



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน

Process Development of Green Tea with Roasted Brown Rice for Household Production

นามผู้วิจัย นางสาวกรรณ วิทยาภรณ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์วิชัย หฤทัยธนาสันต์, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์หทัยรัตน์ ริมศิริ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่

เดือน

พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนากระบวนการผลิตชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน

Process Development of Green Tea with Roasted Brown Rice
for Household Production

โดย

นางวราภรณ์ วิทยาภรณ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วราภรณ์ วิทยากรณ์ 2555: การพัฒนากระบวนการผลิตชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, Ph.D. 270 หน้า

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วโดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศไทย และใช้เครื่องมือการผลิตในระดับครัวเรือน ผลการสำรวจตลาดพบว่าชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาดเป็นชานำเข้าจากต่างประเทศ ประกอบด้วยชาใบ 3 ครายี่ห่อและชาผงบรรจุซอง 4 ครายี่ห่อ ผลการทดสอบการยอมรับที่มีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วเชิงพาณิชย์ทั้ง 7 ตัวอย่าง พบว่าผู้บริโภคชอบน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วชนิดชาผงบรรจุซองมากกว่าชาใบ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วเชิงพาณิชย์ พบว่าผู้ทดสอบจำแนกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ 18 คุณลักษณะ และผลจากผังความชอบ (Preference mapping) สามารถแบ่งกลุ่มคุณลักษณะได้เป็น 2 องค์ประกอบหลัก โดยองค์ประกอบแรกประกอบด้วยกลิ่นและกลิ่นรสของชาสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 66.80% และองค์ประกอบที่ 2 ประกอบด้วยรสขมและกลิ่นรสชาตคั่วสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 17.10% ผลการประเมินคุณภาพจากเครื่อง electronic nose ของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วเชิงพาณิชย์ พบว่าค่า response sensitivities ของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วชนิดชาผงบรรจุซองมีค่าสูงกว่าน้ำชาจากชาใบ และข้อมูลที่ได้จากเครื่อง electronic nose มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นรส Seaweed กลิ่นรสน้ำตาล กลิ่น Green กลิ่นรส Green กลิ่นรสแห้ง และกลิ่น Seaweed การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วประกอบด้วยการศึกษากระบวนการผลิตชาเขียวและข้าวกล้องคั่ว กระบวนการผลิตชาเขียว เริ่มจากคัดใบชาสด 3 ใบแรก (200 กรัม) นึ่งใบชา 1 นาที ลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 (80°C เวลา 20 นาที) นวดด้วยเครื่องนวด 10 นาที ลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 (80°C เวลา 10 นาที) อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งชนิดชั้น (80°C เวลา 30 นาที) บดชา ร่อนด้วยตะแกรง 30 mesh กระบวนการผลิตข้าวกล้องคั่วหอมมะลิคั่ว เริ่มจากต้มข้าวกล้องคั่วหอมมะลิ (500 กรัม) ในน้ำเดือด 12 นาที อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งชนิดชั้น (70°C เวลา 100 นาที) คั่วข้าวด้วยเครื่องคั่ว (200°C เวลา 5 นาที) ผลจากการพัฒนาสูตร พบว่า สูตรของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วหอมมะลิคั่วที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนชาเขียว:ข้าวกล้องคั่วหอมมะลิคั่ว เท่ากับ 1.0:1.1 คุณภาพของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วหอมมะลิคั่ว มีความชื้น 2.33% ปริมาณเถ้าทั้งหมด 3.08 กรัม/100 กรัม ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ 46.58% ของปริมาณเถ้าทั้งหมด สารสกัดในน้ำร้อน 31.16 กรัม/100 กรัม caffeine 17.44 มิลลิกรัม/กรัม catechin ชนิด EGCG 46.43 มิลลิกรัม/กรัม total polyphenols 6.23% ค่าสี (L*,a*,b*) และ transmittance ของน้ำชามีค่า 89.93 -2.45 21.55 และ 74.22% ตามลำดับ น้ำชาที่มีสีเหลืองอมเขียวค่อนข้างใส ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 200 คน พบว่าผู้บริโภคชอบชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วหอมมะลิคั่วในระดับชอบปานกลาง ผลการทดสอบ McNemar test พบว่าการทราบข้อมูลประโยชน์ของ EGCG ในชาเขียวทำให้ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Varaporn Vittayaporn 2012: Process Development of Green Tea with Roasted Brown Rice for Household Production. Doctor of Philosophy (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Penkwan Chompreeda, Ph.D. 270 pages.

The aim of this research was to develop green tea combined with roasted brown rice by using raw materials in Thailand and instruments for household production. Imported commercial green tea with roasted rice samples from market survey consisted of 3 brands of dried leaf tea and 4 brands of tea bags. Results from acceptability test of 7 samples of commercial green tea with roasted rice, consumer preferred tea bags than dried leaf tea. For sensory descriptive analysis, panel identified 18 sensory attributes. Results from preference mapping identified attributes into 2 PCs which PC1 was aroma and flavor of green tea that could describe 66.80% of the variation and PC2 was taste and aftertaste of tea that explained 17.10% of the variation. Results from electronic nose analysis of commercial green tea with roasted rice found response sensitivities of tea bags were higher than dried leaf tea. There were high correlations between electronic nose data and sensory descriptive data including seaweed flavor, tea flavor, green aroma, green flavor, dry flavor and seaweed aroma. Development of green tea with roasted brown rice was composed of studying on processes of green tea and roasted rice. Optimum process of green tea including selecting fresh tea leaves only 3 young leaves (200 g), steaming 1 min, first moisture removing with roaster at 80°C (20 min), rolling 10 min, second moisture removing with roaster at 80°C (10 min) and tray drying at 80°C (30 min), grinding and screening for 30 mesh. Optimum process of Hom-mali brown rice was composed of cooking brown rice (500 g) for 12 min, tray drying at 70°C for 100 min and roasting at 200°C for 5 min. From product formulation, optimum ratio of green tea : roasted Hom-mali brown rice = 1.0:1.1. The qualities of green tea with roasted Hom-mali brown rice were 2.33% moisture content, Total ash 3.08 g/100g, water soluble ash 46.58% (of total ash), hot water extract 31.16 g/100g, caffeine 17.44 mg/g, EGCG 46.43 mg/g, 6.23% total polyphenols. Color with L*,a*,b* values and transmittance of brewed tea were 89.93,-2.45, 21.55 and 74.22%, and it had almost clear greenish yellow color. For acceptability test by using 200 consumers, they liked product moderately. After providing benefit of EGCG of product, McNemar test showed that significantly ($p \leq 0.05$) increased product acceptance.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา ประธานกรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ รศ. ดร. วิชัย หฤทัยธนาสันต์ รศ. ดร. หทัยรัตน์ ริมศิริ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในระหว่างดำเนินการวิจัย ตลอดจนตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับ
นี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณรศ. ดร. สุนทรี สุวรรณสิขณันต์ ประธานการสอบ
วิทยานิพนธ์ และ ดร. กนกกานต์ วีระกุล ผู้ทรงคุณวุฒิในการสอบ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ขอขอบพระคุณ
สถาบันคั่นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรที่อนุเคราะห์เครื่องมือและ
อุปกรณ์งานวิจัย ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน และขอขอบพระคุณหัวหน้าโครงการฯ สถาบันเกษตรหลวงอ่างขาง
จ.เชียงใหม่ ที่ได้อนุเคราะห์และจัดส่งใบชาสดให้ตลอดงานวิจัย

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการศึกษา และงานวิจัย
ด้วยทุนพัฒนาบุคลากรของมหาวิทยาลัย

ขอขอบพระคุณคุณแม่ บุตรชาย เพื่อน รร.บดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) เจ้าหน้าที่ และ
น้องๆ ที่หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปข้าวที่ให้การสนับสนุน รวมทั้งผู้มีพระคุณที่ไม่ได้เอ่ย
ถึงไว้ ณ ที่นี้ทุกท่าน สำหรับการช่วยเหลือ กำลังใจ และทุนทรัพย์ที่ทุกท่านมีให้แก่ข้าพเจ้าโดย
ตลอด สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอมอบส่วนดีของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้แก่อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน
หากวิทยานิพนธ์เล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้เพียงผู้เดียว

วราภรณ์ วิทยาภรณ์

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	40
อุปกรณ์	40
วิธีการ	43
ผลและวิจารณ์	80
สรุปและข้อเสนอแนะ	221
สรุป	221
ข้อเสนอแนะ	225
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	226
ภาคผนวก	236
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี	237
ภาคผนวก ข แบบสอบถามการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค ต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อน	245
ภาคผนวก ค แบบสอบถามการทดสอบเชิงพรรณนา	254
ภาคผนวก ง แบบสอบถามการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อแนวคิด ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว	257
ภาคผนวก จ แบบทดสอบความชอบและความพอใจ	260
ภาคผนวก ฉ แบบทดสอบการยอมรับของชาเขียวผสมข้าวคั่วกลิ่นหอมมะลิคั่ว	263
ภาคผนวก ช ใบรายงานการทดสอบความชอบระหว่างการเก็บรักษา	268
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	270

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สารแทนนินในส่วนต่างๆ ของใบชา	8
2	สารคาเทชินในยอดชา	11
3	สารประกอบที่ให้กลิ่นในชาเขียว	15
4	พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตของไร่ชาในประเทศไทย (พ.ศ. 2541 – 2546)	16
5	ข้อมูลสถิติการผลิตชาของไทย	17
6	ความเข้มข้นของสาร ACPY ที่พบในข้าวหุงสุกสายพันธุ์ต่างๆ	24
7	ความหมายของค่า Mean drop	33
8	ความหมายของค่า Total Penalty	34
9	การจำแนกกลุ่มของผู้บริโภคเพื่อวิเคราะห์โอกาส	34
10	ตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องเชิงพาณิชย์ที่ใช้ในการทดสอบ	45
11	ประเภทของหั่ววัดและความเป็นไปได้ในการตรวจสอบกลิ่นหรือองค์ประกอบทางเคมีของหั่ววัดต่างๆ	50
12	การปรับปรุงสูตรน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องด้วยการเพิ่มสัดส่วนของข้าวกล้อง กล้อง	72
13	แผนการสุ่มตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์	76
14	กำหนดการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน	79
15	ผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดขงร้อนที่มีแหล่งผลิตในประเทศไทย (สำรวจในช่วงพ.ศ. 2551 – 2554)	82
16	ผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดขงร้อนที่นำเข้าจากต่างประเทศ (สำรวจในช่วงพ.ศ. 2551 – 2554)	83
17	ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องที่วางจำหน่ายในเขตกรุงเทพมหานคร (สำรวจ ในช่วงพ.ศ. 2551 – 2554)	85
18	ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค	87
19	ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติในการบริโภคผลิตภัณฑ์ชาเขียวร้อน	89
20	ปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดขง ร้อน	92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	ลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ผู้บริโภคต้องการ	93
22	คะแนนความชอบเฉลี่ยของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	96
23	คำศัพท์และนิยามของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อน	99
24	ค่าเฉลี่ยความเข้มของคุณลักษณะต่างๆ ของน้ำชาที่ชงจากชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	101
25	น้ำหนักของปัจจัย (Factor loadings) ^a ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	105
26	ความสัมพันธ์ (correlations) ระหว่างผลการทดสอบความชอบกับผลการทดสอบเชิงพรรณนาของชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	108
27	คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาที่ชงจากชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	110
28	ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากการทดสอบเชิงพรรณนาและเครื่อง electronic nose	113
29	ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว	115
30	ลักษณะของใบชาที่ได้จากการนึ่งในลังถึงด้วยปริมาณใบชาต่างกัน	124
31	ความเข้มของสีน้ำตาลแดงที่เกิดจากการตรวจสอบปริมาณแอนโธไซยม PPO	125
32	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิต่างกัน	126
33	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดโดยใช้ปริมาณใบชาต่างกัน	128
34	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดเป็นเวลาต่างกัน	129
35	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิต่างกัน	130
36	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการอบแห้งด้วย Tray drier ที่อุณหภูมิต่างกัน	133
37	ค่าเฉลี่ยของ Total Polyphenols สารคาเฟอีน (Caffeine) และ EGCG ของชาเขียวที่ผ่านการนวดระยะเวลาต่างกัน	135
38	คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะเชิงพรรณนาของน้ำชาเขียวที่ใช้เวลาการนวดชาต่างกันเปรียบเทียบกับตัวอย่างชาเขียวต้นแบบ	137
39	ข้อกำหนดรายละเอียดกระบวนการผลิตชาเขียว	139

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
40	คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียว141
41	คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาเขียว141
42	ลักษณะของเมล็ดข้าวกล้อง 3 พันธุ์ที่ผ่านการให้ความร้อน และวัดความสุกของข้าวด้วยการบีบเมล็ดข้าวบนกระจกนาฬิกา145
43	ลักษณะของข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีปริมาณความชื้นต่างกัน146
44	ลักษณะของข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่วที่มีปริมาณความชื้นต่างกัน146
45	ลักษณะของข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่วที่มีปริมาณความชื้นต่างกัน147
46	ลักษณะของข้าวกล้องที่ผ่านการอบแห้งด้วย Tray drier ที่อุณหภูมิต่างกัน148
47	การเตรียมเมล็ดข้าวให้มีความชื้นที่เหมาะสมก่อนนำไปคั่ว154
48	ค่าเฉลี่ยของ response sensitivities ของกลิ่นข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีค่า water activity และเวลาการคั่วที่ต่างกัน โดยวัดจากเครื่อง electronic nose157
49	ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio) ของข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว158
50	ค่าเฉลี่ยของ response sensitivities ของกลิ่นข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่วที่มีค่า water activity และเวลาการคั่วที่ต่างกัน โดยวัดจากเครื่อง electronic nose160
51	ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio) ของข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่ว161
52	ค่าเฉลี่ยของ response sensitivities ของกลิ่นข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่วที่มีค่า water activity และเวลาการคั่วที่ต่างกัน โดยวัดจากเครื่อง electronic nose163
53	ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio) ของข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่ว164
54	ข้อกำหนดรายละเอียดกระบวนการผลิตข้าวกล้องคั่ว166
55	คะแนนความชอบเฉลี่ยของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 3 สายพันธุ์ที่มีอัตราส่วนชาเขียวต่อข้าวแตกต่างกัน169
56	สเกลความพอดี (%) ของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 4 สูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด170

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
57	ผลการวิเคราะห์ Binomial test ของคุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวคั่วของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว และชาเขียวผสมข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่ว ที่อัตราส่วนชาเขียว : ข้าวคั่วเท่ากับ 1.0:1.0	172
58	คะแนนความชอบเฉลี่ยของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วที่ทำการปรับปรุง	175
59	ผลการวิเคราะห์ Binomial test ของคุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวคั่วของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว และชาเขียวผสมข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่ว ที่มีคะแนนความชอบสูงสุดหลังจากเพิ่มกลิ่นข้าวคั่ว	177
60	ความถี่ (n) ของกลุ่มผู้ทดสอบที่มีต่อความชอบผลิตภัณฑ์และความชอบคุณลักษณะกลิ่นข้าวคั่วของตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 3 สูตรที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด	179
61	การวิเคราะห์ความเสี่ยง (%) และ โอกาส (%) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 3 สูตร	180
62	ราคาข้าวกล้องของข้าวหอมมะลิและข้าวญี่ปุ่นก.ว.ก.1	181
63	คุณภาพของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว	183
64	คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว	183
65	ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคในการทดสอบการยอมรับชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว	184
66	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว	186
67	ความสัมพันธ์ระหว่างเพศและอายุของผู้ทดสอบกับปัจจัยด้านความชอบคุณลักษณะต่างๆของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว	187
68	ความแตกต่างระหว่างเพศของผู้ทดสอบกับปัจจัยด้านความชอบของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว	188
69	ความแตกต่างระหว่างอายุของผู้ทดสอบกับปัจจัยด้านความชอบของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว	189

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
70	ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วก่อนและหลัง รับทราบข้อมูลประโยชน์ของ EGCG ในชาเขียว	190
71	คะแนนความชอบเฉลี่ยของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีอุณหภูมิ ในการเก็บรักษา 5°C และ 22°C ระยะเวลา 24 สัปดาห์	201
72	รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ (Product description) และวัตถุประสงค์ในการใช้ (Intended Use) ของชาเขียว	203
73	รายละเอียดขั้นตอนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน	205
74	การกำหนดอันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตชาเขียวใน ระดับครัวเรือน	206
75	รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ (Product description) และวัตถุประสงค์ในการใช้ (Intended Use) ของข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว	211
76	รายละเอียดขั้นตอนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิคั่วในระดับครัวเรือน	213
77	การกำหนดอันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตข้าวกล้อง หอมมะลิคั่วในระดับครัวเรือน	214
78	ความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมที่มีต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ จากใบชา	221

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างพื้นฐานของสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids)	9
2	โครงสร้างทางเคมีของสารคาเทชินในชา	10
3	โครงสร้างของฟลาโวนอลในชา	12
4	แบบจำลองระบบการรับกลิ่นของมนุษย์กับระบบการตรวจสอบกลิ่นของเครื่อง electronic nose	35
5	การศึกษาเวลาในการยับยั้งเอนไซม์โดยการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน	53
6	การศึกษาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 1	54
7	การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการนวดใบชาด้วยเครื่องนวด	56
8	การศึกษาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 2	57
9	การศึกษาเวลาในการอบแห้งใบชาด้วยเครื่อง Tray drier	59
10	กระบวนการผลิตชาเขียวที่พัฒนาได้	62
11	การศึกษาเวลาในการให้ความร้อนของข้าวกล้องหอมมะลิ	65
12	การศึกษาเวลาในการให้ความร้อนของข้าวกล้องเหนียวกข.6 และข้าวกล้อง ญี่ปุ่นก.ว.ก.1	66
13	การศึกษาเวลาในการอบแห้งของข้าวกล้อง 3 พันธุ์	67
14	การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการคั่วข้าว	68
15	กระบวนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่พัฒนาได้	73
16	Principal Component Analysis (PCA) loadings ของคุณลักษณะทางประสาท สัมผัสของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	103
17	ผังความชอบของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนากับความชอบรวม ของผู้บริโภคที่มีต่อ น้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	106
18	กราฟใยแมงมุม (Spider-web) แสดงค่า response sensitivities ของน้ำชาที่ได้ จากชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาดโดยเครื่อง electronic nose	111
19	การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) จากเครื่อง electronic nose ของน้ำชาจาก ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	112
20	ใบชาอ่อน 3 ใบแรก	116

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
21	ลึงถึง
22	เครื่องแก้วที่ใช้ในงานวิจัย (a) เครื่องแก้ว (b) ตะแกรงแก้วทรงกระบอก (c) ขดลวดให้ความร้อน (d) เหล็กกั้นสำหรับพลิกวัตถุภายในตะแกรงแก้ว
23	การนวดชาด้วยมือ
24	เครื่องนวดชา (a) เครื่องนวดชาพร้อมแบตเตอรี่ (b) หัวกดสำหรับนวดชา (c) พื้นผิวของเครื่องนวดชาซึ่งมีลักษณะเป็นเนิน และทรงกระบอกสำหรับใส่ใบชา
25	ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
26	เครื่องอบแห้ง Tray drier
27	การใส่ใบชาสดในลึงถึงก่อนนำไปนึ่ง
28	น้ำหนักของชา (% ของน้ำหนักใบชาเริ่มต้น) ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 5 10 15 20 25 และ 30 นาที
29	ลักษณะของใบชาหลังผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 1
30	น้ำหนักของชา (% ของน้ำหนักใบชาเริ่มต้น) ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 5 10 15 และ 20 นาที
31	ลักษณะของใบชาหลังผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 2
32	การเรียงใบชาในถาดสำหรับอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง Tray drier
33	กราฟการอบแห้งใบชาด้วยเครื่อง Tray drier ที่อุณหภูมิ 80°C
34	กระบวนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือนที่พัฒนาได้
35	ผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่พัฒนาได้ (a) ชาเขียวผง (b) น้ำชาเขียว
36	การให้ความร้อนข้าวกล้องโดยใส่ข้าวในถุงผ้าแล้วต้มในน้ำเดือด
37	การจัดเรียงเมล็ดข้าวบนถาดเพื่ออบแห้งด้วย Tray drier
38	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น (%) และค่า water activity ของข้าวกล้องหอมมะลิที่ผ่านการให้ความร้อน 12 นาทีกับเวลาการอบแห้ง (นาที)
39	กราฟ Sorption Isotherm ของข้าวกล้องหอมมะลิที่ผ่านการให้ความร้อน 12 นาที อบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
40	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น (%) และค่า water activity ของข้าวกล้องเหนียวข.6 ที่ผ่านการให้ความร้อน 4 นาทีกับเวลาการอบแห้ง (นาที่)	151
41	กราฟ Sorption Isotherm ของข้าวกล้องเหนียวข.6 ที่ผ่านการให้ความร้อน 4 นาที อบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C	151
42	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น (%) และค่า Water activity ของข้าวกล้องพันธุ์ก.ว.ก.1 ที่ผ่านการให้ความร้อน 6 นาทีกับเวลาการอบแห้ง (นาที่)	152
43	กราฟ Sorption Isotherm ของข้าวกล้องพันธุ์ก.ว.ก.1 ที่ผ่านการให้ความร้อน 6 นาที อบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C	153
44	ผลการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) ของข้าวกล้องคั่ว 3 พันธุ์	155
45	กระบวนการผลิตข้าวคั่วจากข้าวกล้อง 3 พันธุ์ที่พัฒนาได้	165
46	ข้าวกล้องคั่ว (a) ข้าวหอมมะลิ (b) ข้าวเหนียวข.6 (c) ข้าวญี่ปุ่นก.ว.ก.1	166
47	ร้อยละความเสี่ยง (%Risk) และร้อยละโอกาส (%Opportunity) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว: H (ชาเขียว:ข้าวหอมมะลิคั่ว = 1.0:1.1), D1 (ชาเขียว:ข้าวก.ว.ก.1 = 1.0:1.0) และ D2 (ชาเขียว:ข้าวก.ว.ก.1 = 1.0:1.1)	180
48	การเตรียมตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วในบรรจุภัณฑ์ (a) บรรจุซองเยื่อกระดาษสำหรับชงชา (b) บรรจุซองอลูมิเนียมฟอยล์ (PET/AL/LLDPE) (c) บรรจุรวมในกล่องกระดาษ รััดด้วยพลาสติก shrink film ชนิด LDPE	182
49	ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว และน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว	182
50	ปริมาณความชื้น (%) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์	191
51	ปริมาณ Caffeine (มิลลิกรัม/กรัม) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์	192
52	ปริมาณ EGCG (มิลลิกรัม/กรัม) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์	193

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	เนื้อหา	หน้า
53	ค่า response sensitivities ของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว วิเคราะห์ด้วยเครื่อง electronic nose ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ (a) หัววัด T30/1 (b) หัววัด P10/1	196
54	ค่า response sensitivities ของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว วิเคราะห์ด้วยเครื่อง electronic nose ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ (c) หัววัด P10/2 (d) หัววัด P40/1	197
55	ค่า response sensitivities ของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว วิเคราะห์ด้วยเครื่อง electronic nose ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ (e) หัววัด T70/2 (f) หัววัด PA/2	198
56	ค่า water activity ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วระหว่างการเก็บรักษา เป็นเวลา 24 สัปดาห์	199
57	แผนภูมิการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน	204
58	แผนภูมิการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิคั่วในระดับครัวเรือน	212
59	การให้ความรู้เรื่อง “การใช้ประโยชน์จากใบชา”	218
60	กระบวนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน	219
61	เครื่องคั่วแบบเตาถ่านที่ประยุกต์ใช้ในการผลิตชาเขียวระดับครัวเรือน	220
ภาพผนวกที่		
ข1	ลักษณะบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ชาผสมข้าวคั่ว	251
ข2	ระดับสีของน้ำชา	251
ข3	ความใสของน้ำชา	251

การพัฒนากระบวนการผลิตชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน

Process Development of Green Tea with Roasted Brown Rice for Household Production

คำนำ

ในปัจจุบันความต้องการในเรื่องอาหารเพื่อสุขภาพมีเพิ่มมากขึ้นจนเกิดเป็นกระแสนิยมในกลุ่มผู้บริโภคที่มีความห่วงใยด้านสุขภาพ เนื่องจากผู้บริโภคต้องการมีสุขภาพและภาพลักษณ์ที่ดี แต่มีวิถีการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบ ไม่มีเวลาเพียงพอที่จะหาอาหารที่มีคุณประโยชน์ รวมถึงไม่มีเวลาที่จะออกกำลังกาย ความต้องการอาหารเพื่อสุขภาพจึงมีเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ตลาดของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มอาหารเพื่อสุขภาพเติบโตอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคดังกล่าว โดยผลการวิจัยของสถาบันอาหาร (2552) รายงานว่าผู้บริโภคนิยมเครื่องดื่มที่สามารถลดความเสี่ยงของโรคต่างๆ ทั้งโรคหัวใจ โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง และเพื่อควบคุมน้ำหนัก ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวทำให้น้ำชาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพอีกชนิดหนึ่งที่น่าจะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้

น้ำชาเป็นเครื่องดื่มที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคส่วนใหญ่ทั่วโลก ทุกวันนี้มีการผลิตชาในรูปแบบต่างๆ กว่า 3,000 ชนิด มีการขยายตัวของไรชาไปยังภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก ทั้งนี้ก็เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มากขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้ชาเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ (ชูขวัญ, 2548) แต่ถ้าพูดถึงชาที่สามารถตอบสนองผู้บริโภคในด้านประโยชน์ต่อสุขภาพได้มากที่สุดก็คือชาเขียว ชาเขียวเป็นชาประเภทหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมแพร่หลายมานานในประเทศญี่ปุ่นและประเทศจีน มีกลิ่นรสที่หอม และมีประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากเป็นชาที่ยังไม่ผ่านการหมักทำให้ไม่สูญเสียองค์ประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพไปมากนัก มีงานวิจัยหลายงานได้รายงานว่าในชาเขียวมี Caffeine ช่วยกระตุ้นให้สมองสดชื่นแจ่มใส และมี Catechin ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ ลดคอเลสเตอรอลในเลือด ช่วยควบคุมน้ำหนัก และรักษาสุขภาพในช่องปากได้ดี (Pastore and Fratellone, 2006)

ชาเขียวจึงเป็นเครื่องดื่มที่ยังอยู่ในกระแสนิยมของผู้บริโภคที่ห่วงใยสุขภาพ แต่ชาเขียวส่วนใหญ่มักนำเข้าจากต่างประเทศ ทั้งในรูปของวัตถุดิบใบชา และผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับชาเขียวจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ งานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว โดยใช้วัตถุดิบใบชาและข้าวที่ปลูกภายในประเทศไทย เพื่อตอบสนองผู้บริโภคชาวไทย และพัฒนากรรมวิธีการผลิตชาเขียว และกรรมวิธีการผลิตข้าวคั่วโดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ได้กับการผลิตระดับครัวเรือน เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่เกษตรกรและชาวบ้านในชุมชนสามารถผลิตชาเขียวได้เองโดยใช้ผลผลิตใบชาที่เพาะปลูกได้ ทั้งนี้เป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบอีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดซองร้อน และชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด
2. เพื่อสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด
3. เพื่อประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด
4. เพื่อพัฒนาระบวนการผลิตชาเขียว และข้าวกล้องคั่วสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัย
5. เพื่อพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว
6. เพื่อทดสอบคุณภาพ และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว
7. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วระหว่างการเก็บรักษา
8. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

การตรวจเอกสาร

1. ชา (Tea)

1.1 ต้นชา

ต้นชาเป็นพืชในวงศ์ Theaceae มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* L. ซึ่งมี 2 สายพันธุ์หลัก ได้แก่

1.1.1 สายพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน (*Camellia sinensis* var. *Sinensis*) เจริญในแถบพื้นที่สูง อากาศหนาวเย็น มีลักษณะใบเล็ก โดยใบมีขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาวประมาณ 3 นิ้ว

1.1.2 สายพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย หรือพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *Assamica*) เจริญได้ดีในภูมิอากาศร้อนปานกลาง มีลักษณะใบที่ใหญ่กว่า ขนาดกว้าง 4 นิ้ว ยาว 10 นิ้วโดยประมาณ

ส่วนของต้นชาที่ใช้เป็นเครื่องดื่มคือ ส่วนใบบริเวณยอด ซึ่งจะให้ชาที่มีคุณภาพดีที่สุด จึงนิยมรักษาระดับของต้นชาให้สูงประมาณ 3 – 5 ฟุตเท่านั้นเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว และใช้มือนมนุษย์ในการเก็บใบชาเพื่อให้ได้ชาที่มีคุณภาพดี (ประภัสสร, 2550)

ข้อแตกต่างหลักของชาทั้งสองพันธุ์คือ อัตราส่วนของ astringent compounds ต่อ nitrogenous compounds ในพันธุ์อัสสัมสูงกว่าพันธุ์ *Sinensis* ส่วนกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันนั้น เนื่องจากการผลิตชาจีนมีหลักสำคัญคือ การควบคุมสภาพการหมัก (ปฏิกิริยาเคมีระหว่างเอนไซม์ Polyphenol oxidase กับสารประกอบ Polyphenols) และสารประกอบเคมีอื่นๆ การหยุดปฏิกิริยาเคมีทำได้โดยการคั่วหรือลวกด้วยไอน้ำร้อน เพื่อทำลายเอนไซม์ Polyphenol oxidase ส่วนชาฝรั่งนั้นปฏิกิริยาเคมีหรือการหมักเกิดขึ้นได้เต็มที่ สาร Polyphenols มีปริมาณมาก จะให้รสฝาดกระด้างและทำให้ต้องใช้เวลานานในการคั่วหรือลวกใบชาเพื่อทำลายเอนไซม์ Polyphenol oxidase ดังนั้นพันธุ์ชาที่มีสาร Polyphenols สูงจึงไม่เหมาะทำชาเขียว

1.2 การผลิตชา (Tea manufacturing)

ใบชาแต่ละสายพันธุ์สามารถนำมาผลิตเป็น ชาเขียว ชาดำ และชาอูหลงได้ ทั้งนี้ชาแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในด้านกระบวนการผลิต โดยชาเขียวเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วจะนำไปอบไอน้ำทันทีเพื่อทำลาย oxidizing enzymes เช่น Polyphenol oxidase และ Peroxidase เพื่อป้องกัน การเกิดกระบวนการหมัก ก่อนนำไปตากแดดให้แห้ง ทำให้ใบชายังคงสีเขียวอยู่ ส่วนชาดำและชาอูหลงนั้น หลังเก็บเกี่ยวแล้วนำไปผึ่งลมนาน 5 – 20 ชั่วโมง ทำให้เกิดกระบวนการหมักโดย oxidizing enzymes โดยชาดำจะใช้เวลาหมักนานกว่าชาอูหลง ทำให้ใบชาเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล เมื่อน้ำจะมีรสเข้มข้นและกลิ่นหอมฉุนกว่าชาเขียว ดังนั้นชาเขียวจึงจัดเป็น non-fermented tea ส่วนชาอูหลง และชาดำถือเป็น semi-fermented tea และ fermented tea ตามลำดับ (ประภัศร, 2550)

1.2.1 วัตถุประสงค์ในการผลิตชา

การผลิตชาให้ได้คุณภาพดีนั้น เริ่มต้นจากใบชาสด ใบชาสดที่จะให้คุณภาพชาออกมาดีที่สุดคือ 1 ยอดกับ 2 ใบ การเก็บยอดชาจะต้องไม่อัดแน่นในตะกร้าหรือกระสอบใส่ชา เพราะจะทำให้ยอดชาช้ำและเสียได้ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจของใบชา สารแทนนินในใบชาสดจะเข้มข้นขึ้นหากอุณหภูมิถึง 110°F (43°C) หรือมากกว่าชาที่ผลิตออกมาได้ รสน้ำชาจะไม่เข้มข้นและสีหม่นลง (ไพโรจน์, 2532)

1.2.2 การผึ่งชา (Whitening)

การผึ่งชาทำเพื่อลดความชื้นในใบชา ใบชาสดจะมีน้ำประมาณ 70 – 80% น้ำที่มีมากนี้จะเป็นตัวขัดขวางการทำปฏิกิริยาเคมีของสารต่างๆ ในใบชา ระหว่างการผึ่งชาจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสิ้นสุดภายใน 6 – 10 ชั่วโมง เช่น สารประกอบ Polyphenols เข้มข้นขึ้น เช่นเดียวกับโปรตีนซึ่งเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น กรดอะมิโนนี้เป็นปัจจัยสำคัญต่อสี กลิ่น รสชาติของน้ำชา คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น สำหรับชาฝรั่งการผึ่งสำคัญมาก สภาพใบชาที่ผ่านการผึ่งจะเขียว อ่อนนุ่ม มีความหยุ่นเหนียว ทำให้เวลานวดชาจะม้วนตัวได้ดี

การผึ่งชาทำได้ 2 ทางคือ การผึ่งโดยธรรมชาติ (natural withering) และการผึ่งโดยเครื่องผึ่ง (artificial withering) การผึ่งโดยธรรมชาติทำโดยการนำใบชามาเกลี่ยเป็นชั้นบางๆ

บนตะแกรง การผึ่งโดยเครื่องผึ่งมักใช้กระบะผึ่ง มีพัดลมเป่าลมผ่านใต้ชั้นตะแกรงรับชา หากใช้ลมร้อนจะต้องควบคุมอุณหภูมิลมร้อนด้วย

1.2.3 การให้ความร้อนโดยการใช้ไอน้ำ (Steaming) หรือการคั่วชา (Panning)

การให้ความร้อนโดยการใช้ไอน้ำหรือการคั่วชาทำเพื่อหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชันในใบชา การให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำเป็นขั้นตอนของการผลิตชาแบบญี่ปุ่น ส่วนการคั่วชาเป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตชาจีน ยอดชาสดหลังจากผ่านการผึ่ง ตลอดจนกระตุ้นโดยการสาและเขย่าชา การคั่วชาเป็นขั้นตอนที่จะหยุดปฏิกิริยาการหมักทันที การคั่วจะทำลายเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งอยู่ชั้นผิวใบ และทำให้ใบเหี่ยวอ่อนนุ่ม เหมาะสำหรับการนวดชาให้ใบม้วนตัวสวยงามได้ง่ายในขั้นตอนต่อไป

1.2.4 การอบแห้งครั้งแรก (First Drying and Rolling)

การอบแห้งครั้งแรกเป็นการลดความชื้นในใบชา ทำลาย oxidation enzymes ที่อาจยังหลงเหลืออยู่และหยุดการหมัก ตลอดจนปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ อุณหภูมิของการอบแห้งครั้งแรกโดยใช้เครื่องแบบอุโมงค์ มีอุณหภูมิของการอบแห้งบริเวณทางเข้า 120°C และอุณหภูมิทางออก 85°C การอบแห้งครั้งแรกในกระบวนการผลิตชาเขียวแบบญี่ปุ่น ใช้เครื่องอบแห้งแบบมีการหมุนให้ชาพลิกกลับไปมาระหว่างทำการอบแห้ง การอบแห้งครั้งแรกความชื้นของใบชาลดลง 40 – 50% สำหรับยอดชาอ่อน และ 50 – 60% สำหรับยอดชาแก่ (สันต์, 2537)

1.2.5 การนวดชา (Rolling)

เป็นขั้นตอนการบดขยี้ใบชา โดยมีวัตถุประสงค์ทำให้ใบชาฉีกขาด และเซลล์ใบแตก เพื่อให้สารประกอบต่างๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ออกมาทำปฏิกิริยาเคมีกัน ตลอดจนเคลือบส่วนต่างๆ ของใบ ละลายปนกับน้ำร้อนได้ง่ายตอนชงชา นอกจากนี้ในการผลิตชาจีน การนวดชายังช่วยให้ใบชาม้วนตัวแน่นสวยงาม (สันต์, 2537)

เครื่องนวดชาแบบ Wanyah ขนาด 18 นิ้ว มีรอบนวด 40 -50 รอบต่อนาที นวดยอดชาได้ครั้งละ 15 -18 กิโลกรัม โดยทั่วไปใช้เวลา นวด 10 – 15 นาที จนชาม้วนตัวได้รูปร่างตามที่ต้องการ การควบคุมแรงนวดต้องเอาใจใส่ และใช้ความชำนาญสูง เพื่อให้ได้ใบชาม้วนตัวแน่น

สวยงาม (สันต์, 2537) พบว่าระหว่างการนวด ยอดชาที่ผ่านการนวดจะจับตัวกันเป็นก้อนกลม ต้องสากระบายออกให้ดี

1.2.6 การอบแห้งครั้งที่สอง (Second Drying and Rolling)

เป็นการอบแห้งซ้ำ โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบมีการหมุนให้ใบชาพลิกกลับไปมา การอบแห้งครั้งที่สองของกระบวนการผลิตชาเขียวแบบญี่ปุ่นจะทำให้ใบชาสูญเสียน้ำหนัก 68% (สันต์, 2537)

1.2.7 การอบแห้ง (Drying)

การอบแห้งใบชามีวัตถุประสงค์อยู่ 2 ประการ คือ การหยุดยั้งปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบต่างๆ ในใบชา และการไล่น้ำที่เหลือในใบชาออกจนแห้ง เพื่อการเก็บรักษาต่อไป โดยทั่วไปชาแห้งจะมีความชื้นประมาณ 3 – 5% (สันต์, 2537)

1.3 หน้าที่ของสารสำคัญในใบชา (Functional Properties of Tea Composition)

องค์ประกอบทางเคมีของใบชา (Chemical composition of tea) เป็นเรื่องที่ต้องสนใจเป็นอันดับแรก เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตที่มีผลต่อสี กลิ่นรสของชาที่ได้ออกมา การที่จะผลิตชาที่ดีได้นั้น นอกจากทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตจะต้องควบคุมให้ละเอียดถูกต้องแล้ว วัตถุดิบคือใบชาที่นำมาผลิตจะต้องมีส่วนประกอบทางเคมีที่เหมาะสมด้วย จากการศึกษาพบว่ามีสารพวก polyphenol, amino acids, caffeine, theobromine, carotenoids และโปรตีนปริมาณสูงในส่วนของคุณชา จึงเป็นเหตุผลอันหนึ่งในการใช้ยอดชาเป็นวัตถุดิบในการผลิตชา ชาที่ดีนั้นจะมีราคาสูง ถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการชิมชา หลักเกณฑ์ที่ผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้พิจารณาถึง ได้แก่ สีของชา สีของน้ำชา ความเข้ม คุณภาพกลิ่น และรสของน้ำชา

สารบางชนิดในชามีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ต่อมกล้ามเนื้อซึ่งรวมถึงกล้ามเนื้อหัวใจ และไต ทำให้เกิดความตื่นตัว ไม่่วงนอน และเพิ่มการทำงานของสมอง ความสามารถในการรับรู้ลึกเพิ่มขึ้น ความคิดแจ่มใสและรวดเร็ว คลายความเหน็ดเหนื่อย ทำให้มีชีวิตชีวา และปฏิกิริยาการตอบสนองจะรวดเร็วขึ้น ชาช่วยเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อ และกระตุ้นศูนย์ควบคุม

ระบบทางเดินหายใจ (respiratory center) ทำให้การหายใจเร็วขึ้นเล็กน้อย และบางครั้งทำให้หายใจคล่องขึ้นด้วย

องค์ประกอบของใบชาที่สำคัญ มีดังนี้

1.3.1 แทนนิน (Tannins)

แทนนินเป็นสาร polyphenol ส่วนใหญ่ที่พบในน้ำชา โดยทั่วไปอยู่ในรูปของ tannic acid แต่เมื่อลงไปอยู่ในกระเพาะจะรวมตัวกับด่างในกระเพาะอาหาร และเมื่อถูกย่อยจะกลายเป็นกรด กรดนี้เมื่อส่งไปถึงลำไส้จะทำให้เกิดโปรตีนที่เปลี่ยนของเหลวให้เป็นก้อนหนืด และลดการหลั่งของน้ำย่อย (secretion) ให้น้อยลง อาจทำให้เกิดอาการท้องผูกขึ้นบ้างเล็กน้อย ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว สารแทนนินจึงถูกนำไปใช้ในทางการแพทย์เพื่อรักษาโรคท้องร่วง (ไพโรจน์, 2532) นอกจากนี้สารแทนนินยังมีผลต่อ theaflavin ซึ่งเป็นสารให้สีทองแดงจากการออกซิไดส์สาร polyphenols เนื่องจากแทนนินในยอดชาจะฟอกเอ็นไซม์ polyphenol oxidase (ซึ่งเป็นสารประกอบโปรตีนชนิดหนึ่ง) ได้เป็นสีแดงเร็ว สารแทนนินที่พบในใบชาสดจะมีประมาณ 22% และหลังจากผ่านกระบวนการผลิตแล้วอาจลดลงเหลือ 10–15% สารแทนนินจะเข้มข้นเมื่อได้รับความร้อน ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสารแทนนินในส่วนต่างๆ ของใบชาที่เก็บ

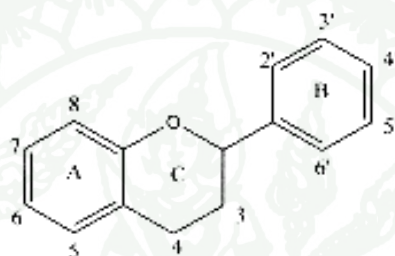
ตารางที่ 1 สารแทนนินในส่วนต่างๆ ของใบชา

ส่วนต่างๆ ของใบชา	ปริมาณของสารแทนนิน (% น้ำหนักแห้ง)
ยอด	29.8
ใบแรก	29.9
ใบที่ 2	21.3
ใบที่ 3	17.5
ใบที่ 4	14.5
ก้าน (ส่วนบน)	11.7
ก้าน (ส่วนล่าง)	6.4

ที่มา: ไพโรจน์ (2532)

1.3.2 สารฟลาโวนอยด์ในชา (Tea flavonoids)

ฟลาโวนอยด์เป็นสารที่ได้จากการเมตาโบไลซ์ขั้นที่สอง พบมากในพืช สามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภท ได้แก่ ฟลาโวน (flavones), ฟลาวาโนน (flavanones), ไอโซฟลาโวน (isoflavones), ฟลาวานอล (flavanols) และแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งมีโครงสร้างและรูปร่างโมเลกุลแบบ heterocyclic oxygen ring (C ring) ดังภาพที่ 1 สารฟลาโวนอยด์หลักในชาพบอยู่ในรูป ฟลาวานอล (flavanols) (Wang *et al.*, 2000)

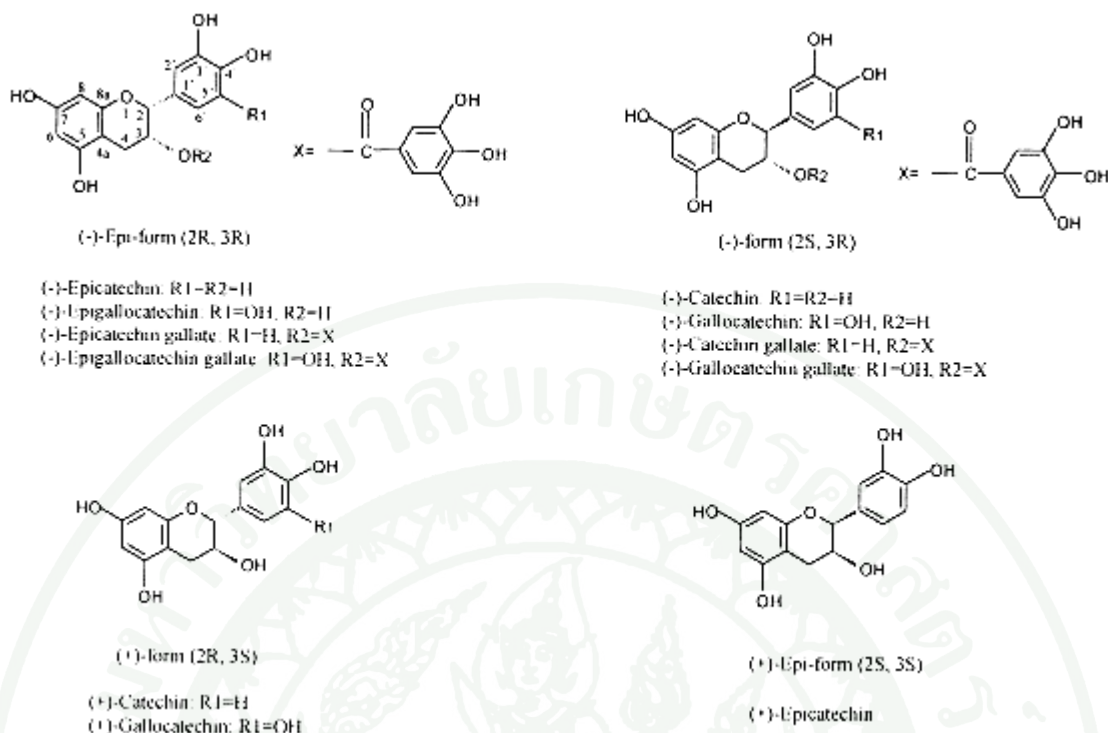


ภาพที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids)

ที่มา: Wang *et al.* (2000)

ก. สารคาเทชินในชา (Tea catechins)

สารคาเทชิน(catechins) มีโครงสร้างของ flavonols มีอยู่ประมาณ 20 – 30% w/w ของชาเขียว สารคาเทชินหลักในใบชาสด และชาเขียวได้แก่ epigallocatechin gallate (EGCG), epigallocatechin (EGC), epicatechin gallate (ECG) และ epicatechin (EC) ดังภาพที่ 2 สาร catechins เป็นสารที่ไม่มีสี ละลายน้ำได้ มีส่วนในการทำให้เกิดรสขม และฝาดในน้ำชา (Wang *et al.*, 2000)



ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของสารคาเทชินในชา

ที่มา: Wang *et al.* (2000)

สารเป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญพบในชา เนื่องจากชาเขียวไม่ผ่านกระบวนการหมัก จึงยังคงรักษาสารสำคัญไว้ได้ในปริมาณสูง พบว่าในชาเขียวมีปริมาณ catechins ประมาณ 10 - 18% ของน้ำหนักใบชาแห้ง ในขณะที่ชาดำมี catechins ประมาณ 3 - 5 % ของน้ำหนักใบชาแห้ง แสดงว่าการหมักมีการทำลายสารคาเทชิน คาเทชินพบมากในยอดชา สารนี้จะแปรผันตามฤดูกาล สภาพระดับพื้นที่ปลูกชา วิธีการปลูก ความแก่อ่อนของใบ ซึ่งคาเทชินจะลดลงเมื่อใบเริ่มแก่ขึ้น จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ใบแก่ไม่เหมาะสมในการทำชา ปริมาณสารคาเทชินในยอดชาแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สารคาเทชินในยอดชา

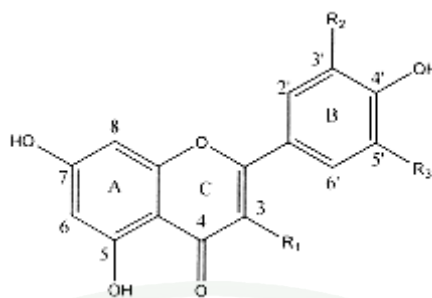
ชนิดของสารคาเทชิน	ปริมาณในยอดชา (% น้ำหนักแห้ง)
epicatechin (EC)	1 – 3
epicatechin gallate (ECG)	3 – 6
epigallocatechin (EGC),	3 – 6
epigallocatechin gallate (EGCG)	9 – 13

ที่มา: ไพโรจน์ (2532)

โดย EGCG ถือเป็นสารคาเทชินที่มีฤทธิ์สูงสุด นอกจากนี้ ใบชาเขียว ประกอบไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่างที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น กรดอะมิโน วิตามินซี วิตามิน บี วิตามินอี และฟลูออไรด์ ชาเขียวที่มีคุณภาพดีจะมีปริมาณกรดอะมิโนสูงแต่มีแทนนินต่ำ ในทางตรงข้าม ชาดำและชาอูหลงที่ดีจะมีปริมาณแทนนินสูง ชาเขียวมีรสชาติเฉพาะตัว และมีรสฝาดน้อย เมื่อนำมาชง จะได้น้ำชาที่มีสีเขียวย่อมน้ำตาล มีกลิ่นหอมเฉพาะ สามารถนำมาปรุงแต่งสี กลิ่น และรสสำหรับผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เนื่องจากละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นหอม และรสชาติดี (สันห์, 2537)

Bronner and Beecher (1998) ได้ทดสอบหาปริมาณสารคาเทชินจากการชงชาชนิดต่างๆ ได้แก่ ชาดำ ตรา Lipton ชา Jasmine และชาเขียว พบว่าชาชนิดต่างๆ เมื่อชงในน้ำร้อน 200 ml จะมีปริมาณคาเทชินทั้งหมด 20 – 70 มิลลิกรัม ดังนั้นการบริโภคชา 2 – 3 ถ้วยต่อวัน อาจทำให้ได้รับสารที่เป็นประโยชน์เพียงพอต่อร่างกาย

ข. สารฟลาโวนอลหลักในใบชาคือ quercetin, kaempferol และ myricetin ซึ่งมีปริมาณ 2 – 3% ของสารสกัดที่ละลายน้ำได้ในชา ฟลาโวนอลมักอยู่ในรูปของ glycosides มากกว่า non-glycosylated (aglycones) ฟลาโวนอลรูป aglycones ไม่พบในเครื่องดื่มชา เนื่องจากละลายน้ำได้ยาก ปริมาณของฟลาโวนอลในชามีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของชา และวิธีการสกัดที่ใช้ Wang *et al.* (2000) รายงานว่าปริมาณสารฟลาโวนอลในใบชาเขียวมีสาร myricetin, quercetin และ kaempferol อยู่ 0.83 – 1.59, 1.79 – 4.05 และ 1.56 – 3.31 กรัม/กิโลกรัม และในใบชาดำมีอยู่ 0.24 – 0.52, 1.04 – 3.03 และ 1.72 – 2.31 กรัม/กิโลกรัม



ภาพที่ 3 โครงสร้างของฟลาโวนอลในชา

ที่มา: Wang *et al.* (2000)

หน้าที่สำคัญของสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ในชาคือการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) และป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (anticarcinogenic activity) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมักมีสาเหตุจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต เช่น DNA หรือเยื่อหุ้มเซลล์ และเป็นผลให้เกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ สารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีอยู่มากในชาเขียวสามารถจับกับอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของโรคหลายชนิด สาร flavonoids ในชาเขียวสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ และยังช่วยลดระดับความดันเลือดได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามผลของการได้รับสาร flavonoids จากการบริโภคชาในระยะยาวยังคงไม่ได้ผลที่แน่นอนซึ่งต้องมีการศึกษาวิจัยกันต่อไป (Hodgson, 2006) สารสกัดจากชาเขียวจึงสามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากอนุมูลอิสระในร่างกายได้ (ประภัสสร, 2550)

Hirota *et al.* (2002) แนะนำว่าการดื่มชาเขียววันละ 10 แก้วชา สามารถป้องกันโรคมะเร็งได้ นอกจากนี้ยังพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในชา ได้แก่ สาร ECGC ซึ่งมีอยู่มากในชาเขียว มีผลทำให้อัตราการเติบโตของเซลล์มะเร็งลดลงได้ โดยสาร ECGC ไปจับกับโปรตีนในเซลล์มะเร็ง จึงทำให้เซลล์มะเร็งโตช้าลง นอกจากนี้ยังมีหลายงานวิจัยได้รายงานว่าการดื่มชาเขียวจะช่วยลดระดับไขมันในเส้นเลือด ป้องกันฟันผุและยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดี (Yamamoto, 1997) จากข้อมูลงานวิจัยเหล่านี้ทำให้ผู้บริโภคหันมานิยมดื่มชาเขียวเพิ่มมากขึ้น

ชาเขียว ชาอูหลง และชาจีนล้วนผลิตมาจากต้นชา *Camellia sinensis* แต่จากผลการวิเคราะห์พบว่าชาเขียวมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าชาอูหลงและชาจีน เนื่องจากผลของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน โดยกระบวนการผลิตชาเขียวจะมีการยับยั้ง

การเสื่อมสลายของสาร EGCG โดยการยับยั้งเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) ซึ่งสารนี้จะไปจับตัวกับ EGCG ทำให้สาร EGCG เปลี่ยนไปเป็นสารประกอบอื่น ซึ่งมีประโยชน์น้อยกว่า ในขณะที่กระบวนการผลิตชาอูหลง และชาจีน จะปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว จึงทำให้ชาอูหลง และชาจีนมีปริมาณสาร EGCG น้อยกว่าชาเขียว

แม้ว่าชาเขียวจะมีสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่ในชาเขียวก็ยังมีสาร caffeine เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยประมาณ 50 มิลลิกรัมต่อ 1 ถ้วยชา (Weisburger, 1997) การดื่มชาเขียววันละหลายถ้วยอาจทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณ caffeine ที่มากเกินไปด้วย ดังนั้นผู้บริโภคควรได้รับข้อมูลแนะนำเพื่อไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

1.3.3 คาเฟอีน (Caffeines)

คาเฟอีนเป็นสารแอลคาลอยด์กลุ่มไนโตรเจนที่ไม่มีสี รสขม ในชาเขียวโดยทั่วไปมีสารคาเฟอีนเฉลี่ยประมาณ 3% ของน้ำหนักแห้ง คาเฟอีนเป็นสารประกอบที่สำคัญในการกระตุ้นประสาท และทำให้รสชาติของชาดีขึ้น นอกจากคาเฟอีนแล้วในชายังพบแอลคาลอยด์ชนิดอื่นอีก ได้แก่ thebromine และ theophyllin คาเฟอีนเป็นสารกระตุ้นอย่างอ่อน มีฤทธิ์ในการกระตุ้นประสาทส่วนกลางของระบบหมุนเวียนโลหิต กระตุ้นการเต้นของหัวใจ เพิ่มการทำงานของไต เพิ่มการเผาผลาญพลังงาน และมีฤทธิ์ขับปัสสาวะ (ไพโรจน์, 2532)

1.4 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของชา

1.4.1 สีของชา (Color of tea)

ก. สีของชาแห้ง

ชาแห้งจะมีสีน้ำตาลเข้มหรือดำ จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าผลความแตกต่างของสีนั้นเกิดขึ้นจากคลอโรฟิลล์ในใบชาถูกทำลายลง ในระหว่างกระบวนการผลิตคลอโรฟิลล์เกิดการสูญเสียแมกนีเซียมอะตอมเกิดเป็นส่วนประกอบที่เรียกว่า Phaeophytin ซึ่งมีสีดำ การสูญเสียอะตอมแมกนีเซียมเกิดขึ้นในสภาพความเป็นกรดในขณะที่หมักชาจนถึงอุณหภูมิที่อบแห้งชาคลอโรฟิลล์ถูกทำลายอีกทางหนึ่งเมื่อเอนไซม์ Chlorophyllase ทำให้ Phytol กลายเป็นสารประกอบสีเขียวมะกอก (olive green) เรียกว่า Chlorophyllide การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นระหว่างการนวด

(rolling) และการหมักชา แต่เมื่อเริ่มอบแห้งสารประกอบ Chlorophyllide จะสูญเสียอะตอม กลายเป็นสารประกอบ Phaeophorbide ซึ่งมีสีน้ำตาล ดังนั้นสีของชาจึงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของสาร Phaeophytin และ Phaeophorbide ถ้าอัตราส่วนของ Phaeophytin สูงกว่า Phaeophorbide ชาที่ได้จะมีสีดำ ในทางตรงข้ามถ้า Phaeophorbide สูงกว่าชาที่ได้จะมีสีน้ำตาล (ไพโรจน์, 2532)

ข. สีของน้ำชา

สีของน้ำชาแบบชาเขียวมีสีเขียวอ่อน ในขณะที่ชาทั้งหมัก มีสีของน้ำชาตั้งแต่ เหลืองอมเขียว เหลืองน้ำตาลอมเขียว เหลืองน้ำตาล น้ำตาลส้ม ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาการหมัก สีเหล่านี้ประกอบด้วยสารพวก Chlorophyllide ซึ่งเกิดจากคลอโรฟิลล์ถูกสลายด้วยเอนไซม์ในใบชา (ไพโรจน์, 2532)

1.4.2 สารให้กลิ่นในชา (Aroma of tea)

กลิ่นหอมที่เกิดขึ้นจากชา แบ่งได้ตามสภาพการหมัก ได้แก่ ชาแบบไม่หมัก ชาแบบทั้งหมัก และชาหมักหรือชาฝรั่ง จะมีกลิ่นหอมที่แตกต่างกัน ซึ่งนอกจากกระบวนการผลิตที่ต่างกันแล้ว พันธุ์ของชา สภาพอากาศ และภูมิประเทศที่ปลูกก็มีอิทธิพลต่อกลิ่นหอมที่เกิดขึ้นด้วย

มีการศึกษากลไกการเกิดกลิ่นหอมของชาในขบวนการผลิตส่วนผสมที่ต่างกัน ของสารประกอบกลิ่นระหว่างชาเขียว ชาทั้งหมัก และชาฝรั่ง ทางด้านชีวเคมีได้มีการศึกษาถึงการประกอบขึ้นของ E-2-hexanol และ Z-3-hexanol ซึ่งเกิดจาก lipid ของใบ กระบวนการสร้าง linalool และ geraniol ซึ่งถูกปล่อยออกมาจาก glucosides ที่สะสมอยู่ในเซลล์ของใบ โดย glucosidase ในขณะที่ฝั่งชา หรือเนื้อเยื่อใบชาถูกทำให้เสียหาย นอกจากนั้นยังได้ศึกษาส่วนประกอบของ monoterpene alcohols ซึ่งพบในกลิ่นหอมของชา ซึ่งคาดว่าอาจเกี่ยวกับคุณสมบัติของพันธุ์ชาแต่ละชนิด

ชาเขียวจะคงกลิ่นของใบชาสดได้มาก ชาเขียวจะมีสารเคมีที่ให้กลิ่นน้อยกว่าชาดำ และชาอูหลง เนื่องจากไม่ได้ผ่านกระบวนการหมัก จากการทดสอบสารให้กลิ่นด้วยเครื่อง gas chromatography (GC) พบว่าชาเขียวทั้งแบบจีนและแบบญี่ปุ่นมีสารเคมีที่ให้กลิ่นประมาณ 100 ชนิด (Takeo, 1992) สารที่พบในปริมาณมากในชาเขียวแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สารประกอบที่ให้กลิ่นในชาเขียว

กลุ่ม	สารให้กลิ่น
1. Hydrocarbons	Z- β -Ocimene β -Myrcene
2. Alcohols	1-Penten-3-ol Z-2-Penten-1-ol Z-3-Hexenol Linalool Geraniol Linalool oxide E, Z-Furanoid E, Z-Pyranoid Nerolidol
3. Aldehydes	E-2, E-4-Heptadienal E-2-Hexenal Benzaldehyde Phenylacetaldehyde Z-Jasmone β -Ionone
4. Esters	Z-3-Hexenyl formate Z-3-Hexenyl hexanoate
5. Other	Methylsalicylate Indole

ที่มา: Takeo (1992)

1.5 การตลาดของชา

การผลิตชาของโลก ปีพ.ศ. 2545 มีพื้นที่เพาะปลูก 14.56 ล้านไร่ โดยประเทศจีน เป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก มีพื้นที่ปลูก 5.7 ล้านไร่ ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 14 มีพื้นที่ปลูกชา 97,335 ไร่ เป็นพื้นที่ให้ผลผลิตแล้ว 95,326 ไร่ ผลผลิต 33,961 ตัน (สด) หรือ 6,600 ตัน (แห้ง) จังหวัดที่ปลูกชามาก ได้แก่ เชียงราย 45,599 ไร่ เชียงใหม่ 42,172 ไร่ ลำปาง 5,666 ไร่ และแพร่ 2,543 ไร่

ตารางที่ 4 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตของไร่ชาในประเทศไทย (พ.ศ. 2541 – 2546)

ปี (พ.ศ.)	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิตชา (สด)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
2541	79,762	27,282	354
2542	81,143	38,538	491
2543	85,658	50,354	598
2544	89,272	35,290	367
2545	92,354	33,384	372
2546	97,355	33,961	356

ที่มา: วาสนา (2549)

ผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตในประเทศไทยแบ่งเป็น 3 ผลิตภัณฑ์ คือ ชาเขียว ชาอูหลง และชาดำ โดยนำเอาเทคโนโลยีของไต้หวันมาใช้ในการผลิตชาเขียวและชาอูหลง ส่วนชาดำใช้เทคโนโลยีของประเทศอินเดีย โดยใบชาสดเฉลี่ย 4.6 ตันสามารถผลิตชาแห้งได้ 1 ตัน คิดเป็นผลผลิต 21% ของใบชาสด พื้นที่เพาะปลูกชาในประเทศไทยในปีพ.ศ. 2550 มีทั้งสิ้น 118,101 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ปลูกชาอัสสัม 84.4% (98,544 ไร่) และชาจีน 16.6 (19,557 ไร่) ซึ่งสามารถผลิตใบชาสดทั้งสิ้น 81,074 ตัน โดย 77% ของใบชาสด นำไปผลิตเป็นชาแห้ง ใช้ชาอัสสัม 96% ใช้ชาจีน 4% ส่วนใบชาสดที่เหลือ 23% นั้นจะนำไปผลิตเมี่ยง ซึ่งใช้เฉพาะชาอัสสัม (สายลม, 2552)

ตารางที่ 5 ข้อมูลสถิติการผลิตชาของไทย

ลำดับ		ปี (พ.ศ.)				
		2548	2549	2550	2551	2552
1	จำนวนครัวเรือน (ครัวเรือน)	21,455	21,728	21,980	22,251	-
2	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	95,555	100,152	105,989	113,364	116,466
3	ผลผลิตชาสด (ตัน)	51,570	53,782	57,362	61,557	63,707
4	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)					
	- ชาอัสสัม	518	514	518	518	517
	- ชาจีน	716	713	712	712	716
5	ต้นทุนการผลิต (บาท/ตัน)					
	- ต้นทุนรวม					
	ชาอัสสัม (สด)	5,244	5,701	5,757	6,336	6,945
	ชาจีน (สด)	27,083	24,782	25,230	30,425	29,219
	- ต้นทุนผันแปร					
	ชาอัสสัม	3,337	3,779	3,843	4,321	-
	ชาจีน	21,699	21,533	21,933	27,096	-
6	ราคาที่เกษตรกรขายได้ (บาท/ตัน)					
	- ชาอัสสัม	13,000	14,000	14,000	14,000	14,000
	- ชาจีน	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
7	ผลตอบแทนสุทธิ					
	- ชาอัสสัม (บาท/ไร่)	4,018	4,266	4,270	3,970	-
	(บาท/ตัน)	7,756	8,299	8,243	7,664	7,055
	- ชาจีน (บาท/ไร่)	16,408	17,981	17,636	13,938	-
	(บาท/ตัน)	22,917	25,218	24,770	19,575	20,781

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2554)

ปัจจุบันอัตราการเติบโตของตลาดชาร้อน 10 – 20% ตลาดชาร้อนชงนำเข้าไปในประเทศไทยยังมีมูลค่าน้อย เนื่องจากเป็นสินค้าที่ถูกจำกัดการนำเข้าเป็นระบบโควตาซึ่งจะเสียภาษีนำเข้า 30% ส่วนบริษัทนำเข้าไม่อยู่ในระบบโควตาจะต้องเสียภาษีสูงถึง 90% มีผลให้ราคาการจำหน่ายชาร้อนชงสูงไปด้วย

นอกจากนี้ตลาดชาร้อนในประเทศไทยยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก เป็น ชาจีน 80% ชาสมุนไพร 10% และชาพรีเมียม 10%

ชาสายพันธุ์ *sinensis* หรือสายพันธุ์ชาจีน เป็นชาที่นิยมปลูกกันมากในภาคเหนือ ชาสายพันธุ์นี้ต้องการการดูแลเอาใจใส่ในการปลูกมาก ชาในสายพันธุ์นี้จะมีพันธุ์ต่างๆ มากมายซึ่งได้มาจากการทดลองผสมพันธุ์ชาจากแหล่งต่างๆ เข้าด้วยกัน พันธุ์ชาที่นิยมปลูก คือ ชาอูหลงเบอร์ 12 ชาชิงชิงอูหลง ชาถิกวนอิม ชาสี่ฤดู และชาอูหลงก้านอ่อน ซึ่งชาอูหลงก้านอ่อนจะราคาดีที่สุด เพราะดูแลยาก ได้ผลผลิตน้อยกว่าพันธุ์อื่น (วาสนา, 2549) โดยทั่วไปการผลิตชาเขียวนิยมใช้ชาพันธุ์อัสสัม หรือชาพันธุ์อูหลงเบอร์ 12 มาผลิต และชาเขียวที่ได้จากชาพันธุ์อูหลงเบอร์ 12 จะมีราคาสูงกว่าสายพันธุ์อัสสัม ส่วนรสชาติและกลิ่นจะมีความแตกต่างกัน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552)

ประเทศไทยนำเข้าชาไปจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนมากที่สุด รองลงมา คือ อินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น เป็นต้น ในปีพ.ศ. 2550 ไทยนำเข้าชาทั้งหมด 1,393 ตันคิดเป็นมูลค่า 108 ล้านบาท ในจำนวนนี้นำเข้าจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน 591 ตัน (42.4% ของปริมาณชาใบนำเข้าทั้งหมด) คิดเป็นมูลค่า 21 ล้านบาท

ชนิดของชาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

1.5.1 ชาเขียว (Green tea)

เป็นชาที่ไม่มีขั้นตอนการหมักใบชาสักระหว่างกระบวนการผลิต (non-fermented tea) ใช้วิธีให้ความร้อนหยุดยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์กลุ่ม oxidizing enzyme นิยมดื่มกันมากในประเทศจีน และประเทศญี่ปุ่น ชาเขียวในประเทศจีนใช้วิธีการคั่วในการยับยั้งเอนไซม์ ส่วนชาเขียวในญี่ปุ่นใช้วิธีการนึ่งในการยับยั้งเอนไซม์ ชาเขียวในญี่ปุ่นนิยมปลูกในจังหวัดชิซุโอกะ (Shizuoka) และอุจิ (Uji) แม้ประเทศญี่ปุ่นผลิตชาได้มาก แต่กลับส่งออกชาได้น้อยเมื่อเทียบกับ

ประเทศที่ผลิตชาอื่นๆ เป็นเพราะคนญี่ปุ่นนิยมบริโภคชามากนั่นเอง ชาเขียวญี่ปุ่นยังสามารถแบ่งออกได้เป็นชนิดต่างๆ ได้แก่

ก. บันชา (Bancha)

เป็นชาเขียวที่ผลิตได้จากใบชาที่เก็บเกี่ยวล่าช้า ลักษณะของชาที่ได้มีสีเข้ม และหยาบ มีส่วนผสมของก้านเยื่อ เป็นชาที่มีคุณภาพต่ำ บันชามีความฝาดเล็กน้อย และให้น้ำชาที่มีสีเหลือง อุณหภูมิของน้ำร้อนที่เหมาะสมในการชงบันชาอยู่ที่ 82°C ชาเขียวชนิดบันชาจะขมเมื่อทิ้งไว้ให้เย็น (Rosen, 1998)

ข. เซนชา (Sencha)

เซนชานำมาชงได้น้ำชาที่มีสีเขียว มีกลิ่นคล้ายหญ้า และมีความฝาด เป็นชาเขียวที่พบทั่วไปในญี่ปุ่น เป็นชาเขียวที่มีคุณภาพดี นิยมรับประทานร่วมกันซูชิ (sushi) อุณหภูมิของน้ำร้อนที่เหมาะสมในการชงเซนชาอยู่ที่ 80°C ในปัจจุบันพบว่าประเทศจีน และเวียดนามได้เลียนแบบการผลิตชาเขียวชนิดเซนชาเพื่อส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น (Rosen, 1998)

ค. เกนไมชา (Genmaicha)

“เกนไมชา” หรือ “ชาเขียวผสมข้าวคั่ว” เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคทุกเพศทุกวัยในประเทศญี่ปุ่น เกนไมชาประกอบด้วยใบชาเขียวผสมกับข้าวกล้องคั่วซึ่งมีลักษณะปรากฏเหมือนข้าวโพดคั่ว ทำให้เกิดกลิ่นรสเขียวแบบชาเขียวผสมด้วยกลิ่นคั่วของข้าวอย่างพอเหมาะ เกนไมชามีรสหวานอย่างธรรมชาติ และเมื่อดื่มแล้วทำให้รู้สึกสดชื่น น้ำชาที่มีสีเหลืองอมน้ำตาลอ่อน อุณหภูมิของน้ำร้อนที่เหมาะสมในการชงเกนไมชาอยู่ที่ 82°C โดยทั่วไป เกนไมชามักจะใช้น้ำชาหรือชาเขียวที่มีคุณภาพปานกลางในการผลิต ปัจจุบันเกนไมชาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่เป็นที่นิยมในญี่ปุ่นเนื่องจากกลิ่นรสเฉพาะของน้ำชา และยังมีปริมาณคาเฟอีนที่ต่ำกว่าชาเขียวทั่วไป ทำให้สามารถบริโภคได้บ่อย และบริโภคได้ทุกวัย (Rosen, 1998)

ง. มัทชา (Matcha)

มัทชาเป็นชาเขียวที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดโดยใช้ชาเขียวชนิด gyokuro มาทำให้ละเอียดคล้ายผงแป้งโดยใช้เครื่องบด ในอดีตใบชาที่ถูกบดด้วยมือโดยใช้เครื่องมือ รสชาติของมัทชาที่ชงจะให้ทั้งรสหวานและความฝาด นิยมใช้ชาเขียวชนิดมัทชาเป็นส่วนผสมในอาหารและขนมชนิดต่างๆ โดยเฉพาะขนมหวาน เนื่องจากมัทชามีรสขม เมื่อนำไปผสมกับความหวานของขนมจึงช่วยให้เกิดรสชาติที่พอดี (Rosen, 1998)

1.5.2 ชาอูหลง (Oolong tea)

ชาอูหลง หรือชากึ่งหมัก (semi-fermented tea) เป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักเป็นบางส่วน แล้วนำชาที่หมักไว้แต่ยังไม่สมบูรณ์ไปให้ความร้อนด้วยการคั่วเพื่อหยุดกระบวนการหมัก คุณลักษณะของชาอูหลงจึงมีความเข้มของสี รสชาติ และความฝาดอยู่ระหว่างชาเขียว และชาดำ (Wang *et al.*, 2000) ประเทศที่นิยมดื่มชาอูหลง คือ ประเทศจีน

1.5.3 ชาดำ (Black tea)

ชาดำ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าชาจีนเป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมักโดยสมบูรณ์ (fermented tea) เอนไซม์ Polyphenol oxidase จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสาร Catechin ในใบชาสด เรียกว่า กระบวนการหมักชาซึ่งจะทำให้เกิดสารโพลีฟีนอลเชิงซ้อน ทำให้ชาดำมีสี รสขม และความฝาดที่เข้มกว่าชาเขียวและชาอูหลง (Wang *et al.*, 2000)

1.6 ประโยชน์ของชา

ชาเป็นเครื่องดื่มที่มีสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายชนิด ซึ่งประโยชน์ของชาพอสรุปได้ดังนี้

1.6.1 คุณสมบัติด้านอนุมูลอิสระ

สาร Catechins น่าจะเป็นสารในชาที่มีศักยภาพในด้านประโยชน์กับสุขภาพมากที่สุด Catechin มีคุณสมบัติเป็น antioxidant ที่ช่วยจัดการไอออนของโลหะหนัก oxygen species และอนุมูลอิสระ Catechins ในชา นั้นพบว่าเป็นสาร antioxidant ที่ดีกว่าวิตามิน C, E, tocopherols และ β -carotene (Tang and Meydani, 2001) สารสกัด Catechins บริสุทธิ์มีคุณสมบัติด้านอนุมูลอิสระไม่ด้อยไปกว่า crude extract ของชา ซึ่งหมายความว่าคุณสมบัติด้านอนุมูลอิสระนี้ต้องเกิดจากสารประกอบในชาหลายๆ ตัวออกฤทธิ์ร่วมกัน (Vinson and Dabbagh, 1998) Lin *et al.* (2000) ศึกษาปริมาณ Catechins ในชาจีนพบว่าชาเขียวมีปริมาณ Catechins สูงที่สุด ชาอูหลง และชาดำมีปริมาณน้อยลงตามลำดับ และการเติมนมในชาทำให้คุณสมบัติด้านอนุมูลอิสระลดลง เนื่องจากโปรตีนในนมจะไปจับกับ Polyphenols ในชา

1.6.2 คุณสมบัติต้านมะเร็ง

ชาเขียวมีคุณสมบัติป้องกันมะเร็งหลายชนิด ทั้งมะเร็งในปอด ต่อมลูกหมาก เต้านม ลำไส้ใหญ่ ตับ กระเพาะอาหาร ฯลฯ นอกจากนี้ยังสามารถลดขนาดเนื้องอกในสัตว์ทดลองได้ (Siro and Young, 2001) สาร Polyphenols จะไปยับยั้งการทำงานของระบบเอนไซม์ cytochrome P-450 (phase I enzyme) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการเกิดสารก่อมะเร็ง (Hasaniya *et al.*, 1997) นอกจากนี้ยังพบว่า Polyphenols ช่วยการทำงานของ phase II enzyme เช่น glutathione transferase ซึ่งระบบเอนไซม์นี้มีความสำคัญในการกำจัดสารก่อมะเร็งออกจากร่างกาย (McCarty, 1997; Mukhtar and Ahmad, 1999) EGCG สามารถยับยั้งการเกิดมะเร็งโดยไปยับยั้งการทำงานของ urokinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่พบบ่อยที่สุดในการเกิดมะเร็งในมนุษย์ สาร Polyphenols สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิด nitrosamines ได้ทั้ง in vitro และ in vivo (Tanaka *et al.*, 1998) สาร Polyphenols ทำให้เกิดการเพิ่มการทำงานของ glutathione peroxidase และ catalase ในลำไส้ ตับ และปอดของหนูทดลอง ซึ่งเอนไซม์พวกนี้จะไปยับยั้งการผลิต peroxide ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการกลายพันธุ์ของดีเอ็นเอ

ชาเขียวสามารถป้องกันรังสี UV และ ROS ที่เป็นอันตรายต่อผิวหนังได้ ซึ่งน่าจะเกิดโดยกระบวนการ apoptosis และยับยั้ง peroxidation ของไขมัน (Taraphdar *et al.*, 2001) EGCG ในชาเขียวมีผลต่อการยับยั้งการเกิด nitric oxide (NO) ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ทำให้เกิดการอักเสบและการเกิดมะเร็ง โดย EGCG จะไปยับยั้งการสร้างสาร nitric oxide synthase (NOS) โดยการลดการสร้าง transcription factor ของ NOS (Mukhtar and Ahmad, 1999)

การศึกษาด้านประชากรในประเทศญี่ปุ่นและจีน ซึ่งประชากรดื่มชาเขียวเป็นจำนวนมาก (มากกว่า 10 ถ้วยต่อวัน) พบว่าการลดลงของความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งในผิวหนัง หลอดลม กระเพาะอาหาร เต้านม ปอด และกระเพาะปัสสาวะ (Fujiki *et al.*, 2000; Hirota *et al.*, 1999; Suga *et al.*, 1998 และ Yang *et al.*, 2000)

1.6.3 คุณสมบัติป้องกันโรคหัวใจ

สาร Polyphenols สามารถช่วยลดการเกิด oxidation ของ low-density lipoprotein (LDL) cholesterol ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ (Weisburger, 1999) นอกจากนี้ยังพบว่าชาเขียวสามารถช่วยลดปริมาณ LDL, very low-density lipoprotein (VLDL)

และ triglyceride (Muramatsu *et al.*, 1986) และยังช่วยเพิ่มปริมาณ high-density lipoproteins (HDL) ในกระแสเลือด (Yokozawa *et al.*, 2002) ซึ่งการที่มีปริมาณ triglyceride ต่ำ และ HDL สูงนี้ สะท้อนถึงสุขภาพของระบบหัวใจที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่า Polyphenols ช่วยควบคุมความดันโลหิตสูง โดยไปยับยั้ง angiotensin-I converting enzyme (ACE)

1.6.4 คุณสมบัติต้านโรคเบาหวาน

สาร Polyphenols สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูที่เป็นโรคเบาหวาน (Gomes *et al.*, 1995) สาร Polyphenols ลดระดับน้ำตาลในเลือดโดยยับยั้งการทำงานของ amylase ซึ่งเป็นเอนไซม์ย่อยแป้ง ยับยั้งการทำงานของ amylase ทั้งที่อยู่ในน้ำลายและลำไส้ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นคือแป้งจะถูกย่อยช้าลง ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเลือดเป็นไปอย่างช้าๆ นอกจากนั้นชาเขียวยังลดการดูดซึมของกลูโคสที่ลำไส้ (Deng and Tao, 1998; Gomes *et al.*, 1995)

1.6.5 คุณสมบัติป้องกันฟันผุ

สาร Polyphenols ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในช่องปาก ซึ่งมีทั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคในช่องปาก *Porphyromonas gingivitis* และแบคทีเรียที่ทำให้ฟันผุ *Streptococcus mutans* (Hara, 1997; Sakanaka, 1997) นอกจากนั้นการที่ Polyphenols ยับยั้งการทำงานของ amylase ในน้ำลาย ช่วยให้การผลิตกลูโคสและมอลโตสน้อยลง ลดปริมาณอาหารของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดฟันผุ นอกจากนี้ยังช่วยให้เคลือบฟันแข็งแรงต้านทานการผุ

2. ข้าวหอมมะลิ (Hom-mali rice)

ข้าวหอมที่มีการส่งออกในตลาดโลกมี 2 ชนิด คือ ข้าวบาสมาดิ จากประเทศปากีสถาน และอินเดีย และข้าวหอมมะลิของประเทศไทย ส่วนในสหรัฐอเมริกามีการปลูกข้าวหอม เช่น พันธุ์ Della และขายในชื่อ Texmati, Pecan rice, Della aromatic (งามชื่น, 2539)

ข้าวหอมมะลิ หรือข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปลูกได้เฉพาะนาปี เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง ต้นสูง มีลักษณะพิเศษ คือ เมล็ดข้าวใส ยาวเรียวยาว และมีกลิ่นหอม เป็นที่นิยมบริโภคทั่วไป นอกจากนี้มีคุณสมบัติเด่นอีก ได้แก่ ทนดินเปรี้ยว และทนดินเค็ม พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เหมาะที่จะปลูกในพื้นที่ดอนมากกว่านาลุ่ม

ข้าวหอมมะลิของประเทศไทยเป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลส 16 – 20% ทำให้ได้ลักษณะข้าวสุกเหนียวนุ่ม มีกลิ่นหอมเฉพาะ ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษ คือ มีกลิ่นหอมทั้งในข้าวสารและข้าวสุก กลิ่นหอมในข้าวเกิดจากสารระเหยที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวโดยธรรมชาติ (งามชื่น, 2536) โดยกลิ่นนี้ได้จากกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืชทั่วไป และยังคงเหลือเมื่อพืชนั้นเก็บเกี่ยวแล้ว ซึ่งอาจเป็นสารระเหยหรือสารไม่ระเหย (Health, 1981)

ข้าวหอมมะลิจัดเป็นข้าวชั้นดีที่นิยมบริโภคกันมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เมื่อไม่นานมานี้ข้าวหอมมะลิได้รับความนิยมอย่างมากในแถบยุโรป และสหรัฐอเมริกา ความต้องการของตลาดเพิ่มขึ้นทั้งในและนอกประเทศเนื่องจาก คุณภาพและความหอม มีรายงานว่าสารหลักที่ให้กลิ่นหอมดังกล่าว คือ 2-acetyl-1-pyrroline (ACPY) ซึ่งให้กลิ่นหอมในลักษณะที่เหมือนกลิ่นข้าวโพดคั่ว (popcorn-like) ข้าวที่มีกลิ่นหอม (aromatic rice) เช่น พันธุ์ Basmati 370 พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ Milagrosa เป็นที่ชื่นชอบและมีราคาสูงกว่าข้าวที่ไม่มิกลิ่นหอม (non-aromatic rice) (Buttery *et al.*, 1983) ความเข้มข้นของสาร ACPY แสดงดังตารางที่ 6

ข้าวหอมมะลิ เป็นข้าวเจ้าที่มีคุณภาพดี เนื่องจากเมื่อหุงแล้วเนื้อข้าวจะบาน อ่อนนุ่มและมีกลิ่นหอมที่เกิดจากสาร 2-Acetyl-1-Pyrolin ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของข้าวไทยพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แป้งที่ได้จากข้าวหอมมะลิจัดเป็นแป้งที่ค่อนข้างนุ่ม มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี มีความสามารถในการบานและพองตัวเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกับแป้งสาลี แต่มีโครงสร้างโปรตีนของแป้งทั้งสองต่างกัน โดยโปรตีนในแป้งข้าวหอมมะลิไม่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ การยืดหยุ่น และไม่เกิดโครงร่างตาข่ายจึงไม่สามารถกักเก็บก๊าซได้ โปรตีนที่มีในแป้งสาลีที่เรียกว่ากลูเตนมีคุณสมบัติช่วยให้เกิดความยืดหยุ่น และสามารถกักเก็บอากาศได้ดี

ตารางที่ 6 ความเข้มข้นของสาร ACPY ที่พบในข้าวหุงสุกสายพันธุ์ต่างๆ

Variety	Concentration of ACPY (ppm, based on dry weight of rice)	
	Milled rice	Brown rice
Malagsit Sungsong	0.09	0.2
IR 841-76-1	0.07	0.2
Khao Dawk Mali 105	0.07	0.2
Milagrosa	0.07	
Basmati 370	0.06	0.17
Seratus Malam	0.06	
Azucena	0.04	0.16
Hieri	0.04	0.1
Texas Long Grain	<0.008	
Calrose	<0.006	

ที่มา: Buttery *et al.* (1983)

Buttery *et al.* (1988) ได้รายงานว่ามีสารระเหยให้กลิ่นในข้าว 64 ชนิด ซึ่งช่วยสร้างกลิ่นหอมของข้าวสุก พบว่าสารสำคัญที่มีอย่างมาต่อกลิ่นของข้าวสุก ได้แก่ ACPY, (EE)-2,4-decadienal, nonanal, hexanal, (E)-2-nonenal, octanal, decanal, 4-vinyl-guaiacol และ 4-vinylphenol

Paule and Powers (1989) ได้ศึกษาการแยกสารระเหยในข้าวด้วย Gas chromatography พบว่า ACPY มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคุณลักษณะเชิงพรรณนา นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของกลิ่นยังสัมพันธ์กับปริมาณของ ACPY

3. ข้าวเหนียวพันธุ์ กข. 6 (RD 6)

ข้าวเหนียว (*Oryza sativa* var. *glutinosa*) ปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ เพราะประชากรส่วนใหญ่บริโภคข้าวเหนียวเป็นอาหารหลัก อีกทั้งมีการบริโภคในรูปแบบของหวาน และผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ พันธุ์ข้าวเหนียวที่ทางราชการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกในปัจจุบันมีประมาณ 14 พันธุ์ มีลักษณะดีเด่นพิเศษประจำพันธุ์แตกต่างกันไป

กข.6 เป็นข้าวเหนียวขาว ลักษณะพันธุ์ไวต่อช่วงแสง ต้นสูงประมาณ 150 เซนติเมตร ได้จากการปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมโดยใช้รังสีแกมมาขนาด 20 กิโลแรด อบเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้กลายเป็นข้าวเหนียว แล้วนำมาปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวบางเขน และสถานีทดลองข้าวพิมาย คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ขยายพันธุ์ได้เมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2520 ให้ชื่อว่าพันธุ์ กข.6 มีทรงกอกระจ่ายเล็กน้อย ลำต้นแข็งแรงไม่ล้มง่ายปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี ใบยาวสีเขียวเข้ม ใบธงตั้ง รวงยาว เกือบเกี่ยวง่าย นวดง่าย เมล็ดยาวเรียวยาว ข้าวเปลือกสีน้ำตาล มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 110 วัน ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 5 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้องยาว 7.23 มิลลิเมตร กว้าง 2.28 มิลลิเมตร หยา 1.77 มิลลิเมตร ผลผลิตประมาณ 670 กิโลกรัมต่อไร่ ทนแล้งได้ดีพอสมควร ทำให้ผลผลิตไม่ลดในฤดูการทำนาที่ฝนทิ้งช่วง ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคไหม้ ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล คุณภาพการขัดสีดี คุณภาพการหุงต้มดีมาก ได้ข้าวสุกที่อ่อนนุ่ม มีกลิ่นหอมเปอร์เซ็นต์อะมิโลสน้อยมาก (5 – 6%) (กรมการข้าว, 2553ก) ข้อควรระวังคือเมื่อปลูกไปนานๆ จะกลายเป็นข้าวเจ้าได้ง่าย ตลาดข้าวสารในท้องถิ่นมักจะเรียกว่า เหนียวมะลิ เพราะมีกลิ่นหอม ราคาจำหน่ายจะสูงกว่าข้าวเหนียวขาวพันธุ์อื่นๆ (วารสาร, 2535)

4. ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.ว.ก.1 (DOA1)

ข้าวญี่ปุ่น ก.ว.ก.1 เป็นพันธุ์ข้าวที่สถาบันวิจัยข้าวเริ่มดำเนินการเพื่อศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นตลอดจนความเป็นไปได้ในการปลูกข้าวญี่ปุ่นมาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2507 ข้าว ก.ว.ก.1 หรือพันธุ์ซาซานิชิกิ (Sasanishiki) มีคุณภาพใกล้เคียงกับพันธุ์โคชิฮิการิ (Koshihikari) ซึ่งเป็นข้าวชั้น 1 ของญี่ปุ่นมีความเหมาะสมและปลูกได้ดีในเขตภาคเหนือตอนบน ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (กรมการข้าว, 2553ข)

ข้าวญี่ปุ่นก.ว.ก.1 เป็นข้าวเจ้านาสวนไม่ไวต่อช่วงแสง สูงประมาณ 88 เซนติเมตร มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขนสั้น ยอดเมล็ดมีหางเล็กน้อย เมล็ดข้าวกล้องยาว 5.18 มิลลิเมตร มีท้องไข่ระดับปานกลาง

ลักษณะเด่นของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ก.ว.ก.1 คือ ให้ผลผลิตสูงในสภาพดินอุดมสมบูรณ์ ประมาณ 718 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถปรับตัวได้ดีในพื้นที่ดินนาเขตภาคเหนือตอนบน ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ทนทานต่อสภาพอากาศร้อนได้ดีกว่าข้าวญี่ปุ่นพันธุ์อื่นๆ มีคุณภาพการหุงต้มและรับประทานดีตรงตามมาตรฐานสำหรับผู้บริโภคข้าวญี่ปุ่น และมีคุณภาพการสีดี ได้ข้าวเต็มเมล็ดและคั้นข้าวประมาณ 48% ข้าวญี่ปุ่นก.ว.ก.1 หรือพันธุ์ชาซานิกิ จัดเป็นข้าวเจ้าญี่ปุ่นที่มีอะมิโลสปานกลาง (16–20%) (Zavareze *et al.*, 2012)

5. การทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

การทดสอบเชิงพรรณนา (Descriptive test) หมายถึง การวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการจำแนก การอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณโดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน (เพ็ญขวัญ, 2550)

การทดสอบเชิงพรรณนา ประกอบด้วยแนวทางการวิเคราะห์ 4 ด้าน คือ

5.1 การวิเคราะห์ลักษณะคุณภาพ (Quality characteristics analysis) หมายถึง การวิเคราะห์รายละเอียดของผลิตภัณฑ์โดยอาศัยประสาทการรับรู้ของมนุษย์ (Human sense) ลักษณะคุณภาพต่างๆ ได้แก่

5.1.1 ลักษณะปรากฏ (Appearance) เป็นลักษณะทั่วไปที่มองเห็นได้ เช่น สี ลักษณะเนื้อสัมผัส ขนาด และรูปร่าง เป็นต้น

5.1.2 กลิ่น (Odor / Aroma) เป็นความรู้สึกที่รับรู้ได้ทางจมูก

5.1.3 กลิ่นรส (Flavor) เป็นความรู้สึกที่รับรู้ได้ภายในปาก ทางด้านกลิ่น และรสชาติ และความรู้สึกอื่นๆ ที่เกิดขึ้น เช่น ร้อน เผ็ด เย็น เป็นต้น

5.1.4 เนื้อสัมผัส (Texture) เป็นความรู้สึกทางด้านแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวตัวอย่างและลักษณะทางด้านรูปร่าง รูปทรงของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสัมผัสด้วยมือ หรือการสัมผัสภายในปาก เหงือก ลิ้น เพดานปาก

5.1.5 สิ่งตกค้าง (Aftertaste) เป็นความรู้สึกที่รับรู้ได้หลังจากกลืนตัวอย่างไปแล้ว เช่น รสชาติตกค้างในปาก หรือลักษณะเนื้อสัมผัสที่ตกค้าง เป็นต้น

5.2 การวิเคราะห์ความเข้มของลักษณะคุณภาพ (Intensity of quality characteristic analysis) เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ จะวิเคราะห์ต่อจากรายละเอียดลักษณะคุณภาพที่วิเคราะห์ได้ เป็นขั้นตอนการประเมินความเข้มของลักษณะต่างๆ โดยใช้สเกลต่างๆ เช่น สเกลบอกระดับชั้น (Category scale) สเกลบอระดับคะแนน (Line scale) หรือสเกลประมาณค่า (Magnitude estimation) เป็นต้น

5.3 การจัดลำดับความรู้สึก (Order of perception) การจัดลำดับความรู้สึกต่อชนิด และระดับของลักษณะคุณภาพเป็นวิธีการที่เกี่ยวข้องกับเวลา การรับรู้ของประสาทสัมผัสแต่ละชนิดมีความไวแตกต่างกัน ซึ่งการวิเคราะห์นี้เป็นการจัดลำดับก่อนและหลังของความรู้สึกที่รับรู้ได้ตั้งแต่เริ่มชิม ขณะชิม และหลังจากการชิมตัวอย่างแล้ว

5.4 ความรู้สึกรวม (Overall impression) เป็นการวิเคราะห์ความรู้สึกจากการรับรู้ทุกด้านอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่าในบางครั้งความรู้สึกในแต่ละรายละเอียด เช่น รสชาติ เนื้อสัมผัส อาจจะน้อยเกินไป แต่เมื่อหลายคุณลักษณะมารวมกันจะได้ความรู้สึกรวมที่ดีได้ เช่น ความเข้มของรสชาติโดยรวม ความกลมกล่อม เป็นต้น

ในการทดสอบเชิงพรรณนา ต้องอาศัยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี ขั้นตอนการทดสอบจะเริ่มจากผู้ทดสอบประเมิน และบันทึกความรู้สึกเกี่ยวกับลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ที่ๆ ได้จากผลิตภัณฑ์ กำหนดคำศัพท์ และคำจำกัดความที่ใช้อธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้ กำหนดตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้เปรียบเทียบ จัดลำดับความสำคัญ และการรับรู้ของแต่ละลักษณะ พร้อมกำหนดสเกลคะแนน และฝึกฝนให้ผู้ทดสอบคุ้นเคยกับตัวอย่างอ้างอิง จากนั้นจึงเริ่มทดสอบตัวอย่าง

6. วิธีการประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์

การประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์เป็นวิธีการที่ใช้ตัวแทนผู้บริโภคเป้าหมายเป็นผู้ประเมิน การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์มีความสำคัญมากสำหรับกระบวนการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ และถูกนำมาใช้ในหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การสร้างแนวความคิดผลิตภัณฑ์ การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากสินค้าในตลาด การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบให้ตรงตามแนวความคิดหรือให้คล้ายกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่เลือกมาและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบสุดท้ายที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (เพ็ญขวัญ, 2550)

6.1 วัตถุประสงค์ของการประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์

6.1.1 เพื่อประเมินความชอบโดยรวมของผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์

6.1.2 เพื่อประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

6.1.3 เพื่ออนุมานการตอบสนองของผู้ประเมินโดยสร้างความสัมพันธ์กับฐาน ข้อมูลของแผนภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัสและ/หรือฐานข้อมูลค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์

6.2 วิธีการประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์

6.2.1 วิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ

วิธีการนี้จะสามารถวัดความชอบได้โดยตรง ผู้ประเมินจะได้รับตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง จะต้องเลือกว่าชอบตัวอย่างใดมากกว่า วิธีนี้จะวัดได้เฉพาะว่าผู้ประเมินชอบผลิตภัณฑ์หนึ่งมากกว่าอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถบอกได้ว่า ผู้ประเมินชอบผลิตภัณฑ์นั้นๆ มากน้อยแค่ไหนวิธีการนี้จะต้องใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 30 คน

6.2.2 วิธีการเรียงลำดับความชอบ

การนำวิธีการเรียงลำดับความชอบมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ประเมินเรียงลำดับความชอบที่มีต่อตัวอย่างตั้งแต่ 3 ตัวอย่างขึ้นไป โดยการเรียงลำดับความชอบจากชอบน้อยไปชอบมาก วิธีการนี้จึงควรใช้ตัวอย่างประมาณ 4 – 6 ตัวอย่าง เพื่อคัดเลือก

ตัวอย่างที่ผู้ประเมินชอบมาก 1 – 2 ตัวอย่าง เพื่อนำไปใช้ทดสอบการยอมรับต่อไปกับผู้จำนวนมากขึ้น เช่น 100 – 400 คน วิธีนี้ไม่สามารถบอกได้ว่าผู้ประเมินชอบหรือไม่ชอบตัวอย่างมากน้อยแค่ไหน และต้องใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 30 คน

6.2.3 วิธีการประเมินการยอมรับ

วิธีการประเมินการยอมรับเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากกว่าวิธีการประเมินความชอบ สามารถประเมินเพียง 1 ตัวอย่างหรือมากกว่าได้ ข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบว่าผู้ประเมินชอบผลิตภัณฑ์มากน้อยแค่ไหน นอกจากนั้นยังสามารถถามผู้ประเมินเรื่องความถี่ในการใช้หรือซื้อผลิตภัณฑ์ จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมจะนำไปใช้ในการประเมินผู้บริโภคเป้าหมายที่มีจำนวนมากๆ วิธีการประเมินการยอมรับที่นิยมใช้ ได้แก่

ก. วิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Scaling) วิธีการให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกลความชอบ 9 คะแนน เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน การวิเคราะห์ผลการประเมินความชอบอาจทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบ หากมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ตัวอย่างขึ้นไป จะสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการต่างๆ เช่น Duncan's New Multiple Range Test หรือ LSD หรือ Tukey เป็นต้น วิธีการนี้จะต้องใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 30 คน

ข. วิธีการวัดความถี่ในการบริโภค (Food Action Rating Scale; FACT) วิธีการนี้เป็นวิธีที่ผู้ประเมินบอกถึงความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้เช่นเดียวกับวิธีการให้คะแนนความชอบ หรืออาจใช้วิธีการวัดความถี่ในการบริโภคร่วมกับการให้คะแนนความชอบเพื่อตรวจสอบว่าความชอบหรือการยอมรับผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์จริง

ค. วิธีการใช้สเกลความพอดี (Just About Right Scale; JAR) การใช้สเกลความพอดีหรือความพอใจของผู้บริโภคเป็นวิธีการทั่วไปในการทดสอบตลาด การนำวิธีการนี้มาปรับใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จะช่วยในการตัดสินใจว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้วมีความเหมาะสมที่จะทดสอบตลาดหรือไม่ สามารถวัดความพอใจในภาพรวมของผลิตภัณฑ์หรือลักษณะเฉพาะที่กำหนด การวิเคราะห์ผลจากสเกลความพอดีทำได้โดยการนับความถี่แล้วคำนวณเป็น%

(Prinyawiwatkul, 2009)

7. สถิติที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัส

7.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Principle Component Analysis)

อนุวัตร (2549) กล่าวว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นวิธีการทางสถิติที่คัดเลือกหรือเอาโครงสร้างหรือสิ่งที่เหมือนกันออกจากเมทริกซ์ของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม (Variance-covariance matrix) หรือเมทริกซ์ของความสัมพันธ์ (Correlation matrix) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของข้อมูลเดิมโดยอธิบายความแปรปรวนได้สูงสุดและให้มีการสูญเสียข้อมูลน้อยที่สุด การแสดงข้อมูลแสดงได้ทั้งในรูปตารางความสัมพันธ์ของตัวแปรใหม่ (component) ที่สร้างจากตัวแปรเดิมหรือแสดงในรูปของแผนภาพ

7.2 การสร้างผังความชอบ (Preference mapping)

ผังความชอบของผู้บริโภค (Preference mapping) คือ วิธีการนำเสนอข้อมูลเชิงลึกในรูปแผนภาพ เพื่ออธิบายความชอบผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภค โดยการเก็บข้อมูลความชอบของผู้บริโภคหลังจากทดสอบชิมตัวอย่างอาหารโดยใช้สเกลการยอมรับโดยรวม การจัดลำดับความชอบหรืออื่นๆ ที่เป็นการวัดความต้องการผลิตภัณฑ์ จากนั้นค่าคะแนนความชอบจากผู้บริโภคจะถูกนำไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกันเพื่ออธิบายลักษณะข้อมูลทั้งหมดที่ได้โดยใช้เทคนิค Multivariate รวมไปถึงการวิเคราะห์ความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ของตัวอย่างอาหาร (Greenhoff and Macfie, 1994)

7.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบความพอใจ (Prinyawiwatkul, 2009)

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากสเกลความพอใจ ทำได้ดังนี้

- พิจารณาเฉพาะคำตอบที่ต้องการทราบ
- วิเคราะห์ JAR อย่างเดียว หรือวิเคราะห์ร่วมกับความเข้มของคุณลักษณะ หรือ

คะแนนความชอบจาก hedonic scaling

7.3.1 การวิเคราะห์ด้วย Binomial test

นักวิจัยบางท่านตั้งเกณฑ์จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดีของ JAR ไว้ที่ $\geq 70\%$ หมายถึงคุณลักษณะนั้นมีความพอดี ไม่ต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลของคุณลักษณะนั้นต่อไป

ก. กรณีที่มีการตั้งเกณฑ์จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดีของ JAR

- ถ้าจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดีของ JAR $\geq 70\%$ แสดงว่าคุณลักษณะนั้นมีความพอดี ไม่ต้องทำการวิเคราะห์ผลต่อ

- ถ้าจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดีของ JAR $< 70\%$ ต้องทำการวิเคราะห์ถ้าจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลไม่พอดี (non-JAR) ของแต่ละกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มากเกินไป (Too much) และกลุ่มที่น้อยเกินไป (Too weak) ว่ามีจำนวนผู้ทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ด้วยการใช้ binomial test

ขนาดตัวอย่างที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ด้วย binomial test คือผลรวมของจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลไม่พอดี (non JAR responses) โดยใช้การวิเคราะห์ผลด้วย binomial test แบบ 2 ทาง (two-tailed test)

ข. กรณีที่ไม่มีการตั้งเกณฑ์จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดีของ JAR

- เปรียบเทียบจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลไม่พอดี (non JAR) กับจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดี (JAR) โดยใช้ binomial test แบบ 2 ทาง (2-tailed test)

- ถ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดี (JAR) $>$ จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลไม่พอดี (non JAR) แต่ % ความแตกต่างไม่มากพอ ต้องทำการเปรียบเทียบระหว่าง % non JAR ทั้ง 2 กลุ่ม (กลุ่มที่เลือกสเกลมากเกินไป และกลุ่มที่เลือกสเกลน้อยเกินไป)

- ถ้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดี (JAR) $>$ จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลไม่พอดี (non JAR) และ % ความแตกต่างเห็นได้ชัดเจน ไม่ต้องทำการวิเคราะห์ต่อ

- ถ้าไม่มีความแตกต่างกัน ต้องทำการเปรียบเทียบ %non JAR ของทั้ง 2 กลุ่ม (มากเกินไปและน้อยเกินไป)

7.3.2 การวิเคราะห์ Signal-to-Noise Ratio (SNR)

SNR เป็นการประมาณความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย สามารถใช้กับการให้คะแนนความพอใจ โดยมีเป้าหมายอยู่ที่ค่าคะแนนตรงกลางของสเกล เช่น ค่า 3 ของสเกลแบบ 5 สเกล หรือ ค่า 2 ของสเกลแบบ 3 สเกล ค่า SNR สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$SNR = 1^n \sum_{i=1}^n [-10 \log ((X_i - m)^2 + k)]$$

เมื่อ i = ผู้ทดสอบชิม = 1, 2, 3, ... n
 X_i = คะแนนจากสเกลความพอใจที่ผู้ทดสอบแต่ละคนให้คะแนน
 m = ค่าคะแนนตรงกลางของสเกลความพอใจ (midpoint JAR scale value)
 k = ค่าคงที่เพื่อหลีกเลี่ยงการคำนวณ logarithm เท่ากับ 0 มีค่าตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5 โดยนิยมใช้ค่า 0.25

เพิ่มขึ้น

- เมื่อคะแนนเข้าใกล้ค่าคะแนนตรงกลาง (midpoint value) ค่า SNR จะเพิ่มขึ้น
- การสร้างกราฟจากสเกลความเข้มของ JAR (JAR intensity scale) บนแกน X และ ค่า SNR บนแกน Y จะทำให้เกิดกราฟรูป V คำว่า
- ค่า SNR ยิ่งสูง แสดงว่าคุณลักษณะนั้นเข้าใกล้ความพอใจ

7.3.3 Penalty (Mean drop) Analysis

การวิเคราะห์ Mean drop เป็นวิธีการตรวจสอบว่าคะแนน JAR โดยเฉพาะคะแนน JAR กลุ่มที่ไม่พอใจ (non JAR ratings) สำหรับคุณลักษณะใด คุณลักษณะหนึ่ง มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำให้คะแนนความชอบคุณลักษณะนั้นหรือความชอบรวมลดลง

การแปลผลอย่างง่าย ทำโดยแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มากเกินไป (Too high) กลุ่มที่พอใจ (JAR) และกลุ่มที่น้อยเกินไป (Too weak)

ใช้เกณฑ์จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลไม่พอดี (non JAR) = 20% โดยพิจารณาจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลไม่พอดีของ JAR ที่มีค่ามากกว่า 20% มาคำนวณค่า mean drop ตามสูตรดังนี้

Mean drop = คะแนนความชอบเฉลี่ยของกลุ่มผู้ทดสอบที่เลือกสเกลไม่พอดีของ JAR (non JAR group) – คะแนนความชอบเฉลี่ยของกลุ่มผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดีของ JAR (JAR group)

ผลที่ได้จากการคำนวณค่า Mean drop สามารถสรุปความหมายในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความหมายของค่า Mean drop

ค่า Mean Drop	ความหมาย
0.0 ถึง 0.99	ให้ความสำคัญในการปรับปรุงน้อยมาก (Very slightly concerning)
1.0 ถึง 1.49	ให้ความสำคัญในการปรับปรุงน้อย (Slightly concerning)
1.5 ถึง 1.99	ให้ความสำคัญในการปรับปรุงปานกลาง (Concerning)
≥2.0	ให้ความสำคัญในการปรับปรุงมาก (Very concerning)

Total penalty เป็นการวิเคราะห์โดยรวมว่าคุณลักษณะใดที่ต้องปรับปรุงคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

Total penalty = Mean drop x % คะแนนความชอบเฉลี่ยของกลุ่มไม่พอดี

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณสามารถแปลความหมายของค่า Total penalty ได้ดังนี้

ตารางที่ 8 ความหมายของค่า Total Penalty

ค่า Total Penalty	ความหมาย
$> 0.50 $	มีอิทธิพลสูงมาก (High impact)
$> 0.25 $	มีอิทธิพลเล็กน้อย (Noteworthy)

7.3.4 การวิเคราะห์โอกาส (Opportunity analysis)

การวิเคราะห์โอกาส เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความชอบในคุณลักษณะกับความชอบรวมของผลิตภัณฑ์

การสร้างกราฟ Opportunity analysis ทำโดยให้แกน Y เป็นโอกาส (Opportunity) หรือ % product rejectors และแกน X เป็นความเสี่ยง (Risk) หรือ % product acceptors แสดงความเสี่ยงที่เป็นไปได้ (หมายถึงการลดลงของสัดส่วนผู้ที่ชอบผลิตภัณฑ์) และโอกาส (หมายถึง การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนผู้ที่ชอบผลิตภัณฑ์)

การจำแนกกลุ่มผู้ที่ชอบ/ไม่ชอบคุณลักษณะและชอบ/ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 9 โดยพิจารณาความชอบจากคะแนน hedonic ≥ 6

ตารางที่ 9 การจำแนกกลุ่มของผู้บริโภคเพื่อวิเคราะห์โอกาส

	ผู้ที่ชอบผลิตภัณฑ์	ผู้ที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์
ผู้ที่ชอบคุณลักษณะ	B	C
ผู้ที่ไม่ชอบคุณลักษณะ	A	D
ผลรวม	B + A	C + D

แล้วนำมาคำนวณความเสี่ยง (Risk) และ โอกาส (Opportunity) ดังนี้

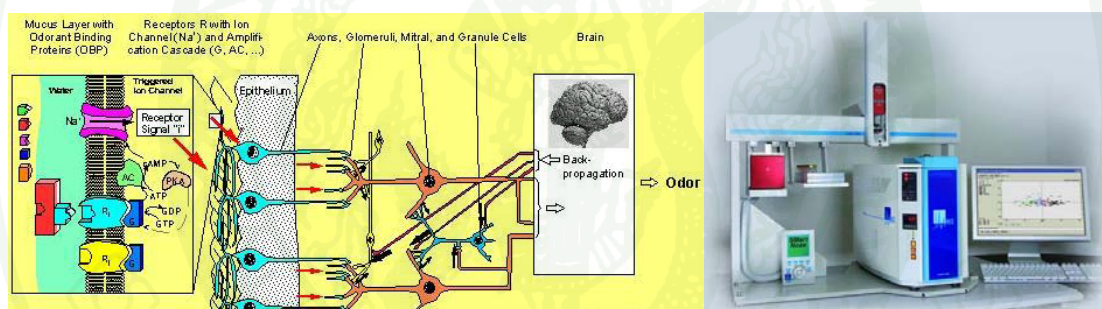
$$\text{ความเสี่ยง (Risk)} = [B / (A+B)] \times 100\%$$

$$\text{โอกาส (Opportunity)} = [D / (C+D)] \times 100\%$$

ผลที่ได้รับจากการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาจนำผู้บริโภคจากกลุ่ม D ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ชอบทั้งคุณลักษณะและผลิตภัณฑ์เปลี่ยนมาเป็นกลุ่ม B ซึ่งเป็นผู้ที่ชอบคุณลักษณะและผลิตภัณฑ์ เรียกว่า กลุ่มโอกาส (opportunity group) ในทางกลับกันถ้ากลุ่ม B เปลี่ยนมาเป็นกลุ่ม D เรียกว่ากลุ่มเสี่ยง (Risk group) ทั้งนี้การวิเคราะห์โอกาสจะช่วยในการตัดสินใจว่าควรทำการปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือไม่

8. จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic nose)

จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (electronic nose) หรือ E-nose เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อวัดกลิ่นเลียนแบบการทำงานของจมูกมนุษย์ เครื่องมือจะประกอบด้วยเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับกลิ่นและแยกแยะกลิ่นในตัวอย่างที่มีความซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายไม่สูง เครื่อง E-nose สามารถนำมาปรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอางค์ และยา (Peris and Gilabert, 2009)



ภาพที่ 4 แบบจำลองระบบการรับกลิ่นของมนุษย์กับระบบการตรวจสอบกลิ่นของเครื่อง electronic nose

ที่มา: Mahmoudi (2009)

เครื่อง E-nose เป็นเครื่องมือที่ถูกออกแบบเพื่อตรวจวัดและแยกแยะกลิ่นด้วยเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์เหล่านี้จะถูกฝึกด้วยสารประกอบทางชีวเคมี ให้จดจำและสร้างลักษณะของ fingerprint รูปแบบของ fingerprint จากตัวอย่างกลิ่นจะถูกสร้างเป็นฐานข้อมูล และให้เครื่องจดจำกลิ่นเพื่อใช้ในการแยกแยะหรือจำแนกกลิ่น เครื่อง E-nose จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ระบบการรับตัวอย่าง (sample handling system) ระบบการตรวจสอบกลิ่น (a detection system) และระบบการประมวลผล (a data processing system)

8.1 ระบบการรับตัวอย่าง (Sample handling system)

ระบบการรับตัวอย่างเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากและมีผลต่อการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง E-nose แต่บ่อยครั้งที่ผู้ปฏิบัติมักจะละเลย การนำสารประกอบที่ระเหยได้ในส่วนของ head space (HS) ของตัวอย่างเข้าสู่ระบบการตรวจสอบของ E-nose มีรายงานในหลายงานวิจัย เช่น ในงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจสอบน้ำชาด้วยเครื่อง E-nose ของ Yang *et al.* (2009) ต้องมีการเตรียมตัวอย่างปริมาณ 1 กรัมต่อน้ำเดือด 100 ml และบ่มตัวอย่างที่ 60 °C เพื่อให้เกิด head space ปริมาณที่เหมาะสมให้เครื่องสามารถตรวจวัดได้ ในงานวิจัยนี้เครื่อง E-nose ใช้เทคนิค Static head space (SHS) ประกอบด้วยการวางตัวอย่างที่บรรจุในขวดและปิดฝา ทำการบ่มจนเกิด head space ปริมาณที่เหมาะสม จากนั้นแขนวัดแบบอัตโนมัติ (an automatic HS sampler) จะฉีดก๊าซเข้าสู่ระบบตรวจสอบ (detector) นิยมใช้แขนวัดแบบอัตโนมัติมากกว่าเนื่องจากสามารถทำซ้ำได้ค่าที่แม่นยำ

8.2 ระบบการตรวจสอบกลิ่น (a detection system)

เครื่อง E-nose โดยทั่วไปจะประกอบด้วยเซ็นเซอร์รวมสำหรับรับกลิ่น เซ็นเซอร์ทางเคมีสามารถเปลี่ยนปริมาณสารเคมีไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วเชื่อมโยงกับความเข้มข้นของอนุภาคที่มีความจำเพาะ ประเภทของเซ็นเซอร์ที่ใช้ในเครื่อง E-nose สามารถตอบสนองโมเลกุลในภาวะที่เป็นก๊าซ ซึ่งอยู่ในรูปของสารระเหย ได้มีการพัฒนาเครื่อง E-nose เพื่อให้ประเภทของเซ็นเซอร์มีความหลากหลาย และสามารถอธิบายสารที่ตรวจสอบได้คร่าวๆ

8.3 ระบบการประมวลผล (a data processing system)

เทคนิคการจดจำรูปแบบ (pattern recognition techniques) จากการประมวลผลในเครื่อง E-nose ด้วยการตรวจสอบของเซ็นเซอร์ วิธีที่นิยมใช้ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; PCA) และ Artificial Neural Network; ANN

การใช้ E-nose ในอุตสาหกรรมอาหาร สามารถแบ่งตามลักษณะงานได้ดังนี้

1.) การติดตามและตรวจสอบคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิต เช่น Labreche *et al.* (2005) ใช้ E-nose ในการศึกษากลิ่นที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียระหว่างการเก็บรักษานมสด จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเครื่อง E-nose สามารถตรวจพบกลิ่นแบคทีเรียที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษานมสด จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เครื่อง E-nose ในการติดตามผลและควบคุมคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิตนม

2.) การศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหาร เช่น Gomez *et al.* (2007) ได้ศึกษากลิ่นที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาของส้มแมนดารินโดยใช้ E-nose พบว่ามีเพียงบางหัววัดเท่านั้นที่สามารถตรวจสอบกลิ่นที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาได้ ซึ่งต้องมีการเลือกใช้หัววัดที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยต่อไป

3.) การตรวจวัดความสดของอาหาร เช่น Vestergaard *et al.* (2007) ได้ใช้เครื่อง E-nose ในการตรวจสอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์เนื้อซึ่งเป็นส่วนประกอบบนหน้าพิซซ่า พบว่าสามารถใช้ E-nose ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์พิซซ่าในระหว่างการวางจำหน่ายที่ซูเปอร์มาเก็ต ทั้งนี้เพื่อเป็นตรวจสอบคุณภาพอาหารระหว่างการเก็บรักษาได้ด้วย

4.) การตรวจวิเคราะห์คุณภาพ และการจำแนกชนิด เช่น Yu *et al.* (2008) ได้ใช้เครื่อง E-nose ในการจำแนกชาเขียว Longjing ที่มีคุณภาพแตกต่างกัน พบว่าเครื่อง E-nose สามารถแยกแยะชาที่มีคุณภาพแตกต่างกันได้ถูกต้อง 100% ในขณะที่ Dutta *et al.* (2003) ใช้หัววัดชนิด metal oxide sensor (MOS) ในเครื่อง E-nose เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างชาที่แตกต่างกัน 5 ตัวอย่าง จากการวิจัยพบว่า E-nose สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างกลิ่นชาที่ผลิตจากสภาวะของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน เช่น ระยะเวลาการหมัก ระยะเวลาการให้ความร้อน เป็นต้น

9. การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis Critical Control Points)

การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis Critical Control Points; HACCP) เป็นระบบการประกันคุณภาพด้านความปลอดภัยของอาหารที่เป็นที่ยอมรับกันว่าสามารถป้องกันอันตราย หรือสิ่งปนเปื้อนทางด้านชีวภาพ เคมี และกายภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นระบบควบคุมการผลิตอาหารที่ผ่านการรับรองโดยคณะกรรมการโครงการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission) เมื่อมิถุนายน 2540

ระบบ HACCP เป็นระบบที่มุ่งเน้นการป้องกันปัญหา เป็นแนวคิดของการควบคุมการผลิตที่ประกอบด้วยการวินิจฉัย และประเมินอันตรายของอาหารที่อาจเกิดขึ้นกับผู้บริโภค ตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง จนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค รวมทั้งการสร้างระบบควบคุมกระบวนการผลิต (Process Control) เพื่อกำจัดหรือลดสาเหตุที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค ระบบ HACCP เป็นระบบควบคุมซึ่งเน้นการป้องกันอันตรายในกระบวนการผลิตมากกว่าการทดสอบที่ผลิตภัณฑ์สุดท้าย (สุวิมล, 2545)

ระบบ HACCP ประกอบด้วยหลักการสำคัญ 7 ประการ คือ

หลักการที่ 1 วิเคราะห์อันตราย

หลักการที่ 2 กำหนดจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Critical Control Point; CCP)

หลักการที่ 3 กำหนดค่าวิกฤต (Critical Limits)

หลักการที่ 4 กำหนดระบบตรวจติดตามเพื่อควบคุมจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม

หลักการที่ 5 กำหนดการแก้ไข

หลักการที่ 6 กำหนดการทวนสอบ

หลักการที่ 7 กำหนดระบบเอกสารและการเก็บบันทึกข้อมูล

จากหลักการทั้ง 7 ประการข้างต้น สามารถสรุปเป็นกลยุทธ์การจัดทำระบบ HACCP เป็น 3 ประการ คือ

1.) การวิเคราะห์อันตราย (Hazard Analysis) โดยวิเคราะห์อันตรายต่างๆ ที่มีโอกาสเกิดขึ้นจริงในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต

2.) กำหนดจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Critical Control Point Determination) ซึ่งหมายถึงการหาจุดหรือขั้นตอนที่สามารถควบคุมอันตรายต่างๆ ที่ระบุเหล่านั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ จุดหรือขั้นตอนดังกล่าว เรียกว่า จุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Critical Control Point; CCP)

3.) การจัดการ ณ จุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Management of CCPs) เพื่อป้องกันไม่ให้อันตรายของอาหารปนเปื้อนสู่ผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

- 1.1 ยอดชาสดพันธุ์อุหลงเบอว์ 12 (*Camellia sinensis* var. *Sinensis*) จากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จ.เชียงใหม่
- 1.2 ชาวก๊อ้งพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 (Hom-mali) จากศูนย์วิจัยชาวดอกมะลิ
- 1.3 ชาวก๊อ้งพันธุ์ชาวดอกมะลิ 6 (RD 6) จากศูนย์วิจัยชาวดอกมะลิ
- 1.4 ชาวก๊อ้งพันธุ์ชาวดอกมะลิ 1 (DOA1) จากศูนย์วิจัยชาวดอกมะลิ
- 1.5 ชาเขียวญี่ปุ่นชนิดเซนชา (Sencha) ตราอุจิโนะซึยู ชนิดซอง (Ujinotsuyu seicha Co., Ltd., Japan)
- 1.6 ชาเขียวญี่ปุ่นชนิดบันชา (Bancha) ตราไดโกะ-โชเท็น (Daigo-shoten Co., Ltd., Japan)
- 1.7 ชาเขียวญี่ปุ่นชนิดผงมัทชา (Matcha) ตราอิโตะ (Itoen Co., Ltd., Japan)
- 1.8 ชาเขียวผสมชาวก๊อว์ (Genmaicha) ตราอุจิโนะซึยู ชนิดซอง (Ujinotsuyu seicha Co., Ltd., Japan)

2. สารเคมี

- | | |
|--------------------------------|------------------|
| 2.1 Caffeine | HPLC Grade |
| 2.2 Catechin: EGCG | HPLC Grade |
| 2.3 Acetonitrile | Analytical Grade |
| 2.4 Citrate buffer | Analytical Grade |
| 2.5 Potassium phosphate buffer | Analytical Grade |
| 2.6 Hydroxyapatite | Analytical Grade |
| 2.7 Sodium Chloride | Analytical Grade |
| 2.8 Ferrous Sulphate | Analytical Grade |
| 2.9 Potassium Sodium Tartrate | Analytical Grade |
| 2.10 Guajacol | Analytical Grade |

3. อุปกรณ์ในการผลิตชาเขียว และชาอู่หลง

- 3.1 ตู้อบลมร้อน (Tray dryer; รุ่น BWS, บริษัท บี ดับบลิว เอส จำกัด, ประเทศไทย)
- 3.2 เครื่องคั่ว (Roaster; รุ่น BWS, บริษัท บี ดับบลิว เอส จำกัด, ประเทศไทย)
- 3.3 เครื่องบดของแห้ง
- 3.4 เครื่องนวดชา
- 3.5 ซองเยื่อกระดาษบรรจุชา (บริษัท ยูนิแพ็คเซ็นเตอร์ จำกัด, ประเทศไทย)
- 3.6 เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน (Sealer; รุ่น Kingstar PFS-F350x2, บริษัท เบทเตอร์แพค จำกัด, ประเทศไทย)
- 3.7 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น BWS 6, บริษัท บี ดับบลิว เอส จำกัด, ประเทศไทย)

4. อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพ

- 4.1 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ
 - 4.1.1 เครื่องวัดค่าสี (Lovibond PFX195, The Tintometer Limited, UK)
 - 4.1.2 เครื่องวัด a_w (MS1 Set-aw, Novasina, Switzerland)
- 4.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี
 - 4.2.1 ชุดอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis) ได้แก่ ความชื้น และเถ้า
 - 4.2.2 ตู้อบแห้ง (Hot air oven)
 - 4.2.3 อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีน และปริมาณ Epigallocatechin gallate (EGCG)
 - 4.2.4 เครื่อง High Performance Liquid Chromatograph (HPLC)
 - 4.2.5 เครื่อง Electronic nose (Fox 3000, France)
 - 4.2.6 ขวด vial และฝา สำหรับเครื่อง E-nose
 - 4.2.7 เครื่อง Spectrophotometer (Helios Alpha v4.60 UV-vis Spectronic, Germany)

4.3 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.3.1 อุปกรณ์ทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ถ้วยบรรจุชาเซรามิกพร้อมฝา แก้ว กระจกใส แก้วน้ำพลาสติก กระติกน้ำร้อน ขวดสุญญากาศเก็บความร้อน และอุปกรณ์เครื่องเขียน

4.3.2 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.3.3 Munsell book

5. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล และรายงานผล

5.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

5.2 โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS version 16.0

5.3 โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ XL Stat version 2006

5.4 โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ Alpha Soft version 12.0

วิธีการ

1. การสำรวจผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดขงร้อนและชาเขียวผสมข้าวคั่วที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด

การสำรวจข้อมูลทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดขงร้อน และชาเขียวผสมข้าวคั่วที่มีวางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต 10 แห่ง ร้านค้าปลีก 3 แห่ง และร้านจำหน่ายชา 2 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร ระหว่างปีพ.ศ. 2551 – 2554 โดยการสังเกต และบันทึกรายละเอียดของข้อมูล ได้แก่ ตรายี่ห้อ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ น้ำหนัก ราคาต่อบรรจุภัณฑ์ บริษัทผู้ผลิต บริษัทผู้จัดจำหน่าย และคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการชงชาของผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดขง

การคัดเลือกตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาดเพื่อนำมาใช้สำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อชาเขียวผสมข้าวคั่ว

2. การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว

2.1 การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดขงร้อนและชาเขียวผสมข้าวคั่ว

2.1.1 การจัดทำแบบสอบถาม (ภาคผนวก ข) ประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การสำรวจข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ การศึกษา และรายได้

ส่วนที่ 2 การสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภคเครื่องดื่มชาเขียวชนิดขงร้อน ได้แก่ ความถี่ในการบริโภค ช่วงเวลาในการบริโภค รูปแบบในการบริโภค ปริมาณที่บริโภคต่อครั้ง วัตถุประสงค์ในการบริโภค สถานที่ในการบริโภค สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์ที่เลือกซื้อ รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่เลือกซื้อ ราคาที่ซื้อต่อหน่วย และปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

ส่วนที่ 3 การสำรวจข้อมูลด้านความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว

ส่วนที่ 4 การทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

2.1.2 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sampling size)

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง อ้างอิงหลักการทางสถิติของ Churchill (2001) ที่ว่าแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยเป็นการสอบถามปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยใช้ 9 point hedonic scale (1-ไม่ชอบมากที่สุด, 9-ชอบมากที่สุด) จะมีค่า est.Q เท่ากับ 2.9-5.3 โดยใช้สูตรคำนวณ

$$n = \frac{Z^2 (\text{est.Q})^2}{H^2}$$

โดยที่ n = ขนาดตัวอย่าง

Z = ค่ามาตรฐานของระดับความเชื่อมั่นที่ 95% มีค่าเท่ากับ 1.96

est.Q = ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณที่ยอมให้เกิดขึ้นได้

H = ความเที่ยงตรงของข้อมูล มีค่าเท่ากับ 0.5

เมื่อทำการแทนค่าในสมการ จะได้ค่าขนาดกลุ่มตัวอย่าง (n) = 130 – 433
ในงานวิจัยนี้ กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในการสำรวจข้อมูลเท่ากับ 200 คน

2.1.3 การทดสอบความเข้าใจและความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม โดยทำการทดสอบแบบสอบถามเบื้องต้นกับบุคคลทั่วไป จำนวน 30 ชุด และทำการแก้ไขให้สมบูรณ์

2.1.4 การทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อนที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

การทดสอบความชอบของผู้บริโภคเป้าหมาย (ดื่มชาเขียวร้อนอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง) ที่มีต่อชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์ 7 รายการที่คัดเลือกมาจากการซื้อ 1 (การสำรวจตลาด) ดังตารางที่ 10 ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 200 คน โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 point hedonic scale (1-ไม่ชอบมากที่สุด, 9-ชอบมากที่สุด) ทำการทดสอบพร้อมกับการสำรวจพฤติกรรมและ

ความต้องการของผู้บริโภค (แบบสอบถาม ส่วนที่ 2) และการสำรวจข้อมูลด้านความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อชาเขียวผสมข้าวคั่ว (แบบสอบถาม ส่วนที่ 3) โดยใช้การประเมินในศูนย์ประเมินกลางชุมชน (Central Location Test; CLT) ได้แก่ หน่วยงานราชการ มหาวิทยาลัย บริษัทเอกชน และโบสถ์คริสต์ การเตรียมตัวอย่างทำโดยชงตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่ว ปริมาณ 2 กรัมต่อชงด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C (อุณหภูมิที่เหมาะสมในการชงชาเขียวแบบญี่ปุ่น) ปริมาตร 200 ml โดยใช้ถ้วยกระเบื้องเซรามิกสีขาว แช่ชาเป็นเวลา 5 นาที แล้วยกชงชาออก เทใส่ขวดเก็บความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิขณะเสิร์ฟตัวอย่าง ผู้บริโภคได้รับเสิร์ฟตัวอย่างน้ำชาที่มีอุณหภูมิประมาณ 60°C ปริมาณตัวอย่างที่ได้รับ 30 ml เสิร์ฟตัวอย่างทีละ 1 ตัวอย่าง ระหว่างการทดสอบตัวอย่างใช้ขนมปังแครกเกอร์ชนิดจืด และน้ำเปล่าเพื่อขจัดสิ่งตกค้าง ผู้บริโภคประเมินความชอบในคุณลักษณะด้านสี ความใส กลิ่น กลิ่นรส รสขม และความชอบรวม

ตารางที่ 10 ตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์ที่ใช้ในการทดสอบ

ชนิดของชาเขียวผสม ข้าวคั่ว	ประเภทของชาเขียว ที่เป็นวัตถุดิบ	ผู้ผลิต	รหัส
D : ชาใบ (dried leaf tea)	ไม่ระบุ	A : MEI-YO Co., Ltd, Japan	D-A
	Bancha	B : ITOEN Co., Ltd., Japan	D-B ₁
	Matcha	B : ITOEN Co., Ltd., Japan	D-B ₂
	Sencha	C : UJINOTSUYU SEICHA Co., Ltd, Japan	I-C ₁
I : ชาชนิดชง (Infusion tea/tea bags)	Matcha	C : UJINOTSUYU SEICHA Co., Ltd, Japan	I-C ₂
	ไม่ระบุ	B : ITOEN Co., Ltd., Japan	I-B
	ไม่ระบุ	D : Dongsoh, Ltd., Korea	I-D

2.1.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ โดยวิเคราะห์ผลแบบนับความถี่ (%) และข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความชอบนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในในบล็อกอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) สำหรับข้อมูลที่ได้จากการประเมินทางประสาทสัมผัส และเปรียบเทียบความ

แตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วแต่ละตรา ยี่ห้อด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

3. การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

3.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive analysis) ของชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive Analysis) ตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วกล้องคั่ว โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1.1 ตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ใช้ในการทดสอบ และการเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์ จำนวน 7 ตรา ยี่ห้อที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด กรุงเทพมหานคร จำนวน 7 ตัวอย่าง นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น 6 ตัวอย่าง และสาธารณรัฐเกาหลี 1 ตัวอย่าง (ตารางที่ 10) การเตรียมตัวอย่างทำโดยชงตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่ว ปริมาณ 2 กรัมต่อซอง ด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C ปริมาตร 200 ml โดยใช้ถ้วยกระเบื้องเซรามิกสีขาว แช่ชาเป็นเวลา 5 นาที แล้วยกซองชาออก เตรียมตัวอย่างน้ำชา 3 แก้วต่อตัวอย่าง เทใส่ในขวดเก็บความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิก่อนการเสิร์ฟตัวอย่างน้ำชา

3.1.2 ผู้ทดสอบที่ใช้ในการทดสอบ

ผู้ทดสอบที่ใช้ในการทดสอบ เป็นผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 8 คน จากหน่วยวิจัยทางประสาทสัมผัสและผู้บริโภค (Kasetsart University Sensory and Consumer Research Unit; KUSCR) ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.3 การพัฒนาคำศัพท์ คำจำกัดความ วิธีการประเมินและตัวอย่างอ้างอิง

ผู้ทดสอบจะเริ่มพัฒนาคำศัพท์จากตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ได้รับแล้ว บันทึกลักษณะของตัวอย่างตามความรู้สึกโดยครอบคลุมถึงลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความรู้สึกภายในปาก และความรู้สึกตกค้างภายในปาก รวบรวมผลของลักษณะทั้งหมดที่พบ ตัดคำ

ที่มีความหมายเหมือนกันออก รวมทั้งตัดลักษณะที่มีผู้พบเพียงคนเดียวออก และสรุปลักษณะเพื่อใช้ต่อไป จากนั้นให้คำนิยามคำศัพท์หรือความหมายคำศัพท์ของลักษณะเหล่านั้น วิธีการประเมินกำหนดตัวอย่างอ้างอิง และคะแนนความเข้มของตัวอย่างอ้างอิงที่เป็นตัวแทนของคำศัพท์นั้นๆ ตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้ ได้แก่ ชาเขียวญี่ปุ่น (ชนิดเซนชา บันชา และมัทชา) และชาจีน เป็นต้น กำหนดทิศทางของสเกลเช่น น้อยไปมากหรืออ่อนไปเข้ม ใช้สเกลการให้คะแนนแบบตัวเลข 0-15 ซึ่งแบ่งออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ 0.5 คะแนน ใบคะแนนการทดสอบแสดงดังภาคผนวก ก

3.1.4 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

การฝึกฝนผู้ทดสอบเกี่ยวกับลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ที่ได้พัฒนาขึ้นทีละลักษณะ โดยใช้ตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่ว 3 ตัวอย่างที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน ฝึกฝนให้ผู้ทดสอบเกิดความคุ้นเคยและทำความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับคำศัพท์ที่พัฒนาขึ้น รวมทั้งฝึกการให้คะแนนระดับความเข้มของแต่ละลักษณะ โดยให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่าง และแต่ละคนให้คะแนนระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ลงในแบบทดสอบ จากนั้นชานคะแนนร่วมกันแล้วหาข้อสรุปสำหรับระดับความเข้มของแต่ละลักษณะ หากผู้ทดสอบคนใดให้คะแนนแตกต่างออกจากกลุ่ม ให้ทดสอบตัวอย่างนั้นเทียบกับตัวอย่างอ้างอิงอีกครั้ง แล้วปรับระดับการให้คะแนนให้ใกล้เคียงกับคะแนนของทั้งกลุ่มมากขึ้น ฝึกฝนต่อจนกระทั่งผู้ทดสอบทั้ง 8 คน มีการให้คะแนนในแต่ละลักษณะใกล้เคียงกัน และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ค่า $S.D. \leq 1.00$)

3.1.5 การทดสอบตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่ว

การทดสอบตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่ว โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา นำเสนอตัวอย่างโดยสุ่มเลขรหัส 3 หลัก ผู้ทดสอบจะได้รับทีละตัวอย่างและทำการประเมินตัวอย่างความเข้มตามลำดับการเกิดโดยเริ่มจาก ประเมินลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความรู้สึกภายในปาก และความรู้สึกตึงภายในปาก ทดสอบตัวอย่างน้ำชาที่มีอุณหภูมิขณะเสิร์ฟ 60°C ใช้แบบทดสอบดังภาคผนวก ค ระหว่างการทดสอบตัวอย่างใช้ขนมปังแครกเกอร์ชนิดจืด และน้ำเปล่าเพื่อขจัดสิ่งตกค้าง ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ การทดสอบตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่ว 7 ตัวอย่าง แบ่งการทดสอบได้เป็น 2 ครั้ง ครั้งแรก 3 ตัวอย่าง และครั้งที่สอง 4 ตัวอย่าง พักระหว่างชุดการทดสอบอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เนื่องจากน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วมีรสขมตกค้าง

3.1.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในในบล็อกอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) สำหรับข้อมูลที่ได้จากการประเมินทางประสาทสัมผัส และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างคราที่ยี่ห้อด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) วิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; PCA) และนำข้อมูลด้านลักษณะทางประสาทสัมผัสร่วมกับข้อมูลด้านความชอบของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์มาสร้างผังความชอบ (Preference Mapping) ด้วยโปรแกรมสถิติ XL Stat version 2006 เพื่อกำหนดคุณลักษณะสำคัญที่มีผลต่อความชอบของผู้บริโภค ทั้งนี้เพื่อใช้ในการหาแนวคิดผลิตภัณฑ์ (product concepts) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่จะพัฒนาต่อไปให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และคัดเลือกผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

3.2 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

3.2.1 ค่าสี L^* , a^* , b^* ของน้ำชาในระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสี Lovibond Colorimeter โดยวัดค่าสีของน้ำชา ชงชาปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำร้อน 200 ml บันทึกค่า L^* , a^* และ b^*

3.2.2 ค่า Transmittance (%) ของน้ำชา วัดด้วยเครื่องวัดสี Lovibond Colorimeter แหล่งกำเนิดแสง D65 โดยวัดค่า T (%) ของน้ำชา ชงชาปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำร้อน 200 ml บันทึกค่า T (%)

3.3 การประเมินคุณภาพของกลิ่นและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด โดยใช้เครื่อง electronic nose (E-nose)

3.3.1 ตัวอย่างชาผสมข้าวคั่วที่ใช้ในการทดสอบและการเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่ว จำนวน 7 ตราห่อที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด กรุงเทพมหานคร นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น 6 ตัวอย่าง และสาธารณรัฐเกาหลี 1 ตัวอย่าง นำตัวอย่างชา 1 กรัม ชงด้วยน้ำเดือดปริมาตร 50 ml แช่ชาเป็นเวลา 5 นาที และกรองด้วยกระดาษกรองชา จากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 25°C ปิเปตตัวอย่าง 3.0 มิลลิลิตรลงในขวด vial และปิดฝา (Yang *et al.*, 2009)

3.3.2 การกำหนดสภาวะในการทดสอบ

การทดสอบทำโดยนำตัวอย่างน้ำชาที่เตรียมไว้ใน vial วางบนถาด แล้วนำเข้าเครื่อง electronic-nose รุ่น Fox 3000 (France) ซึ่งมีหัววัด 12 หัววัด อุณหภูมิในการบ่มตัวอย่างที่ 60°C เป็นเวลา 900 วินาที อัตราการไหลของก๊าซ 150 ml/min ตัวอย่างก๊าซที่ได้บริเวณ head space จะถูกดูดเข้าไปในเครื่อง E-nose แล้วให้ค่าเป็น response sensitivity ของกลิ่น

หัววัด (sensors) ที่ใช้ในเครื่อง electronic nose รุ่น Fox 3000 (France) และขอบเขตความเป็นไปได้ในการตรวจวัดของหัววัดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 11

3.3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การนำข้อมูลที่จากเครื่อง E-nose มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Alpha Soft version 12.0 เพื่อจัดกลุ่มด้วยวิธีวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis; FA) วิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; PCA) และหาค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (The coefficient of determination; R^2) ระหว่างข้อมูลการทดสอบเชิงพรรณนา กับข้อมูลจากเครื่อง E-nose

ตารางที่ 11 ประเภทของหัววัดและความเป็นไปได้ในการตรวจสอบกลิ่นหรือองค์ประกอบทางเคมีของหัววัดต่างๆ

หัววัด	ขอบเขตความเป็นไปได้ในการตรวจวัด
T30/1	กลิ่นหืน เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ น้ำหอม การหมัก สีและพอลิเมอร์
PA/2	ความสดของอาหาร และสิ่งแฉะลื้อม
T70/2	กลิ่นอาหาร กลิ่นธรรมชาติ กลิ่นระเหย และปิโตรเคมี
P40/1	สิ่งแฉะลื้อม ภาชนะบรรจุ และ trichloroanisol
P10/1	Cooking Roasting ผลิตภัณฑ์นม ความสดของอาหาร อาหารสัตว์ และปิโตรเคมี
P10/2	Cooking Roasting ผลิตภัณฑ์นม ความสดของอาหาร อาหารสัตว์ และปิโตรเคมี
LY2/LG	ความสดของอาหาร และสิ่งแฉะลื้อม
	สิ่งแฉะลื้อม ภาชนะบรรจุ และ trichloroanisol
LY2/G	ความสดของอาหาร และสิ่งแฉะลื้อม
	สิ่งแฉะลื้อม ภาชนะบรรจุ trichloroanisol และการควบคุมคุณภาพอากาศ
LY2/AA	กลิ่นหืน เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ น้ำหอม การหมัก สีและพอลิเมอร์
LY2/GH	ความสดของอาหาร และสิ่งแฉะลื้อม
LY2/gCTL	ความสดของอาหาร และสิ่งแฉะลื้อม
LY2/gCT	Cooking Roasting ผลิตภัณฑ์นม ความสดของอาหาร อาหารสัตว์ และปิโตรเคมี

ที่มา: Alpha M.O.S. (2003)

4. การพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว

4.1 การพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์

การพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตลาด การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค และการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ตามข้อ 1 2 และ 3 รวมถึงผลที่วิเคราะห์ได้มาสร้างแนวความคิดผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

4.2 การทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์ (Concept testing)

การทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว โดยใช้ผู้บริโภค จำนวน 100 คน เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ ประโยชน์เพิ่มเติมที่ผู้บริโภคต้องการจากชาเขียวผสมข้าวคั่ว โดยผู้บริโภคจะได้รับรายละเอียดของแนวความคิดผลิตภัณฑ์เป็นตัวอักษร ผู้บริโภคแสดงความคิดเห็นว่ามีความเข้าใจต่อแนวความคิดผลิตภัณฑ์ที่ได้หรือไม่ รวมถึงมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงเพิ่มเติมคุณสมบัติใดของผลิตภัณฑ์ แบบสอบถามแสดงดังภาคผนวก ง

5. การศึกษากระบวนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

5.1 การคัดเลือกพันธุ์ใบชา

การคัดเลือกพันธุ์ใบชาที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียว มีหลักเกณฑ์ดังนี้

- คัดเลือกพันธุ์ใบชาที่เกษตรกรปลูกเป็นการค้าสำหรับใช้ผลิตชาเขียว
- เป็นพันธุ์ที่มีการเพาะปลูกอย่างแพร่หลาย และหาซื้อได้

การคัดคุณภาพใบชาสด มีหลักเกณฑ์ดังนี้

- เลือกใช้เฉพาะยอดอ่อนใบชา 3 ใบแรก และศึกษาลักษณะทั่วไป
- คัดแยกกำหนดได้แก่ ใบช้ำ ใบที่ฉีกขาดและเปลี่ยนสี โรคและแมลง
- ชั่งน้ำหนักของใบชาสดที่คัดคุณภาพได้ เพื่อหา % yield ของใบชาสด ทำการ

ทดลอง 3 ซ้ำ

5.2 การคัดเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวระดับครัวเรือน

- 5.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการนึ่งใบชาเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์
- 5.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการลดความชื้นในใบชา
- 5.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการนวดใบชา
- 5.2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการอบแห้งใบชา

การคัดเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตชาเขียวระดับครัวเรือนมีเกณฑ์ดังนี้

-เป็นเครื่องมือและอุปกรณ์ขนาดเล็กที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

- ใช้กับการผลิตใบชาสดครั้งละไม่เกิน 1 กิโลกรัมต่อวัน
- สำหรับพลังงานใช้ได้กับเตาถ่าน และเตาแก๊ส
- หากเป็นไฟฟ้าต้องเป็นไฟฟ้าเฟสเดียว 220 โวลท์

5.3 การศึกษากระบวนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

5.3.1 ศึกษาเวลาในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) โดยการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน

ก. การศึกษาปริมาณของใบชาที่เหมาะสมในการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน

การศึกษารายละเอียดของใบชาที่เหมาะสมในการนึ่ง โดยใช้ถังถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร ปริมาณใบชาที่ทำการศึกษา ได้แก่ 100 200 300 400 และ 500 กรัม โดยเกลี่ยใบชาใส่ถังถึงให้มีความหนาสม่ำเสมอ สังกัดลักษณะของใบชาที่ได้จะต้องมีสีที่สม่ำเสมอ ไม่มีใบช้ำหรือตะไคร่น้ำเนื่องจากได้รับความร้อนมากเกินไป ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ข. การศึกษาเวลาในการยับยั้งเอนไซม์ polyphenol oxidase โดยการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน

การศึกษาระยะเวลาการนึ่งใบชา (ภาพที่ 5) โดยนำวัตถุดิบใบชาที่คัดคุณภาพแล้ว ปริมาณ 200 กรัม นึ่งใบชาโดยใช้ระยะเวลา 30 45 60 75 และ 90 วินาที วัดกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (activity of polyphenol oxidase; PPO) ด้วยวิธี rapid method (Matuschek and Svanberg, 2005) โดยการสกัดเอนไซม์ด้วยสารละลาย 0.2 M โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.0 ที่มีโพลีฟีนอลไพโรลิโดน (PVP) 1% และ Triton x-100 0.5% นำสารละลายใส่หลอดทดลอง แล้วเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.5% และสารละลาย Guaiacol 100 μ l จากนั้นทิ้งไว้ 3.5 นาที สังเกตสีในหลอดทดลอง ถ้ามีกิจกรรมของเอนไซม์จะมีสีน้ำตาลแดงเกิดขึ้น ดังรายละเอียด

ในภาคผนวก ก ข้อ 2 คัดเลือกระยะเวลาการนึ่งใบชาที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากระยะเวลาน้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ได้ (ไม่เกิดสีน้ำตาลแดงในหลอดทดลอง) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ยอดใบชาสด ปริมาณจากข้อ 5.3.1 ก.



คัดคุณภาพ

(ยอดชา 3 ใบแรก)



นึ่งด้วยไอน้ำร้อน เป็นเวลา 30 45 60 75 และ 90 วินาที



วัดกิจกรรมของเอนไซม์ด้วยวิธี rapid method (Matuschek and Svanberg, 2005)

โดยสังเกตสีน้ำตาลแดงที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง เลือกระยะเวลาที่สีหายไป

ภาพที่ 5 การศึกษาเวลาในการยับยั้งเอนไซม์โดยการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน

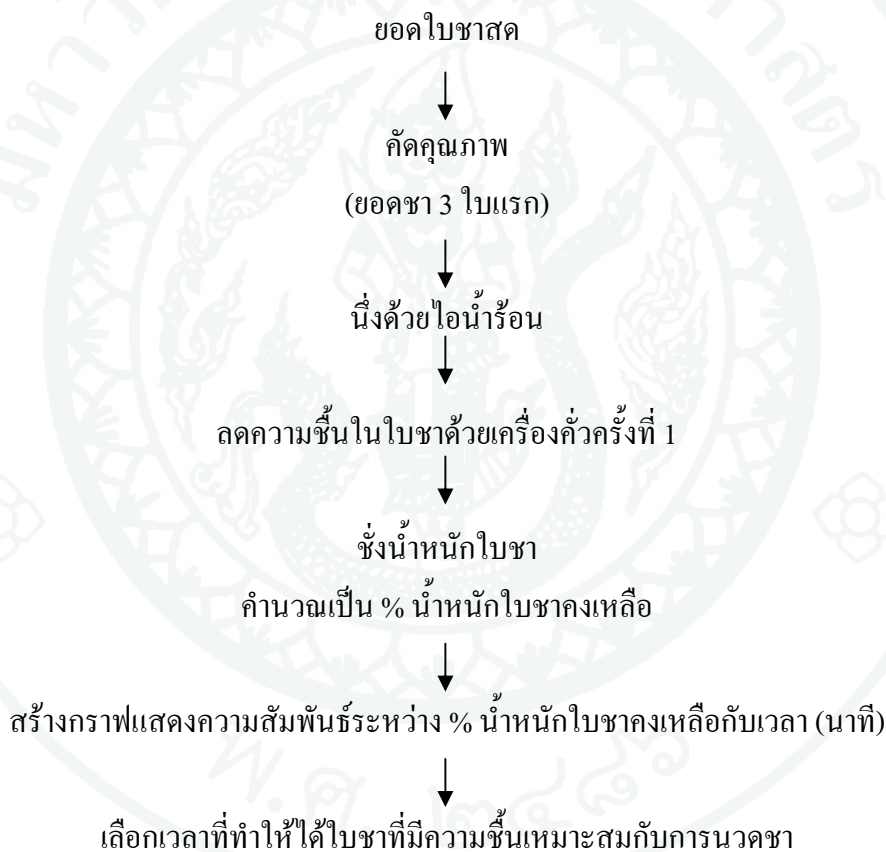
5.3.2 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาสำหรับการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1

ก. การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1

การศึกษานี้เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 โดยนำใบชาที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 1 นาที มาศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่ว ครั้งที่ 1 จากรายงานของสันต์ (2537) และ Hara (2000) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคั่วเพื่อลดความชื้นอยู่ในช่วง 70 – 90°C และน้ำหนักคงเหลือของใบชาอยู่ในช่วง 44 – 60% ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษานี้ในการลดความชื้นที่ 70 80 และ 90°C โดยสุ่มตัวอย่างออกมาสังเกตคุณภาพของใบชาที่ได้ และวัดค่า % น้ำหนักคงเหลือของใบชาเมื่อผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ข. การศึกษาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 1

การหาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 1 (ภาพที่ 6) โดยนำใบชาที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 1 นาที อุณหภูมิในการลดความชื้น 80°C ศึกษาระยะเวลาการลดความชื้นด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 1 ในระยะเวลา 5 10 15 20 25 และ 30 นาที วัดค่า % น้ำหนักคงเหลือของใบชา และสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % น้ำหนักคงเหลือของใบชา กับเวลา (นาที) เลือกระยะเวลาที่ทำให้ได้ใบชาที่มีความชื้นเหมาะสมสำหรับการนวดชา คือ ใบชาที่ได้จะต้องมีสีเขียวสม่ำเสมอ ไม่ไหม้ กรอบ หรือแตกเป็นผงในขณะนวดชา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ



ภาพที่ 6 การศึกษาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 1

5.3.3 ศึกษาเวลาในการนวดใบชา

ก. การศึกษาปริมาณของใบชาที่เหมาะสมในการนวดชาด้วยเครื่องนวด

การศึกษาปริมาณใบชาที่ใช้ในเครื่องนวดชา โดยนำใบชาที่ผ่านการนึ่ง 1 นาที ลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องถั่วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 20 นาที ศึกษาปริมาณของใบชาที่เหมาะสมในการนวดด้วยเครื่องนวด ปริมาณของใบชาที่ทำการศึกษาได้แก่ 30 40 50 60 และ 70 กรัม ทำการนวดชา บันทึกลักษณะของใบชาที่ได้ โดยพิจารณาจากใบชาที่ได้จะต้องแตก มีลักษณะคล้ายน้ำมันเคลือบบนใบชา ใบชาມ່ວນเป็นเกลียว แต่ไม่ละเอียดหรือเป็นผงมากเกินไป ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ข. การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการนวดใบชาด้วยเครื่องนวด

การศึกษาเวลาในการนวดใบชาด้วยเครื่องนวด (ภาพที่ 7) โดยนำใบชาที่ผ่านการนึ่ง 1 นาที ลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องถั่วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 20 นาที ปริมาณใบชา 200 กรัม นวดใบชาด้วยเครื่องนวด เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 นาที คัดเลือกเวลาที่เหมาะสมจากลักษณะปรากฏของใบชาที่ได้ โดยใบชาจะต้องแตก มีน้ำมันเคลือบใบชา และใบชาມ່ວນเป็นเกลียว ทำการทดลอง 3 ซ้ำ



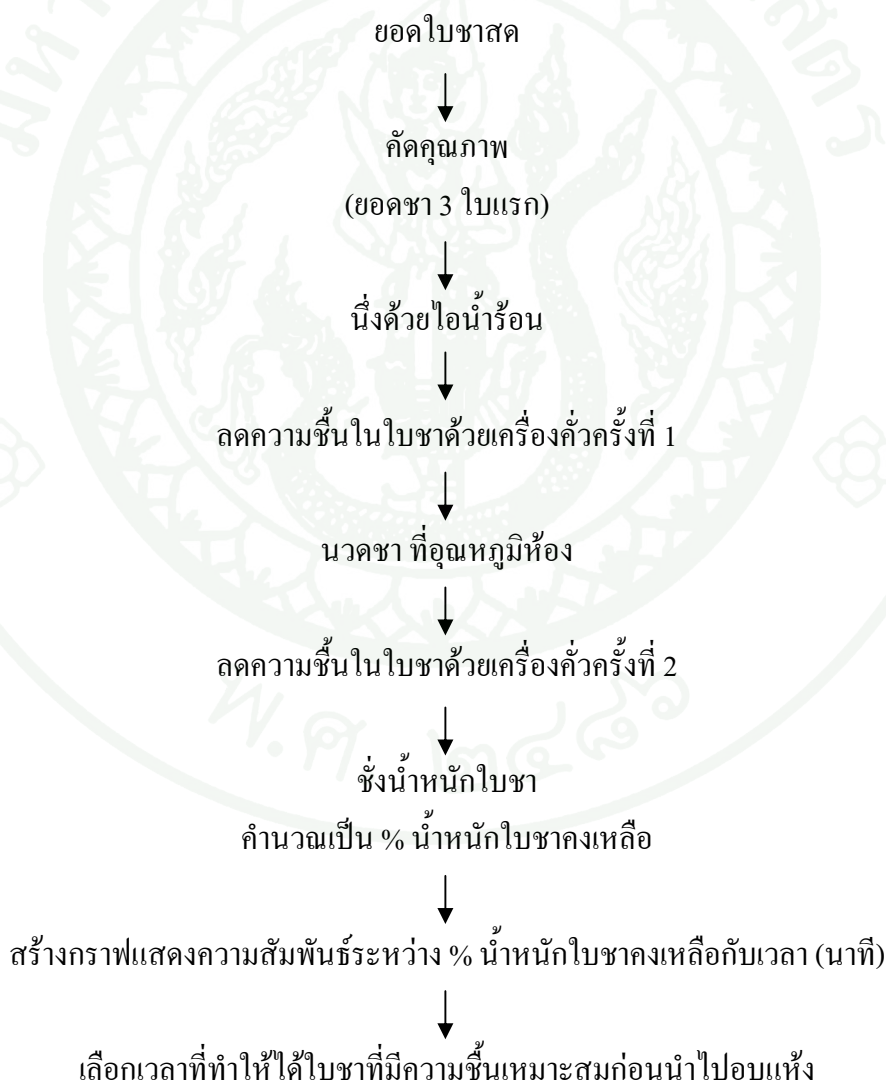
5.3.4 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 2

ก. การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 2

การศึกษานี้เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 2 โดยนำใบชาที่ผ่านการนึ่ง 1 นาที ลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 20 นาที ปริมาณใบชา 200 กรัม นวดใบชาด้วยเครื่องนวด 15 นาที ศึกษาอุณหภูมิในการลดความชื้นด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 2 จากรายงานของสันต์ (2537) และ Hara (2000) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคว่ำเพื่อลดความชื้นอยู่ในช่วง 70 – 90°C และน้ำหนักคงเหลือของใบชาอยู่ในช่วง 26 – 32% ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาอุณหภูมิในการลดความชื้นที่ 70 80 และ 90°C โดยสุ่มตัวอย่างออกมาสังเกตคุณภาพของใบชาที่ได้ และวัดค่า % น้ำหนักคงเหลือของใบชาเมื่อผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 2 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ข. การศึกษาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 2

การหาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 2 (ภาพที่ 8) โดยนำใบชาที่ผ่านการนึ่ง 1 นาที ลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 20 นาที ปริมาณใบชา 200 กรัม นวดใบชาด้วยเครื่องนวด 15 นาที อุณหภูมิในการลดความชื้นด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 2 ที่ 80°C ศึกษาระยะเวลาการลดความชื้นด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 2 เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 นาที วัดค่า % น้ำหนักคงเหลือของใบชา และสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % น้ำหนักคงเหลือของใบชา กับเวลา (นาที) เลือกระยะเวลาที่ทำให้ได้ใบชาที่มีความชื้นเหมาะสมก่อนนำไปอบแห้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ



ภาพที่ 8 การศึกษาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคว่ำครั้งที่ 2

5.3.5 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งใบชาด้วยตู้อบแห้งชนิดชั้น (Tray drier)

ก. การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบชาด้วยเครื่อง Tray drier

การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งใบชาด้วยเครื่อง Tray drier โดยนำใบชาที่ผ่านการนึ่ง 1 นาที ลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 20 นาที ปริมาณใบชา 200 กรัม นวดใบชาด้วยเครื่องนวด 15 นาที ลดความชื้นด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 10 นาที ศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งใบชา จากรายงานของสันต์ (2537) และ Hara (2000) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งใบชาคือ 80°C ดังนั้นในงานวิจัยจึงได้ศึกษาที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90°C สุ่มตัวอย่างทุก 15 นาที วัดปริมาณความชื้น (%) ของใบชา เพื่อให้ได้ความชื้นสุดท้ายของใบชาน้อยกว่า 5% ตามมาตรฐานชา (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) สังเกตลักษณะของใบชาที่ได้ และระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง เพื่อเลือกอุณหภูมิการอบแห้งใบชาที่เหมาะสม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ข. การศึกษาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งใบชาด้วยเครื่อง Tray drier

การศึกษาเวลาการอบแห้งใบชา (ภาพที่ 9) โดยนำใบชาที่ผ่านการนึ่ง 1 นาที ลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 20 นาที ปริมาณใบชา 200 กรัม นวดใบชาด้วยเครื่องนวด 15 นาที ลดความชื้นด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 10 นาที ศึกษาเวลาการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 80°C สุ่มตัวอย่างทุก 5 นาที วัดค่าปริมาณความชื้น (%) และสร้างกราฟการอบแห้งใบชา เลือกกระยะเวลาน้อยที่สุดในการอบแห้งด้วย Tray drier เพื่อให้ความชื้นในใบชาเหลือไม่เกิน 5% ตามมาตรฐานชา (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ



ภาพที่ 9 การศึกษาเวลาในการอบแห้งใบชาด้วยเครื่อง Tray drier

5.4 การศึกษาผลของเวลาการนวดชาที่มีต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของชาเขียวและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียว

เมื่อได้กระบวนการผลิตชาเขียวที่เหมาะสมสำหรับผลิตในระดับครัวเรือนแล้ว จึงได้ศึกษาผลของระยะเวลาการนวดชาอีกครั้งเพื่อให้ได้ชาเขียวที่มีคุณภาพดี ซึ่งประกอบด้วย ลักษณะของชาที่ได้ องค์ประกอบทางเคมีซึ่งเป็นสารสำคัญในใบชา ได้แก่ Caffeine และ Catechin ชนิด EGCG ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และยังต้องมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียวที่ใกล้เคียงกับชาเขียวคั้นแบบ เนื่องจากการนวดชานั้นเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้เซลล์ของใบชาแตก และมีสารสำคัญออกมาเคลือบผิวใบชา แต่การหาองค์ประกอบทางเคมี รวมถึงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียวนั้นจำเป็นต้องวัดค่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ผลิตได้ ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการผลิตที่เหมาะสมก่อนทำการศึกษา

ทำการศึกษาผลของระยะเวลาการนวดชา โดยนำใบชาที่ผ่านการนึ่ง 1 นาที ลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 20 นาที นวดใบชาด้วยเครื่องนวด เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 นาที ลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 10 นาที และอบแห้งด้วย Tray drier ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 30 นาที บดชาเขียว ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 mesh ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วัดค่าองค์ประกอบทางเคมีของชาเขียว และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียว ดังนี้

5.4.1 การศึกษาผลของเวลาการนวดชาที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของชาเขียว

ก. สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenols) (Huang *et al.*, 2007)

ดังภาคผนวก ก

ข. ปริมาณสารประกอบ caffeine (Fernandez *et al.*, 2000) ดังภาคผนวก ก

ค. สารประกอบ catechin ชนิด Epigallocatechin Gallate (EGCG) (Fernandez *et al.*, 2000) ดังภาคผนวก ก

5.4.2 การศึกษาผลของเวลาการนวดชาที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียว

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive Analysis) ของน้ำชาเขียวที่ชงได้จากตัวอย่างชาเขียวซึ่งผ่านการนวดที่ระยะเวลาต่างกัน ได้แก่ 0 (ไม่ผ่านการนวด) 5 10 15 และ 20 นาที และเปรียบเทียบกับน้ำชาเขียวที่ชงจากตัวอย่างชาเขียวเชิงพาณิชย์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวต้นแบบ คือ ชาเขียวชนิดเซนชา ตราอุจิโนะซึยู โดยใช้ตัวอย่างชาผงบรรจุซองปริมาณซองละ 2 กรัม ชงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80°C (อุณหภูมิที่เหมาะสมในการชงชาเขียวแบบญี่ปุ่น) ปริมาตร 200 ml โดยใช้ถ้วยกระเบื้องเซรามิกสีขาว แช่ชาเป็นเวลา 5 นาที แล้วยกชงชาออก เทใส่ขวดเก็บความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิขณะเสิร์ฟตัวอย่าง ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 7 คน จากหน่วยวิจัยทางประสาทสัมผัสและผู้บริโภคแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University Sensory and Consumer Research Unit; KUSCR) ตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ ได้แก่ ชาเขียวญี่ปุ่นชนิดเซนชา บันชา และมัทชา และชาเขียวจากโครงการหลวงอ่างขาง ระหว่างการทดสอบตัวอย่างใช้นมปั่นแครกเกอร์ชนิดจืด และน้ำเปล่าเพื่อขจัดสิ่งตกค้างสเกลที่ใช้ในการทดสอบเป็นแบบตัวเลข ตั้งแต่ 0 ถึง 15 (0 to 15 numerical scale) คุณลักษณะที่ต้องการศึกษาได้แก่ กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ และสิ่งตกค้างของตัวอย่างชาเขียว ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

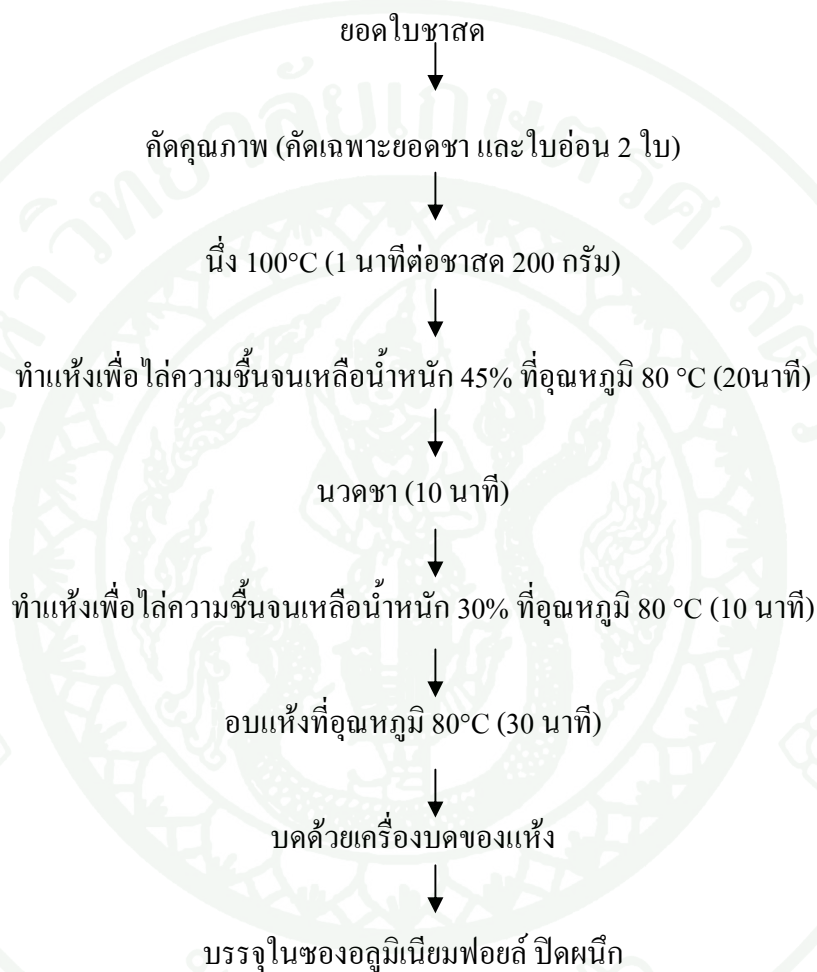
การพิจารณาคัดเลือกระยะเวลาการนวดชาที่เหมาะสม ทำโดยคัดเลือกชาเขียวที่มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ Total polyphenols ปริมาณ Caffeine และปริมาณ EGCG สูงสุด ซึ่งสารประกอบดังกล่าวเป็นสารที่แสดงคุณสมบัติสำคัญของชาเขียวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกจากนี้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียวที่ได้ยังต้องใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ชาเขียวต้นแบบ รวมถึงลักษณะปรากฏของชาเขียวที่ได้จากขั้นตอนการนวดชาจะต้องมีใบม้วนเกลียว และใบไม่แตกจนละเอียด

5.5 การจัดทำข้อกำหนดรายละเอียดการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

การจัดทำข้อกำหนดรายละเอียดของกระบวนการผลิตชาเขียว โดยกำหนดข้อจำเพาะของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิต จนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้าย

6. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ชาเขียว

การนำใบชาสดที่ส่งจากสถานีเกษตรหลวง จ.เชียงใหม่ มาทำการผลิตชาเขียวตามกรรมวิธีการผลิต ดังภาพที่ 10 เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วต่อไป



ภาพที่ 10 กระบวนการผลิตชาเขียวที่พัฒนาได้

การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ชาเขียว

การสุ่มตัวอย่างชาเขียวแห้งจากผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่ผลิตได้ทั้งหมด แล้วนำมาวัดค่าคุณภาพตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 196 เรื่อง “ชา” พ.ศ. 2543 และค่าคุณภาพที่สำคัญอื่นๆ ดังนี้

6.1 ความชื้น (AOAC, 2000)

6.2 สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total Polyphenols) (Huang *et al.*, 2007)

6.3 ปริมาณสารประกอบ Caffeine และสารประกอบ Catechin ชนิด Epigallocatechin Gallate (EGCG) (Fernandez *et al.*, 2000) ดังภาคผนวก ก

6.4 ปริมาณเถ้า (Ash) (AOAC, 2000) ดังภาคผนวก ก

6.5 ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (Water Soluble Ash) [In-house method based on AOAC (2005)]

6.6 สารสกัดด้วยน้ำร้อน (Hot Water Extract) [In-house method based on AOAC (2005)]

6.7 ค่า Water activity (a_w) ของชา โดยใช้เครื่องวัด water activity (Novasina MS1-aw, Switzerland)

6.8 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) (AOAC, 2000)

6.9 ปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold) (AOAC, 2000)

การต้มตัวอย่างชาเขียวแห้งปริมาณ 2 กรัมบรรจุในซองสำหรับชงชา ชงด้วยน้ำร้อน อุณหภูมิ 80°C ปริมาณ 200 ml แช่ชาเป็นเวลา 5 นาที นำน้ำชาที่ชงได้มาวัดค่าสีและความใสของน้ำชาดังนี้

6.10 ค่าสี L^* , a^* , b^* ของน้ำชาในระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสี Lovibond Colorimeter โดยวัดค่าสีของน้ำชา ชงชาปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำร้อน 200 ml กรองด้วยกระดาษกรองชา บันทึกค่า L^* , a^* และ b^*

6.11 ค่า Transmittance (%) ของน้ำชา วัดด้วยเครื่องวัดสี Lovibond Colorimeter โดยวัดค่า T (%) ของน้ำชา ชงชาปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำร้อน 200 ml กรองด้วยกระดาษกรองชา บันทึกค่า T (%)

7. การพัฒนากระบวนการผลิตชาวก๊อว์ในระดับครัวเรือน

7.1 การคัดเลือกพันธุ์ชาวก๊อว์

ชนิดของชาที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตชาวก๊อว์ซึ่งได้จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมชาวก๊อว์ที่จะทำการพัฒนา คือ ชาวก๊อว์

การคัดเลือกพันธุ์ข้าวกล้องที่เหมาะสมในการผลิตข้าวคั่ว มีหลักเกณฑ์ดังนี้

- คัดเลือกพันธุ์ข้าวกล้องที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทย
- เป็นพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วง 5 – 20% ซึ่งเหมาะสมในการทำให้ข้าวเกิดการพองตัว และให้กลิ่นคั่ว
- เป็นพันธุ์ข้าวที่ให้กลิ่นหอม

โดยใช้ข้าวญี่ปุ่นเป็นตัวอย่างควบคุม เนื่องจากข้าวคั่วที่ผสมในชาเขียวตามท้องตลาดผลิตจากข้าวญี่ปุ่น

7.2 การคัดเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตข้าวคั่วระดับครัวเรือน

7.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการให้ความร้อนข้าวกล้อง

7.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการอบแห้งข้าว

7.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการคั่วข้าว

การคัดเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตข้าวคั่ว มีเกณฑ์ดังนี้

- เป็นเครื่องมือและอุปกรณ์ขนาดเล็กที่เหมาะสมในการผลิตข้าวคั่ว 1 กิโลกรัม
- ใช้กับการผลิตข้าวคั่วครั้งละไม่เกิน 1 กิโลกรัม
- สำหรับพลังงานใช้ได้กับเตาถ่าน และเตาแก๊ส
- หากเป็นไฟฟ้าต้องเป็นไฟฟ้าเฟสเดียว 220 โวลต์

7.3 การศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องคั่วในระดับครัวเรือน

การศึกษาระบวนการผลิตข้าวกล้องคั่วในระดับครัวเรือน แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ การเตรียมข้าวให้มีความชื้นที่เหมาะสม ประกอบด้วย การให้ความร้อนข้าวจนสุก และการอบแห้งข้าวให้มีความชื้น หรือค่า water activity ที่เหมาะสมก่อนนำไปคั่ว และส่วนที่ 2 คือ กรรมวิธีการคั่วข้าว ประกอบด้วย การศึกษาเวลาในการคั่วข้าวด้วยเครื่องคั่ว และค่า water activity ของข้าวแต่ละพันธุ์

7.3.1 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนของข้าวกล้อง 3 พันธุ์

การให้ความร้อนข้าวกล้องนอกจากจะเป็นวิธีการเตรียมให้ข้าวมีความชื้นที่เหมาะสมแล้ว ยังช่วยยับยั้งเอนไซม์ไลเปส (lipase) และทำให้เมล็ดข้าวเกิดการพองตัว และเกิดกลิ่นรสข้าว การหาเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนของข้าวกล้อง 3 พันธุ์ มีวิธีการดังนี้

ก. ข้าวกล้องหอมมะลิ

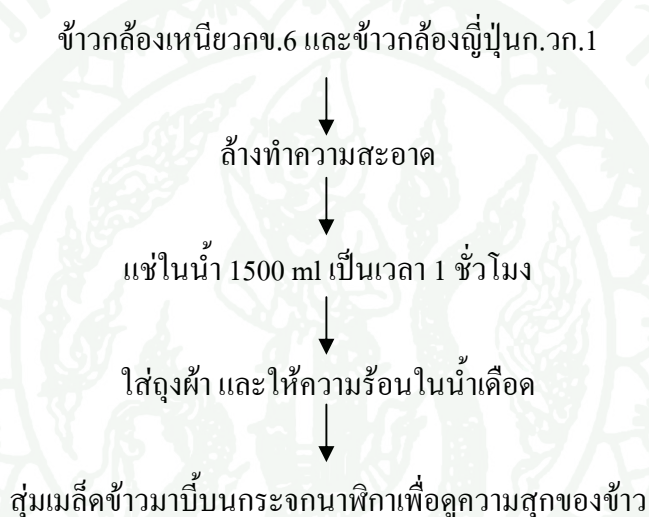
นำข้าวกล้องหอมมะลิปริมาณ 500 กรัม ล้างน้ำทำความสะอาด ใต้งุ้งผ้าแล้วต้มในหม้อใสน้ำเดือดปริมาตร 2500 ml (ข้าว:น้ำ = 1:5) สุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวทุก 1 นาที ดูความสุกของข้าวกล้องโดยบีบเมล็ดข้าวบนกระจกนาฬิกา สังเกตว่าลักษณะของเมล็ดข้าวว่าบีบได้หมดจนไม่มีไตข้าวเหลือ เลือกเวลาการให้ความร้อนที่จะทำให้ข้าวสุกพอดี แล้วล้างข้าวด้วยน้ำเย็น สะเด็ดน้ำก่อนนำไปอบแห้ง ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การศึกษาเวลาในการให้ความร้อนของข้าวกล้องหอมมะลิ

ข. ข้าวกล้องเหนียวข. 6 และข้าวกล้องญี่ปุ่นก. 1

การนำข้าวกล้องเหนียวข.6 และข้าวกล้องญี่ปุ่นก.1 ตัวอย่างละ 500 กรัม ล้างน้ำทำความสะอาด แช่น้ำปริมาตร 1500 ml (ข้าว:น้ำ = 1:3) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ใส่ถุงผ้าแล้วต้ม ในหม้อใส่น้ำเดือดปริมาตร 2500 ml (ข้าว:น้ำ = 1:5) สุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวทุก 1 นาที ดูความสุกของ ข้าวกล้องโดยบีบเมล็ดข้าวบนกระจกนาฬิกา สังเกตว่าลักษณะของเมล็ดข้าวว่าบีบได้หมดจนไม่มีไต ข้าวเหลือ เลือกเวลาการให้ความร้อนที่จะทำให้ข้าวสุกพอดี แล้วล้างข้าวด้วยน้ำเย็น สะเด็ดน้ำก่อน นำไปอบแห้ง ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การศึกษาเวลาในการให้ความร้อนของข้าวกล้องเหนียวข.6 และข้าวกล้องญี่ปุ่นก.1

7.3.2 การศึกษาความชื้นที่เหมาะสมของข้าวกล้อง 3 พันธุ์ก่อนนำไปคั่ว

การศึกษาความชื้นที่เหมาะสมของข้าวกล้อง 3 พันธุ์ก่อนนำไปคั่ว โดยนำข้าวกล้อง 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องเหนียวข.6 และข้าวกล้องญี่ปุ่นก.1 ที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 12 นาที 4 นาที และ 6 นาที ตามลำดับ มาอบแห้งด้วย Tray drier ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากงานวิจัยของจริยา (2542) สุ่มตัวอย่างทุก 15 นาที นำข้าวกล้องที่สุ่มได้มาวัดปริมาณความชื้น และค่า water activity แล้วนำไปคั่วด้วยเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 5 นาที สังเกตลักษณะของข้าวคั่วที่ได้ คัดเลือกปริมาณความชื้น (%) ของข้าวกล้องที่เหมาะสมในการผลิตข้าวคั่ว จากสี ลักษณะของข้าวคั่ว กลิ่นข้าวคั่ว และการพองตัวของข้าวคั่ว

7.3.3 การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วย Tray drier ของข้าวกล้อง 3 พันธุ์ ก่อนนำไปคั่ว

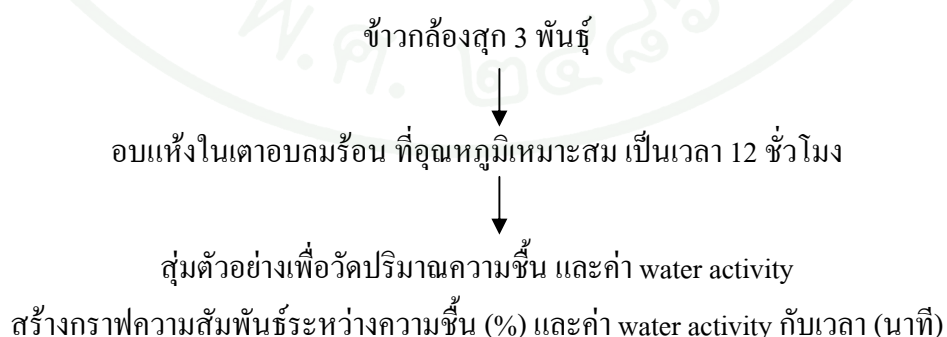
ก. การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งด้วย Tray drier

การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งด้วย Tray drier โดยใช้อุณหภูมิ 60 70 และ 80°C โดยใช้เวลาที่ทำให้ข้าวมีความชื้นที่เหมาะสม เลือกอุณหภูมิการอบแห้งข้าวที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากลักษณะของข้าวที่ได้ และระยะเวลาการอบแห้งข้าว

ข. การศึกษาเวลาในการอบแห้งด้วย Tray drier

การศึกษาเวลาในการอบแห้งด้วย Tray drier ที่อุณหภูมิ 70°C โดยนำเมล็ดข้าวกล้องที่สุกพอดี มาเกลี่ยลงบนถาด โดยใช้เมล็ดข้าวกล้องสุกปริมาณ 500 กรัมต่อถาด เกลี่ยเมล็ดข้าวในถาดเป็นชั้นเดียว อบแห้งเป็นเวลา 12 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างทุก 15 นาทีในช่วงแรก (3 ชั่วโมงแรก) แล้วค่อยๆ สุ่มตัวอย่างเป็นระยะเวลานานขึ้น

วัดปริมาณความชื้น (%) และค่า water activity เพื่อเก็บข้อมูลมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น และค่า water activity กับเวลาในการอบแห้ง (นาทิจ) และนำข้อมูลความชื้น (%) กับค่า water activity ของข้าวกล้องแต่ละพันธุ์มาสร้างกราฟ Sorption Isotherm ดังภาพที่ 13 และกำหนดค่า water activity ของข้าวกล้อง 3 พันธุ์ก่อนนำไปคั่ว เท่ากับ 0.4 – 0.6 (ความชื้นที่เหมาะสมในการคั่วข้าว จากข้อ 7.3.2)



ภาพที่ 13 การศึกษาเวลาในการอบแห้งของข้าวกล้อง 3 พันธุ์

7.3.4 การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการคั่วข้าว

การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการคั่วข้าว ทำโดยนำข้าวกล้อง 3 พันธุ์ที่มีการปรับความชื้นที่เหมาะสมจากการให้ความร้อนจนข้าวสุก และนำไปอบแห้งให้ข้าวมีค่า water activity เท่ากับ 0.4 – 0.6 แล้วนำไปศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการคั่วข้าวเพื่อให้ได้ข้าวคั่วที่มีกลิ่นคั่ว มีสี และลักษณะปรากฏที่ดี เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตชาเขียวผสมข้าวคั่ว

ก. การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคั่วข้าว

การศึกษาอุณหภูมิในการคั่วข้าวด้วยเครื่องคั่ว ปริมาณข้าวที่ผ่านการอบแห้งมีค่า water activity เท่ากับ 0.5 ปริมาณ 500 กรัม โดยทดลองใช้อุณหภูมิในการคั่วข้าวตั้งแต่ 150 – 200°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่เครื่องคั่วสามารถทำได้ เป็นเวลา 5 – 15 นาที เลือกอุณหภูมิการคั่วข้าวที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากสี ลักษณะของข้าวคั่วที่ได้ กลิ่นคั่ว และการฟองตัวของข้าวคั่ว

ข. การศึกษาเวลาการคั่วข้าวของข้าวกล้อง 3 พันธุ์

การศึกษาเวลาการคั่วข้าว อุณหภูมิในการคั่ว 200°C โดยใช้ข้าวกล้อง 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องเหนียวข.6 และข้าวกล้องญี่ปุ่นก.วก.1 ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่า water activity ของข้าวแต่ละพันธุ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.4 0.5 และ 0.6 และเวลาในการคั่วข้าว 5 7 และ 9 นาที (ภาพที่ 14)

เมล็ดข้าวที่มีปริมาณความชื้นที่เหมาะสม ($a_w = 0.4, 0.5$ และ 0.6)



(ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องเหนียวข.6 และข้าวกล้องก.วก.1)

คั่วข้าวด้วยเครื่องคั่วที่อุณหภูมิเหมาะสม เป็นเวลา 5 7 และ 9 นาที



วัดกลิ่นข้าวคั่วด้วยเครื่อง electronic nose, ค่าสี (L^*, a^*, b^*) และอัตราการฟองตัวของเมล็ดข้าว

ภาพที่ 14 การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการคั่วข้าว

วัดค่าคุณภาพต่างๆ ของข้าวคั่ว ดังนี้

1.) การประเมินคุณภาพของกลิ่นข้าวคั่วโดยใช้เครื่อง electronic nose

การเตรียมตัวอย่าง : นำตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องคั่วปริมาณ 2 กรัม บรรจุลงในขวด vial และปิดฝา ด้วยคีมหนีบฝา

การกำหนดสภาวะในการทดสอบ electronic nose : นำตัวอย่างข้าวกล้องคั่วที่เตรียมไว้ใน vial วางบนถาด แล้วนำเข้าเครื่อง electronic nose รุ่น Fox 3000 (France) ซึ่งมีหัววัด 12 หัววัด อุณหภูมิในการบ่มตัวอย่างที่ 60°C เป็นเวลา 900 วินาที อัตราการไหลของก๊าซ 150 ml/min ตัวอย่างก๊าซที่ได้บริเวณ head space จะถูกดูดเข้าไปในเครื่อง electronic nose แล้วให้ค่า response sensitivity ออกมา

การวิเคราะห์ทางสถิติ : นำข้อมูลที่ได้จากเครื่อง electronic nose มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Alpha Soft version 12.0 เพื่อจัดกลุ่มด้วยวิธีวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis; FA) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เพื่อให้ได้ความเข้มของกลิ่นเฉลี่ยที่มีค่าสูงสุดของข้าวกล้องคั่วแต่ละพันธุ์

2.) ค่าสี (L^*, a^*, b^*) ในระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสี Lovibond Colorimeter โดยวัดค่าความสีของเมล็ดข้าวคั่ว บันทึกค่า L^*, a^*, b^*

3.) อัตราส่วนการฟองตัว โดยใช้การแทนที่เมล็ดงา (seed displacement) นำเมล็ดงาใส่ถ้วยแก้วปากเรียบให้เต็ม ปาดให้เรียบ วัดปริมาตรโดยใช้กระบอกตวง (V1) นำข้าวอบแห้งใส่ถ้วยใบเดิม วัดปริมาตรงาที่เหลือหลังนำข้าวอบแห้งออก (V2) ความแตกต่างของเมล็ดงา ($V1 - V2$) คือปริมาตรของข้าวอบแห้งก่อนนำไปคั่ว จากนั้นนำข้าวไปคั่ว และหาปริมาตร (V3) จะได้ปริมาตรข้าวคั่วหลังผ่านการคั่ว ($V1 - V3$)

$$\text{อัตราส่วนการฟองตัว} = \frac{\text{ปริมาตรของข้าวคั่วหลังคั่ว}}{\text{ปริมาตรของข้าวอบแห้งก่อนคั่ว}}$$

จากนั้นนำข้อมูลคุณภาพด้านต่างๆ ของข้าวกล้องคั่วแต่ละพันธุ์ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS version 16.0 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT คัดเลือกเวลาการคั่วข้าวที่เหมาะสมของข้าวกล้อง 3 พันธุ์ โดยพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของกลิ่นที่วัดได้จากเครื่อง electronic nose และลักษณะของข้าวคั่วที่ได้

7.4 การจัดทำข้อกำหนดรายละเอียดการผลิตข้าวคั่วในระดับครัวเรือน

การจัดทำข้อกำหนดรายละเอียดของกระบวนการผลิตข้าวคั่วจากข้าวแต่ละพันธุ์ โดยกำหนดข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิต จนกระทั่งผลิตภัณฑ์สุดท้าย

8. การพัฒนาสูตรชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว

8.1 การคัดเลือกสูตรของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว

การพัฒนาสูตรชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว โดยจัดสิ่งทดลองแบบ factorial 3×3 in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยแรก คือ ข้าวกล้องคั่วจากข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวกล้องเหนียวพันธุ์ กข.6 และข้าวกล้องญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก 1 และปัจจัยที่สอง คือ อัตราส่วนของชาเขียวต่อข้าวกล้อง 3 อัตราส่วน ได้แก่ $1.0 : 1.0$, $1.1 : 0.9$ และ $1.2 : 0.8$ ตามลำดับ รวมเป็น 9 สิ่งทดลอง (สูตร) บรรจุผสมข้าวกล้องคั่วแต่ละสูตรลงในซองเยื่อกระดาษสำหรับซองชา ปริมาณ 2 กรัมต่อซอง จากนั้นนำตัวอย่างชาทั้ง 9 สูตรทำการทดสอบความชอบของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว ร่วมกับการทดสอบ Just About Right โดยมีรายละเอียดดังนี้

การทดสอบความชอบ

การทดสอบความชอบน้ำชาที่ได้จากชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 9 สูตร เตรียมตัวอย่างน้ำชาโดยชงตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C ปริมาตร 200 ml แช่ชาเป็นเวลา 5 นาที แล้วยกซองชาออก เทใส่ในขวดเก็บความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิขณะเสิร์ฟ ทำการทดสอบแบบ Central Location test ในสถานที่ต่างๆ ได้แก่ หน่วยงานราชการ บริษัทเอกชน และโบสถ์คริสต์ ทดสอบกับผู้บริโภค จำนวน 126 คน ($n = 56$) วางแผนการทดสอบความชอบกับผู้บริโภคแบบ Balance Incomplete Block Design (BIB) $t = 9$, $k = 4$, $r = 8$, $b = 18$, $\lambda = 3$ (Gacula *et al.*, 2008) ผู้ทดสอบจะได้รับตัวอย่างน้ำชา 4 ตัวอย่าง ใช้แบบสอบถามตามภาคผนวก จ ผู้ทดสอบ

ประเมินความชอบของตัวอย่างน้ำชาที่อุณหภูมิ 60°C ในด้านคุณลักษณะ สี ความใส กลิ่นชา กลิ่นข้าวคั่ว กลิ่นรสโดยรวม และความชอบโดยรวม โดยใช้สเกล 9 point hedonic scale (1-ไม่ชอบมากที่สุด, 9-ชอบมากที่สุด) นอกจากนี้ผู้ทดสอบประเมินความพอดี (Just About Right; JAR) (1-น้อยเกินไป, 2-พอดี, 3-มากเกินไป) ของตัวอย่างในคุณลักษณะ สี ความใส กลิ่นชา และกลิ่นข้าวคั่วของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว กำหนดให้ความพอดีเท่ากับ 70% เป็นเกณฑ์ที่แสดงว่าตัวอย่างมีความพอดีในคุณลักษณะนั้นๆ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลต่างๆ ของ JAR (ในกรณีที่จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดีไม่ถึงเกณฑ์ 70%) วิเคราะห์จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลกลุ่มที่ไม่พอดี (non JAR groups) ด้วย Binomial test ระหว่างกลุ่มน้อยเกินไป (Too weak) และกลุ่มที่มากเกินไป (Too much) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพื่อหาทิศทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Prinyawiwatkul, 2009)

8.2 การปรับปรุงสูตรของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วโดยเพิ่มกลิ่นข้าวคั่ว

การคัดเลือกสูตรของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วที่เหมาะสม พบว่า พันธุ์ข้าวกล้องที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ ประกอบด้วยข้าว 2 พันธุ์ คือ ข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 ที่อัตราส่วน 1.0:1.0 และผลการวิเคราะห์จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลต่างๆ ของ JAR พบว่ามีเพียงคุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวคั่วที่จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดียังไม่ถึงเกณฑ์ 70% ดังนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ Binomial test พบว่าควรปรับปรุงด้านกลิ่นข้าวคั่วโดยเพิ่มกลิ่นข้าวคั่ว

ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงสูตรชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วโดยให้อัตราส่วนของชาเขียวคงที่ แล้วปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของข้าวกล้องคั่ว โดยยังคงใช้อัตราส่วนชาเขียว:ข้าวกล้องคั่ว เท่ากับ 1.0:1.0 และเพิ่มปริมาณข้าวคั่วอีก 2 ระดับ คือ ชาเขียว:ข้าวกล้องคั่ว เท่ากับ 1.0:1.1 และ 1.0:1.2 ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การปรับปรุงสูตรน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วด้วยการเพิ่มสัดส่วนของข้าวกล้องคั่ว

สูตร	พันธุ์ข้าว	อัตราส่วน	
		ชาเขียว	ข้าวกล้องคั่ว
1	หอมมะลิ	1.0	1.0
2	หอมมะลิ	1.0	1.1
3	หอมมะลิ	1.0	1.2
4	ญี่ปุ่น (ก.วก.1)	1.0	1.0
5	ญี่ปุ่น (ก.วก.1)	1.0	1.1
6	ญี่ปุ่น (ก.วก.1)	1.0	1.2

การทดสอบความชอบของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว ร่วมกับการทดสอบ Just About Right ดังนี้

การทดสอบความชอบ

การทดสอบความชอบน้ำชาที่ได้จากชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 6 สูตร ทำการทดสอบแบบ Central Location test ได้แก่ หน่วยงานราชการ บริษัทเอกชน และโบสถ์คริสต์ ทดสอบกับผู้บริโภคเป้าหมาย จำนวน 50 คน ใช้แบบสอบถามตามภาคผนวก ค ผู้ทดสอบประเมินความชอบของตัวอย่างน้ำชาที่อุณหภูมิ 60°C ในด้านคุณลักษณะ สี ความใส กลิ่นชา กลิ่นข้าวคั่ว กลิ่นรสโดยรวม และความชอบโดยรวม โดยใช้สเกล 9 point hedonic scale (1-ไม่ชอบมากที่สุด, 9-ชอบมากที่สุด) และประเมินความพอดี (Just About Right; JAR) (1-น้อยเกินไป, 2-พอดี, 3-มากเกินไป) ของตัวอย่างในคุณลักษณะ สี ความใส กลิ่นชา และกลิ่นข้าวคั่วของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

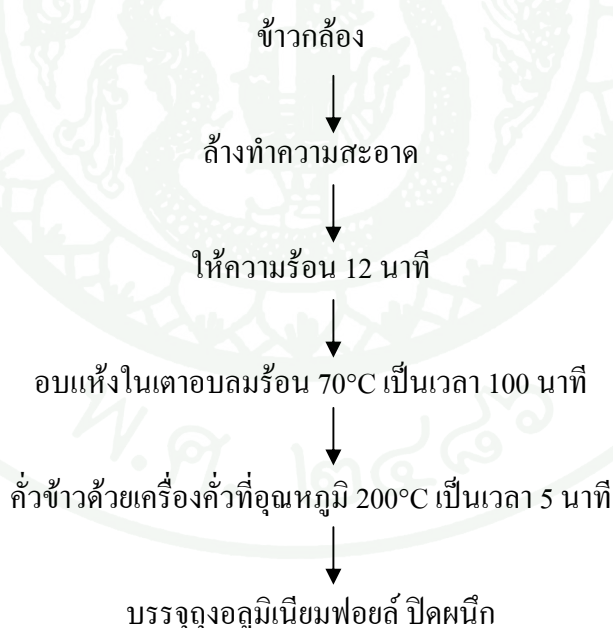
- การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลต่างๆ ของ JAR (ในกรณีที่จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดีไม่ถึงเกณฑ์ 70%) วิเคราะห์จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลกลุ่มที่ไม่พอดี (non JAR groups) ด้วย Binomial test ระหว่างกลุ่มน้อยเกินไป (Too weak) และกลุ่มที่มากเกินไป (Too much) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เพื่อหาทิศทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Prinyawiwatkul, 2009)

- การวิเคราะห์โอกาส (Opportunity analysis) เพื่อวิเคราะห์หาคุณลักษณะที่มีโอกาสนำไปปรับปรุง (Prinyawiwatkul, 2009)

9. การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว

การเตรียมวัตถุดิบข้าวกล้องหอมมะลิคั่วตามกระบวนการผลิตข้าวคั่วที่พัฒนาได้ ดังภาพที่ 15 เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว โดยใช้อัตราส่วนชาเขียวต่อข้าวกล้องหอมมะลิคั่วเท่ากับ 1.0:1:1



ภาพที่ 15 กระบวนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่พัฒนาได้

การเตรียมชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่ผลิตได้มาบรรจุในซองเยื่อกระดาษสำหรับซองขนาด 5.0 x 7.5 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 2.1 กรัมต่อซอง ปิดผนึก แล้วใส่ในซองชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ (PET/AL/LLDPE) ขนาด 6.0 x 8.0 เซนติเมตร ปิดผนึก แล้วบรรจุรวมในกล่องกระดาษชนิดเคลือบมันด้านนอก หุ้มด้วยพลาสติกเกรด (shrink film) ชนิด LDPE ปริมาณบรรจุ 20 ซองต่อกล่อง แล้วสุ่มตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพดังต่อไปนี้

9.1 การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว

การสุ่มตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมด โดยนำตัวอย่างแห้งมาวัดค่าคุณภาพที่สำคัญต่างๆ ดังนี้

9.1.1 ความชื้น (AOAC, 2000)

9.1.2 สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Total Polyphenols) (Huang *et al.*, 2007)

9.1.3 ปริมาณสารประกอบ Caffeine และสารประกอบ Catechin ชนิด Epigallocatechin Gallate (EGCG) (Fernandez *et al.*, 2000) ดังภาคผนวก ก

9.1.4 ปริมาณเถ้า (Ash) (AOAC, 2000) ดังภาคผนวก ก

9.1.5 ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (Water Soluble Ash) [In-house method based on AOAC (2005)]

9.1.6 สารสกัดด้วยน้ำร้อน (Hot Water Extract) [In-house method based on AOAC (2005)]

9.1.7 ค่า Water activity (a_w) ของชา โดยใช้เครื่องวัด water activity (Novasina MS1-aw, Switzerland)

9.1.8 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) (AOAC, 2000)

9.1.9 ปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold) (AOAC, 2000)

การสุ่มตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว ซองด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C ปริมาณ 200 ml แช่ชาเป็นเวลา 5 นาที นำน้ำชาที่ซังได้มาวัดค่าสีและความใสของน้ำชาดังนี้

9.1.10 ค่าสี L^* , a^* , b^* ของน้ำชาในระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสี Lovibond Colorimeter โดยวัดค่าสีของน้ำชา ซองชาปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำร้อน 200 ml กรองด้วยกระดาษกรองชา บันทึกค่า L^* , a^* และ b^*

9.1.11 ค่า Transmittance (%) ของน้ำชา วัดด้วยเครื่องวัดสี Lovibond Colorimeter โดยวัดค่า T (%) ของน้ำชา ชงชาปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำร้อน 200 ml กรองด้วยกระดาษกรองชา บันทึกค่า T (%)

9.2 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่ผลิตได้ ใช้ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายในจังหวัดกรุงเทพมหานครจำนวน 200 คน อายุตั้งแต่ 21 ปี ขึ้นไป ซึ่งเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่นิยมดื่มชาเขียวชงร้อน ใช้แบบสอบถามดังภาคผนวก ก โดยการสุ่มผู้ทดสอบแบบโควตา (Quota sampling) แบ่งเป็นผู้ทดสอบเพศชาย 50% และหญิง 50% แบ่งตามช่วงอายุ 21 – 30 ปี 25% อายุ 31 – 40 ปี 25% อายุ 41 – 50 ปี 25% และอายุ 50 ปีขึ้นไป 25% โดยวิธีการทดสอบแบบ Central Location test สถานที่ทำการทดสอบได้แก่ หน่วยงานราชการ มหาวิทยาลัย บริษัทเอกชน และโบสถ์คริสต์ โดยใช้แบบสอบถามซึ่งมีคำอธิบายวิธีการชงชา ระยะเวลาการแช่ชา ให้ผู้บริโภคชงตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วด้วยน้ำร้อนเพื่อทำการทดสอบตัวอย่างด้วยตัวเอง ผู้บริโภคประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์ในด้านความชอบด้านสี ความใส กลิ่นรสโดยรวม และความชอบโดยรวม โดยใช้สเกล 9 point hedonic scales (1-ไม่ชอบมากที่สุด, 9-ชอบมากที่สุด) และผู้บริโภคจะถูกถามในเรื่องการยอมรับ/ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ประมวลผลข้อมูลในด้านความถึคะแนนความชอบเฉลี่ย วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 16.0

10. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

การนำตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วซึ่งอยู่ในบรรจุภัณฑ์ ปริมาณบรรจุ 20 ซองต่อกล่อง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (20–25%RH) จำนวน 11 กล่อง และ $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (60–65%RH) จำนวน 11 กล่อง ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งเป็นตัวแทนของอุณหภูมิการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในตู้เย็น และซูเปอร์มาร์เก็ต เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างแต่ละอุณหภูมิ ครั้งละ 1 กล่อง มาวัดค่าคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยแผนการสุ่มตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แผนการสุ่มตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	อุณหภูมิในการเก็บรักษา	
	5±1°C	22±2°C
0	1 กล่อง	
4	1 กล่อง	1 กล่อง
8	1 กล่อง	1 กล่อง
11	1 กล่อง	1 กล่อง
14	1 กล่อง	1 กล่อง
16	1 กล่อง	1 กล่อง
18	1 กล่อง	1 กล่อง
20	1 กล่อง	1 กล่อง
21	1 กล่อง	1 กล่อง
22	1 กล่อง	1 กล่อง
23	1 กล่อง	1 กล่อง
24	1 กล่อง	1 กล่อง

วัดค่าคุณภาพที่สำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชาเขียวผสมข้าวคั่ว ดังนี้

10.1 คุณภาพทางเคมี

10.1.1 ความชื้น (AOAC, 2000)

10.1.2 ปริมาณ Caffeine (Fernandez *et al.*, 2000) ดังภาคผนวก ก

10.1.3 ปริมาณ Catechin ชนิด Epigallocatechin Gallate (EGCG) (Fernandez *et al.*, 2000) ดังภาคผนวก ก

10.1.4 ความเข้มของกลิ่นด้วยวิธี E-nose analysis โดยใช้เครื่อง electronic nose (Fox 3000, France)

10.2 คุณภาพทางกายภาพ

ค่า Water activity (a_w) ของชาเขียวผสมข้าวคั่ว โดยใช้เครื่องวัด water activity (Novasina MS1-aw, Switzerland)

10.3 การทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว ระหว่างการเก็บรักษา

การทดสอบความชอบของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ $5 \pm 1^\circ\text{C}$ และ $22 \pm 2^\circ\text{C}$ โดยใช้สเกล 9 point hedonic scale (1-ไม่ชอบมากที่สุด, 9-ชอบมากที่สุด) ทดสอบกับผู้บริโภคเป้าหมาย จำนวน 30 คน (เพ็ญขวัญ, 2550) เตรียมตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว โดยใช้ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว 1 ซอง (ปริมาณ 2.1 กรัม) ชงในน้ำร้อน 80°C ปริมาตร 200 ml แช่ชาเป็นเวลา 5 นาที แล้วยกชงชาออก เก็บตัวอย่างน้ำชาไว้ในขวดสุญญากาศ เพื่อควบคุมความร้อนของตัวอย่างขณะเสิร์ฟ เสิร์ฟตัวอย่างน้ำชาปริมาณ 30 ml อุณหภูมิขณะเสิร์ฟเท่ากับ 60°C คุณลักษณะที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สี ความใส กลิ่นรสโดยรวม และความชอบรวม แบบทดสอบดังกล่าวผวนก ช

10.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การนำข้อมูลคุณภาพด้านต่างๆ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS version 16.0 โดยการวิเคราะห์ t-test เปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างที่เก็บรักษา (สัปดาห์) กับตัวอย่างเริ่มต้น (0 สัปดาห์)

11. การจัดทำระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Point; HACCP) ของกระบวนการผลิตชาเขียวและข้าวคั่วในระดับครัวเรือน

การจัดทำระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Point; HACCP) ของกระบวนการผลิตชาเขียวและข้าวคั่วในระดับครัวเรือน เริ่มจากการจัดทำแผนภูมิการผลิต การวิเคราะห์อันตรายที่อาจเกิดขึ้น กำหนดจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม และกำหนดค่าวิกฤตของจุดวิกฤตนั้นๆ

12. การถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน ให้แก่ชาวบ้านในอำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน ณ โครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ พื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พื้นที่ 2 อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

11.1 การเตรียมงานเพื่อทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

11.1.1 ทำการประชาสัมพันธ์เพื่อเชิญชวนชาวบ้านในชุมชน พื้นที่ 2 อำเภอสันติสุข จังหวัดน่านเข้าร่วมอบรมในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน และได้ประสานงานกับหัวหน้าโครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

11.1.2 จัดเตรียมเอกสารการฝึกอบรม ฝึกฝนผู้ช่วยวิทยากร เตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบรม รวมถึงอบรมเชิงปฏิบัติการ เตรียมแบบประเมินการนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์ และความพึงพอใจ และใบประกาศนียบัตรของผู้เข้าอบรม

11.2 ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี เรื่อง “การผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน”

11.2.1 จัดการถ่ายทอดเทคโนโลยี “การผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน” โดยมีผู้เข้าร่วมอบรมจำนวน 20 คน ณ โครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ พื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พื้นที่ 2 อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน ในวันที่ 14 สิงหาคม พ.ศ. 2554 โดยมีกำหนดการดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 กำหนดการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

เวลา	กิจกรรม	วิทยากร
9.00 – 9.30 น.	ลงทะเบียน รับเอกสารอบรม	
9.30 – 12.00 น.	บรรยาย “การใช้ประโยชน์จากใบชา”	รศ. ดร. วิชัย หุตัยธนาสันต์ รศ. ดร. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา
12.00 – 13.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน	
13.00 – 16.00 น.	ฝึกอบรมเรื่อง “การผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน”	รศ. ดร. วิชัย หุตัยธนาสันต์ รศ. ดร. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา นางวราภรณ์ วิทยาภรณ์
16.00 – 16.30 น.	สรุป ชักถาม ปิดการอบรม	รศ. ดร. วิชัย หุตัยธนาสันต์ รศ. ดร. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา

11.2.2 การนำข้อมูลจากแบบประเมินผลของผู้เข้าฝึกอบรมมาสรุปผลการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และความพึงพอใจ

12. สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
โครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ พื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พื้นที่ 2 อำเภอ
สันติสุข จังหวัดน่าน

ผลและวิจารณ์

1. ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดซองร้อน และชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

การสำรวจข้อมูลด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดซองร้อน และชาเขียวผสมข้าวคั่ว ทำขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2551 – 2554 มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดซองร้อน และชาเขียวผสมข้าวคั่วที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด เขตกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย พบว่าชาเขียวชนิดซองร้อนที่มีวางจำหน่ายจะอยู่ในรูปใบชาแห้ง (dried leaf tea) ชาผงบรรจุซองพร้อมซอง (infusion tea or tea bags) และชาเขียวผงชนิดละลายได้ทันที (instant green tea powder) โดยทั่วไปวางจำหน่ายอยู่ในซูเปอร์มาร์เก็ตขนาดใหญ่ และมีอีกบางส่วนขายอยู่ร้านขายชาโดยเฉพาะ

ผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดซองร้อนที่วางจำหน่ายในท้องตลาดยังสามารถแบ่งได้จากแหล่งการผลิตใบชา ประกอบด้วย ชาที่ผลิตจากภายในประเทศไทย และชาที่นำเข้าจากต่างประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 15–16 ชาเขียวที่ผลิตภายในประเทศส่วนใหญ่มาจากจังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ ส่วนชาเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศ ส่วนใหญ่ถูกนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น รองลงมาได้แก่ จีน และเกาหลี

ผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่มีแหล่งผลิตภายในประเทศ ได้แก่ ชาเขียวประเภทใบชาแห้ง บรรจุในถุงชนิดลามิเนตอลูมิเนียมฟอยล์ กระป๋องพลาสติก และกระป๋องดีบุก มีน้ำหนักบรรจุอยู่ในช่วง 50 – 100 กรัม ราคาอยู่ในช่วง 71 – 150 บาท ส่วนชาเขียวประเภทชาผงบรรจุซองพร้อมซอง บรรจุรวมในกล่องกระดาษ น้ำหนักบรรจุต่อซอง 1.5 – 2.0 กรัม จำนวน 15 – 25 ซองต่อกล่อง (น้ำหนักบรรจุรวม 30 – 60 กรัม) ราคาต่อกล่อง 53 – 120 บาท ชาเขียวประเภทซองบรรจุซองที่มีแหล่งผลิตภายในประเทศไทยนั้นเป็นการนำเข้าวัตถุดิบใบชามาทำการบรรจุ โดยแหล่งวัตถุดิบใบชาส่วนใหญ่มาจากประเทศจีน

ผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ ชาเขียวประเภทใบชาแห้ง บรรจุในถุงชนิดลามิเนตอลูมิเนียมฟอยล์ มีน้ำหนักบรรจุอยู่ในช่วง 100 – 150 กรัม ราคา 107 – 309 บาท ชาเขียวประเภทชาผงบรรจุซองพร้อมซอง บรรจุรวมในกล่องกระดาษ หรือกล่องพลาสติก น้ำหนักบรรจุต่อซอง 2 กรัม จำนวน 10 – 25 ซองต่อกล่อง (น้ำหนักบรรจุรวม 20 – 50 กรัม) ราคาต่อกล่อง 54 – 380 บาท และชาเขียวชนิดผงละลายได้ทันที ซึ่งมีวางจำหน่ายเพียง 1 ตรายี่ห้อ คือ ITOEN บรรจุในถุงชนิดลามิเนตอลูมิเนียมฟอยล์แบบมีซิปล น้ำหนักบรรจุ 40 กรัม ราคา 325 บาท จากผล

การสำรวจผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดชงร้อน พบว่า ชาเขียวที่นำเข้าจากต่างประเทศส่วนใหญ่มีราคาสูงกว่าชาเขียวที่ผลิตได้ในประเทศหลายเท่าตัว ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชาเป็นสินค้าที่ถูกจำกัดการนำเข้าเป็นระบบโควตาซึ่งจะเสียภาษีนำเข้า 30% ส่วนบริษัทนำเข้าที่ไม่อยู่ในระบบโควตาคต้องเสียภาษีสูงถึง 90% มีผลทำให้ราคาการจำหน่ายชานำเข้าสูงไปด้วย (วาสนา, 2549)

ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์ 8 ครายี่ห้อ (ตารางที่ 17) ประกอบด้วย ชาใบ (dried leaf tea) 3 ครายี่ห้อ บรรจุในถุงชนิดลามิเนตลูมิเนียมฟอยล์ น้ำหนักบรรจุ 200 – 300 กรัม ราคาขาย 202 – 245 บาท และชาชนิดซอง (infusion tea or tea bags) 5 ครายี่ห้อ บรรจุซองเยื่อกระดาษพร้อมซอง แล้วบรรจุรวมในกล่องกระดาษ หรือกล่องพลาสติก น้ำหนักบรรจุต่อซอง 1.5 – 2.0 กรัม จำนวน 15 – 25 ซองต่อกล่อง ราคาต่อกล่อง 135 – 278 บาท อัตราส่วนชาเขียว : ข้าวคั่ว มีตั้งแต่ 50 : 50 จนถึง 65 : 35 พบว่าชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดชงร้อนที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดนั้นเป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศทั้งสิ้น รวมถึงชาเขียวผสมข้าวคั่ว ครายี่ห้อ ฟุจิ ซึ่งมีการนำเข้าวัตถุดิบชาเขียวผสมข้าวคั่วจากประเทศญี่ปุ่นมาทำการบรรจุในประเทศไทย

เนื่องจากตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์ ครายี่ห้อ ฟุจิ เพิ่งวางจำหน่ายในปีพ.ศ. 2554 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์ เพียง 7 ครายี่ห้อมาศึกษาคุณภาพด้านต่างๆ ต่อไป

ตารางที่ 15 ผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดชงร้อนที่มีแหล่งผลิตในประเทศไทย (สำรวจในช่วงพ.ศ. 2551 – 2554)

รูปแบบของ ผลิตภัณฑ์	ตราชื่อ	ประเภทของชา	ผู้ผลิต	บรรจุภัณฑ์	น้ำหนัก (กรัม)	ราคา (บาท)	ระยะเวลาชงชา (นาที)
ใบชาแห้ง (dry leaf tea)	คอคบคำ/โครงการหลวง	ชาเขียวจีน	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง, เชียงใหม่	กระป๋องคีนุก	85	150	-
	คอคบคำ/โครงการหลวง	ชาเขียว	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง, เชียงใหม่	ถุงออลูมิเนียมฟอยล์	50	75	-
	สุวิรุฬห์	ชาเขียวอูหลง	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชาไทยสุ วิรุฬห์, เชียงราย	ถุงกระดาษลามิเนต ออลูมิเนียมฟอยล์	100	150	3 - 4
	บ้านสมนไพร	ชาเขียว	บริษัท เอ็นพีซี เทรดดิ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ	กระป๋องพลาสติกใส	80	71	-
ชาผงบรรจุซอง (tea bags)	เรนองที	ชาเขียวญี่ปุ่น	ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีนที, กรุงเทพฯ	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องกระดาษ	60 (2 กรัมx30 ซอง)	96	-
	เฮนรีเว (HENRY WEI)	ชาเขียวจีนและ ไต้หวัน	บริษัท ชาสามม้า จำกัด, กรุงเทพฯ	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องกระดาษ	40 (2 กรัมx20 ซอง)	120	2 - 5
	ซากุระชะ (SAKURACHA)	ชาเขียวญี่ปุ่น	ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีนที, กรุงเทพฯ	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องกระดาษ	40 (2 กรัมx20 ซอง)	74	-
	เล่งหงษ์	ชาเขียวจีน	บริษัท เล่งหงษ์ จำกัด, กรุงเทพฯ	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องกระดาษ	30 (1.5 กรัมx20 ซอง)	53	-

ตารางที่ 16 ผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดชงร้อนที่นำเข้าจากต่างประเทศ (สำรวจในช่วงพ.ศ. 2551 – 2554)

รูปแบบของ ผลิตภัณฑ์	ตราชื่อ	ประเภทของชา	ผู้ผลิต	บรรจุภัณฑ์	น้ำหนัก (กรัม)	ราคา (บาท)	ระยะเวลาชงชา (นาที)
ใบชาแห้ง (dry leaf tea)	YAMAMA	Bancha Japanese	YAMAMA MASUDAEN Co., Ltd.,	ถุงออลูมิเนียมฟอยล์	100	134	-
	MASUDAEN	green tea	Shizuoka, Japan				
	ITOEN	Ryokucha Japanese	ITOEN Co., Ltd., Tokyo, Japan	ถุงออลูมิเนียมฟอยล์	150	309	-
		green tea					
	ITOEN (home size)	Ryokucha Japanese	ITOEN Co., Ltd., Shizuoka, Japan	ถุงออลูมิเนียมฟอยล์	150	305	-
		green tea					
	DAIGO SHOTEN	Bancha Japanese	DAIGO SHOTEN Co., Ltd.,	ถุงออลูมิเนียมฟอยล์	100	107	-
ชาชนิดผงละลายได้ ทันที (instant green tea powder)		green tea	Yokohama, Japan				
	SEN	Japanese green tea	Zhe Jiang Tea Co., Ltd., China	กระป๋องดีบุก	100	185	3 – 4
	FUJIAN	Chinese green tea	Zhe Jiang Tea Co., Ltd., China	กระป๋องดีบุก	100	185	3 – 4
	ITOEN (Ooi Ocha	Ryokucha Japanese	ITOEN Co., Ltd., Shizuoka, Japan	ถุงออลูมิเนียมฟอยล์	40	325	-
	Sarasara)	green tea					

ตารางที่ 16 (ต่อ)

รูปแบบของ ผลิตภัณฑ์	ตราชื่อ	ประเภทของชา	ผู้ผลิต	บรรจุภัณฑ์	น้ำหนัก (กรัม)	ราคา (บาท)	ระยะเวลาชงชา (นาที)
ชาผงบรรจุซอง (tea bags)	UJINOTSUYU	Sencha Japanese green tea	UJINOTSUYU SEICHA Co., Ltd., Kyoto, Japan	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องพลาสติก	50 (2 กรัม x 25ซอง)	159	-
	NAKAMURA CHA-O	Sencha Japanese green tea	NAKAMURA CHA-O Co., Ltd., Japan	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องกระดาษ	40 (2 กรัม x 20ซอง)	380	-
	RAMING	Green tea	KARABUJIAN Co., Ltd., Japan	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องกระดาษ	20 (2 กรัม x 10ซอง)	54	3 – 5
	RAMING	Jasmine green tea	KARABUJIAN Co., Ltd., Japan	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องกระดาษ	20 (2 กรัม x 10ซอง)	54	3 – 5
	ZHE JIANG	Sencha green tea	Zhe Jiang Tea Co., Ltd., China	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องกระดาษ	20 (2 กรัม x 10ซอง)	81	2 – 3
	ZHE JIANG	Chrysanthemum green tea	Zhe Jiang Tea Co., Ltd., China	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องกระดาษ	20 (2 กรัม x 10ซอง)	85	2 – 3
	ZHE JIANG	Ginseng green tea	Zhe Jiang Tea Co., Ltd., China	ชาชนิดซองบรรจุ กล่องกระดาษ	20 (2 กรัม x 10ซอง)	85	2 – 3

ตารางที่ 17 ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในเขตกรุงเทพมหานคร (สำรวจในช่วงพ.ศ. 2551 – 2554)

รูปแบบของ ผลิตภัณฑ์	ตราชื่อ	ประเภทของชา	ผู้ผลิต	น้ำหนัก (กรัม)	ราคา (บาท)	ชาแห้ง	น้ำชา	ส่วนผสม (%)	
								ชาเขียว	ข้าวคั่ว
ใบชาแห้ง (dry leaf tea)	 MEI-YO	-	MEI-YO Co., Ltd., Japan	200	202			40	60
	 ITOEN	Bancha	ITOEN Co., Ltd., Tokyo, Japan	300	280			50	50
	 ITOEN	Matcha	ITOEN Co., Ltd., Tokyo, Japan	200	245			50	50

ตารางที่ 17 (ต่อ)

รูปแบบของ ผลิตภัณฑ์	ตราชื่อ	ประเภทของชา	ผู้ผลิต	น้ำหนัก (กรัม)	ราคา (บาท)	ชาแห้ง	น้ำชา	ส่วนผสม (%)	
								ชาเขียว	ข้าวกล้อง
ชาผงบรรจุซอง (tea bags)	 UJINOTSUYU	Sencha	UJINOTSUYU SEICHA Co., Ltd., Kyoto, Japan	50 (2 กรัม x 25ซอง)	174			50	50
	 UJINOTSUYU	Matcha	UJINOTSUYU SEICHA Co., Ltd., Kyoto, Japan	40 (2 กรัม x 20ซอง)	278			55	45
	 ITOEN	-	ITOEN Co., Ltd., Tokyo, Japan	40 (2 กรัม x 20ซอง)	188			50	50
	 DONG SUH	-	Dongsuh, Ltd, Korea	30 (1.5 กรัม x 20 ซอง)	160			50	50
	 FUJI	-	บริษัท ฟุจิ กรุ๊ป จำกัด	33 (2.5x15ซอง)	135			65	35

2. ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว

2.1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคชาเขียวชนิดซองร้อน

จากการสำรวจผู้บริโภค โดยใช้แบบสอบถามกับผู้บริโภคเป้าหมาย จำนวน 200 คน ดังตารางที่ 18 สามารถแบ่งตามตัวแปรได้ดังนี้

เพศของผู้บริโภค แบ่งเป็นเป็นเพศชาย 32.5% และเพศหญิง 67.5% อายุของผู้บริโภคส่วนใหญ่ คือ 21 – 30 ปี คิดเป็น 36.0% รองลงมาคือ 31 – 40 ปี คิดเป็น 28.0% ระดับการศึกษาของผู้บริโภคส่วนใหญ่ คือ ระดับปริญญาตรี คิดเป็น 57.0% รองลงมาคือ ระดับสูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็น 20.0% อาชีพของผู้บริโภคส่วนใหญ่ คือ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ คิดเป็น 29.0% รองลงมาคือ พนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็น 18.5% และรายได้ของผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาท

ตารางที่ 18 ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค

n = 200

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (%)
เพศ	
ชาย	32.5
หญิง	67.5
อายุ	
21 – 30 ปี	36.0
31 – 40 ปี	28.0
41 – 50 ปี	22.0
มากกว่า 50 ปี	14.0
ระดับการศึกษา	
ปริญญาตรี	57.0
สูงกว่าปริญญาตรี	20.0
มัธยมศึกษา/ปวช.	14.0
อนุปริญญา/ปวส.	6.5
ประถมศึกษา	2.5

ตารางที่ 18 (ต่อ)

n = 200

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (%)
อาชีพ	
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	29.0
พนักงานบริษัทเอกชน	18.5
นักเรียน นิสิต นักศึกษา	14.5
ธุรกิจส่วนตัว	13.5
รับจ้าง	9.5
อื่นๆ ได้แก่ ผู้ช่วยสอน ลูกจ้างชั่วคราว	9.5
แม่บ้าน	5.5
รายได้ต่อเดือน	
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	15.5
5,001 – 10,000 บาท	19.5
10,001 – 15,000 บาท	22.0
15,001 – 20,000 บาท	10.5
20,001 – 25,000 บาท	9.0
25,001 – 30,000 บาท	7.5
มากกว่า 30,000 บาท	16.0

2.2 พฤติกรรมและทัศนคติในการบริโภคผลิตภัณฑ์ชาเขียวร้อน

ผลการสำรวจผู้บริโภคแสดงดังตารางที่ 19 พบว่า ความถี่ในการดื่มชาเขียวร้อนส่วนใหญ่คือ 1 ครั้งต่อเดือน คิดเป็น 77.0% ช่วงเวลาในการดื่มชาเขียวร้อน ส่วนใหญ่ผู้บริโภคดื่มชาเขียวเวลาว่างคิดเป็น 44.0% รองลงมาคือ ดื่มร่วมกับอาหารเช้า คิดเป็น 36.0% รูปแบบการดื่มชาเขียวส่วนใหญ่ดื่มชาเขียวเปล่า โดยไม่ได้ใส่น้ำตาลใดๆ คิดเป็น 71.0% ปริมาณที่ดื่มชาเขียวต่อครั้งของผู้บริโภคส่วนใหญ่คือ 1 ถ้วย คิดเป็น 57.0% เหตุผลที่ดื่มชาเขียวส่วนใหญ่ คือ ดื่มเพราะชอบในกลิ่นรสชาติ คิดเป็น 60.4% รองลงมาคือ ดื่มเพราะชาเขียวมีสารต้านอนุมูลอิสระ คิดเป็น 25% สถานที่การดื่มชาเขียวส่วนใหญ่ คือ ดื่มในร้านอาหาร คิดเป็น 48.0% รองลงมาคือ ชงดื่มเองที่บ้าน คิดเป็น 34.5% สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์ชาเขียวสำหรับนำมาชงเอง คือ ซูเปอร์มาร์เก็ต คิดเป็น 46.5% รองลงมาคือ ร้านอาหาร คิดเป็น 25.5% ประเภทของชาเขียวที่ซื้อ คือ ชาบรรจุซอง คิดเป็น 65.0% รองลงมา

คือ ชาบรรจุถุงขนาดกรอบครัว คิดเป็น 17.0% ราคาของชาเขียวที่ซื้อต่อหน่วย คือ 101 – 200 บาท คิดเป็น 43.0% รองลงมาคือ ต่ำกว่า 100 บาท คิดเป็น 36.5% ชนิดของชาเขียวที่ชื่นชอบ คือ ชาเขียวญี่ปุ่น คิดเป็น 68.0% รองลงมาคือ ชาเขียวจีน คิดเป็น 18.5% ครายี่ห้อของผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่เลือกซื้อ ได้แก่ OISHI, FUJI, ITOEN

จากผลการสำรวจด้านความถี่ในการดื่มชาเขียวร้อน พบว่ากลุ่มผู้บริโภคที่ดื่มชาเขียวร้อนทุกวัน และดื่มชาเขียวร้อน 1 – 2 ครั้งต่อสัปดาห์ มีเพียง 23% ของผู้บริโภคทั้งหมด ทั้งนี้จากรายงานของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2552) พบว่าผู้บริโภคชาวไทยส่วนใหญ่นิยมดื่มชาเขียวพร้อมดื่มแช่เย็นมากกว่าชาเขียวชนิดชงร้อน โดยพิจารณาจากส่วนแบ่งตลาดชาเขียวพร้อมดื่มในปี พ.ศ. 2549 ชาเขียวพร้อมดื่มมีส่วนแบ่งตลาดถึง 90% ของตลาดชาทั้งหมด

ตารางที่ 19 ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติในการบริโภคผลิตภัณฑ์ชาเขียวร้อน

n = 200

พฤติกรรมผู้บริโภคชาเขียวร้อน	ความถี่ (%)
ความถี่ในการดื่มชาเขียวร้อน	
1 ครั้งต่อเดือน	77.0
1 – 2 ครั้งต่อสัปดาห์	16.5
ทุกวัน	6.5
ช่วงเวลาในการดื่มชาเขียวร้อน	
ดื่มเวลาว่าง	44.0
ดื่มร่วมกับอาหารญี่ปุ่น	36.0
ดื่มระหว่างเวลาทำงาน	8.5
ดื่มร่วมกับอาหารว่าง	6.5
อื่นๆ	5.0
รูปแบบในการดื่มชาเขียวร้อน	
ดื่มชาเขียวเปล่าๆ	71.0
ดื่มชาเขียวผสมน้ำตาล	19.0
ดื่มชาเขียวผสมน้ำตาลและนม	6.0
ดื่มชาเขียวผสมนม	3.0
อื่นๆ	1.0

ตารางที่ 19 (ต่อ)

n = 200

พฤติกรรมการบริโภคชาเขียวร้อน	ความถี่ (%)
ปริมาณชาเขียวที่ดื่มต่อครั้ง (1 ถ้วย = 200 ml)	
1 ถ้วย	57.0
2 – 3 ถ้วย	34.5
มากกว่า 3 ถ้วย	8.5
เหตุผลที่เลือกดื่มชาเขียว	
ชอบในกลิ่น/รสชาติ	60.4
มีสารต้านอนุมูลอิสระ ลดการเกิดโรคมะเร็ง	25.0
ตามกระแสนิยม	13.5
ลดระดับความดันเลือด	8.0
ควบคุมน้ำหนัก	6.5
สถานที่ในการดื่มชาเขียว	
สั่งมาดื่มในร้านอาหาร	48.0
ชงดื่มเองที่บ้าน	34.5
ชงดื่มเองที่ทำงาน	17.5
สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์ชาเขียวสำหรับนำมาชงเอง	
ซูเปอร์มาร์เก็ต	46.5
ร้านอาหาร	25.5
ร้านสะดวกซื้อ	18.5
ร้านขายชา	7.5
อื่นๆ	2.0
ประเภทของชาเขียวที่เลือกซื้อ	
ชาบรรจุซอง	65.0
ชาใบ	24.0
ชาผง	11.0
รูปแบบของผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่เลือกซื้อ	
ชาชนิดซองบรรจุกล่อง	72.0
ชาบรรจุถุงขนาดครอบครั	17.0
ชาบรรจุกระป๋องมีฝาปิด	11.0

ตารางที่ 19 (ต่อ)

n = 200

พฤติกรรมการบริโภคชาเขียวร้อน	ความถี่ (%)
ราคาของชาเขียวที่ซื้อต่อหน่วย	
101 – 200 บาท	43.0
น้อยกว่า 100 บาท	36.5
201 – 300 บาท	14.5
มากกว่า 300 บาท	6.0
ชนิดของชาเขียวที่ชื่นชอบ	
ชาเขียวญี่ปุ่น	68.0
ชาเขียวจีน	18.5
ชาเขียวผสมข้าวคั่ว	5.5
ชาเขียวผสมดอกไม้	5.0
ชาเขียวผสมผลไม้	3.0

2.3 ปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อชาเขียวชนิดขงร้อน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามผู้บริโภคเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดขงร้อน พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการตัดสินใจซื้อเมื่อพิจารณาเฉพาะลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ ความสะดวกในการบริโภค ความง่ายต่อการเก็บรักษา ข้อมูลทางโภชนาการ ข้อมูลบ่งชี้ประโยชน์ต่อสุขภาพ และราคา และเมื่อพิจารณาด้านคุณลักษณะของน้ำชาที่ขงได้ พบว่า ปัจจัยสำคัญมากต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะของน้ำชาเขียวขงร้อน ได้แก่ สีของน้ำชา ความใสของน้ำชา กลิ่นของน้ำชา กลิ่นรสของน้ำชา และรสขมของน้ำชา ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวชนิดซองร้อน

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ย *	ช่วงระดับคะแนนเฉลี่ย**
ลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์		
ข้อมูลบ่งชี้ประโยชน์ต่อสุขภาพ	3.91	สำคัญมาก
ข้อมูลทางโภชนาการ	3.87	สำคัญมาก
ความสะดวกในการบริโภค	3.86	สำคัญมาก
ความง่ายต่อการเก็บรักษา	3.85	สำคัญมาก
ราคา	3.73	สำคัญมาก
ลักษณะของบรรจุภัณฑ์	3.58	สำคัญมาก
ขนาดการบรรจุ	3.45	สำคัญปานกลาง
ตราชื่อ	3.36	สำคัญปานกลาง
สีสັນของบรรจุภัณฑ์	3.31	สำคัญปานกลาง
คุณลักษณะของน้ำชาที่ชงได้		
รสขม	4.30	สำคัญมาก
กลิ่นรส (จากการชมน้ำชา)	4.22	สำคัญมาก
กลิ่น (จากการดมน้ำชา)	4.19	สำคัญมาก
ความใส	3.75	สำคัญมาก
สี	3.71	สำคัญมาก

หมายเหตุ ระดับคะแนนการตัดสินใจซื้อ ให้คะแนน 1 - 5 (1= สำคัญน้อยที่สุด, 5 = สำคัญมากที่สุด)

*ช่วงระดับคะแนนเฉลี่ย = $\frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนชั้น}}$

จำนวนชั้น

** ช่วงระดับคะแนนเฉลี่ย ในช่วง 1.00 – 1.49 = สำคัญน้อยที่สุด

1.50 – 2.49 = สำคัญน้อย

2.50 – 3.49 = สำคัญปานกลาง

3.50 – 4.49 = สำคัญมาก

4.50 – 5.00 = สำคัญมากที่สุด

2.4 ทักษะของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว

จากการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคเกี่ยวกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ต้องการพัฒนาเพื่อสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ ได้ข้อมูลของลักษณะผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ผู้บริโภคต้องการ ดังตารางที่ 21 พบว่ารูปแบบบรรจุภัณฑ์ของชาเขียวผสมข้าวคั่วควรเป็นชาบรรจุซองพร้อมซองแล้วบรรจุรวมในกล่องกระดาษ ชนิดของข้าวเป็นข้าวกล้อง สีของน้ำชาเป็นสีเหลืองปานกลาง น้ำชามีความใสปานกลาง กลิ่นของน้ำชาเป็นกลิ่นชาเขียวผสมข้าวคั่ว กลิ่นรสของน้ำชาเป็นกลิ่นชาเขียวมากกว่ากลิ่นข้าวคั่ว และมีผู้บริโภค 78.5% สนใจผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่จะทำการพัฒนา

ตารางที่ 21 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ผู้บริโภคต้องการ

n = 200

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว	ความถี่ (%)
รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว	
ชาชนิดซองบรรจุกล่องกระดาษ	49.5
ถุงออลูมิเนียมฟอยล์	16.5
ชาชนิดซองบรรจุกล่องพลาสติก	16.5
ชนิดของข้าว	
ข้าวกล้อง	82.5
ข้าวขาว	17.5
สีของน้ำชา	
สีเหลืองปานกลาง	34.5
สีเหลืองอ่อนถึงปานกลาง	21.0
สีเหลืองอ่อน	17.5
สีเหลืองค่อนข้างเข้ม	17.0
สีเหลืองเข้ม	10.0
ความใส	
ใส	64.0
ปานกลาง	22.5
ขุ่น	13.5

ตารางที่ 21 (ต่อ)

n = 200

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว	ความถี่ (%)
กลิ่น	
กลิ่นชาเขียวผสมข้าวคั่ว	52.0
กลิ่นชาเขียว	32.0
เพิ่มกลิ่นดอกไม้	7.0
กลิ่นข้าวคั่ว	6.5
เพิ่มกลิ่นผลไม้	2.5
กลิ่นรส	
กลิ่นรสชาเขียวมากกว่าข้าวคั่ว	57.5
กลิ่นรสชาเขียวและข้าวคั่วเท่าๆ กัน	33.0
กลิ่นรสข้าวคั่วมากกว่าชาเขียว	9.5
ความสนใจต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ผลิตได้ในประเทศไทย	
สนใจ	78.5
ไม่สนใจ	21.5

ดังนั้นผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่จะทำการพัฒนาจึงเลือกใช้ข้าวกล้องเป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวคั่ว น้ำชาที่ได้ควรมีสีเหลืองปานกลาง น้ำชามีความใสปานกลาง มีกลิ่นชาเขียวผสมข้าวคั่ว มีกลิ่นรสชาเขียวมากกว่าข้าวคั่ว และบรรจุของพร้อมซองแล้วบรรจุรวมในกล่องกระดาษ

2.5 ผลการทดสอบความชอบของชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาที่ชงจากชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด 7 รายี่ห้อ โดยใช้ผู้บริโภคที่ดื่มชาเขียวร้อนอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง จำนวน 200 คน แบ่งเป็นเพศชาย 32.5% และเพศหญิง 67.5% ทดสอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scales (1-ไม่ชอบมากที่สุด, 9-ชอบมากที่สุด) เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) พบว่าในด้านสีและความใสของน้ำชา ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีและความใสของตัวอย่าง D-B₁ และ I-D มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่น กลิ่นรส และรสขมของน้ำชา ผู้บริโภคชอบกลิ่น กลิ่นรส และรสขมของน้ำชาตัวอย่าง D-B₂ ตัวอย่าง I-C₁ ตัวอย่าง I-C₂ และตัวอย่าง I-D มากกว่าตัวอย่างชาที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และในด้านความชอบรวม ผู้บริโภคชอบตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่ว I-C₁ และ I-D มากที่สุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากตัวอย่างอื่น (ตารางที่ 22)

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อการบริโภคน้ำชาเขียวร้อน พบว่าผู้บริโภคที่ได้ทำการสำรวจมีเพียง 23% เท่านั้นที่ดื่มน้ำชาเขียวร้อนเป็นประจำ ดังนั้นผู้บริโภคอาจไม่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์น้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อน ทำให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วค่อนข้างน้อย

ตารางที่ 22 คะแนนความชอบเฉลี่ยของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

คุณลักษณะ	น้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วจากชาใบ			น้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วจากชาผงบรรจุซอง			
	D-A	D-B ₁	D-B ₂	I-C ₁	I-C ₂	I-B	I-D
สี	6.1 ± 1.7 cd	6.6 ± 1.5 a	6.3 ± 1.7 bc	6.0 ± 1.8 cd	6.1 ± 1.7 cd	5.9 ± 1.3 d	6.5 ± 1.6 ab
ความใส	5.9 ± 1.9 b	6.8 ± 1.5 a	6.1 ± 1.7 b	5.9 ± 1.8 b	5.8 ± 1.8 b	5.9 ± 1.3 b	6.6 ± 1.6 a
กลิ่น	5.4 ± 2.0 c	5.5 ± 1.8 bc	5.7 ± 1.7 ab	5.8 ± 1.8 ab	5.9 ± 1.8 ab	5.5 ± 2.0 bc	6.0 ± 1.7 a
กลิ่นรส	5.4 ± 2.1 c	5.5 ± 1.8 bc	5.8 ± 1.7 ab	6.0 ± 1.7 a	5.9 ± 1.8 a	5.4 ± 2.1 c	5.9 ± 1.7 a
รสชาติ	4.9 ± 2.1 d	5.5 ± 1.9 bc	5.8 ± 1.7 ab	6.0 ± 1.7 a	6.0 ± 1.8 a	5.4 ± 1.8 c	5.8 ± 1.8 ab
ความชอบรวม	5.7 ± 1.9 bc	5.8 ± 1.7 bc	5.9 ± 1.7 b	6.2 ± 1.7 a	6.0 ± 1.7 b	5.4 ± 1.7 c	6.2 ± 1.7 a

หมายเหตุ a-d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3. ผลการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

การประเมินคุณภาพของตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด 7 ตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ได้แก่ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา และการประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและกลิ่นรสด้วยเครื่อง electronic nose มีผลดังนี้

3.1 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Generic Descriptive analysis) ของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 8 คน ทดสอบตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด 7 ตัวอย่างด้วยวิธี Generic Descriptive Analysis กลุ่มผู้ทดสอบสร้างคำศัพท์กำหนดนิยาม และสิ่งอ้างอิงที่ใช้ในการประเมินได้ดังตารางที่ 23 โดยสามารถประเมินคุณลักษณะได้ทั้งสิ้น 18 คุณลักษณะ แบ่งคุณลักษณะตามลำดับการรับรู้ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความรู้สึกในปาก และสิ่งตกค้าง

เมื่อผู้ทดสอบผ่านการฝึกฝนแล้วทำการทดสอบคุณลักษณะต่างๆ ของชาเขียวผสมข้าวคั่ว 7 ตัวอย่าง ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance; MANOVA) พบว่าค่าความเข้มของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้ง 18 คุณลักษณะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 24

คุณลักษณะด้านสีเหลือง พบว่าน้ำชา I-C₁ มีสีเหลืองเข้มมากที่สุด และน้ำชาที่ขงจากตัวอย่างชาผงบรรจุซอง (I-C₁, I-C₂, I-B และ I-D) มีสีเหลืองเข้มกว่าน้ำชาที่ขงจากตัวอย่างชาที่เป็นชาใบเนื่องจากชาบรรจุซองเป็นชาผงบดละเอียด เมื่อนำมาแช่น้ำร้อนจึงสามารถแพร่กระจายตัวในน้ำได้ดีกว่า ทำให้เกิดสีที่เข้มกว่าชาใบ

คุณลักษณะด้านความใส พบว่าน้ำชา D-B₁ มีความใสมากที่สุด โดยตัวอย่าง D-B₁ เป็นชาเขียวชนิดชาใบ ตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วที่เป็นชาใบส่วนใหญ่มีความใสกว่าชาผงบรรจุซองเนื่องจากชาบรรจุซองมีลักษณะเป็นผงละเอียด จึงทำให้เกิดตะกอนขุ่นในน้ำได้มากกว่า

คุณลักษณะด้านกลิ่นชา และกลิ่นแห้งพบว่าน้ำชาที่ชงจากตัวอย่าง I-C₁, I-C₂ และ I-D มีความเข้มข้นของกลิ่นชาและกลิ่นแห้งสูงสุด ซึ่งตรงข้ามกับคุณลักษณะด้านกลิ่น Green และกลิ่น Seaweed ซึ่งน้ำชาจากตัวอย่างที่เป็นชาใบส่วนใหญ่จะมีความเข้มข้นของกลิ่น Green และกลิ่น Seaweed สูงกว่าน้ำชาที่ชงจากชาผงบรรจุซอง คุณลักษณะด้านกลิ่นคั่ว พบว่าน้ำชาจากตัวอย่าง I-B มีกลิ่นคั่วสูงสุด

คุณลักษณะด้านกลิ่นรสชา พบว่าน้ำชาที่ชงจากชาผงบรรจุซองส่วนใหญ่จะมีกลิ่นรสชาเข้มข้นกว่าชาใบ คุณลักษณะด้านกลิ่นรสแห้ง พบว่าน้ำชาจากตัวอย่างชาแต่ละตัวอย่างมีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน โดยมีเพียงน้ำชาจากตัวอย่าง D-B₂ ที่มีวัตถุดิบเป็นชาเขียวชนิดมัทชาที่มีกลิ่นรสแห้งน้อยกว่าตัวอย่างอื่น คุณลักษณะด้านกลิ่นรส Green และ Seaweed พบว่าน้ำชาที่ชงจากตัวอย่างชาใบมีความเข้มข้นมากกว่าชาชนิดซองซึ่งสอดคล้องกับกลิ่น Green และ Seaweed คุณลักษณะด้านกลิ่นรสคั่ว พบว่าน้ำชาที่ชงจากตัวอย่าง D-B₁, D-B₂ และ I-B มีกลิ่นรสคั่วสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ

คุณลักษณะด้านรสขมและความฝาด พบว่าน้ำชาที่ชงจากชาผงบรรจุซองทั้ง 4 ตัวอย่าง (I-C₁, I-C₂, I-B และ I-D) มีรสขมและความฝาดมากกว่าตัวอย่างที่เป็นชาใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากชาบรรจุซองเป็นชาบดละเอียดทำให้สารสำคัญได้แก่ Caffeine และ Catechin ที่มีส่วนสำคัญทำให้เกิดรสขมละลายในน้ำร้อนได้ดีกว่าจึงมีรสขมมากกว่าชาใบ

คุณลักษณะด้านกลิ่นรสชาตกค้าง และรสขมตกค้าง พบว่ากลิ่นรสชาตกค้างและรสขมตกค้างของน้ำชาที่ชงจากชาผงบรรจุซองมีความเข้มข้นมากกว่าชาใบ คุณลักษณะด้านกลิ่นรสคั่วตกค้าง พบว่าน้ำชาที่ชงจากตัวอย่าง I-C₁ และ I-D มีกลิ่นรสคั่วตกค้างต่ำสุด คุณลักษณะด้านความฝาดตกค้าง พบว่าน้ำชาที่ชงจากตัวอย่าง D-B₁ มีความฝาดตกค้างน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะด้านกลิ่นและกลิ่นรสของชาผงบรรจุซองส่วนใหญ่จะมีความเข้มข้นกว่าชาใบ ทั้งนี้เนื่องจากชาบรรจุซองผ่านกระบวนการบดเป็นชาผงทำให้ได้กลิ่นและกลิ่นรสของชาที่เข้มข้นกว่าชาใบซึ่งไม่ผ่านการบด

ตารางที่ 23 คำศัพท์และนิยามของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อน

คำศัพท์	นิยาม	สิ่งอ้างอิง	ความเข้ม
ลักษณะปรากฏ			
สีเหลือง (Yel)	ลักษณะสีที่ปรากฏของตัวอย่างชา ประเมินโดยเปรียบเทียบกับแถบสี	Munsell book แถบสี เบอร์ 2	3.0
		เบอร์ 4	5.0
		เบอร์ 5	9.0
ความใส (Cl)	ลักษณะของตัวอย่างที่มีตะกอนขุ่น และแสงผ่านได้	น้ำผสมแป้ง 0.1%	7.0
กลิ่นและกลิ่นรส			
กลิ่นชา (TeaA)	กลิ่นเฉพาะของใบชา	ชาจีนแห้ง	7.0
กลิ่นแห้ง (DryA)	กลิ่นแห้งคล้ายใบไม้, หญ้าที่แห้ง เมื่อดมตัวอย่าง	ใบตองแห้ง	7.0
กลิ่น green (GreA)	กลิ่นเขียวคล้ายใบไม้สด เมื่อดมตัวอย่าง	ใบตองสด	5.0
กลิ่น seaweed (SeaA)	กลิ่นคาวคล้ายพืชน้ำ เช่น สาหร่าย	ชาญี่ปุ่น ชนิดบันชาแห้ง	5.0
กลิ่นคั่ว (RoA)	กลิ่นของข้าวคั่วที่ผ่านความร้อนโดยการคั่ว	ข้าวกล้องคั่วขงน้ำ	4.0
กลิ่นรสชา (TeaF)	กลิ่นรสเฉพาะของใบชา	ชาจีนขงน้ำ	9.0
กลิ่นรสแห้ง (DryF)	กลิ่นรสแห้งคล้ายใบไม้, หญ้าที่แห้ง เมื่อชิมตัวอย่าง	ใบตองแห้ง	7.0
กลิ่นรส green (GreF)	กลิ่นรสเขียวคล้ายใบไม้สด เมื่อชิมตัวอย่าง	ใบตองสด	5.0
กลิ่นรส seaweed (SeaF)	กลิ่นรสคาวคล้ายพืชน้ำ เช่น สาหร่าย	ชาญี่ปุ่น ชนิดบันชาขงน้ำ	4.0
กลิ่นรสคั่ว (RoF)	กลิ่นรสของข้าวคั่วที่ผ่านความร้อนโดยการคั่ว	ข้าวกล้องคั่วขงน้ำ	5.0

ตารางที่ 23 (ต่อ)

คำศัพท์	นิยาม	สิ่งอ้างอิง	ความเข้ม
รสชาติ			
รสขม (Bit)	รสชาติพื้นฐานของสารละลายคาเฟอีนในน้ำ	สารละลายคาเฟอีนความเข้มข้น 0.02%	3.5
		สารละลายคาเฟอีนความเข้มข้น 0.06%	8.5
ความรู้สึกในปาก			
ความฝาด (Ast)	ความรู้สึกแห้งบนลิ้น และภายในปาก	สารละลาย Alum ความเข้มข้น 0.1%	4.0
		สารละลาย Alum ความเข้มข้น 0.15%	7.0
สิ่งตกค้าง			
กลิ่นรสชา (TeaAf)	กลิ่นรสเฉพาะของใบชา	ชาจีนชงน้ำ	9.0
กลิ่นรสคั่ว (RoAf)	กลิ่นรสของข้าวคั่วที่ผ่านความร้อนโดยการคั่ว	ข้าวกล้องคั่วชงน้ำ	5.0
รสขม (BitAf)	รสชาติพื้นฐานของสารละลายคาเฟอีนในน้ำ	สารละลายคาเฟอีนความเข้มข้น 0.02%	3.5
ความฝาด (AstAf)	ความรู้สึกแห้งบนลิ้น และภายในปาก	สารละลาย Alum ความเข้มข้น 0.1%	4.0

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยความเข้มของคุณลักษณะต่างๆ ของน้ำชาที่ชงจากชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

คุณลักษณะ	น้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วจากชาใบ			น้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วจากชาผงบรรจุซอง			
	D-A	D-B ₁	D-B ₂	I-C ₁	I-C ₂	I-B	I-D
สีเหลือง	4.19±0.11d	3.77±0.31e	3.83±0.34de	7.31±0.23a	5.40±0.37b	4.63±0.11c	4.63±0.27c
ความใส	9.77±0.14bc	12.04±0.43a	9.48±0.31bc	8.38±0.17d	7.40±0.47e	7.80±0.13e	10.13±0.22b
กลิ่นชา	4.06±0.06bc	3.75±0.17c	3.98±0.13bc	4.63±0.39a	4.63±0.22a	3.98±0.13bc	4.52±0.32ab
กลิ่นแห้ง	2.69±0.27c	2.52±0.04c	2.71±0.10bc	3.29±0.22a	3.14±0.13ab	2.59±0.29c	3.17±0.18a
กลิ่น Green	2.46±0.20a	2.27±0.18ab	2.56±0.06a	1.94±0.13bc	2.17±0.13bc	2.48±0.30a	1.81±0.23c
กลิ่น Seaweed	2.15±0.13bcd	2.50±0.19ab	2.73±0.13a	1.81±0.06cd	1.73±0.18cd	2.50±0.31ab	1.65±0.20cd
กลิ่นคั่ว	3.10±0.13de	3.88±0.13b	3.48±0.10bcd	3.21±0.20cde	3.15±0.25cde	4.74±0.42a	2.92±0.25e
กลิ่นรสชา	4.48±0.13c	4.69±0.38c	4.31±0.54c	5.40±0.28ab	5.94±0.22a	5.59±0.35ab	5.00±0.23bc
กลิ่นรสแห้ง	2.90±0.14ab	3.00±0.11ab	2.65±0.24b	3.29±0.24a	3.25±0.25a	2.98±0.16ab	2.92±0.25ab
กลิ่นรส Green	2.23±0.14a	2.46±0.13a	2.52±0.04a	1.65±0.07b	1.73±0.07b	2.18±0.16a	1.60±0.16b
กลิ่นรส Seaweed	1.75±0.11a	1.79±0.13a	1.79±0.24a	1.17±0.10b	1.19±0.11b	1.89±0.16a	1.06±0.17b

ตารางที่ 24 (ต่อ)

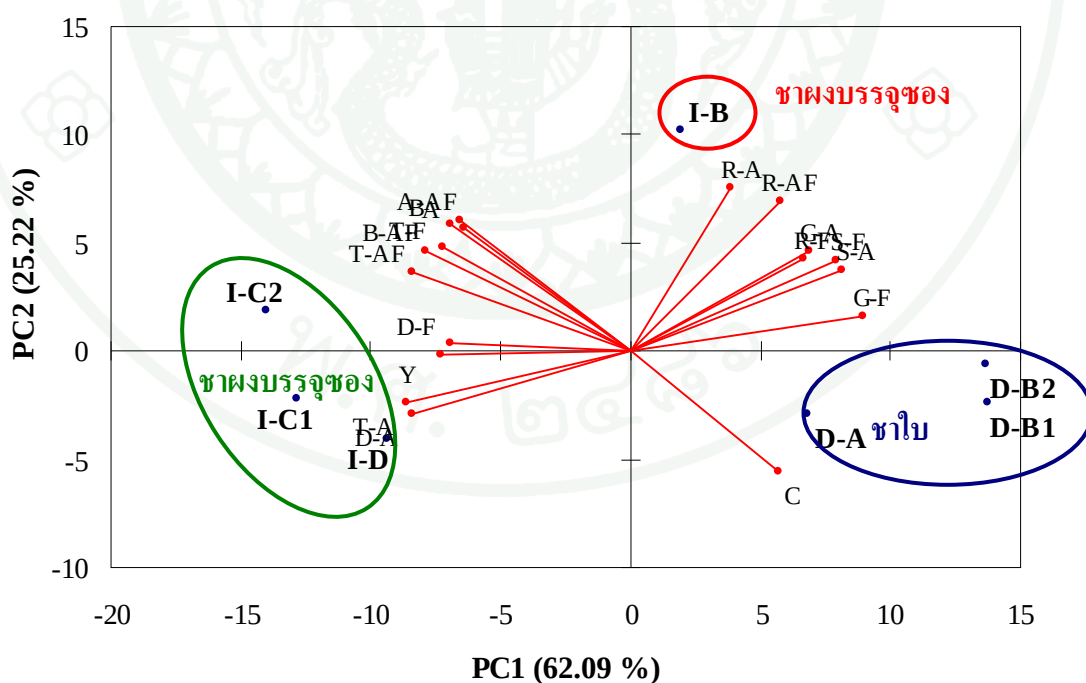
คุณลักษณะ	น้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วจากชาใบ			น้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วจากชาผงบรรจุซอง			
	D-A	D-B ₁	D-B ₂	I-C ₁	I-C ₂	I-B	I-D
กลิ่นรสคั่ว	2.17±0.18b	3.46±0.25a	3.31±0.39a	2.31±0.13b	2.31±0.23b	3.33±0.13a	2.13±0.11b
รสขม	2.04±0.07bcd	1.81±0.11d	1.98±0.34cd	2.69±0.17abc	3.35±0.07a	3.28±0.04a	2.79±0.22ab
ความฝาด	2.02±0.14bcd	1.58±0.20d	1.88±0.17cd	2.23±0.13abc	2.65±0.20a	2.78±0.06a	2.50±0.23ab
กลิ่นรสชาตกค้าง	1.69±0.32bcd	1.48±0.57d	1.50±0.23cd	2.21±0.22ab	2.50±0.06a	2.24±0.22ab	2.13±0.06abc
กลิ่นรสคั่วตกค้าง	0.65±0.20ab	0.63±0.13ab	0.71±0.04ab	0.48±0.07b	0.56±0.06ab	0.83±0.14a	0.46±0.07b
รสขมตกค้าง	0.56±0.11bc	0.44±0.11c	0.40±0.10c	1.21±0.04a	1.44±0.06a	1.32±0.13a	1.08±0.13ab
ความฝาดตกค้าง	1.17±0.13ab	1.13±0.28b	1.25±0.23ab	1.54±0.10ab	1.65±0.07ab	1.78±0.16a	1.54±0.10ab

หมายเหตุ a-d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3.1.1 ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; PCA)

เมื่อนำข้อมูลคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาดทั้ง 7 ตัวอย่างมาวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 องค์ประกอบ (Principle components; PCs) สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ถึง 87.31% (ภาพที่ 16) โดยที่ PC1 ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้านกลิ่นและกลิ่นรสของชาเขียวสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 62.09% ส่วน PC2 ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้านรสชาติและสิ่งตกค้างของชา อธิบายความแปรปรวนได้ 25.22%

เมื่อพิจารณาดำเนินจากแผนภาพ bi-plot ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส สามารถจัดกลุ่มตัวอย่างออกได้เป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วยกลุ่มแรก คือ ชาใบ 3 ตัวอย่าง ได้แก่ D-A, D-B₁ และ D-B₂ กลุ่มที่ 2 คือ ชาผงบรรจุซอง 3 ตัวอย่าง ได้แก่ I-C₁, I-C₂ และ I-D และกลุ่มที่ 3 คือ ชาบรรจุซอง 1 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่าง I-B ซึ่งจากผลจากการทดสอบเชิงพรรณนาพบว่าตัวอย่าง I-B มีกลิ่น กลิ่นรสคั่ว และกลิ่นรสคั่วตกค้างสูงกว่าตัวอย่างอื่น



ภาพที่ 16 Principal Component Analysis (PCA) loadings ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ตารางที่ 25 แสดงค่าน้ำหนักปัจจัย (factor loadings) ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ถ้าค่ามากกว่า 0.70 แสดงว่าปัจจัยมีอิทธิพลสูง จากแผนภาพ PCA และค่า factor loadings ของ PC1 ซึ่งเป็นตัวแปรด้านกลิ่นและกลิ่นรสชาติเขียว ซึ่งมีคุณลักษณะที่มีอิทธิพลสูง ได้แก่ กลิ่นรส Seaweed ($R^2 = 0.94$) กลิ่น Seaweed ($R^2 = 0.87$) กลิ่นรสคั่วตกค้าง ($R^2 = 0.87$) กลิ่นแห้ง ($R^2 = 0.86$) กลิ่นชา ($R^2 = 0.84$) กลิ่น Green ($R^2 = 0.78$) และกลิ่นรส Green ($R^2 = 0.76$) ขณะที่ PC2 ประกอบด้วยตัวแปรด้านรสขมและความฝาดของชา ซึ่งมีคุณลักษณะที่มีอิทธิพลสูง ได้แก่ ความฝาด ($R^2 = 0.94$) ความฝาดตกค้าง ($R^2 = 0.94$) รสขม ($R^2 = 0.93$) รสขมตกค้าง ($R^2 = 0.83$) และกลิ่นรสชาตกค้าง ($R^2 = 0.73$)

กลิ่นชาและกลิ่นแห้งเป็นคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ชาทั่วไป ในขณะที่กลิ่น Green กลิ่น Seaweed กลิ่นรส Green และกลิ่นรส Seaweed เป็นคุณลักษณะเฉพาะของชาเขียว ตามที่ Takeo (1996) กล่าวว่าคุณลักษณะของชาเขียวประกอบด้วย alcohols, aldehydes และ polyphenols นอกจากนี้ Wang *et al.* (2000) ยังกล่าวว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญของชา ประกอบด้วย รสขม และความฝาดเนื่องจากองค์ประกอบของ Caffeine Catechin และ Tannin ในใบชา แต่ในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว ดังนั้น นอกจากคุณลักษณะที่สำคัญในชาทั่วไปและชาเขียวแล้วยังมีกลิ่นคั่ว กลิ่นรสคั่ว และกลิ่นรสคั่วตกค้างจากข้าวคั่วที่ผสมอยู่เพิ่มเติมจากคุณลักษณะอื่นอีกด้วย

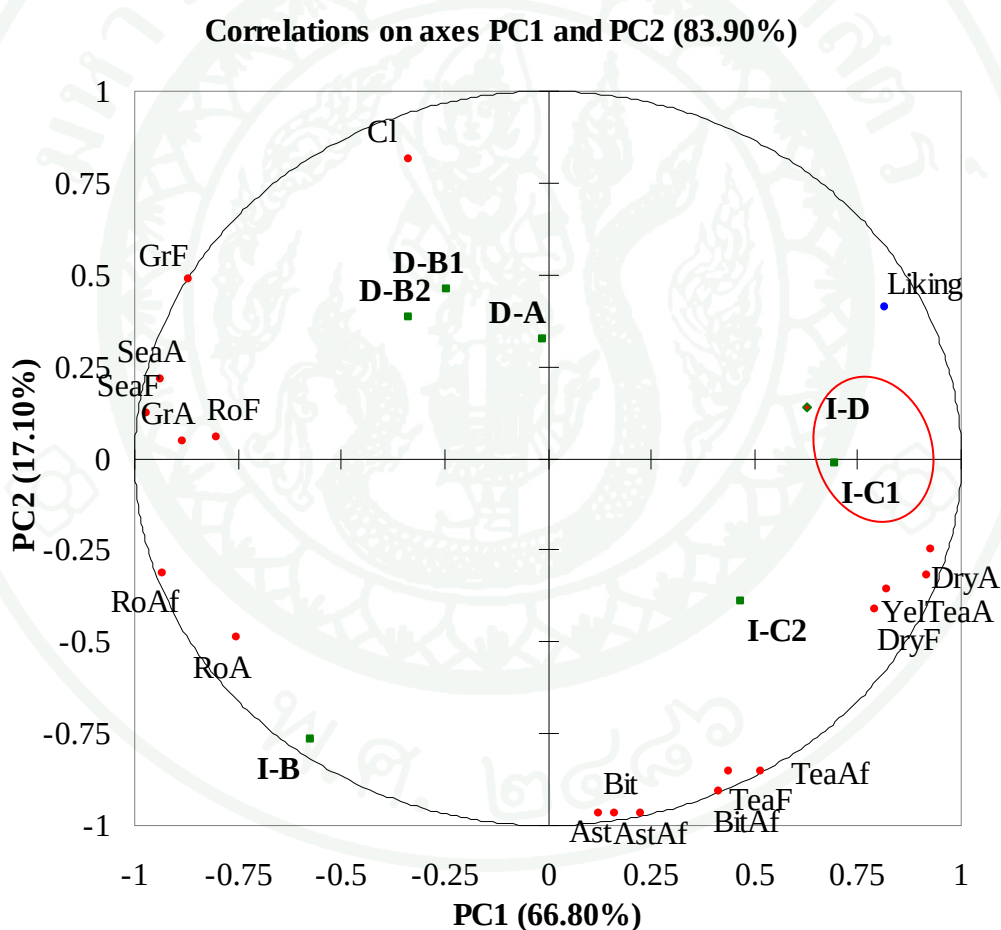
ตารางที่ 25 น้ำหนักของปัจจัย (Factor loadings)^a ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของชาเขียว
ผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

คุณลักษณะ	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2
สีเหลือง	0.67	0.13
ความใส	0.11	0.67
กลิ่นชา	0.84	0.10
กลิ่นแห้ง	0.86	0.06
กลิ่น Green	0.78	0.00
กลิ่น Seaweed	0.87	0.05
กลิ่นคั่ว	0.56	0.24
กลิ่นรสชา	0.19	0.73
กลิ่นรสแห้ง	0.63	0.17
กลิ่นรส Green	0.76	0.24
กลิ่นรส Seaweed	0.94	0.02
กลิ่นรสคั่ว	0.64	0.00
รสขม	0.05	0.93
ความฝาด	0.02	0.94
กลิ่นรสชาดก้าง	0.26	0.73
กลิ่นรสคั่วดก้าง	0.87	0.10
รสขมดก้าง	0.17	0.83
ความฝาดดก้าง	0.03	0.94

หมายเหตุ ^a ตัวพิมพ์หนาหมายถึงค่าน้ำหนักของปัจจัย (Factor loading) มีค่าสูงกว่า 0.70

3.1.2 ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคผังความชอบ (Preference Mapping)

ผังความชอบของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาและความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด แสดงดังภาพที่ 17 องค์ประกอบหลัก 2 องค์ประกอบสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ถึง 83.90% PC1 ประกอบด้วยกลิ่นชา กลิ่นแห้ง กลิ่น green กลิ่น seaweed กลิ่นรส green กลิ่นรส seaweed และกลิ่นรสคั่วคั่วสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 66.80% ขณะที่ PC2 ประกอบด้วยกลิ่นรสชา รสขม ความฝาด กลิ่นรสชา คั่วคั่ว รสขมคั่วคั่ว และความฝาดคั่วคั่วสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 17.10%



ภาพที่ 17 ผังความชอบของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนากับความชอบรวมของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (The coefficient of correlations; R) หรือความสัมพันธ์ (Correlations) ระหว่างคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาและความชอบของผู้บริโภค แสดงดังตารางที่ 26 พบว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาและความชอบของผู้บริโภค มีความสัมพันธ์อยู่หลายคู่ ประกอบด้วย คุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชอบของผู้บริโภค ได้แก่ กลิ่นชา ($R = 0.69$) และกลิ่นแห้ง ($R = 0.75$) ส่วนคุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความชอบของผู้บริโภค ได้แก่ กลิ่น Green ($R = -0.69$) กลิ่นคั่ว ($R = -0.83$) กลิ่นรส Seaweed ($R = -0.82$) และกลิ่นรสคั่วตกค้าง ($R = -0.89$) จากค่าความสัมพันธ์ที่ได้แสดงว่ากลิ่นคั่ว และกลิ่นรสคั่วตกค้างมีผลทำให้ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์น้อยลง ตรงข้ามกับกลิ่นชาและกลิ่นแห้งที่มีผลทำให้ความชอบของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นได้

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ เช่น กลิ่นและกลิ่นรสชา กลิ่นและกลิ่นรส green กลิ่นและกลิ่นรส seaweed ซึ่งมีความสัมพันธ์ทางบวกค่อนข้างสูงเนื่องจากคุณลักษณะเหล่านี้เป็นคุณลักษณะประเภทเดียวกัน นอกจากนี้รสขมยังมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างสูงกับหลายคุณลักษณะ ได้แก่ ความฝาด ($R = 0.97$) กลิ่นรสชาตกค้าง ($R = 0.95$) รสขมตกค้าง ($R = 0.97$) และความฝาดตกค้าง ($R = 0.97$) เนื่องจากคุณลักษณะด้านรสขมและความฝาดเกิดจากองค์ประกอบทางเคมีของใบชาเหมือนกัน

ตัวอย่าง I-D และ I-C₁ ซึ่งเป็นชาผงบรรจุซองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชอบของผู้บริโภค ซึ่งจากผลทางด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา พบว่าตัวอย่าง I-D และ I-C₁ มีความเข้มในด้านกลิ่นชา และกลิ่นแห้งสูง แต่มีความเข้มด้านกลิ่นคั่วและกลิ่นรสคั่วตกค้างต่ำ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับค่าความสัมพันธ์ของคุณลักษณะด้านกลิ่นชาและกลิ่นแห้งที่มีผลเชิงบวกต่อความชอบของผู้บริโภค และ กลิ่นคั่วและกลิ่นรสคั่วตกค้างที่มีผลเชิงลบต่อความชอบของผู้บริโภค ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วจึงควรปรับให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นชาและกลิ่นแห้งสูง ขณะที่ควรให้กลิ่นคั่วและกลิ่นรสคั่วตกค้างมีไม่มากเกินไปจึงจะทำให้ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สูงขึ้น จากผลดังกล่าวจึงได้เลือกผลิตภัณฑ์ I-D และ I-C₁ เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการพัฒนาต่อไป แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ I-D เป็นผลิตภัณฑ์ที่หาซื้อได้ยากในท้องตลาด โดยมีจำหน่ายร้านจำหน่ายชาจากประเทศเกาหลีเท่านั้น และยังไม่สามารถหาชาเขียวซึ่งเป็นส่วนผสมในชาเขียวผสมข้าวคั่วดังกล่าวได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่ว I-C₁ ซึ่งสามารถหาซื้อได้ตามซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป และมีชาเขียวชนิด Sencha ครายี่ห้อเดียวกันมาใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนา

ตารางที่ 26 ความสัมพันธ์ (correlations) ระหว่างผลทดสอบความชอบกับผลทดสอบเชิงพรรณานาของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

คุณลักษณะ	Yel	Cl	TeaA	DryA	GrA	SeaA	RoA	TeaF	DryF	GrF	SeaF	RoF	Bit	Astr	TeaAf	RoAf	BitAf	AstrAf	Liking
Yel	1.00	-0.56	0.85	0.90	-0.84	-0.75	-0.31	0.62	0.81	-0.91	-0.82	-0.59	0.49	0.41	0.69	-0.66	0.67	0.54	0.53
Cl		1.00	-0.68	-0.61	0.16	0.46	0.01	-0.75	-0.39	0.68	0.44	0.42	-0.89	-0.92	-0.88	-0.02	-0.86	-0.88	-0.03
TeaA			1.00	0.98	-0.74	-0.90	-0.61	0.64	0.75	-0.94	-0.95	-0.78	0.53	0.46	0.75	-0.72	0.66	0.48	0.69
DryA				1.00	-0.80	-0.85	-0.59	0.59	0.75	-0.92	-0.96	-0.70	0.46	0.37	0.69	-0.77	0.61	0.44	0.75
GrA					1.00	0.80	0.44	-0.51	-0.90	0.80	0.87	0.51	-0.22	-0.05	-0.48	0.89	-0.44	-0.20	-0.69
SeaA						1.00	0.65	-0.60	-0.86	0.92	0.91	0.88	-0.42	-0.34	-0.68	0.80	-0.58	-0.30	-0.59
RoA							1.00	0.15	-0.24	0.40	0.67	0.76	0.27	0.29	0.01	0.79	0.16	0.38	-0.83
TeaF								1.00	0.79	-0.78	-0.56	-0.29	0.94	0.84	0.96	-0.18	0.97	0.89	0.02
DryF									1.00	-0.90	-0.81	-0.55	0.56	0.41	0.75	-0.68	0.73	0.49	0.39
GrF										1.00	0.89	0.74	-0.66	-0.57	-0.86	0.66	-0.80	-0.61	-0.48
SeaF											1.00	0.71	-0.36	-0.23	-0.61	0.88	-0.52	-0.30	-0.82
RoF												1.00	-0.23	-0.26	-0.47	0.65	-0.35	-0.11	-0.49
Bit													1.00	0.97	0.95	0.10	0.97	0.97	-0.18
Astr														1.00	0.90	0.23	0.92	0.95	-0.30
TeaAf															1.00	-0.21	0.99	0.90	0.08
RoAf																1.00	-0.11	0.16	-0.89
BitAf																	1.00	0.95	-0.04
AstrAf																		1.00	-0.21
Liking																			1.00

3.2 ผลการประเมินคุณภาพทางกายภาพของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ค่าคุณภาพทางกายภาพของชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด 7 ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 27 พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำชาที่ชงจากชาเขียวผสมข้าวคั่วตัวอย่าง D-B₁ และ I-D มีค่าความสว่างมากที่สุดโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากตัวอย่างชาอื่น แสดงว่าน้ำชาดังกล่าวมีสีเข้มน้อย ค่า a^* (สีแดง/สีเขียว) ของน้ำชาที่ชงจากตัวอย่าง I-C₁ และ I-D มีค่าต่ำสุดโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากตัวอย่างชาอื่น คือ ตัวอย่างน้ำชาทั้งสองมีสีไปในทางสีเขียวมากกว่าตัวอย่างอื่น ในขณะที่น้ำชาตัวอย่าง D-B₂ และ I-B มีสีไปในทางสีเขียวน้อยที่สุด ค่า b^* (สีน้ำเงิน/สีเหลือง) ของน้ำชาที่ชงจากตัวอย่าง I-C₁ สูงที่สุดโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากตัวอย่างชาอื่น แสดงว่าตัวอย่าง I-C₁ มีสีเหลืองมากที่สุด และชาใบทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่า b^* น้อยกว่าชาชนิดซอง แสดงว่าชาใบมีสีเหลืองอ่อนกว่าชาชนิดซอง ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับความเข้มของสีเหลืองที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา ส่วนค่า Transmittance (%) ของตัวอย่างน้ำชา D-B₂ มีค่าสูงที่สุดโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าตัวอย่างน้ำชา D-B₂ มีความใสมากที่สุด ตรงข้ามกับตัวอย่าง I-B ซึ่งมีค่า Transmittance ต่ำสุด คือมีความขุ่นมากที่สุด

ตารางที่ 27 คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาที่ชงจากชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

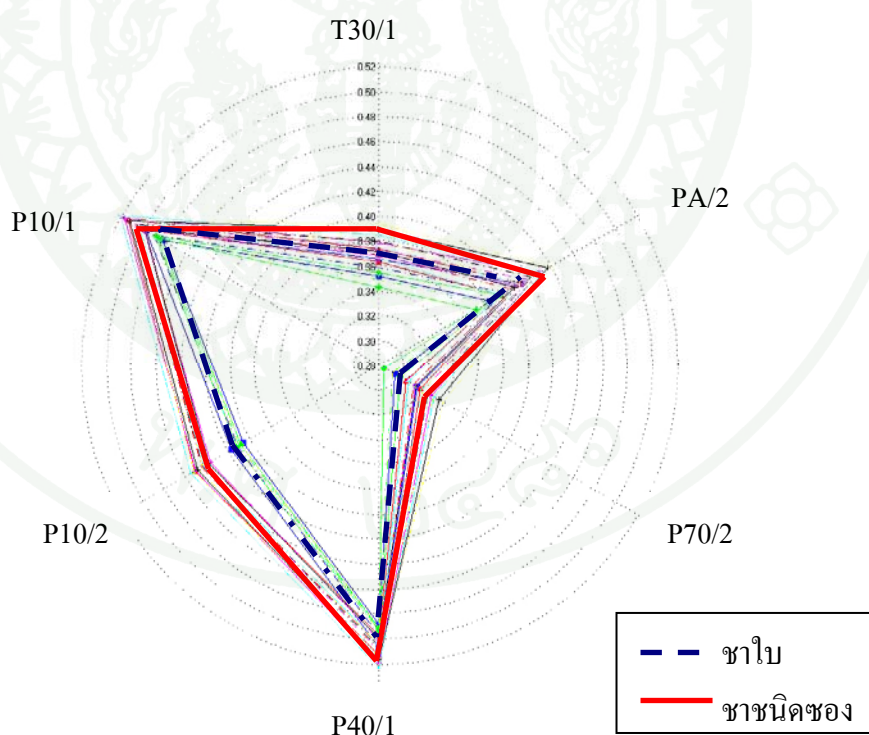
คุณภาพทาง กายภาพ	น้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วจากชาใบ			น้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วจากชาผงบรรจุซอง			
	D-A	D-B ₁	D-B ₂	I-C ₁	I-C ₂	I-B	I-D
ค่าสี							
L*	88.74 ± 0.98 b	94.87 ± 0.35 a	82.66 ± 0.76 c	87.31 ± 0.43 b	86.23 ± 0.45 b	82.51 ± 0.38 c	91.38 ± 0.35 a
a*	-1.60 ± 0.71 b	-3.06 ± 0.45 cd	-0.80 ± 0.65 a	-3.04 ± 0.56 cd	-2.82 ± 0.37 c	-1.09 ± 0.64 a	-3.38 ± 0.47 d
b*	10.70 ± 0.63 c	10.56 ± 0.33 c	11.11 ± 0.53 c	21.20 ± 0.54 a	16.55 ± 0.63 b	15.31 ± 0.55 b	14.70 ± 0.41 b
Transmittance (%)	74.84 ± 0.78 c	88.84 ± 0.52 a	74.87 ± 0.48 c	75.63 ± 0.67 c	72.29 ± 0.56 c	66.24 ± 0.50 d	81.93 ± 0.60 b

หมายเหตุ a-d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

3.3 ผลการประเมินคุณภาพของกลิ่นและกลิ่นรสของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วโดยใช้เครื่อง electronic nose

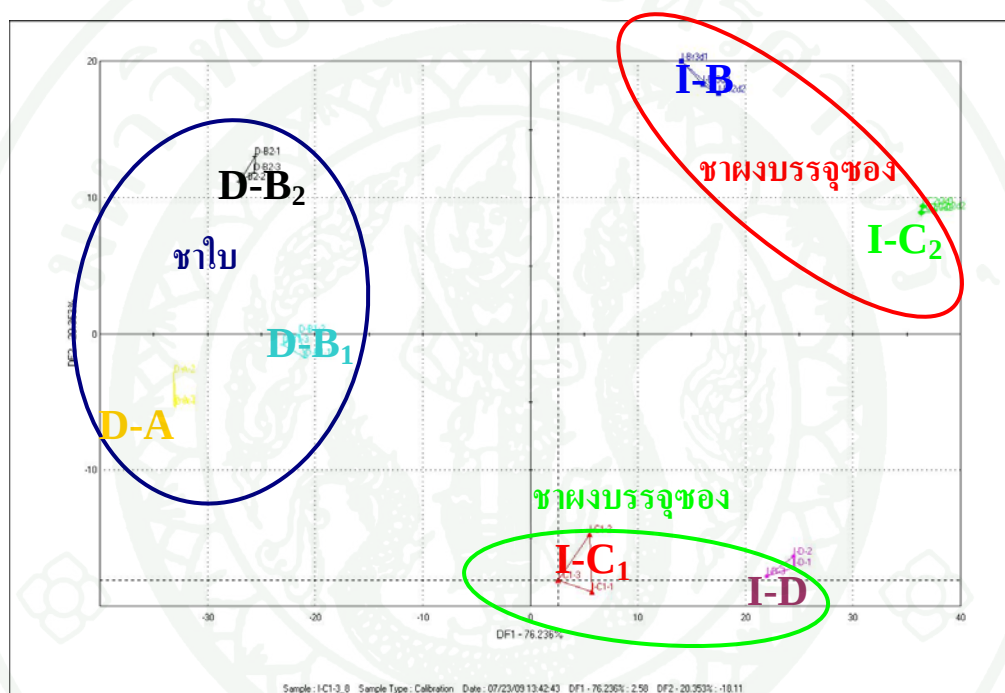
ผลการประเมินคุณภาพด้านกลิ่นและกลิ่นรสของน้ำชาที่ได้จากชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์ด้วยเครื่อง electronic nose ในการทดลอง 3 ซ้ำ พบว่าหัววัด (sensors) ของเครื่อง electronic nose สามารถตรวจวัดตัวอย่างน้ำชาได้ 6 หัววัดจาก 12 หัววัด หัววัดที่อ่านค่าได้ ได้แก่ T30/1, PA/2, T70/2, P40/1, P10/1 และ P10/2

กราฟใยแมงมุมแสดงค่าความเข้มของน้ำชาที่วัดได้จากหัววัดทั้ง 6 หัววัด แสดงดังภาพที่ 18 พบว่าค่า response sensitivity ของตัวอย่างน้ำชาจากชาใบส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าน้ำชาจากชาชนิดซอง โดยเฉพาะค่า response sensitivity ที่ได้จากหัววัด P10/2 ซึ่งสามารถวัดกลิ่นคั่ว และหัววัด T70/2 และ PA/2 ซึ่งสามารถวัดกลิ่นอาหาร (food aroma) และความสดของอาหาร ดังนั้นจึงสามารถอธิบายได้ว่ากลิ่นของน้ำชาจากชาใบมีค่า response sensitivity น้อยกว่ากลิ่นของน้ำชาจากชาชนิดซองซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลจากประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา



ภาพที่ 18 กราฟใยแมงมุม (Spider-web) แสดงค่า response sensitivities ของน้ำชาที่ได้จากชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาดโดยเครื่อง electronic nose

นอกจากนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis) โดยใช้โปรแกรม Alpha Soft version 12.0 โดยมี 2 ปัจจัยหลักซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 96.59% แบ่งออกเป็น DF1 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 76.24% และ DF2 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 20.35% สามารถจำแนกษาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์ออกได้เป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 เป็นตัวอย่างชาใบทั้ง 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่าง D-A D-B₁ และ D-B₂ กลุ่มที่ 2 เป็นตัวอย่างชาชนิดซอง ได้แก่ ตัวอย่าง I-C₁ และ I-D และกลุ่มที่สาม เป็นตัวอย่างชาชนิดซอง ได้แก่ I-B และ I-C₂ ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) จากเครื่อง electronic nose ของน้ำชาจากชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการจัดกลุ่มของตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่วด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนาและเครื่อง electronic nose แล้วพบว่าทั้งสองวิธีสามารถจัดกลุ่มได้ใกล้เคียงกัน โดยสามารถแบ่งกลุ่มได้ 3 กลุ่มเหมือนกัน และจัดกลุ่มของชาใบได้อย่างถูกต้องทั้งสองวิธี เนื่องจากชาใบมีคุณลักษณะเด่นในด้านของความใส และมีกลิ่นรส Green และ Seaweed สูง แต่มีกลิ่นรสชา และรสขมต่ำกว่าชาชนิดซอง ส่วนการจัดกลุ่มตัวอย่างชาชนิดซองของทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกัน โดยผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบเชิงพรรณนาได้แยกชาตัวอย่าง I-B ซึ่งมีกลิ่นคั่วสูงสุด ออกไปเป็น 1 กลุ่ม ในขณะที่เครื่อง electronic nose จัดชา I-B และ I-C₂ ไว้ด้วยกัน และผล

จากเครื่อง electronic nose ยังจัดตัวอย่าง I-D และ I-C₁ ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีคะแนนความชอบสูงสุดไว้ด้วยกันเนื่องจากตัวอย่างชาทั้ง 2 ตัวอย่างมีกลิ่นและกลิ่นรสชาติสูง และมีกลิ่นคั่วต่ำ แสดงว่ากลิ่นชา กลิ่นรสชาติ และกลิ่นคั่วน่าจะมีผลต่อความชอบของผู้บริโภค ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลจากฟังก์ชันความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์

ผลการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (the coefficient of determination; R^2) ระหว่างข้อมูลจากการทดสอบเชิงพรรณนา กับข้อมูลจากเครื่อง electronic nose โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ผล Alpha Soft version 12.0 แสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลดังตารางที่ 28 พบว่าข้อมูลจากการทดสอบเชิงพรรณนาและข้อมูลจากเครื่อง electronic nose มีความสัมพันธ์กันสูงในบางคุณลักษณะ ได้แก่ กลิ่นรส seaweed ($R^2=0.97$) กลิ่นรสชาติ ($R^2=0.93$) กลิ่น green ($R^2=0.89$) กลิ่นรส green ($R^2=0.87$) กลิ่นรสแห้ง ($R^2=0.82$) และกลิ่น seaweed ($R^2=0.71$)

ตารางที่ 28 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของข้อมูลจากการทดสอบเชิงพรรณนาและเครื่อง electronic nose

Sensory attributes	Coefficient of determination (R^2) *
กลิ่นรส Seaweed	0.97
กลิ่นรสชาติ	0.93
กลิ่น Green	0.89
กลิ่นรส Green	0.87
กลิ่นรสแห้ง	0.82
กลิ่น Seaweed	0.71
กลิ่นชา	0.61
กลิ่นแห้ง	0.53
กลิ่นคั่ว	0.05
กลิ่นรสคั่ว	0.41

หมายเหตุ * ตัวพิมพ์หนาแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) สูงกว่า 0.70

จากความสัมพันธ์ของคุณลักษณะกลิ่นและกลิ่นรสที่ได้จากการทดสอบเชิงพรรณนา และการทดสอบด้วยเครื่อง electronic nose ที่มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง และคุณลักษณะของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วที่มีความสัมพันธ์สูงดังกล่าวยังเป็นคุณลักษณะเฉพาะที่สำคัญของชาเขียว จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเครื่อง electronic nose มาใช้เป็นเครื่องมือการวิเคราะห์คุณภาพด้านกลิ่นและกลิ่นรสของชาเขียวผสมข้าวคั่ว ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นทางเลือกสำหรับทดแทนการทดสอบด้วยผู้ทดสอบ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า และมีความแม่นยำสูงกว่าการทดสอบด้วยมนุษย์

4. แนวคิดผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว

4.1 การพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจผลิตภัณฑ์ ข้อมูลจากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ต้องการพัฒนา และข้อมูลการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด รวมถึงผลของข้อมูลที่ได้ทำให้ได้แนวคิดผลิตภัณฑ์ของชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ต้องการพัฒนา ดังนี้

“ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว ผลิตจากชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว เป็นเครื่องดื่มชาชนิดชงร้อน บรรจุในซองพร้อมชง และบรรจุรวมในกล่องกระดาษ น้ำชาที่ชงได้มีสีเหลือง น้ำชาค่อนข้างใส มีกลิ่นชาเขียวผสมข้าวคั่ว และมีกลิ่นรสชาเขียวมากกว่าข้าวคั่ว”

4.2 การทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์

การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ (product concept) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วกับผู้บริโภคเป้าหมาย ซึ่งดื่มชาเขียวร้อน จำนวน 100 คน อายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป แบ่งเป็นเพศหญิง 60 คน และเพศชาย 40 คน ดังแสดงในตารางที่ 29 พบว่าผู้บริโภคเห็นด้วยกับแนวคิดผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วเป็น 88% และไม่เห็นด้วยเป็น 12% เพราะไม่ชอบกลิ่นข้าวคั่ว คุณประโยชน์ของชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว คือ มีสารต้านอนุมูลอิสระ ลดการเกิดโรคมะเร็ง

ตารางที่ 29 ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว

ความคิดเห็น	ความถี่ (%)
เห็นด้วยกับแนวคิดผลิตภัณฑ์	
เห็นด้วย	88.0
ไม่เห็นด้วย	12.0
คุณประโยชน์ที่ต้องการให้ระบุ	
มีสารต้านอนุมูลอิสระ ลดการเกิดโรคมะเร็ง	35.0
ลดระดับคอเลสเตอรอล	28.0
ควบคุมน้ำหนัก	21.0
ลดระดับความดันเลือด	12.0
ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน	4.0

5. ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

5.1 ผลการคัดเลือกพันธุ์ใบชา

ผลการคัดเลือกพันธุ์ใบชา จากหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่าจากรายงานของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2552) พันธุ์ใบชาที่ปลูกไว้สำหรับผลิตชาเขียวมี 2 พันธุ์ ได้แก่ ใบชาสายพันธุ์อินเดีย หรือพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *Assamica*) และใบชาสายพันธุ์จีน (*Camellia sinensis* var. *Sinensis*) คือ ใบชาพันธุ์อุหลงเบอร์ 12 แต่ใบชาพันธุ์อุหลงเบอร์ 12 สามารถนำมาผลิตได้เป็นชาเขียวที่มีคุณภาพดีกว่าชาพันธุ์อัสสัม และนอกจากนี้ชาพันธุ์อุหลงเบอร์ 12 ยังเป็นใบชาที่นิยมปลูกกันมากในภาคเหนือ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ใบชาพันธุ์อุหลงเบอร์ 12

ผลการคัดคุณภาพใบชาสด จากหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยคัดเฉพาะใบอ่อน 3 ใบแรก ซึ่งเป็นส่วนที่มี Catechins สูงสุดตามรายงานของไพโรจน์ (2532) และประภัสสร (มปป.) ดังภาพที่ 20 เมื่อคัดตำหนิออก ทำให้ได้ % yield ของใบชาสดที่สามารถนำไปผลิตเป็นชาเขียวเท่ากับ $80.05 \pm 1.12\%$



ภาพที่ 20 ใบชาอ่อน 3 ใบแรก

จากเอกสารทางวิชาการของสันต์ (2535) กล่าวว่า การเก็บรักษาใบชาสดสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลาไม่เกิน 7 วันนับจากวันที่เก็บเกี่ยว ดังนั้นในการวิจัยใบชาสดที่เก็บเกี่ยวแล้วจะถูกส่งมาจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ บรรจุในถุงพลาสติก 2 ชั้น และแช่ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งเพื่อรักษาความเย็นให้ใบชามีอุณหภูมิไม่เกิน 5°C โดยกำหนดให้มีระยะเวลาการขนส่งไม่เกิน 24 ชั่วโมง และจะต้องนำใบชาสดที่ได้มาผลิตเป็นชาเขียวภายใน 7 วัน นับจากวันที่เก็บเกี่ยวเพื่อให้คุณภาพของใบชาสดไม่เปลี่ยนแปลง

5.2 ผลการคัดเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตชาเขียวระดับครัวเรือน

ผลการคัดเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตชาเขียวระดับครัวเรือน โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกที่กำหนดไว้ สามารถแบ่งเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตชาเขียวตามขั้นตอนของกระบวนการผลิตชาเขียว ดังนี้

5.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการนึ่งใบชาเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

ก. การลวกใบชาในน้ำเดือด

การลวกใบชาในน้ำเดือดเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในใบชาสด ทำโดยการใส่ใบชาสดในกระชอนแล้วลวกด้วยน้ำเดือดในหม้อต้ม พบว่าใบชาที่ผ่านการลวกมีลักษณะช้ำ และมีความชื้นสูงมาก ไม่เหมาะสมต่อการนำไปผลิตเป็นชาเขียว

ข. ลังถึง

ลังถึงสำหรับนึ่งโดยใช้ไอน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100°C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 21 ปริมาณใบชาที่ใช้ในลังถึง 1 ชั้น สามารถใส่ได้ปริมาณสูงสุด 500 กรัม จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้ในการผลิตชาเขียวแบบญี่ปุ่นในระดับครัวเรือนที่ใช้ปริมาณใบชาน้อยได้ เนื่องจากการนึ่งด้วยลังถึงมีอุณหภูมิคงที่อยู่ที่ 100°C ดังนั้นในงานวิจัยจึงได้ทำการศึกษาปริมาณของใบชา และระยะเวลาที่เหมาะสมในการนึ่งเพื่อยับยั้งเอนไซม์ในใบชา



ภาพที่ 21 ลังถึง

5.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการลดความชื้นในใบชา

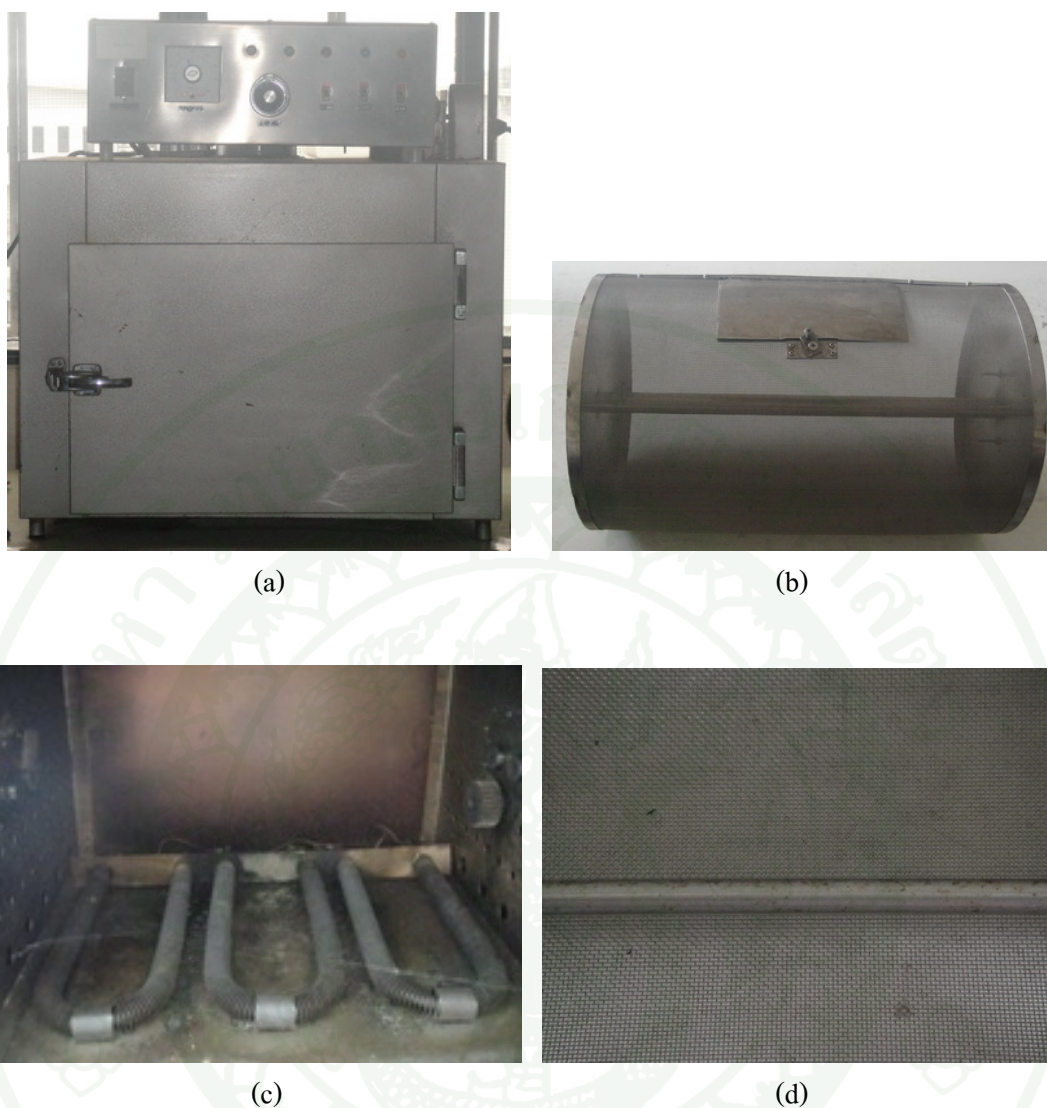
ก. การคั่วใบชาด้วยกระทะ

การคั่วใบชาด้วยกระทะ นิยมทำเพื่อยับยั้งเอนไซม์ในใบชา ในกระบวนการผลิตชาเขียวแบบจีน มักทำพร้อมกับการนวดใบชา พบในภาคเหนือของประเทศไทย และในประเทศจีน ข้อดีของการคั่วชาในกระทะ คือ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือนได้ และใช้ได้ทั้งกับเตาถ่านและเตาแก๊ส ข้อเสียของการคั่วชาในกระทะ คือ เป็นกระบวนการผลิตชาเขียวแบบจีน นอกจากนี้ยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิ และอัตราการคั่วชาได้ ทำให้สีและความชื้นของใบชาไม่สม่ำเสมอ

ข. เครื่องคั่ว (Roaster)

เครื่องคั่วที่นำมาใช้ในการคั่วใบชาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ตัวเครื่องเป็นตู้อบที่มีขดลวดให้ความร้อน มีตะแกรงทรงกระบอกสำหรับใส่ชาสดุดิบ และมอเตอร์สำหรับหมุนตะแกรง เครื่องคั่วนี้สามารถตั้งอุณหภูมิได้สูงสุดที่ $200 \pm 5^{\circ}\text{C}$ แต่ในการลดความชื้นของใบชาจะตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 80°C โดยตั้งอุณหภูมิทิ้งไว้อย่างน้อยครึ่งชั่วโมงเพื่อให้อุณหภูมิคงที่ ตะแกรงทรงกระบอกที่นำมาใช้ใส่ชาสดุดิบได้ถูกนำมาดัดแปลงใหม่ด้วยลวดสแตนเลสแบบถี่เพื่อให้สามารถคั่วชาสดุดิบที่มีขนาดเล็ก และมีความปลอดภัยต่ออาหาร ดังภาพที่ 22 (a) – (c)

ตะแกรงทรงกระบอกสำหรับใส่ชาสดุดิบ สามารถคั่วชาสดุดิบได้ในปริมาณน้อย ตั้งแต่ 50 – 500 กรัม ภายในตะแกรงคั่วมีเหล็กก้นเพื่อให้ใบชาสามารถพลิกกลับไปมาได้ ดังภาพที่ 22 (d) การคั่วใบชาทำโดยใส่ชาสดุดิบใบชาในตะแกรงทรงกระบอก แล้ววางตะแกรงทรงกระบอกที่ปิดฝาไว้บนเฟือง ปิดตู้ให้สนิท แล้วเปิดมอเตอร์สายพานเพื่อให้ตะแกรงหมุน โดยมีอัตราความเร็วในการหมุนตะแกรงอยู่ที่ 15 รอบต่อนาที ทำให้ได้ใบชาที่มีสีที่สม่ำเสมอมากกว่าการอบแห้งแบบถาด เพราะการหมุนของตะแกรงคั่วทำให้ใบชาพลิกกลับไปมา ช่วยให้ได้ใบชาได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง



ภาพที่ 22 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย (a) เครื่องคั่ว (b) ตะแกรงคั่วทรงกระบอก (c) ขดลวดให้ความร้อน (d) เหล็กกันสำหรับพลิกวัตถุภายในตะแกรงคั่ว

5.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการนวดใบชา

ก. การนวดมือ

การนวดใบชาด้วยมือ ดังภาพที่ 23 ทำหลังจากการคั่วชาเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เป็นกรรมวิธีการผลิตชาในระดับครัวเรือนของชาญี่ปุ่น และชาจีน ข้อเสียของการนวดด้วยมือ คือ ไม่สามารถควบคุมอัตราการนวดชาได้ ทำให้แรงในการนวดชาแต่ละครั้งไม่เท่ากัน ชาที่ได้จะมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ



ภาพที่ 23 การนวดชาด้วยมือ

ข. เครื่องนวดชา (Tea roller)

เครื่องนวดชาที่ใช้ในการทดลองนี้ได้ดัดแปลงมาจากเครื่องนวดชาที่ใช้ในโรงงานชาทั่วไป โดยออกแบบให้มีขนาดเล็กกว่า และใช้วัสดุสแตนเลสซึ่งมีความปลอดภัยในอาหาร ดังภาพที่ 24 (a) ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

(1) หัวกด เป็นส่วนที่ใช้กดใบชา มีลักษณะการทำงานคล้ายสปริง มีความยืดหยุ่นสามารถยกขึ้นลง และปรับช่องว่างระหว่างพื้นกับหัวกดได้ เมื่อเครื่องทำงานหัวกดจะหมุนตามเข็มนาฬิกาในอัตราความเร็ว 40 รอบต่อนาที ดังภาพที่ 24 (b)

(2) พื้นผิว พื้นผิวของเครื่องนวดชามีลักษณะเป็นพื้นผิวเรียบ สลับด้วยเนินโค้ง เพื่อเพิ่มแรงในการนวดชา ดังภาพที่ 24 (c)

(3) ทรงกระบอกสำหรับใส่ใบชา มีหน้าที่ช่วยกันไม่ให้ใบชาหลุดออกจากหัวกด ทำให้สามารถนวดใบชาได้ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยใบชาไม่หลุดออกจากหัวกด

(4) แบตเตอรี่ เป็นแหล่งพลังงานของเครื่องนวดชา ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 volt ก่อนใช้งานจะต้องชาร์จแบตเตอรี่ล่วงหน้า 1 วันเพื่อให้สามารถใช้งานได้

ปริมาณใบชาที่เหมาะสมสำหรับใส่ในเครื่องนวดชาเท่ากับ 50 กรัม ทำให้มีใบชาเต็มพื้นที่ด้านในทรงกระบอก และไม่มีช่องว่างระหว่างหัวกดกับพื้นผิวเครื่องนวด เพื่อให้การนวดชาทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 24 เครื่องนวดชา (a) เครื่องนวดชาพร้อมแบตเตอรี่ (b) หัวกดสำหรับนวดชา (c) พื้นผิวของเครื่องนวดชาซึ่งมีลักษณะเป็นเนิน และทรงกระบอกสำหรับใส่ใบชา

5.2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการอบแห้งใบชา

ก. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

หลักการทำงานของตู้อบลมร้อน คือ ใช้กระแสลมร้อนสัมผัส กับวัตถุดิบ โดยใช้ blower ในการเป่าลมร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อน คือ heater ไปยังวัตถุดิบ ข้อเสียของการใช้ตู้อบลมร้อนในการอบแห้งใบชา คือ ใช้พลังงานสูง ทำได้ในปริมาณน้อย และลักษณะปรากฏของใบชาที่ได้มีสีเข้ม และใช้เวลาในการอบนานเนื่องจากความชื้นของวัตถุดิบหมุนเวียนอยู่ภายในตู้อบ (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

ข. เครื่องอบแห้งชนิดชั้น (Tray drier)

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งชนิดชั้น คือใช้ลมร้อนระเหยน้ำจากอาหาร โดยใช้พัดลม เพื่อลดความชื้นภายในอาหาร และปล่อยลมร้อนขึ้นออกจากเครื่องอบแห้ง และภายในเครื่องอบแห้งจะมีถาดเรียงเป็นชั้น หรือเรียงบนตู้เข็น เพื่อเรียงวัตถุดิบสำหรับอบแห้ง ในงานวิจัยเลือกใช้เครื่องอบแห้งแบบชั้น (ภาพที่ 26) สำหรับอบแห้งใบชาแทนเครื่องอบแห้งใบชาระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากมีหลักการทำงานคล้ายกันและสามารถใช้กับปริมาณใบชาน้อยๆ ได้ สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้ง และจากการทดลองก่อนการวิจัยพบว่าใบชาที่ได้จากการอบแห้งด้วยเครื่อง Tray drier มีลักษณะปรากฏที่ดี



ภาพที่ 26 เครื่องอบแห้ง Tray drier

5.3 ผลการศึกษากิจกรรมวิธีการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

การศึกษากิจกรรมวิธีการผลิตชาเขียวในงานวิจัยนี้ได้ใช้กระบวนการผลิตแบบญี่ปุ่น โดยใช้การนึ่งเพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ในใบชา และได้ศึกษาหาวิธีการผลิตที่เหมาะสมโดยดัดแปลงจากวิธีของไพโรจน์ (2532) และ Hara (2001)

5.3.1 ผลการศึกษาเวลาในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) โดยการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน

ก. ผลการศึกษาปริมาณของใบชาที่เหมาะสมในการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน

จากการทดลองก่อนการวิจัยพบว่า การนึ่งใบชาต้องนึ่งด้วยลังถึงเพียงชั้นเดียว เพราะจะทำให้สามารถควบคุมเรื่องการให้ความร้อนในใบชาได้อย่างทั่วถึง และสม่ำเสมอ จากการทดลองพบว่า การนึ่งใบชาด้วยลังถึง 2 ชั้นทำให้ใบชาชั้นล่างซึ่งอยู่ใกล้ความร้อนมากกว่าสดและชุ่มมาก และใบชาที่ใส่ในลังถึงต้องเกลี่ยให้มีความหนาเท่ากัน เพื่อให้ได้คุณภาพของใบชาที่สม่ำเสมอ ดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 การใส่ใบชาสดในลังถึงก่อนนำไปนึ่ง

ผลการหาปริมาณใบชาที่ใส่ในลังถึง พบว่าการนึ่งใบชาปริมาณ 200 กรัม เป็นเวลามากกว่า 1 นาที เป็นปริมาณมากที่สุดที่ทำให้ได้ใบชาที่มีสีเขียวเข้มอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีสีน้ำตาลปน ใบชาไม่ช้ำหรือละลาย ดังตารางที่ 30

การนึ่งใบชาปริมาณ 300 กรัม เป็นเวลา 1.5 นาที จึงทำให้ใบชาได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง แต่ทำให้ใบชาช้ำเป็นบางส่วน การนึ่งใบชา 400 กรัม และ 500 กรัม ต้องใช้เวลานานกว่า 2 นาที จึงทำให้ใบชาได้รับความร้อนทั่วถึง แต่ทำให้ใบชาประมาณครึ่งหนึ่งของใบชาทั้งหมดซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ด้านล่างช้ำมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกปริมาณใบชา 200 กรัม ในการศึกษาเวลาการยับยั้งเอนไซม์ polyphenol oxidase โดยการนึ่งใบชาด้วยไอน้ำร้อน

ตารางที่ 30 ลักษณะของใบชาที่ได้จากการนึ่งในถังถึงด้วยปริมาณใบชาต่างกัน

ปริมาณใบชา (กรัม)	เวลาในการ นึ่งใบชา (นาที)	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการนึ่ง
100	1	ใบชามีสีเขียวเข้ม และมีลักษณะปรากฏสม่ำเสมอ ไม่มีใบช้ำ
200	1	ใบชามีสีเขียวเข้ม และมีลักษณะปรากฏสม่ำเสมอ ไม่มีใบช้ำ
300	1.5	ใบชามีสี และลักษณะปรากฏไม่สม่ำเสมอ มีใบช้ำ เป็นบางส่วน
400	2	ใบชามีสี และลักษณะปรากฏไม่สม่ำเสมอ มีใบช้ำ และ เป็นบางส่วน
500	2.5	ใบชามีสี และลักษณะปรากฏไม่สม่ำเสมอ มีใบช้ำ และ เป็นบางส่วน

ข. ผลการศึกษาเวลาในการยับยั้งเอนไซม์ polyphenol oxidase โดยการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน

เมื่อนำใบชาสดที่ผ่านการคัดคุณภาพ 200 กรัม นึ่งด้วยถังถึง เป็นเวลา 15 30 45 60 75 และ 90 วินาที แล้ววัดค่ากิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (activity of polyphenol oxidase; PPO) ด้วยวิธี rapid method (Matuschek and Svanberg, 2005) โดยสังเกตจากสีน้ำตาลแดงของสารละลายชาในหลอดทดลองที่หายไป ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ความเข้มของสีน้ำตาลแดงที่เกิดจากการตรวจสอบปริมาณเอนไซม์ PPO

เวลาในการนึ่งใบชา (วินาที)	15	30	45	60	75	90
ความเข้มของสีน้ำตาลแดง	++	++	+	-	-	-

หมายเหตุ ++ หมายถึง สีน้ำตาลแดงเข้ม

+ หมายถึง สีน้ำตาลแดงอ่อน

- หมายถึง ไม่มีสีน้ำตาลแดง

จากผลการทดลองพบว่า การนึ่งใบชาปริมาณ 200 กรัมเป็นเวลา 60 วินาที (1 นาที) เป็นเวลาในการนึ่งใบชาน้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ได้ ถ้าเวลาในการนึ่งใบชาไม่เพียงพอ (น้อยกว่า 1 นาที) มีผลทำให้ไม่สามารถทำลายเอนไซม์ในใบชาได้หมด ทำให้ใบชาที่ได้มีสีไม่สม่ำเสมอ โดยจะมีน้ำตาลปนสีเขียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang *et al.* (2000) ที่ได้รายงานว่าการเกิดสีน้ำตาลในใบชาเกิดจากสาร Polyphenols ในใบชาถูกออกซิไดซ์ด้วยเอนไซม์ในใบชาที่คงเหลืออยู่ แต่ในทางกลับกันถ้าใช้ระยะเวลาในการนึ่งใบชามากเกินไป พบว่าใบชาจะขำและละ ซึ่งจะมีผลต่อการนำไปผลิตในขั้นตอนต่อไป ดังนั้นการนึ่งใบชาด้วยระยะเวลาที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกระบวนการผลิตชาเขียว

5.4.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1

ก. ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1

ผลการศึกษาอุณหภูมิสำหรับการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 โดยใช้ปริมาณใบชาที่ได้ในตะแกรงทรงกระบอกเท่ากับ 200 กรัม พบว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 70°C ต้องใช้เวลาในการลดความชื้นประมาณ 40 – 60 นาที จึงจะทำให้ได้ลักษณะใบชาที่เหมาะสมสำหรับการนวดชา คือ ใบชาที่ได้ต้องมีลักษณะแห้ง แต่ไม่แข็งกรอบ และใบไม่ไหม้ จนทำให้ใบชาแตกร่วนระหว่างการนวด การลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 80°C ใช้เวลาในการลดความชื้นประมาณ 15 – 30 นาที จึงทำให้ได้ลักษณะใบชาที่เหมาะสมสำหรับการนวดชา ส่วนการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 90°C ใช้เวลาในการลดความชื้นประมาณ 10 – 15 นาที จึงทำให้ได้ใบชาที่แห้ง แต่ลักษณะของใบชาที่ได้จะแข็งกรอบ และมีใบไหม้เป็นบางส่วน (ตารางที่

32) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการลดความชื้น และลักษณะของใบชาที่ได้ จึงได้เลือกอุณหภูมิในการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C

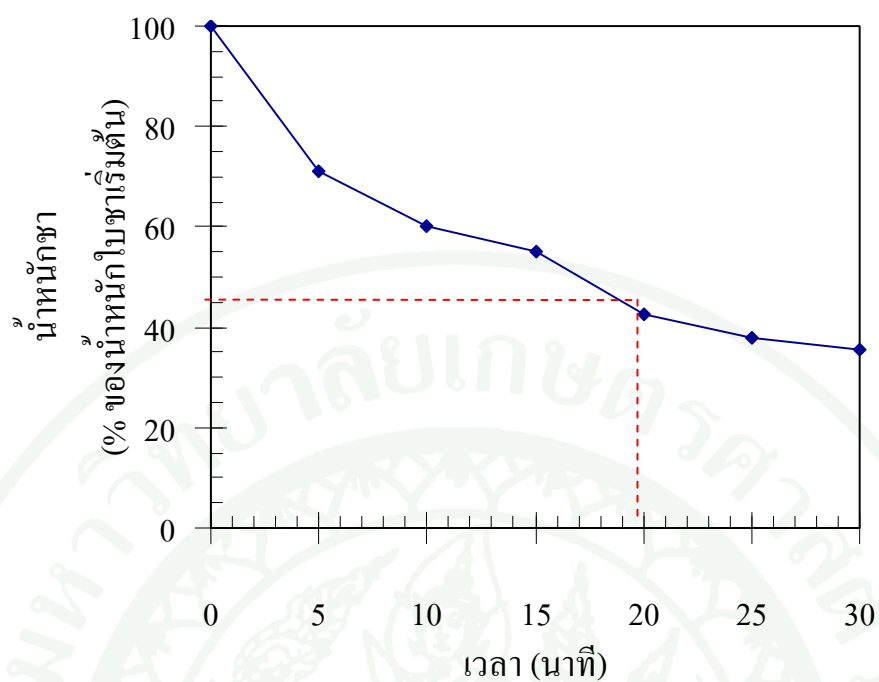
ตารางที่ 32 ลักษณะของใบชาที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิในการลดความชื้น	เวลาในการลดความชื้น (นาท)	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1
70°C	40 - 60	ใบชามีสีเขียว ใบแห้ง แต่ไม่แข็งกรอบ ไม่มีใบไหม้
80°C	15 - 30	ใบชามีสีเขียว ใบแห้ง แต่ไม่แข็งกรอบ ไม่มีใบไหม้
90°C	10 - 15	ใบชามีสีเขียว แข็งกรอบ แตกร่วน และไหม้เป็นบางส่วน

เมื่อนำใบชาที่มีลักษณะเหมาะสมสำหรับการนวดชา มาชั่งน้ำหนัก และคำนวณ % ความชื้นคงเหลือของใบชา พบว่าใบชามีน้ำหนักคงเหลือประมาณ 45% ของน้ำหนักใบชาเริ่มต้น ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับน้ำหนักใบชาคงเหลือในการลดความชื้นใบชาครั้งที่ 1 ตามกระบวนการผลิตชาเขียวของไพโรจน์ (2532) สันต์ (2537) และ Hara (2000)

ข. ผลการศึกษาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1

ผลการศึกษาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C โดยได้ชั่งน้ำหนักของใบชาที่ผ่านการลดความชื้น เป็นเวลา 5 10 15 20 25 และ 30 นาที พบว่าเวลา 19.5 นาที ทำให้ได้ใบชาที่มีน้ำหนักคงเหลือเท่ากับ 45% ของน้ำหนักใบชาเริ่มต้น ดังภาพที่ 28 ใบชาที่ได้มีลักษณะแห้ง แต่ไม่แข็งกรอบ ไม่มีใบไหม้ ดังภาพที่ 29 แต่เพื่อความสะดวกในการดำเนินงานจึงได้เลือกเวลาการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 เท่ากับ 20 นาที



ภาพที่ 28 น้ำหนักของชา (% ของน้ำหนักใบชาเริ่มต้น) ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 5 10 15 20 25 และ 30 นาที



ภาพที่ 29 ลักษณะของใบชาหลังผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1

5.3.3 ผลการศึกษาเวลาในการนวดใบชา

ก. ผลการศึกษาปริมาณของใบชาที่เหมาะสมในการนวดชาด้วยเครื่องนวด

เครื่องนวดที่ใช้ในการนวดชาที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ มีหัวกดสำหรับนวดชา และมีทรงกระบอกสำหรับกั้นใบชาเพื่อให้ใบชาอยู่ในหัวกดขณะทำการนวด พื้นที่สำหรับใส่ใบชาจึงอยู่ภายในทรงกระบอก ดังนั้นในงานวิจัยจึงได้ศึกษาปริมาณใบชาที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนการนวดใบชา โดยปริมาณใบชาที่ใส่ในเครื่องนวดชา เท่ากับ 30 40 50 60 และ 70 กรัม พบว่าการนวดชาปริมาณ 30 กรัม ไม่เหมาะสมเนื่องจากใบชาน้อยเกินไป ทำให้มีช่องว่างระหว่างหัวกดกับพื้นผิวของเครื่องนวดมากเกินไป การนวดชาปริมาณ 40 กรัม ทำให้ได้ใบชาที่ม้วนเป็นบางส่วน เนื่องจากยังคงเหลือช่องว่างระหว่างหัวกดกับพื้นผิว การนวดชาปริมาณ 50 กรัม ทำให้ได้ใบชาที่ม้วนเกลียวเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากไม่มีช่องว่างเหลือ และใบชาไม่แน่นเกินไปจนทำให้ใบชาแตก และ การนวดชาปริมาณ 60 และ 70 กรัม ทำให้ได้ใบชาที่ม้วนเกลียวเป็นส่วนใหญ่ และมีใบชาบางส่วนแตกจนละเอียด เนื่องจากใบชาเกาะกันแน่นเกินไปในหัวกด ดังตารางที่ 33 ดังนั้นปริมาณใบชาที่เหมาะสมสำหรับการนวดชาด้วยเครื่องนวดจึงเท่ากับปริมาณใบชา 50 กรัม

ตารางที่ 33 ลักษณะของใบชาที่ผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดโดยใช้ปริมาณใบชาต่างกัน

ปริมาณใบชา (กรัม)	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการนวด
30	ใบชาแตก แต่ไม่ม้วนเป็นเกลียว
40	ใบชาแตก ม้วนเป็นเกลียวบางส่วน
50	ใบชาแตก ม้วนเป็นเกลียวส่วนใหญ่ ไม่ละเอียด
60	ใบชาแตก ม้วนเป็นเกลียวส่วนใหญ่ มีใบและเป็นบางส่วน
70	ใบชาแตก ม้วนเป็นเกลียวส่วนใหญ่ มีใบและเป็นบางส่วน

ข. ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการนวดใบชาด้วยเครื่องนวด

เมื่อนำใบชาที่ผ่านการนึ่งเพื่อยับยั้งเอนไซม์ เป็นเวลา 1 นาที คั่วครั้งที่ 1 เป็นเวลา 20 นาที ปริมาณ 50 กรัม มาศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมในการนวดใบชาด้วยเครื่องนวด เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 นาที พบว่าการนวดชาเป็นเวลา 15 นาทีทำให้ได้ใบชาที่ม้วนเกลียวเป็นส่วนใหญ่ ใบชามีลักษณะคล้ายน้ำมันเคลือบ และใบชาที่ได้ไม่แตกจนละเอียด ดังตารางที่ 34 จึงได้เลือกเวลานวดชา 15 นาที สำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 34 ลักษณะของใบชาที่ผ่านการนวดด้วยเครื่องนวดเป็นเวลาต่างกัน

เวลาในการนวด (นาที)	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการนวด
5	ใบชาแตก และม้วนเกลียวเป็นบางส่วน
10	ใบชาแตก และม้วนเกลียวมากขึ้น ไม่มีใบชาละเอียด
15	ใบชาแตก และม้วนเกลียวเกือบทั้งหมด ไม่มีใบชาละเอียด
20	ใบชาแตก และม้วนเกลียวเกือบทั้งหมด มีใบชาละเอียดเป็นบางส่วน

5.3.4 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2

ผลการศึกษาอุณหภูมิสำหรับการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 โดยใช้ปริมาณใบชาที่ใส่ในตะแกรงทรงกระบอกเท่ากับ 200 กรัม พบว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 70°C ต้องใช้เวลาในการลดความชื้นประมาณ 20 – 30 นาที จึงจะทำให้ได้ลักษณะใบชาที่เหมาะสมก่อนนำไปอบแห้งใบชา คือ ใบชาที่ได้ต้องมีสีเขียวเข้มสม่ำเสมอ การลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 80°C ใช้เวลาในการลดความชื้นประมาณ 10 – 15 นาที จึงทำให้ได้ลักษณะใบชาที่เหมาะสม ส่วนการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 90°C ใช้เวลาในการลดความชื้นประมาณ 5 – 10 นาที ทำให้ได้ใบชาที่มีสีเขียวเข้ม แข็งกรอบ แตก่วน และไหม้เป็นบางส่วน (ตารางที่ 35) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการลดความชื้น และลักษณะของใบชาที่ได้ จึงได้เลือกอุณหภูมิในการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิ 80°C

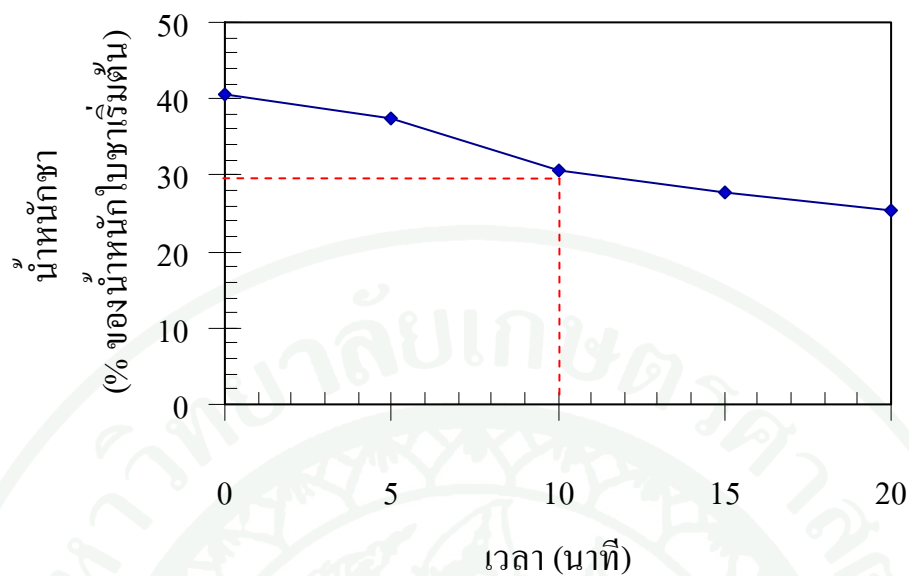
ตารางที่ 35 ลักษณะของใบชาที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิในการลดความชื้น	เวลาในการลดความชื้น (นาทีก)	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1
70°C	20 – 30	ใบชามีสีเขียวเข้มสม่ำเสมอ ใบม้วนเป็นเกลียว แห้ง ไม่มีใบไหม้
80°C	10 – 15	ใบชามีสีเขียวเข้มสม่ำเสมอ ใบม้วนเป็นเกลียว แห้ง ไม่มีใบไหม้
90°C	5 – 10	ใบชามีสีเขียวเข้ม แข็งกรอบ แตกร่วน และไหม้เป็นบางส่วน

เมื่อนำใบชาที่มีลักษณะเหมาะสม มาชั่งน้ำหนัก และคำนวณ % ความชื้นคงเหลือของใบชา พบว่าใบชาที่มีน้ำหนักคงเหลือประมาณ 30% ของน้ำหนักใบชาเริ่มต้น ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับน้ำหนักใบชาคงเหลือในการลดความชื้นใบชาครั้งที่ 2 ตามกระบวนการผลิตชาเขียวของไฟโรจน์ (2532) สันต์ (2537) และ Hara (2000)

ข. ผลการศึกษาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2

ผลการศึกษาเวลาการลดความชื้นในใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 โดยการนำใบชา ที่ผ่านการนึ่ง 1 นาที ลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 เป็นเวลา 20 นาที นวดด้วยเครื่องนวด 15 นาที แล้วนำใบชาปริมาณประมาณ 200 กรัม มาลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 5 10 15 และ 20 นาที ชั่งน้ำหนักของใบชาที่ผ่านการลดความชื้นครั้งที่ 2 พบว่าการลดความชื้นเป็นเวลา 10 นาที ทำให้ได้ใบชาที่มีน้ำหนักคงเหลือเท่ากับ 30% ของน้ำหนักใบชาเริ่มต้น ดังภาพที่



ภาพที่ 30 น้ำหนักของชา (% ของน้ำหนักใบชาเริ่มต้น) ที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 5 10 15 และ 20 นาที

ใบชาหลังผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 มีสีเขียวเข้มสม่ำเสมอ ไม่มีใบไหม้ และมีรูปร่างม้วนเป็นเกลียวจากการนวดชา ดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 ลักษณะของใบชาหลังผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2

5.3.5 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งใบชาด้วยตู้อบแห้งชนิดชั้น (Tray drier)

ก. ผลการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งใบชาด้วยเครื่อง Tray drier

เมื่อนำใบชาที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องแก้วครั้งที่ 2 มาทำการอบแห้งด้วย Tray drier ปริมาณชาก่อนอบ 120 กรัมต่อถาด เกลี่ยใบชาให้เรียงเป็นชั้นเดียว (ภาพที่ 32) ที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90°C พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ต้องใช้เวลา 60 นาทีในการอบแห้ง จึงทำให้ได้ชาที่มีความชื้นน้อยกว่า 5% อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 80°C ใช้เวลา 30 นาทีในการอบแห้ง ทำให้ได้ชาที่มีความชื้นน้อยกว่า 5% ใบชาที่ได้มีสีเขียวเข้ม โดยไม่เปลี่ยนแปลงจากใบชาแห้งที่นำเข้าอบ ขณะที่อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 90°C ใช้เวลาประมาณ 15 นาที แต่ชาที่ได้มีสีเข้มมาก และมีกลิ่นไหม้ ดังตารางที่ 36 ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกการอบแห้งชาที่อุณหภูมิ 80°C ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการผลิตชาเขียวของ ไพโรจน์ (2532) และ Hara (2000)



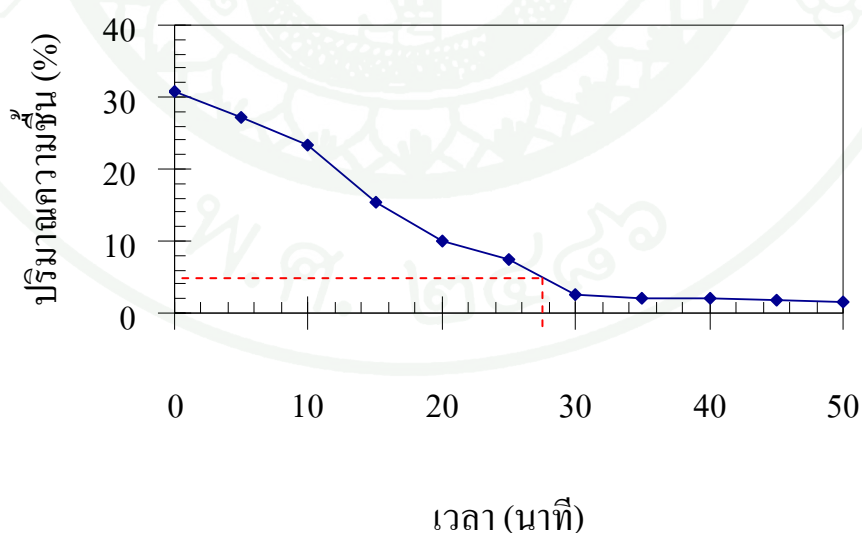
ภาพที่ 32 การเรียงใบชาในถาดสำหรับอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง Tray drier

ตารางที่ 36 ลักษณะของใบชาที่ผ่านการอบแห้งด้วย Tray drier ที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิในการอบแห้ง	เวลาในการอบแห้ง (นาทิต)	ลักษณะของใบชาที่ผ่านการอบแห้งด้วย Tray drier
70°C	60	ใบชามีสีเขียวเข้ม ความชื้นน้อยกว่า 5%
80°C	30	ใบชามีสีเขียวเข้ม ความชื้นน้อยกว่า 5%
90°C	15	ใบชามีสีเขียวเข้มมาก และมีกลิ่นไหม้ ความชื้นน้อยกว่า 5%

ข. ผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งใบชาด้วยเครื่อง Tray drier

ผลการหาเวลาอบแห้งใบชาด้วยเครื่อง Tray drier โดยการนำใบชา ที่ผ่านการนึ่ง 1 นาที ลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 1 เป็นเวลา 20 นาที นวดด้วยเครื่องนวด 15 นาที ลดความชื้นด้วยเครื่องคั่วครั้งที่ 2 เป็นเวลา 10 นาที มาอบแห้งด้วยเครื่อง Tray drier ที่อุณหภูมิ 80°C สุ่มตัวอย่างทุก 5 นาที มาวัดปริมาณความชื้น (%) พบว่าเวลาการอบแห้ง 30 นาที ทำให้ได้ปริมาณความชื้นของใบชาน้อยกว่า 5% ดังภาพที่ 33 ดังนั้นจึงได้เลือกระยะเวลาการอบแห้งด้วยเครื่อง Tray dryer เท่ากับ 30 นาทีเพื่อให้ได้ความชื้นในชาน้อยกว่า 5%



ภาพที่ 33 กราฟการอบแห้งใบชาด้วยเครื่อง Tray drier ที่อุณหภูมิ 80°C

5.4 ผลการศึกษาผลของเวลาการนวดชาที่มีต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของชาเขียว และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียว

5.4.1 ผลของเวลาการนวดชาที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของชาเขียว

เมื่อนำผลขององค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างชาเขียวที่มีระยะเวลาการนวดต่างกัน 5 สิ่งทดลอง ได้แก่ ชาเขียวที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 0 5 10 15 และ 20 นาที ไปวิเคราะห์ ANOVA พบว่า ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างชาเขียวที่มีระยะเวลาการนวด 10 นาทีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากตัวอย่างชาเขียวที่มีระยะเวลานวดอื่นๆ ทั้งปริมาณ Total polyphenols Caffeine และ Catechin ชนิด Epigallocatechin gallate (EGCG) ดังตารางที่ 37 โดยตัวอย่างชาเขียวที่ใช้เวลาการนวด 10 นาที มีปริมาณ Total Polyphenols Caffeine และ EGCG สูงที่สุด พบว่าเวลาการนวดที่นานกว่า 10 นาที (15 และ 20 นาที) กลับทำให้ปริมาณ Total Polyphenols ปริมาณ Caffeine และปริมาณ EGCG ลดลงทั้งนี้เนื่องจากการนวดทำให้ใบชามีขนาดเล็กลงจึงมีผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (autooxidation) ของสารประกอบ Polyphenols ในใบชาได้มากขึ้น นอกจากนี้ระยะเวลาการนวดที่นานขึ้นอาจทำให้เกิดปฏิกิริยา autooxidation นานขึ้นด้วย จึงเป็นผลให้สารประกอบ Polyphenols ต่างๆ ในชาลดลงดังกล่าวซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wang and Ho (2009) ซึ่งกล่าวว่าสารประกอบ Polyphenols สามารถเกิดปฏิกิริยา autooxidation ได้เอง โดยเฉพาะสารประกอบ EGCG และ caffeine ที่มีความคงตัวต่ำ

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ยของ Total Polyphenols สารคาเฟอีน (Caffeine) และ EGCG ของชาเขียวที่ผ่านการนวดระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลาการนวดชา (นาทีก)	Total Polyphenols (%)	Caffeine (mg/g)	EGCG (mg/g)
0	20.92 ± 0.57 ab	13.44 ± 0.01 e	92.80 ± 0.01 e
5	20.23 ± 0.38 b	20.79 ± 0.01d	144.21 ± 0.01 c
10	22.09 ± 0.94 a	23.46 ± 0.00 a	160.03 ± 0.01 a
15	21.90 ± 0.98 a	22.93 ± 0.01 b	159.07 ± 0.00 b
20	21.06 ± 0.94 ab	21.53 ± 0.00 c	139.59 ± 0.01 d

หมายเหตุ a-e หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

5.4.2 ผลของเวลาการนวดชาที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียว

ตารางที่ 38 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของน้ำชาที่ชงจากชาเขียวที่มีเวลาการนวดต่างกัน 5 ตัวอย่าง ได้แก่ ชาเขียวที่ไม่ผ่านการนวด (0 นาทีก) ชาเขียวที่ผ่านการนวด 5 10 15 และ 20 นาทีก และชาเขียวต้นแบบ ตรา อุจิโนะซึยู ซึ่งเป็นชาเขียวชนิดเซนชา (sencha) รวมเป็น 6 ตัวอย่าง ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาด้วยวิธี Generic descriptive analysis โดยใช้สเกล 0 to 15 numerical scale ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 7 คน จากหน่วยวิจัยทางประสาทสัมผัสและผู้บริโภคแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University Sensory and Consumer Research Unit; KUSCR) โดยกลุ่มผู้ทดสอบทำการทดสอบ 13 คุณลักษณะของน้ำชาเขียว ได้แก่ กลิ่นชา กลิ่นแห้ง กลิ่น Green กลิ่น Seaweed กลิ่นรสชา กลิ่นรสแห้ง กลิ่นรส Green กลิ่นรส Seaweed รสขม ความฝาด กลิ่นรสชาตกค้าง รสขมตกค้าง และความฝาดตกค้าง เมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ด้วย ANOVA พบว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียวที่มีเวลาการนวดต่างกันทุกคุณลักษณะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คุณลักษณะด้านกลิ่นชาของชาเขียวที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 10 นาทีมีความเข้มของกลิ่นชาสูงกว่าการนวดที่ระยะเวลาอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไม่แตกต่างจากตัวอย่างชาเขียวต้นแบบ คุณลักษณะด้านกลิ่นแห้งของชาเขียวที่ระยะเวลาการนวดแตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีความเข้มน้อยกว่าชาเขียวต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณลักษณะด้านกลิ่น Green ของชาเขียวที่ไม่ผ่านการนวดมีความเข้มสูงสุด เนื่องจากกลิ่น Green เป็นกลิ่นที่เกิดจากสารคลอโรฟิลล์ในใบชา การที่ชาซึ่งไม่ผ่านการนวดมีกลิ่น Green สูงเป็นผลมาจากสารสำคัญในใบชาที่ให้กลิ่นและกลิ่นรสเฉพาะของใบชามีน้อยจึงกลบกลิ่นของคลอโรฟิลล์ในใบชาได้น้อย พบว่ากลิ่น Green ของชาที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 5 และ 10 นาที มีค่าใกล้เคียงกับชาเขียวต้นแบบมากที่สุด คุณลักษณะด้านกลิ่น Seaweed ของตัวอย่างชาเขียวที่ไม่ผ่านการนวดมีความเข้มสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากกลิ่น Seaweed เป็นกลิ่นคาวคล้ายสาหร่ายที่มีในใบชาสด เมื่อสารสำคัญในใบชามีน้อยจึงกลบกลิ่น Seaweed ได้น้อยไปด้วย และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับชาเขียวต้นแบบพบว่าชาเขียวที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 10 และ 15 นาที มีความเข้มใกล้เคียงชาเขียวต้นแบบมากที่สุด

คุณลักษณะด้านกลิ่นรสชาพบว่าชาเขียวที่นวดเป็นเวลา 10 นาทีมีความเข้มของกลิ่นรสมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีค่าใกล้เคียงกับชาเขียวต้นแบบ คุณลักษณะด้านกลิ่นรสแห้งพบว่าชาเขียวต้นแบบมีกลิ่นรสแห้งมากกว่าชาเขียวตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณลักษณะด้านกลิ่นรส Green และกลิ่นรส Seaweed พบว่าชาเขียวที่ไม่ผ่านการนวดมีความเข้มของกลิ่นรส Green และกลิ่นรส Seaweed สูงสุดซึ่งสอดคล้องกับผลของกลิ่น Green และกลิ่น Seaweed

คุณลักษณะด้านรสขมและความฝาดพบว่าชาที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 10 นาทีมีรสขมและความฝาดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากตัวอย่างชาที่ระยะเวลานวดอื่นๆ และไม่แตกต่างจากชาเขียวต้นแบบ ผลที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาสอดคล้องกับผลของค่าคุณภาพทางเคมีซึ่งพบว่าชาเขียวที่นวดเป็นเวลา 10 นาทีมีปริมาณสาร Caffeine และ EGCG สูงที่สุด Wang *et al.* (2000) รายงานว่าทั้ง Caffeine และ EGCG มีส่วนทำให้เกิดรสขม และความฝาดในชา ดังนั้นเมื่อตัวอย่างชาเขียวที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 10 นาทีมีปริมาณสารทั้งสองชนิดสูง จึงมีผลทำให้น้ำชามีรสขมและความฝาดสูงไปด้วย

คุณลักษณะด้านกลิ่นรสชาตกค้างพบว่าชาเขียวต้นแบบมีกลิ่นรสชาตกค้างสูงกว่าตัวอย่างชาเขียวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณลักษณะด้านรสขมตกค้างพบว่าชาเขียวที่

ผ่านการนวดเป็นเวลา 10 นาทีหรือมากกว่ามีรสขมตกค้างมากกว่าชาที่ผ่านการนวดน้อยกว่าและไม่แตกต่างจากชาเขียวต้นแบบ คุณลักษณะด้านความฝาดตกค้าง พบว่าชาเขียวที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 10 นาทีมีความฝาดตกค้างสูงที่สุด และไม่แตกต่างจากชาเขียวต้นแบบ

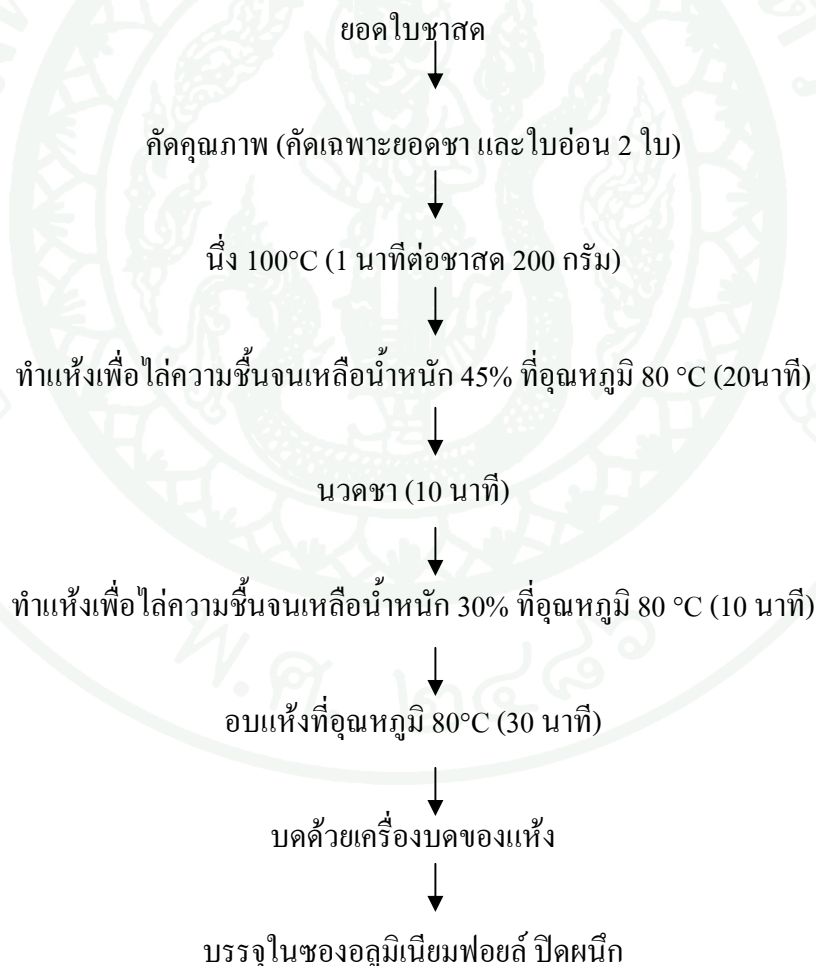
ตารางที่ 38 คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะเชิงพรรณนาของน้ำชาเขียวที่เวลาการนวดชาต่างกัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างชาเขียวต้นแบบ

คุณลักษณะ	ชาเขียว ต้นแบบ	ระยะเวลาการนวดชา (นาที)				
		0	5	10	15	20
กลิ่นชา	4.36±0.24 a	3.21±0.15 c	2.61±0.05 d	3.95±0.25 ab	3.29±0.20 c	3.64±0.10 c
กลิ่นแห้ง	4.07±0.19 a	3.07±0.05 b	3.07±0.00 b	3.28±0.30 b	3.32±0.05 b	3.32±0.35 b
กลิ่น Green	2.57±0.73 b	3.29±0.20 a	2.79±0.20 b	2.82±0.05 b	3.00±0.00 ab	3.14±0.00 ab
กลิ่น Seaweed	2.71±0.70 b	3.92±0.10 a	2.14±0.51 c	3.00±0.40 b	2.89±0.35 b	2.50±0.10 bc
กลิ่นรสชา	5.79±0.81 a	3.93±0.51 c	3.64±0.61 c	5.11±0.05 ab	4.89±0.05 b	4.93±0.30 b
กลิ่นรสแห้ง	5.00±0.50 a	3.93±0.25 b	3.50±0.20 c	3.96±0.05 b	3.82±0.25 b	4.00±0.20 b
กลิ่นรส Green	2.81±0.57 b	3.07±0.20 a	2.82±0.05 b	2.89±0.25 b	2.89±0.15 b	2.68±0.15 b
กลิ่นรส Seaweed	1.64±0.48 b	2.57±0.30 a	1.46±0.45 b	2.00±0.00 b	1.89±0.35 b	1.71±0.10 b
รสขม	6.86±0.48 a	4.79±0.25 c	5.00±0.20 c	6.54±0.76 a	6.00±0.61 b	6.18±0.45 b
ความฝาด	3.07±0.35 a	2.29±0.05 c	2.29±0.10 c	2.81±0.10 a	2.64±0.05 b	2.57±0.10 b
กลิ่นรสชาตกค้าง	4.71±0.49 a	3.14±0.45 b	2.32±0.45 c	3.18±0.25 b	3.25±0.25 b	3.36±0.10 b
รสขมตกค้าง	3.79±0.49 a	2.86±0.15 c	3.25±0.15 b	4.11±0.51 a	3.96±0.35 a	4.01±0.05 a
ความฝาดตกค้าง	2.79±0.39 a	2.36±0.20 b	1.89±0.15 c	2.52±0.45 a	2.39±0.15 b	2.29±0.20 b

หมายเหตุ a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาจากคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกคุณลักษณะแล้วพบว่าตัวอย่างชาเขียวที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 10 นาทีมีความเข้มของคุณลักษณะต่างๆ ใกล้เคียงกับชาเขียวต้นแบบ

มากที่สุด แต่ยังมีความแตกต่างกันในคุณลักษณะด้านกลิ่นแห้ง และกลิ่นรสแห้ง ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการนวดชา เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมีของชาเขียว คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียว และลักษณะทั่วไปของชาเขียวที่ผลิตได้ จากผลการทดสอบคุณภาพทั้งทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา พบว่าตัวอย่างชาเขียวที่มีระยะเวลาการนวด 10 นาที มีปริมาณ EGCG ซึ่งเป็นสารที่มีสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างเชิงพาณิชย์ รวมถึงเมื่อพิจารณาจากลักษณะทั่วไปของใบชาที่ผลิตได้จากการนวดชาเป็นเวลา 10 นาทีแล้ว ใบชาที่ได้มีสีเขียวเข้มสม่ำเสมอ และมีใบม้วนเป็นเกลียวเป็นส่วนใหญ่ ไม่มีใบแตกและ ซึ่งเป็นลักษณะของใบชาที่ดี จึงได้เลือกระยะเวลาการนวด 10 นาที เป็นระยะเวลาการนวดที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียว ซึ่งกระบวนการผลิตชาเขียวที่เหมาะสมที่ได้ทำการศึกษาได้แสดงดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 กระบวนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือนที่พัฒนาได้

5.5 การจัดทำข้อกำหนดรายละเอียดการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

จากผลการพัฒนากระบวนการผลิตชาเขียวโดยใช้เครื่องมือที่มีอยู่และเครื่องมือที่ดัดแปลงสร้างขึ้นใหม่ ทำให้ได้กระบวนการผลิตชาเขียวที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป และได้จัดทำข้อกำหนดกระบวนการผลิตชาเขียวดังตารางที่ 39 เพื่อใช้เป็นแนวทางที่ใช้กำหนดมาตรฐานและควบคุมการผลิตให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพไม่แตกต่างกันในการผลิตแต่ละครั้ง ซึ่งปัจจัยที่ได้แสดงในข้อกำหนดล้วนมีผลต่อกระบวนการผลิตชาเขียว

ตารางที่ 39 ข้อกำหนดรายละเอียดกระบวนการผลิตชาเขียว

ปัจจัย	รายละเอียด
1. ใบชาสด	- รับใบชาสดที่ได้จากการขนส่งที่อุณหภูมิไม่เกิน 5°C ภายในเวลา 1 วันขนส่งโดยการใส่ใบชาสดในถุงพลาสติก 2 ชั้น แล้วแช่น้ำแข็งในกล่องโฟม เพื่อรักษาความสดของใบชา - เก็บรักษาใบชาสดที่อุณหภูมิไม่เกิน 5°C ก่อนนำไปผลิต - ใช้เฉพาะใบชาอ่อน 3 ใบแรก เอาใบที่ซ้ำ มีดำหนิ และรอยแมลงออก - ทำการผลิตชาเขียวให้เสร็จภายใน 1 สัปดาห์นับจากวันที่เก็บเกี่ยวใบชาเพื่อให้ได้ชาเขียวที่มีคุณภาพตามมาตรฐานชาตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 196 (2543)
2. ระยะเวลาในการนึ่งใบชา	- ปริมาณใบชาสดต่อ 1 ชั้นลึงถึง เท่ากับ 200 กรัม - ระยะเวลาการนึ่งเท่ากับ 1 นาที
3. ลูกกลิ้งคั่วใบชา	- ใช้ลูกกลิ้งแบบที่มีตะแกรงถี่ และใช้สแตนเลสเป็นวัสดุเพื่อให้ไม่สูญเสียใบชาระหว่างการคั่ว และมีความปลอดภัยในการผลิต
4. การลดความชื้นใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งแรก	- ใช้อุณหภูมิ 80°C เวลา 20 นาที
5. การนวดใบชาด้วยเครื่องนวด	- ปริมาณใบชา 50 กรัมต่อการนวด 1 ครั้ง - เวลาในการนวด 10 นาที
6. การลดความชื้นใบชาด้วยเครื่องคั่วครั้งที่สอง	- ใช้อุณหภูมิ 80°C เวลา 10 นาที

ตารางที่ 39 (ต่อ)

ปัจจัย	รายละเอียด
7. การอบแห้งใบชาด้วย Tray dryer	- ใช้อุณหภูมิ 80°C เวลา 30 นาที - ความชื้นของชาเขียวต้องน้อยกว่า 5% ตามมาตรฐานชา
8. การบดและร่อนชา	- บดใบชาแล้วร่อนด้วยตะแกรง 30 mesh เพื่อให้ชาผงที่ได้ไม่ละเอียดจนเกินไปจะทำให้ชาที่ได้มีความชุ่มชื้นที่พอดี

6. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียว

เมื่อสุ่มตัวอย่างชาเขียวจากผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่ผลิตได้ (ภาพที่ 35) มาวิเคราะห์คุณภาพตามมาตรฐานชา (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) พบว่าตัวอย่างชาเขียวมีค่าคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งค่าคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ ดังตารางที่ 40 นอกจากนี้ยังได้มีการวิเคราะห์ค่าคุณภาพที่สำคัญของชาเขียว ได้แก่ ปริมาณ EGCG ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่มากในชาเขียรรวมถึงคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ สีและความใสของน้ำชาซึ่งเตรียมจากชาเขียวปริมาณ 2 กรัมต่อซอง แช่ชาในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C ปริมาตร 200 ml เป็นเวลา 5 นาทีแล้วยกซองชาออก แสดงดังตารางที่ 41 พบว่าน้ำชาที่ชงได้มีสีเหลืองอมเขียวอ่อน และน้ำชาค่อนข้างใส



(a)



(b)

ภาพที่ 35 ผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่พัฒนาได้ (a) ชาเขียวผง (b) น้ำชาเขียว

ตารางที่ 40 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียว

ค่าคุณภาพ	ปริมาณ	มาตรฐานชา*
ความชื้น (%)	2.12 ± 0.15	< 5
ปริมาณเถ้า (% dry basis)	4.83 ± 0.15	4<x<8
ปริมาณเถ้าละลายน้ำ (% total ash)	47.71 ± 0.28	>45
สารสกัดด้วยน้ำร้อน (% dry basis)	35.50 ± 0.25	>32
Caffeine (mg/g dry basis)	43.62 ± 0.01	>15
EGCG (mg/g dry basis)	119.87 ± 0.01	-
Total polyphenols (%dry basis)	15.15 ± 0.20	-
Water activity	0.20 ± 0.20	-
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	<10 est.	<10 est.
ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)	<10 est.	<10 est.

ที่มา: *กระทรวงสาธารณสุข (2543)

ตารางที่ 41 คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาเขียว

ค่าคุณภาพ	ปริมาณ
ค่าสี (Color)	
L*	81.41 ± 0.91
a*	- 3.05 ± 0.67
b*	10.89 ± 0.75
Transmittance; T (%)	75.28 ± 0.84

หมายเหตุ L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่า 0 – 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ, 100

หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว

a* + หมายถึง วัตถุที่มีสีออกแดง – หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเขียว

b* + หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเหลือง – หมายถึง วัตถุที่มีสีออกน้ำเงิน

7. ผลการพัฒนาระบวนการผลิตข้าวกล้องคั่วในระดับครัวเรือน

7.1 ผลการคัดเลือกพันธุ์ข้าวกล้อง

เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการวิจัย คือ พันธุ์ข้าวที่มีการปลูกเพื่อการค้า มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วง 5 – 20% และเป็นพันธุ์ที่ให้กลิ่นหอม จึงได้เลือกใช้ข้าวเจ้าหอมมะลิ และข้าวเหนียวพันธุ์ข.6 โดยใช้ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ก.ว.1 ที่สามารถปลูกได้ในประเทศไทย และมีคุณภาพตามมาตรฐานของข้าวญี่ปุ่น (กรมการข้าว, 2553) มาใช้เพื่อเป็นตัวอย่างควบคุมในการวิจัย

7.2 ผลการคัดเลือกเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิตข้าวคั่ว

7.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการให้ความร้อนข้าวกล้อง

ผลการทดลองก่อนการวิจัยพบว่าการต้มข้าวในหม้อ โดยใช้ข้าวต่อน้ำ เท่ากับ 1:3 แล้วส้อมตัวอย่างมาวัดความสุกของข้าวเกิดปัญหาที่ข้าวสุกไม่เท่ากัน เนื่องจากไม่สามารถนำข้าวออกจากหม้อได้พร้อมกันทั้งหมด ดังนั้นจึงได้ใช้ถุงผ้าขนาด 20 x 30 เซนติเมตร ซึ่งผลิตจากผ้าดิบที่ทนความร้อนมาใส่ข้าวก่อนนำไปต้มให้ความร้อนในน้ำเดือด เพื่อให้สามารถยกถุงผ้าซึ่งบรรจุข้าวออกเมื่อข้าวสุก ดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 การให้ความร้อนข้าวกล้องโดยใส่ข้าวในถุงผ้าแล้วต้มในน้ำเดือด

7.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการอบแห้งข้าว

เครื่องอบแห้งชนิดชั้น (Tray drier)

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบ Tray drier หรือ Cabinet drier คือใช้ลมร้อนระเหยน้ำจากอาหารโดยใช้พัดลม เพื่อลดความชื้นภายในอาหาร และปล่อยลมร้อนชื้นออกจากเครื่องอบแห้ง และภายในเครื่องอบแห้งจะมีถาดเรียงเป็นชั้น หรือเรียงบนตู้เข็น เพื่อเรียงวัตถุดิบสำหรับอบแห้ง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องอบแห้งชนิดชั้นสำหรับอบข้าวให้มีความชื้นที่เหมาะสมก่อนนำไปคั่ว เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอบข้าว ทำให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ การอบข้าวต้องเรียงเมล็ดข้าวลงบนผ้าขาวบางภายในถาดให้เป็นชั้นเดียวเพื่อให้ความชื้นของเมล็ดข้าวที่ได้ใกล้เคียงกันทั้งถาด ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 การจัดเรียงเมล็ดข้าวบนถาดเพื่ออบแห้งด้วย Tray drier

7.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการคั่วข้าว

ก. การคั่วด้วยกระทะ (Pan roasting)

การคั่วข้าวด้วยกระทะจะต้องใช้ไฟไม่แรงเกินไป และต้องคอยคนตลอดเวลา เพื่อให้เมล็ดข้าวไม่ไหม้ติดกระทะ การคั่วด้วยกระทะนี้อาศัยประสบการณ์ของผู้คั่วเป็นสำคัญ ไม่เหมาะสำหรับงานวิจัยเนื่องจากไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

ข. เครื่องคั่ว (Roaster)

เครื่องคั่วที่นำมาใช้ในการคั่วข้าวนั้น คือ เครื่องคั่วถั่ว ซึ่งประกอบด้วย ตัวเครื่องเป็นตู้อบที่มีขดลวดให้ความร้อน มีตะแกรงทรงกระบอกสำหรับใส่วัตถุดิบ และมีมอเตอร์สำหรับหมุนตะแกรง เครื่องคั่วนี้สามารถตั้งอุณหภูมิได้สูงสุดที่ $200\pm 5^{\circ}\text{C}$ โดยตั้งอุณหภูมิทิ้งไว้อย่างน้อยครึ่งชั่วโมงเพื่อให้อุณหภูมิคงที่ ตะแกรงทรงกระบอกที่นำมาใช้ใส่วัตถุดิบได้ถูกนำมาดัดแปลงใหม่ด้วยลวดสแตนเลสแบบถี่เพื่อให้สามารถคั่ววัตถุดิบที่มีขนาดเล็ก และมีความปลอดภัยต่ออาหาร

ตะแกรงทรงกระบอกสำหรับใส่วัตถุดิบ สามารถคั่ววัตถุดิบได้ในปริมาณน้อยตั้งแต่ 50 – 500 กรัม ภายในตะแกรงคั่วมีเหล็กก้นเพื่อให้เมล็ดข้าวสามารถพลิกกลับไปมาได้ การคั่วข้าวทำโดยใส่วัตถุดิบในตะแกรงทรงกระบอก แล้ววางตะแกรงทรงกระบอกที่ปิดฝาไว้บนเฟืองปิดตู้ให้สนิท แล้วเปิดมอเตอร์สายพานเพื่อให้ตะแกรงหมุน โดยมีอัตราความเร็วในการหมุนตะแกรงอยู่ที่ 15 รอบต่อนาที ทำให้ได้ข้าวคั่วที่มีสีสม่ำเสมอ

7.3 ผลการศึกษากระบวนการการผลิตข้าวกล้องคั่วในระดับครัวเรือน

7.3.1 ผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการให้ความร้อนของข้าวกล้อง 3 พันธุ์

ผลการหาเวลาในการให้ความร้อนของข้าวกล้อง 3 พันธุ์ พบว่าข้าวกล้องหอมมะลิใช้เวลาที่นานที่สุด คือ 12 นาทีในการให้ความร้อนจนข้าวสุก ซึ่งจากงานวิจัยของ Kaushik and Khush (1991); Noosuk *et al.* (2005) พบว่าข้าวหอมมะลิมีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าข้าวญี่ปุ่น และข้าวเหนียว จึงมีแนวโน้มในการใช้พลังงานในการเกิดเจลลิตีในซั้ที่สูงกว่า ในขณะที่ข้าวกล้องญี่ปุ่นใช้เวลาการให้ความร้อน 6 นาที และข้าวเหนียวใช้เวลาการให้ความร้อน 4 นาที ดังตารางที่ 42

ตารางที่ 42 ลักษณะของเมล็ดข้าวกล้อง 3 พันธุ์ที่ผ่านการให้ความร้อน และวัดความสุกของข้าว ด้วยการบีบเมล็ดข้าวบนกระจกนาฬิกา

เวลา (นาทิจ)	พันธุ์ข้าว		
	หอมมะลิ	เหนียวข.6	ญี่ปุ่นก.ว.ก.1
1.0	แข็ง	แข็ง	แข็ง
2.0	แข็ง	แข็ง	แข็ง
3.0	แข็ง	นุ่มเป็นบางส่วน	แข็ง
4.0	แข็ง	ไม่เหลือไตข้าว	แข็ง
5.0	แข็ง	เมล็ดบานบางส่วน	นุ่มเป็นบางส่วน
6.0	แข็ง	เมล็ดบานเป็นส่วนใหญ่	ไม่เหลือไตข้าว
7.0	แข็ง	-	เมล็ดบานบางส่วน
8.0	แข็ง	-	เมล็ดบานเป็นส่วนใหญ่
9.0	นุ่มเป็นบางส่วน	-	เมล็ดข้าวและ
10.0	เหลือไตข้าวมาก	-	-
11.0	เหลือไตข้าวปานกลาง	-	-
12.0	ไม่เหลือไตข้าว	-	-
13.0	เมล็ดบานบางส่วน	-	-
14.0	เมล็ดบานเป็นส่วนใหญ่	-	-

7.3.2 ผลการหาความชื้นที่เหมาะสมของข้าวกล้อง 3 พันธุ์ก่อนนำไปคั่ว

ผลการหาความชื้นที่เหมาะสมของข้าวกล้อง 3 พันธุ์ก่อนนำไปคั่ว แยกตามพันธุ์ข้าว ดังนี้

ก. ข้าวกล้องหอมมะลิ

เมื่อนำข้าวกล้องหอมมะลิที่มีความชื้นต่างๆ กันตั้งแต่ 5.17 – 25.34% ที่ได้จากการอบแห้งข้าวเป็นเวลา 3 ชั่วโมง มาคั่วด้วยเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 5 นาที พบว่าข้าวกล้องหอมมะลิที่อบแห้งจนมีความชื้นอยู่ในช่วง 9.07 – 12.01% ทำให้ได้ข้าวคั่วที่มีสี ลักษณะปรากฏที่ดี มีกลิ่นคั่ว และเกิดการพองตัว (ตารางที่ 43) ดังนั้นการเตรียมเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิให้มีความชื้นที่เหมาะสม คือ มีความชื้นอยู่ในช่วง 9.07 – 12.01% หรือมีค่า water activity เท่ากับ 0.46 – 0.62

ตารางที่ 43 ลักษณะของข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีปริมาณความชื้นต่างกัน

ปริมาณความชื้น (%)	ค่า water activity	ลักษณะของข้าวคั่ว
25.34 ± 0.30	0.84 ± 0.01	สีน้ำตาลอ่อน ไม่มีกลิ่นคั่ว ไม่พองตัว
18.18 ± 0.28	0.76 ± 0.01	สีน้ำตาลอ่อน ไม่มีกลิ่นคั่ว ไม่พองตัว
12.01 ± 0.34	0.62 ± 0.01	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่ว พองตัวดี
9.07 ± 0.29	0.46 ± 0.02	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่ว พองตัวดี
6.37 ± 0.41	0.32 ± 0.02	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่วเล็กน้อยไม่พองตัว
5.65 ± 0.25	0.28 ± 0.01	สีน้ำตาลเข้ม ไม่มีกลิ่นคั่ว ไม่พองตัว
5.17 ± 0.32	0.26 ± 0.01	สีน้ำตาลเข้ม ไม่มีกลิ่นคั่ว ไม่พองตัว

ข. ข้าวกล้องเหนียวข.6

เมื่อนำข้าวกล้องเหนียวข.6 ที่มีความชื้นต่างๆ กันตั้งแต่ 3.84 – 24.20% มาคั่วด้วยเครื่องคั่ว พบว่าข้าวกล้องเหนียวข.6 ที่อบแห้งจนมีความชื้นอยู่ในช่วง 8.01 – 11.02% ทำให้ได้ข้าวคั่วที่มีสี ลักษณะปรากฏที่ดี มีกลิ่นคั่ว และเกิดการพองตัว (ตารางที่ 44) ดังนั้นการเตรียมเมล็ดข้าวกล้องเหนียวข.6 ให้มีความชื้นที่เหมาะสม คือ มีความชื้นอยู่ในช่วง 8.01 – 11.02% หรือมีค่า water activity เท่ากับ 0.37 – 0.59

ตารางที่ 44 ลักษณะของข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่วที่มีปริมาณความชื้นต่างกัน

ปริมาณความชื้น (%)	ค่า water activity	ลักษณะของข้าวคั่ว
24.20 ± 0.21	0.84 ± 0.02	สีน้ำตาลอ่อน ไม่มีกลิ่นคั่ว ไม่พองตัว
11.02 ± 0.25	0.59 ± 0.01	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่ว พองตัวดี
9.55 ± 0.45	0.48 ± 0.01	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่ว พองตัวดี
8.01 ± 0.18	0.37 ± 0.01	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่ว พองตัวดี
5.41 ± 0.35	0.29 ± 0.02	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่วเล็กน้อยไม่พองตัว
4.90 ± 0.15	0.24 ± 0.01	สีน้ำตาลเข้ม ไม่มีกลิ่นคั่ว ไม่พองตัว
3.84 ± 0.33	0.22 ± 0.01	สีน้ำตาลเข้ม ไม่มีกลิ่นคั่ว ไม่พองตัว

ก. ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.วก.1

เมื่อนำข้าวกล้องญี่ปุ่นก.วก.1 ที่มีความชื้นต่างๆ กันตั้งแต่ 4.54 – 14.60% มาคั่วด้วยเครื่องคั่ว พบว่าข้าวกล้องเหนียวกข.6 ที่อบแห้งจนมีความชื้นอยู่ในช่วง 7.47 – 10.93% ทำให้ได้ข้าวคั่วที่มีสี ลักษณะปรากฏที่ดี มีกลิ่นคั่ว และเกิดการพองตัว (ตารางที่ 45) ดังนั้นการเตรียมเมล็ดข้าวกล้องญี่ปุ่นก.วก.1 ให้มีความชื้นที่เหมาะสม คือ มีความชื้นอยู่ในช่วง 7.47 – 10.93% หรือมีค่า water activity เท่ากับ 0.38 – 0.56

ตารางที่ 45 ลักษณะของข้าวกล้องญี่ปุ่นก.วก.1 คั่วที่มีปริมาณความชื้นต่างกัน

ปริมาณความชื้น (%)	ค่า water activity	ลักษณะของข้าวคั่ว
14.60 ± 0.23	0.74 ± 0.01	สีน้ำตาลอ่อน ไม่มีกลิ่นคั่ว ไม่พองตัว
10.93 ± 0.20	0.56 ± 0.01	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่ว พองตัวดี
9.80 ± 0.42	0.46 ± 0.01	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่ว พองตัวดี
7.47 ± 0.25	0.38 ± 0.02	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่ว พองตัวดี
6.04 ± 0.33	0.32 ± 0.02	สีน้ำตาล มีกลิ่นคั่วเล็กน้อยไม่พองตัว
5.45 ± 0.21	0.29 ± 0.02	สีน้ำตาลเข้ม ไม่มีกลิ่นคั่ว ไม่พองตัว
4.54 ± 0.35	0.26 ± 0.02	สีน้ำตาลเข้ม ไม่มีกลิ่นคั่ว ไม่พองตัว

จากผลการหาความชื้นที่เหมาะสมของข้าวกล้องก่อนนำไปคั่วของข้าว 3 พันธุ์ พบว่าการเตรียมข้าวกล้องให้มีค่า water activity ประมาณ 0.4 – 0.6 แล้วนำไปคั่วด้วยเครื่องคั่ว ทำให้ได้ข้าวกล้องคั่วที่มีเมล็ดข้าวสีน้ำตาล มีกลิ่นคั่ว และมีการพองตัวดี ดังนั้นในการวิจัยขั้นต่อไปจึงได้ทำการศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งด้วย Tray drier เพื่อให้ได้ข้าวกล้องมีความชื้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมก่อนนำไปคั่ว

7.3.3 การหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วย Tray drier ของข้าวกล้อง 3 พันธุ์

ก. ผลการหาอุณหภูมิในการอบแห้งด้วย Tray drier

ผลการหาอุณหภูมิในการอบแห้งด้วย Tray drier ของข้าวกล้อง 3 พันธุ์ โดยใช้ อุณหภูมิ 60 70 และ 80°C พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ใช้เวลาการอบแห้ง 3 – 4 ชั่วโมงจึงทำให้ข้าวมีความชื้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสม การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C ใช้เวลาการอบแห้งประมาณ 2 ชั่วโมง จึงทำให้ข้าวมีความชื้นที่เหมาะสม การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C ใช้เวลาการอบแห้งประมาณ 0.5 – 1 ชั่วโมง ในการทำให้ข้าวมีความชื้นที่เหมาะสม แต่เมล็ดข้าวที่ได้แข็ง มีลักษณะปรากฏที่ไม่ดี และเมล็ดข้าวมีปริมาณความชื้นไม่สม่ำเสมอ ดังตารางที่ 46 ดังนั้นในงานวิจัยจึงเลือกใช้อุณหภูมิอบแห้งที่ 70°C

ตารางที่ 46 ลักษณะของข้าวกล้องที่ผ่านการอบแห้งด้วย Tray drier ที่อุณหภูมิต่างกัน

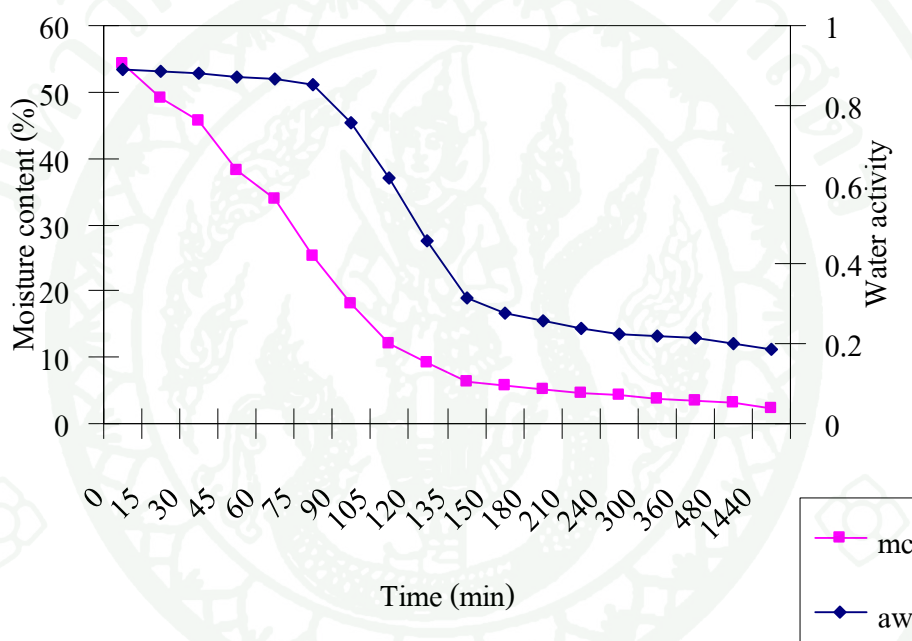
อุณหภูมิในการอบแห้ง	เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ลักษณะของข้าวกล้องที่ผ่านการอบแห้ง
60°C	3 – 4	ข้าวมีค่า water activity = 0.4 – 0.6 มีความชื้นสม่ำเสมอ
70°C	2	ข้าวมีค่า water activity = 0.4 – 0.6 มีความชื้นสม่ำเสมอ
80°C	0.5 – 1	ข้าวมีค่า water activity = 0.4 – 0.6 แต่มีความชื้นไม่สม่ำเสมอ เมล็ดข้าวที่ได้แข็ง ไม่เกิดการพองตัว

ข. ผลการหาเวลาในการอบแห้งด้วย Tray drier

ผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด Tray drier ที่อุณหภูมิในการอบแห้ง 70°C ทำการศึกษาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างมาวัดปริมาณความชื้น (%) และค่า water activity เพื่อเก็บข้อมูลเหล่านี้มาสร้างกราฟการอบแห้ง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า water activity กับเวลา (นาท) และกราฟ Sorption Isotherm ของข้าวกล้องแต่ละพันธุ์ ดังนี้

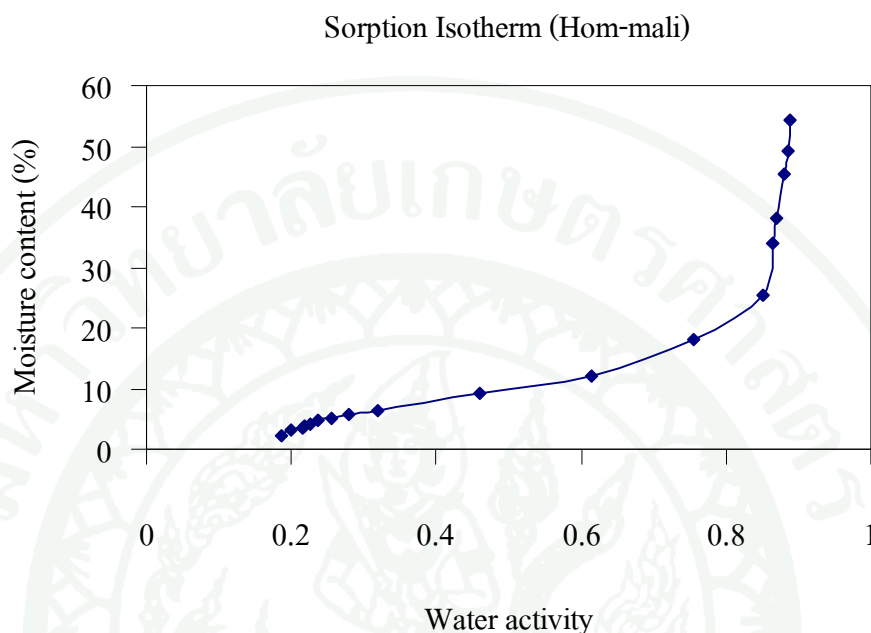
1.) ข้าวกล้องหอมมะลิ

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่า water activity ของข้าวกล้องหอมมะลิที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 12 นาที กับเวลาการอบแห้ง (นาที) พบว่าความชื้นและค่า water activity ของข้าวกล้องหอมมะลิเริ่มมีค่าคงที่เมื่อเวลาการอบแห้งผ่านไป 150 นาที ดังภาพที่ 38 เมื่อพิจารณาหาเวลาในการทำให้ข้าวมีความชื้นที่เหมาะสม พบว่าต้องใช้เวลาการอบแห้งข้าวกล้องหอมมะลิเท่ากับ 125 115 และ 100 นาที ตามลำดับจึงทำให้ได้ข้าวกล้องหอมมะลิที่มีค่า water activity เท่ากับ 0.4 0.5 และ 0.6



ภาพที่ 38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น (%) และค่า water activity ของข้าวกล้องหอมมะลิที่ผ่านการให้ความร้อน 12 นาทีกับเวลาการอบแห้ง (นาที)

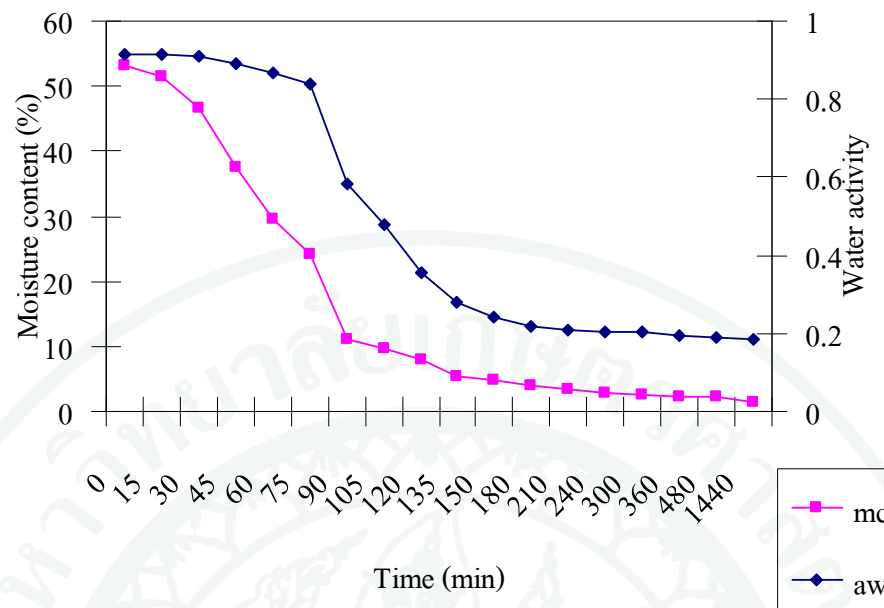
เมื่อนำค่าความชื้น (%) และค่า water activity มาสร้างกราฟ Sorption Isotherm ที่อุณหภูมิ 70°C จะได้กราฟดังภาพที่ 39



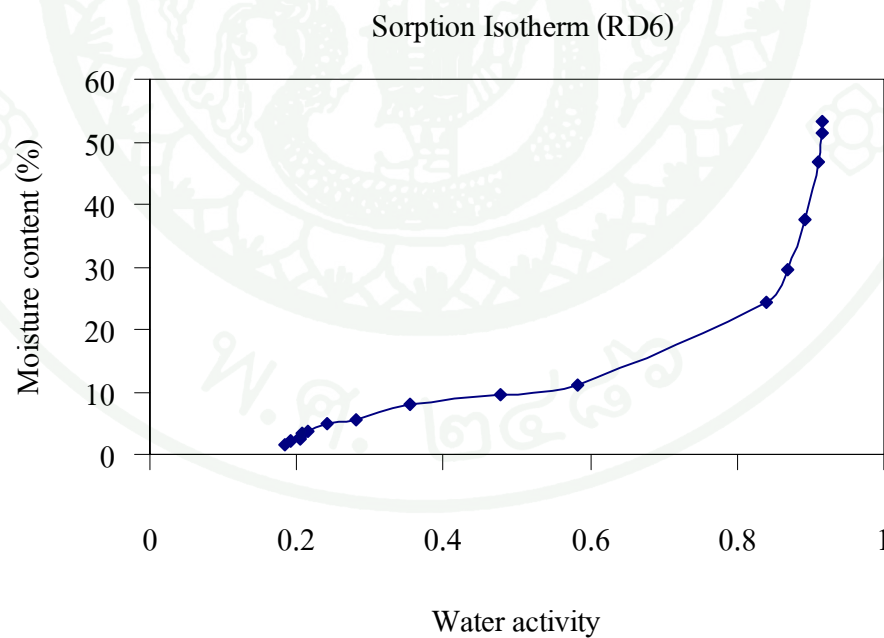
ภาพที่ 39 กราฟ Sorption Isotherm ของข้าวกล้องหอมมะลิที่ผ่านการให้ความร้อน 12 นาที อบแห้ง ที่อุณหภูมิ 70°C

2.) ข้าวกล้องเหนียวข.6

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่า water activity ของข้าวกล้องเหนียวข.6 ที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 4 นาที กับเวลาการอบแห้ง (นาที) พบว่าความชื้นและค่า water activity ของข้าวกล้องเหนียวข.6 เริ่มมีค่าคงที่เมื่อเวลาการอบแห้งผ่านไป 135 นาที ดังภาพที่ 40 เมื่อพิจารณาหาเวลาในการทำให้ข้าวมีความชื้นที่เหมาะสม พบว่าต้องใช้เวลาการอบแห้งข้าวกล้องเหนียวข.6 เท่ากับ 110 100 และ 85 นาที ตามลำดับจึงทำให้ได้ข้าวกล้องเหนียวข. 6 ที่มีค่า water activity เท่ากับ 0.4 0.5 และ 0.6 และเมื่อนำค่าความชื้น (%) และค่า water activity มาสร้างกราฟ Sorption Isotherm ที่อุณหภูมิ 70°C จะได้กราฟดังภาพที่ 41



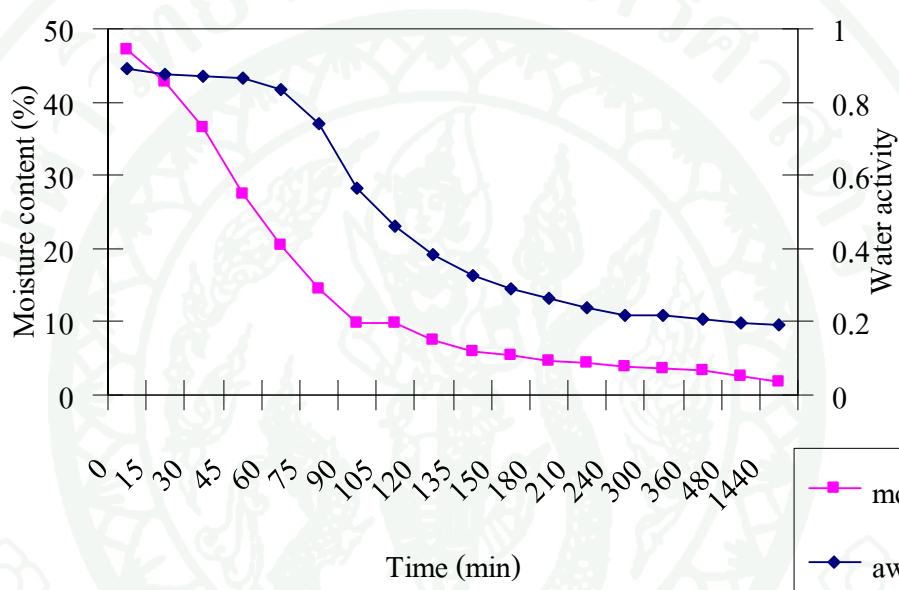
ภาพที่ 40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น (%) และค่า water activity ของข้าวกล้องเหนียวข.6 ที่ผ่านการให้ความร้อน 4 นาทีกับเวลาการอบแห้ง (นาที)



ภาพที่ 41 กราฟ Sorption Isotherm ของข้าวกล้องเหนียวข.6 ที่ผ่านการให้ความร้อน 4 นาทีอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C

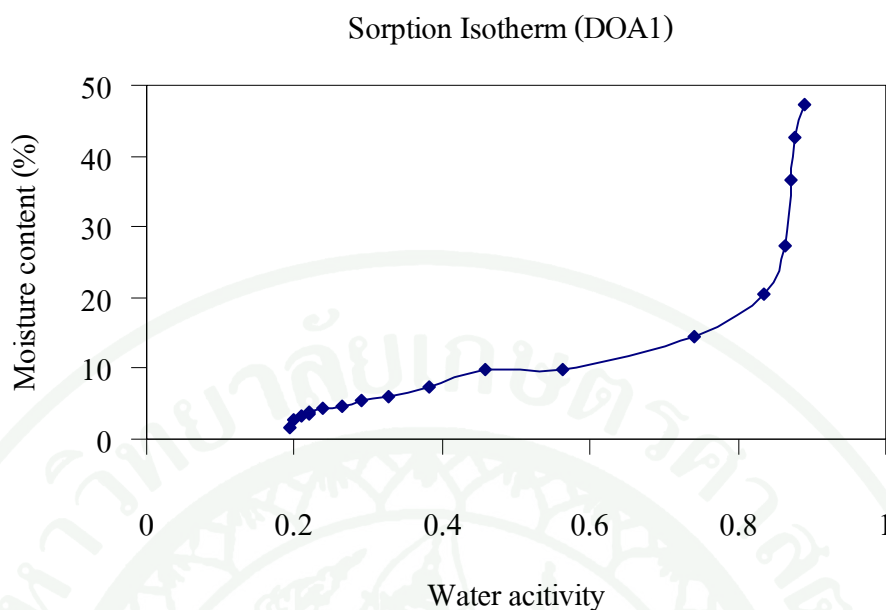
3.) ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่า water activity ของข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 ที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลา 6 นาที กับเวลาการอบแห้ง (นาที) พบว่าความชื้นและค่า water activity ของข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 เริ่มมีค่าคงที่เมื่อเวลาการอบแห้งผ่านไป 135 นาที ดังภาพที่ 42 พบว่าต้องใช้เวลาการอบแห้งข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 เท่ากับ 115 100 และ 85 นาที ตามลำดับจึงทำให้ได้ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 ที่มีค่า water activity เท่ากับ 0.4 0.5 และ 0.6



ภาพที่ 42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น (%) และค่า Water activity ของข้าวกล้องพันธุ์ก.ว.ก.1 ที่ผ่านการให้ความร้อน 6 นาทีกับเวลาการอบแห้ง (นาที)

เมื่อนำค่าความชื้น (%) และค่า Water activity มาสร้างกราฟ Sorption Isotherm ที่อุณหภูมิ 70°C จะได้กราฟดังภาพที่ 43



ภาพที่ 43 กราฟ Sorption Isotherm ของข้าวกล้องพันธุ์ก.ว.ก.1 ที่ผ่านการให้ความร้อน 6 นาที อบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C

อุณหภูมิและเวลาการอบแห้งที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบข้าวกล้อง ก่อนนำไปคั่ว แสดงดังตารางที่ 47

ตารางที่ 47 การเตรียมเมล็ดข้าวให้มีความชื้นที่เหมาะสมก่อนนำไปคั่ว

พันธุ์ข้าวกล้อง	Water activity		
	0.4	0.5	0.6
หอมมะลิ			
เวลาในการต้ม (นาที)		12	
เวลาในการอบแห้ง (นาที)	125	115	100
กข.6			
เวลาในการต้ม (นาที)		4	
เวลาในการอบแห้ง (นาที)	110	100	85
ก.ว.ก.1			
เวลาในการต้ม (นาที)		6	
เวลาในการอบแห้ง (นาที)	115	100	85

7.3.4 ผลการหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการคั่วข้าว

ก. ผลการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคั่วข้าว

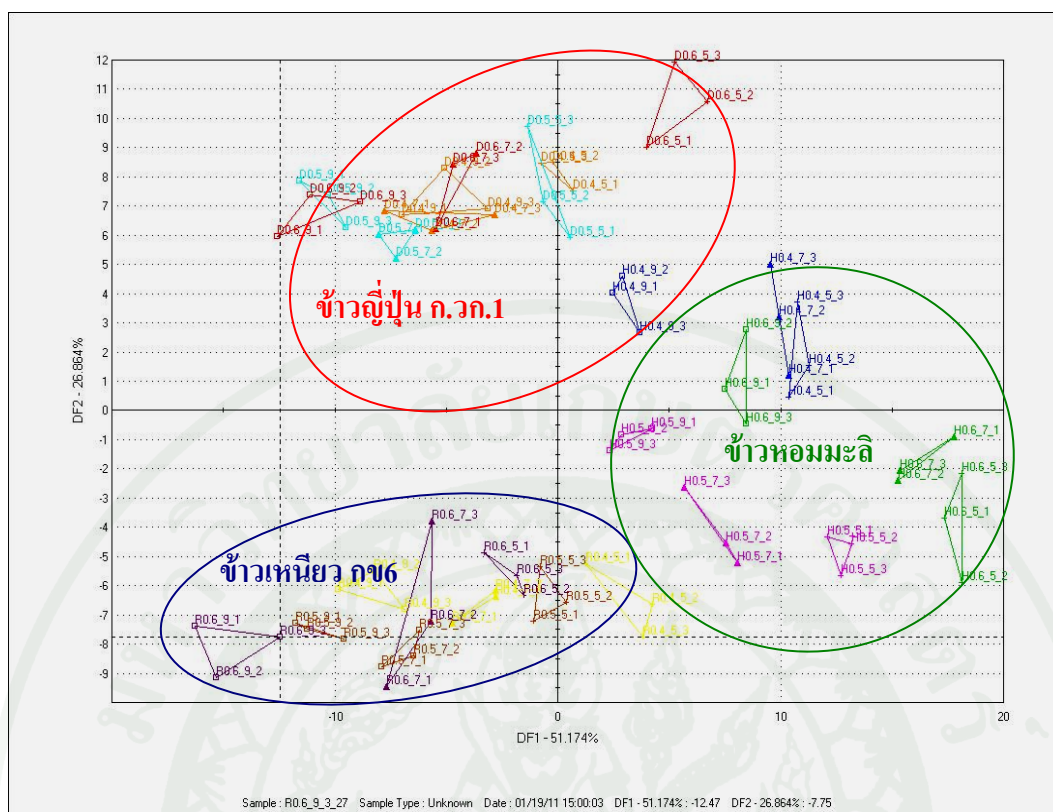
ผลของการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการคั่วข้าว พบว่าอุณหภูมิในการคั่วข้าวที่เหมาะสมคือ 200°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่เครื่องคั่วสามารถทำได้ ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำกว่านี้เมล็ดข้าวจะมีกลิ่นคั่วน้อย และเกิดการพองตัวต่ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดอุณหภูมิในการคั่วข้าวไว้ที่ 200°C นอกจากนี้ในการทดลองก่อนการวิจัยยังพบว่าเวลาในการคั่วข้าวน้อยที่สุดที่ทำให้ข้าวเริ่มเกิดกลิ่นคั่วคือ 5 นาที และมากที่สุด คือ 9 นาที ถ้าคั่วด้วยระยะเวลาที่นานกว่านี้ทำให้ข้าวไหม้

ข. ผลการหาเวลาการคั่วข้าวของข้าวกล้อง 3 พันธุ์

เมื่อนำข้าวกล้อง 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้าพันธุ์หอมมะลิ ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 และข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ก.ว.ก.1 ที่มีค่า Water activity เท่ากับ 0.4 0.5 และ 0.6 ทำการคั่วด้วยเครื่องคั่ว อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 5 7 และ 9 นาที วัดค่ากลิ่นด้วยเครื่อง electronic nose และวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L^* , a^* , b^* ของเมล็ดข้าว และอัตราการพองตัวของเมล็ดข้าว พบว่าผลที่ได้เป็นดังนี้

1.) ผลการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) ของข้าวกล้องคั่ว 3 พันธุ์โดยใช้ผลการทดสอบจากเครื่อง electronic nose

การประเมินกลิ่นของเมล็ดข้าวคั่วโดยเครื่อง electronic nose เป็นการประเมินกลิ่นของตัวอย่างข้าวคั่วในรูปของเมล็ดข้าวคั่วที่ไม่ได้ชงน้ำ เพื่อให้ได้ความเข้มของกลิ่นสูงสุดในขณะทำการประเมิน ผลการทดสอบที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) ด้วยโปรแกรม Alpha Soft version 12.0 พบว่าผลการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) ประกอบด้วย DF1 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 51.17% และ DF2 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 26.86% นอกจากนี้ยังสามารถจัดกลุ่มของข้าวกล้องคั่วออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว ข้าวเหนียวกข.6 คั่ว และข้าวญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่ว แสดงว่าเครื่อง electronic nose สามารถตรวจวัดแล้วจำแนกข้าวกล้องคั่วได้ถูกต้องตามสายพันธุ์ ดังภาพที่ 44



ภาพที่ 44 ผลการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) ของข้าวกล้องคั่ว 3 พันธุ์

2.) ผลการทดสอบคุณภาพของข้าวกล้องคั่ว 3 พันธุ์

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบคุณภาพของข้าวกล้องคั่วแต่ละพันธุ์ ในด้านความเข้มของกลิ่นจากเครื่อง electronic nose ค่า L^* , a^* , b^* จากเครื่องวัดสี Lovibond และอัตราส่วนการฟองตัวของเมล็ดข้าวกล้องคั่ว โดยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา (seed replacement) พบว่าผลที่ได้มีดังนี้

(1) ข้าวกล้องหอมมะลิ

ผลของความเข้มกลิ่นที่ได้จากเครื่อง electronic nose พบว่าตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีค่า Water activity เท่ากับ 0.6 และมีระยะเวลาการคั่ว 5 นาที มีความเข้มของกลิ่นสูงสุดจากทั้ง 6 หัววัดที่สามารถตรวจวัดกลิ่นตัวอย่างข้าวคั่วได้ โดยมีความเข้มสูงกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาหัววัด P10/1 และหัววัด P10/2 ซึ่งสามารถวัดกลิ่นคั่วได้ ดังนั้นการปรับข้าวให้มีค่า water activity เท่ากับ 0.6 และนำไปคั่วด้วยที่

อุณหภูมิ 200°C จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวคั่วจากข้าวกล้องหอมมะลิ เพื่อให้ได้กลิ่นของข้าวคั่วมากที่สุด ดังตารางที่ 48

เมื่อพิจารณากลิ่นของตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีค่า water activity เท่ากัน พบว่าข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีระยะเวลาการคั่วนานขึ้นมีค่าเฉลี่ยของ response sensitivities ของกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งในข้าวที่มีค่า water activity เท่ากับ 0.4 0.5 และ 0.6 แสดงว่าระยะเวลาการคั่วที่มากขึ้นทำให้กลิ่นของข้าวคั่วลดลง

ส่วนคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว แสดงดังตารางที่ 49 พบว่าความสว่าง (L^*) ของข้าวกล้องหอมมะลิคั่วลดลงเมื่อระยะเวลาการคั่วนานขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการเมลไรเซชัน (Caramelization) ของข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งสอดคล้องตามงานวิจัยของ Villamiel *et al.* (2006) ค่าสี a^* (+ สีแดง, - สีเขียว) ของข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว พบว่าค่าสี a^* เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการคั่วนานขึ้น แสดงว่าเวลาการคั่วข้าวนานขึ้นทำให้ข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่ได้มีสีออกแดงมากขึ้น เนื่องจากข้าวมีสีไหม้มากขึ้น ค่าสี b^* (+ สีเหลือง, - สีนํ้าเงิน) ไม่มีแนวโน้มที่แน่นอน แต่ผลดังกล่าวแสดงว่าสีของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่ได้มีสีออกเหลืองอมแดงหรือเป็นสีส้มนั่นเอง

ผลการพองตัวของข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว แสดงดังตารางที่ 49 การพองตัวของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีค่า water activity เพิ่มขึ้นจะมีการพองตัวเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่มากกว่าของข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มี a_w เท่ากับ 0.6 สูญเสียระหว่างการคั่วข้าว ทำให้เกิดโพรงภายในเมล็ดข้าวได้มากกว่าข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีค่า a_w ต่ำกว่า ซึ่งก็จะมีปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดข้าวน้อยกว่าด้วยนั่นเอง

ตารางที่ 48 ค่าเฉลี่ยของ response sensitivities ของกลิ่นข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีค่า water activity และเวลาการคั่วที่ต่างกัน โดยวัดจากเครื่อง electronic nose

หัววัด	Water activity								
	0.4			0.5			0.6		
	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที
T30/1	0.397±0.100 c	0.384±0.100 cd	0.365±0.098 d	0.410±0.100 bc	0.381±0.089 cd	0.371±0.083 d	0.436±0.100 a	0.426±0.098 b	0.395±0.089 c
P10/1	0.472±0.098 bc	0.461±0.098 c	0.440±0.100 d	0.489±0.098 b	0.462±0.077 c	0.450±0.089 cd	0.520±0.073 a	0.515±0.100 a	0.479±0.100 bc
P10/2	0.405±0.100 bc	0.397±0.095 bc	0.360±0.089 d	0.423±0.091 b	0.396±0.098 bc	0.373±0.077 c	0.456±0.081 a	0.450±0.075 a	0.401±0.098 bc
P40/1	0.497±0.098 bc	0.486±0.100 c	0.469±0.083 d	0.516±0.089 b	0.489±0.100 c	0.479±0.089 cd	0.547±0.098 a	0.542±0.091 a	0.509±0.100 b
T70/2	0.333±0.098 c	0.318±0.095 cd	0.300±0.075 d	0.351±0.091 bc	0.318±0.098 cd	0.307±0.100 d	0.375±0.100 a	0.361±0.085 b	0.330±0.075 c
PA/2	0.476±0.089 c	0.458±0.089 d	0.441±0.091 e	0.497±0.089 bc	0.455±0.085 d	0.466±0.089 cd	0.528±0.095 a	0.512±0.073 b	0.478±0.073 c

หมายเหตุ a-e หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 49 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio) ของข้าวกล้องหอมมะลิข้าว

ค่าสี	Water acitivity								
	0.4			0.5			0.6		
	ข้าว 5 นาที	ข้าว 7 นาที	ข้าว 9 นาที	ข้าว 5 นาที	ข้าว 7 นาที	ข้าว 9 นาที	ข้าว 5 นาที	ข้าว 7 นาที	ข้าว 9 นาที
L^*	53.44±0.98 a	47.65±0.37bc	47.42±0.41bc	53.66±0.44 a	50.35±0.51ab	49.13±1.42ab	54.37±0.53 a	50.54±0.18ab	47.02±1.17b
a^*	5.00±0.05 d	5.07±0.19 d	5.59±0.31 c	5.69±0.55 c	6.09±0.54 b	6.32±0.15 a	5.88±0.08 b	5.97±0.23 b	6.33±0.54a
b^*	15.09±0.78bc	13.49±1.02 e	14.26±0.12 d	16.15±0.50 a	15.38±0.28 b	14.01±0.37 d	14.83±0.42 c	14.60±0.51 c	15.28±0.16b
Expansion ratio	1.06±0.01 c	1.06±0.01 c	1.06±0.01 c	1.11±0.01 b	1.11±0.01 b	1.11±0.01 b	1.16±0.02 a	1.16±0.02 a	1.18±0.02 a

หมายเหตุ a-e หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

L^* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่า 0 – 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ, 100

หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว

a^* + หมายถึง วัตถุที่มีสีออกแดง – หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเขียว

b^* + หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเหลือง – หมายถึง วัตถุที่มีสีออกน้ำเงิน

(2) ข้าวกล้องเหนียวข.6

ผลของความชื้นกลั่นที่วัดได้จากเครื่อง electronic nose พบว่ากลิ่นของตัวอย่างข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่วที่มีค่า Water activity เท่ากับ 0.4 ระยะเวลาการคั่ว 5 นาที มีค่าเฉลี่ยของ response sensitivities ของกลิ่นสูงสุดจากทั้ง 6 หัววัดที่สามารถตรวจวัดกลิ่นตัวอย่างข้าวคั่วได้ โดยมีความชื้นสูงกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาหัววัด P10/1 และหัววัด P10/2 ซึ่งสามารถวัดกลิ่นคั่วได้ ดังนั้นการปรับข้าวให้มีค่า Water activity เท่ากับ 0.4 และนำไปคั่วด้วยที่อุณหภูมิ 200°C จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวคั่วจากข้าวกล้องเหนียวข.6 ให้มีความชื้นของกลิ่นคั่วสูงสุด ดังตารางที่ 50

เมื่อพิจารณากลิ่นของตัวอย่างข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่วที่มีค่า water activity เท่ากัน พบว่าข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่วที่มีระยะเวลาการคั่วมากขึ้นมีค่าความชื้นของกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งในข้าวที่มีค่า water activity เท่ากับ 0.4 0.5 และ 0.6 แสดงว่าระยะเวลาการคั่วที่มากขึ้นทำให้กลิ่นของข้าวคั่วลดลง

ส่วนคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว แสดงดังตารางที่ 51 พบว่าความสว่าง (L^*) ของข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่วลดลงเมื่อระยะเวลาการคั่วมากขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการเมลไลไรเซชัน (Caramelization) ของข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่วซึ่งสอดคล้องตามงานวิจัยของ Villamiel *et al.* (2006) ค่าสี a^* (+ สีแดง, - สีเขียว) ของข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่ว พบว่าค่าสี a^* มีค่าทางบวกแสดงว่าเมล็ดข้าวกล้องเหนียวคั่วมีสีออกแดงมากกว่าเขียว และค่าสี b^* (+ สีเหลือง, - สีนํ้าเงิน) มีค่าทางบวกแสดงว่าเมล็ดข้าวกล้องเหนียวคั่วมีสีออกเหลือง ผลดังกล่าวแสดงว่าสีของเมล็ดข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่วที่ได้มีสีออกเหลืองอมแดงหรือเป็นสีส้ม

ผลการพองตัวของข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่ว แสดงดังตารางที่ 51 การพองตัวของเมล็ดข้าวที่มีค่า water activity เพิ่มขึ้นจะมีการพองตัวเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่มากกว่าของข้าวกล้องเหนียวที่มี a_w 0.6 สูญเสียระหว่างการคั่วข้าว ทำให้เกิดโพรงภายในเมล็ดข้าวได้มากกว่าข้าวเหนียวที่มีค่า a_w ต่ำกว่า

ตารางที่ 50 ค่าเฉลี่ยของ response sensitivities ของกลิ่นข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่วที่มีค่า water activity และเวลาการคั่วที่ต่างกัน โดยวัดจากเครื่อง electronic nose

หัววัด	Water acitivity								
	0.4			0.5			0.6		
	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที
T30/1	0.385±0.075 a	0.351±0.098 bc	0.337±0.100 c	0.368±0.077 b	0.334±0.098 c	0.323±0.098 cd	0.359±0.098 bc	0.335±0.077 c	0.306±0.098 d
P10/1	0.448±0.085 a	0.420±0.077 bc	0.409±0.089 bc	0.439±0.095 b	0.408±0.095 bc	0.398±0.100 c	0.433±0.100 b	0.413±0.081 bc	0.379±0.079 d
P10/2	0.369±0.091 a	0.338±0.089 c	0.316±0.085 cd	0.357±0.089 b	0.326±0.091 c	0.306±0.085 cd	0.350±0.095 b	0.332±0.075 c	0.285±0.081 d
P40/1	0.476±0.089 a	0.450±0.095 b	0.441±0.098 b	0.468±0.085 a	0.437±0.089 b	0.429±0.095 b	0.462±0.100 a	0.442±0.081 b	0.411±0.100 c
T70/2	0.328±0.095 a	0.291±0.075 b	0.278±0.075 c	0.309±0.087 b	0.274±0.100 c	0.265±0.089 cd	0.300±0.095 b	0.274±0.100 c	0.247±0.085 d
PA/2	0.465±0.100 a	0.421±0.098 c	0.409±0.077 cd	0.443±0.087 b	0.399±0.089 cd	0.392±0.091 cd	0.432±0.091 bc	0.400±0.089 cd	0.370±0.087 d

หมายเหตุ a-e หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 51 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio) ของข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่ว

ค่าสี	Water acitivity								
	0.4			0.5			0.6		
	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที
L^*	51.58±0.53ab	47.04±0.82bc	40.55±0.17d	53.92±0.58 a	49.01±1.27b	43.86±1.18c	52.36±1.54 a	46.35±0.72 b	44.22±0.93c
a^*	5.61±1.25 e	7.04±0.51 c	7.63±0.40 b	6.78±0.17 d	8.29±0.34 a	7.62±1.07 b	6.76±0.40 d	7.74±0.31 b	6.44±0.39d
b^*	13.97±0.66 d	14.54±0.67cd	14.19±0.22 d	17.81±0.41 a	15.16±0.92 c	13.40±1.24 e	13.74±0.38de	16.76±0.21 b	13.50±0.95e
Expansion ratio	1.11±0.02 c	1.14±0.01bc	1.14±0.01bc	1.15±0.01bc	1.17±0.02b	1.18±0.02b	1.21±0.01 a	1.23±0.02 a	1.24±0.02a

หมายเหตุ a-e หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

L^* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่า 0 – 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ, 100

หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว

a^* + หมายถึง วัตถุที่มีสีออกแดง – หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเขียว

b^* + หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเหลือง – หมายถึง วัตถุที่มีสีออกน้ำเงิน

(3) ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1

ผลของความเข้มข้นที่วัดได้จากเครื่อง electronic nose พบว่ากลิ่นของตัวอย่างข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่วที่มีค่า water activity เท่ากับ 0.6 ระยะเวลาการคั่ว 5 นาที มีความเข้มของกลิ่นสูงสุดจากทั้ง 6 หัววัดที่สามารถตรวจวัดกลิ่นตัวอย่างข้าวคั่วได้ โดยมีความเข้มสูงกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาหัววัด P10/1 และหัววัด P10/2 ซึ่งสามารถวัดกลิ่นคั่วได้ ดังนั้นการปรับข้าวให้มีความเข้มข้น water activity เท่ากับ 0.6 และนำไปคั่วด้วยที่อุณหภูมิ 200°C จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวคั่วจากข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 ดังตารางที่ 52

เมื่อพิจารณากลิ่นของตัวอย่างข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่วที่มีค่า Water activity เท่ากัน พบว่าตัวอย่างข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่วที่มีระยะเวลาการคั่วมากขึ้นมีค่าเฉลี่ยของ response sensitivities ของกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งในข้าวที่มีค่า water activity เท่ากับ 0.4 0.5 และ 0.6 แสดงว่าระยะเวลาการคั่วที่มากขึ้นทำให้กลิ่นของข้าวคั่วลดลง

ส่วนคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 แสดงดังตารางที่ 53 พบว่าความสว่าง (L^*) ของข้าวกล้องญี่ปุ่นคั่วลดลงเมื่อระยะเวลาการคั่วมากขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการคาราเมลไรเซชัน (Caramelization) ของข้าวกล้องญี่ปุ่นคั่วซึ่งสอดคล้องตามงานวิจัยของ Villamiel *et al.* (2006) ค่าสี a^* (+ สีแดง, - สีเขียว) ของข้าวกล้องญี่ปุ่นคั่ว พบว่าค่าสี a^* มีค่าทางบวกแสดงว่าเมล็ดข้าวกล้องเหนียวคั่วมีสีออกแดงมากกว่าเขียว และค่าสี a^* ของข้าวที่มีระยะเวลาการคั่วมากขึ้นมีค่ามากกว่าข้าวที่มีระยะเวลาการคั่วน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการคั่วเป็นระยะเวลานานทำให้ข้าวมีสีไหม้มากขึ้น และค่าสี b^* (+ สีเหลือง, - สีน้ำเงิน) มีค่าทางบวกแสดงว่าเมล็ดข้าวกล้องญี่ปุ่นคั่วมีสีออกเหลือง ผลดังกล่าวแสดงว่าสีของเมล็ดข้าวกล้องญี่ปุ่นคั่วที่ได้มีสีออกเหลืองอมแดงหรือเป็นสีส้ม

ผลการพองตัวของข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่ว แสดงดังตารางที่ 53 การพองตัวของเมล็ดข้าวที่มีค่า water activity เพิ่มขึ้นจะมีการพองตัวเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่มากกว่าของข้าวกล้องญี่ปุ่นที่มี a_w 0.6 สูญเสียระหว่างการคั่วข้าว ทำให้เกิดโพรงภายในเมล็ดข้าวได้มากกว่าข้าวญี่ปุ่นที่มีค่า a_w ต่ำกว่า

ตารางที่ 52 ค่าเฉลี่ยของ response sensitivities ของกลิ่นข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.1 คั่วที่มีค่า water activity และเวลาการคั่วที่ต่างกัน โดยวัดจากเครื่อง electronic nose

หัววัด	Water activity								
	0.4			0.5			0.6		
	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที
T30/1	0.394±0.098 a	0.376±0.100 b	0.364±0.100 bc	0.383±0.100 b	0.357±0.098 c	0.330±0.100 d	0.399±0.095 a	0.360±0.091 bc	0.323±0.100 d
P10/1	0.474±0.100 a	0.450±0.095 bc	0.440±0.098 c	0.463±0.098 b	0.430±0.100 c	0.398±0.098 d	0.479±0.091 a	0.434±0.098 c	0.390±0.098 d
P10/2	0.367±0.100 b	0.334±0.100 c	0.335±0.085 c	0.360±0.089 b	0.317±0.085 d	0.291±0.095 e	0.380±0.089 a	0.320±0.100 d	0.285±0.095 e
P40/1	0.509±0.095 a	0.488±0.089 b	0.475±0.098 c	0.498±0.085 ab	0.467±0.081 c	0.433±0.100 d	0.515±0.085 a	0.473±0.095 c	0.426±0.089 d
T70/2	0.326±0.098 a	0.312±0.095 ab	0.296±0.087 b	0.314±0.081 ab	0.295±0.075 b	0.263±0.089 c	0.330±0.089 a	0.298±0.100 ab	0.256±0.081 c
PA/2	0.478±0.098 a	0.463±0.091 ab	0.438±0.085 c	0.464±0.085 ab	0.442±0.077 c	0.398±0.085 d	0.487±0.091 a	0.452±0.100 b	0.392±0.095 d

หมายเหตุ a-e หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 53 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio) ของข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 คั่ว

ค่าสี	Water activity								
	0.4			0.5			0.6		
	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที	คั่ว 5 นาที	คั่ว 7 นาที	คั่ว 9 นาที
L^*	50.35±1.34ab	41.71±0.63d	40.62±0.68d	49.87±1.44ab	43.30±0.76c	41.83±0.74d	51.96±1.12ab	48.09±0.94b	46.61±0.61b
a^*	6.41±0.55 c	6.03±1.26 d	8.43±0.47 a	5.64±0.86 e	7.34±0.88 b	7.58±0.81 b	5.92±0.54 d	7.12±0.55 b	8.43±0.30 a
b^*	15.54±0.86 a	13.37±1.09 d	12.40±0.76 e	14.95±0.56 b	14.20±1.22 c	12.37±0.46 e	14.87±0.69 b	14.72±0.56 b	14.03±0.6 c
Expansion ratio	1.15±0.01 c	1.15±0.01 c	1.15±0.01 c	1.18±0.01 b	1.18±0.01 b	1.19±0.01 b	1.22±0.02 a	1.22±0.02 a	1.24±0.02 a

หมายเหตุ a-e หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

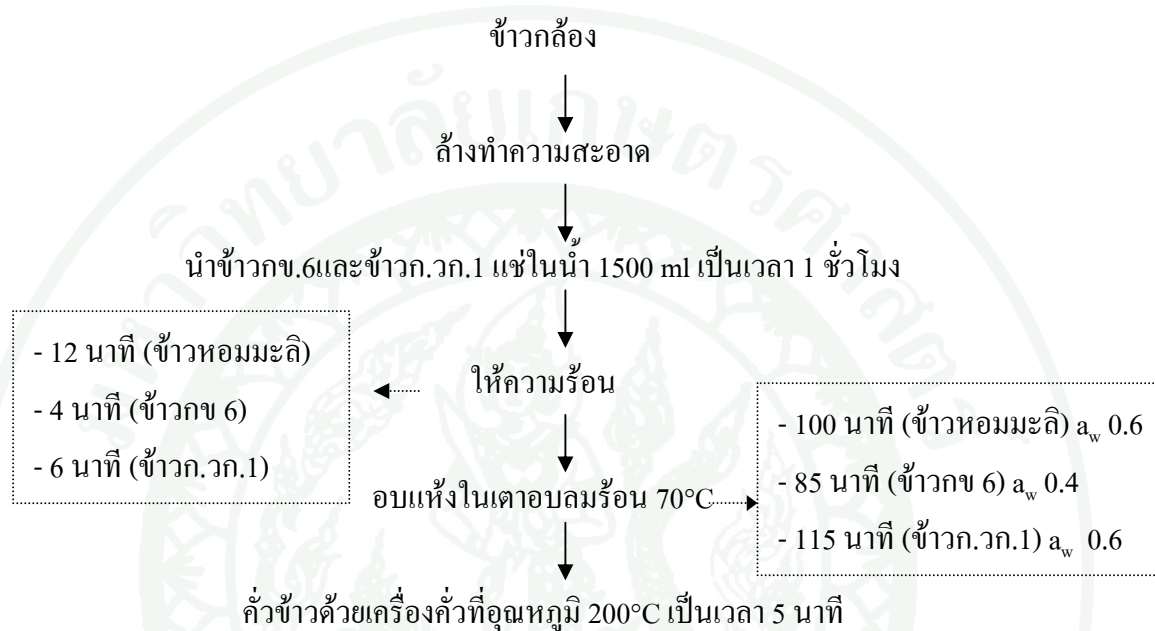
L^* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่า 0 – 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ, 100

หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว

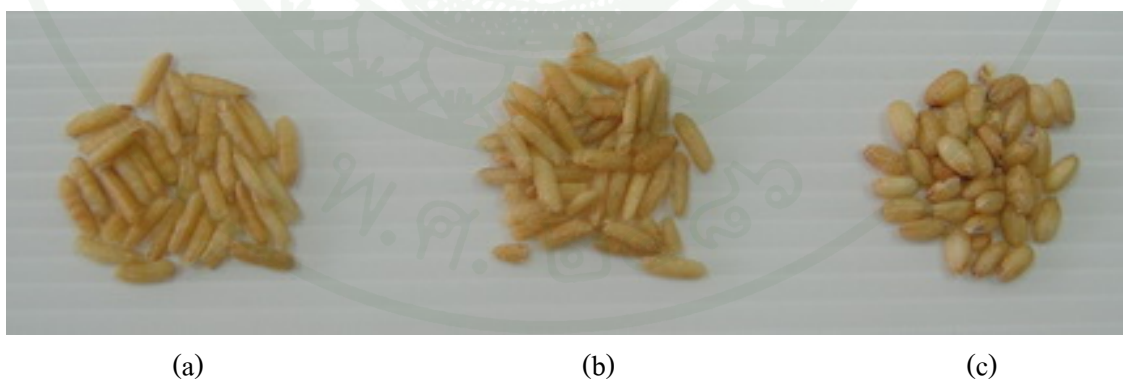
a^* + หมายถึง วัตถุที่มีสีออกแดง – หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเขียว

b^* + หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเหลือง – หมายถึง วัตถุที่มีสีออกน้ำเงิน

เมื่อพิจารณาคุณภาพของข้าวกล้องคั่วแต่ละพันธุ์จากคุณภาพด้านกลิ่นของข้าวคั่วจากเครื่อง electronic nose คุณภาพทางกายภาพ รวมถึงลักษณะของข้าวกล้องคั่วแล้วพบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีกระบวนการผลิตข้าวคั่วที่เหมาะสมดังภาพที่ 45 และลักษณะของข้าวกล้องคั่วจากข้าวแต่ละพันธุ์แสดงดังภาพที่ 46



ภาพที่ 45 กระบวนการผลิตข้าวคั่วจากข้าวกล้อง 3 พันธุ์ที่พัฒนาได้



ภาพที่ 46 ข้าวกล้องคั่ว (a) ข้าวหอมมะลิ (b) ข้าวเหนียวข.6 (c) ข้าวญี่ปุ่นค.ว.1

7.4 ข้อกำหนดรายละเอียดการผลิตข้าวกล้องคั่ว

จากการพัฒนากระบวนการผลิตข้าวคั่วจากข้าวกล้อง 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวเหนียวข.6 และข้าวญี่ปุ่นก.ว.ก.1 เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป และได้จัดทำข้อกำหนดกระบวนการผลิตข้าวคั่วดังตารางที่ 54 เพื่อใช้เป็นแนวทางที่ใช้กำหนดมาตรฐานและควบคุมการผลิตให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ

ตารางที่ 54 ข้อกำหนดรายละเอียดกระบวนการผลิตข้าวกล้องคั่ว

ปัจจัย	รายละเอียด
1. ข้าวกล้อง	ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องเหนียวพันธุ์ข.6 ข้าวกล้องญี่ปุ่นพันธุ์ก.ว.ก.1
2. ถุงผ้าสำหรับต้มข้าว	ถุงผ้าดิบชนิดทนความร้อน ขนาด 20 x 30 เซนติเมตร
3. ระยะเวลาในให้ความร้อนในน้ำเดือด	12 นาที สำหรับข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 4 นาที สำหรับข้าวกล้องเหนียวพันธุ์ข.6 6 นาที สำหรับข้าวกล้องญี่ปุ่นพันธุ์ก.ว.ก.1
4. ปริมาณข้าวในการให้ความร้อน	500 กรัม
5. อุณหภูมิในการอบแห้งด้วย Tray drier	70°C
6. ปริมาณข้าวในการอบแห้งด้วย Tray drier	500 กรัมต่อ 1 ถาด
7. ระยะเวลาการอบแห้งด้วย Tray drier	100 นาที สำหรับข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้ได้ a_w 0.6 85 นาที สำหรับข้าวกล้องเหนียวพันธุ์ข.6 ให้ได้ a_w 0.4 115 นาที สำหรับข้าวกล้องญี่ปุ่นพันธุ์ก.ว.ก.1 ให้ได้ a_w 0.6
8. การคั่วข้าวด้วยเครื่องคั่ว	อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 5 นาที ปริมาณข้าว 500 กรัม

8. ผลการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว

8.1 ผลการคัดเลือกสูตรของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว

การคัดเลือกสูตรของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว จากตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 9 สูตร ซึ่งประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ พันธุ์ข้าวกล้องคั่ว 3 พันธุ์ และอัตราส่วนของชาเขียวต่อข้าวกล้องคั่ว 3 อัตราส่วน ได้แก่ 1.0:1.0, 1.1:0.9 และ 1.2:0.8 แล้ววางแผนการทดสอบความชอบแบบ Balance Incomplete Block Design (BIB)) $t = 9$, $k=4$, $r=8$, $b=18$, $\lambda=3$ โดยผู้ทดสอบจะต้องทดสอบน้ำชา 4 ตัวอย่างจากทั้งหมด 9 ตัวอย่าง ใช้ผู้ทดสอบ 126 คน ($n=56$) คุณลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ สี ความใส กลิ่นชา กลิ่นข้าวคั่ว กลิ่นรสโดยรวม และความชอบโดยรวม ดังตารางที่ 55 ผลจากการทดสอบความชอบโดยใช้สเกล 9 point hedonic scale มีดังนี้

ความชอบในด้านสีของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว พบว่าชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วทุกตัวอย่างมีความชอบด้านสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ความชอบในคุณลักษณะด้านความใสของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว พบว่าชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วหอมมะลิคั่วมีคะแนนความชอบด้านความใสสูงกว่าชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วเหนียวข. 6 และชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วญี่ปุ่นก. 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความชอบในด้านกลิ่นชาของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว พบว่าชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วทุกตัวอย่างมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันยกเว้นชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วญี่ปุ่นอัตราส่วน 1.2:0.8 ที่มีคะแนนความชอบน้อยกว่าตัวอย่างอื่น

ความชอบในด้านกลิ่นข้าวคั่วของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว พบว่า ตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วที่มีอัตราส่วน 1.0:1.0 ของข้าวกล้องคั่วแต่ละพันธุ์มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นข้าวคั่วสูงกว่าที่อัตราส่วนอื่น ทั้งนี้เป็นเพราะมีสัดส่วนของข้าวคั่วที่มากกว่าอัตราส่วนอื่น

ความชอบในด้านกลิ่นรสโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว พบว่าชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วที่มีอัตราส่วน 1.0:1.0 ของข้าวกล้องคั่วแต่ละพันธุ์มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสโดยรวมสูงกว่าที่อัตราส่วนอื่นซึ่งสอดคล้องกับผลความชอบของกลิ่นข้าวคั่ว

ความชอบในด้านความชอบโดยรวม พบว่าตัวอย่างชาเขียว 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 2 4 และ 7 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยทั้ง 4 สูตรดังกล่าวประกอบด้วย สูตรที่ 1 คือ ชา:ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว เท่ากับ 1.0:1.0 สูตรที่ 2 ชา:ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว เท่ากับ 1.1:0.9 สูตรที่ 4 คือ ชา:ข้าวกล้องเหนียวข.6 คั่ว เท่ากับ 1.0:1.0 และสูตรที่ 7 ชา:ข้าวกล้องญี่ปุ่น ก.ว.ก.1 คั่ว เท่ากับ 1.0:1.0 ทั้งนี้จะเห็นว่าสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ประกอบด้วยชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วที่อัตราส่วน 1.0:1.0 ถึง 3 สูตร จากนั้นจึงนำผลสเกลความพอใจของตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วทั้ง 4 สูตรที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดไปวิเคราะห์เพื่อหาทิศทางในการปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตารางที่ 55 คะแนนความชอบเฉลี่ยของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 3 สายพันธุ์ที่มีอัตราส่วนชาเขียวต่อข้าวแตกต่างกัน

สูตร	พันธุ์ข้าว	อัตราส่วน ชาเขียว : ข้าวกล้องคั่ว	คุณลักษณะ					
			สี ^{ns}	ความใส	กลิ่นชา	กลิ่นข้าวคั่ว	กลิ่นรส โดยรวม	ความชอบ โดยรวม
1	หอมมะลิ	1.0 : 1.0	6.6 ± 1.2	7.1 ± 0.9 a	6.5 ± 1.0 a	6.3 ± 1.1 a	6.6 ± 1.1 a	6.9 ± 1.1 a
2	หอมมะลิ	1.1 : 0.9	6.4 ± 1.0	6.8 ± 1.1 abc	6.2 ± 1.1 a	5.9 ± 1.0 ab	6.5 ± 1.0 ab	6.7 ± 1.0 ab
3	หอมมะลิ	1.2 : 0.8	6.8 ± 0.9	6.9 ± 1.1 ab	6.3 ± 1.2 a	5.5 ± 1.0 b	6.2 ± 1.0 abc	6.2 ± 1.1 cd
4	กข 6	1.0 : 1.0	6.8 ± 1.2	6.6 ± 0.9 abc	6.2 ± 1.0 a	5.7 ± 1.1 ab	6.2 ± 1.1 abc	6.5 ± 1.2 abc
5	กข 6	1.1 : 0.9	6.4 ± 0.8	6.3 ± 1.0 c	6.2 ± 1.0 a	5.5 ± 1.2 b	6.1 ± 1.2 abc	6.3 ± 0.8 bcd
6	กข 6	1.2 : 0.8	6.4 ± 1.1	6.5 ± 0.8 abc	6.0 ± 0.8 a	5.8 ± 1.0 ab	6.3 ± 1.2 abc	6.1 ± 0.9 cd
7	ก.วก 1	1.0 : 1.0	6.6 ± 1.2	6.6 ± 1.0 abc	6.3 ± 1.0 a	5.8 ± 0.9 ab	6.5 ± 0.9 ab	6.6 ± 1.1 abc
8	ก.วก 1	1.1 : 0.9	6.6 ± 1.0	6.7 ± 0.8 abc	5.9 ± 1.2 a	5.5 ± 1.0 b	5.9 ± 1.2 c	6.2 ± 1.1 cd
9	ก.วก 1	1.2 : 0.8	6.6 ± 0.8	6.3 ± 0.8 bc	5.3 ± 1.0 b	5.3 ± 1.0 b	5.9 ± 1.2 bc	5.9 ± 1.0 d

หมายเหตุ a-d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลจากการทดสอบความพอใจของผู้บริโภค (ตารางที่ 56) พบว่าคุณลักษณะด้านสีของน้ำชาที่มีจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดี้ตั้งแต่ 70% ขึ้นไปทุกสูตร คุณลักษณะด้านสีของน้ำชาจึงไม่ต้องปรับปรุง คุณลักษณะด้านความใสของน้ำชาที่มีจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดี้ตั้งแต่ 70% ขึ้นไปทุกสูตร คุณลักษณะด้านความใสของน้ำชาจึงไม่ต้องปรับปรุง ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่นชา พบว่ามีตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วเพียง 2 สูตรที่มีจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดี้ตั้งแต่ 70% ขึ้นไป ได้แก่ สูตร 1 คือ ชาเขียว:ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว ที่อัตราส่วน 1.0:1.0 และสูตร 7 คือ ชาเขียว:ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1คั่ว ที่อัตราส่วน 1.0:1.0 จึงได้มาพิจารณาที่คุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวคั่วของตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วทั้ง 2 สูตร พบว่าน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วทั้ง 2 สูตร มีจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพอดี้ในคุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวคั่วไม่ถึงเกณฑ์ 70% ดังนั้นต้องทำการวิเคราะห์ Binomial test ระหว่างกลุ่มที่มีกลิ่นข้าวคั่วน้อยเกินไป กับ กลุ่มที่มีกลิ่นข้าวคั่วมากเกินไป เพื่อหาทิศทางในการปรับปรุงคุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวคั่วของผลิตภัณฑ์น้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วต่อไป

ตารางที่ 56 จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลต่างๆ ของ JAR (%) ของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 4 สูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด

สูตร	สิ่งทดลอง	สี	ความใส	กลิ่นชา			กลิ่นข้าวคั่ว		
		พอดี้	พอดี้	น้อยเกินไป	พอดี้	มากเกินไป	น้อยเกินไป	พอดี้	มากเกินไป
1	ชา:ข้าวหอมมะลิ 1.0 : 1.0	75.00	89.28	23.21	71.43	5.36	35.72	57.14	7.14
2	ชา:ข้าวหอมมะลิ 1.1 : 0.9	71.43	75.00	17.86	66.07	16.07	57.14	42.86	0
4	ชา:ข้าวกลข 6 1.0 : 1.0	78.57	76.79	23.21	67.86	8.93	32.14	58.93	8.93
7	ชา:ข้าวกล.ว.ก.1 1.0 : 1.0	76.78	82.15	19.65	73.21	7.14	32.14	55.36	12.50

ผลการวิเคราะห์จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลต่างๆ ของ JAR ด้วย Binomial test ของจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลไม่พอดี (non JAR) ระหว่างกลุ่มที่น้อยเกินไปและกลุ่มที่มากเกินไป ในคุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวคั่วของตัวอย่างน้ำชาจากชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วทั้ง 2 สูตรที่คัดเลือกไว้แสดงดังตารางที่ 57 พบว่ากลุ่มผู้ทดสอบที่เลือกกลิ่นข้าวคั่วน้อยเกินไปมีจำนวนมากกว่ากลุ่มที่เลือกกลิ่นข้าวคั่วมากเกินไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือเมื่อพิจารณาค่าสูงสุดของกลุ่มที่เลือกกลิ่นข้าวคั่วน้อยเกินไปมีค่ามากกว่าค่าวิกฤตที่ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นทิศทางการปรับปรุงคุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวคั่ว คือการเพิ่มกลิ่นข้าวคั่วในน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วทั้ง 2 สูตร โดยการเพิ่มปริมาณข้าวกล้องคั่วในสูตรเพิ่มอีก 2 อัตราส่วน ขณะที่ชาเขียวยังคงปริมาณเท่าเดิม

ตารางที่ 57 ผลการวิเคราะห์ Binomial test ของคุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวตัวของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว และชาเขียวผสมข้าวกล้องญี่ปุ่นก.วก.1 คั่ว
ที่อัตราส่วนชาเขียว : ข้าวคั่วเท่ากับ 1.0:1.0

สูตร	พันธุ์ข้าว	อัตราส่วน ชาเขียว : ข้าวคั่ว	พอดี (n, %)	น้อย เกินไป	มาก เกินไป	จำนวนรวมของ กลุ่มที่ไม่พอดี	ค่าสูงสุด	ค่าวิกฤติที่ $\alpha = 0.05$	ความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ	ทิศทางใน การปรับปรุง
1	หอมมะลิ	1.0 : 1.0	32, 57.14%	20	4	24	20	18	แตกต่าง	เพิ่มขึ้น
7	ก.วก 1	1.0 : 1.0	31, 55.36%	18	7	25	18	18	แตกต่าง	เพิ่มขึ้น

8.2 ผลการปรับปรุงด้านกลิ่นข้าวคั่วของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว

เมื่อนำตัวอย่าง 6 สูตร ประกอบด้วย ชาเขียว:ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว ที่อัตราส่วน 1.0:1.0 1.0:1.1 และ 1.0:1.2 และชาเขียว:ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1คั่ว ที่อัตราส่วน 1.0:1.0 1.0:1.1 และ 1.0:1.2 ทดสอบความชอบโดยใช้ 9 point hedonic scales ร่วมกับการทดสอบความพอดี (Just About Right; JAR) กับผู้บริโภคเป้าหมาย (ดื่มชาเขียวร้อนอย่างน้อยเดือนละครั้ง) จำนวน 50 คน ผลแสดงดังตารางที่ 58 โดยพบว่าความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วที่ได้ทำการปรับปรุงสูตร มีดังนี้

ความชอบในด้านสีของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันยกเว้นชาเขียวผสมข้าวกล้องก.ว.ก.1 อัตราส่วน 1.0:1.2 ที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีน้อยที่สุด

ความชอบในด้านความใสของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว พบว่าตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วส่วนใหญ่มีคะแนนความชอบด้านความใสของน้ำชาไม่แตกต่างกัน ยกเว้นชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วอัตราส่วน 1.0:1.2 ที่มีคะแนนความชอบด้านความใสของน้ำชาน้อยที่สุด

ความชอบในด้านกลิ่นชาของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว พบว่าตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วสูตร 2 (ชาเขียว:ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว = 1.0:1.1) สูตร 4 (ชาเขียว:ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 = 1.0:1.0) และสูตร 5 (ชาเขียว:ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 = 1.0:1.1) มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นชามากที่สุดโดยมีความแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความชอบในด้านกลิ่นข้าวคั่ว พบว่าตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วสูตร 2 (ชาเขียว:ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว = 1.0:1.1) สูตร 4 (ชาเขียว:ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 = 1.0:1.0) และสูตร 5 (ชาเขียว:ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 = 1.0:1.1) มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นข้าวคั่วมากที่สุดโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความชอบในด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว พบว่าผู้บริโภคชอบชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วสูตร 2 (ชาเขียว:ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว = 1.0:1.1) สูตร 4 (ชาเขียว:ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 = 1.0:1.0) และสูตร 5 (ชาเขียว:ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.ก.1 = 1.0:1.1) มากที่สุดโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากสูตรอื่น

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลต่างๆ ของ JAR (%) ของคุณลักษณะกลิ่นข้าวคั่วที่ทำการปรับปรุงของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว ทั้ง 3 สูตร ที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด พบว่าไม่มีสูตรใดที่มีจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลพодиของคุณลักษณะกลิ่นข้าวคั่วถึงเกณฑ์ 70% ดังนั้นจึงได้นำข้อมูลของจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลไม่พоди (non JAR) วิเคราะห์ด้วย Binomial test เพื่อดูความแตกต่างของกลุ่มที่เลือกกลิ่นข้าวคั่วน้อยเกินไป (Below JAR) และกลุ่มที่เลือกกลิ่นข้าวคั่วมากเกินไป (Above JAR) ใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงสูตรต่อไป



ตารางที่ 58 คะแนนความชอบเฉลี่ยของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วที่ทำการปรับปรุง

สูตร	พันธุ์ข้าว	อัตราส่วน ชาเขียว : ข้าวกล้องคั่ว	คุณลักษณะ					
			สี	ความใส	กลิ่นชา	กลิ่นข้าวคั่ว	กลิ่นรส ^{ns} โดยรวม	ความชอบ โดยรวม
1	หอมมะลิ	1.0 : 1.0	6.7 ± 0.8 a	6.6 ± 0.8 ab	6.1 ± 0.7 b	5.7 ± 0.9 b	6.1 ± 0.8	6.4 ± 0.8 b
2	หอมมะลิ	1.0 : 1.1	6.7 ± 0.7 a	7.0 ± 0.8 a	6.4 ± 0.6 ab	6.1 ± 0.8 a	6.5 ± 0.8	6.7 ± 0.8 a
3	หอมมะลิ	1.0 : 1.2	6.5 ± 0.9 ab	6.4 ± 0.7 b	6.0 ± 0.7 b	5.7 ± 0.7 b	6.1 ± 0.6	6.3 ± 0.7 b
4	ก.วก 1	1.0 : 1.0	6.6 ± 0.9 a	6.7 ± 0.8 ab	6.7 ± 0.8 a	6.2 ± 0.7 a	6.5 ± 0.7	6.7 ± 0.6 a
5	ก.วก 1	1.0 : 1.1	6.7 ± 0.7 a	6.8 ± 0.6 ab	6.4 ± 0.8 ab	6.2 ± 0.6 a	6.6 ± 0.7	6.6 ± 0.6 ab
6	ก.วก 1	1.0 : 1.2	6.0 ± 0.8 b	6.8 ± 0.7 ab	5.9 ± 0.7 b	5.4 ± 0.7 b	6.1 ± 0.6	6.1 ± 0.8 b

หมายเหตุ a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ด้วย Binomial test ดังแสดงในตารางที่ 59 พบว่าจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลมากเกินไป และจำนวนผู้ทดสอบที่เลือกสเกลน้อยเกินไปไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือค่าสูงสุดของแต่ละกลุ่มมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤตที่ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงไม่สามารถหาทิศทางในการปรับปรุงคุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวคั่วต่อไปได้ จากนั้นจึงได้นำข้อมูลด้านความชอบคุณลักษณะกลิ่นข้าวคั่ว กับข้อมูลด้านความชอบโดยรวมของตัวผลิตภัณฑ์ ทำการวิเคราะห์โอกาส (Opportunity analysis) ของผลิตภัณฑ์ต่อไป เพื่อพิจารณาโอกาส (%) และความเสี่ยง (%) ของการปรับปรุงคุณลักษณะกลิ่นข้าวคั่วว่าจะมีผลกระทบต่อความชอบโดยรวมของตัวผลิตภัณฑ์หรือไม่ และควรทำการปรับปรุงคุณลักษณะกลิ่นข้าวคั่วของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่วกล้องคั่วต่อไปหรือไม่

ตารางที่ 59 ผลการวิเคราะห์ Binomial test ของคุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวคั่วของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว และชาเขียวผสมข้าวกล้องญี่ปุ่นก.วก.1 คั่ว ที่มีคะแนนความชอบสูงสุดหลังจากเพิ่มกลิ่นข้าวคั่ว

สูตร	พันธุ์ข้าว	อัตราส่วน ชาเขียว : ข้าวคั่ว	พอดี (n, %)	น้อย เกินไป	มาก เกินไป	จำนวนรวมของ กลุ่มที่ไม่พอดี	ค่าสูงสุด	ค่าวิกฤติที่ $\alpha = 0.05$	ความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ	ทิศทางใน การปรับปรุง
1	หอมมะลิ	1.0 : 1.1	31, 62%	12	7	19	12	15	ไม่แตกต่าง	ไม่มีทิศทาง
4	ก.วก 1	1.0 : 1.0	32, 64%	12	6	18	12	14	ไม่แตกต่าง	ไม่มีทิศทาง
5	ก.วก 1	1.0 : 1.1	30, 60%	12	8	20	12	15	ไม่แตกต่าง	ไม่มีทิศทาง

8.2.2 การวิเคราะห์ Opportunity analysis

การวิเคราะห์ Opportunity analysis ทำเพื่อศึกษาว่าควรปรับปรุงคุณลักษณะใด โดยอาศัยการวิเคราะห์ความเสี่ยง (%) และโอกาส (%) สูตรคำนวณ Opportunity analysis แสดงดังนี้

$$\text{กลุ่มเสี่ยง (Risk)} = [B / (A+B)] \times 100\%$$

$$\text{กลุ่มโอกาส (Opportunity)} = [D / (C+D)] \times 100\%$$

- โดย
- A = ชอบผลิตภัณฑ์/ไม่ชอบคุณลักษณะผลิตภัณฑ์
 - B = ชอบผลิตภัณฑ์และคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ [Risk (กลุ่มเสี่ยง)]
 - C = ไม่ชอบผลิตภัณฑ์/ชอบคุณลักษณะผลิตภัณฑ์
 - D = ไม่ชอบผลิตภัณฑ์และคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ [Opportunity (กลุ่มโอกาส)]

การวิเคราะห์ Opportunity analysis ของชาเขียวผสมข้าวกล้องแก้ว ทั้ง 3 สูตร ได้แก่ สูตร 2 (ชาเขียว:ข้าวกล้องหอมมะลิแก้ว = 1.0:1.1) สูตร 4 (ชาเขียว:ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.1 = 1.0:1.0) และสูตร 5 (ชาเขียว:ข้าวกล้องญี่ปุ่นก.ว.1 = 1.0:1.1) ทำโดยจำแนกกลุ่มของผู้ทดสอบออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ A B C และ D กลุ่มของผู้ทดสอบแสดงดังตารางที่ 60

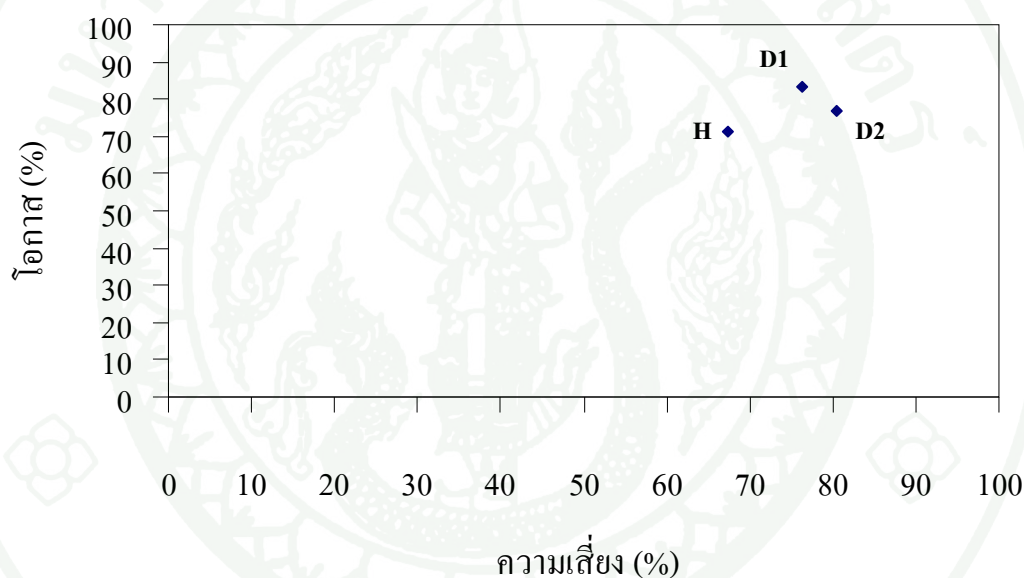
ตารางที่ 60 ความถี่ (n) ของกลุ่มผู้ทดสอบที่มีต่อความชอบผลิตภัณฑ์และความชอบคุณลักษณะกลิ่นข้าวคั่วของตัวอย่างน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 3 สูตรที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด

สิ่งทดลอง	ความถี่ (n)			
	A ชอบผลิตภัณฑ์/ ไม่ชอบ คุณลักษณะ	B ชอบผลิตภัณฑ์/ ชอบคุณลักษณะ	C ไม่ชอบ ผลิตภัณฑ์/ ชอบคุณลักษณะ	D ไม่ชอบ ผลิตภัณฑ์/ ไม่ชอบ คุณลักษณะ
ชาเขียว:ข้าวหอมมะลิคั่ว 1.0:1.1	14	29	2	5
ชาเขียว:ข้าวกล.ว.ก.1 คั่ว 1.0:1.0	9	29	2	10
ชาเขียว:ข้าวกล.ว.ก.1 คั่ว 1.0:1.1	7	29	3	10

เมื่อนำข้อมูลความถี่ของกลุ่มผู้ทดสอบไปคำนวณตามสูตร เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยง (%) และโอกาส (%) ของคุณลักษณะกลิ่นข้าวคั่วของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วทั้ง 3 สูตร พบว่าตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วทั้ง 3 สูตรมีความเสี่ยงและโอกาสพอๆ กัน การปรับคุณลักษณะด้านข้าวคั่วอาจส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมลดลงซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผู้ทดสอบกลุ่ม B คือกลุ่มที่ชอบทั้งผลิตภัณฑ์และคุณลักษณะซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความถี่สูงกว่ากลุ่มอื่น จึงไม่ควรทำการปรับปรุงคุณลักษณะกลิ่นข้าวคั่วต่อไป ดังตารางที่ 61 และภาพที่ 47

ตารางที่ 61 การวิเคราะห์ความเสี่ยง (%) และ โอกาส (%) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 3 สูตร

สิ่งทดลอง	กลิ่นข้าวคั่ว	
	%Risk	%Opportunity
ชาเขียว : ข้าวหอมมะลิคั่ว = 1.0 : 1.1	67.44	71.43
ชาเขียว : ข้าวก.ว.ก.1 คั่ว = 1.0 : 1.0	76.31	83.33
ชาเขียว : ข้าวก.ว.ก.1 คั่ว = 1.0 : 1.1	80.56	76.92



ภาพที่ 47 ความเสี่ยง (%) และ โอกาส (%) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว:

H (ชาเขียว:ข้าวหอมมะลิคั่ว = 1.0:1.1), D1 (ชาเขียว:ข้าวก.ว.ก.1 = 1.0:1.0)

และ D2 (ชาเขียว:ข้าวก.ว.ก.1 = 1.0:1.1)

เนื่องจากมีตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว 3 สูตรที่มีคะแนนความชอบสูงที่สุด จึงได้นำเกณฑ์ความเป็นไปได้ในการผลิต และต้นทุนวัตถุดิบมาใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมต่อไป เมื่อพิจารณาจากความเป็นไปได้ในการผลิต พบว่าสูตรที่ใช้ข้าวกล้องหอมมะลิจึงมีความเหมาะสมในการนำไปผลิตเนื่องจากเป็นพันธุ์ข้าวที่หาได้ง่ายในท้องตลาด และมีปริมาณการผลิตสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวญี่ปุ่นซึ่งมีปริมาณการผลิตน้อย และมีวงจำหน่ายในวงจำกัด และเมื่อ

พิจารณาในด้านต้นทุนการผลิตพบว่าราคาของข้าวกล้องหอมมะลิก็มีราคาถูกกว่าข้าวกล้องญี่ปุ่น (ตารางที่ 62) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกพันธุ์ข้าวกล้องหอมมะลิเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวกล้องคั่ว โดยมีอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิต คือ ชาเขียว : ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว เท่ากับ 1.0 : 1.1

ตารางที่ 62 ราคาข้าวกล้องของข้าวหอมมะลิและข้าวญี่ปุ่น ก.ว.ก.1

พันธุ์ข้าว	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
หอมมะลิ	27.90 ¹
ญี่ปุ่น ก.ว.ก.1	120.00 ²

ที่มา: ¹ กรมการค้าภายใน (2555)

² ราคาขายในท้องตลาด

9. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว

9.1 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว

ทำการผลิตชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว โดยใช้อัตราส่วนชาเขียว:ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว เท่ากับ 1.0:1.1 บรรจุชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว น้ำหนักบรรจุ 2.1 กรัมในซองเยื่อกระดาษสำหรับชงชา ขนาด 5.0 x 7.5 เซนติเมตร ปิดผนึก แล้วใส่ในซองชนิดอูมิเนียมฟอยล์ (PET/AL/LLDPE) ขนาด 6.0 x 8.0 เซนติเมตร ปิดผนึก แล้วบรรจุรวมในกล่องกระดาษชนิดเคลือบมันด้านนอก หุ้มด้วยพลาสติกเกรด (shrink film) ชนิด LDPE ปริมาณบรรจุ 20 ซองต่อกล่อง ดังภาพที่ 48



ภาพที่ 48 การเตรียมตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วในบรรจุภัณฑ์

(a) บรรจุซองเยื่อกระดาษสำหรับชงชา

(b) บรรจุซองอลูมิเนียมฟอยล์ (PET/AL/LLDPE)

(c) บรรจุรวมในกล่องกระดาษ รััดด้วยพลาสติก shrink film ชนิด LDPE

ค่าคุณภาพของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วแสดงดังตารางที่ 63 และนำชาไปชงกับน้ำร้อน 80°C ปริมาตร 200 ml เป็นเวลา 5 นาทีแล้วยกชงชาออก เพื่อวัดคุณภาพทางกายภาพของน้ำชา ดังตารางที่ 64 น้ำชาที่ได้มีสีเหลืองอ่อนอมเขียว ($L^*=89.93$, $a^*=-2.45$, $b^*=21.55$) น้ำชามีลักษณะค่อนข้างใส ($T=74.22\%$) ดังภาพที่ 49



ภาพที่ 49 ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว และน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว

ตารางที่ 63 คุณภาพของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว

ค่าคุณภาพ	ปริมาณ
ความชื้น (%)	2.33 ± 0.35
ปริมาณเถ้า (% dry basis)	3.08 ± 0.38
ปริมาณเถ้าละลายน้ำ (% total ash)	46.58 ± 0.35
สารสกัดด้วยน้ำร้อน (% dry basis)	31.16 ± 0.29
Caffeine (mg/g dry basis)	17.44 ± 0.15
EGCG (mg/g dry basis)	46.43 ± 0.18
Total polyphenols (%dry basis)	6.23 ± 0.01
Water activity	0.20 ± 0.01
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	<10 est.
ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)	<10 est.

