ab}	6.14±1.24^{ab}	6.21±1.57^{ab}	5.86±1.63^{a,b}	7.43±1.23^{aa}
กลิ่นหอม	ข้าวชัยนาท	4.14±1.92^{be}	4.07±1.61^{ad}	4.14±1.38^{bc}	4.86±1.01^{bc}	5.43±1.32^{bb}	5.21±1.17^{bb}	5.21±1.40^{bb}	5.14±1.38^{ba}
	ข้าวเคลือบ	4.00±1.59^{ae}	4.57±1.95^{ad}	4.68±1.79^{ac}	5.32±1.28^{ac}	5.431.26^{ab}	5.25±1.71^{ab}	5.25±1.21^{ab}	6.39±1.52^{aa}
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	4.291.72^{ae}	4.32±1.39^{ad}	5.361.16^{ac}	5.11±1.37^{ac}	5.71±1.38^{ab}	5.75±1.51^{ab}	4.86±1.58^{ab}	6.32±1.74^{aa}
เนื้อสัมผัส	ข้าวชัยนาท	2.79±0.88^{bd}	3.36±1.47^{bc}	3.29±0.81^{bc}	3.64±1.66^{bb}	4.36±1.75^{bb}	4.50±1.62^{bb}	4.21±1.40^{bb}	4.36±2.13^{ba}
	ข้าวเคลือบ	2.50±1.26^{bd}	3.18±1.68^{bc}	3.68±1.85^{bc}	4.54±1.64^{bb}	4.75±1.60^{bb}	4.64±1.68^{bb}	4.64±1.89^{bb}	6.43±1.60^{ba}
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	2.79±1.29^{ad}	4.04±1.17^{ac}	4.25±1.67^{ac}	4.50±1.53^{ab}	4.14±1.21^{ab}	4.11±1.55^{ab}	3.14±1.15^{ab}	7.11±1.29^{aa}
การสุกทั่วถึง	ข้าวชัยนาท	2.93±0.98^{cf}	3.43±1.62^{ce}	3.21±0.96^{cd}	3.29±1.30^{cc}	4.79±1.97^{cb}	5.00±1.76^{cb}	4.71±1.61^{cb}	4.93±2.84^{ca}
	ข้าวเคลือบ	2.75±1.60^{bf}	3.46±1.80^{be}	3.89±1.87^{bd}	4.36±1.79^{bc}	5.04±1.71^{bb}	4.96±2.08^{bb}	4.96±1.48^{bb}	6.39±1.91^{ba}
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	2.25±1.24^{af}	4.25±1.38^{ae}	4.50±1.80^{ad}	5.39±1.29^{ac}	5.50±1.35^{ab}	5.03±1.82^{ab}	4.29± 1.84^{ab}	7.64±1.13^{aa}
ความชอบโดยรวม	ข้าวชัยนาท	2.86±1.0^{be}	3.50±1.62^{bd}	3.21±1.17^{bd}	3.50±1.58^{bc}	4.43±1.83^{bb}	4.50±1.48^{bb}	4.36±1.5^{bc}	4.71±2.92^{ba}
	ข้าวเคลือบ	2.75±1.43^{ae}	3.79±1.66^{ad}	3.82±1.68^{ad}	4.71±1.46^{ac}	5.25±1.40^{ab}	5.18±1.61^{ab}	5.07±1.65^{ac}	6.79±1.26^{aa}
	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	3.21±1.45^{ae}	4.04±1.45^{ad}	4.57±1.45^{ad}	5.21±1.03^{ac}	5.36±1.22^{ab}	4.82±1.36^{ab}	4.07±1.68^{ac}	7.18±1.12^{aa}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวแรกกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตัวที่สองกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

control = หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ที่อัตราส่วน 1:5, 1:5, 1:1.25 สำหรับข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวเคลือบสารหอมบรรจุซองรีทอร์ทเพาช์ที่สภาวะต่างๆ

หมายเหตุ: control = หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตโนมัติ ที่อัตราส่วน 1:5, 1:5, 1:1.25 สำหรับข้าวชัยนาท ข้าวเคลือบสารหอม และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved