การลดพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้และการพัฒนาผลิตภัณฑ์พร้อมปรุง

REDUCING OF PURINE AND URIC ACID IN BAMBOO SHOOT AND DEVELOPMENT OF READY TO COOK PRODUCT

ธีรภัทร์ ศรีเศรษฐกุล

TEERAPAT SRISETHKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-FI-M-055-372

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REDUCING OF PURINE AND URIC ACID IN BAMBOO SHOOT AND DEVELOPMENT OF READY TO COOK PRODUCT

TEERAPAT SRISETHKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOODSERVICE TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

FACULTY OF FOOD INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

KMITL-2020- FI-M-055-372

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2020

FACULTY OF FOOD INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้และการพัฒนาผลิตภัณฑ์พร้อมปรุง
ชื่อนักศึกษา	นายธีรภัทร์ ศรีเศรษฐกุล
รหัสประจำตัว	59608042
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตร	เทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปโดยทั่วไปของหน่อไม้ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis*) เพื่อลดปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุงโดยการนำหน่อไม้ไปต้มในตัวกลางที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำกรอง (W) สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวล (S) สารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยมวล (Ci) น้ำคั้นใบย่านาง (*Tiliacora triandra*) เข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวล (Y) และน้ำคั้นใบย่านางเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลผสมน้ำซาวข้าว (YR) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 20 นาที และการดองเปรี้ยวหน่อไม้ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยมวลผสมน้ำซาวข้าว ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน (F) ผลการทดลองพบว่าค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสของตัวอย่างหน่อไม้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ภายหลังการต้มและการดองเปรี้ยว ซึ่งการดองเปรี้ยวหน่อไม้ส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงสูงสุดถึงร้อยละ 62.24 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (C) ซึ่งเป็นตัวอย่างหน่อไม้สด การต้มหน่อไม้ในน้ำคั้นใบย่านาง (Y10 และ Y20) และน้ำคั้นใบย่านางผสมน้ำซาวข้าว (YR10 และ YR20) ส่งผลให้ค่า L^* ลดลงร้อยละ 12.95 – 20.64 และทำให้ค่า a^* เชิงบวกเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) รวมถึงพบการลดลงของค่า b^* ในเกือบทุกตัวอย่างของหน่อไม้ต้มในตัวกลางต่างๆ ที่ระยะเวลาที่นานมากขึ้น ยกเว้นตัวอย่างหน่อไม้ต้มในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็นเวลา 20 นาที (S20) กลับมีค่า b^* เชิงบวกสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 30.02 ± 1.71 ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในตัวอย่างหน่อไม้ถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) พบว่าผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกของตัวอย่างหน่อไม้ต้มในทุกตัวกลางและหน่อไม้ดองเปรี้ยวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยในตัวอย่างหน่อไม้ดองเปรี้ยว (F) มีค่าผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกลดลงสูงสุดสุดถึงร้อยละ 69.93 แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้ที่ต้มในตัวกลางที่แตกต่างกัน กลับไม่พบความแตกต่างของผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำกรองในการนำมาใช้เป็นตัวกลางสำหรับการต้มหน่อไม้ เนื่องจากหาง่ายและราคาถูก แต่อย่างไรก็ตาม การต้มหน่อไม้ในน้ำกรองเป็นระยะเวลา 20 นาทีนั้นไม่สามารถกำจัดความขมออกจากเนื้อหน่อไม้ได้หมด จึงได้มีการทดลองเพิ่มเติมเพื่อกำจัดความขมออกจากเนื้อหน่อไม้ โดยพบว่าการต้มหน่อไม้ในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที จำนวน 2 ครั้งโดยเปลี่ยนน้ำที่ใช้ต้ม สามารถกำจัดความขมในเนื้อหน่อไม้ได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีนี้ในการต้มหน่อไม้เพื่อปรับปรุงคุณภาพและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุง ทำการปรับปรุงคุณภาพหน่อไม้ต้มพร้อมปรุงโดยแช่เนื้อหน่อไม้สดในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยมวล (เพื่อให้หน่อไม้ต้มคงสภาพของเนื้อเยื่อในระหว่างการเก็บรักษาได้) กับซูคราโลสซึ่งเป็นสารให้ความหวานเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวล เป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปต้ม ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) พบว่าหน่อไม้ต้มภายหลังการปรับปรุงคุณภาพได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยจากผู้บริโภคเพิ่มขึ้นซึ่งอยู่ในช่วง 7.18 – 7.77 คะแนน

คำสำคัญ หน่อไม้ เนื้อสัมผัส สี พิวรีน กรดยูริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Reducing of purine and uric acid in bamboo shoot and development of ready to cook product
Student	Mr. Teerapat Srisethkul
Student ID.	59608042
Degree	Master of science
Program	Foodservice technology and management
Year	2020
Thesis advisor	Asst. Prof. Dr. Pajaree Ingkasupart

Abstract

This research aimed to study the effect of common processing methods for Pai Ruak bamboo shoot (*Thyrsostachys siamensis*) to reduce total purine and uric acid content in order to develop ready-to-cook bamboo shoot product. Whole bamboo shoot were subjected to boil at 100°C with different time (10 and 20 minutes) and different medium as followed; filtered water (W), 2% w/w NaCl (S), 0.5% w/w citric acid (Ci), 5% w/w Yanang (*Tiliacora triandra*) extract (Y), and 5% w/w Yanang extract mixed with rice-washed water (YR). In addition, fermented bamboo shoot in 2.5% w/w NaCl mixed with rice-washed water at 25°C for 7 days (F) was also conducted. Hardness values (texture attribute) of all bamboo shoot treated samples was significantly decreased as compared to the control (C) which is unboiled sample. The lowest decreasing of hardness value which was about 62.24% from the control was found in F sample. Boiling bamboo shoot in both of Y and YR treatments (10 and 20 minutes) resulted in a decreasing of L^* value (12.95 – 20.64%) and increasing of a^* value significantly ($p \leq 0.05$). Decreasing of b^* value of most treated samples was found excepted for S20 sample which showed significantly highest of b^* value at 30.02 ± 1.71 ($p \leq 0.05$). Total purine and uric acid content of all treated samples, measured by using high performance liquid chromatography (HPLC), significantly decreased which had the highest percent decreasing in F sample (69.93%) as compared to the control However, using different medium to boil the bamboo shoot did not show significantly different in reducing of total purine and uric acid ($p > 0.05$). Accordingly, the filtered water which is available and cheap was then selected as medium to boil. It was found that boiling bamboo shoot with filtered water for 20 minutes can not remove the bitterness completely. For this reason, more experiments to remove the bitterness from bamboo shoot were done and result showed that boiling bamboo shoot with new filtered water for

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 times (15 minutes/time) was a proper process for quality improvement and development of ready to cook bamboo shoot product. To improve the bamboo shoot quality in terms of texture and taste (sweetness), research was carried out by soaking bamboo shoot with 0.1% w/w $CaCl_2$ and 0.05% w/w sucralose solution for 30 minutes at room temperature before boiling. Results found that the bamboo shoot after quality improvement showed higher average liking score which was about 7.18 – 7.77 (from 9-point hedonic scale sensory evaluation method) as compared to the sample without quality improving.

Keywords: Bamboo shoot, Boiling, Color, Texture, Purine, Uric acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การลดพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้และการพัฒนาผลิตภัณฑ์พร้อมปรุง จัดทำขึ้นจากการศึกษาค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเป็นข้อมูลของวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อความสำเร็จลุล่วงของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จากความช่วยเหลือ การดูแล ให้คำปรึกษาและคำแนะนำด้วยความกรุณา อีกทั้งตรวจทานแก้ไขอย่างใส่ใจอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสรยา เกิดพิบูลย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สวามินี นวลแขกุล กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก สนับสนุนและให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณ คุณสมมาต ตันติเวชกุล เจ้าของกิจการและพนักงานบริษัท เอ็น พี เอ็ม อัลลิแอนซ์ คาสติ้ง จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อ อำนวยความสะดวกและสละเวลาในการทำวิจัยทดสอบทางประสาทสัมผัส ณ สถานประกอบการ รวมถึงคุณธิเบศร์ สีกุหลาบที่สละเวลาช่วยเหลือในการเตรียมการทดสอบ

หากปรากฏข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัย ณ ที่นี้ และหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นไปเพื่อประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ

ธีรภัทร์ ศรีเศรษฐกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III
กิตติกรรมประกาศ.....V
สารบัญ.....VI
สารบัญตาราง.....IX
สารบัญภาพ.....X
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 หน่อไม้ไผ่รวก.....3
2.2 ใบย่านาง.....4
2.3 กรดซิตริก.....6
2.4 เกลือแกง.....6
2.5 การหมักดอง.....7
2.6 ไซยาไนด์.....8
2.7 พิวรีนและกรดยูริก.....11
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....18
3.1 วัตถุดิบ.....18
3.2 สารเคมี.....18
3.2.1 สารเคมีในการทดลอง.....18
3.2.2 สารเคมีในการวิเคราะห์คุณภาพ.....18
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 วิธีการทดลอง.....23
3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ.....23
3.4.2 การศึกษาการลดลงของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว.....25
3.4.3 การศึกษาผลของกระบวนการที่มีคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของหน่อไม้.....25
3.4.3.1 การเตรียมน้ำคั้นใบย่านางและน้ำซาวข้าว.....26
3.4.3.2 การดองเปรี้ยวหน่อไม้.....27
3.4.3.3 การเตรียมตัวอย่างหน่อไม้สำหรับการทดสอบทางกายภาพและเคมี.....28
3.4.4 การทดสอบคุณภาพทางกายภาพ.....29
3.4.4.1 การวัดค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้.....29
3.4.4.2 การวัดค่าสีของเนื้อหน่อไม้.....29
3.4.4.3 การวัดค่าสีของน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้.....29
3.4.5 การทดสอบคุณภาพทางเคมี.....30
3.4.5.1 การวัดค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้ น้ำต้ม และน้ำดองหน่อไม้.....30
3.4.5.2 ปริมาณพิวรีนและกรดยูริก.....30
3.4.6 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....34
3.4.6.1 การเลือกกระบวนการที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุง.....34
3.4.6.2 การปรับปรุงคุณภาพของหน่อไม้ภายหลังผ่านกระบวนการลดปริมาณพิวรีนและกรดยูริก.....34
3.4.7 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์....36
4.1 ผลของกระบวนการต่อคุณภาพทางกายภาพ....36
4.1.1 ค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการ....36
4.1.2 ค่าสีของเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการ....38
4.1.3 ค่าสีของน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการ....42
4.2 ผลของกระบวนการต่อคุณภาพทางเคมี....44
4.2.1 ค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้ น้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้....44
4.2.2 ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยว....46
4.2.3 ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการ....48
4.3 ผลการทดสอบทางคุณภาพประสาทสัมผัสและการปรับปรุงคุณภาพ....50
4.3.1 การเลือกกระบวนการที่เหมาะสมเพื่อเตรียมหน่อไม้สำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุง....50
4.3.2 กระบวนการเตรียมหน่อไม้เพื่อใช้ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส....51
4.3.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้ต้มก่อนการปรับปรุงคุณภาพและการทดสอบความพอดี....51
4.3.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้ต้มหลังการปรับปรุงคุณภาพ....53
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง....55
ข้อเสนอแนะ....56
บรรณานุกรม....57
ภาคผนวก....64
ภาคผนวก ก ข้อมูลที่เป็นตัวเลขจากผลการทดลอง....65
ภาคผนวก ข แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส....70
ประวัติผู้เขียน....72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ปริมาณไซยาไนด์ในพืชบางชนิด....9

2.2 ระดับความเป็นพิษของไซยาไนด์ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมนุษย์....10

3.1 รหัสสิ่งทดลองและสภาวะของแผนการทดลอง....26

4.1 ค่าสีของเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน....39

4.2 ค่าสีของน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน....43

4.3 ค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้ น้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้ (สารละลาย)....45

4.4 การเปรียบเทียบค่าความแข็งและค่าสีของหน่อไม้ที่ต้มในน้ำกรองกับหน่อไม้ต้มทางการค้าตรา สมาร์ทเชฟ (SC)....50

4.5 สภาวะการเตรียมหน่อไม้เพื่อลดความขมสำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส....51

4.6 ผลการทดสอบความพอดีด้วยวิธี just about right (JAR) ในหน่วยจำนวนคน (ร้อยละ) และการทดสอบทวินาม (binomial test) ของหน่อไม้ต้มก่อนการปรับปรุงคุณภาพจำนวนผู้ทดสอบ 40 คน....52

ก.1 ค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน....66

ก.2 ปริมาณกรดยูริก ไฮโปแซนทีน อะดีนีน และผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยวนับตั้งแต่เก็บเกี่ยววันที่ 0 – 7....67

ก.3 ปริมาณกรดยูริก ไฮโปแซนทีน อะดีนีน และผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน....68

ก.4 คะแนนความชอบเฉลี่ยต่อปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของหน่อไม้ต้มก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพและหน่อไม้ต้มหลังปรับปรุงคุณภาพทานร่วมกับน้ำพริกหนุ่ม จากการประเมินแบบคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) จำนวนผู้ทดสอบ 40 คน....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 หน่อไม้ไผ่รวกที่ผ่านการปอกเปลือกแล้ว....4

2.2 ใบย่านาง....5

2.3 โครงสร้างโมเลกุลของกรดซิตริก....6

2.4 โครงสร้างโมเลกุลของทาร์ซิไฟล์ลิน สารไซยาโนจีนิกไกลโคไซด์ในหน่อไม้....10

2.5 ปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยเอนไซม์ของไซยาโนจีนิกไกลโคไซด์....10

3.1 แผนผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างหน่อไม้ก่อนนำไปทำการทดลอง....24

3.2 แผนผังขั้นตอนการทดลอง....27

3.3 การเตรียมตัวอย่างหน่อไม้สำหรับการทดสอบทางกายภาพและเคมี....28

4.1 ค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้ไผ่รวกหลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน....37

4.2 ภาพถ่ายของหน่อไม้ไผ่รวกดิบ (ตัวอย่างควบคุม, C) ก่อนและหลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน....41

4.3 ปริมาณกรดยูริก ไฮโปแซนทีน อะดีนีน และผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยว นับตั้งแต่เก็บเกี่ยววันที่ 0 – 7....47

4.4 ปริมาณกรดยูริก ไฮโปแซนทีน อะดีนีน และผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน....49

4.5 คะแนนความชอบเฉลี่ยต่อปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของหน่อไม้ต้มก่อนปรับปรุงคุณภาพ หน่อไม้ต้มหลังปรับปรุงคุณภาพและหน่อไม้ต้มหลังปรับปรุงคุณภาพทานร่วมกับน้ำพริกหนุ่มจากการประเมินแบบคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) จำนวนผู้ทดสอบ 40 คน....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หน่อไม้หรือต้นอ่อนของต้นไผ่ เป็นหนึ่งในพืชเก่าแก่ที่สุดในโลกที่มีมากกว่า 1250 สายพันธุ์ มีการบริโภคหน่อไม้อย่างยาวนานและแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี อินเดีย เนปาล ภูฏาน มาเลเซีย อินโดนิเซีย และไทย เป็นต้น ภูมิภาคเอเชียมีการบริโภคหน่อไม้สูงถึง 2 ล้านตันต่อปี โดยประเทศจีนและอินเดียเป็นผู้ผลิตสูงที่สุดสองอันดับแรก อีกทั้งความต้องการในตลาดยังคงเติบโตสูงขึ้น เนื่องด้วยหน่อไม้มีรสชาติเป็นที่ยอมรับและอุดมไปด้วยสารอาหาร เส้นใย วิตามิน แร่ธาตุ กรดอะมิโน รวมไปถึงสารต้านอนุมูลอิสระและสารโภชนเภสัชที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกาย แต่มีไขมันและคอเลสเตอรอลต่ำ หน่อไม้บางสายพันธุ์เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีเฉพาะฤดูฝน จึงถูกนำไปแปรรูปด้วยวิธีต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุการเก็บรักษา เช่น ต้ม อบแห้ง ดอง บรรจุกระป๋อง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม มีรายงานการวิจัยกล่าวว่าหน่อไม้ประกอบด้วยสารที่เป็นอันตรายฉับพลันต่อร่างกายอย่างไซยาไนด์ และสารที่อาจก่อให้เกิดอันตรายในระยะยาวจากการสะสมของพิวรีนหรือกรดยูริก (Choudhury และคณะ, 2010; Pandey และคณะ, 2014; Singhal และคณะ, 2016)

การบริโภคหน่อไม้ในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประชากรทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นิยมนำหน่อไม้มาประกอบอาหารด้วยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อลดความขมและสามารถบริโภคได้ตลอดทั้งปี อย่างไรก็ดี วิธีการที่ไม่เหมาะสมอาจนำมาซึ่งการหลงเหลือของสารตกค้างในหน่อไม้ที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแปรรูปหน่อไม้ที่กำลังเติบโตในธุรกิจนี้ ยังมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการกำจัดสารอันตรายในหน่อไม้ค่อนข้างน้อย (Jaiwunglok และคณะ, 2009) ประกอบกับการศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปโดยทั่วไปต่อปริมาณสารดังกล่าวในหน่อไม้ยังมีไม่มากนัก

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปโดยทั่วไปของหน่อไม้ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis*) ต่อปริมาณพิวรีนและ/หรือกรดยูริก โดยดัดแปลงกระบวนการแปรรูปจากที่มีการรายงานผลการลดปริมาณไซยาไนด์ รวมถึงการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้ไผ่รวกพร้อมปรุงที่ผ่านกระบวนการลดปริมาณพิวรีนและกรดยูริก เพื่อให้มีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคยอมรับ สำหรับพัฒนาไปสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของหน่อไม้ไผ่รวกที่ได้จากวิธีการแปรรูปหน่อไม้โดยทั่วไป

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของวิธีการแปรรูปหน่อไม้โดยทั่วไปต่อปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้ไผ่รวก

1.2.3 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้ไผ่รวกพร้อมปรุงที่ผ่านการลดปริมาณพิวรีนและกรดยูริก

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงคุณภาพทางกายภาพของหน่อไม้ไผ่รวกที่ผ่านวิธีการแปรรูปที่แตกต่างกัน

1.3.2 ทราบถึงวิธีการแปรรูปหน่อไม้ไผ่รวกที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณพิวรีนและกรดยูริก

1.3.3 ได้ผลิตภัณฑ์หน่อไม้ไผ่รวกพร้อมปรุงที่ผ่านการ ลดปริมาณพิวรีนและกรดยูริกสำหรับพัฒนาไปสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หน่อไม้ไผ่รวก

ไผ่รวก ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Thyrsostachys siamensis* จัดอยู่ในวงศ์ Gramineae พบได้มากตามธรรมชาติในป่าแทบทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันตกในบริเวณจังหวัดราชบุรีและกาญจนบุรี ทนทานต่อสภาพความแห้งแล้ง ดินระบายน้ำได้ดี ขยายพันธุ์ได้ง่าย ลำต้นขนาดเล็กขึ้นเป็นกอแน่น ลำตรงสูงชะลูดประมาณ 3 – 15 เมตร มีกิ่งเรียวเล็กที่ปลายลำ ลำต้นสีเขียวอมเทามีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 – 7 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความชุ่มชื้นในบริเวณนั้น ปล้องยาวประมาณ 10 – 30 เซนติเมตร มีกาบหุ้มลำสีเหลืองอ่อน ด้านหลังปกคลุมด้วยขนอ่อนสีขาว มีร่องเป็นแนวขนาดเล็ก ทรงสอบขึ้นไปหาปลายรูปตัดเป็นลูกคลื่น ความยาวประมาณ 22 – 28 เซนติเมตร กว้างประมาณ 11 – 20 เซนติเมตร ใบมีลักษณะเรียวแหลมเป็นลาย โคนใบเกือบกลม ไม่มีขนทั้งสองด้าน ขนาดยาวประมาณ 7 – 12 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.6 – 1.2 เซนติเมตร เส้นลายใบข้างละ 3 – 5 เส้น ขอบใบคม ก้านใบยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร หูใบหรือครีบไม่มีกระจัง ลักษณะเรียวขอบเรียบสั้น กาบหุ้มใบด้านนอกไม่มีขนหรือมีขนอ่อนสีขาว ปลายตัดป้านไม่มีขน (สอาด, 2528; รุ่งนภา และคณะ, 2544; ณัฐกิตติ์, 2546; อัมพา, 2550)

การใช้ประโยชน์ไผ่รวก นิยมใช้เป็นวัสดุก่อสร้างและวัสดุอุปกรณ์ใช้สอย เช่น แนวรั้วบ้าน ไม้ค้ำยัน เยื่อกระดาษ กระดาษห่อ กระดาษสำหรับเขียน และเครื่องเรือนไม้ไผ่ เป็นต้น อีกทั้งต้นอ่อนหรือหน่อไม้ไผ่รวกดังแสดงในภาพที่ 2.1 ก็ยังเป็นที่นิยมบริโภคในประเทศไทย ซึ่งหน่อไม้คือแขนงที่แตกออกจากลำต้นใต้ดิน (rhizome) และเจริญต่อไปเป็นลำไผ่ (culm) มีโครงสร้างเซลล์เรียงตัวตามยาวเหมือนลำไผ่ ประกอบด้วยเซลลูโลสแทรกตัวอยู่ในเมทริกซ์ (matrix) ซึ่งเป็นเฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสารอนินทรีย์ หน่อไม้ไผ่รวกสดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักสด ได้แก่ โปรตีนร้อยละ 1.02 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.17 ไขมันร้อยละ 0.13 เถ้าร้อยละ 0.89 เส้นใยหยาบร้อยละ 1.14 และเส้นใยอาหารร้อยละ 2.23 – 2.60 รวมไปถึงกรดอะมิโนรวม 1727 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็น 692.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ยิ่งไปกว่านั้น หน่อไม้ไผ่รวกสดยังประกอบด้วยสารโภชนเภสัช ได้แก่ ไฟโตสเตอรอล ชนิดเบต้า-ซิทโตสเตอรอล สติกมาสเตอรอล และแคมพีสเตอรอลในปริมาณเท่ากับ 1.54 0.59 และ 0.27 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 500.63 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH-radical scavenging activity) เท่ากับ 47.03 มิลลิกรัมสมมูลของกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอสคอร์บิกต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม (Kusalaruk และ Limsangouan, 2015) คนไทยมีขั้นตอนการนำหน่อไม้ไปประกอบอาหาร โดยการนำไปต้มหลายครั้งในน้ำเปล่า หรือต้มใส่น้ำคั้นใบย่านางเพื่อลดความขมของหน่อไม้ ซึ่งความขมในหน่อไม้นี้เป็นผลมาจากการมีอยู่ของไซยาไนด์ตามธรรมชาติ แต่การต้มก็ส่งผลให้โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณลดลง นอกจากนี้ ยังมีการนำหน่อไม้ไปแปรรูปในรูปแบบต่างๆ เช่น การทำหน่อไม้ปี๊บโดยมีขั้นตอนการปอกทำความสะอาดก่อนนำลงต้มแล้วจึงบรรจุในปี๊บไม่ให้อากาศเข้า หน่อไม้ตากแห้งหรือหน่อไม้ดองเปรี้ยวด้วยเกลือแกง เรียกว่าหน่อไม้ส้ม เป็นต้น เนื่องจากหน่อไม้เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีเฉพาะฤดูฝน จึงมีความจำเป็นในการนำไปแปรรูปเพื่อรับประทานหรือจำหน่ายนอกฤดูกาล (ณัฐกิตติ์, 2546; สมนึก, 2559; Choudhury และคณะ, 2010)

ภาพที่ 2.1 หน่อไม้ไผ่รวกที่ผ่านการปอกเปลือกแล้ว

2.2 ย่านาง

ย่านาง (Bai-ya-nang) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Tiliacora triandra* Diels จัดอยู่ในวงศ์ Menispermaceae มีชื่อพื้นเมืองว่าเถาย่านาง เถาเขียว หญ้าภคินี จ้อยนาง เครือเขางาม เถาร้อยปลา ปู่เจ้าเขาเขียว ย่านางขาว ย่านนาง วันยอ ยาดนาง เป็นต้น เป็นไม้เลื้อยเกี่ยวพันไม้อื่นที่ปลูกง่าย สามารถเติบโตได้ในดินทุกชนิดและทุกฤดู หัวใต้ดินใช้ในการขยายพันธุ์รวมทั้งเถาแก่ที่ติดหัวปักชำยอดหรือปลูกด้วยเมล็ด เถามีลักษณะกลมเล็กแต่เหนียว มีสีเขียวและสีเข้มเมื่อแก่ มีข้อห่าง บริเวณเถาที่มีขนอ่อนปกคลุม เถาย่านางที่แก่จะมีผิวค่อนข้างเรียบ มีเนื้อเหนียว นุ่ม ใช้สำหรับทำเชือกมัดรั้วหรือผูกของ ย่านางมีรากขนาดใหญ่ติดกับหัวใต้ดิน ใบย่านางเป็นใบเลี้ยงเดี่ยวลักษณะคล้ายใบของต้นพริกไทย งอกจากลำต้นแบบสลับ รูปทรงใบคล้ายไข่ ปลายเรียว ฐานโค้งมน ดังแสดงในภาพที่ 2.2 ย่านางประกอบด้วยสารที่สำคัญทางโภชนาการคือ ไฟเบอร์ แคลเซียม เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามินเอและเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี วิตามินอี แซนโทฟิลล์ แทนนินและสารประกอบฟีนอลิก ส่วนของรากประกอบด้วยสารอัลคาลอยด์หลายชนิด เช่น ทีเลียโครินิน (tiliacorinine) นอร์ทิเลียโค-รินิน (nor-tiliacorinine) และทีเลียโครีน (tiliacorine)

