ผลของกระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกันต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแอนโธไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการยอมรับจากผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ชาใบข้าวก่ำ

EFFECT OF DIFFERENT PROCESSING ON PHENOLIC CONTENT, ANTHOCYANIN CONTENT, ANTIOXIDANT CAPACITY AND CONSUMER ACCEPTANCE OF BLACK GLUTINEOUS RICE LEAF TEA

วชิระ จิระรัตนรังษี* ปิยะพร บุตรพรหม

Wachira Jirarattanarangsri*, Piyaphorn Budprom

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Division of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University.

***Corresponding author, E-mail address:** *wachira.j@cmu.ac.th*

บทคัดย่อ

ข้าวก่ำหรือข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทย ปลูกมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ใบของข้าวก่ำมีสีม่วงหรือดำ และอาจพบว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระเช่น คลิโนโลน อัลคาลอยด์ วิตามินอี โพลีฟีนอล และแอนโธไซยานิน ชาใบข้าวมักผลิตจากใบข้าวอ่อนอายุ 15-20 วัน ซึ่งมีจำหน่ายทั่วไป แต่ไม่พบว่ามีผลิตภัณฑ์ชาจากใบข้าวก่ำจำหน่ายในท้องตลาด งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นผลของกระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกันต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาจากใบข้าวก่ำโดยศึกษาถึงความชื้น สี ผลของปริมาณแอนโทไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการยอมรับของผู้บริโภค ผลที่ได้พบว่ากระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณความชื้นของใบชาข้าวก่ำ โดยความชื้นต่ำสุดของใบชาข้าวก่ำพบในกระบวนการคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส 5 นาที (ปริมาณความชื้นร้อยละ2)กระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกันมีผลต่อสีของทั้งใบชาข้าวก่ำและน้ำชาใบข้าวก่ำ กระบวนการแปรรูปโดยการอบ และการคั่ว ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแอนโธไซยานินในใบชาข้าวที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบทั้งสองสภาวะ ที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.34 และ 1.34 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแอนโธยานินที่พบนี้มีปริมาณสูงกว่าปริมาณของแอนโธไซยานินในใบชาข้าวที่ผ่านการคั่วที่ 175 และ 250 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที (ปริมาณแอนโธไซยานินเท่ากับ 0.52 และ 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออุณหภูมิในการแปรรูปเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) ผู้ทดสอบชิมชอบน้ำชาจากใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปโดยการคั่วทั้งสองสภาวะมากกว่าการแปรรูปโดยการอบทั้งสองสภาวะ

คำสำคัญ: ชาใบข้าวก่ำ แอนโธไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การยอมรับจากผู้บริโภค

Abstract

Khao Kham or black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) is a traditional Thai rice, grown mainly in northern and north eastern Thailand. The glutinous rice leaf is coloured purple or black and may contain antioxidants such as quinolone alkaloid, vitamin E, polyphenol and anthocyanin. Rice leaf tea made from 15-20 day old leaves has already been commercially available. However no such product as rice leaf teas made from the purple glutinous rice leaf has been found in the market. This research focused on the effects of different processing on the product development of tea from black glutinous rice leaves, in particular moisture content, colour, anthocyanin content, antioxidant capacities and consumer acceptance. Results showed that the different processes had an effect on the moisture content of black glutinous rice leaves. The lowest moisture content of rice leaf tea has been found in panning at 175 degrees centigrade for 5 min (M.C. = 2%). There was an effect from the different processes on the colour of both the black glutinous rice leaf and the black glutinous rice leaf tea. There was no significant effect from the oven and panning processes on phenolic contents. The anthocyanin content was discovered at a greater quantity in the leaves after they have been dried in an oven at two separate temperatures (50 degrees centigrade and 60 degrees centigrade), each for 24 hours (2.34 mg/L and 1.34 mg/L respectively). This quantity of anthocyanin is higher than the quantities found in the leaves after panning them in two separate processes than the two panning processes at 175 degrees centigrade for 5 minutes and 250 degrees centigrade for 5 minute (the resulting amounts were 0.52 and 0.11 mg/L of anthocyanin content, respectively.) However, antioxidant activities by a DPPH method were found to be significantly decreased while increasing the process temperature ($P < 0.05$). The panelists preferred the back, glutinous rice leaf tea produced by the two panning methods over those produced by the two drying processes.

Keywords: Black Glutinous Rice Leaves Tea, Anthocyanin, Antioxidant Capacity, Consumer Acceptance

บทนำ

ข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) เป็นข้าวพื้นบ้านของไทย มีการเรียกชื่อตามภาษาพื้นเมืองของภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือว่า "ข้าวก่ำ" เป็นการเรียกตามลักษณะสีของเมล็ดที่มีสีแดงเข้ม หรือ "แดงก่ำ" นิยมปลูกมากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากข้าวทั่วไปที่เห็นได้ชัด คือ มีสีม่วงบนส่วนต่างๆของต้น เช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ด [1] ในอดีตมีการปลูกข้าวก่ำเพื่อใช้ในการรักษาโรคต่างๆ ได้แก่ โรคท้องร่วง และโรคผิวหนัง เช่น โรคหิด เป็นต้น [2] จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวก่ำ พบว่า สารประกอบสำคัญที่พบในข้าวเหนียวก่ำ ได้แก่ สารแกมมา-โอไรซานอล (Gamma-oryzanol) และสารแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) โดยแกมมา-โอไรซานอล มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และยังช่วยกระตุ้น ให้ร่างกายเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานต่อโรคต่างๆ หรือบำบัดอาการเรื้อรังของโรคต่างๆ นอกจากนี้ ยังพบว่าแอนโธไซยานิน ซึ่งเป็นสารที่ให้สีม่วงแดงในเมล็ดข้าวก่ำ และในส่วนต่างๆ ของลำต้น มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีความว่องไว รวมทั้งเป็นสารที่สามารถยับยั้ง Reactive oxygen species (ROS) ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระที่มีอะตอมของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบได้ดีกว่าสารฟลาโวนอยด์ชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [3] นอกจากนี้ ยังพบสารประกอบอื่นๆ ในเมล็ดข้าวก่ำ ได้แก่ โปรตีน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม ธาตุเหล็ก และสังกะสีสูงกว่าข้าวขาวทั่วไป [2]

ปัจจุบันมีการค้นพบและมีรายงานทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการดื่มชา ส่งผลให้ผู้บริโภคให้ความสนใจและมีแนวโน้มบริโภคชาเพิ่มขึ้น ชาที่นิยมบริโภคโดยทั่วไปได้จากพืชตระกูล *Camellia sinensis* ในชามีสารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในอวัยวะต่างๆ [4] ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือด ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวาน และช่วยลดความอ้วน [5] เป็นต้น การผลิตชาจากใบชาทำได้โดยการนำใบชาสด หรือใบชาที่ผ่านการหมักแล้วผ่านกระบวนการอบ หรือการคั่ว [6] นอกจากชาโดยทั่วไปที่นิยมนำมาบริโภคเป็นเครื่องดื่มแล้ว ผู้ผลิตได้มีการนำพืชชนิดต่างๆ มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชา เพื่อสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภคได้มากขึ้น เช่น ชาคาโมมายด์ ชามินต์ ชาดอกคำฝอย ชาฝาง ชาขิง และชาที่ทำจากข้าวหรือธัญพืช เช่น ชาเขียวจากต้นข้าวหอม ชาเขียวจากใบอ่อนข้าวบาร์เลย์ ชาเขียวจากต้นอ่อนข้าวสาลี เป็นต้น ซึ่งชาเขียวจากต้นข้าวหอม กำลังได้รับความนิยมในการบริโภค เนื่องจากน้ำชาเขียวจากต้นอ่อนข้าวหอมไม่มีรสฝาดเหมือนชาจีนแต่จะมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ของข้าวหอม สำหรับปริมาณวิตามินและสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย พบว่า ในชาเขียวจากต้นอ่อนข้าวหอมมีวิตามินซี 4.42-6.60 มิลลิกรัม/100 กรัม วิตามินอี 4.18-5.34 มิลลิกรัม/100 กรัม คลอโรฟิลล์ 7.68-8.69 มิลลิกรัม/100 กรัม และเบต้ากลูแคน 4.01-4.16 มิลลิกรัม/100 กรัม [6] ซึ่งวิตามินซีมีคุณสมบัติช่วยสร้างภูมิต้านทานแก่ร่างกาย ช่วยเสริมสร้างผิวหนัง ฟัน และหลอดเลือด วิตามินเอที่จำเป็นต่อการเจริญและพัฒนาของเซลล์ประสาท ป้องกันการแตกสลายของเยื่อหุ้มเซลล์ ทั้งวิตามินซีและอียังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) ซึ่งช่วยลดและป้องกันการเกิดมะเร็งอีกด้วย คลอโรฟิลล์ มีคุณสมบัติช่วยปลดปล่อยธาตุที่มีประโยชน์ต่อขบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกาย ช่วยกระตุ้นการเจริญและซ่อมแซมเนื้อเยื่อ และช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง ส่วนเบต้ากลูแคนมีคุณสมบัติช่วยลดคอเลสเตอรอล ช่วยปรับระดับน้ำตาลในเลือดและลดความดันโลหิต [6] ในการทำชาเขียวข้าวหอมนั้นใช้ใบจากต้นอ่อนข้าวหอมพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หรือปทุมธานี 1 ที่มีอายุ 15-

20 วัน [6] แต่อย่างไรก็ตามไม่พบว่ามีการนำข้าวก่ำ หรือในส่วนของใบที่เหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่าใบข้าวยังมีสีม่วงเข้มอยู่มาก และคงกลิ่นหอมของใบข้าว มาทำการแปรรูปเป็นชา ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาจากใบข้าวก่ำที่มีอายุ 90-110 วัน ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาความชื้น สี สารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแอนโธไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่เปลี่ยนแปลงไปในกระบวนการผลิต และการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ชาจากใบข้าวก่ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาจากใบข้าวก่ำ เพื่อให้มีการสูญเสียปริมาณแอนโธไซยานิน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากกระบวนการแปรรูปน้อยที่สุด และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาและเปรียบเทียบผลของกระบวนการแปรรูปต่อความชื้น สี ปริมาณฟีนอลิก แอนโธไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และการยอมรับของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ชาจากใบข้าวก่ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 การเก็บตัวอย่างใบข้าวก่ำ

ใบข้าวก่ำตำแหน่งถัดจากใบธงลงมา ตัดโดยใช้กรรไกร จากต้นข้าวก่ำพันธุ์ดอยสะเก็ด อายุ 90-110 วัน ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ปลูกที่แปลงข้าว ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แบ่งเก็บในถุงพลาสติกชนิด High Density polyethylene (HDPE) ทึบแสง ปิดถุง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 1 เดือน เพื่อนำมาใช้ทดลองต่อไป

1.2 การเตรียมตัวอย่างใบชาข้าวก่ำ

ใบข้าวก่ำล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา 3 ครั้ง สับให้ละเอียด แปรรูปโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และแปรรูปโดยการคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที โดยใช้ใบข้าวก่ำปริมาณ 1 กิโลกรัมในแต่ละสภาวะในการแปรรูป ตัวอย่างชาใบข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท ที่อุณหภูมิห้อง เก็บไว้ไม่เกิน 1 เดือน

1.3 นำการเตรียมตัวอย่างน้ำชาจากใบชาข้าวก่ำ

ใบชาข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทั้ง 4 สภาวะ อย่างละ 5 กรัม เติมน้ำเดือดปริมาตร 80 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 3 นาที กรองเอาใบชาข้าวก่ำออก แล้วปรับปริมาตรสุดท้ายของน้ำชาใบข้าวก่ำแต่ละชนิดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็น 100 มิลลิลิตร

2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.1 การวิเคราะห์ความชื้น

ตัวอย่างในถุงอลูมินัมฟอยล์ทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โดยใช้วิธีอบในตู้อบไฟฟ้า อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (ULM 400, Memmert, Germany) (AOAC., 2000) [7]

2.2 การวิเคราะห์ค่าสี

วัดค่าสีของใบข้าวก่ำก่อนการแปรรูป, ใบชาข้าวก่ำหลังการแปรรูปด้วยกระบวนการต่างๆ และน้ำชาใบข้าวก่ำแต่ละชนิดด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ KONICA MINOTA รุ่น CR-400 ด้วยระบบ L*, a*, b* ทำการวัดอย่างน้อย 5 ซ้ำ

2.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu ดัดแปลงตามวิธีของ Loypimai et al. [8] วิธีการวิเคราะห์โดยสังเขปดังนี้ ตัวอย่างชาข้าว 1 กรัมละลายในน้ำ 10 กรัม และน้ำชาข้าว ปริมาตร 250 ไมโครลิตร เติมลงในน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.75 โมลาร์ จำนวน 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย

Folin-Ciocalteu ปริมาณ 250 ไมโครลิตรลงในสารละลายที่เตรียมได้แล้วผสมให้เข้ากัน นำไปวางในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนปฏิกิริยาเกิดขึ้นสมบูรณ์ จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงแบบ double-beam (Perkin Elmer Instruments, Lambda 25 UV/VIS Spectrometer, Shelton, USA) เปรียบเทียบผลที่ได้กับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดแกลลิคกับค่าดูดกลืนแสงของสารละลายสกัด เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปของมิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิคต่อกรัมของชาข้าวและน้ำชาข้าว ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

2.4 ปริมาณแอนโธไซยานิน

ตัวอย่างทั้งใบชาจากการแปรรูปทั้ง 4 สภาวะ และน้ำชาที่เตรียมได้จากการแปรรูปชาทั้ง 4 สภาวะ นำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานิน ดัดแปลงตามวิธีของ Tananuwong and Tewaruth (2010) [9] ขั้นตอนโดยสังเขป มีดังนี้ ตัวอย่างชา 1 กรัม แช่ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ pH 1 และสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.5 ปริมาณ 20 มิลลิลิตร และตัวอย่างน้ำชาใบข้าวก่ำเจือจาง 10 เท่าด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ pH 1 และสารละลายโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.5 โดยใช้น้ำชาใบข้าวก่ำ 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 513 และ 700 นาโนเมตร (Adiff) โดยทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้คำนวณหาปริมาณแอนโธไซยานินในรูป ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (cyanidin-3-glucoside) แสดงดังสมการที่ (1)

Monomeric anthocyanin pigment (mg/l) =

$$\frac{A_{diff} \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon} \quad (1)$$

เมื่อ A_{diff} คือ $(A_{513}-A_{700})_{pH1.0} - (A_{513}-A_{700})_{pH4.5}$ MW คือ มวลโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (449.2 กรัมต่อโมล) DF คือ dilution factor และ ∈∈ คือ molar absorptivity ของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (26,900 ลิตรต่อโมล ซม.)

2.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดักจับอนุมูลอิสระ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical ($DPPH^{\cdot}$ Radical Scavenging Activity)

ดัดแปลงจากวิธีของ Mao et al. (2006) [10] โดยมีวิธีการโดยสังเขป ดังนี้ นำเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ โดยใช้เอทานอลร้อยละ 95 เป็นตัวทำละลาย เตรียมสารละลายกรดแกลลิก ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการเจือจาง เท่า และเจือจางน้ำชาใบข้าว 10 เท่า จากนั้นเตรียมหลอดควบคุม โดยผสมสารละลาย DPPH ปริมาตร 2 มิลลิลิตร กับเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เตรียมหลอดทดสอบโดยผสมสารละลาย DPPH ปริมาตร 2 มิลลิลิตร กับสารละลายกรดแกลลิกแต่ละความเข้มข้น หรือน้ำชาใบข้าวแต่ละชนิด ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นตั้งหลอดทดลองไว้ในที่มืด เป็นระยะเวลา 30 นาที ณ อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้คำนวณหาค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งสารอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (%$DPPH^{\cdot}$ inhibition) แสดงดังสมการที่ (2)

$$\% \ DPPH^{\bullet} \ inhibition = \left[\frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}}\right] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ $A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่างของสารละลายสกัดทำโดยใช้น้ำกลั่นจำนวน 0.15 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างของสารละลายสกัด A_{sample} คือ ค่าการดูด

กลืนแสงของสารละลายสกัดเจือจางที่เตรียมไว้ผสมกับสารละลาย DPPH โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และใช้น้ำกลั่นเป็น blank

3. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

น้ำชาใบข้าวก่ำที่ผลิตจากใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปด้วยกระบวนการต่างๆ ทั้ง 4 สภาวะ ทำการทดสอบความชอบโดยผู้ทดสอบ วิธีการเตรียมชาทำได้โดยนำชาปริมาณ 0.5 กรัมที่บรรจุอยู่ในถุงเยื่อกระดาษ เติมน้ำร้อน 85 องศาเซลเซียส ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ 3 นาที แล้วนำออก จากนั้นเสิร์ฟที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส โดยทำการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 25 คน ประเมินค่าทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะที่ใช้ทดสอบ คือ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ใช้การทดสอบความชอบด้วยวิธี Hedonic Scoring Test 9 point

4. วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยแต่ละขั้นตอนการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ (n=3) ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 17.0 for Windows

ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกกระบวนการแปรรูปในการศึกษา

ชาเป็นผลิตภัณฑ์ที่จะต้องผ่านกระบวนการอบแห้ง เพื่อลดความชื้นในใบชาลงต่ำกว่า 7% การอบชานอกจากจะช่วยเพิ่มกลิ่นรส และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของชาแล้ว ยังช่วยให้ใบชาเก็บไว้ได้นานขึ้นอีกด้วย [11] โดยทั่วไปกระบวนการอบแห้งที่นิยมใช้ในการผลิตชา คือ การคั่ว และการอบ จากการศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมจากในการแปรรูปชา จากการศึกษาของสัมพันธ์ ไชยเทพ และสามารถ วาวีขจรเกียรติ [12] ที่ใช้การแปรรูปชาโดยการคั่วด้วยกระทะร้อนที่อุณหภูมิ 200 - 350 องศาเซลเซียส นาน 5-10 นาที การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการคัดเลือกสภาวะที่ 175 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และ 250 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เนื่องจากการคั่วที่อุณหภูมิที่สูง และเวลาที่นานขึ้น มีผลทำให้ใบข้าวไหม้ และมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ และจากการศึกษาของศศิธร แท่นทอง [13] โดยการอบชาด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการคัดเลือกสภาวะที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง สำหรับงานวิจัยนี้ ทั้งนี้กระบวนการที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาที่มีสี กลิ่น และรสชาติของน้ำชาที่แตกต่างกันไป [6]

2. ผลของกระบวนการแปรรูปต่อความชื้นและสีของผลิตภัณฑ์ชา และน้ำชาจากใบชาข้าวก่ำ

2.1 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของชาใบข้าวก่ำจากการแปรรูปด้วยกระบวนการอบ และการคั่ว ทั้ง 4 สภาวะ ดังตารางที่ 1 พบว่า ความชื้นของชาใบข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทั้ง 4 สภาวะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ ร้อยละ 5.54 และใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส นาน 5 นาทีมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 2.01 อาจเนื่องจากอัตราการทำแห้งของอาหาร ขึ้นอยู่กับสภาพธรรมชาติของอาหารเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง และสภาวะแวดล้อมระหว่างการทำแห้ง เช่น ชนิดของเครื่องทำแห้ง (Dryer) อุณหภูมิ เวลา ความชื้นสัมพัทธ์ และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Heat Transfer Coefficient) เป็นต้น และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแปรรูป จะส่งผลให้อัตราการระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น [12] ความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีผลโดยตรงต่อ

การดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำกว่ามีโอกาสที่จะดูดความชื้นกลับได้ง่ายกว่าที่สภาวะการเก็บรักษาเดียวกัน [14] ทั้งนี้ใบชาทั่วไปควรมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 [11]

2.2 ค่าสี

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของใบชาข้าวก่ำหลังการแปรรูปด้วยกระบวนการต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าใบชาข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดย การอบที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีสีค่อนข้างสว่าง มีสีเขียวและสีเหลืองเล็กน้อย การคั่วที่อุณหภูมิ 175 และ 250 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที มีสีคล้ำเล็กน้อย มีสีแดง และสีเหลืองเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่า สีของผลิตภัณฑ์ชาจากใบข้าวก่ำมีความแตกต่างจากสีของใบข้าวก่ำก่อนแปรรูป โดยค่า L*, a* และ b* ของใบข้าวก่ำก่อนแปรรูป คือ 39.85 ± 0.21, 1.21 ± 0.07 และ -0.54 ± 0.13 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ความชื้น และค่าสี ของใบชาข้าวก่ำ และน้ำชาจากใบชาข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูปที่สภาวะต่างๆ

กระบวนการแปรรูป	ใบชาข้าวก่ำ				น้ำชาจากใบชาข้าวก่ำ		
	ความชื้น (%)	ค่าสี			ค่าสี		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
อบ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง	5.54±0.13[d]	50.17±0.79[a]	1.13±0.21[b]	3.87±0.18[a]	35.10±0.01[b]	2.60±0.01[a]	19.95±0.01[a]
อบ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง	5.03±0.21[c]	50.26±0.72[a]	1.29±0.22[b]	4.03±0.53[a]	34.78±0.04[b]	2.49±0.03[a]	20.43±0.02[a]
คั่ว 175 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที	2.60±0.18[b]	48.92±0.36[a]	0.58±0.15[a]	3.84±0.49[a]	32.17±0.02[a]	5.58±0.02[b]	20.17±0.02[a]
คั่ว 250 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที	2.01±0.07[a]	49.21±0.36[a]	0.63±0.14[a]	3.98±0.27[a]	31.72±0.02[a]	5.55±0.01[b]	20.18±0.02[a]

L* คือ ความสว่าง (มีค่าระหว่าง 0-100 โดย 0 แสดงถึงสีดำ, 100 แสดงถึงสีขาว); a* คือ สีแดง-เขียว (-a* แสดงถึงสีเขียว, +a* แสดงถึงสีแดง); b* คือ สีเหลือง-น้ำเงิน (-b* แสดงถึงสีจากน้ำเงิน, +b*แสดงถึงสีเหลือง)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ค่า L* ของใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปทั้ง 4 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าที่ได้อยู่ระหว่าง 49.21-50.26 ในส่วนของค่า a* ของใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปโดยการอบเปรียบเทียบกับการคั่ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม สีที่ได้ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปทั้งสองกระบวนการออกไปทางสีแดงถึงสีแดงคล้ำ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า b* ของใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปทั้ง 4 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลที่ได้อาจเนื่องจาก สีของรงวัตถุในใบข้าวก่ำหลัก คือ แอนโธไซยานิน เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโดยความร้อนสูงจากการคั่ว และการสัมผัสโดยตรงกับภาชนะกับเปลวไฟ โดยทั่วไปแอนโธไซยานินเป็นสารสีที่ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีออกซิเจนอยู่ด้วย อัตราการ

สลายตัวของแอนโธไซยานินจะเร็วขึ้น ความร้อนจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโธไซยานินไปเป็นชาลโคน (Chalcone) หรือแตกไปเป็นโมเลกุลที่เล็กลง ทำให้สีซีดลง และบางกรณีจะพบมีสีน้ำตาลเนื่องจากเกิดสารพอลิเมอร์ ซึ่งระดับการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับชนิดของแอนโธไซยานิน และระดับอุณหภูมิออกซิเจนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของพันธะคู่ที่มีในโมเลกุล ทำให้เกิดสีน้ำตาล [15] อีกทั้ง คลอโรฟิลล์ซึ่งพบได้ในใบพืชชา ไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานจะเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (Pheophytin) ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นได้ [16]

ในส่วนของสีของน้ำชาใบใบชาข้าวก่ำที่ผ่านแปรรูปด้วยกระบวนการต่างๆ (ตารางที่ 1) พบว่า น้ำชาใบข้าวก่ำที่ได้ มีสีค่อนข้างคล้ำ มีสีแดงเล็กน้อย และค่อนข้างเป็นสีเหลือง ค่า b* ของน้ำชาใบข้าวก่ำที่ผลิตจากใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปทั้ง 4 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของค่า L* และ a* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการแปรรูปโดยการอบและการคั่ว ซึ่งค่าสีที่วัดได้จากน้ำชาใบข้าวก่ำค่อนข้างสอดคล้อง และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าสีของใบชาข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูปในแต่ละสภาวะ อาจเนื่องจากรงควัตถุเกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูป เป็นสารที่สามารถละลายน้ำได้ จึงทำให้ รงควัตถุนั้นละลายน้ำออกมาส่งผลให้เกิดสีตามสีของรงควัตถุนั้นๆ [17]

3. ผลของกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแอนโธไซยานิน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ชา และน้ำชาจากใบข้าวก่ำ

3.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกสามารถพบได้ในข้าว โดยเฉพาะข้าวสี ทั้งในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด รำ และส่วนอื่นๆ [18] ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในใบข้าวก่อนนำมาทำการแปรรูป เท่ากับ 92.41±0.86 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิคต่อกรัมตัวอย่าง

จากการทดลองทั้ง 4 สภาวะของกระบวนการผลิตชาจากใบข้าวก่ำ (ตารางที่ 2) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแต่ละกระบวนการแปรรูป และในน้ำชาที่ผลิตจากชาที่ผ่านการแปรรูปในสภาวะต่างๆ ใบชาที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีการคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากสุด คือ 79.45±0.84 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิคต่อกรัมตัวอย่าง เช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของน้ำชาที่ได้จากการแปรรูปโดยวิธีการคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที คือ 66.31±0.91 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิคต่อมิลลิลิตรตัวอย่าง ถึงแม้ว่าการให้ความร้อนโดยการคั่วจะใช้อุณหภูมิที่มากกว่า แต่พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีมากกว่าการอบ อาจเนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการคั่วค่อนข้างสั้น โอกาสในการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกจึงมีน้อยกว่ากระบวนการอบ การใช้ความร้อนที่สูงขึ้นของทั้งการอบและการคั่ว มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง โดยความร้อนอาจทำให้สารประกอบฟีนอลิกเกิดการออกซิเดชันและสลายตัว [19] ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Vega-Gálvez (2009) พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในพริกที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยลดลงมากที่สุดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส [20]

3.2 ปริมาณแอนโธไซยานิน

แอนโธไซยานินพบได้ทั่วในพืชและผลไม้ที่มีสีแดงส้ม ในข้าวบางชนิด โดยเฉพาะข้าวที่มีสีม่วง พบแอนโธไซยานินได้ทั้งในส่วนของเมล็ด เปลือก รำ และยังพบได้ทั่วไปในส่วนของใบข้าวอีกด้วย [21] การวิเคราะห์ปริมาณแอนไซยานินในใบข้าวก่ำดอยสะเก็ด ก่อนนำมาทำการแปรรูป พบว่ามีปริมาณสูงถึง 51.17±0.37 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง จากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณแอนโธไซยา

นินที่หลงเหลืออยู่สูงสุด คือ 11.53±0.54 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง พบได้ในการแปรรูปโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ค่า monomeric anthocyanin pigment ของใบชาข้าวก่ำ และน้ำชาที่ได้จากการแปรรูปทั้ง 4 สภาวะสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ปริมาณแอนโธไซยานินระหว่างการแปรรูปโดยการอบ และการคั่วมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าปริมาณแอนโธไซยานินลดลงเมื่อนำใบชาข้าวก่ำมาทำการผลิตเป็นน้ำชา แอนโธไซยานินที่พบในข้าวก่ำ คือ Cyanidin-3-glucoside ซึ่งเป็นสารสลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน และปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องยังส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและปริมาณของแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นอีกด้วย เช่น ค่าความเป็นกรดด่าง และออกซิเจน เป็นต้น ในการศึกษาในครั้งนี้ อุณหภูมิในการแปรรูปมีผลต่อความคงตัวของแอนโธไซยานิน คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความคงตัวของแอนโทไซยานินจะลดลง และการคั่วที่ใช้ระยะเวลานานขึ้นนั้นจะเพิ่มโอกาสในการการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือการสลายตัวไปของแอนโธไซยานินมากขึ้นอีกด้วย สอดคล้องกับหลายงานวิจัยต่างๆที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิในการแปรรูปต่อความคงตัวของแอนโธไซยานินในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ต่างๆ [17, 22-23] จากการศึกษาของ Mori et al. (2006) โดยการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตไวน์ พบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลโดยตรงในการลดปริมาณของแอนโธไซยานินในไวน์ [24] อย่างไรก็ตาม น้ำชาใบข้าวก่ำยังพบปริมาณแอนโธไซยานินอยู่ เนื่องจากแอนโธไซยานินเป็นสารที่ละลายได้ง่ายในน้ำ จึงทำให้แอนโธไซยานินละลายผสมออกมาอยู่ในน้ำชาในระหว่างขั้นตอนการชงชา [16]

ตารางที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแอนโธไซยานิน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบชาข้าวก่ำ และน้ำชาจากใบชาข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูปที่สภาวะต่างๆ

กระบวนการแปรรูป	ใบชาข้าวก่ำ			น้ำชาจากใบชาข้าวก่ำ		
	Total phenolic content (mg GAE/g)	Monomeric anthocyanin pigment (mg/g)	DPPH (% inhibition)	Total Phenolic content (mg GAE/mL)	Monomeric anthocyanin pigment (mg/L)	DPPH (% inhibition)
อบ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง	78.46±0.78^{a}	11.53±0.54^{b}	75.24±0.26^{b}	65.15±0.25^{a}	2.34±0.60^{b}	69.07±0.52^{c}
อบ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง	74.62±0.43^{a}	10.71±0.21^{b}	74.69±0.45^{b}	64.91±0.34^{a}	2.04±0.16^{b}	67.87±0.65^{c}
คั่ว 175 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที	79.45±0.84^{a}	3.25±0.45^{a}	84.11±0.53^{a}	66.31±0.91^{a}	0.20±0.09^{a}	78.18±0.81^{b}
คั่ว 250 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที	76.23±0.65^{a}	2.98±0.38^{a}	83.54±0.69^{a}	65.84±0.26^{a}	0.11±0.03^{a}	81.79±0.76^{a}

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

3.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดักจับอนุมูลอิสระ DPPH

การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดักจับอนุมูลอิสระ DPPH เป็นวิธีการวิเคราะห์การวัดความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอม ซึ่งสารละลายของ DPPH ที่มีสีม่วงในเอทานอล เมื่อได้รับ ไฮโดรเจนอะตอม จะเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเหลือง [25] พบว่าร้อยละความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในใบข้าวก่ำ เท่ากับ 85.70±0.17 และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบชาข้าวก่ำ และน้ำชาจากใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปด้วยสภาวะต่างๆ ดังแสดงใน ตารางที่ 3 พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของใบชาข้าวก่ำ มีความแตกต่างกันระหว่างกระบวนการอบ และการคั่ว โดยพบว่าใบชาข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการคั่วที่ 175 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ ร้อยละ 84.11±0.53 ในส่วนของชาใบข้าวก่ำที่ผลิตจากใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่ามีความแตกต่างของค่าการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาที่ผลิตได้จากการการอบทั้งสองสภาวะ น้ำชาใบข้าวก่ำจากการแปรรูปโดยการคั่วที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด คือ ร้อยละ 81.79±0.76 ผลที่ได้แปรผกผันกับปริมาณแอนโธไซยานินที่ตรวจพบ อาจเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปไม่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ที่นอกเหนือจากแอนโธไซยานิน ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในข้าวที่มีสีม่วงดำ ได้แก่ คลิโนโลน อัลคาลอยด์ วิตามินอี ไฟเตต และสารประกอบฟีนอลิก อยู่สูง และสารเหล่านี้มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดี [26]

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาจากชาใบข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปโดยการสภาวะต่างๆ แสดงในตารางที่ 3 พบว่า ผู้บริโภคชื่นชอบสีของน้ำชาที่ใช้ใบชาข้าวที่ผ่านกระบวนการคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างจากน้ำชาที่ใช้ใบชาข้าวที่ผ่านกระบวนการคั่วที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที อาจเนื่องมาจากเกณฑ์ในการตัดสินใจต่อความชอบทางด้านสีของผู้บริโภค มาจากสีของน้ำชาใบข้าวที่มีสีเข้มกว่าสีของน้ำชาจากใบข้าวที่ผ่านการอบ (ตารางที่ 1) [27]

ตารางที่ 3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบของสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของน้ำชาจากใบชาข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูปที่สภาวะต่างๆ

กระบวนการแปรรูป	การทดสอบทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม
อบ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง	5.56±1.47^{bc}	5.56±1.47^{bc}	5.56±1.47^{bc}	5.56±1.47^{bc}
อบ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง	5.28±1.49^{c}	4.48±1.66^{b}	4.44±1.42^{b}	4.44±1.26^{b}
คั่ว 175 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที	6.32±1.31^{a}	6.24±1.61^{a}	6.24±1.54^{a}	6.36±1.22^{a}
คั่ว 250 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที	6.12±4.12^{ab}	5.64±1.25^{a}	6.24±1.45^{a}	6.24±1.45^{a}

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

ในส่วนของ กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้ความเห็นไปในทิศทางเดียวกันกับความชอบทางด้านสี กล่าวคือ ผู้บริโภคชื่นชอบน้ำชาที่ได้จากใบชาข้าวก่ำแปรรูปโดยการคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีมากที่สุด รองลงมาคือ ชาที่ได้จากใบชาข้าวก่ำผ่านกระบวนการคั่วที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที น้ำชาที่ได้จากใบชาข้าวก่ำผ่านกระบวนการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และน้ำชาที่ใช้ใบชาข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามลำดับ แสดงว่าปัจจัยที่มีผลต่อความชอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของน้ำชา ขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการแปรรูปชาใบข้าวก่ำ ดังนั้น น้ำชาจากใบชาข้าวก่ำที่ผลิตโดยการคั่วทั้งสองสภาวะ จึงได้รับการยอมรับมากกว่าการอบ โดยที่อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแปรรูปไม่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยทั่วไปการคั่วอาจทำให้กลิ่นชาสดหรือกลิ่นเหม็นเขียวหายไปจนเกิดกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นชา ซึ่งกลิ่นเหม็นเขียวเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ชา กระบวนการคั่วทำให้กลิ่นเหม็นเขียวของใบข้าวหายไป [12] นอกจากนี้ โดยทั่วไปในการะบวนการแปรรูปชา กลิ่นรสที่ได้ของชาเกิดจากสารประกอบต่างๆ เช่น t-2-Hexenal, cis-3-Hexenal, Linalool, Linalool oxide, Phenylacetaldehyde, Pyranoid-cis และ cis-Jasmone + β-ionone [28] ซึ่งอาจจะพบสารกลุ่มนี้ในส่วนของน้ำชาจากใบชาข้าวได้ด้วย

สรุปและอภิปรายผล

จากการแปรรูปใบชาข้าวก่ำ โดยการอบที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และการคั่วที่ อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส และ 250 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที พบว่า ใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการแปรรูปโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือร้อยละ 5.54 แต่ไม่เกินปริมาณความชื้นที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชา และพบว่าใบชาที่ผ่านการอบทั้งสองสภาวะ มีสีแดงมากกว่าใบชาที่ผ่านการคั่ว แต่ในส่วนของความสว่างและสีเหลืองของผลิตภัณฑ์หลังการแปรรูปไม่มีความแตกต่างกัน น้ำชาที่ได้จากใบชาข้าวก่ำที่ผ่านคั่วทั้งสองสภาวะมีสีออกแดง และมีสีแดงคล้ำกว่าน้ำชาที่ได้จากใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการอบ สำหรับความสว่างและสีเหลืองของน้ำชามีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบจากกระบวนการคั่วและการอบใบชาข้าวก่ำ

ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแต่ละกระบวนการแปรรูป โดยพบว่า ใบชาและน้ำชาที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีการคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด ใบชาข้าวก่ำที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณแอนโธไซยานินหลงเหลือมากที่สุด คือ 11.53±0.54 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง และพบว่าปริมาณแอนโธไซยานินลดลงเมื่อนำใบชาข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมาทำเป็นน้ำชา นอกจากนี้ใบชาข้าวก่ำที่ผ่านกระบวนการคั่วที่ 175 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ ร้อยละ 84.11±0.53 ซึ่งค่าการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาจากใบชาข้าวก่ำจากทุกสภาวะการแปรรูป ให้ผลไปในทิศทางเดียวกับค่าต้านการอนุมูลอิสระจากใบชาข้าวก่ำ และยัง พบว่าผู้บริโภคชื่นชอบน้ำชาที่ได้จากใบชาข้าวก่ำแปรรูปโดยการคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีมากที่สุด การศึกษาเพิ่มเติมควรวิเคราะห์ผลของอายุของใบข้าวก่ำที่ต่างกัน ต่อศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อให้ได้ชาจากใบข้าวก่ำที่ดีที่สุดต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] ดำเนิน กาละดี; และ ศันสนีย์ จำจด. (2543). *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องพันธุศาสตร์การปรับปรุงพันธุ์ และโภชนศาสตร์เกษตรของข้าวเหนียวดำ*. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[2] จรัญจิต เพ็งรัตน์; และ สุวัฒน์ เจียระคงมั่น. (2552). *“ข้าวเหนียวดำ” หลากประโยชน์ หลายแนวคิด เสริมเศรษฐกิจไทย สู่สากล*. ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ.