ภาพที่ 2.2 ใบย่านาง

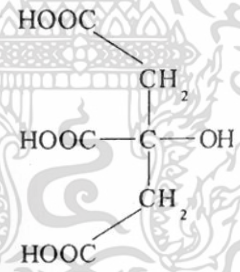
ทุกส่วนของย่านางถูกใช้ปรุงเป็นยาสมุนไพรโดยไม่มีผลข้างเคียงต่อร่างกายและมีประโยชน์ทางโภชนาการแทบทั้งสิ้น รวมถึงการใช้ในการประกอบอาหารของคนไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ซึ่งคั้นเอาน้ำเถาและใบย่านางอ่อน-แก่มาปรุงอาหารหลากหลายชนิด เช่น ซุบหน่อไม้ แกงอ่อม แกงหน่อไม้ แกงขนุน แกงเปรอะ (แกงลาว) อ่อมและหมก เป็นต้น เนื่องจากน้ำคั้นใบย่านางไม่เพียงสามารถช่วยเพิ่มรสชาติ ให้รสหวานและลดรสขมของหน่อไม้ แต่ยังประกอบด้วยไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) หรือกัม (gum) อันมีส่วนช่วยในการเพิ่มความข้นหนืดและปรับปรุงสมบัติทางประสาทสัมผัส (organoleptic properties) ของอาหารอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้น ใบย่านางรวมไปถึงส่วนเถาและรากยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ลดไข้ แก้ไข้หวัด ไข้อีสุกอีกใส ลดความดันโลหิต ต้านเชื้อจุลชีพ ถอนพิษเบื่อเมาในอาหาร ต้านการแก้ ต้านการเจริญของเซลล์มะเร็ง ลดการหดเกร็งของลำไส้ แก้ท้องผูก แก้อาการเมาสุรา ขับพิษเลือดและน้ำเหลือง เป็นต้น (รัชฎาพร และคณะ, 2554; Othong และคณะ, 2015) แม้จะมีการกล่าวอ้างโดยมากถึงฤทธิ์การต้านกรดยูริกในหน่อไม้จากสารในย่านาง ประกอบกับประชากรทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ที่มีวัฒนธรรมการรับประทานหน่อไม้คู่กับย่านางยังไม่ปรากฏปัญหาจากการรับประทานหน่อไม้เหมือนในภาคอื่นๆ เช่น อาการปวดข้อจากการสะสมของผลึกกรดยูริก (แสงจันทร์, 2552; สุทธิชัย, 2554; Singthong และคณะ, 2009) แต่ในทางตรงกันข้าม งานวิจัยบางฉบับรายงานว่าย่านางปราศจากสารที่มีฤทธิ์ต้านเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (xanthine oxidase inhibitor) ซึ่งทำหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยับยั้งเอนไซม์ดังกล่าวไม่ให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนพิวรีนไปเป็นกรดยูริก (Jiwajinda และคณะ, 2002; Taejarernwiriyakul และคณะ, 2011)

2.3 กรดซิตริก

กรดซิตริก (citric acid) เป็นกรดอ่อนและกรดอินทรีย์ สูตรโมเลกุลคือ $C_6H_8O_7$ หรือในรูปผลึกโมโนไฮเดรต (monohydrate) สูตรโมเลกุลคือ $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ มีโครงสร้างโมเลกุลดังแสดงในภาพที่ 2.3 กรดซิตริกถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มมากกว่ากรดชนิดอื่นๆ ถึงร้อยละ 60 ของกรดทั้งหมด มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดี ใสไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสเปรี้ยว เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คุณสมบัติของกรดซิตริกคือเป็นสารประสิทธิภาพสูงในการจับโลหะ (chelating agent) ที่อาจปนเปื้อนในวัตถุดิบและเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex compounds) นำมาซึ่งการยับยั้งปฏิกิริยาจากโลหะดังกล่าว เป็นสารลดความฝาด ลดการตกผลึกของน้ำผลไม้ ป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ใช้เป็นวัตถุกันเสียและควบคุมระดับค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ในการถนอมอาหาร เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดอันตราย ด้วยเหตุนี้ในอุตสาหกรรมอาหารประเภทผักและผลไม้กระป๋องที่ต้องผ่านความร้อนสูงเป็นเวลานานเพื่อฆ่าเชื้อ กรดซิตริกจะถูกใช้ในการปรับค่าพีเอชให้ต่ำลง ช่วยให้สามารถลดอุณหภูมิและเวลาที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ (ศิวาพร, 2546)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลของกรดซิตริก
ที่มา: (ศิวาพร, 2546)

2.4 เกลือแกง

เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) สูตรโมเลกุลคือ NaCl ถูกใช้อย่างมากในการประกอบอาหารและอุตสาหกรรมอาหาร ในการเป็นเครื่องปรุงรสหรือใช้เพื่อการถนอมอาหาร เช่น ให้รสเค็มในอาหาร ปรับปรุงเนื้อสัมผัสในขนมปัง เป็นตัวกลางในการแช่เยือกแข็งอาหาร ปรับปรุงโครงสร้างโปรตีน และช่วยลดค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (a_w หรือ water activity) เป็นต้น เกลือส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย (microbial spoilage) ในอาหารประเภทหมักดองและอาหารที่มีปริมาณเกลือสูง อีกทั้งยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรดแลคติกส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสเปรี้ยว ตัวอย่างเช่นหน่อไม้ดองเปรี้ยว นิยมใช้น้ำเกลือเจือจางที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 2 – 5 โดยมวลหรือมากกว่า และอาจมีการเติมน้ำซาวข้าวหรือน้ำมะพร้าวเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลในระบบอันเป็นแหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์ ทำให้เกิดกระบวนการหมักดองที่รวดเร็วยิ่งขึ้น (กล้าณรงค์, 2520; ศิริลักษณ์, 2520; กระยาทิพย์, 2537)

นอกจากนี้ เกลือยังเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์หน่อไม้ต้มบรรจุถุงพลาสติก ซึ่งมีการใช้สารละลายเกลือเข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวล เพื่อต้มล้างความขมเป็นเวลา 15 นาทีและต้มในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวลอีกครั้งเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นบรรจุลงในถุงพอลิโพรพิลีน (polypropylene) ปิดผนึก นำไปพาสเจอร์ไรซ์ในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาทีและทำให้เย็นในน้ำเย็น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะสามารถเก็บรักษาได้นาน 3 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (Sinthavalai และคณะ, 2001)

2.5 การหมักดอง

การหมักดอง (fermentation) เป็นวิธีหนึ่งในการถนอมอาหารที่ทำให้อาหารมีรสชาติแตกต่างไปจากเดิมตามธรรมชาติ โดยการใส่สารปรุงแต่งและ/หรืออาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมักดอง ซึ่งส่งผลให้อาหารเกิดปฏิกิริยาเคมีและมีรสชาติเปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งยังสามารถป้องกันการเน่าเสียได้อีกด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงสามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นเวลานานก่อนนำไปรับประทานหรือประกอบอาหารต่อไป องค์ประกอบและระยะเวลาที่ใช้ในการหมักมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น การดองหวาน การดองในน้ำส้ม การดองด้วยเกลือ และการดองเปรี้ยว เป็นต้น การดองเปรี้ยวนิยมใช้สารละลายเกลือเจือจางที่ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 2 – 5 หรือมากถึงร้อยละ 10 ภายใต้อุณหภูมิ 21 – 24 องศาเซลเซียส โดยการทำให้สารละลายท่วมชิ้นอาหารอยู่เสมอเพื่อให้อยู่ในสภาวะพร่องออกซิเจน ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลคติก เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเป็นกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 0.6 – 1.5 ในระหว่างกระบวนการหมัก หากมีฝ้าที่เกิดขึ้นบนผิวหน้าของสารละลาย อาจเป็นยีสต์ (wild yeast) รา และ/หรือแบคทีเรีย ซึ่งส่งผลให้กรดแลคติกที่ถูกผลิตขึ้นเกิดการสลายตัวและปริมาณลดลง นำมาซึ่งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสีย ดังนั้นจึงควรช้อนฝ้าออกทุก 2 วันและอาจนำไปผึ่งแดดเพื่อทำลายยีสต์ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (ศิริลักษณ์, 2520; กระยาทิพย์, 2537)

หน่อไม้ดองเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย สามารถเก็บรักษาไว้ได้นอกฤดูกาลเก็บเกี่ยว กระบวนการดองเปรี้ยวหน่อไม้โดยทั่วไปมีขั้นตอนคือ ทำการปอกเปลือกนอกของหน่อไม้สด ตัดแต่งและหั่นฝานเป็นชิ้นบางขนาด 2 – 3 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร อัดลงในภาชนะดินเผา จากนั้นเติมสารละลายเกลือที่เตรียมจากน้ำหรือน้ำซาวข้าวจนท่วม ในบางพื้นที่อาจใช้เพียงเกลือในการดอง โดยเกลือจะดึงเอาน้ำจากหน่อไม้ออกมา ปิดภาชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และหมักไว้ในที่ร่มเป็นเวลา 1 เดือน หรือจนกว่าจะมีรสเปรี้ยว หากใช้น้ำซาวข้าวในการหมักจะใช้เวลาเพียง 1 สัปดาห์ (Phithakpol และคณะ, 1995) น้ำซาวข้าวจัดว่าเป็นแหล่งของคาร์บอนที่มีต้นทุนต่ำและหาได้ง่าย อีกทั้งประกอบไปด้วยกรดเฟอรูลิก อัลโทอิน ไนอาซิน ไรโบฟลาวิน และอิโนซิทอล ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ (Sudying, 2017) นอกจากนี้ อาจต้มหน่อไม้ในน้ำเกลือและทิ้งน้ำแรก แล้วจึงบรรจุหน่อไม้สดในบรรจุภัณฑ์พร้อมน้ำเกลือชุดที่สองในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนปิดผนึกนำผลิตภัณฑ์หลังการหมักไปพาสเจอร์ไรซ์ในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาทีและทำให้เย็นลงในน้ำเย็น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะสามารถเก็บรักษาได้นาน 1 ปีที่อุณหภูมิห้อง (Sinthavalai และคณะ, 2001)

2.6 ไซยาไนด์

ไซยาไนด์ (cyanide) จัดเป็นกลุ่มของสารเคมีที่มีไซยาไนด์ไอออน (CN^-) เป็นองค์ประกอบ มีอะตอมของคาร์บอนสร้างพันธะสาม (trivalent bond) กับอะตอมของไนโตรเจน อิเล็กตรอนที่เหลืออยู่ของคาร์บอนสามารถเกิดพันธะกับอะตอมของไฮโดรเจนหรือโลหะ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม หรืออีกอะตอมหนึ่งของคาร์บอนเกิดเป็นสารประกอบไนไตรล์ (nitrile) เรียกสารในกลุ่มนี้ด้วยคำขึ้นต้นว่าไซยาโน- เช่น ไซยาโนจีนิกไกลโคไซด์ (cyanogenic glycoside) ซึ่งเป็นสารประกอบที่พบได้ในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโอ๊ต ข้าวไรย์ ข้าวฟ่าง เมล็ดแอปเปิล เมล็ดเชอร์รี เมล็ดแอพริคอต อัลมอนด์ขม ถั่วลิมา มันสำปะหลัง และหน่อไม้ เป็นต้น ปริมาณไซยาไนด์ต่อ 100 กรัมพืชดังแสดงในตารางที่ 2.1

กรณีตัวอย่างของมันสำปะหลังเมื่อเนื้อเยื่อฉีกขาด ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไซยาโนจีนิกไกลโคไซด์ ลินามาริน (linamarin) โลเทาสตราลิน (lotaustralin) ร่วมกับเอนไซม์ลินามาเรส (linamarase) หรือบีตาดีกลูโคซิเดส (β-glucosidase) และน้ำ ก่อให้เกิดกรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid) ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย อย่างไรก็ตาม สามารถลดความเป็นพิษของมันสำปะหลังก่อนการแปรรูปเป็นแป้งหรือนำไปหุงต้มเพื่อบริโภคได้ โดยการปอกเปลือกออก เนื่องจากเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งสะสมหลักของไกลโคไซด์ แล้วจึงนำไปล้างน้ำและแช่น้ำเพื่อลดปริมาณสารไกลโคไซด์ซึ่งละลายน้ำได้ดี จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กและตากแดดให้แห้ง ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายเอนไซม์ที่ย่อยสลายไกลโคไซด์ไปเป็นไซยาไนด์ ในทำนองเดียวกัน หน่อไม้ประกอบด้วยไซยาโนจีนิกไกลโคไซด์ชื่อว่า ทาร์ซิไฟล์ลิน (taxiphyllin) ดังแสดงโครงสร้างโมเลกุลในภาพที่ 2.4 และเอนไซม์บีตาไกลโคซิเดส (β-glycosidase) ในโครงสร้างเซลล์เมื่อเซลล์พืชถูกทำลายโดยสัตว์หรือแมลง สารทั้งสองจะทำปฏิกิริยากันได้น้ำตาลและไซยาโนไฮดริน (cyanohydrin) ซึ่งสลายตัวต่อไปอย่างรวดเร็วเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์และแอลดีไฮด์ (aldehyde) หรือคีโตน (ketone) ดังแสดงปฏิกิริยาในภาพที่ 2.5

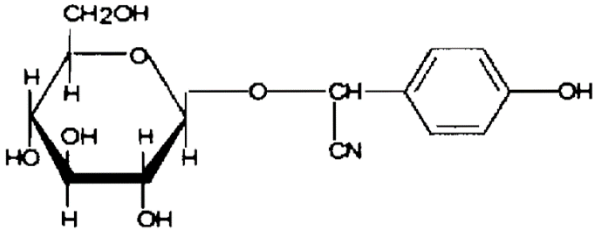
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณไซยาไนด์ในพืชบางชนิด

ชื่อพืช	ปริมาณไซยาไนด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)
ถั่วลิมา (*Phaselolus lunatus*)	
ปริมาณปกติ	14.4 – 16.7
ปริมาณที่รับประทานแล้วทำให้เสียชีวิต	210 – 312
ข้าวฟ่าง (sorghum)	250
เมล็ดแอพริคอต	320
เมล็ดเชอร์รี่	354
เสาวรส (ผลอ่อน)	70
เสาวรส (ผลแก่)	10
หน่อไม้ (ต้นอ่อน)	300
หน่อไม้ (ปลายของหน่ออ่อน)	800
มันสำปะหลัง (ใบอ่อน)	65
มันสำปะหลัง (หัวมันสด)	55
มันสำปะหลัง (หัวมันแห้ง)	245
ลินสีด (กาก)	53
ถั่วแดง (*Phaseolus vulgaris*)	2.0
Garden pea (*Pisum sativum*)	2.3
Black-eye pea (*Vigna sinensis*)	2.1
Bengal gram (*Cicer arietinum*)	0.8
Red gram (*Cajanus cajans*)	0.5

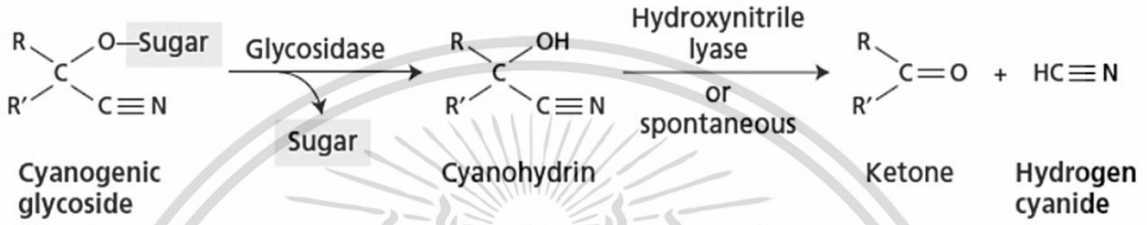
ที่มา: (ดัดแปลงจาก นิธิยา และวิบูลย์, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของทาร์ซิไฟล์ลิน สารไซยาโนจีนิกไกลโคไซด์ในหน่อไม้

ที่มา: (WHO, 2004)



ภาพที่ 2.5 ปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยเอนไซม์ของไซยาโนจีนิกไกลโคไซด์

ที่มา: (Rawat และคณะ, 2015)

ไฮโดรเจนไซยาไนด์เป็นก๊าซหรือของเหลวที่มีกลิ่นเฉพาะและไม่มีสี สำหรับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ไซยาไนด์เป็นพิษเฉียบพลันมากจนถึงพิษเฉียบพลันร้ายแรงมาก โดยมีค่า LD_{50} (median lethal dose) จากการได้รับทางปากเฉลี่ยเท่ากับ 1.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักมนุษย์ และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักมนุษย์ ค่า LD_{50} บ่งบอกถึงปริมาณ (dose) ของสารเคมีที่ทำให้สัตว์ทดลองตายไปเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของเริ่มต้นด้วยการให้สารเพียงครั้งเดียว รายงานค่าเป็นน้ำหนักของสารเคมีต่อน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก (WHO) ดังแสดงในตารางที่ 2.2 (สุเทพ และคณะ, 2549)

ตารางที่ 2.2 ระดับความเป็นพิษของไซยาไนด์ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมนุษย์

ระดับความ	LD_{50} โดยให้ทางปาก		LD_{50} โดยการป้ายบนผิวหนัง	
เป็นพิษ	ของแข็ง	ของเหลว	ของแข็ง	ของเหลว
พิษร้ายแรงมาก	< 5	< 20	< 10	< 40
พิษมาก	5 – 50	20 – 200	10 – 100	40 – 400
พิษปานกลาง	50 – 500	200 – 2000	100 – 1000	400 – 4000
พิษน้อย	> 500	> 2000	> 1000	> 4000

ที่มา: (สุเทพ และคณะ, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเข้าสู่ร่างกาย ไซยาไนด์จะเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีรวมตัวกับเฟอร์ริกไอออน (Fe^{2+}) ของฮีม (heme) ซึ่งเป็นหมู่พรอสทีติก (prosthetic group) ของเอนไซม์ไซโตโครมออกซิเดส (cytochrome oxidase) ที่ปลายกระบวนการหายใจภายในเซลล์ ส่งผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และการถ่ายเทอิเล็กตรอนจาก NADH (nicotinamide adenine dinucleotide หรือ NAD) ไปสู่โมเลกุลของออกซิเจน นำมาซึ่งสภาวะล้มเหลวของหัวใจและระบบหายใจจนเสียชีวิต (พรพรรณ, 2540; จักรพันธุ์, 2542; สุเทพ และคณะ, 2549; นิธิยา และวิบูลย์, 2553; ATSDR, 2004; Choudhury และคณะ, 2010; Satya และคณะ, 2010)

2.7 พิวรีนและกรดยูริก

ร่างกายมนุษย์ได้รับกรดยูริก (uric acid) บางส่วนมาจากการบริโภคอาหารที่มีพิวรีน (purine) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของโปรตีนในเซลล์สัตว์หรือพืช อาหารที่มีเซลล์ปริมาณมากหรือเซลล์กำลังแบ่งตัวมักพบพิวรีนในปริมาณสูง เช่น เครื่องใน เนื้อสัตว์ปีก ปลาอินทรีย์ ปลาซาร์ดีน เนื้อติดมัน มันสมอง น้ำต้มกระดูก ปลายยอดผักอ่อน เมล็ดพืชที่งอก หน่อไม้ กระถิน ชะอม ถั่วต่างๆ เหล้า เบียร์ และยีสต์ เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น พิวรีนยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) และดีเอ็นเอ (DNA) ในร่างกายมนุษย์ พิวรีนผ่านกระบวนการเมตา-บอลิซึม (metabolization) ที่ตับและเปลี่ยนไปเป็นกรดยูริกสะสมในกระแสเลือด โดยการสร้างพิวรีนจากภายในร่างกายด้วยการประกอบโครงสร้าง (de novo purine nucleotide synthesis) หรือการสร้างพิวรีนด้วยการนำโมเลกุลของผลผลิตพิวรีนมาใช้ใหม่ (salvage pathway) ซึ่งได้รับจากการรับประทานอาหาร

พืชส่วนใหญ่มีความสามารถในการย่อยสลายพิวรีนอย่างสมบูรณ์ ได้ผลิตผลสุดท้ายเป็นไกลออกซิเลต (glyoxylate) และแอมโมเนีย ขณะที่จุลินทรีย์บางชนิดสามารถย่อยสลายกรดยูริกได้หลากหลายผลิตผลสุดท้าย ซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่มีเอนไซม์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายกรดยูริกไปเป็นแอมโมเนีย อย่างไรก็ตาม กระบวนการย่อยสลายพิวรีนของสัตว์แตกต่างไปจากพืชและจุลินทรีย์ ผลิตผลที่ได้เป็นสารมัธยันตร์ (intermediate) ต่างๆ ของพิวรีน เช่น ยูเรต (urate) และแอลแลนโทอิน (allantoin) ซึ่งจะถูกกำจัดโดยการขับถ่ายออกจากร่างกาย แอลแลนโทอินเป็นสารที่ละลายได้ เกิดจากกระบวนการออกซิเดชันของกรดยูริก โดยอาศัยการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ยูริเคส (uricase) หรือยูเรตออกซิเดส (urate oxidase) หรือออกซิโดรีดักเตส (oxidoreductase) เอนไซม์ยูริเคสพบในสัตว์มีกระดูกสันหลัง (vertebrate) เป็นส่วนใหญ่ยกเว้นไพรเมต (primate) ได้แก่ มนุษย์และลิงไม่มีหางที่มีวิวัฒนาการสูง กระบวนการย่อยสลายพิวรีนในร่างกายมนุษย์จึงสิ้นสุดที่กรดยูริกเป็นผลิตผลและทำการขับถ่ายออกทางปัสสาวะ

แซนทีน (xanthine) เป็นสารมัธยันตร์ (intermediate) อันเป็นสารพื้นฐานร่วมของพิวรีนทุกชนิดที่เกิดในระหว่างกระบวนการเมตาบอลิซึมของพิวรีนในร่างกายมนุษย์ ซึ่งเกิดจากการเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (xanthine oxidase) เปลี่ยนไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) เป็นแซนทีน (xanthine) และกรดยูริก เอนไซม์แซนทีนออกซิเดสมีบทบาทสำคัญในการเร่งให้เกิดการสร้างกรดยูริกและอนุมูลอิสระออกซิเจน (reactive oxygen species) นำมาซึ่งความเสียหายของเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตและเกี่ยวข้องกับความผิดปกติต่างๆ เช่น การอักเสบ มะเร็ง และหลอดเลือดแข็งตัว เป็นต้น

ปริมาณกรดยูริก/ยูเรตในร่างกาย (urate pool) ร้อยละ 10 มาจากการรับประทานอาหารที่มีพิวรีน และร้อยละ 90 จากการเสื่อมสลายของเซลล์ การขับกรดยูริกออกจากร่างกายเกิดขึ้นผ่านสองช่องทางหลักคือ ขับออกทางระบบทางเดินอาหารและลำไส้ คิดเป็น 1 ใน 3 และขับออกทางไตเป็น 2 ใน 3 ของปริมาณกรดยูริกที่ร่างกายสร้างได้ในแต่ละวัน แต่หากปริมาณกรดยูริกในเลือดสูงเกินขีดจำกัดความสามารถในการละลายของกรดยูริกที่ 7.0 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร จะถูกวินิจฉัยว่ามีภาวะกรดยูริกในเลือดสูง (hyperuricemia) อันอาจก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อน ถึงกระนั้น กรดยูริกในเลือดในภาวะปกติเป็นประโยชน์ต่อการรักษาสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และเป็นสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (free-radical scavenging antioxidant capacity) มากถึงร้อยละ 55 ของทั้งหมด ซึ่งมีประสิทธิภาพเทียบเท่าวิตามินซี อีกทั้งสามารถลดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดกระบวนการเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) เป็นผลให้เกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ ในทางตรงกันข้าม ภาวะกรดยูริกในเลือดสูงกลับก่อให้เกิดสารอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

แม้ว่าการรับประทานอาหารที่มีพิวรีนจะเป็นส่วนน้อยที่ก่อให้เกิดการสะสมของกรดยูริกในเลือด แต่การรับประทานในปริมาณมากเกินความพอดี ก็นำมาซึ่งความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะกรดยูริกในเลือดสูงเช่นกัน โดยสามารถแบ่งกลุ่มอาหารตามปริมาณพิวรีนต่อ 100 กรัมอาหารได้เป็นอาหารพิวรีนสูง (150 มิลลิกรัมขึ้นไป) ปานกลาง (50 – 150 มิลลิกรัม) และต่ำ (0 – 50 มิลลิกรัม) นอกเหนือจากการบริโภคอาหารที่มีพิวรีนแล้ว ปริมาณกรดยูริกที่สูงขึ้นยังเป็นผลมาจากปัจจัยต่างๆ อาทิเช่น การบริโภคน้ำตาลฟรุกโตสหรือน้ำตาลซูโครสปริมาณมากเกินพอดี และการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ซึ่งส่งผลกระตุ้นให้เกิดการสร้างกรดยูริก รวมถึงมักพบในผู้ป่วยที่มีภาวะการเสื่อมสลายของเซลล์สูงกว่าปกติ เช่น ผู้ป่วยโรคตับ มะเร็ง ความดันโลหิตสูง และไตเสื่อม ผู้มีภาวะร่างกายขาดน้ำและการได้รับผลจากอุบัติเหตุหรือการผ่าตัด ผู้ที่มีภาวะโรคอ้วนซึ่งข้อต่อต้องรองรับน้ำหนักกดทับเป็นเวลานาน ประกอบกับกระบวนการกำจัดกรดยูริกถูกหน่วงโดยไขมัน การรับประทานยาบางประเภท เช่น ยาขับปัสสาวะ แอสไพรินหรือยารักษาวัณโรคปริมาณมากอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ไตทำงานหนักจนเกิดการเสื่อมสลายของเซลล์ ยิ่งไปกว่านั้น ระดับกรดยูริกในเลือดยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ หลายปัจจัย ได้แก่ เพศ อายุ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ฮอร์โมน ภาวะไตวาย ภาวะความดันโลหิตสูง และการดูดซึมกรดยูริกกลับทางท่อไตส่วนต้น ผู้สูงอายุที่มีการใช้ยาที่มีผลต่อระดับกรดยูริกประกอบกับการขับถ่ายกรดยูริกลดลง จึงมักประสบกับภาวะกรดยูริกในเลือดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ที่มีภาวะกรดยูริกในเลือดสูงเป็นกลุ่มที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานจากภาวะดื้ออินซูลิน ความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ ภาวะหัวใจล้มเหลว รวมไปถึงโรคเก๊าท์ (gout attack) ซึ่งเกิดจากการตกผลึกสะสมของผลึกยูเรตบริเวณข้อ ผิวหนัง ไตหรือปลายหู โดยพบมากกว่าในเพศชาย เพศหญิงในวัยหมดประจำเดือน (menopause) และสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรม นำมาซึ่งอาการบวมอักเสบ แดงร้อนบริเวณข้อต่อตามร่างกาย ไข้หนาวสั่น อาการปวดที่มักเกิดขึ้นในเวลากลางคืนและเป็นครั้งคราว ปรากฏปุ่มก้อนใต้ผิวหนัง ปลายใบหูหรือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระทั่งข้อพิการผิดรูป อย่างไรก็ตาม หากกรดยูริกปริมาณสูงนั้นยังคงละลายในเลือดและไม่ตกผลึกก็อาจไม่ปรากฏโรคเก๊าท์แต่เพียงจัดว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเก๊าท์และโรคแทรกซ้อนในสภาวะที่ร่างกายอ่อนแอ (วิยะดา, 2553; พัชราภรณ์, 2558; Doungkaew, 2001; Jirarattanasopa, 2001; Taejarernwiriyakul และคณะ, 2011; Hafez และคณะ, 2017; Jakše และคณะ, 2019)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไฮโดรเจนไซยาไนด์เป็นองค์ประกอบในหน่อไม้ปริมาณร้อยละ 0.3 – 0.8 (Poulton, 1983; Tripathi, 1998; FSANZ, 2004) โดยหน่อไม้สายพันธุ์ *Bambusa arundinacea* พบไฮโดรเจนไซยาไนด์ในปริมาณมากที่สุดตรงบริเวณส่วนยอด และลดลงไปตามแนวยาวในส่วนฐานเท่ากับ 1600 ส่วนในล้านส่วน (1600 ppm) หรือร้อยละ 0.16 และ 110 ส่วนในล้านส่วน (110 ppm) หรือร้อยละ 0.01 ตามลำดับ (Haque และ Bradbury, 2002) สอดคล้องกับรายงานการสะสมของทาร์ซิไฟล์ลินอันเป็นแหล่งของไฮโดรเจนไซยาไนด์ในเนื้อหน่อไม้ ที่มีปริมาณแตกต่างกันตามแนวยาวแต่กลับมีปริมาณใกล้เคียงกันตามแนวภาคตัดขวางของหน่อไม้ (Jaiwunglok และคณะ, 2009) นอกจากนี้ ทาร์ซิไฟล์ลินยังมีปริมาณลดลงอย่างมากภายหลังการเก็บเกี่ยวอีกด้วย (Nirmala และคณะ, 2008) ทาร์ซิไฟล์ลินนั้นไม่เสถียรทางความร้อนอย่างมากและง่ายต่อการสลายตัว มีรายงานว่าเมื่อต้มหน่อไม้ในน้ำเป็นเวลา2 ชั่วโมง ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไซยาไนด์ลดลงต่ำกว่าระดับความเป็นอันตรายต่อชีวิตที่ 0.5 – 3.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมร่างกาย (FSANZ, 2004) การใช้อุณหภูมิในการประกอบอาหารที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 148 – 180 นาที สามารถกำจัดไซยาไนด์ได้ถึงร้อยละ 97 (Ferreira และคณะ, 1995) อีกทั้งยังมีรายงานจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ซึ่งพบว่าปริมาณไซยาไนด์ในหน่อไม้ลดลงถึงร้อยละ 91 เมื่อต้มในน้ำเดือดเป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที (สุวรรณี และคณะ, 2554) ทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากการฉีกขาดของเซลล์ในระหว่างการต้มประกอบกับมีการใช้น้ำปริมาณมากในการต้ม (Montagnac และคณะ, 2009) นำมาซึ่งการรั่วไหลของสารภายในออกมาภายนอกเซลล์ ส่งผลให้ไซยาโนจีนิกไกลโคไซด์ภายในเซลล์มีปริมาณลดลง (Ogbadoyi และคณะ, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาของ Aichayawanich และคณะ (2018) รายงานถึงอัตราการลดลงของปริมาณไซยาไนด์และกรดยูริกในการต้มหน่อไม้ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis*) ที่มีรูปร่างแตกต่างกัน ได้แก่ หน่อไม้ฝานขนาด 3 × 3 × 0.5 เซนติเมตร^3 หน่อไม้แท่งขนาด 5 × 0.3 × 0.3 เซนติเมตร^3 และหน่อไม้ทั้งชิ้น โดยนำไปต้มในน้ำอุณหภูมิ 60 – 100 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราการลดลงของปริมาณไซยาไนด์สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการต้มสูงขึ้น และไม่สามารถตรวจพบปริมาณไซยาไนด์ด้วยวิธีการไฮโดรไลซิสด้วยกรด (acid hydrolysis) (Haque และ Bradbury, 2002) ภายหลังการต้มเป็นเวลา 12 นาที ผู้บริโภคให้การยอมรับหน่อไม้ทุกรูปร่างภายหลังผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 60 – 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 นาทีขึ้นไป โดยการต้มที่อุณหภูมิสูงกว่านั้นมีแนวโน้มการยอมรับที่สูงกว่า

Pandey และ Ojha (2014) ศึกษาการกำจัดไซยาไนด์จากการต้มหน่อไม้ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 1 5 และ 10 เป็นเวลา 10 15 20 และ 25 นาที เริ่มจับเวลาเมื่อใส่หน่อไม้ลงในน้ำเดือด หน่อไม้ในการทดลองถูกเตรียมโดยปอกเปลือกนอกออก ทำการเลือกเฉพาะส่วนอ่อนนุ่มและหั่นเป็นชิ้นเล็กก่อนเข้าสู่กระบวนการ จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการรักษาสารอาหารพร้อมทั้งกำจัดไซยาไนด์ได้มากที่สุดสำหรับตัวอย่างหน่อไม้สายพันธุ์ *B. Bamboos, B. tulda, D. strictus* และ *D. asper* คือการต้มในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 15 นาที ร้อยละ 1 เป็นเวลา 10 นาที ร้อยละ 1 เป็นเวลา 15 นาที และร้อยละ 5 เป็นเวลา 10 นาที ตามลำดับ โดยหาปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกสมมูลด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโต-เมทรี (hydrocyanic acid equivalents spectrophotometry) (Hogg และ Ahlgren, 1942) ทั้งนี้พบว่าโซเดียมคลอไรด์ส่งผลต่อการสลายตัวของทาร์ซิไฟล์ลินจากการเร่งกระบวนการออสโมซิส (osmosis) นำมาซึ่งการชะไซยาไนด์ออกจากเนื้อหน่อไม้ (Jaiwunglok และคณะ, 2009) นอกจากนี้มีรายงานการลดลงของปริมาณไซยาไนด์เมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้นในหน่อไม้สายพันธุ์ *Dendrocalamus strictus* ของ Rana และคณะ (2011) โดยสภาวะเหมาะสมที่ความเข้มข้นสารละลายร้อยละ 2.4 ปริมาณ 216 มิลลิลิตร ขนาดชิ้นหน่อไม้หนา 1.25 เซนติเมตร และต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 23 นาที นำมาซึ่งการลดลงของปริมาณไซยาไนด์ร้อยละ 98.3

การผลิตหน่อไม้ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis*) ปรับกรดบรรจุถุงโดยใช้วิธีการถนอมอาหารแบบผสมผสาน (hurdle technology) ในงานศึกษาของ Udom และคณะ (2006) ได้มีการศึกษาการลดความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ ด้วยการใช้สารละลายกรดเกลือที่มีกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.3 – 0.5 โดยมวล ผสมกับโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 – 0.5 โดยมวลในการปรับกรดและให้รสชาติในผลิตภัณฑ์ โดยเลือกสารละลายที่มีค่าพีเอชใกล้เคียงกับน้ำปรุงมาตรฐานที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแนะนำให้ใช้ หรือพีเอชของสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมวล ตัวอย่างหน่อไม้ไผ่รวกถูกลวกทั้งเปลือกในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีและใส่ลงในน้ำสะอาดทันทีเมื่อครบเวลา ก่อนทำการปอกเปลือกและตัดแต่งให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 – 4 เซนติเมตร ยาว 18 – 20 เซนติเมตร จากนั้นจึงลวกเนื้อหน่อไม้อีกครั้งในสารละลายกรด-เกลือที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยมีสัดส่วนน้ำหนักหน่อไม้ต่อน้ำปรุงเท่ากับ 1 ต่อ 5 นอกจากนี้ ยังมีการศึกษากรรมวิธีการผลิตหน่อไม้ดองบรรจุถุงสุญญากาศของ Nualkaekul และคณะ (2007) โดยใช้สารละลายน้ำตาลเข้มข้นร้อยละ 5 ที่มีเกลือเข้มข้นร้อยละ 2.5 ผสมอยู่ ในอัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อสารละลายเท่ากับ 1 ต่อ 2

ยิ่งไปกว่านั้น Jaiwunglok และคณะ (2009) รายงานอัตราการเร่งการเสื่อมสลายของกรดไฮโดรไซยานิกเมื่อความร้อนสูงขึ้นและมีตัวกลางเป็นสารละลายของซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.4 ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.3 ที่พีเอชเท่ากับ 2.4 พบว่าอัตราการสลายตัวของกรดไฮโดรไซยานิกมีค่าสูงสุดในสภาวะพีเอชต่ำ (สูงกว่า 1.2 – 1.7 เท่าเมื่อเทียบกับสภาวะเป็นกลาง)

Darmayanti และคณะ (2014) รายงานการหมักหน่อไม้ *Gigantochloa nigrociliata* (*tabah*) ด้วยวิธีธรรมชาติโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 6 โดยมวลต่อปริมาตรและปรับรสด้วยน้ำตาล ภายใต้อุณหภูมิ 25 – 29 องศาเซลเซียส ในสภาวะปราศจากออกซิเจน พบว่าปริมาณไซยาโนเจนลดลงเท่ากับ 20.52 ส่วนในล้านส่วน (20.52 ppm) ในการหมักวันที่ 13 จากปริมาณไซยาโนเจนเริ่มต้น 37.8 ส่วนในล้านส่วน (37.8 ppm) อาจเป็นผลมาจากบทบาทที่สำคัญของแบคทีเรียกรดแลคติกในการลดปริมาณไซยาโนเจนให้อยู่ในระดับปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยผลของการหมักต่อการปลดปล่อยไฮโดรเจนไซยาไนด์ในหน่อไม้บดสายพันธุ์ *D. giganteus* และ *B. tulda* ของ Singh และ Singh (1994) ภายใต้สภาวะการหมักตามธรรมชาติที่อุณหภูมิ 22 – 30 องศาเซลเซียสและปราศจากออกซิเจน ซึ่งพบการสะสมของกรดสูงสุดร้อยละ 50 ของกรดทั้งหมดในวันที่ 20 ของการหมัก จากกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลคติก ความเป็นกรดที่พีเอชต่ำสนับสนุนการสลายตัวของทาร์ซิไฟล์ลินไปเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์และสารอื่นๆ สูงสุดในวันที่ 20 การสลายตัวลดลงตามปริมาณกรดทั้งหมดในวันที่ 25 และ 30 บ่งชี้ถึงบทบาทของแบคทีเรียกรดแลคติกต่อการลดปริมาณไฮโดรเจนไซยาไนด์ทางอ้อมในเนื้อหน่อไม้ อีกทั้งการหั่น ปอก ฝาน ล้าง และทิ้งน้ำส่วนเกิน อาจส่งผลต่อการสูญเสียไฮโดรเจนไซยาไนด์และการระเหยของทาร์ซิไฟล์ลินในระหว่างกระบวนการเตรียมการหมักหน่อไม้ (Sarangthem และคณะ, 2013)

Suwankanit และคณะ (2007) รายงานอัตราส่วนใบย่านาง (*Tiliacora triandra* Diels) ต่อน้ำเปล่าที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบเท่ากับ 1 ต่อ 9 และสัดส่วนเนื้อหน่อไม้ไผ่รวกต่อน้ำต้มใบย่านางเท่ากับ 7 ต่อ 3 มีลักษณะปรากฏและคะแนนความชอบรวมสูงสุด

Kaneko และคณะ (2014) รายงานปริมาณพิวรีน ได้แก่ อะดีนีน (adenine) กัวนีน (guanine) ไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) และแซนทีน (xanthine) ในหน่อไม้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงหรือ HPLC พบว่าส่วนยอดของหน่อไม้มีปริมาณพิวรีนสูงกว่าส่วนฐาน โดยมากกว่าร้อยละ 60 เป็นอะดีนีนและกัวนีน ซึ่งหน่อไม้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มอาหารพิวรีนต่ำมากจากการจัดกลุ่มระดับพิวรีนในอาหาร 100 กรัม โดยมีการจัดแบ่งเป็นกลุ่มต่ำมาก (ต่ำกว่า 50 มิลลิกรัม) กลุ่มต่ำ (50 – 100 มิลลิกรัม) กลุ่มปานกลาง (100 – 200 มิลลิกรัม) กลุ่มสูง (200 – 300 มิลลิกรัม) และกลุ่มสูงมาก (มากกว่า 300 มิลลิกรัม) อย่างไรก็ตาม พิวรีนแต่ละชนิดจะผ่านกระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายที่แตกต่างกัน นำมาซึ่งการสร้างกรดยูริกในปริมาณที่ต่างกันด้วย ดังปรากฏผลการศึกษาจากงานวิจัยบางฉบับในรายงานของ Rong และคณะ (2015) กล่าวถึงอะดีนีนและไฮโปแซนทีนซึ่งถูกพบว่าเป็นพิวรีนที่มีผลต่อการสร้างกรดยูริก (uricogenic) มากกว่ากัวนีนและแซนทีน สอดคล้องกับรายงานของ Kaneko และคณะ (2014) กล่าวว่าไฮโปแซนทีนและอะดีนีนส่งผลให้ความเข้มข้นของกรดยูริกสูงขึ้นในคนปกติ โดยไฮโปแซนทีนของผู้มีภาวะกรดยูริกสูงและผู้ป่วยโรคเก๊าท์นั้น มีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบรุนแรงกว่าพิวรีนชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ ผลการศึกษาปริมาณพิวรีนในดอกเห็ด (fruiting body) ซึ่งประกอบด้วยอะดีนีนและแซนทีนเป็นส่วนใหญ่ ในงานวิจัยของ Huang และคณะ (2017) บ่งชี้ให้เห็นว่าแซนทีนไม่ทำให้เกิดแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของระดับกรดยูริก อีกทั้งยังรายงานว่าไฮโปแซนทีนและอะดีนีนส่งผลต่อการเกิดภาวะกรดยูริกสูงมากกว่าพิวรีนชนิดอื่นๆ

การควบคุมระดับกรดยูริกจากการเลือกรับประทานอาหาร จึงควรพิจารณาไม่เพียงแต่ปริมาณพิวรีนที่ได้รับ แต่ควรรวมไปถึงชนิดของพิวรีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราส่วนของไฮโปแซนทีน เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงอันนำไปสู่การเกิดภาวะกรดยูริกสูงและโรคเก๊าท์

Markelj และคณะ (2016) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนด้วยวิธี HPLC ทำการแยกสารโดยใช้เฟสเคลื่อนที่ในสัดส่วนคงที่ตลอดการวิเคราะห์ (isocratic elution) และวิธีการแยกสารแบบเฟสผันกลับ (reverse phase หรือ RP-HPLC) ด้วยคอลัมน์ชนิด C18 (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร × 150 มิลลิเมตร ขนาดอนุภาค 2.6 ไมครอน และขนาดรูพรุน 100 อังสตรอม) พบว่าเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ที่เหมาะสมต่อการแยกสาร โดยสมบูรณ์คืออะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ที่พีเอชเท่ากับ 4.0 ในสารละลายเมทานอลร้อยละ 3 โดยปริมาตร ซึ่งเตรียมได้โดยจากการผสมสารละลายโซเดียมอะซิเตต (sodium acetate) เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ และสารละลายกรดอะซิติก (acetic acid) เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วนโดยปริมาตร 1.00 ต่อ 4.56 ตามลำดับ โดยเตรียมสารทั้งสองชนิดด้วยสารละลายเมทานอลร้อยละ 3 ในน้ำบริสุทธิ์สูง (ultrapure water) โดยปริมาตร จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรองเยื่อบางขนาด 0.45 ไมครอนภายใต้สุญญากาศ ทำการศึกษาโดยใช้ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ที่อุณหภูมิแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมตัวอย่างมาตรฐาน (standard solution หรือ stock solution) ของพิวรีน ทำได้โดยทำละลายสารมาตรฐานที่ทราบน้ำหนักแน่นอนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ และเจือจางด้วยน้ำบริสุทธิ์สูงกระทั่งได้ความเข้มข้นสุดท้าย 10.0 หรือ 1.0 มิลลิโมลาร์ สารละลายที่ได้ถูกเก็บในตู้เย็นและใช้ภายในหนึ่งเดือน นอกจากนี้ สารละลายมาตรฐานใช้งาน (working standard) ควรเตรียมวันต่อวันโดยเตรียมได้จากสารละลายมาตรฐานและเจือจางด้วยสารละลายเฟสเคลื่อนที่ (Markelj และคณะ, 2016)

Aichayawanich และคณะ (2018) ทำการสกัดกรดยูริกในเนื้อหน่อไม้เพื่อใช้ในการศึกษาจลหพลศาสตร์การสลายตัวในกระบวนการต้ม โดยใช้เนื้อหน่อไม้ 100 กรัม ต่อเมทานอล 150 มิลลิลิตร สกัดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนนำไปกรองเอาสารสกัดของเหลวและระเหยตัวทำละลายด้วยการระเหยภายใต้สภาวะความดันต่ำ สารสกัดข้นหนืดที่ได้จะถูกเตรียมเพื่อการศึกษาปริมาณกรดยูริกด้วยวิธี HPLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 หน่อไม้ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis*) เก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 จากบ้านโป่งหวาย ตำบลด่านแม่แฉลบ อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

3.1.2 ใบย่านาง (*Tiliacora triandra*) จากตลาดหัวตะเข้ ถนนลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

3.1.3 ข้าวสารขาว (white rice) ตราโคโค่

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารเคมีในการทดลอง

3.2.1.1 น้ำกรอง (filtrated water)

3.2.1.2 เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (salt/sodium chloride) (ปรุงทิพย์)

3.2.1.3 กรดซิตริกแอนไฮดรัส (citric acid anhydrous) (food grade, China)

3.2.1.4 โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite) (industrial grade, China)

3.2.1.5 แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) (food grade, China)

3.2.1.6 ซูคราโลส (sucralose) (food grade, China)

3.2.2 สารเคมีในการวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.2.1 น้ำกลั่น (distilled water)

3.2.2.2 น้ำบริสุทธิ์สูง (ultrapure water) (Merck, Milli-Q, Germany)

3.2.2.3 โซเดียมอะซิเตตแอนไฮดรัส (sodium acetate anhydrous), ReagentPlus® grade, ≥ 99.0% (Sigma-Aldrich, USA)

3.2.2.4 กรดยูริก (uric acid), HPLC grade, ≥ 99.0% (Sigma-Aldrich, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.5 ไฮโปแซนทีน (hypoxanthine), HPLC grade, ≥ 99.0% (Sigma-Aldrich, USA)

3.2.2.6 อะดีนีน (adenine), HPLC grade, ≥ 99.0% (Sigma-Aldrich, USA)

3.2.2.7 เมทานอล (methanol), HPLC grade, ≥ 99.9% (RCI Labscan, Thailand)

3.2.2.8 เมทานอล (methanol), AR grade, ≥ 99.9% (RCI Labscan, Thailand)

3.2.2.9 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide), AR grade (Thermo Fisher Scientific, USA)

3.2.2.10 กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid), AR grade, ≥ 37% (RCI Labscan, Thailand)

3.2.2.11 กรดอะซิติก (acetic acid glacial), AR grade, ≥ 99.8% (RCI Labscan, Thailand)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.3.1 เครื่องปั่นอเนกประสงค์ (Orbit, BL-949 M, Hong Kong)

3.3.2 ฟอยล์อลูมิเนียม (aluminium foil) (Diamond, Thailand)

3.3.3 ถุงพลาสติกชนิด HDPE

3.3.4 พาราฟิล์ม ชนิดม้วน ขนาด 4 นิ้ว × 125 ฟุต (4 in. × 125 ft. parafilm tape) (Bemis, PM-996, USA)

3.3.5 ตะแกรงร่อนคัดขนาด 180 และ 250 ไมครอน (180 and 250 μm test sieve) (Endecotts, UK)

3.3.6 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.3.7 อุปกรณ์เครื่องครัว

3.3.8 เครื่องบดสับอาหาร (Tefal, MF805, Thailand)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 ห้องเย็น (chilling room)	(Küba Kältetechnik, SPAE 042 C high performance air cooler market plus, Germany)
3.3.10 โถดูดความชื้นและซิลิกาเจล (desiccator with silica gel)	(Bel-Art Scienceware, USA)
3.3.11 ตู้แช่เยือกแข็งเชิงพาณิชย์ (commercial freezer)	(Haier, HCF428H-2, Thailand)
3.3.12 เครื่องปิดผนึกสุญญากาศและถุงบรรจุสุญญากาศ (vacuum packaging machine and vacuum bags)	(Youngsun, YS-DQ-500D, China)
3.3.13 เครื่องเขย่าสารละลาย (vortex mixer)	(Scientific Industries, G560E, USA)
3.3.14 เครื่องตีปั่นตัวอย่างและถุงตีปั่น (paddle blender homogenizer/stomacher and stomacher bags)	(IUL micro, mastica-tor basic, Spain)
3.3.15 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator)	(Accuplus, i250, Thailand)
3.3.16 ปั๊มสุญญากาศ (circulating aspirator)	(Sibata, WJ-20, Japan)
3.3.17 ชุดกรวยกรองบุชเนอร์ ขนาด 90 มิลลิเมตร (diam. 90 mm Büchner funnel)	(Duran, Germany)
3.3.18 กระดาษกรองเกรด 1 ขนาด 90 มิลลิเมตร (grade 1, diam. 90 mm qualitative filter paper)	(Whatman, UK)
3.3.19 ชุดกรองแก้วสุญญากาศ (glass vacuum filtration devices)	(Whatman, UK)
3.3.20 กระบอกฉีดยาทูเบอร์คูลิน ขนาด 1 มล. (1 ml tuberculin syringe)	(Nipro, Thailand)
3.3.21 ตัวกรองสำหรับใส่กระบอกฉีดยา ชนิดเซลลูโลส อะซิเตตขนาด 13 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน 0.45 ไมครอน (13 mm, pore size 0.45 µm cellulose acetate syringe filter)	(VertiClean, Thailand)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.22 กระดาษกรองเยื่อบาง ชนิดเซลลูโลส อะซิเตต ขนาดรู-พรุน 0.2 ไมครอน (0.2 µm pore size, cellulose acetate membrane filter)	(Sartorius Stedim Biotech, Germany)
3.3.23 ไมโครปิเปต ขนาด 20 – 200 และ 100 – 1000 ไมโครลิตร (20 – 200, 100 – 1000 µl micropipette)	(Eppendorf, research 2100, Germany)
3.3.24 ไมโครปิเปตทิป ขนาด 200 และ 1000 ไมโครลิตร (20 – 200, 100 – 1000 µl micropipette tip)	(Biologix, USA)
3.3.25 ขวดแก้วฉีดตัวอย่างอัตโนมัติสีชา ขนาด 2 มิลลิลิตร เกลียว 9-425 (2 ml autosampler amber glass vial, 9-425 screw-thread)	(Precision labware, UK)
3.3.26 ฝาปิดขวดแก้วฉีดตัวอย่างอัตโนมัติพร้อมแผ่นกั้นซิลิโคน เกลียว 9-425 (9-425 screw-thread cap and silicone septum)	(Precision labware, UK)
3.3.27 หลอดไมโครเซนตริฟิวก์ ขนาด 1.5 มิลลิลิตร (1.5 ml microcentrifuge tube)	(Eppendorf, Germany)
3.3.28 เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator)	(Büchi Labortechnik AG, Switzerland)
3.3.29 เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dryer หรือ lyophilizer)	(ScanVac, Coolsafe 90-80A, Denmark)
3.3.30 ตู้บ่มเชื้อแบบเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (incubator shaker)	(Eppendorf, innova42, Germany)
3.3.31 คอลัมน์ชนิด C18 สำหรับเครื่อง HPLC ขนาดเส้นผ่านศูนย์-กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร × 15 เซนติเมตร อนุภาคขนาด 5 ไมครอน (C18 column with 4.6 mm I.D. × 15 cm and 5 µm particle size)	(TSKgel, ODS-100V, Japan)
3.3.32 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 3 ตำแหน่ง (3 decimal places precision balance)	(Mettler Toledo, spider 2, USA)
3.3.33 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 3 ตำแหน่ง (3 decimal places precision balance)	(Mettler Toledo, PB1502-L, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.34 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง (4 decimal places analytical balance)	(Mettler Toledo, ML204/01, USA)
3.3.35 เครื่องล้างอัลตราโซนิก (ultrasonic cleaner)	(GT SONIC, D-13, China)
3.3.36 เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส หัววัดทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25 มิลลิเมตร (P/25) โหลดเซลล์ 5 กิโลกรัม และตุ้มน้ำหนักคาลิเบรต 1 กิโลกรัม (texture analyzer, P/25-cylinder probe, 5 kg-load cell and 1kg-calibration weight)	(Texture Technologies, TA.HD plus stable micro system)
3.3.37 เครื่องวัดค่าสีและแผ่นสีขาวมาตรฐาน (chroma meter and standard white reference tile)	(Konica Minolta, CR-400, Japan)
3.3.38 เครื่องวัดค่าสี (colorimeter)	(HunterLab, ColorQuest XE, USA)
3.3.39 ขวดเพาะเลี้ยงเซลล์ขนาด 50 มิลลิลิตร (50 ml cell culture flask)	(NEST Scientific, USA)
3.3.40 เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)	(Mettler Toledo, SevenCompact, USA)
3.3.41 เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (high performance liquid chromatography, HPLC)	(Agilent, 1100, USA)
3.3.42 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบไครโอจินิก (cryo freezer)	(Eppendorf, CryoCube F570, UK)
3.3.43 โปรแกรม OriginPro 2017	(OriginLab, USA)
3.3.44 โปรแกรม IBM SPSS Statistics 22	(IBM, USA)

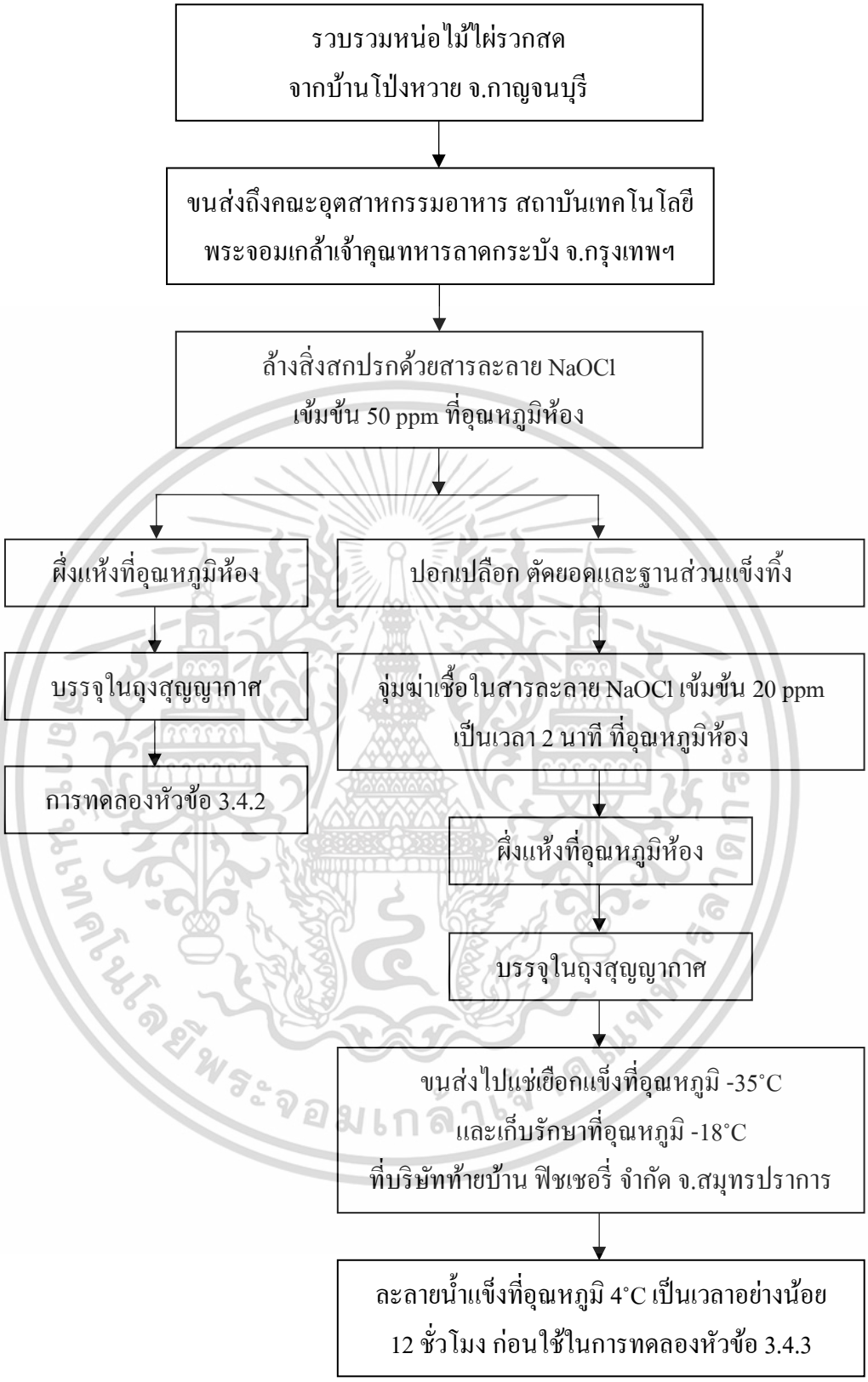
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ตัวอย่างหน่อไม้ไผ่รวกสดถูกเก็บรวบรวมจากบ้านโป่งหวาย ตำบลด่านแม่แฉลบ อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี และส่งมาที่คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภายในวันเดียวกัน หลังจากหน่อไม้มาถึงทำการล้างกำจัดเศษดินและสิ่งสกปรกภายนอกทันทีด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เข้มข้น 50 ส่วนในล้านส่วน (50 ppm) ที่เตรียมจากสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เข้มข้น หน่อไม้สดไม่ปอกเปลือกส่วนหนึ่งถูกผึ่งให้แห้งและบรรจุในถุงสุญญากาศสำหรับใช้ในการทดลองหัวข้อ 3.4.2 หน่อไม้อีกส่วนหนึ่งถูกนำไปปอกเปลือกนอกตัดแต่งส่วนที่แข็งทิ้งไปและจุ่มฆ่าเชื้อโรคในสารละลายไฮโปคลอไรท์เข้มข้น 20 ส่วนในล้านส่วน (20 ppm) (US-EPA, 2012) ที่เตรียมจากสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เข้มข้น เป็นเวลา 2 นาที ผึ่งหน่อไม้สดที่ได้ให้แห้งและบรรจุในถุงสุญญากาศ ก่อนส่งไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -35 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสที่ห้องเย็นของบริษัท ท้ายบ้าน ฟิชเชอรี่ จำกัด ตำบลท้ายบ้าน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ และทำการละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง ก่อนนำหน่อไม้ไปใช้ในการทดลองในหัวข้อ 3.4.3 โดยมีแผนผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างหน่อไม้ก่อนนำไปทำการทดลองดังแสดงในภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างหน่อไม้ก่อนนำไปทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การศึกษาการลดลงของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว

ตัวอย่างหน่อไม้สดไม่ปอกเปลือกที่ผ่านการล้างและฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮโปคลอไรท์จากหัวข้อ 3.4.1 ถูกเก็บแช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำตัวอย่างหน่อไม้สดไปเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ตั้งแต่วันที่ 0 - 7 ของการแช่หน่อไม้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อตรวจหาปริมาณพิวรีนและกรดยูริกที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บ โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่างหน่อไม้เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพต่างๆ ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.3.3 และวิธีการวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในตัวอย่างหน่อไม้ดังแสดงในหัวข้อ 3.4.5.2

3.4.3 การศึกษาผลของกระบวนการที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของหน่อไม้

ตัวอย่างหน่อไม้ที่ผ่านการละลายน้ำแข็งจากหัวข้อ 3.4.1 ถูกนำมาทดลองในสภาวะต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ที่มีตัวกลางได้แก่ น้ำกรอง สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวล สารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยมวล น้ำคั้นใบย่านางเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวล น้ำคั้นใบย่านางเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลผสมน้ำซาวข้าว โดยมีวิธีการเตรียมน้ำคั้นใบย่านางและน้ำซาวข้าวซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.3.1 สัดส่วนน้ำหนักหน่อไม้ต่อตัวกลางเท่ากับ 1 ต่อ 4 และต้มตัวกลางจนเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่หน่อไม้ลงในหม้อแล้วจึงเริ่มจับเวลา 10 และ 20 นาที ตามลำดับ โดยให้ตัวกลางเดือดและท่วมชิ้นหน่อไม้อยู่เสมอ เมื่อครบเวลา ตัวอย่างเนื้อหน่อไม้ได้ถูกแยกออกจากน้ำต้มหน่อไม้โดยการนำไปพักบนตะแกรงสเตนเลสเป็นเวลา 15 นาที

จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างหน่อไม้ที่ผ่านกระบวนการตามวิธีการในหัวข้อ 3.4.3.3 เพื่อทดสอบค่าคุณภาพหลังเสร็จสิ้นกระบวนการทันที โดยการวัดค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.4.1 ค่าสีของเนื้อหน่อไม้ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.4.2 ค่าพีเอชของเนื้อและน้ำต้มหน่อไม้ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.5.1 เก็บตัวอย่างเนื้อหน่อไม้ที่เหลือจากการวัดค่าความแข็งใส่ในถุงพลาสติกชนิด HDPE ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.5.2 รวมถึงเก็บตัวอย่างน้ำต้มหน่อไม้ใส่ในถุงพลาสติกชนิด HDPE ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบค่าสีดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.4.3

สำหรับการดองเปรี้ยวหน่อไม้มีวิธีการเตรียมตามขั้นตอนในหัวข้อ 3.4.3.2 โดยหน่อไม้ที่ผ่านการละลายน้ำแข็งจากหัวข้อ 3.4.1 ถูกใช้เป็นตัวอย่างควบคุมดังแสดงแผนผังขั้นตอนในภาพที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

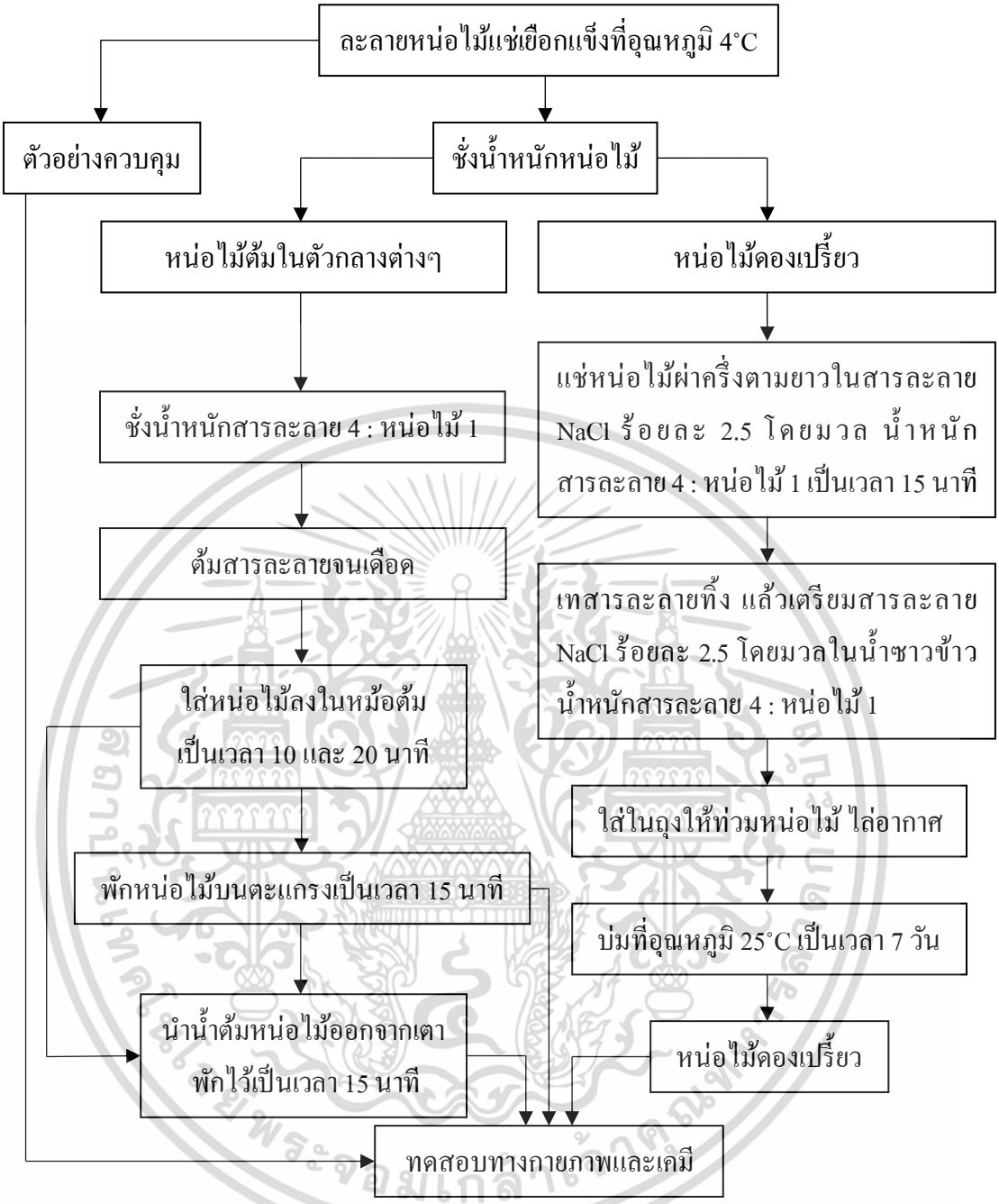
ตารางที่ 3.1 รหัสสิ่งทดลองและสภาวะของแผนการทดลอง

รหัสสิ่งทดลอง	สภาวะ
W10	ต้มหน่อไม้ด้วยน้ำกรอง เป็นเวลา 10 นาที
W20	ต้มหน่อไม้ด้วยน้ำกรอง เป็นเวลา 20 นาที
S10	ต้มหน่อไม้ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวล เป็นเวลา 10 นาที
S20	ต้มหน่อไม้ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวล เป็นเวลา 20 นาที
Ci10	ต้มหน่อไม้ด้วยสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยมวล เป็นเวลา 10 นาที
Ci20	ต้มหน่อไม้ด้วยสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยมวล เป็นเวลา 20 นาที
Y10	ต้มหน่อไม้ด้วยน้ำคั้นใบย่านางเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวล เป็นเวลา 10 นาที
Y20	ต้มหน่อไม้ด้วยน้ำคั้นใบย่านางเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวล เป็นเวลา 20 นาที
YR10	ต้มหน่อไม้ด้วยน้ำคั้นใบย่านางเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลผสมน้ำซาวข้าว เป็นเวลา 10 นาที
YR20	ต้มหน่อไม้ด้วยน้ำคั้นใบย่านางเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลผสมน้ำซาวข้าว เป็นเวลา 20 นาที
F	ดองเปรี้ยวหน่อไม้โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยมวลในน้ำซาวข้าว เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3.4.3.1 การเตรียมน้ำคั้นใบย่านางและน้ำซาวข้าว

น้ำคั้นใบย่านางมีขั้นตอนการเตรียมโดยนำใบย่านางมาล้างสิ่งสกปรกออก แล้วจึงชั่งน้ำหนักตามสัดส่วนร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำคั้น นำลงปั่นในน้ำกรองพอท่วมเป็นเวลาประมาณ 1 นาที ด้วยเครื่องปั่นกำลังสูงสุด กรองผ่านผ้าขาวบางทบสองชั้นและบีบคั้นเอาเฉพาะส่วนของเหลว สำหรับการเตรียมน้ำซาวข้าว มีขั้นตอนการเตรียมโดยแช่ข้าวสารในน้ำกรองสัดส่วนน้ำหนักข้าวสารต่อน้ำกรองเท่ากับ 1 ต่อ 4 เป็นเวลา 15 นาที น้ำซาวข้าวที่ได้ใช้ผสมกับน้ำกรองในสัดส่วนน้ำหนัก 1 ต่อ 1 ก่อนนำไปคั้นใบย่านางตามสัดส่วนร้อยละ 5 โดยมวลของน้ำคั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการทดลอง

3.4.3.2 การดองเปรี้ยวหน่อไม้

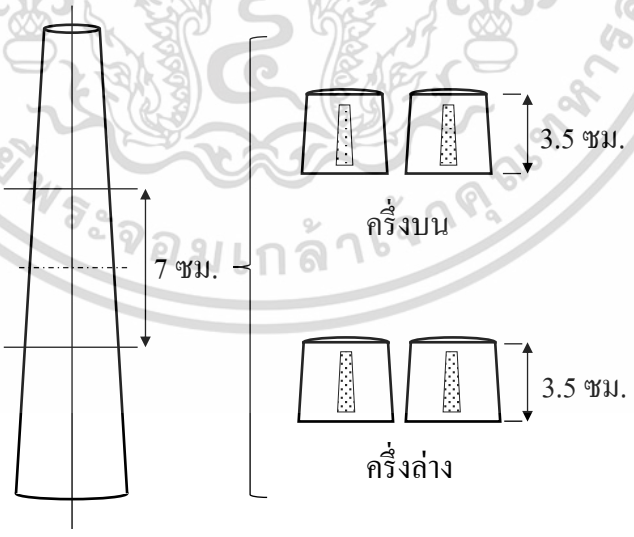
การดองเปรี้ยวมีขั้นตอนการทำเริ่มจากนำหน่อไม้มาหั่นครึ่งตามยาวและแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยมวลในน้ำกรองเป็นเวลา 15 นาที โดยมีสัดส่วนน้ำหนักเนื้อต่อสารละลายเท่ากับ 1 ต่อ 4 เมื่อครบเวลา เทสารละลายที่ใช้แช่หน่อไม้ออกและเตรียมสารละลายใหม่โดยเตรียมเป็นสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยมวลในน้ำซาวข้าวซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย ที่มีสัดส่วนน้ำหนักข้าวต่อน้ำกรองเท่ากับ 1 ต่อ 2 แช่เป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15 นาที เติมสารละลายดังกล่าวในสัดส่วนน้ำหนักเนื้อต่อสารละลายเท่ากับ 1 ต่อ 4 ให้ท่วมชิ้นหน่อไม้ เก็บในถุงที่ไล่อากาศออกให้มากที่สุดและมัดปากถุงอย่างมิดชิด บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบเวลาจึงทำการเก็บตัวอย่างดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.3.3 เพื่อทดสอบค่าคุณภาพหลังเสร็จสิ้นกระบวนการทันที โดยการวัดค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.4.1 ค่าสีของเนื้อหน่อไม้ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.4.2 ค่าพีเอชของเนื้อและน้ำดองหน่อไม้ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.5.1 เก็บตัวอย่างเนื้อหน่อไม้ที่เหลือจากการวัดค่าความแข็งใส่ในถุงพลาสติกชนิด HDPE ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.5.2 เก็บตัวอย่างน้ำดองหน่อไม้ใส่ในถุงพลาสติกชนิด HDPE ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบค่าสีดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.4.3

3.4.3.3 การเตรียมตัวอย่างหน่อไม้สำหรับการทดสอบทางกายภาพและเคมี

ชิ้นตัวอย่างหน่อไม้เพื่อใช้ในการทดสอบถูกเตรียมโดยหั่นครึ่งหน่อไม้ตามยาว จากนั้นหั่นส่วนกลางของหน่อไม้ให้ยาว 7 เซนติเมตรและแบ่งครึ่งตามขวางเป็นสองชิ้นดังแสดงการเตรียมในภาพที่ 3.3 สำหรับเนื้อหน่อไม้ครึ่งบนถูกนำไปใช้ในการวัดค่าความแข็งดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.4.1 และเก็บตัวอย่างเนื้อหน่อไม้ที่เหลือจากการวัดค่าความแข็งใส่ในถุงพลาสติกชนิด HDPE ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.5.2 สำหรับเนื้อหน่อไม้ครึ่งล่างถูกนำไปใช้ในการวัดค่าสีของเนื้อหน่อไม้ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.4.2 และค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.5.1



ภาพที่ 3.3 การเตรียมตัวอย่างหน่อไม้สำหรับการทดสอบทางกายภาพและเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การทดสอบคุณภาพทางกายภาพ

3.4.4.1 การวัดค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้

เตรียมตัวอย่างหน่อไม้โดยหั่นให้มีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ขนาด 5 × 5 × 5 มิลลิเมตร^3 นำไปวัดค่าความแข็ง (hardness) โดยใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ยี่ห้อ Texture Technologies รุ่น TA.HD plus stable microsystems จำนวน 10 ซ้ำต่อสิ่งทดลองในหน่วยนิวตัน (N) ด้วยหัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (P/25) และโหลดเซลล์ 5 กิโลกรัม กดลงตั้งฉากกับพื้นผิวด้านนอกของหน่อไม้ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที (test speed) ความเร็วก่อนทดสอบ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที (pre-test speed) ความเร็วหลังการทดสอบ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที (post-test speed) ระยะการเปลี่ยนรูปร้อยละ 70 (%strain) โดยทำการคาลิเบรต (calibration) ด้วยตุ้มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (ดัดแปลงจาก Smout และคณะ, 2005)

3.4.4.2 การวัดค่าสีของเนื้อหน่อไม้

สีของพื้นผิวด้านนอกของหน่อไม้ถูกวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (chroma meter) ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CR-400 มาตรฐาน CIE $L^*a^*b^*$ ได้แก่ ค่าความสว่าง (+)/(-) มืด (lightness, L^*) ค่าความเป็นสีแดง (+)/(-) สีเขียว (redness/greenness, a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (+)/(-) สีฟ้า (yellowness/blueness, b^*) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (total color difference, ΔE) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (3.1) โดยทำการคาลิเบรต (calibration) ด้วยแผ่นสีขาวมาตรฐาน (standard white reference tile) ในครั้งแรก และแนบหัวทดสอบไปบนตัวอย่างเพื่อวัดค่าทั้งหมด 10 ซ้ำต่อสิ่งทดลอง แต่ละค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ครั้ง (Goncalves และคณะ, 2007)

$$\text{ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม } \Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \qquad (3.1)$$

โดย L_0^* คือ ค่าความสว่างของตัวอย่างควบคุม

a_0^* คือ ค่าความเป็นสีแดง (+)/(-) สีเขียวของตัวอย่างควบคุม

b_0^* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง (+)/(-) สีฟ้าของตัวอย่างควบคุม

3.4.4.3 การวัดค่าสีของน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้

ตัวอย่างน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้สำหรับการวัดค่าสี ถูกวางให้ละลายน้ำแข็งและตกตะกอนเป็นเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมงกระทั่งมีอุณหภูมิเดียวกับห้องปฏิบัติการ โดยกำหนดให้ตัวอย่างควบคุมเป็นน้ำกรองที่ไม่ผ่านกระบวนการ บรรจุตัวอย่างในขวดเพาะเลี้ยงเซลล์ขนาด 50 มิลลิลิตร อย่างระมัดระวังไม่ให้มีฟองอากาศรบกวนการทดสอบ ทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (colorimeter) ยี่ห้อ HunterLab รุ่น ColorQuest XE ในโหมดการสะท้อน (reflectance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mode) และแหล่งกำเนิดแสง D65 มุมตกกระทบอ้างอิง 10 องศาและการส่องผ่านแบบผลรวม (TTRAN – total transmission) บันทึกค่าสีในมาตรฐาน CIE $L^*a^*b^*$ ได้แก่ ค่าความสว่าง (+)/(-) มืด (lightness, L^*) ค่าความเป็นสีแดง (+)/(-) สีเขียว (redness/greenness, a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (+)/(-) สีฟ้า (yellowness /blueness, b^*) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (total color difference, ΔE) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (3.1) ในหัวข้อ 3.4.4.2 โดยวัดค่าทั้งหมด 9 ซ้ำต่อสิ่งทดลอง (Badwaik และคณะ, 2014)

3.4.5 การทดสอบคุณภาพทางเคมี

3.4.5.1 การวัดค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้ น้ำต้ม และน้ำดองหน่อไม้