[3] ธวัชชัย แถวถาทา. (2547). *ผลของแกมมา-โอไรซานอลในรำข้าวเหนียวดำต่อการตอบสนองของภูมิคุ้มกันในหนูเม้าส์เพศผู้*. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (เกษตรศาสตร์). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] Yuan, Y. V. and Walsh, N. A. (2006). Antioxidant and antiproliferative activities of extracts from a variety of edible seaweeds. *Food and Chemical Toxicology*. 44: 1144-1150.

[5] Deka, A. and Vita, J. A. (2011). Tea and cardiovascular disease. *Pharmacological Research*. 64: 136-145.

[6] กฤษณา สุดทะสาร. (2551). *การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากต้นอ่อนข้าวหอม*. กรุงเทพฯ: กรมการข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว.

[7] AOAC. (2000). *Official methods analysis of Analysis of AOAC International (17th ed.)* USA, Arlington,VA: Association of Official Analytical Chemists International.

[8] Loypimai, P., Moongngarm, A., and Chottanom, P. (2009). Effects of ohmic heating on lipase activity, bioactive compounds and antioxidant activity of rice bran. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 3(4): 3642-3652.

[9] Tananuwong, K., and Tewaruth, W. (2010). Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. *LWT-Food Science and. Technology*. 43: 476-481.

[10] Mao, L. H., Pan, X., Que, F. and Fang, X. H. (2006). Antioxidant properties of water and ethanol extracts from hot air-dried and freezed-dried daylily flowers. *Journal of European Food Research and Technology*. 222: 236-241.

[11] สถาบันชามหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. (2526). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชาใบ (ชาจีน)*. เชียงราย: มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

[12] สัมพันธ์ ไชยเทพ; และ สามารถ วาวีขจรเกียรติ. (2543). การออกแบบและทดสอบเครื่องคั่วใบชาแบบต่อเนื่อง. ใน *เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38*. หน้า 222-229. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[13] ศศิธร แท่นทอง. (2551). *รายงานวิจัย เรื่อง ชาข้าวงอก*. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

[14] Jamali, A., Kouhila, M., Mohamed, L. A., Idlimam, A., and Lamharrar, A. (2006). Moisture adsorption–desorption isotherms of Citrus reticulata leaves at three temperatures. *Journal of food engineering*. 77(1): 71-78.

[15] Stintzing C. F., Stintzing A. S., Carle R., Frei B. and Wrolstad R. E. (2002). Colour and antioxidant properties of cyanidin-based anthocyanin pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 6172–6181.

[16] Joslyn, M. A. and Mackinney, G. (1938). The Rate of Conversion of Chlorophyll to Pheophytin. *Journal of American Chemical Society.* 60 (5): 1132–1136.

[17] Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C., and Tiwari, B. K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science and Technology.* 21(1): 3-11.

[18] Goffman, F. D., and Bergman, C. J. (2004). Rice kernel phenolic content and its relationship with antiradical efficiency. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 84(10): 1235-1240.

[19] Del Caro, A., Piga, A., Pinna, I., Fenu, P. M., & Agabbio, M. (2004). Effect of drying conditions and storage period on polyphenolic content, antioxidant capacity, and ascorbic acid of prunes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(15): 4780-4784.

[20] Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., and Di Scala, K. (2012). Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. *Food Chemistry*. 132(1): 51-59.

[21] Nakornriab, M. and Srihanam, P. (2010). Study on total phenolic contents and their antioxidant activities of Thai white, red and black rice bran extracts. Pak. *Journal of Biological Sciences*. 13(4): 170-174.

[22] Seeram, N. P., Bourquin, L. D., and Nair, M. G. (2001). Degradation products of cyanidin glycosides from tart cherries and their bioactivities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(10): 4924-4929.

[23] Hou, Z., Qin, P., Zhang, Y., Cui, S., and Ren, G. (2013). Identification of anthocyanins isolated from black rice (Oryza sativa L.) and their degradation kinetics. *Food research international.* 50(2): 691-697.

[24] Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., & Hashizume, K. (2007). Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *Journal of Experimental Botany*. 58(8): 1935-1945.

[25] Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.* 181: 1199-1200.

[26] สุกัญญา มหาธีรานนท์ (วงศ์พรชัย). (2548). *การวิเคราะห์สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในข้าวสีพันธุ์ไทย รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.* เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[27] ไพโรจน์ พงศ์ศุภสมิทธิ์. (2532). *เทคโนโลยีการผลิตชา.* เชียงใหม่: ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ.

[28] Dutta, R., Hines, E. L., Gardner, J. W., Kashwan, K. R., & Bhuyan, M. (2003). Tea quality prediction using a tin oxide-based electronic nose: an artificial intelligence approach. *Sensors and actuators B: Chemical.* 94(2): 228-237.