ก่อนการใช้เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น SevenCompact ต้องทำการคาลิเบรต (calibration) ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.00 และ 4.01 ตามลำดับ และล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่นทุกครั้งที่เปลี่ยนตัวอย่าง การวัดค่าพีเอชแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้ ซึ่งสามารถเตรียมได้โดยหั่นชิ้นหน่อไม้ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุลงในถุงตีปั่น (stomacher bag) และเติมน้ำกลั่นให้ได้สัดส่วนหน่อไม้ร้อยละ 10 โดยมวล นำเข้าเครื่องตีปั่น (stomacher) เป็นเวลา 90 วินาทีก่อนทำการวัดค่าพีเอช โดยจุ่มหัววัดลงในถุงตีปั่นเพื่ออ่านค่าที่อุณหภูมิห้องทั้งหมด 3 ซ้ำต่อสิ่งทดลอง แต่ละค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ครั้ง ส่วนที่สองคือค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้ โดยกำหนดให้ตัวอย่างควบคุมเป็นน้ำกรองที่ไม่ผ่านกระบวนการ การวัดค่าพีเอชทำได้โดยจุ่มหัววัดลงในถุงพลาสติกชนิด HDPE ที่บรรจุตัวอย่างเพื่ออ่านค่าที่อุณหภูมิห้อง ทั้งหมด 3 ซ้ำต่อสิ่งทดลอง แต่ละค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ครั้ง

3.4.5.2 ปริมาณพิวรีนและกรดยูริก

1) การวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกโดยวิธี HPLC

การวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกด้วยเครื่องโครมาโท-กราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (high performance liquid chromatography, HPLC) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 1100 จำนวน 3 ซ้ำต่อสิ่งทดลอง ดำเนินการแยกสารโดยใช้เฟสเคลื่อนที่ในสัดส่วนคงที่ตลอดการวิเคราะห์ (isocratic elution) และวิธีการแยกสารแบบเฟสผันกลับ (reverse phase หรือ RP-HPLC) โดยการใช้คอลัมน์ชนิด C18 ยี่ห้อ TSKgel รุ่น ODS-100V (เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร × 150 มิลลิเมตร ขนาดอนุภาค 5 ไมครอน และขนาดรูพรุน 100 อังสตรอม) ทำการศึกษาโดยใช้ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ที่พีเอชเท่ากับ 4.0 ในสารละลายเมทานอล (HPLC grade) เข้มข้นร้อยละ 3 โดยปริมาตร สภาวะควบคุมในการวิเคราะห์ได้แก่ อัตราการไหลเท่ากับ 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาณฉีดตัวอย่าง 20 ไมโครลิตรต่อครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เวลาในการวิเคราะห์ (stop time) 25 นาที จากนั้นปรับอัตราการไหลให้เท่ากับ 1 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ก่อนเริ่มการฉีดครั้งต่อไป (post time) (ดัดแปลงจาก Markelj และคณะ, 2016)

2) การเตรียมเฟสเคลื่อนที่

การวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกด้วยวิธี HPLC เลือกใช้เฟสเคลื่อนที่คือสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ที่พีเอชเท่ากับ 4.0 ในสารละลายเมทานอล (HPLC grade) เข้มข้นร้อยละ 3 โดยปริมาตร (Markelj และคณะ, 2016) เตรียมได้โดยทำการผสมสารละลายโซเดียมอะซิเตตเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ และสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วนโดยปริมาตร 1.00 ต่อ 4.56 ตามลำดับ ทำการเตรียมสารทั้งสองชนิดด้วยสารละลายเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 3 โดยปริมาตรในน้ำบริสุทธิ์สูง ปรับค่าพีเอชสุดท้ายให้เท่ากับ 4.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 โมลาร์ หรือกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์ จากนั้นนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเยื่อบางชนิดเซลลูโลสอะซิเตต ขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน ด้วยชุดกรองแก้วสุญญากาศ (glass vacuum filtration devices) แล้วจึงไล่ฟองอากาศด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 30 นาที เก็บรักษาในขวดปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับการใช้งานภายในระยะเวลา 1 เดือน น้ำบริสุทธิ์สูงและเมทานอล (HPLC grade) ที่ใช้ในการทดลองจำเป็นต้องนำไปผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองเยื่อบางชนิดเซลลูโลสอะซิเตต ขนาดรูพรุน 0.2 ไมครอน ภายใต้สุญญากาศและไล่ฟองอากาศด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปใช้งาน

3) การสร้างกราฟมาตรฐานพิวรีนและกรดยูริกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสาร

การเตรียมตัวอย่างมาตรฐานของพิวรีน (ไฮโปแซนทีนและอะดีนีน) และกรดยูริกสำหรับการสร้างกราฟมาตรฐาน ทำได้โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานเริ่มต้นเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ จากนั้นเจือจางสารละลายมาตรฐานเริ่มต้นด้วยเฟสเคลื่อนที่ให้ได้ความเข้มข้นของสารมาตรฐานเท่ากับ 0.10 0.30 และ 0.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผสมสารละลายมาตรฐานแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นเดียวกันในปริมาณเท่ากันและกรองด้วยตัวกรองสำหรับใส่กระบอกฉีดยา (syringe filter) ชนิดเซลลูโลสอะซิเตต ขนาดรูพรุน 0.45 ไมครอน บรรจุสารละลายมาตรฐานที่กรองได้ในขวดแก้วฉีดตัวอย่างอัตโนมัติสีชาปิดสนิท (autosampler amber glass vial) แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกด้วยวิธี HPLC ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.5.2 หัวข้อย่อย 1) จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีคของตัวอย่างมาตรฐานนั้นๆ ในหน่วย mAU*min กับความเข้มข้นของสารมาตรฐานต่อการฉีดหนึ่งครั้งจำนวน 3 ความเข้มข้น ในหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณสารในตัวอย่างสารสกัด ดังแสดงวิธีการในหัวข้อ 3.4.5.2 หัวข้อย่อย 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การเตรียมตัวอย่างแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง

เป็นการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC โดยการนำตัวอย่างเนื้อหน่อไม้ไปหั่นให้ละเอียด บรรจุลงในถุงพลาสติกชนิด HDPE นำเข้าแช่เยือกแข็งแบบไครโอจินิกที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) ที่อุณหภูมิเริ่มต้น -40 องศาเซลเซียส ภายใต้การควบคุมความดัน 40 – 70 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 69 ชั่วโมงเพื่อให้ตัวอย่างแห้งมีความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 13 ของน้ำหนักเปียก เก็บตัวอย่างในโถดูดความชื้นระหว่างการขนย้าย จากนั้นบดตัวอย่างแห้งด้วยเครื่องปั่นแห้งให้เป็นผงละเอียด ร่อนตัวอย่างโดยใช้ตะแกรงร่อนคัดขนาดให้ได้ขนาด 180 – 250 ไมครอน เก็บรักษาผงที่ได้ตัวอย่างในถุงสุญญากาศและเก็บไว้ในโถดูดความชื้น เพื่อรอทำการสกัดต่อไป

5) การสกัดพิวรีนและกรดยูริกในตัวอย่างแห้งสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC

ในการเตรียมสารสกัด ใช้ตัวอย่างเนื้อหน่อไม้แห้งบดเป็นผงที่เตรียมได้จากหัวข้อ 3.4.5.2 หัวข้อย่อย 4) เติมลงในเมทานอลในสัดส่วนตัวอย่าง 1.00xx กรัมต่อเมทานอล (AR grade) 50 มิลลิลิตร (ดัดแปลงจาก Aichayawanich และคณะ, 2018) ลงในขวดรูปชมพู่ปิดปากภาชนะด้วยฟอยล์ก่อนนำเข้าสู่ตู้บ่มเชื้อแบบเขย่า (incubator shaker) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็ว 130 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง กรองเอาเฉพาะส่วนของเหลวโดยวิธีการกรองด้วยสุญญากาศ ด้วยชุดกรวยกรองบุชเนอร์ ปั๊มสุญญากาศและกระดาษกรองเกรด 1 (Whatman grade 1 qualitative filter paper) จากนั้นนำของเหลวที่กรองได้ไปกำจัดเมทานอลออกด้วยการกลั่นระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส กระทั่งการควบแน่นสิ้นสุดลง ใช้ไมโครปิเปตดูดสารสกัดข้นหนืดที่ได้ใส่หลอดทดลองและล้างขวดไอระเหยที่ใช้ในการสกัดด้วยเมทานอล (HPLC grade) ปรับน้ำหนักสุดท้ายของสารสกัดให้ได้น้ำหนัก 2.0xxx กรัมด้วยเมทานอล (HPLC grade) ผสมให้เข้ากันและกรองด้วยตัวกรองสำหรับใส่กระบอกฉีดยาชนิดเซลลูโลสอะซิเตต ขนาดรูพรุน 0.45 ไมครอน บรรจุในขวดแก้วฉีดตัวอย่างอัตโนมัติสีชา ปิดฝาและปิดผนึกด้วยพาราฟิล์ม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC ดังแสดงวิธีการในหัวข้อ 3.4.5.2 หัวข้อย่อย 1) ตัวอย่างสารสกัดแต่ละขวดจะต้องทำการผสมให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องเขย่าสารละลาย (vortex mixer) ร่วมกับการใช้เครื่องอัลตราโซนิกเพื่อไล่ฟองอากาศจากสารละลายตัวอย่างเป็นเวลา 5 นาที ก่อนเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC

6) การคำนวณปริมาณสารในตัวอย่างสารสกัด

การคำนวณปริมาณสารที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC นั้นสามารถทำได้โดยการนำข้อมูลโครมาโตแกรมจากการวิเคราะห์มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ (signal intensity) ในหน่วย mAU และเวลาในหน่วยนาที ด้วยโปรแกรม OriginPro 2017 วิเคราะห์พื้นที่ใต้กราฟด้วยคำสั่ง peaks analyzer (analysis > peaks and baseline > peak analyzer > open dialog > fit peaks (pro)) เลือกตำแหน่งของพีคที่ต้องการวิเคราะห์และสร้างโมเดลของพีคชนิดเกาส์เซียน (Gaussian peak type) เพื่อคำนวณหาพื้นที่ใต้พีคสำหรับนำไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้พีค ในหน่วย mAU*min และความเข้มข้นของสารมาตรฐานต่อการฉีดหนึ่งครั้งในหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ได้แสดงดังสมการที่ (3.2)

สมการเชิงเส้นของกราฟมาตรฐาน $\boldsymbol{y = mx + c}$ (3.2)

โดย $\boldsymbol{y}$ คือ พื้นที่ใต้พีค ในหน่วย mAU*min

$\boldsymbol{x}$ คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานต่อการฉีดหนึ่งครั้ง ในหน่วยมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

$\boldsymbol{m}$ คือ ความชันของกราฟ

$\boldsymbol{c}$ คือ ค่า $\boldsymbol{y}$ ที่ $\boldsymbol{x}$ เท่ากับ 0

ค่าความเข้มข้นของสารในสารสกัดต่อการฉีดหนึ่งครั้ง คำนวณได้จากการแทนค่าพื้นที่ใต้พีคลงในสมการที่ (3.2) ของกราฟมาตรฐาน จากนั้นจึงคำนวณปริมาณสาร ในหน่วยมิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม จากสมการที่ (3.3) และผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม จากสมการที่ (3.4)

ปริมาณสาร ในหน่วยมิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม เท่ากับ $\frac{\boldsymbol{100 \times w_{extr} \times x}}{\boldsymbol{w_{dry} \times \rho_{extr}}}$ (3.3)

โดย $\boldsymbol{w_{extr}}$ คือ น้ำหนักสกัด 2.0xxx กรัมสารสกัด

$\boldsymbol{x}$ คือ ความเข้มข้นของสารในสารสกัดต่อการฉีดหนึ่งครั้ง ในหน่วยมิลลิกรัมสารต่อมิลลิลิตรสารสกัด

$\boldsymbol{w_{dry}}$ คือ น้ำหนักของตัวอย่างแห้ง 1.00xx กรัม

$\boldsymbol{\rho_{extr}}$ คือ ความหนาแน่นของสารละลาย ในหน่วยกรัมสารสกัดต่อมิลลิลิตรสารสกัด

ผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม เท่ากับ (3.4)
ปริมาณกรดยูริก + ปริมาณไฮโปแซนทีน + ปริมาณอะดีนีน
ในหน่วยมิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุง

3.4.6.1 การเลือกกระบวนการที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุง

กระบวนการที่ส่งผลให้ตัวอย่างหน่อไม้มีผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกต่ำที่สุดและมีความเหมาะสมที่สุด ได้ถูกคัดเลือกเพื่อใช้เป็นกระบวนการเตรียมหน่อไม้สำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุงต่อไป รวมถึงมีการเปรียบเทียบค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็งและค่าสีของหน่อไม้ที่ผ่านกระบวนการที่ถูกคัดเลือกกับหน่อไม้ต้มทางการค้าตราสมาร์ทเชฟ (Smart Chef) จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างหน่อไม้ที่ผ่านกระบวนการที่คัดเลือกแล้วโดยใช้การประเมินแบบคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ตั้งแต่ 1 คะแนน ซึ่งเป็นระดับคะแนนความชอบน้อยที่สุดไปจนถึง 9 คะแนน ซึ่งเป็นระดับความชอบมากที่สุด และใช้เกณฑ์การยอมรับมาตรฐานของผู้ทดสอบที่คะแนนความชอบมากกว่าเท่ากับ 7 โดยเลือกผู้ทดสอบอายุ 23 ปีขึ้นไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 40 คน ปัจจัยคุณภาพที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่นเมื่อรับประทาน รสชาติโดยรวม ความแข็งและความชอบโดยรวม ร่วมกับการทดสอบความพอดี (just about right หรือ JAR) และการทดสอบทวินาม (binomial test) โดยมีปัจจัยคุณลักษณะที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่นเมื่อรับประทาน รสขม รสหวาน ความแข็งของเนื้อหน่อไม้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการปรับปรุงคุณภาพของหน่อไม้ในหัวข้อ 3.4.6.2 ต่อไป

3.4.6.2 การปรับปรุงคุณภาพของหน่อไม้ภายหลังผ่านกระบวนการลดปริมาณพิวรีนและกรดยูริก

โดยทั่วไป การแปรรูปและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีจุดประสงค์หลักเพื่อการเก็บรักษาได้เป็นเวลานานโดยไม่เกิดการเน่าเสียหรือการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพต่างๆ อันอาจทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เช่น สี กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสเป็นสำคัญ (จินตนา, 2546) ข้อมูลผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากข้อ 3.4.6 ที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงปัจจัยคุณลักษณะที่ควรได้รับการปรับปรุงของตัวอย่างหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการลดปริมาณพิวรีนและกรดยูริก หน่อไม้ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพจะถูกนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้การประเมินแบบคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 40 คน อีกครั้ง ดังวิธีการที่กล่าวไว้ในข้อ 3.4.6.1 โดยให้ผู้ทดสอบทานเฉพาะส่วนเนื้อและทานร่วมกับน้ำพริกหนุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

งานวิจัยนี้ใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) นำข้อมูลการทดสอบทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) โดยใช้วิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) รายงานข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Pandey และ Ojha, 2014)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของกระบวนการต่อคุณภาพทางกายภาพ

4.1.1 ค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการ

ค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.1 พบว่าค่าความแข็งสูงสุดของตัวอย่างควบคุม (C) (23.41 ± 1.10 นิวตัน) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ภายหลังผ่านกระบวนการต้มในตัวกลางและเวลาที่แตกต่างกัน และมีค่าต่ำสุด (8.84 ± 0.15 นิวตัน) ในตัวอย่างหน่อไม้ดองเปรี้ยว (F) นอกจากนี้ ระยะเวลาในการต้มที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการเดียวกันส่งผลให้ค่าความแข็งของตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นการต้มในน้ำกรอง (W)

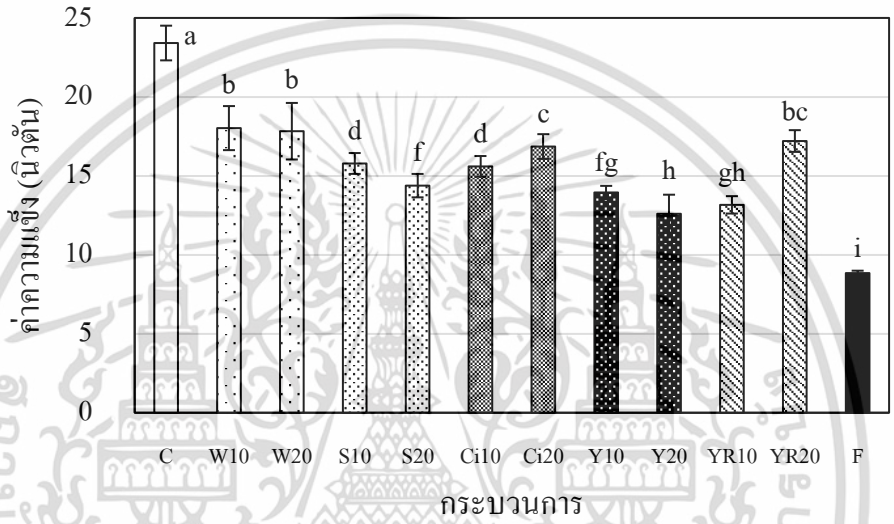
โดยทั่วไป ค่าความแข็งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในการประเมินคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับโครงสร้างในระดับเซลล์ (Zhang และคณะ, 2010) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการสลายตัวของสารประกอบเพคตินในระหว่างการผ่านกระบวนการทางความร้อน เช่น การลวก เป็นต้น เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เนื้อสัมผัสของผักและผลไม้อ่อนนุ่มยิ่งขึ้น (Zheng และคณะ, 2013a) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบเพคตินชนิดละลายน้ำได้ ส่งผลให้โครงสร้างเซลล์สูญเสียความเต่ง (loss of turgor) และพื้นที่ระหว่างผนังเซลล์นำมาซึ่งเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มในลักษณะคล้ายยาง (rubbery behavior) (Goncalves และคณะ, 2007)

เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม การต้มหน่อไม้ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (S) อาจส่งผลให้ความเข้มข้นของสารละลายภายนอกสูงกว่าภายในหน่อไม้ นำมาซึ่งการถ่ายเทของน้ำและสารเคมีผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกสู่ภายนอกร่วมกับการหย่อนตัวของผนังเซลล์มากยิ่งขึ้น (Singh และคณะ, 2015) เป็นผลให้ค่าความแข็งลดลง ขณะที่การต้มหน่อไม้ในสารละลายกรดซิตริก (Ci) ส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงเช่นกัน เนื่องจากเกิดการสูญเสียปริมาณโปรโตเพคตินบางส่วน ซึ่งเป็นสารประกอบเพคตินชนิดไม่ละลายน้ำ กระบวนการดีพอลิเมอไรเซชันแบบไม่อาศัยเอนไซม์ (non-enzymatic depolymerization) ไม่เพียงเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทางความร้อน แต่ยังเกิดกับกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรด (acid hydrolysis) ที่ค่าพีเอช 2 – 6 (ดังแสดงค่าพีเอชของเนื้อและน้ำต้มหน่อไม้ในตารางที่ 4.3) แต่อย่างไรก็ตาม มีเพียงหน่อไม้ที่ต้มในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (S) และน้ำคั้นใบย่านาง (Y) เท่านั้น ที่มีค่าความแข็งลดลงเมื่อต้มในระยะเวลาที่นานขึ้น

การดองเปรี้ยวหน่อไม้ (F) ส่งผลให้ตัวอย่างอ่อนนุ่มลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Zheng และคณะ (2013b) ที่กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพคตินและความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบูรณ์ของโครงสร้างเซลล์ในระหว่างการดอง สัมพันธ์กับค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้ นั่นคือ สารประกอบเพคตินชนิดละลายน้ำได้มีปริมาณสูงขึ้น ในขณะเดียวกัน โปรโตเพคตินกลับลดปริมาณลง ยิ่งไปกว่านั้น ยังปรากฏการสูญเสียความดันเต่ง (turgor pressure) และเกิดการหดตัวลงของเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma cell) ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวไม่เพียงเกิดขึ้นกับหน่อไม้เพียงเท่านั้น แต่ยังพบได้ในพลัม แคร์รอต แตงกวา และผักชนิดต่างๆ อีกด้วย (Nabais และ Malcata , 1997; Llorca และคณะ, 2001; Yoo และคณะ, 2006; Nunes และคณะ, 2008)



ภาพที่ 4.1 ค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน (รหัสสิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1)

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงข้อมูลค่าตัวเลขในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ค่าสีของเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการ

การต้มและดองหน่อไม้ส่งผลให้ค่าสีของเนื้อหน่อไม้เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 หน่อไม้ที่ผ่านการละลายน้ำแข็งถูกใช้เป็นตัวอย่างควบคุม (C) ซึ่งมีสีเหลืองอ่อนดังแสดงในภาพที่ 4.2 พบการลดลงของค่า L^* สูงสุดในตัวอย่างหน่อไม้ที่ต้มด้วยน้ำคั้นใบย่านางเป็นเวลา 20 นาที (Y20) และหน่อไม้ที่ต้มด้วยน้ำคั้นใบย่านางผสมน้ำซาวข้าวเป็นเวลา 20 นาที (YR20) ในทางกลับกัน ตัวอย่างหน่อไม้ที่ต้มในน้ำกรอง (W) พบว่ามีค่า L^* สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ ตัวอย่างหน่อไม้ที่ต้มในน้ำคั้นใบย่านางเป็นเวลา 20 นาที (Y20) มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) สูงสุด โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* อย่างมีนัยสำคัญในตัวอย่างหน่อไม้ต้ม W20 S10 S20 Ci10 และ Ci20 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในตัวอย่างหน่อไม้ดองเปรี้ยว (F) และยังพบว่าการต้มหน่อไม้ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (S10) ไม่ได้ทำให้ค่า b^* แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ของเกือบทุกตัวอย่างมีค่ามากกว่า 2 บ่งชี้ให้เห็นว่าตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการนั้น มีความแตกต่างของสีที่สามารถแยกแยะได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ ในรายงานของ Zhou และคณะ (2009)

ค่าความสว่างจากเครื่องมือวัด ได้จากแหล่งกำเนิดแสงจากเครื่องมือวัดมาตกกระทบและสะท้อนพื้นผิวตัวอย่างกลับเข้าสู่หน่วยรับแสงและประมวลผลออกมาเป็นตัวเลข การเดินทางของแสงผ่านตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหแตกต่างกัน เช่น อากาศกับเนื้อเยื่อ เซลล์กับเซลล์ในเนื้อเยื่อ สารละลายภายในเซลล์ และอนุภาคบนพื้นผิว เป็นต้นนั้น จะเกิดการหักเหและกระเจิงหลายครั้ง กอปรกับแสงบางส่วนถูกดูดกลืน เป็นผลให้สูญเสียความเข้มแสงบางส่วนไปก่อนที่จะกลับเข้าสู่หน่วยรับแสง (Trong และคณะ, 2014) การลดลงของค่า L^* สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในตัวอย่างหน่อไม้ที่ต้มด้วยน้ำคั้นใบย่านาง (Y20) และหน่อไม้ที่ต้มด้วยน้ำคั้นใบย่านางผสมน้ำซาวข้าว (YR20) สาเหตุอาจเนื่องมาจากพื้นผิวของหน่อไม้ได้รับผลกระทบจากสารประกอบกับอนุภาคในน้ำคั้นใบย่านางและ/หรือน้ำซาวข้าว ร่วมกับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระหว่างการต้ม ทำให้สีของหน่อไม้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมและค่าความสว่างลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ขณะที่พบการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของค่า L^* ในตัวอย่างหน่อไม้ดองเปรี้ยวเช่นกัน อาจเป็นผลมาจากโครงสร้างจุลภาค (microstructure) ของพื้นผิวตัวอย่างสูญเสียความสมบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของค่าความแข็งในตัวอย่างหน่อไม้ดองเปรี้ยว (F) อีกด้วย ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าสีของเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน (รหัสสิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1)

ตัวอย่าง	ค่าสี			
	L^*	a^*	b^*	ΔE
C	71.48 ± 0.98^{c}	-1.85 ± 0.38^{e}	26.90 ± 2.00^{b}	-
W10	73.37 ± 0.54^{a}	-0.67 ± 0.19^{d}	24.03 ± 1.42^{cd}	3.63
W20	73.40 ± 0.32^{a}	-2.13 ± 0.49^{e}	22.34 ± 1.50^{ef}	4.95
S10	72.72 ± 0.69^{ab}	-2.12 ± 0.13^{e}	26.16 ± 1.22^{b}	1.47
S20	69.72 ± 0.62^{d}	-1.98 ± 0.17^{e}	30.02 ± 1.71^{a}	3.58
Ci10	72.18 ± 0.85^{bc}	-1.91 ± 0.33^{e}	24.32 ± 2.28^{c}	2.67
Ci20	72.48 ± 0.34^{abc}	-1.70 ± 0.26^{e}	20.44 ± 1.31^{gh}	6.54
Y10	60.13 ± 2.13^{g}	2.76 ± 1.10^{b}	21.40 ± 1.02^{fg}	13.43
Y20	56.73 ± 0.72^{i}	4.69 ± 0.95^{a}	21.17 ± 0.93^{fg}	17.11
YR10	62.22 ± 1.98^{f}	0.85 ± 0.68^{c}	22.07 ± 0.71^{ef}	10.79
YR20	58.19 ± 1.19^{h}	2.76 ± 0.23^{b}	22.93 ± 0.86^{de}	14.62
F	67.55 ± 1.30^{e}	-0.97 ± 0.69^{d}	19.64 ± 1.38^{h}	8.29

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

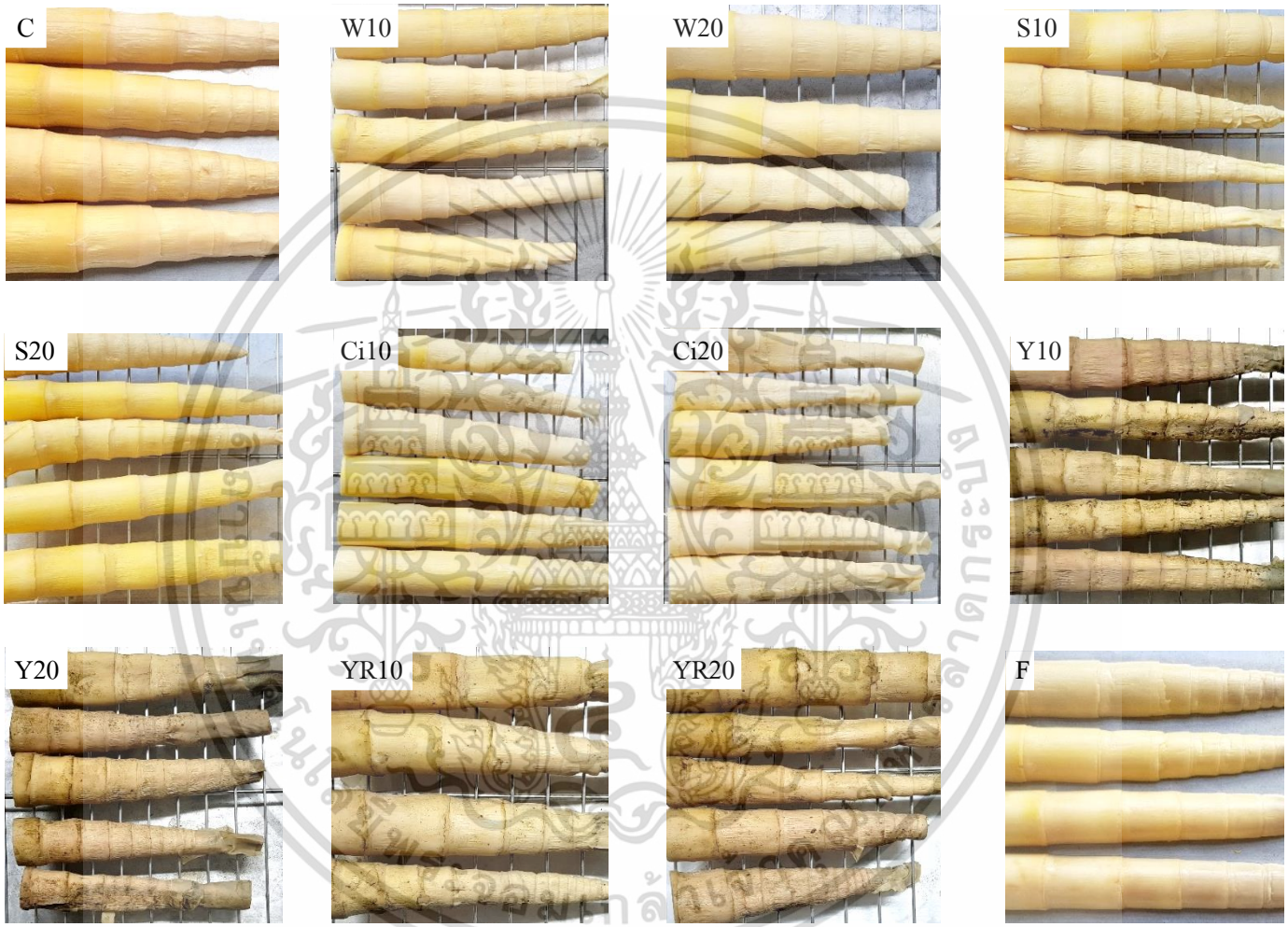
สีเขียวในผักและผลไม้มีที่มาจากคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่คงทนต่อความร้อนและไวต่อสภาวะรุนแรง (harsh condition) (Singh และคณะ, 2015) ความเป็นสีเขียวของตัวอย่างหน่อไม้ต้มในแต่ละสภาวะคือ W20 S10 Ci10 และ Ci20 โดยบ่งชี้ด้วยค่า a^* นั้นพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อาจเนื่องมาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ในหน่อไม้ที่ค่อนข้างต่ำ ในทางตรงกันข้าม ตัวอย่างที่ผ่านการต้มในน้ำคั้นใบย่านาง (Y) และน้ำคั้นใบย่านางผสมน้ำซาวข้าว (YR) กลับมีค่าความเป็นสีแดงมากยิ่งขึ้น ซึ่งบ่งชี้ได้จากค่า a^* เชิงบวกที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งการต้มเป็นเวลานานยิ่งขึ้นก็ส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของความเป็นสีแดง สาเหตุอาจเนื่องมาจากใบย่านางประกอบด้วยสารในกลุ่มพอลิฟีนอล (polyphenol) หลายชนิดรวมถึงแทนนิน (tannin) (Chumkaew และ Punfujinda , 2019) โดยแทนนินแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ไฮโดไลซ์-เซเบิลแทนนิน (hydrolyzable tannin) ซึ่งเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก สลายตัวและละลายได้ในกรดหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำย่อย แทนนินอีกประเภทหนึ่งคือคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) หรือโปรแอนโทรไซยานิดิน (proanthocyanidin) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 1000 ดาลตันขึ้นไป ไม่สามารถถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดหรือด่าง แต่ละลายได้ดีในอะซิโตน แอลกอฮอล์ และน้ำร้อน รวมถึงการต้มในสภาวะกรดนั้นนำมาซึ่งปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน เกิดเป็นสารประกอบสีแดงเรียกว่าแทนนินสีแดง (tannin red) หรือโฟลบาฟีน (phlobaphene) ซึ่งเป็นสารที่มีรูปร่างไม่แน่นอนและไม่ละลายน้ำ การต้มในสภาวะเป็นกรด (ดังแสดงค่าพีเอชของเนื้อและน้ำต้มหน่อไม้ในตารางที่ 4.3) อาจส่งผลให้แทนนินสีแดงที่เกิดขึ้นบางส่วนถูกดูดซับบนพื้นผิวของหน่อไม้และเปลี่ยนให้เป็นสีแดง อีกทั้งแทนนินสีแดงยังเกิดมากขึ้นตามระยะเวลาในการต้มอีกด้วย (Molee และ Jinda, 2015)

ผักและผลไม้โดยทั่วไปประกอบด้วยแคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุหลัก อันเป็นสารประกอบที่ไวต่อแสง ความร้อน ออกซิเจน กรด ด่าง โลหะ และอันตรกิริยากับแรดิคอลชนิดต่างๆ (radical species) (Goncalves และคณะ, 2007; Butnariu, 2016) กระบวนการต้มเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยความร้อนและตัวกลาง จึงส่งผลให้เกิดการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ได้ (Bernhardt และ Schlich, 2006) ประกอบกับการรั่วไหลของแคโรทีนอยด์จากเซลล์ที่เกิดความเสียหายจากกระบวนการ ทำให้ค่า b^* เชิงบวกของทุกตัวอย่าง ปรากฏแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ยกเว้นการต้มหน่อไม้ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (S20) ที่กลับมีค่า b^* เชิงบวกสูงสุดมากกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Singh และคณะ (2015) ที่กล่าวว่าการต้มผักในสารละลายโซเดียมคลอไรด์นำมาซึ่งการเพิ่มขึ้นของแคโรทีนอยด์ในตัวอย่างผักชนิดต่างๆ เมื่อเทียบกับการต้มในน้ำปกติ ขณะที่ค่า b^* เชิงบวกของตัวอย่างหน่อไม้ดองเปรี้ยว (F) มีค่าต่ำสุด อาจเป็นผลมาจากการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์ในระหว่างการดอง ทำให้แคโรทีนอยด์ภายในเซลล์รั่วไหลออกไป (Nabais และ Malcata, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ภาพถ่ายของหน่อไม้ไผ่รวกดิบ (ตัวอย่างควบคุม, C) ก่อนและหลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน (รหัสสิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1)

4.1.3 ค่าสีของน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการ

กระบวนการที่แตกต่างกันไม่เพียงส่งผลต่อค่าสีของเนื้อหน่อไม้ แต่ยังทำให้สีของตัวกลางที่ใช้ต้มและดองเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 กำหนดให้ตัวอย่างควบคุม (C) เป็นน้ำกรองที่ไม่ผ่านกระบวนการมีค่าสีเริ่มต้น : L_0^* เท่ากับ 102.34 ± 0.04; a_0^* เท่ากับ -0.23 ± 0.02 และ b_0^* เท่ากับ 0.24 ± 0.04 หากเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมพบว่าค่า L^* ของทุกตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ตัวอย่างน้ำต้มหน่อไม้ในน้ำคั้นใบย่านาง (Y) และน้ำคั้นใบย่านางผสมน้ำซาวข้าว (YR) ขณะที่ค่า a^* และ b^* เชิงบวกมีค่าสูงสุดในตัวอย่างน้ำต้มหน่อไม้ในน้ำคั้นใบย่านางเป็นเวลา 20 นาที (Y20) นอกจากนี้ยังพบว่าค่า b^* เชิงบวกของน้ำต้มหน่อไม้ในทุกตัวกลางยังมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการต้มที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย โดยสามารถแยกแยะความแตกต่างของค่าสีน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้ได้จากตัวอย่างควบคุม เนื่องจากมีค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ของทุกตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการมีค่ามากกว่า 2 (Zhou และคณะ, 2009)

ผลิตภัณฑ์อาหารบางประเภทอยู่ในรูปของแข็งในของเหลว หรือเฉพาะของเหลวซึ่งอาจมีลักษณะใส ขุ่นมัวหรือทึบแสง โดยส่งผลให้ความเข้มของแสงที่เดินทางผ่านของเหลวนั้นมีค่าลดลงเนื่องจากสมบัติการการกระเจิงและดูดกลืนที่แตกต่างกันในตัวกลางของเหลวนั้นๆ (Trong และคณะ, 2014) ตัวอย่างน้ำกรอง (W) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (S) และสารละลายกรดซิตริก (Ci) ที่ได้จากการต้มหน่อไม้ ปรากฏค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$) แต่มีค่าสูงกว่าน้ำต้มหน่อไม้ที่ได้จากการต้มหน่อไม้ในน้ำคั้นใบย่านาง (Y) น้ำคั้นใบย่านางผสมน้ำซาวข้าว (YR) และน้ำดองหน่อไม้อย่างเห็นได้ชัด เนื่องด้วยสารละลายดังกล่าวถูกเตรียมขึ้นจากการละลายสารประกอบอย่างสมบูรณ์ในน้ำกรอง จึงทำให้สารละลายภายหลังการต้มยังคงมีลักษณะใสและปริมาณอนุภาคเจือปนต่ำส่งผลให้ค่า L^* ลดลง ในทางตรงกันข้าม ตัวอย่างน้ำต้มหน่อไม้ Y และ YR กลับเต็มไปด้วยอนุภาคที่เกิดขึ้นจากการคั้นใบย่านางซึ่งเปลี่ยนแปลงเป็นสีคล้ำเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานาน เช่นเดียวกันกับตัวอย่างน้ำดองหน่อไม้ (F) ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคจากน้ำซาวข้าวกระจายตัวอยู่ อนุภาคเหล่านี้ส่งผลให้แสงบางส่วนถูกกระเจิงและ/หรือดูดกลืน นำมาซึ่งการลดลงของค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน (รหัสสิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1)

ตัวอย่าง	ค่าสี			
	L^*	a^*	b^*	ΔE
C	102.34 ± 0.04[a]	-0.23 ± 0.02[f]	0.24 ± 0.04[k]	-
W10	100.21 ± 0.06[e]	-1.06 ± 0.02[i]	6.54 ± 0.05[h]	6.70
W20	99.96 ± 0.19[f]	-1.52 ± 0.02[k]	8.09 ± 0.02[g]	8.30
S10	100.95 ± 0.10[c]	-0.76 ± 0.02[g]	3.96 ± 0.06[j]	4.01
S20	100.66 ± 0.05[d]	-1.20 ± 0.02[j]	5.98 ± 0.01[i]	6.06
Ci10	101.39 ± 0.03[b]	-0.87 ± 0.01[e]	3.92 ± 0.03[j]	3.86
Ci20	100.25 ± 0.12[e]	-1.67 ± 0.03[l]	8.57 ± 0.07[f]	8.70
Y10	36.24 ± 0.55[k]	14.19 ± 0.02[b]	43.57 ± 0.28[c]	80.34
Y20	44.78 ± 0.18[j]	15.52 ± 0.03[a]	49.24 ± 0.17[a]	77.22
YR10	50.05 ± 0.10[h]	10.63 ± 0.01[d]	41.60 ± 0.05[d]	67.55
YR20	46.02 ± 0.35[i]	12.56 ± 0.03[c]	45.22 ± 0.11[b]	73.21
F	82.63 ± 0.25[g]	0.58 ± 0.02[e]	14.59 ± 0.09[e]	24.39

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กำหนดให้ตัวอย่างควบคุม (C) เป็นน้ำกรองที่ไม่ผ่านกระบวนการ

ความเป็นสีเขียวของน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้จากการบ่งชี้ด้วยค่า a^* เชิงลบพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม อีกทั้งระยะเวลาในการต้มที่เพิ่มขึ้นก็ส่งผลให้ค่า a^* เชิงลบเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในทางกลับกัน ตัวอย่างน้ำต้มหน่อไม้ในน้ำคั้นใบย่านาง (Y) และน้ำคั้นใบย่านางผสมน้ำซาวข้าว (YR) ปรากฏค่าความเป็นสีแดงอย่างเห็นได้ชัดจากค่า a^* เชิงบวกที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมและกระบวนการอื่นๆ นอกจากนี้ การต้มเป็นเวลานานขึ้นนั้นก็ส่งผลให้ความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อหน่อไม้ที่ต้มในน้ำคั้นใบย่านาง (Y) และน้ำคั้นใบย่านางผสมน้ำซาวข้าว (YR) นั่นคือการต้มในสภาวะเป็นกรด (ดังแสดงค่าพีเอชของน้ำต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่อไม้ในตารางที่ 4.3) ด้วยระยะเวลาที่นานยิ่งขึ้น ส่งผลให้คอนเดนซ์แทนนินในใบย่านางเปลี่ยนเป็นแทนนินสีแดงมากยิ่งขึ้นตามไปด้วย (Molee และ Nakanyapatthara, 2015)

ความเป็นสีเหลืองของทุกตัวอย่างน้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้มีค่า b^* เชิงบวกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม อีกทั้งระยะเวลาในการต้มก็ส่งผลให้ค่า b^* เชิงบวกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อีกด้วย ซึ่งอาจบ่งชี้ได้ถึงการรั่วไหลของแคโรทีนอยด์ภายในเซลล์ สอดคล้องกับการลดลงของค่า b^* ของตัวอย่างเนื้อหน่อไม้ เมื่อเทียบกับตัวอย่างหน่อไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการ ยิ่งไปกว่านั้น ตัวอย่างน้ำต้มหน่อไม้ของหน่อไม้ที่ต้มในน้ำคั้นใบย่านาง (Y) และน้ำคั้นใบย่านางผสมน้ำซาวข้าว (YR) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ของค่า b^* อย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม สาเหตุอาจเนื่องด้วยการเกิดกระบวนการฟีโอไฟติไนเซชัน (pheophytinization) ในระหว่างการต้มเป็นเวลานาน ทำให้คลอโรฟิลล์สีเขียวสดในอนุภาคของใบย่านางเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ที่มีสีเขียวน้ำตาลจากการแทนที่แมกนีเซียมไอออนด้วยไฮโดรเจนไอออนที่ตำแหน่งภายในวงแหวนพอร์ไฟริน (porphyrin ring) ของคลอโรฟิลล์ (López-Ayerra และคณะ, 1998) นำมาซึ่งค่าความเป็นสีเหลืองที่สูงขึ้นตามการระยะเวลาในการต้มอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2 ผลของกระบวนการต่อคุณภาพทางเคมี

4.2.1 ค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้ น้ำต้ม และน้ำดองหน่อไม้

ค่าพีเอชบ่งชี้ถึงสภาพความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรสในอาหาร และ/หรือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูป ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (C) พบว่าเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการต้มมีค่าพีเอชสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการต้มหน่อไม้ในน้ำกรอง (W) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (S) น้ำคั้นใบย่านาง (Y) และน้ำคั้นใบย่านางผสมน้ำซาวข้าว (YR) ยกเว้นการต้มหน่อไม้ในสารละลายกรดซิตริก (Ci) และการดองเปรี้ยว (F) ซึ่งเกิดกรดจากกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลคติก ส่งผลให้เนื้อหน่อไม้มีค่าพีเอชลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้สดที่วัดได้สอดคล้องกับรายงานของ Sood และคณะ (2017) ที่ได้รายงานว่าค่าพีเอชเฉลี่ยของเนื้อหน่อไม้สดสี่ชนิด (*Phyllostachys pubescens*, *Dendrocalamus asper*, *Dendrocalamus hemilltoni* และ *Bambusa bambos*) มีค่าเท่ากับ 6.07 สาเหตุที่ค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้สดค่อนข้างมีความเป็นกรดอ่อนๆ เนื่องจากการมีอยู่ของกรดซิตริกซึ่งพบได้เป็นส่วนมากในเนื้อหน่อไม้ ดังนั้นกระบวนการต้มหน่อไม้จึงส่งผลให้ค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้สูงขึ้น ขณะที่น้ำต้มมีค่าพีเอชลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม อาจเป็นผลมาจากการฉีกขาดของเซลล์และเกิดการสูญเสียกรดบางส่วนออกไปจากเนื้อหน่อไม้ในระหว่างกระบวนการต้ม สำหรับค่าพีเอชของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้ พบว่ามีค่าลดลงในทุกตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยพบการลดลงของค่าพีเอชสูงสุดในตัวอย่างน้ำต้มหน่อไม้ของหน่อไม้ต้มในสารละลายกรดซิตริก (Ci) และน้ำดองหน่อไม้ (F) เช่นเดียวกันกับผลของค่าพีเอชในเนื้อหน่อไม้

ตารางที่ 4.3 ค่าพีเอชของเนื้อหน่อไม้ น้ำต้มและน้ำดองหน่อไม้ (สารละลาย) (รหัสสิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1)

ตัวอย่าง	เนื้อหน่อไม้	สารละลาย
C	6.09 ± 0.02^{f}	7.10 ± 0.01^{a}
W10	6.36 ± 0.01^{b}	6.27 ± 0.01^{b}
W20	6.37 ± 0.01^{b}	6.24 ± 0.02^{c}
S10	6.42 ± 0.00^{a}	6.02 ± 0.00^{d}
S20	6.36 ± 0.00^{b}	5.95 ± 0.01^{e}
Ci10	4.68 ± 0.01^{g}	2.90 ± 0.00^{k}
Ci20	4.48 ± 0.02^{h}	2.96 ± 0.00^{j}
Y10	6.32 ± 0.01^{d}	5.88 ± 0.01^{f}
Y20	6.23 ± 0.01^{e}	5.81 ± 0.01^{h}
YR10	6.35 ± 0.01^{c}	5.84 ± 0.01^{g}
YR20	6.34 ± 0.01^{c}	5.87 ± 0.01^{f}
F	4.14 ± 0.00^{i}	3.87 ± 0.01^{i}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

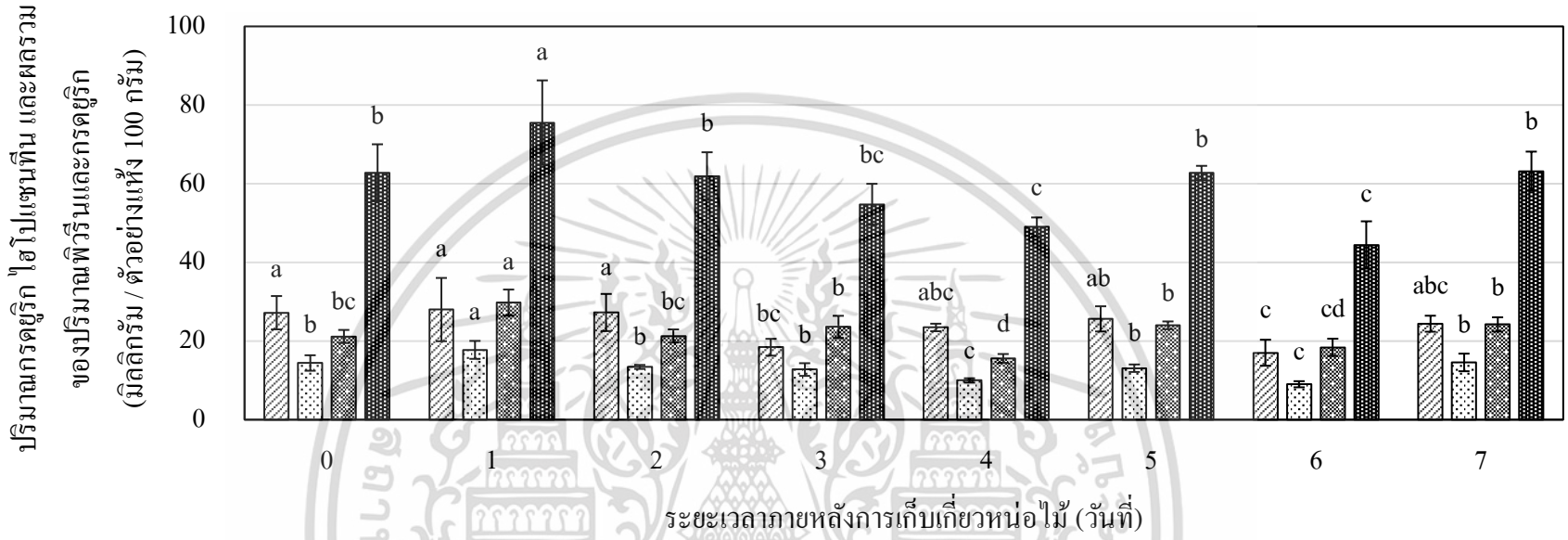
กำหนดให้ตัวอย่างควบคุม (C) เป็นน้ำกรองที่ไม่ผ่านกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยว

ตัวอย่างหน่อไม้สดแบบไม่ปอกเปลือกภายหลังการเก็บเกี่ยวในระยะเวลา 1 สัปดาห์ (นับตั้งแต่เก็บเกี่ยวในวันที่ 0 – 7) ถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในเนื้อหน่อไม้ ดังแสดงวิธีในหัวข้อ 3.4.5.2 จากภาพที่ 4.3 สรุปได้ว่าผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกของหน่อไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยวในวันที่ 4 และ 6 มีค่าลดลงจากวันเริ่มต้น แต่ผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกของหน่อไม้หลังการเก็บเกี่ยวในวันที่ 7 กลับมีค่าไม่แตกต่างจากวันเริ่มต้น บ่งชี้ให้เห็นว่าการทำงานของเอนไซม์และการเกิดเมตาบอลิซึมต่างๆ อันเกี่ยวเนื่องกับคุณสมบัติทางชีวเคมีในหน่อไม้สด อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการจัดเก็บแช่เย็นด้วยระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในตัวอย่างหน่อไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยวมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่เป็นแนวโน้มที่สามารถสรุปได้ชัดเจน ซึ่งอาจต้องมีการทำการทดลองเพิ่มเติมในอนาคตในแง่ของการขยายขอบเขตเกี่ยวกับปัจจัยด้านระยะเวลาในการเก็บแช่เย็นให้นานยิ่งขึ้น เพื่อพิสูจน์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ปริมาณกรดยูริก (▨) ไฮโปแซนทีน (▩) อะดีนีน (▩) และผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริก (▩) ในหน่อไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยว นับตั้งแต่เก็บเกี่ยววันที่ 0 – 7

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสารชนิดเดียวกันของทั้ง 7 วันภายหลังการเก็บเกี่ยว แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงข้อมูลค่าตัวเลขในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2

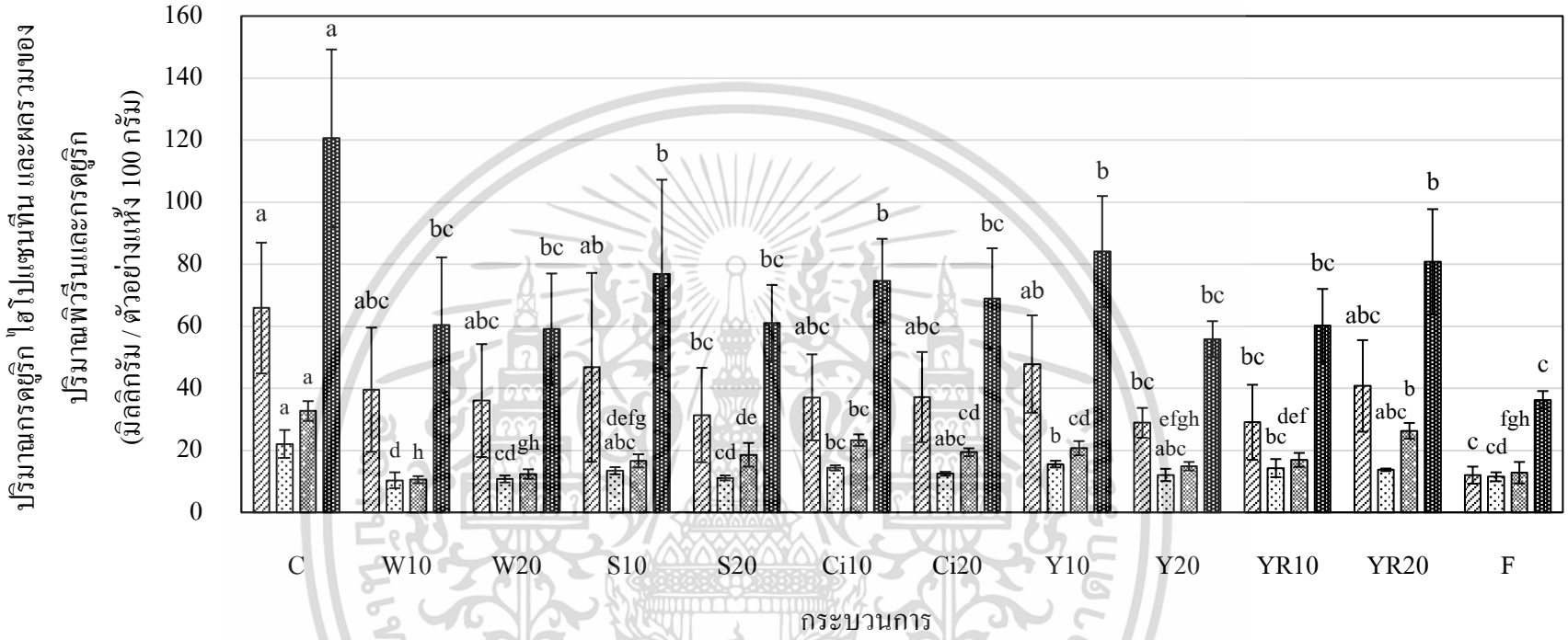
4.2.3 ปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการ

ผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ความสมบูรณ์ของเซลล์และโครงสร้างจุลภาค กอปรกับการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ในระหว่างกระบวนการ นำมาซึ่งการสูญเสียและเปลี่ยนแปลงของสารประกอบในเนื้อหน่อไม้ รวมไปถึงผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกซึ่งพบว่ามีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (C) ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีค่าผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกสูงสุดคือ 120.60 ± 28.63 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม และพบว่าผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกต่ำสุดในตัวอย่างหน่อไม้ดองเปรี้ยว (F) มีค่าเท่ากับ 36.27 ± 2.84 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ดังแสดงในภาพที่ 4.4

หากเปรียบเทียบค่าผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในแต่ละสภาวะการต้มหน่อไม้ในตัวกลางต่างๆ พบว่าค่าผลรวมนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แม้ว่าผลการทดสอบค่าความแข็งจะบ่งชี้ให้เห็นถึงการสูญเสียความสมบูรณ์ของเซลล์และโครงสร้างจุลภาค (ดังแสดงค่าความแข็งในภาพที่ 4.1) อันอาจนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกก็ตาม ยิ่งไปกว่านั้น การต้มหน่อไม้ร่วมกับน้ำคั้นใบย่านางพบว่าไม่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณพิวรีน (ไฮโปแซนทีนและอะดีนีน) และกรดยูริกในหน่อไม้ รวมถึงมีการรายงานว่าใบย่านางนั้นปราศจากสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (XOD inhibitor) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการเร่งให้เกิดการสร้างกรดยูริกและอนุมูลอิสระออกซิเจน (reactive oxygen species) ที่นำมาซึ่งความเสียหายของเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตและเกี่ยวข้องกับความผิดปกติต่างๆ ดังปรากฏในรายงานของ Jiwajinda และคณะ (2002) และ Taejarernwiriyakul และคณะ, (2011) ดังนั้นจากข้อมูลนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าใบย่านางไม่มีส่วนช่วยในการลดปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้ภายหลังการต้ม

ผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้ภายหลังการดองเปรี้ยว (F) มีค่าลดลงต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม สาเหตุหลักเนื่องมาจากพบการลดลงของปริมาณกรดยูริกอย่างเห็นได้ชัดดังแสดงในภาพที่ 4.4 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลคติกที่เกิดขึ้นระหว่างการดอง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Ogawa (2006) ที่ได้รายงานความสามารถของแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลคติก 3 สายพันธุ์ในการเปลี่ยนสารประกอบนิวคลีโอไทด์ไปเป็นสารประกอบพิวรีนและเปลี่ยนชนิดของสารประกอบพิวรีนไปเป็นชนิดที่ร่างกายหนูทดลองดูดซึมได้น้อยลง นำมาซึ่งการลดลงของระดับกรดยูริกในเลือด แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ กลับไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไฮโปแซนทีนและอะดีนีนอย่างเห็นได้ชัดในตัวอย่างหน่อไม้ดองเปรี้ยว (F) เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ปริมาณกรดยูริก (▨) ไฮโปแซนทีน (⊡) อะดีนีน (▩) และผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริก (■) ในหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน (รหัสสิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1)

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในสารชนิดเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

แสดงข้อมูลค่าตัวเลขในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3

4.3 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการปรับปรุงคุณภาพ

4.3.1 การเลือกกระบวนการที่เหมาะสมเพื่อเตรียมหน่อไม้สำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุง

แม้ว่าการดองเปรี้ยวหน่อไม้จะส่งผลให้ผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกลดลงต่ำสุด แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นกระบวนการเตรียมหน่อไม้เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุง เนื่องจากการดองเปรี้ยวนั้นทำให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงไป จากผลการทดลองในข้อที่ 4.2.3 ซึ่งสรุปว่าค่าผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในแต่ละสภาวะการต้มหน่อไม้ในตัวกลางต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญนั้น ($p > 0.05$) ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการต้มหน่อไม้ในน้ำกรองเพื่อเป็นกระบวนการเตรียมหน่อไม้สำหรับการทำเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุง และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อไป เนื่องจากน้ำกรองถือว่าเป็นตัวกลางที่หาได้ง่ายและราคาต้นทุนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับตัวกลางที่ใช้ต้มชนิดอื่นๆ ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความแข็งและค่าสีของหน่อไม้ต้มในน้ำกรอง (W10 และ W20) และหน่อไม้ต้มทางการค้าตราสมาร์ทเชฟ (SC) เพื่อเปรียบเทียบค่าคุณภาพทางกายภาพเบื้องต้น โดยพบว่าค่าความแข็งของตัวอย่างหน่อไม้ต้มในน้ำกรองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างหน่อไม้ต้มทางการค้า ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าหน่อไม้ต้มทางการค้ามีค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่าตัวอย่างหน่อไม้ต้มในน้ำกรองอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าความแข็งและค่าสีของหน่อไม้ที่ต้มในน้ำกรองกับหน่อไม้ต้มทางการค้าตราสมาร์ทเชฟ (SC) (รหัสสิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1)

ตัวอย่าง	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ค่าสี			
		L^*	a^*	b^*	ΔE
C	23.41 ± 1.10^{a}	71.48 ± 0.98^{c}	-1.85 ± 0.38^{b}	26.90 ± 2.00^{b}	-
W10	18.02 ± 1.39^{b}	73.18 ± 0.58^{a}	-0.67 ± 0.19^{a}	24.03 ± 1.42^{c}	3.54
W20	17.83 ± 1.79^{b}	73.40 ± 0.32^{a}	-2.13 ± 0.49^{b}	22.34 ± 1.50^{d}	4.95
SC	18.26 ± 0.22^{b}	72.18 ± 0.19^{b}	-3.77 ± 0.41^{c}	32.96 ± 0.31^{a}	6.40

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 กระบวนการเตรียมหน่อไม้เพื่อใช้ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เนื่องจากหน่อไม้ที่ต้มในน้ำกรองเป็นเวลา 10 และ 20 นาทีตามที่เลือกได้จากหัวข้อ 4.3.1 นั้นยังมีความขมอยู่มากซึ่งไม่เหมาะแก่การบริโภค ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองต้มหน่อไม้ในสภาวะใหม่โดยยังคงใช้น้ำกรองเป็นตัวกลางในการต้ม จุดประสงค์คือเพื่อกำจัดความขมออกจากเนื้อหน่อไม้ให้มากที่สุด ทำการต้มหน่อไม้ในสภาวะใหม่จำนวน 3 การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ผลการทดลองพบว่าวิธีที่ 3 สามารถกำจัดความขมในชิ้นหน่อไม้ส่วนใหญ่ได้มากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ และสามารถนำหน่อไม้ภายหลังการต้มมาบริโภคได้ ซึ่งวิธีที่ 3 ทำได้โดยผ่าครึ่งหน่อไม้ตามยาวและหั่นขวางเป็นชิ้นขนาดกว้าง 1 นิ้ว ต้มในน้ำกรองด้วยอัตราส่วนเนื้อหน่อไม้ต่อน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 5 เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเทน้ำต้มทิ้งและต้มในน้ำเดือดอีกครั้งเป็นเวลา 15 นาที จึงสรุปได้ว่าการต้มหน่อไม้ในน้ำเดือด 2 ครั้งโดยเปลี่ยนน้ำที่ใช้ต้มสามารถกำจัดความขมในเนื้อหน่อไม้ได้มากกว่าการต้มเพียงครั้งเดียวในปริมาณน้ำและระยะเวลาต้มโดยรวมเท่ากัน อีกทั้งชิ้นหน่อไม้ที่รูปร่างหนาและตันจะมีความขมมากกว่าชิ้นบางและโปร่ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวิธีที่ 3 สำหรับใช้เป็นสภาวะการต้มหน่อไม้เพื่อนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.5 สภาวะการเตรียมหน่อไม้เพื่อลดความขมสำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธี	รูปร่างหน่อไม้	สัดส่วนโดยน้ำหนัก เนื้อ : น้ำ	เวลาต้มในน้ำเดือด
1	ผ่าครึ่งหน่อไม้ตามยาว	1 : 5.44	10 20 30 และ 40 นาที
2	ผ่าครึ่งหน่อไม้ตามยาว และหั่นขวางเป็นชิ้นขนาดกว้าง 1 นิ้ว	1 : 10	20 30 และ 40 นาที
3	ผ่าครึ่งหน่อไม้ตามยาว และหั่นขวางเป็นชิ้นขนาดกว้าง 1 นิ้ว	1 : 5	15 นาที เทน้ำต้มทิ้งและต้มในน้ำเดือดอีกครั้งเป็นเวลา 15 นาที

4.3.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้ต้มก่อนการปรับปรุงคุณภาพและการทดสอบความพอดี

ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้ต้มก่อนการปรับปรุงคุณภาพตามวิธีการต้มหน่อไม้ที่ได้จากข้อ 4.3.2 โดยการประเมินแบบคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ตั้งแต่ 1 คะแนน ซึ่งเป็นระดับคะแนนความชอบน้อยที่สุดไปจนถึง 9 คะแนน ซึ่งเป็นระดับความชอบมากที่สุด และใช้เกณฑ์การยอมรับมาตรฐานของผู้ทดสอบที่คะแนนความชอบมากกว่าเท่ากับ 7 โดยเลือกผู้ทดสอบอายุ 23 ปีขึ้นไป จำนวน 40 คน ผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบต่อปัจจัยคุณภาพต่างๆ ได้แก่ สี 6.85 ± 1.46 คะแนน กลิ่นเมื่อรับประทาน 6.10 ± 1.57 คะแนน รสชาติโดยรวม 6.23 ± 1.83 คะแนน ความแข็ง 7.00 ± 1.30 คะแนน และความชอบโดยรวม 6.92 ± 1.42 คะแนน จากข้อมูลแสดงให้เห็นถึงช่วงคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.10 – 7.00 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่น้อยกว่าระดับการยอมรับมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 7 คะแนน ทางผู้วิจัยจึงได้ใช้ข้อมูลการทดสอบความพอดีด้วยวิธี just about right (JAR) มาพิจารณาเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของหน่อไม้ต้มให้ได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบสูงขึ้น ผลการทดสอบความพอดีดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยหากคุณลักษณะใดที่มีความพอดีต่ำกว่าร้อยละ 70 ถือว่าควรมีการปรับปรุงคุณลักษณะในด้านนั้นๆ เพิ่มเติม จากผลการทดสอบพบว่าผู้ทดสอบร้อยละ 52.50 ต้องการให้มีการปรับรสชาติของหน่อไม้ต้มให้หวานขึ้น ส่วนคุณลักษณะด้านอื่นๆ นั้นมีความพอดีแล้ว

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความพอดีด้วยวิธี just about right (JAR) ในหน่วยจำนวนคน (ร้อยละ) และการทดสอบทวินาม (binomial test) ของหน่อไม้ต้มก่อนการปรับปรุงคุณภาพ จำนวนผู้ทดสอบ 40 คน

คุณลักษณะ	น้อยไป	พอดี	มากไป	ผลรวม N	ค่าที่มาก	ค่าวิกฤต	ทิศทางการปรับปรุง
สี	10 (25.00)	29 (72.50)	1 (2.50)	11			ไม่ต้องปรับปรุง
กลิ่นเมื่อรับประทาน	4 (10.00)	27 (67.50)	9 (22.50)	13	9^{ns}	11	ไม่ต้องปรับปรุง
รสขม	4 (10.00)	31 (77.50)	5 (12.50)	9			ไม่ต้องปรับปรุง
รสหวาน	21 (52.50)	19 (47.50)	0 (0)	21	21*	16	ปรับเพิ่มขึ้น
ความแข็ง	3 (7.50)	34 (85.00)	3 (7.50)	6			ไม่ต้องปรับปรุง

หมายเหตุ * หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

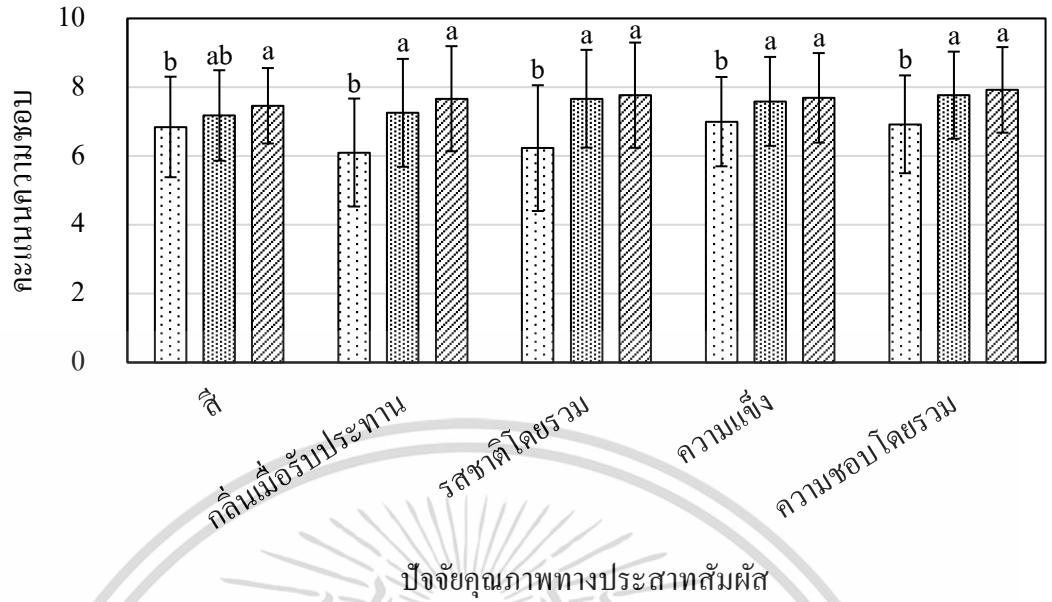
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหน่อไม้ต้มหลังการปรับปรุงคุณภาพ

การปรับปรุงคุณภาพของหน่อไม้ต้ม ทำได้โดยนำหน่อไม้แช่แข็งที่ผ่านการละลายน้ำแข็งแล้ว มาผ่าครึ่งตามยาว หั่นเป็นชิ้นยาว 1 นิ้ว แช่ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยมวล กับซูคราโลสเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลในน้ำกรอง ด้วยสัดส่วนน้ำหนักเนื้อหน่อไม้ต่อสารละลายเท่ากับ 1 ต่อ 5 เป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง การเติมวัตถุเจือปนอาหาร ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยมวล (ดัดแปลงจาก Izumi และ Watada, 1995) จุดประสงค์เพื่อปรับปรุงให้หน่อไม้มีความแข็งเพิ่มมากขึ้นโดยไม่ก่อให้เกิดรสเฝื่อนและคงสภาพเนื้อเยื่อระหว่างการเก็บรักษา ร่วมกับการใช้ซูคราโลสเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวล เพื่อทำให้หน่อไม้มีรสชาติหวานมากขึ้น เนื่องจากซูคราโลสนั้นเป็นสารให้ความหวานที่มีรสชาติหวานใกล้เคียงกับน้ำตาลแต่ไม่ให้พลังงาน มีความหวานเป็น 600 เท่าของน้ำตาลซูโครส มีความคงตัวต่อสภาวะกรดและความร้อนสูง อีกทั้งไม่ทำให้เกิดรสเฝื่อนหรือขมอีกด้วย (เชื้อมงคล, 2551) หลังจากการแช่เนื้อหน่อไม้ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์และซูคราโลสครบตามเวลาที่กำหนด จึงได้นำเฉพาะส่วนของเนื้อหน่อไม้ไปต้มในน้ำเดือด ด้วยสัดส่วนน้ำหนักเนื้อหน่อไม้ต่อน้ำกรองเท่ากับ 1 ต่อ 5 จับเวลาเมื่อน้ำเดือด 15 นาที เทน้ำต้มทิ้งและต้มในน้ำเดือดอีกครั้ง จับเวลาเมื่อน้ำเดือด 15 นาที ซึ่งเป็นสภาวะการต้มที่สามารถลดความขมของหน่อไม้ไปได้มากที่สุดดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.3.2 แม้ว่าการทดสอบความพอดีและการทดสอบทวินามในข้อ 4.3.3 บ่งชี้ว่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้มีความพอดีแล้ว อย่างไรก็ตาม ยังคงจำเป็นต้องใช้แคลเซียมคลอไรด์เพื่อปรับปรุงความแข็งของเนื้อหน่อไม้และช่วยให้หน่อไม้คงสภาพของเนื้อเยื่อในระหว่างการเก็บรักษาได้ เนื้อหน่อไม้ภายหลังการปรับปรุงคุณภาพถูกนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการประเมินแบบคะแนนความชอบ 9 ระดับ โดยให้ผู้ทดสอบรับประทานเฉพาะส่วนของเนื้อหน่อไม้และรับประทานร่วมกับน้ำพริกหนุ่ม

การปรับปรุงคุณภาพของหน่อไม้ต้มโดยการเพิ่มความหวานและความแข็งของเนื้อหน่อไม้ส่งผลให้คะแนนความชอบในทุกปัจจัยคุณภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับหน่อไม้ต้มก่อนการปรับปรุงคุณภาพ ยกเว้น ปัจจัยด้านสี ดังแสดงในภาพที่ 4.5 โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.18 – 7.77 คะแนน บ่งชี้ถึงการยอมรับของผู้ทดสอบในระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก นอกจากนี้ยังพบว่าการรับประทานหน่อไม้ต้มหลังการปรับปรุงคุณภาพร่วมกับน้ำพริกหนุ่มซึ่งถูกใช้เป็นตัวแทนของอาหารที่นิยมทานคู่กับหน่อไม้ไผ่รวกต้ม ไม่ได้ทำให้ค่าคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 คะแนนความชอบเฉลี่ยต่อปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของหน่อไม้ต้มก่อนปรับปรุงคุณภาพ (▫) หน่อไม้ต้มหลังปรับปรุงคุณภาพ (▪) และหน่อไม้ต้มหลังปรับปรุงคุณภาพทานร่วมกับน้ำพริกหนุ่ม (▨) จากการประเมินแบบคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) จำนวนผู้ทดสอบ 40 คน

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในปัจจัยคุณภาพเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

แสดงข้อมูลค่าตัวเลขในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. กระบวนการต้มหน่อไม้ในตัวกลางและระยะเวลาในการต้มที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (C) และค่าความแข็งลดลงต่ำสุดในหน่อไม้ดองเปรี้ยว โดยพบการลดลงร้อยละ 62.24 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ ค่าสีมาตรฐาน CIE $L^*a^*b^*$ ของเนื้อหน่อไม้ทุกตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการ มีการเปลี่ยนแปลงไปจากตัวอย่างควบคุม ซึ่งเป็นผลจากความร้อน ความเป็นกรด ชนิดของสารละลาย ปฏิกิริยาเคมีและ/หรือกิจกรรมของแบคทีเรียที่เกิดขึ้น

2. ผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกของหน่อไม้ภายหลังผ่านกระบวนการ พบว่ามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยพบการลดลงต่ำสุดร้อยละ 69.93 ในตัวอย่างหน่อไม้ดองเปรี้ยว (F) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้ที่ต้มในตัวกลางที่ต่างกัน กลับไม่พบความแตกต่างของผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

3. การทดลองเพิ่มเติมเพื่อกำจัดความขมในเนื้อหน่อไม้โดยใช้น้ำกรองเป็นตัวกลาง พบว่าควรต้มหน่อไม้ในน้ำเดือดจำนวน 2 ครั้ง เป็นเวลาครั้งละ 15 นาที โดยเปลี่ยนน้ำที่ใช้ต้มซึ่งสามารถกำจัดความขมออกจากเนื้อหน่อไม้ได้ และเป็นวิธีการต้มที่เหมาะสมในการต้มหน่อไม้สำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุง

4. การปรับปรุงคุณภาพของหน่อไม้เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้พร้อมปรุง ทำได้โดยแช่เนื้อหน่อไม้ในสารละลายผสมของแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยมวล กับซูคราโลสเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยมวลเป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปต้ม ส่งผลให้คะแนนความชอบในทุกปัจจัยคุณภาพของหน่อไม้ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วอยู่ในช่วง 7.18 – 7.77 คะแนน บ่งชี้ถึงการยอมรับของผู้ทดสอบนี้มีระดับความชอบอยู่ในช่วงปานกลางถึงชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ระยะเวลาในการจัดเก็บหน่อไม้สดที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทำการทดลองในช่วงเวลาการทดลองที่แตกต่างกัน อาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกเริ่มต้น ซึ่งต้องมีการทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคตเพื่อยืนยันข้อสมมติฐานนี้

2. พบว่าค่าเฉลี่ยของผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้สดวันที่ 0 – 7 มีค่าเท่ากับ 59.30 ± 10.58 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าหน่อไม้สดที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุมสำหรับใช้ในการทดลองหัวข้ออื่นๆ ในงานวิจัยนี้ โดยมีค่าเท่ากับ 120.60 ± 28.63 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ทั้งนี้สาเหตุอาจเนื่องมาจากปัจจัยในด้านระยะเวลาที่ใช้ในการจัดเก็บตัวอย่างหน่อไม้สดก่อนการทำการทดลองที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสนั้นแตกต่างกัน จึงอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริก ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคตเพื่อยืนยันข้อสมมติฐานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระยาทิพย์ เรือนใจ. 2536. ถนอมอาหารด้วยการดอง. ยูโรปา เพรส, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2520. เกลือ: คุณสมบัติและการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

จักรพันธุ์ ปัญจะสุวรรณ. 2542. พิษภัยในอาหาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

จินตนา ศรีผุย. 2546. การแปรรูปผักและผลไม้แช่อิ่ม. วารสารศูนย์บริการวิชาการ 11: 58-64.

ณัฐกิตติ์ ธรรมเจริญ. 2546. ไผ่ตงเงินล้าน. นาคา อินเตอร์มีเดีย, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ วิบูลย์ รัตนาปนนท์. 2553. สารพิษในอาหาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

พรพรรณ รพี. 2540. อาหารมีพิษ ชีวิตมีภัย. สุขภาพใจ, กรุงเทพฯ.

พัชราภรณ์ ไชยศรี. 2558. ชีวเคมีในการสาธารณสุข. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ อุดรธานี.

รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์, จิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี และ จิตรา สิงห์ทอง. 2554. รายงานการวิจัยฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดย่านาง เครือหมาน้อย และรางจืด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

รุ่งนภา พัฒนวิบูลย์, บุญฤทธิ์ ภูริยากร และ วลัยพร สถิตวิบูรณ์. 2544. ไม้ไผ่ในประเทศไทย. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

วรรณคล เชื้อมงคล. 2551. สารให้ความหวาน: การใช้และความปลอดภัย. Thai Pharmaceutical and Health Science Journal 3: 161-168.

วิยะดา แก้วกรูด. 2553. อาหารต้องห้ามสำหรับโรคเก๊าท์. สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2520. ทฤษฎีอาหาร เล่ม 2 หลักการถนอมอาหารและการควบคุมคุณภาพอาหาร. วรวุฒิการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. วัตถุเจือปนอาหาร (เล่ม 1). ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

สมนึก พานิชกิจ. 2559. ไผ่ หญ้ายักษ์มหัศจรรย์. สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ.

สอาด บุญเกิด. 2528. ไม้ไผ่บางชนิดในประเทศไทย. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทธิชัย ปทุมล่องทอง. 2554. ย่านาง สุดยอดสมุนไพรพื้นบ้าน. สถาพรบุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

สุเทพ เรืองวิเศษ, นงลักษณ์ เรืองวิเศษ, ปิยวัฒน์ สายพันธุ์ และ นฤมล โพธิ์ศรีทอง. 2549. ไซยาไนด์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุวรรณี ธีรภาพธรรมกุล, เสกสรร ทองโพธิ์, วีระพร แจ่มศรี, พฤศชัย พรหมประสิทธิ์, จิราภา อุณหเลขกะ และ ปิ่นนรี ชินวรรธนวงศ์. 2554. การประเมินความเสี่ยงของสารไซยาไนด์จากการบริโภคหน่อไม้ของคนไทย. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 53: 67-79.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงจันทร์ แสนสุภา. 2552. ซุบหน่อไม้. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://bit.ly/2FQoeLQ. วันที่เข้าถึง 25 เมษายน 2561.

อัมพา คำวงษา. 2550. ไผ่เศรษฐกิจ. นาคา อินเตอร์มีเดีย, กรุงเทพฯ.

Aichayawanich, S., Phungamngoen, C., Wongsa, J. and Parametthanuwat, T. 2018. Degradation kinetics of cyanide and uric acid in bamboo shoot during boiling process. In 8th International Conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics (ICBBB). Tokyo: Association for Computing Machinery.

ATSDR. 2004. Toxicological profile for cyanide. Agency for Toxic substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human services. Atlanta, Georgia, USA.

Badwaik, L.S., Borah, P.K. and Deka, S.C. 2014. Antimicrobial and enzymatic antibrowning film used as coating for bamboo shoot quality improvement. Carbohydrate Polymer. 103: 213-220.

Bernhardt, S. and Schlich, E. 2006. Impact of different cooking methods on food quality: Retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables. Journal of Food Engineering. 77: 327-333.

Butnariu, M. 2016. Methods of analysis (extraction, separation, identification and quantification) of carotenoids from natural products. Journal of Ecosystem and Ecography. 6: 193.

Choudhury, D., Sahu, J.K. and Sharma, G.D. 2010. Biochemistry of bitterness in bamboo shoots. Assam University Journal of Science & Technology : Physical Sciences and Technology 6: 105-111.

Chumkaew, K. and Punfujinda, C. 2019. Effect of *Tiliacora triandra* leaf juice on qualities of Thai layered dessert. Science, Engineering and Health Studies (SEHS). 13: 133-142.

Darmayanti, L.P.T., Duwipayana, A.A., Putra, I.N.K. and Antara, N.S. 2014. Preliminary study of fermented pickle of *tabah* bamboo shoot (*Gigantochloa nigrociliata* (Buese) Kurz). World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Bioengineering and Life Sciences. 8.

Doungkaew, A. 2001. Prevalence of hyperuricemia and its relationship with dyslipidemia, type 2 diabetes mellitus, and hypertension in Thai adults receiving annual health exams at Phyathai 2 hospital, Bangkok. Master degree. Anti-aging and Regenerative Medicine. Mafaluang University.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ferreira, V.L.P., Yotsuyanagi, K. and Carvalho, C.R.L. 1995. Elimination of cyanogenic compounds from bamboo shoots *Dendrocalamus giganteus* Munro. Tropical Science. 35: 342-346.

FSANZ. 2004. Cyanogenic glycosides in cassava and bamboo shoots: a human health risk assessment. Technical report series no. 28. Food Standards Australia New Zealand Canberra.

Goncalves, E.M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandao, T.R.S. and Silva, C.L.M. 2007. Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima L.*) during blanching. Journal of Food Engineering. 81: 693-701.

Hafez, R.M., Abdel-Rahman, T.M. and Naguib, R.M. 2017. A review on uric acid in plants and microorganisms: Biological applications and genetics. Journal of Advanced Research. 8: 475-486.

Haque, M.R. and Bradbury, J.H. 2002. Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods. Food Chemistry. 77: 107-114.

Hogg, P. and Ahlgren, H. 1942. A rapid method for determining hydrocyanic acid content of single plants of sudan grass. American Society of Agronomy. 34: 199-200.

Huang, S.-J., Juan, H.-W. and Tsai, S.-Y. 2017. Content of purine in mushroom fruiting bodies and mycelia. International Journal of Food Engineering. 3: 95-100.

Izumi, H. and Watada, A.E. 1995. Calcium treatment to maintain quality of zucchini squash slices. Journal of Food Science. 60: 789.

Jaiwunglok, P., Tia, S. and Yoovidhya, T. 2009. Effects of temperature and pH on taxiphyllin degradation in bamboo shoot. Master degree. Food Engineering. King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Jakše, B., Jakše, B., Pajek, M. and Pajek, J. 2019. Uric acid and plant-based nutrition. Nutrients. 11: 1-15.

Jirarattanasopa, N. 2001. Efficacy of benzbromarone comparing to allopurinol in lowering uric acid level in hyperuricemic patients with impaired renal function. Master degree. Chulalongkorn Univiersity.

Jiwajinda, S., Santisopasri, V., Murakami, A., Kim, O.-K., Kim, H.W. and Ohigashi, H. 2002. Suppresive effects of edible Thai plants on superoxide and nitric oxide gereration. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention. 3: 215-223.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kaneko, K., Aoyagi, Y., Fukuuchi, T., Inazawa, K. and Yamaoka, N. 2014. Total purine and purine base content of common foodstuffs for facilitating nutritional therapy for gout and hyperuricemia. Biological and Pharmaceutical Bulletin. 37: 709-721.

Kusalaruk, W. and Limsangouan, N. 2015. Nutrition and nutraceutical of *Bambusa burmanica* Gamble and *Thysostachys siamensis* Gamble shoots. Thai Agricultural Research Journal. 33: 169-178.

Llorca, E., Puig, A., Hernando, I., Salvador, A., Fiszman, S.M. and Lluch, M.A. 2001. Effect of fermentation time on texture and microstructure of pickled carrots. Journal of the Science of Food and Agriculture. 81: 1553-1560.

López-Ayerra, B., Murcia, M.A. and Garcia-Carmona, F. 1998. Lipid peroxidation and chlorophyll levels in spinach during refrigerated storage and after industrial processing. Food Chemistry. 61: 113-118.

Markelj, J., Zupancic, T. and Pihlar, B. 2016. Optimization of high performance liquid chromatography method for simultaneous determination of some purine and pyrimidine bases. Acta Chimica Slovenica. 63: 8-17.

Molee, C. and Jinda, N. 2015. Rambutan tannin extraction for biopolymer dye. 53rd Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand.

Montagnac, J.A., Davis, C.R. and Tanumihardjo, S.A. 2009. Processing techniques to reduce toxicity and antinutrients of cassava for use as a staple food. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 8: 17-27.

Nabais, R.M. and Malcata, F.X. 1997. Some aspects of vegetable pickling processes. Food Science and Technology International. 3: 1-11.

Nirmala, C., Sharma, M.L. and David, E. 2008. A comparative study of nutrient component of freshly harvested, fermented and canned bamboo shoots of *Dendrocalamus giganteus Munro*. The Journal of the American Bamboo Society. 21: 41-47.

Nualkaekul, S., Na-songkha, P. and Inkong, C. 2007. Study on the production process of pickled bamboo shoots in vacuumed pack. Bachelor degree. Food Science. Suan Dusit Rajabhat University.

Nunes, C., Santos, C., Pinto, G., Lopes-da-Silva, J.A., Saraiva, J.A. and Coimbra, M.A. 2008. Effect of candying on microstructure and texture of plums (*Prunus domestica L.*). LWT - Food Science and Technology. 41: 1776-1783.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ogawa, J. 2006. Analysis of microbial purine metabolism and its application for hyperuricemia prevention. Noda Institute for Scientific Research, Chiba, Japan. Division of Applied Life Sciences, Graduate School of Agriculture, Kyoto University.

Ogbadoyi, E.O., Makun, H.A., Bamigbade, R.O., Oyewale, A.O. and Oladiran, J.A. 2006. The effect of processing and preservation methods on the oxalate levels of some Nigerian leafy vegetables. BIOKEMISTRI. 18: 121-125.

Othong, J., Thongtun, J. and Limsuwan, T. 2015. Development of Yanang (*Tiliacora triandra* (Colebr.) Diels) herbal tea and its physicochemical properties, antioxidant activity and total phenolic compound. Proceedings of 53rd Kasetsart University Annual Conference: plants, animals, veterinary medicine, fisheries, agricultural extension and home economics, Kasetsart University.

Pandey, A.K. and Ojha, V. 2014. Precooking processing of bamboo shoots for removal of anti-nutrients. Food Science and Technology. 51: 43-50.

Phithakpol, B., Varanyanond, W., Reungmaneepaitoon, S. and Wood, H. 1995. The traditional fermented foods of Thailand. Bangkok: Insitute of Food Research and Product Development, Kasetsart University.

Poulton, J.E. 1983. Enzymology of cyanogenesis in Rosaceous stone fruit. American Chemical Society. 53: 170-190.

Rana, B., Awasthi, P. and Kumbhar, B.K. 2011. Optimization of processing conditions for cyanide content reduction in fresh bamboo shoot during NaCl treatment by response surface methodology. Journal of Food Science and Technology. 49: 103-109.

Rawat, K., Nirmala, C. and Bisht, M.S. 2015. Processing techniques for reduction of cyanogenic glycosides from bamboo shoots. In 10th World Bamboo Congress (WBC).

Rong, S., Zou, L., Zhang, Y., Zhang, G., Li, X., Li, M., Yang, F., Li, C., He, Y., Guan, H., Guo, Y., Wang, D., Cui, X., Ye, H., Liu, F., Pan, H. and Yang, Y. 2015. Determination of purine contents in different parts of pork and beef by high performance liquid chromatography. Food Chemistry. 170: 303-307.

Sarangthem, K. and Singh, T.N. 2013. Fermentation decreases the antinutritional content in bamboo shoots. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2: 361-369.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Satya, S., Bal, L.M., Singhal, P. and Naik, S.N. 2010. Bamboo shoot processing: food quality and safety aspect (a review). Trends in Food Science & Technology. 21: 181-189.

Singh, S., Swain, S., Singh, D.R., Salim, K.M., Nayak, D. and Roy, S.D. 2015. Changes in phytochemicals, anti-nutrients and antioxidant activity in leafy vegetables by microwave boiling with normal and 5% NaCl solution. Food Chemistry. 176: 244-253.

Singh, S.G. and Singh, L.J. 1994. Release of HCN in Soibum fermentation. Journal of Phytological Research. 7: 169-170.

Singhal, P., Satya, S. and Naik, S.N. 2016. Cyanogenic toxicity and human health. Current Nutrition & Food Science. 12: 1-5.

Singthong, J., Ningsanond, S. and Cui, S.W. 2009. Extraction and physiochemical characterisation of polysaccharide gum from Yanang (*Tiliacora triandra*) leaves. Food Chemistry. 114: 1301-1307.

Sinthavalai, S. and Haruthaithanasan, V. 2001. Thai food preservation. Bangkok: Kasetsart Agricultural and Agro-industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University.

Smout, C., Sila, D.N., Vu, T.S., M.L., A., Loey, V. and Hendrickx, M.E.G. 2005. Effect of preheating and calcium pre-treatment on pectin structure and thermal texture degradation: a case study on carrots. Journal of Food Engineering. 67: 419-425.

Sood, S., Walia, S. and Sood, A. 2017. Quality evaluation of different species of edible bamboo shoots. ARC Journal of Nutrition and Growth (AJNG). 3: 1-6.

Sudying, P. 2017. Production and characterization of nano bacterial cellulose from *komagataeibacter nataicola* using water from washing rice. Master of Science. Department of Biotechnology. Silpakorn University.

Suwankanit, C., Chuangchaichana, W. and Srisupo, S. 2007. Ready – to – cook bamboo shoots – Bai Ya Nang in appropriate packaging. Bachelor degree. Food Science and Technology. Suan Dusit Rajabhat University.

Taejarernwiriyakul, O., Buasai, M., Rattanatranurak, I., Sriyod, P. and Chanluang, S. 2011. Xanthine oxidase inhibitory activity of medicinal plants. Thai Pharmaceutical and Health Science Journal. 6: 1-6.

Tripathi, Y.C. 1998. Food and Nutrition Potential of Bamboo. 18. In INBAR Newsmagazine. 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trong, N.N.D., Rizzolo, A., Herremans, E., Vanoli, M., Cortellino, G., Erkinbaev, C., Tsuta, M., Spinelli, L., Contini, D., Torricelli, A., Verbovan, P., Baerdemaeker, J.D., Nicolaï, B. and Saeys, W. 2014. Optical properties–microstructure–texture relationships of dried apple slices: Spatially resolved diffuse reflectance spectroscopy as a novel technique for analysis and process control. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 21: 160-168.

Udom, K., Yoovidhya, T. and Tangdaungdee, C. 2006. The production of acidified bamboo shoot in retortable pouch by hurdle technology. Master degree. Food Engineering. King Mongkut's University of Technology Thonburi.

US-EPA. 2012. Sodium hypochlorite for use as a disinfectant, sanitizer, or for microorganism control. United states environmental protection agency. Washington, DC. 21.

WHO. 2004. Hydrogen cyanide and cyanides: human health aspects. Concise International Chemical Assessment. 61: 1-67.

Yoo, K.M., Hwang, I.K., Ji, G.E. and Moon, B. 2006. Effects of salts and preheating temperature of brine on the texture of pickled cucumbers. Journal of Food Science. 71: 97-101.

Zhang, L., Chen, F., Yang, H., Sun, X., Liu, H., Gong, X., Jiang, C. and Ding, C. 2010. Changes in firmness, pectin content and nanostructure of two crisp peach cultivars after storage. LWT - Food Science and Technology. 43: 26-32.

Zheng, J., Zhang, F., Song, J., Lin, M. and Kan, J. 2013a. Effect of blanching and drying treatments on quality of bamboo shoot slices. International Journal of Food Science and Technology. 49: 531-540.

Zheng, J., Zhang, F., Zhou, C., Chen, G., Lin, M. and Kan, J. 2013b. Changes in amino acid contents, texture and microstructure of bamboo shoots during pickling process. International Journal of Food Science and Technology. 48: 1847-1853.

Zhou, L., Wang, Y., Hu, X., Wu, J. and Liao, X. 2009. Effect of high pressure carbon dioxide on the quality of carrot juice. Innovative Food Science and Engineering Technologies. 10: 321-327.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลตัวเลขจากผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ค่าความแข็งของเนื้อหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน (รหัสสิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1)

ตัวอย่าง	ค่าความแข็ง (นิวตัน)
C	23.41 ± 1.10^{a}
W10	18.02 ± 1.39^{b}
W20	17.83 ± 1.79^{b}
S10	15.78 ± 0.66^{d}
S20	14.38 ± 0.74^{f}
Ci10	15.60 ± 0.66^{d}
Ci20	16.86 ± 0.78^{c}
Y10	13.95 ± 0.42^{fg}
Y20	12.60 ± 1.21^{h}
YR10	13.16 ± 0.55^{gh}
YR20	17.21 ± 0.69^{bc}
F	8.84 ± 0.15^{i}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ปริมาณกรดยูริก ไฮโปแซนทีน อะดีนีน และผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยวนับตั้งแต่เก็บเกี่ยววันที่ 0 – 7

วันที่	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม)			
	กรดยูริก	ไฮโปแซนทีน	อะดีนีน	ผลรวม
0	27.20 ± 4.24^{a}	14.42 ± 1.97^{b}	21.16 ± 7.24^{b}	62.79 ± 7.24^{b}
1	28.00 ± 8.04^{a}	17.76 ± 2.28^{a}	29.78 ± 10.74^{a}	75.53 ± 10.74^{a}
2	27.25 ± 4.73^{a}	13.41 ± 2.50^{bc}	21.29 ± 6.05^{b}	61.95 ± 6.05^{b}
3	18.42 ± 2.14^{bc}	12.75 ± 1.61^{b}	23.60 ± 5.20^{bc}	54.78 ± 5.20^{bc}
4	23.45 ± 0.96^{c}	9.99 ± 0.55^{d}	15.58 ± 2.40^{c}	49.02 ± 2.40^{c}
5	25.64 ± 3.20^{b}	13.10 ± 0.95^{b}	23.99 ± 1.83^{b}	62.72 ± 1.83^{b}
6	17.03 ± 3.31^{c}	9.02 ± 0.78^{cd}	18.40 ± 6.01^{c}	44.44 ± 6.01^{c}
7	24.40 ± 2.04^{abc}	14.56 ± 2.24^{b}	24.23 ± 4.97^{b}	63.20 ± 4.97^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ปริมาณกรดยูริก ไฮโปแซนทีน อะดีนีน และผลรวมของปริมาณพิวรีนและกรดยูริกในหน่อไม้หลังผ่านกระบวนการที่แตกต่างกัน (รหัสสิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1)

ตัวอย่าง	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม)			
	กรดยูริก	ไฮโปแซนทีน	อะดีนีน	ผลรวม
C	65.87 ± 21.08^{a}	22.06 ± 4.50^{a}	32.67 ± 3.19^{a}	120.60 ± 28.63^{a}
W10	39.56 ± 20.01^{abc}	10.36 ± 2.56^{d}	10.54 ± 1.14^{h}	60.46 ± 21.75^{bc}
W20	36.05 ± 18.20^{abc}	10.77 ± 1.11^{cd}	12.35 ± 1.54^{gh}	59.18 ± 17.83^{bc}
S10	46.75 ± 30.44^{ab}	13.43 ± 1.16^{abc}	16.62 ± 2.12^{defg}	76.81 ± 30.43^{b}
S20	31.38 ± 15.21^{bc}	11.11 ± 0.80^{cd}	18.58 ± 3.81^{de}	61.07 ± 12.24^{bc}
Ci10	37.08 ± 13.86^{abc}	14.34 ± 0.84^{bc}	23.29 ± 1.86^{bc}	74.72 ± 13.49^{b}
Ci20	37.16 ± 14.53^{abc}	12.45 ± 0.62^{abc}	19.39 ± 1.26^{cd}	69.00 ± 16.13^{bc}
Y10	47.83 ± 15.69^{ab}	15.57 ± 1.10^{b}	20.68 ± 2.30^{cd}	84.08 ± 17.89^{b}
Y20	28.88 ± 4.80^{bc}	12.08 ± 1.97^{abc}	14.89 ± 1.38^{efgh}	55.84 ± 5.80^{bc}
YR10	29.04 ± 12.11^{bc}	14.27 ± 2.92^{bc}	16.93 ± 2.24^{def}	60.24 ± 11.79^{bc}
YR20	40.77 ± 14.76^{abc}	13.72 ± 0.41^{abc}	26.27 ± 2.57^{b}	80.76 ± 16.98^{b}
F	12.01 ± 2.75^{c}	11.47 ± 1.44^{cd}	12.79 ± 3.47^{fgh}	36.27 ± 2.84^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 คะแนนความชอบเฉลี่ยต่อปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของหน่อไม้ต้มก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพและหน่อไม้ต้มหลังปรับปรุงคุณภาพทานร่วมกับน้ำพริกหนุ่ม จากการประเมินแบบคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) จำนวนผู้ทดสอบ 40 คน

ปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบเฉลี่ย		
	ก่อนปรับปรุงคุณภาพ	หลังปรับปรุงคุณภาพ	หลังปรับปรุงคุณภาพทานร่วมกับน้ำพริกหนุ่ม
สี	6.85 ± 1.46^{b}	7.18 ± 1.32^{ab}	7.46 ± 1.10^{a}
กลิ่นเมื่อรับประทาน	6.10 ± 1.57^{b}	7.26 ± 1.57^{a}	7.67 ± 1.53^{a}
รสชาติโดยรวม	6.23 ± 1.83^{b}	7.67 ± 1.42^{a}	7.77 ± 1.53^{a}
ความแข็ง	7.00 ± 1.30^{b}	7.59 ± 1.29^{a}	7.69 ± 1.30^{a}
ความชอบโดยรวม	6.92 ± 1.42^{b}	7.77 ± 1.27^{a}	7.92 ± 1.24^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส การประเมินแบบคะแนนความชอบ 9 ระดับ และการทดสอบความพอดีของผลิตภัณฑ์หน่อไม้รวกพร้อมปรุง

แบบทดสอบ

ผลิตภัณฑ์ : หน่อไม้รวกพร้อมปรุง

วันที่ ..... **ผู้ทดสอบ** ..... **ชุดที่** .....

คำแนะนำ : กรุณาดื่มน้ำเปล่าก่อนทดสอบ จากนั้นอ่านคำชี้แจงก่อนเริ่มตอบคำถาม

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ รหัสตัวอย่าง ..... และให้คะแนนความชอบต่อปัจจัยคุณภาพด้านต่างๆ ตามความรู้สึก

คะแนนความชอบ : 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

ปัจจัยคุณภาพ	คะแนนความชอบ
สี	
กลิ่น เมื่อรับประทาน	
รสชาติโดยรวม	
ความแข็ง	
ความชอบโดยรวม	

และขีดเครื่องหมาย ✓ ให้ตรงกับความรู้สึกที่ท่านมีต่อผลิตภัณฑ์ในเรื่องความพอดีของผลิตภัณฑ์ รหัสตัวอย่าง .....

ปัจจัยคุณภาพ	น้อยไป	พอดี	มากไป
สี			
กลิ่น เมื่อรับประทาน			
รสขม			
รสหวาน			
ความแข็ง			

ข้อเสนอแนะ:.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายธีรภัทร์ ศรีเศรษฐกุล
วัน เดือน ปีเกิด	5 มีนาคม พ.ศ. 2534
ที่อยู่	เลขที่ 94 หมู่บ้านอัญชัน ซ.ศรีนครินทร์ 46 ถ.ศรีนครินทร์ แขวงหนองบอน เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250
ติดต่อ	โทร. 081-642-9077
	อีเมล tee.srisethkul@gmail.com
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2552 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว
	พ.ศ. 2556 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวัสดุขั้นสูงและนาโนเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร (เกียรตินิยมอันดับ 1)
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ. 2554	ผู้ช่วยสอนนักศึกษารายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมเซรามิกส์เบื้องต้น
พ.ศ. 2555	นักศึกษาฝึกงาน ฝ่ายส่งเสริมการผลิต บริษัทสยามอุตสาหกรรมวัสดุทนไฟจำกัด เครือซีเมนต์ไทย (เอสซีจี)
พ.ศ. 2555	งานวิจัยเรื่องการสังเคราะห์และการพิสูจน์เอกลักษณ์วัสดุนาโนประเภททินไดออกไซด์
พ.ศ. 2558 – 2559	ตำแหน่งผู้ช่วยนักวิจัยหน่วยวัสดุเพื่อสิ่งแวดล้อม ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
พ.ศ. 2559	ช่างภาพถ่ายภาพผลิตภัณฑ์ร้าน Wizard Bakery รายวิชาการจัดการธุรกิจการจัดและบริการอาหาร
พ.ศ. 2560 – 2561	ช่างภาพหลักถ่ายภาพอาหารเพื่อการโฆษณา ในรายวิชาการฝึกทักษะการดำเนินงานบริการอาหารอย่างมืออาชีพ ปี พ.ศ. 2560 และ 2561
พ.ศ. 2560 – 2561	ฝึกงานร้าน Hotaru Cafe Kanchanaburi งานบริการ การจัดการหน้าร้านและหลังร้าน พัฒนาเมนู ทำการตลาดและแอดมิน Facebook page
พ.ศ. 2561	ผู้สาธิตเทคนิคการปรุงอาหารสมัยใหม่ การทำไอศกรีมโดยใช้ไนโตรเจนเหลวให้กับนักศึกษาและคณาจารย์จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
พ.ศ. 2561	ผู้ช่วยช่างภาพการถ่ายทำสื่อโฆษณาเมนูอาหารร้าน Farm Factory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ.ศ. 2561	ช่างภาพหลักและฝ่ายสนับสนุนการจัดอบรมโครงการฝึกเชิงปฏิบัติการการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากท้องถิ่น ณ โรงเรียนบ้านโป่งหวาย อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี
พ.ศ. 2561	ช่างภาพหลักในการจัดทำหนังสือคู่มือความสดและการสร้างมูลค่าเพิ่มของสัตว์น้ำและที่ปรึกษาประจำกลุ่มในการจัดอบรม ณ 3 จังหวัดภาคใต้ ภายใต้โครงการยกระดับมาตรฐานชาวประมงของฝั่งอันดามัน 1.0 สู่ชาวประมงอันดามัน 4.0 ประสานงานโดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2562	นำเสนอผลงานวิจัยเรื่อง “Texture and color properties of bamboo shoot products with reduced total purine and uric acid” ในการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9 เรื่อง “นวัตกรรมและการสร้างสรรค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน” หัวข้อผลงานวิจัย
พ.ศ. 2562	จัดอบรมเชิงปฏิบัติการ ถ่ายทอดองค์ความรู้การแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้แผ่นทอดอบกรอบและหน่อไม้ดองซอส อ.หนองปี๊ด จ.ปราจีนบุรี
พ.ศ. 2562	วิทยากรร่วมสอนการเมนูอาหารไทยให้แก่นักศึกษาจาก Huai’an (หวยอัน) Vocational College of Information Technology จากมณฑลเจียงซู ประเทศจีน
พ.ศ. 2562 – 2563	ผู้ประกอบการร้านอาหาร Yellow Hat
พ.ศ. 2563	เจ้าของแบรนด์ Yellow Hat และ Waylarom (เวลารมย์)
พ.ศ. 2563	วิทยากรรับเชิญสอนการถ่ายภาพอาหารเพื่อการโฆษณา ณ วิทยาลัย-ดุสิตธานี พัทยา จ.ชลบุรี
พ.ศ. 2560 – 2563	ช่างภาพถ่ายภาพอาหารและผลิตภัณฑ์ร้าน Hotaru Cafe Kanchanaburi, แบรนด์ Mom Kitchen, Only Fineday, Saycheese by Ama, Waylarom และ Yellow Hat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้