ตารางที่ 64 คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว

ค่าคุณภาพ	ปริมาณ
Color	
L*	89.93 ± 0.82
a*	-2.45 ± 0.11
b*	21.55 ± 0.62
Transmittance; T (%)	74.22 ± 0.78

หมายเหตุ L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่า 0 – 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ, 100

หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว

a* + หมายถึง วัตถุที่มีสีออกแดง – หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเขียว

b* + หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเหลือง – หมายถึง วัตถุที่มีสีออกน้ำเงิน

9.2 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิแก้ว โดยใช้ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายในจังหวัดกรุงเทพมหานครจำนวน 200 คน อายุตั้งแต่ 21 ปี ขึ้นไป โดยวิธีการทดสอบแบบ Central Location test ดังแสดงในตารางที่ 65 ผู้ทดสอบแบ่งเป็น เพศชาย 50% และเพศหญิง 50% แบ่งตามช่วงอายุ 21 – 30 ปี คิดเป็น 25% อายุ 31 – 40 ปี คิดเป็น 25% อายุ 41 – 50 ปี คิดเป็น 25% และอายุ 50 ปีขึ้นไป คิดเป็น 25% พบว่าระดับการศึกษาของผู้ทดสอบส่วนใหญ่ คือ ปริญญาตรี คิดเป็น 55% รองลงมา คือ สูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็น 25% อาชีพส่วนใหญ่ของผู้ทดสอบเป็นข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ คิดเป็น 26% รองลงมาเป็นพนักงานบริษัทเอกชนคิดเป็น 20% ผู้ทดสอบมีรายได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาท คิดเป็น 23.5% รองลงมา มีรายได้อยู่ในช่วงมากกว่า 30,000 บาท คิดเป็น 17.0%

ตารางที่ 65 ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคในการทดสอบการยอมรับชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิแก้ว

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (%)
เพศ	
ชาย	50.0
หญิง	50.0
อายุ	
21 – 30 ปี	25.0
31 – 40 ปี	25.0
41 – 50 ปี	25.0
มากกว่า 50 ปี	25.0
ระดับการศึกษา	
ปริญญาตรี	55.0
สูงกว่าปริญญาตรี	25.0
มัธยมศึกษา/ปวช.	13.5
อนุปริญญา/ปวส.	5.0
ประถมศึกษา	1.5

ตารางที่ 65 (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (%)
อาชีพ	
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	26.0
พนักงานบริษัทเอกชน	20.5
ธุรกิจส่วนตัว	15.5
นักเรียน นิสิต นักศึกษา	15.5
รับจ้าง	9.0
อื่นๆ	9.0
แม่บ้าน	4.5
รายได้ต่อเดือน	
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	11.5
5,001 – 10,000 บาท	15.0
10,001 – 15,000 บาท	23.5
15,001 – 20,000 บาท	11.0
20,001 – 25,000 บาท	15.0
25,001 - 30,000 บาท	7.0
มากกว่า 30,000 บาท	17.0

ผลจากการทดสอบความชอบโดยใช้สเกล 9 point hedonic scale โดยใช้ผู้บริโภคเป้าหมายจำนวน 200 คน พบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยที่ผู้บริโภคมีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว ในคุณลักษณะด้านสี ความใส กลิ่นรสโดยรวม และความชอบรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิตอยู่ในระดับชอบปานกลาง ดังตารางที่ 66

ตารางที่ 66 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว

(n = 200)	
คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย
สี	7.1 ± 0.9
ความใส	7.2 ± 0.9
กลิ่นรสโดยรวม	7.0 ± 0.8
ความชอบโดยรวม	7.0 ± 0.7

การวิเคราะห์ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภค โดยจำแนกตามเพศของผู้ทดสอบ และอายุของผู้ทดสอบว่ามีผลต่อความชอบที่มีต่อคุณลักษณะต่างๆ ของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเพศและอายุกับปัจจัยด้านความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว แสดงดังตารางที่ 67

พบว่าลักษณะทางประชากรศาสตร์ด้านเพศของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์กับความชอบด้านสี กลิ่นรสโดยรวม และความชอบโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ส่วนลักษณะทางประชากรศาสตร์ด้านอายุของผู้ทดสอบมีความสัมพันธ์กับความชอบด้านกลิ่นรสโดยรวม และความชอบโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 67 ความสัมพันธ์ระหว่างเพศและอายุของผู้ทดสอบกับปัจจัยด้านความชอบคุณลักษณะต่างๆของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าว

ความสัมพันธ์	F-test
เพศ*สี	8.176*
เพศ*ความใส	0.699
เพศ*กลิ่นรสโดยรวม	34.080*
เพศ*ความชอบโดยรวม	42.058*
อายุ*สี	0.594
อายุ*ความใส	0.807
อายุ*กลิ่นรสโดยรวม	5.157*
อายุ*ความชอบโดยรวม	3.120*

หมายเหตุ * หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สำหรับลักษณะทางประชากรศาสตร์ด้านเพศ แสดงดังตารางที่ 68 พบว่ามีผลต่อความชอบที่มีต่อคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสโดยรวม และความชอบโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าว โดยเพศหญิงให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสโดยรวม และความชอบโดยรวมสูงกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากผลดังกล่าวแสดงว่าความชอบในคุณลักษณะด้านสี และกลิ่นรสโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าวมีผลต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 68 ความแตกต่างระหว่างเพศของผู้ทดสอบกับปัจจัยด้านความชอบของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าว

คุณลักษณะ	เพศ		t-test	p-value
	ชาย	หญิง		
สี	6.9 ± 0.9 b	7.3 ± 0.9 a	2.818	0.005
กลิ่นรสโดยรวม	6.7 ± 0.7 b	7.3 ± 0.7 a	5.657	0.000
ความชอบโดยรวม	6.7 ± 0.7 b	7.3 ± 0.6 a	6.391	0.000

หมายเหตุ a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ส่วนลักษณะทางประชากรศาสตร์ด้านอายุ แสดงดังตารางที่ 69 พบว่าอายุของผู้ทดสอบมีผลต่อความชอบที่มีต่อคุณลักษณะด้านกลิ่นรสโดยรวม และความชอบโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าว โดยผู้บริโภครange อายุ 41 – 50 และ อายุ 50 ปีขึ้นไป ให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะดังกล่าวสูงกว่าผู้บริโภครange อายุ 31 – 40 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสโดยรวมและความชอบรวมเป็นไปในทางเดียวกัน แสดงว่าความชอบกลิ่นรสโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าวมีผลต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 69 ความแตกต่างระหว่างอายุของผู้ทดสอบกับปัจจัยด้านความชอบของน้ำชาเขียวผสม
ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว

	อายุ				F-test	p-value
	21 – 30 ปี	31 – 40 ปี	41 – 50 ปี	50 ปีขึ้นไป		
กลิ่นรส โดยรวม	6.9±0.7 ab	6.7 ± 0.7 b	7.1 ± 0.7 a	7.2 ± 0.9 a	5.157	0.002
ความชอบ โดยรวม	7.0±0.6 ab	6.8 ± 0.5 b	7.1 ± 0.7 a	7.2 ± 0.9 a	3.120	0.027

หมายเหตุ a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว โดยใช้สเกล Binomial ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังรับทราบข้อมูลประโยชน์ของ EGCG ในชาเขียว ดังตารางที่ 70 พบว่าการยอมรับผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังรับทราบข้อมูลแตกต่างกัน คือ มีการยอมรับผลิตภัณฑ์ก่อนรับทราบข้อมูล 71% และมีการยอมรับผลิตภัณฑ์หลังรับทราบข้อมูล 82% และเมื่อวิเคราะห์ผลด้วยวิธี McNemar Test พบว่าค่าไคสแคว์จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าไคสแคว์จากตาราง (ที่ $\alpha=0.05$, $df=1$) แสดงว่าการยอมรับผลิตภัณฑ์ก่อนรับทราบข้อมูลและหลังรับทราบข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นการให้ข้อมูลประโยชน์ของ EGCG ในชาเขียวของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วจึงมีความสำคัญต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

เมื่อนำผลไปวิเคราะห์ McNemar Test ด้วยโปรแกรมทางสถิติพบว่าค่า p-value เท่ากับ 0.000 แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการรับทราบข้อมูลประโยชน์ของ EGCG ในชาเขียวมีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคซึ่งสอดคล้องกับค่า McNemar ที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ 70 ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วก่อนและหลังรับทราบข้อมูลประโยชน์ของ EGCG ในชาเขียว

ก่อนทราบ ข้อมูล (ความถี่)	หลังทราบข้อมูล (ความถี่)		รวม	χ^2 -test	McNemar Test p-value
	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ			
ยอมรับ	142 (71%)	0 (0%)	142 (71%)	12.00*	0.000*
ไม่ยอมรับ	22 (11%)	36 (18%)	58 (29%)	(3.84)**	
รวม	164 (82%)	36 (18%)	200 (100%)		

หมายเหตุ * หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

** หมายถึง ค่าไคสแคว์ที่ได้จากตารางที่ $\alpha=0.05$, $df=1$

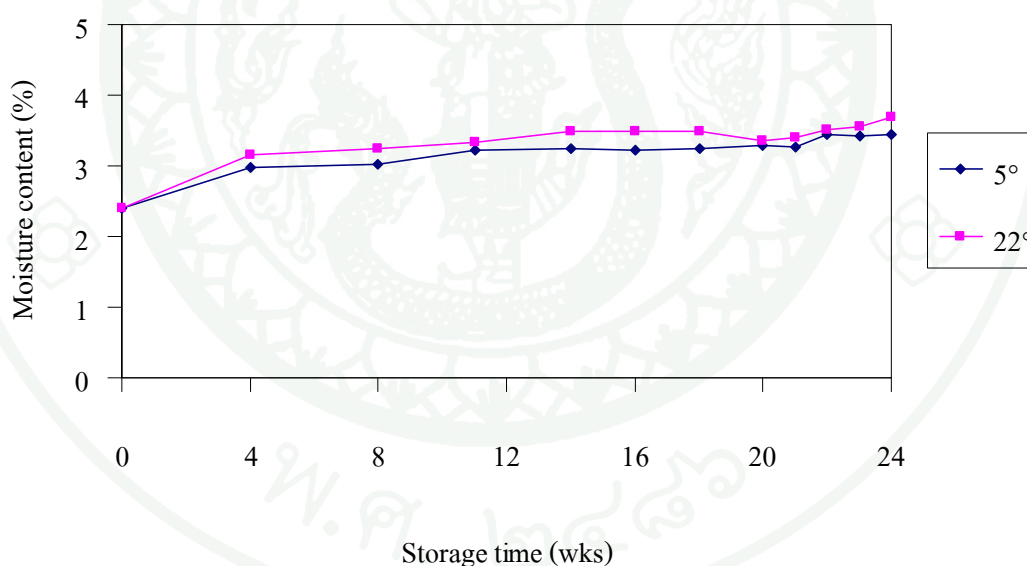
10. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วชนิดของบรรจุกล่องกระดาษไว้ที่อุณหภูมิ $5 \pm 1^\circ\text{C}$ (%RH = 20 – 25) และ $22 \pm 2^\circ\text{C}$ (%RH = 60 – 65) สุ่มตัวอย่างตามที่กำหนดไว้ในวิธีการข้อ 10.2 แล้วทดสอบคุณภาพด้านต่างๆ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างเวลา 24 สัปดาห์ ผลที่ได้เป็นดังนี้

10.1 คุณภาพทางเคมี

10.1.1 ความชื้น

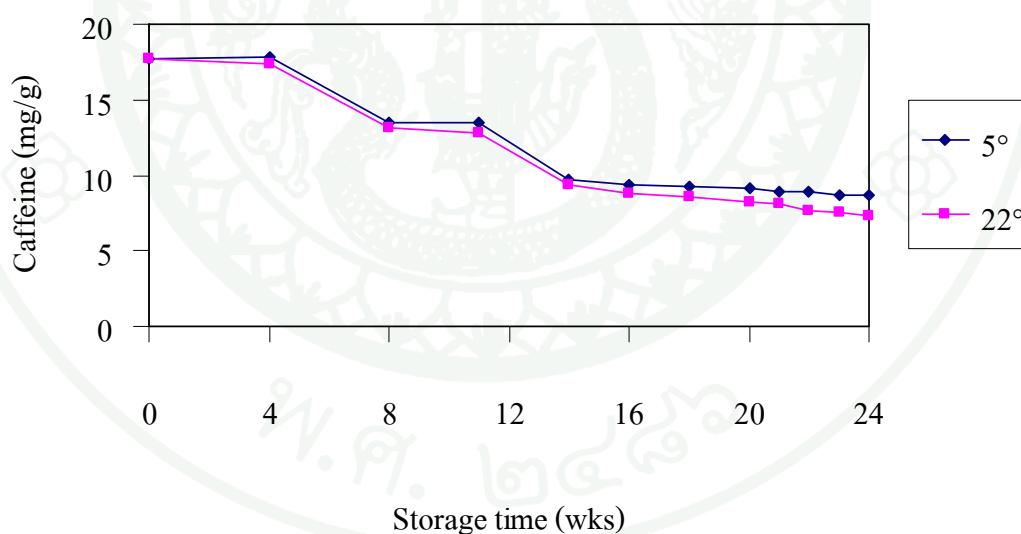
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 2.39 ± 0.25 % เมื่อนำผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว บรรจุของเยื่อกระดาษสำหรับชงชา บรรจุของออลูมิเนียมฟอยล์ (PET/AL/LLDPE) แล้วบรรจุรวมในกล่องกระดาษเคลือบมัน หุ้มด้วยพลาสติก shrink film ชนิด LDPE เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (%RH = 20 – 25) และ $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (%RH = 60 – 65) พบว่าความชื้นของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 24 สัปดาห์ทั้ง 2 สถานะอุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากความชื้นเริ่มต้น แต่ไม่เกินมาตรฐานชา (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) ดังภาพที่ 50 แสดงว่าวัสดุที่ใช้ในการบรรจุชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วมีความเหมาะสมในป้องกันความชื้นในสถานะการเก็บรักษาได้



ภาพที่ 50 ปริมาณความชื้น (%) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

10.1.2 ปริมาณ Caffeine

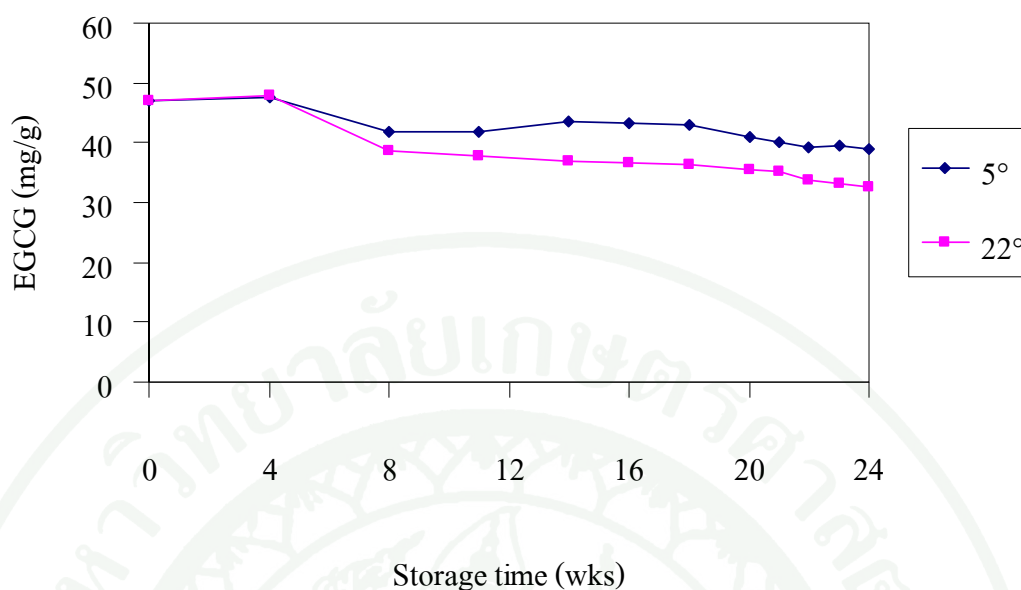
ปริมาณ Caffeine ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่วัดได้จากเครื่อง HPLC ตามวิธีการของ Fernandez *et al* (2000) พบว่าปริมาณ Caffeine ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่อุณหภูมิการเก็บรักษา $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ มีปริมาณสูงกว่าที่อุณหภูมิการเก็บรักษา $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ แสดงว่าอุณหภูมิ 5°C เหมาะสมในการเก็บรักษามากกว่าอุณหภูมิ 22°C แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการเก็บรักษาชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วทั้งสองอุณหภูมิที่เวลา 8 สัปดาห์ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Caffeine โดยมีปริมาณ Caffeine ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากปริมาณสาร Caffeine เริ่มต้น (ภาพที่ 51) ดังนั้นในการสุ่มตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วครั้งต่อมา คือ สัปดาห์ที่ 11 จึงได้มีการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสควบคู่กันไปด้วย เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินคุณภาพของตัวอย่าง เมื่อพิจารณาสัปดาห์ที่ 24 พบว่าปริมาณ Caffeine ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 22°C มีค่าลดลง 58% ของปริมาณ Caffeine เริ่มต้น ในขณะที่อุณหภูมิ 5°C มีค่าลดลง 51% ของปริมาณ Caffeine เริ่มต้น



ภาพที่ 51 ปริมาณ Caffeine (มิลลิกรัม/กรัม) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

10.1.3 ปริมาณ Catechin ชนิด EGCG

ปริมาณ EGCG ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่วัดได้จากเครื่อง HPLC ตามวิธีการของ Fernandez *et al* (2000) พบว่าปริมาณ EGCG ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่อุณหภูมิการเก็บรักษา $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ มีปริมาณสูงกว่าที่อุณหภูมิการเก็บรักษา $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ แสดงว่าอุณหภูมิ 5°C เหมาะสมในการเก็บรักษาชามากกว่าอุณหภูมิ 22°C ซึ่งสอดคล้องกับผลของ Caffeine นอกจากนี้ยังพบว่าการเก็บรักษาชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วทั้งสองสภาวะอุณหภูมิที่เวลา 8 สัปดาห์ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร EGCG โดยมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากปริมาณสาร EGCG เริ่มต้น (ภาพที่ 52) เนื่องจากสาร EGCG มีความคงตัวต่ำทำให้เกิด degrade ของสาร EGCG เมื่อผสมรวมกับข้าวกล้องได้ ตามงานวิจัยของ Sang *et al.* (2005) พบว่าเมื่อผสม EGCG ในอาหารชนิดอื่นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของ EGCG ไปเป็น GCG หรือ EGCG dimers นอกจากนี้ยังพบว่าสาร EGCG ในชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22°C เป็นเวลา 24 สัปดาห์ มีปริมาณสาร EGCG ลดลง 31% ของปริมาณ EGCG เริ่มต้น ขณะที่ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 24 สัปดาห์ มีปริมาณสาร EGCG ลดลงเพียง 17% ของปริมาณ EGCG เริ่มต้น ซึ่งผลดังกล่าวยังสอดคล้องงานวิจัยของ Friedman *et al.* (2009) ที่ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ EGCG ในชาเขียวบรรจุซองในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนว่าปริมาณของ EGCG ในชาเขียวลดลงมากกว่า 28% ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 20°C ในห้องมืด จากข้อมูลดังกล่าวจึงสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วคือ 5°C เพื่อรักษาคุณภาพสาร EGCG ซึ่งเป็นสารสำคัญในชาในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 52 ปริมาณ EGCG (มิลลิกรัม/กรัม) ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

10.1.4 ค่า response sensitivity ของกลิ่นที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง electronic nose

จากการวิเคราะห์กลิ่นของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ด้วยเครื่อง electronic nose พบว่าปริมาณค่าตอบสนอง (response sensitivities) ของกลิ่นซึ่งทดสอบได้จากทั้ง 6 หัววัด (sensors) ไม่มีความแตกต่างจากวันเริ่มต้นในการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 53 – 55 โดยมีรายละเอียดตามหัววัด ดังนี้

ค่า response sensitivities ของกลิ่นที่ได้จากหัววัด T30/1 ซึ่งมีขอบเขตในการวัดกลิ่นหืน และกลิ่นหมัก อยู่ในช่วง 0.4 – 0.6 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 5°C และ 22°C แสดงว่าความเข้มของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่ได้จากหัววัด T30/1 ไม่เปลี่ยนแปลงในระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา

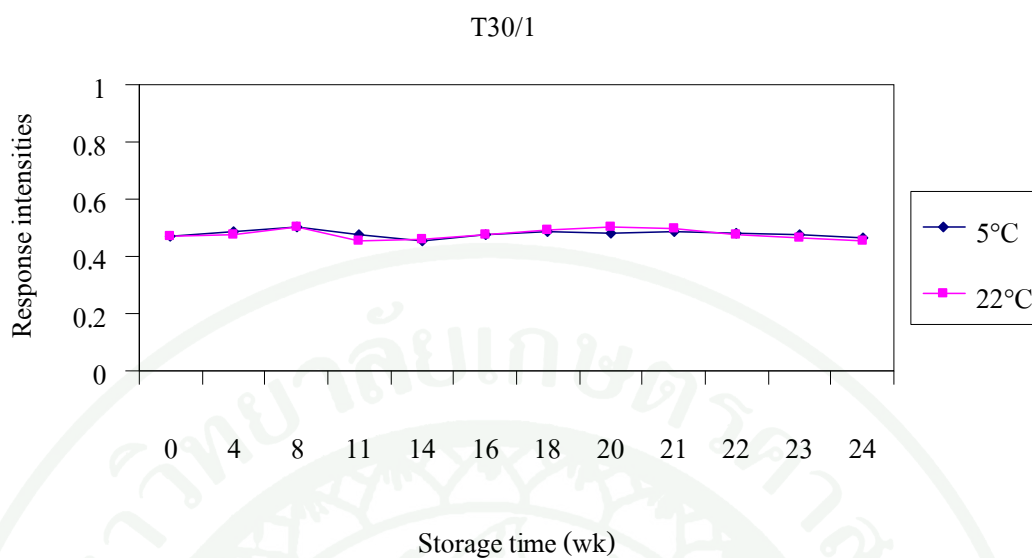
ค่า response sensitivities ของกลิ่นที่ได้จากหัววัด P10/1 ซึ่งมีขอบเขตในการวัดกลิ่นคั่ว อยู่ในช่วง 0.4 – 0.6 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 5°C และ 22°C แสดงว่าความเข้มของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่ได้จากหัววัด P10/1 ไม่เปลี่ยนแปลงในระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา

ค่า response sensitivities ของกลิ่นที่ได้จากหัววัด P10/2 ซึ่งมีขอบเขตในการวัดกลิ่นคั่ว อยู่ในช่วง 0.4 – 0.6 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 5°C และ 22°C แสดงว่าความเข้มของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่ได้จากหัววัด P10/2 ไม่เปลี่ยนแปลงในระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา

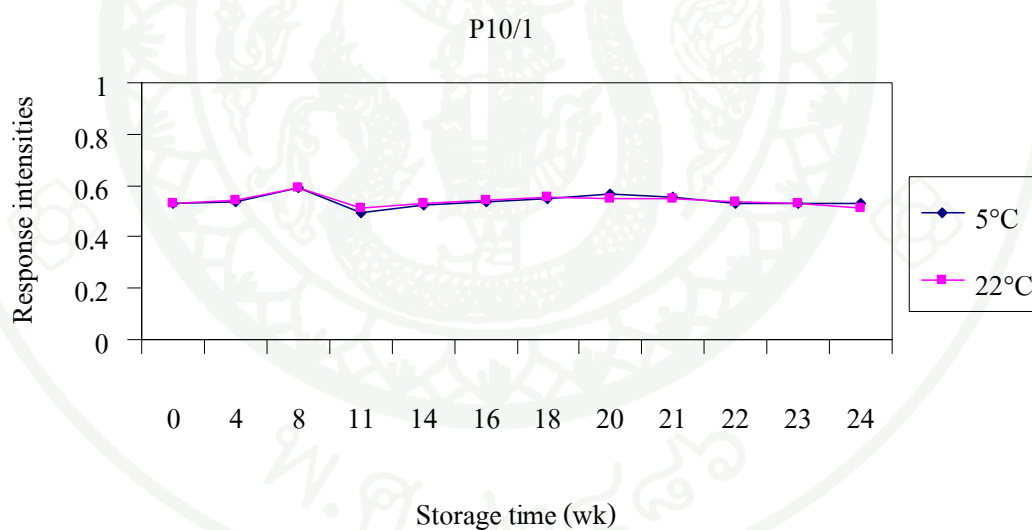
ค่า response sensitivities ของกลิ่นที่ได้จากหัววัด P40/1 ซึ่งมีขอบเขตในการวัดกลิ่นของสิ่งแฉะลื้อมและภาชนะบรรจุ อยู่ในช่วง 0.4 – 0.6 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 5°C และ 22°C แสดงว่าความเข้มของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่ได้จากหัววัด P40/1 ไม่เปลี่ยนแปลงในระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา

ค่า response sensitivities ของกลิ่นที่ได้จากหัววัด T70/2 ซึ่งมีขอบเขตในการวัดกลิ่นอาหาร อยู่ในช่วง 0.4 – 0.6 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 5°C และ 22°C แสดงว่าความเข้มของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่ได้จากหัววัด T70/2 ไม่เปลี่ยนแปลงในระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา

ค่า response sensitivities ของกลิ่นที่ได้จากหัววัด PA/2 ซึ่งมีขอบเขตในการวัดความสดของอาหาร และสิ่งแฉะลื้อม อยู่ในช่วง 0.4 – 0.6 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 5°C และ 22°C แสดงว่าความเข้มของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่ได้จากหัววัด PA/2 ไม่เปลี่ยนแปลงในระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ทั้งสองอุณหภูมิการเก็บรักษา

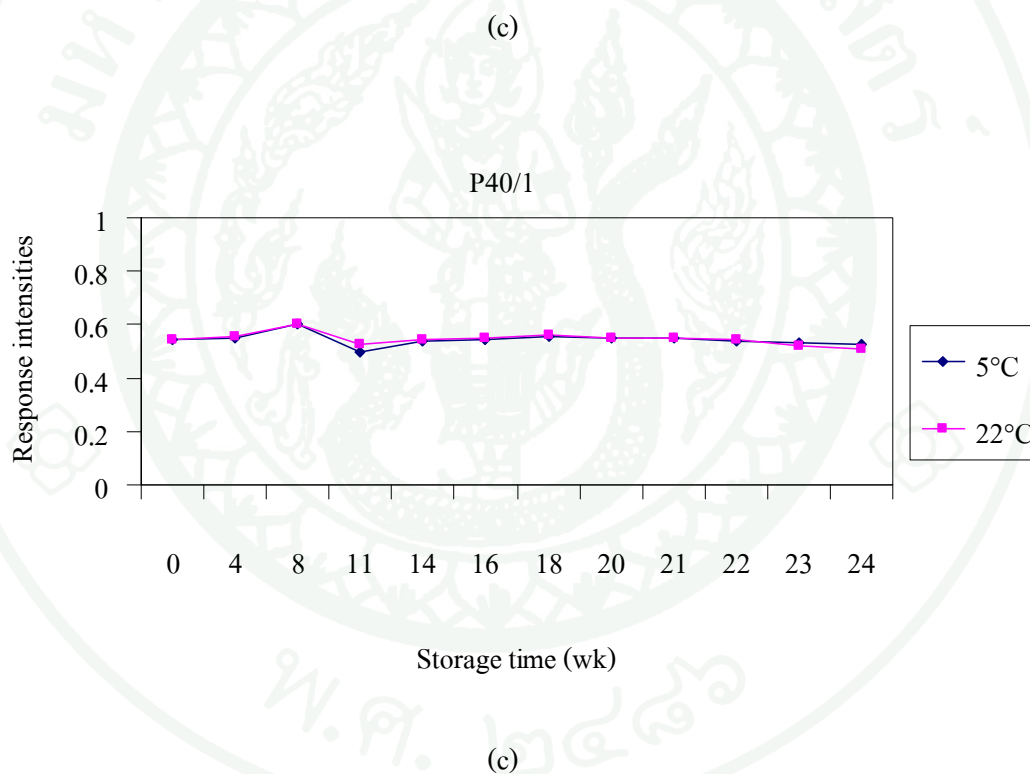
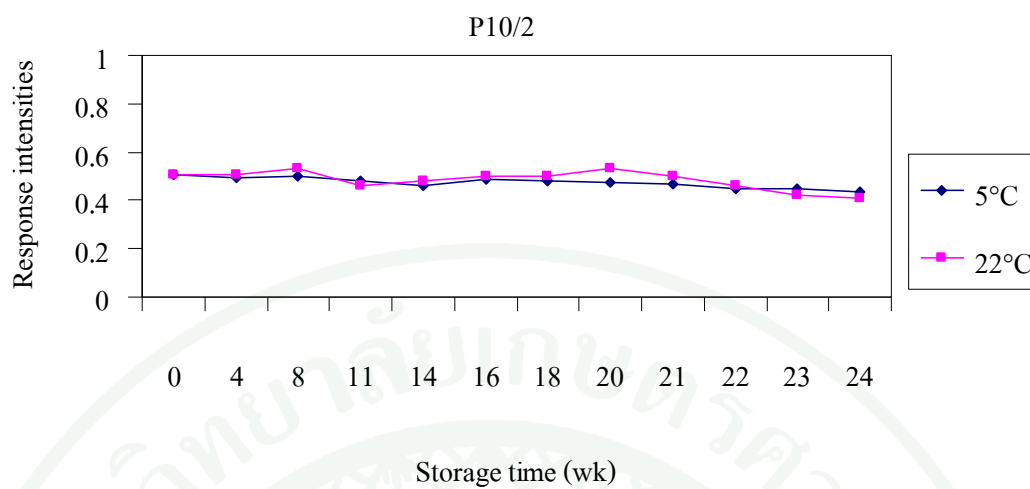


(a)

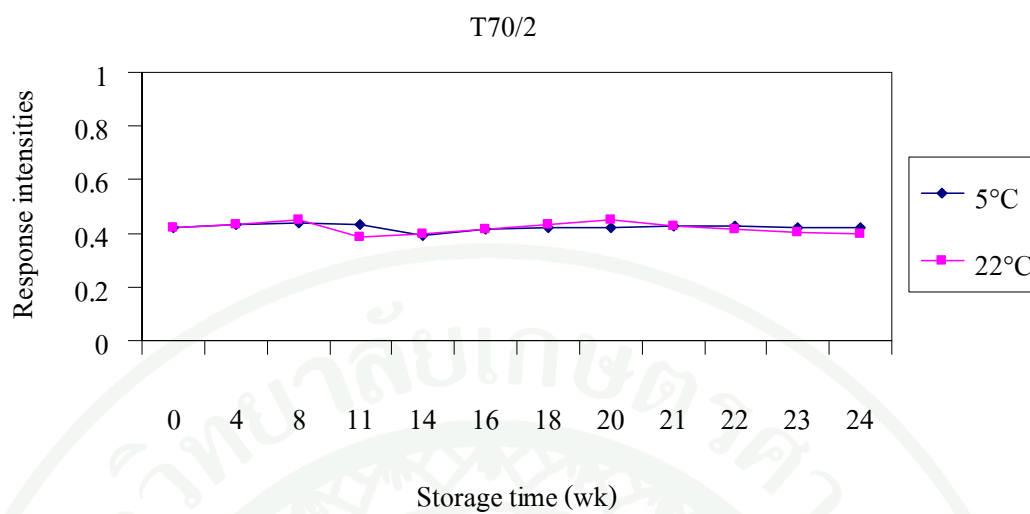


(b)

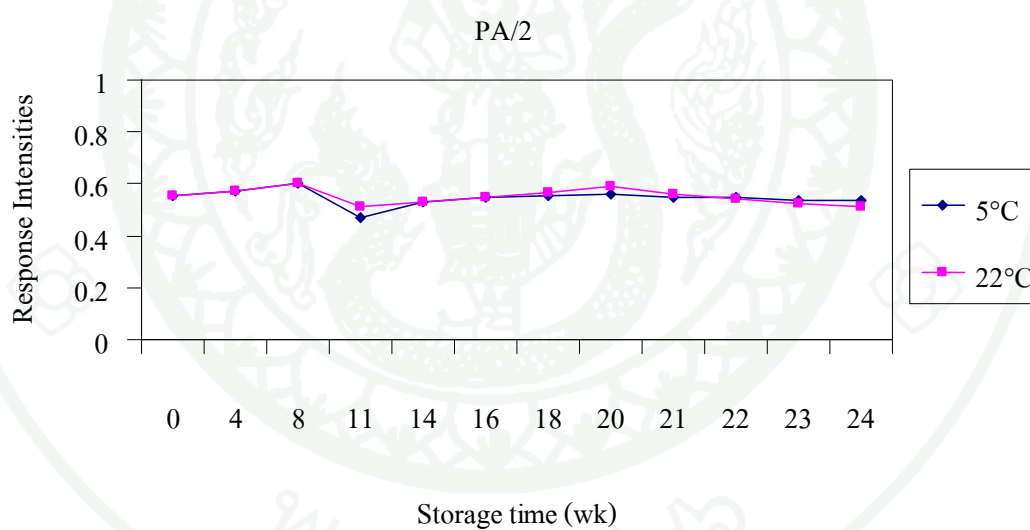
ภาพที่ 53 ค่า response sensitivities ของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิควัวิเคราะห์ด้วยเครื่อง electronic nose ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์
(a) หัววัด T30/1 (b) หัววัด P10/1



ภาพที่ 54 ค่า response sensitivities ของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเครื่อง electronic nose ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์
(c) หัววัด P10/2 (d) หัววัด P40/1



(e)



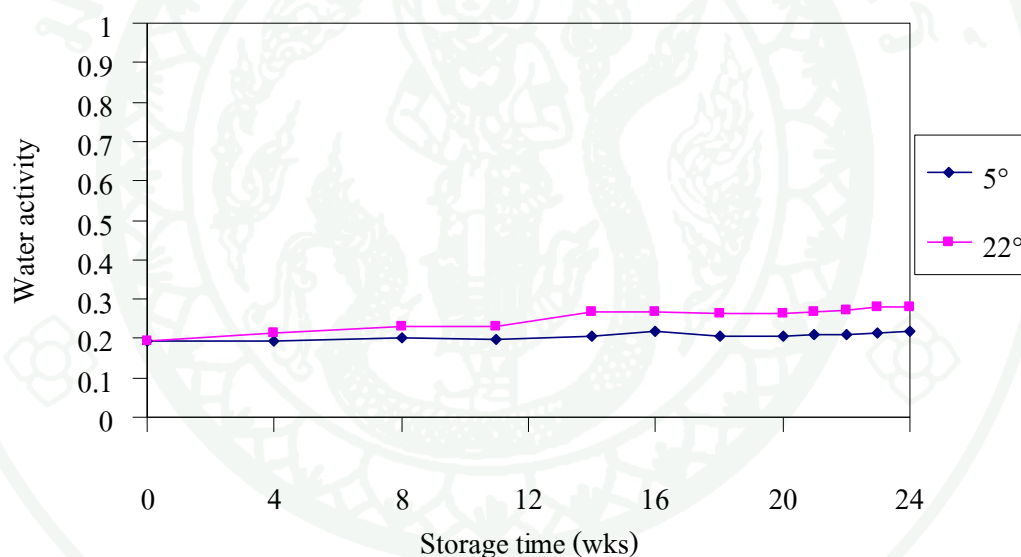
(f)

ภาพที่ 55 ค่า response sensitivities ของกลิ่นน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิควัวิเคราะห์ด้วยเครื่อง electronic nose ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์
(e) หัววัด T70/2 (f) หัววัด PA/2

10.2 คุณภาพทางกายภาพ

10.2.1 ค่า water activity (a_w)

ค่า water activity ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วเริ่มต้น คือ 0.192 ± 0.098 และเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ $5 \pm 1^\circ\text{C}$ (%RH = 20 – 25) และ $22 \pm 2^\circ\text{C}$ (%RH = 60 – 65) พบว่าค่า water activity ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 24 สัปดาห์ทั้ง 2 สภาวะอุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากค่า water activity เริ่มต้นซึ่งสอดคล้องกับผลปริมาณความชื้นของตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว ดังภาพที่ 56



ภาพที่ 56 ค่า water activity ของชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

10.2.2 ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่ระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยเฉพาะปริมาณ Caffeine และ ECGG ของตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่ระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 8 สัปดาห์เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จึงได้สุ่มตัวอย่างมาทดสอบความชอบของผู้บริโภคในสัปดาห์ที่ 11 ของการเก็บรักษา ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่แสดงดังตารางที่ 71 โดยมีความชอบในแต่ละคุณลักษณะดังนี้

ความชอบด้านสี พบว่าความชอบด้านสีของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C และ 22°C ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

ความชอบด้านความใส พบว่าความชอบด้านความใสของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C และ 22°C ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์

ความชอบด้านกลิ่นรสโดยรวม พบว่าความชอบด้านกลิ่นรสโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ในขณะที่ความชอบด้านกลิ่นรสโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22°C เป็นเวลา 21 สัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากวันที่เริ่มต้นการเก็บรักษา (สัปดาห์ที่ 0) แต่เมื่อพิจารณาจากระดับคะแนนความชอบพบว่าคะแนน hedonic ยังสูงกว่า 6.5 ซึ่ง Lopez *et al.* (2007) กล่าวว่าที่ระดับคะแนนดังกล่าวผู้บริโภคยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเมื่อพิจารณาในด้านความชอบที่มีต่อกลิ่นรสโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22°C เป็นเวลา 24 สัปดาห์แล้วจึงสรุปได้ว่ากลิ่นรสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ความชอบด้านความชอบโดยรวม พบว่าความชอบโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 5°C เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากความชอบผลิตภัณฑ์วันเริ่มต้น แต่ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 22°C พบว่าความชอบโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิที่เก็บรักษาไว้ 21 สัปดาห์เริ่มมีความแตกต่างจาก

วันเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาจากระดับคะแนนความชอบพบว่าคะแนน hedonic ยังสูงกว่า 6.5 ดังนั้นเมื่อพิจารณาในด้านความชอบโดยรวมของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22°C เป็นเวลา 24 สัปดาห์แล้วจึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

จากผลดังที่กล่าวมาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วชนิดของพร้อมชงบรรจุของออลูมิเนียมฟอยล์ และบรรจุรวมในกล่องกระดาษหุ้มด้วยพลาสติกเกรดสามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิ $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ และ $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 24 สัปดาห์ โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณลักษณะที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ

ตารางที่ 71 คะแนนความชอบเฉลี่ยของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วที่มีอุณหภูมิในการเก็บรักษา 5°C และ 22°C ระยะเวลา 24 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	คุณลักษณะ							
	สี		ความใส		กลิ่นรสโดยรวม		ความชอบโดยรวม	
	$5^{\circ}\text{C}^{\text{ns}}$	$22^{\circ}\text{C}^{\text{ns}}$	$5^{\circ}\text{C}^{\text{ns}}$	$22^{\circ}\text{C}^{\text{ns}}$	$5^{\circ}\text{C}^{\text{ns}}$	22°C	$5^{\circ}\text{C}^{\text{ns}}$	22°C
0	7.1 ± 0.8	7.1 ± 0.8	7.1 ± 0.6	7.1 ± 0.6	7.0 ± 0.9	7.0 ± 0.9 a	7.0 ± 0.7	7.0 ± 0.6 a
11	7.1 ± 0.8	7.0 ± 0.8	7.1 ± 0.7	7.1 ± 0.6	7.0 ± 0.9	6.9 ± 0.9 a	7.1 ± 0.8	7.0 ± 0.7 a
14	7.0 ± 0.7	7.0 ± 0.6	7.1 ± 0.8	7.0 ± 0.8	7.0 ± 0.8	7.0 ± 0.8 a	7.0 ± 0.7	7.0 ± 0.7 a
16	7.1 ± 0.8	7.0 ± 0.7	7.1 ± 0.7	7.1 ± 0.6	7.0 ± 0.7	6.9 ± 0.8 ab	7.0 ± 0.9	6.9 ± 0.8 a
18	7.1 ± 0.8	6.9 ± 0.6	7.1 ± 0.6	7.0 ± 0.5	6.9 ± 0.8	6.9 ± 0.8 ab	7.0 ± 0.8	6.9 ± 0.9 a
20	7.0 ± 0.8	6.8 ± 0.8	7.1 ± 0.7	7.0 ± 0.8	6.9 ± 0.7	6.9 ± 0.7 ab	7.0 ± 0.8	6.9 ± 0.7 a
21	7.1 ± 0.7	6.9 ± 0.7	7.1 ± 0.7	7.0 ± 0.7	6.9 ± 0.8	6.7 ± 0.7 b	7.0 ± 0.6	6.7 ± 0.6 b
22	7.1 ± 0.7	6.8 ± 0.7	7.1 ± 0.8	7.0 ± 0.8	6.9 ± 0.9	6.6 ± 0.8 b	6.9 ± 0.8	6.8 ± 0.8 b
23	7.0 ± 0.9	6.8 ± 0.8	7.1 ± 0.7	7.0 ± 0.7	6.8 ± 0.8	6.7 ± 0.8 b	6.9 ± 0.7	6.7 ± 0.8 b
24	7.0 ± 0.8	6.8 ± 0.8	7.0 ± 0.8	7.0 ± 0.8	6.9 ± 0.8	6.6 ± 0.7 b	6.9 ± 0.7	6.6 ± 0.8 b

หมายเหตุ a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
 ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

11. การจัดทำระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Point; HACCP) ของกระบวนการผลิตชาเขียวและชาอู่หลงในระดับครัวเรือน

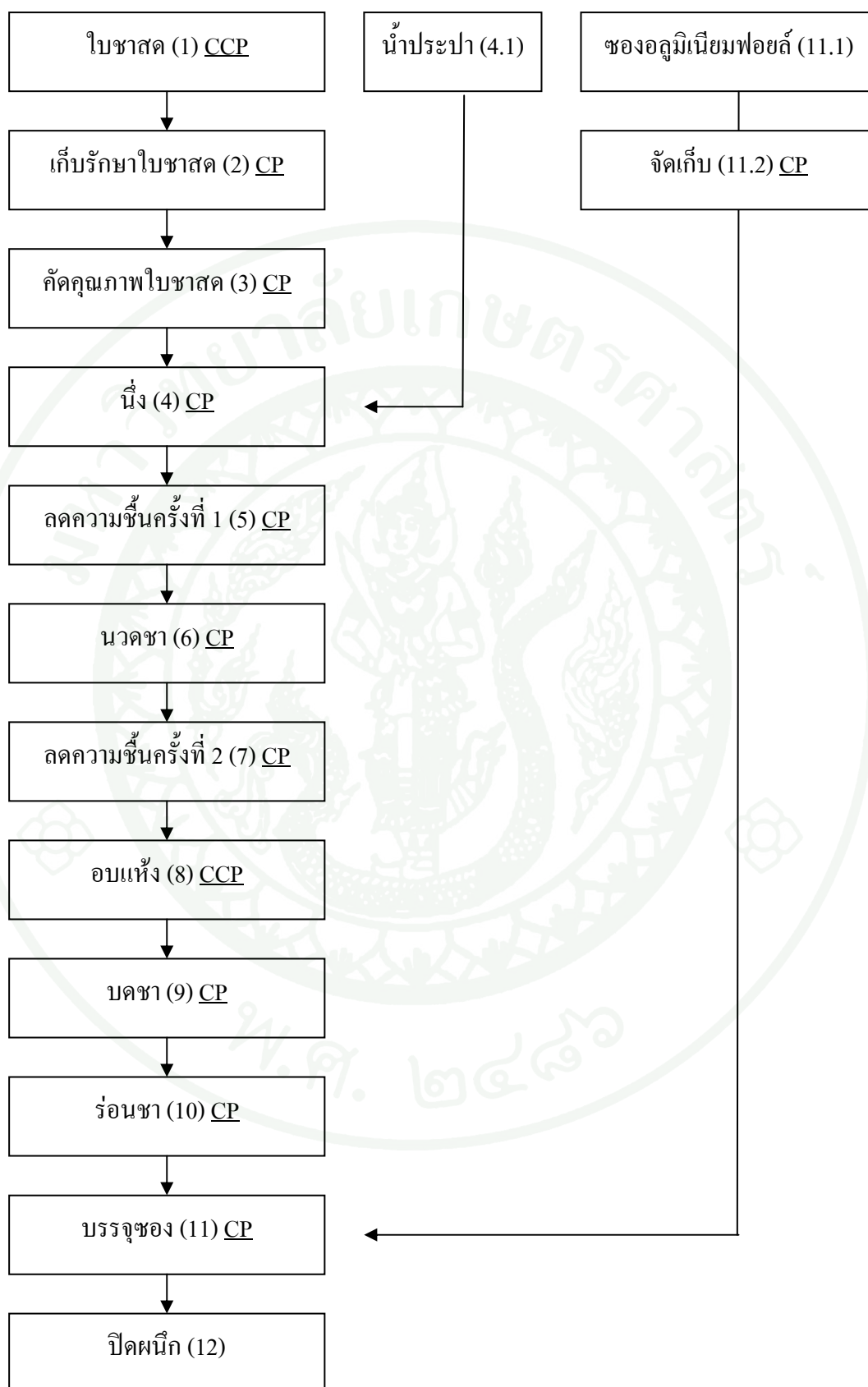
11.1 การจัดทำระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Point; HACCP) ของกระบวนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมของกระบวนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือนเริ่มจากการบรรยายรายละเอียดของผลิตภัณฑ์เพื่อให้สามารถระบุอันตรายที่เกิดขึ้นได้จริงในระหว่างกระบวนการผลิต ดังตารางที่ 72

จากนั้นทำการสร้างแผนภูมิการผลิตเพื่อให้เข้าใจขั้นตอนการผลิตได้โดยง่าย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อคณะทำงาน HACCP ในการวิเคราะห์อันตรายต่างๆ และกำหนดจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม เพื่อให้สะดวกต่อการทำความเข้าใจสำหรับผู้ตรวจสอบจากหน่วยงานภายนอกด้วย ดังภาพที่ 57 และมีรายละเอียดของขั้นตอนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน ดังตารางที่ 73

ตารางที่ 72 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ (Product description) และวัตถุประสงค์ในการใช้ (Intended Use) ของชาเขียว

1. ชื่อผลิตภัณฑ์ (Product name)	ชาเขียว
2. ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ (Product characteristics)	1. มีความชื้นไม่เกิน 5% 2. ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค 3. ไม่มีสารเคมีปนเปื้อน 4. มีคุณลักษณะทางเคมีตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 196 พ.ศ. 2543 เรื่อง ชา
3. รายละเอียดการใช้ผลิตภัณฑ์ (How is to be used?)	เป็นชาเขียวชนิดผงบดละเอียด ใช้ชงกับน้ำร้อน หรือ ใช้เป็นวัตถุดิบ
4. ภาชนะบรรจุ (Packaging)	ถุงออลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน
5. อายุการเก็บรักษา (Shelf life)	ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บประมาณ 6 เดือนที่อุณหภูมิ 22°C และมีอายุการเก็บประมาณ 1 ปีที่อุณหภูมิตู้เย็น (5°C)
6. สถานที่จำหน่าย (Where will it be sold?)	โรงงานผลิตชา
7. ข้อแนะนำบนฉลาก	วันเดือนปีที่ผลิต วันเดือนปีที่หมดอายุ น้ำหนักสุทธิ ส่วนประกอบ และสถานที่ผลิต
8. การควบคุมจำเพาะระหว่างกระจายสินค้า (Special distribution control)	บรรจุลงกล่องรวมก่อนการขนส่ง
9. กลุ่มเป้าหมาย (Target Group)	โรงงานผลิตชา



ภาพที่ 57 แผนภูมิการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

ตารางที่ 73 รายละเอียดขั้นตอนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

ขั้นตอนที่	ชื่อขั้นตอน	รายละเอียดของขั้นตอน
1	ใบชาสด	ยอดใบชาสด อุณหภูมิการขนส่งไม่เกิน 5°C
2	เก็บรักษาใบชาสด	เก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เกิน 5°C เวลาไม่เกิน 7 วัน
3	คัดคุณภาพใบชาสด	เลือกเฉพาะใบอ่อน 3 ใบแรก คัดแยกตำหนิออก
4	นึ่ง	นึ่งใบชาปริมาณ 200 กรัม ด้วยไอน้ำร้อนอุณหภูมิ 100°C เวลา 1 นาที
4.1	น้ำประปา	น้ำประปาภายในชุมชน
5	ลดความชื้นครั้งที่ 1	อุณหภูมิ 80°C เวลา 20 นาที (น้ำหนักชา 200 กรัม)
6	นวดชา	นวดชา 10 นาที (น้ำหนักชา 50 กรัม)
7	ลดความชื้นครั้งที่ 2	อุณหภูมิ 80°C เวลา 10 นาที (น้ำหนักชา 200 กรัม)
8	อบแห้ง	อุณหภูมิ 80°C เวลา 30 นาที (น้ำหนักชา 120 กรัมต่อ ถาด)
9	บดชา	บดชาเวลา 3 นาที (น้ำหนักชา 40 กรัม)
10	ร่อนชา	ร่อนชาผ่านตะแกรง 30 mesh ชาที่ไม่ผ่านตะแกรง นำไปบดใหม่
11	บรรจุซอง	บรรจุซองละ 100 กรัม
11.1	ซองออลูมิเนียมฟอยล์	ซองออลูมิเนียมฟอยล์ขนาดบรรจุ 100 กรัม
11.2	จัดเก็บซอง	จัดเก็บซองในกล่องที่มิดชิด
12	ปิดผนึก	ปิดผนึกโดยใช้ความร้อน

จากนั้นทำการวิเคราะห์อันตรายทั้งหมดที่มีโอกาสเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนการผลิต รวมทั้งวัตถุดิบ ประกอบด้วย อันตรายชีวภาพ (Biological Hazard; B) อันตรายเคมี (Chemical Hazard; C) และอันตรายกายภาพ (Physical Hazard; P) การกำหนดจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Critical control point; CCP) เพื่อป้องกันอันตรายที่มีผลต่อความปลอดภัยของอาหาร โดยใช้ผังการตัดสินใจ (decision tree) ดังภาคผนวก ง การกำหนดมาตรการการควบคุม (Control measures) รวมถึงค่าวิกฤต (Critical Limits) ของกระบวนการผลิตชาเขียวแต่ละขั้นตอน ดังรายละเอียดในตารางที่ 74

ตารางที่ 74 การกำหนดอันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

วัตถุดิบ/ขั้นตอนของกระบวนการผลิต	B/C/P	อันตรายและสาเหตุ/แหล่งที่มาของอันตราย	มาตรการควบคุม (Control measures)	จุดวิกฤต (Critical control point; CCP)	ค่าวิกฤต (Critical Limits)
ใบชาสด	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์		-
	C	ชาฆ่าแมลง	ตั้งข้อกำหนดในการรับวัตถุดิบว่าต้อง ไม่ใช่ชาฆ่าแมลงในการเพาะปลูกชา	CCP	ไม่มีชาฆ่าแมลงปนเปื้อน
	P	เศษไม้จากกิ่งต้นชา	การตรวจเช็คด้วยสายตา		-
เก็บรักษาใบชาสด	B,C,P	ไม่มีอันตราย	-	-	-
คัดคุณภาพใบชาสด	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
	C	ไม่มีอันตราย	-		-
	P	เศษไม้ พลาสติกปน	การคัดแยกด้วยตาเปล่า		-
นึ่ง	B	การอยู่รอดของ Pathogens	การควบคุมอุณหภูมิหรือการเดือดของน้ำ และเวลาในการนึ่ง	CP	-
	C,P	ไม่มีอันตราย			

ตารางที่ 74 (ต่อ)

วัตถุดิบ/ขั้นตอนของกระบวนการผลิต	B/C/P	อันตรายและสาเหตุ/แหล่งที่มาของอันตราย	มาตรการควบคุม (Control measures)	จุดวิกฤต (Critical control point; CCP)	ค่าวิกฤต (Critical Limits)
น้ำประปา	B,C,P	ไม่มีอันตราย	น้ำประปาผ่านการรับรองมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	-	-
ลดความชื้นครั้งที่ 1	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
นวดชา	C,P	ไม่มีอันตราย			
	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
ลดความชื้นครั้งที่ 2	C,P	ไม่มีอันตราย			
	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
	C,P	ไม่มีอันตราย			

ตารางที่ 74 (ต่อ)

วัตถุดิบ/ขั้นตอนของกระบวนการผลิต	B/C/P	อันตรายและสาเหตุ/แหล่งที่มาของอันตราย	มาตรการควบคุม (Control measures)	จุดวิกฤต (Critical control point; CCP)	ค่าวิกฤต (Critical Limits)
อบแห้ง	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์		-
	B	การปนเปื้อนเชื้อรากลุ่ม <i>Aspergillus</i> spp.	การควบคุมอุณหภูมิและเวลาการอบแห้ง	CCP	ความชื้น < 5%
	C,P	ไม่มีอันตราย			
บดชา	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
	C,P	ไม่มีอันตราย			
ร่อนชา	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
	C,P	ไม่มีอันตราย			
บรรจุซอง	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
	C,P	ไม่มีอันตราย			

ตารางที่ 74 (ต่อ)

วัตถุดิบ/ขั้นตอนของกระบวนการผลิต	B/C/P	อันตรายและสาเหตุ/แหล่งที่มาของอันตราย	มาตรการควบคุม (Control measures)	จุดวิกฤต (Critical control point; CCP)	ค่าวิกฤต (Critical Limits)
ซองอลูมิเนียมฟอยล์	B,C,P	ไม่มีอันตราย	ผลิตภัณฑ์ได้รับการรับรองมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	-	-
จัดเก็บซอง	B	การปนเปื้อนจุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อม	GMP	CP	-
	C,P	ไม่มีอันตราย			
ปิดผนึก	B,C,P	ไม่มีอันตราย		-	-

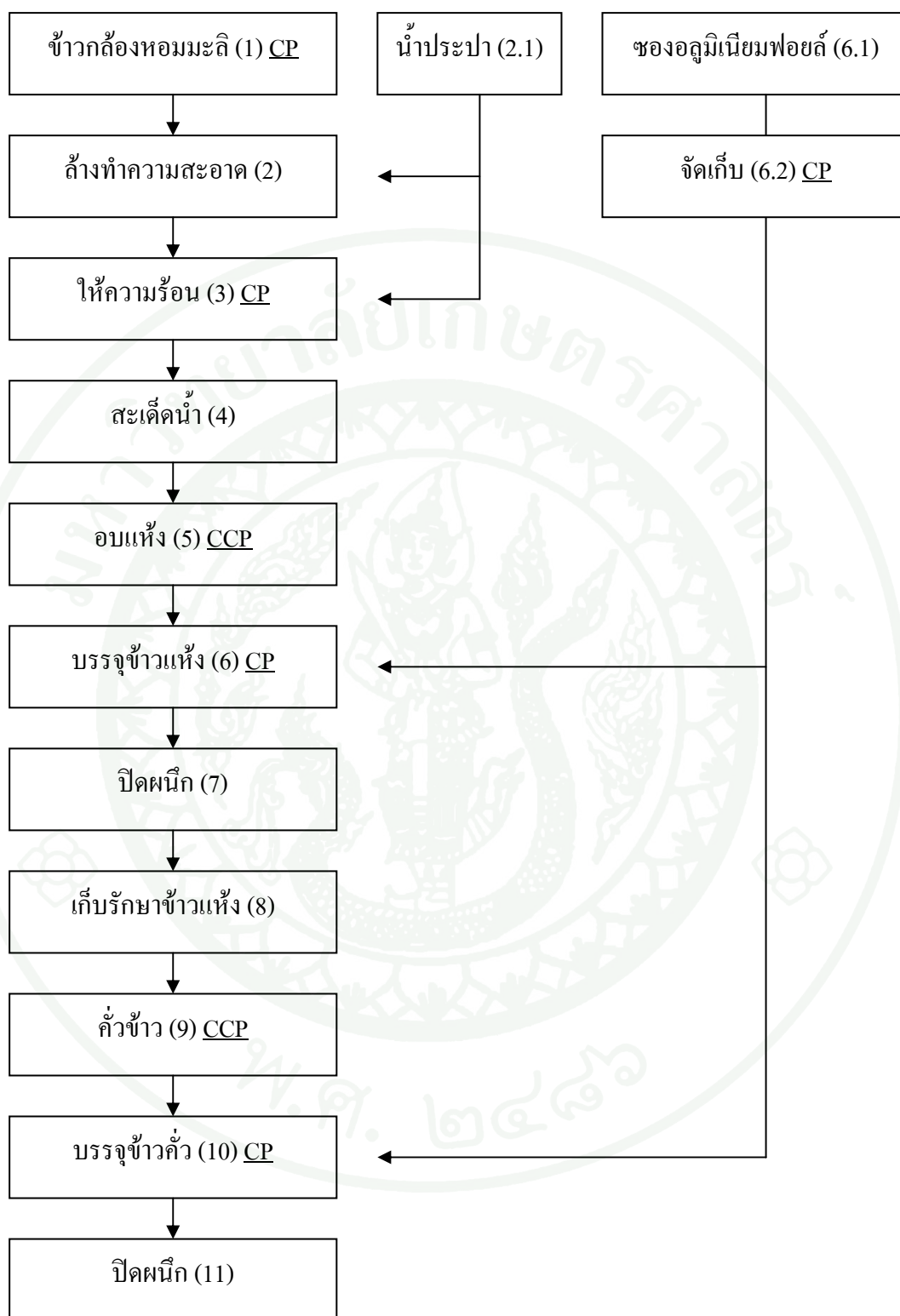
7.5.2 การจัดทำระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Point; HACCP) ของกระบวนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิข้าวในระดับครัวเรือน

การจัดทำระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมของกระบวนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิข้าวในระดับครัวเรือนเริ่มจากการบรรยายรายละเอียดของผลิตภัณฑ์เพื่อให้สามารถระบุอันตรายที่เกิดขึ้นได้จริงในระหว่างกระบวนการผลิต ดังตารางที่ 75

จากนั้นทำการสร้างแผนภูมิการผลิตของข้าวกล้องหอมมะลิข้าว ดังภาพที่ 58 และมีรายละเอียดของขั้นตอนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิข้าวในระดับครัวเรือน ดังตารางที่ 76

ตารางที่ 75 รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ (Product description) และวัตถุประสงค์ในการใช้ (Intended Use) ของข้าวกล้องหอมมะลิข้าว

1. ชื่อผลิตภัณฑ์ (Product name)	ข้าวกล้องหอมมะลิข้าว
2. ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ (Product characteristics)	1. ข้าวกล้องพันธุ์หอมมะลิ 2. มีความชื้นไม่เกิน 5% 3. ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค 4. ไม่มีสารเคมีปนเปื้อน
3. รายละเอียดการใช้ผลิตภัณฑ์ (How is to be used?)	ข้าวกล้องหอมมะลิข้าวเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบผสมกับชาเขียว
4. ภาชนะบรรจุ (Packaging)	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน
5. อายุการเก็บรักษา (Shelf life)	ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บประมาณ 6 เดือนที่อุณหภูมิ 22°C และมีอายุการเก็บประมาณ 1 ปีที่อุณหภูมิตู้เย็น (5°C)
6. สถานที่จำหน่าย (Where will it be sold?)	โรงงานผลิตชา
7. ข้อแนะนำบนฉลาก	วันเดือนปีที่ผลิต วันเดือนปีที่หมดอายุ น้ำหนักสุทธิ ส่วนประกอบ และสถานที่ผลิต
8. การควบคุมจำเพาะระหว่างกระจายสินค้า (Special distribution control)	บรรจุลงกล่องรวมก่อนการขนส่ง
9. กลุ่มเป้าหมาย (Target Group)	โรงงานผลิตชา



ภาพที่ 58 แผนภูมิการผลิตข้าวกลิ้งหอมมะลิคั่วในระดับครัวเรือน

ตารางที่ 76 รายละเอียดขั้นตอนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิคั่วในระดับครัวเรือน

ขั้นตอนที่	ชื่อขั้นตอน	รายละเอียดของขั้นตอน
1	ข้าวกล้องหอมมะลิ	เป็นข้าวกล้องใหม่ เก็บไว้ไม่เกิน 3 เดือน
2	ล้างทำความสะอาด	ล้างด้วยน้ำประปาให้สะอาดแล้วกรองน้ำออก
2.1	น้ำประปา	น้ำประปาภายในชุมชน
3	ให้ความร้อน	ต้มข้าวปริมาณ 500 กรัม ในน้ำเดือดปริมาตร 1500 ml เป็นเวลา 12 นาทีสำหรับข้าวหอมมะลิ 4 นาทีสำหรับข้าวเหนียวกข.6 และ 6 นาทีสำหรับข้าวญี่ปุ่นก.ว.ก.1
4	สะเด็ดน้ำ <u>CP</u>	สะเด็ดน้ำออกจากข้าวที่สุกด้วยกระชอน
5	อบแห้ง <u>CCP</u>	อุณหภูมิ 70°C เวลา 100 นาทีสำหรับข้าวหอมมะลิ 85 นาทีสำหรับข้าวเหนียวกข.6 และ 115 นาทีสำหรับข้าวญี่ปุ่นก.ว.ก.1
6	บรรจุข้าวแห้ง	บรรจุซองละ 200 กรัม
6.1	ซองอูมิเนียมฟอยล์	ซองอูมิเนียมฟอยล์ขนาดบรรจุ 100 กรัม
6.2	จัดเก็บซอง	จัดเก็บซองในกล่องที่มิดชิด
7	ปิดผนึก	ปิดผนึกโดยใช้ความร้อน
8	เก็บรักษาข้าวแห้ง	เก็บรักษาไว้ในกล่องที่มิดชิด หลีกเลี่ยงที่ชื้น
9	คั่วข้าว	อุณหภูมิ 200°C เวลา 5 นาที (ปริมาณข้าวแห้ง 500 กรัม)
10	บรรจุข้าวคั่ว	บรรจุซองละ 100 กรัม
11	ปิดผนึก	ปิดผนึกโดยใช้ความร้อน

จากนั้นทำการวิเคราะห์อันตรายทั้งหมดที่มีโอกาสเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนการผลิต รวมทั้งวัตถุดิบ การกำหนดจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Critical control point; CCP) โดยใช้ผังการตัดสินใจ (decision tree) ดังภาพผนวก ง การกำหนดมาตรการการควบคุม (Control measures) รวมถึงค่าวิกฤต (Critical Limits) ของกระบวนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิคั่วแต่ละขั้นตอน ดังรายละเอียดในตารางที่ 77

ตารางที่ 77 การกำหนดอันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิตัวในระดับครัวเรือน

วัตถุประสงค์/ขั้นตอนของกระบวนการผลิต	B/C/P	อันตรายและสาเหตุ/แหล่งที่มาของอันตราย	มาตรการควบคุม (Control measures)	จุดวิกฤต (Critical control point; CCP)	ค่าวิกฤต (Critical Limits)
ข้าวกล้องหอมมะลิ	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
	C	ไม่มีอันตราย			
	P	กรวด และสิ่งปนเปื้อนในข้าวกล้อง	การตรวจเช็คด้วยสายตา และการล้างทำความสะอาด		-
ล้างทำความสะอาด	B,C,P	ไม่มีอันตราย	น้ำประปาผ่านการรับรองมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	-	-
น้ำประปา	B,C,P	ไม่มีอันตราย	น้ำประปาผ่านการรับรองมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	-	-
ให้ความร้อน	B	การอยู่รอดของ Pathogens	การควบคุมอุณหภูมิหรือการเดือดของน้ำ และเวลาในการให้ความร้อน	CP	-
	C,P	ไม่มีอันตราย			

ตารางที่ 77 (ต่อ)

วัตถุดิบ/ขั้นตอนของกระบวนการผลิต	B/C/P	อันตรายและสาเหตุ/แหล่งที่มาของอันตราย	มาตรการควบคุม (Control measures)	จุดวิกฤต (Critical control point; CCP) (Y/N)	ค่าวิกฤต (Critical Limits)
สะเด็ดน้ำ	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
อบแห้ง	C,P	ไม่มีอันตราย			
	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์		-
	B	การปนเปื้อนเชื้อรากลุ่ม <i>Aspergillus</i> spp.	การควบคุมอุณหภูมิและเวลาการอบแห้ง	CCP	$a_w \leq 0.6$
บรรจุข้าวแห้ง	C,P	ไม่มีอันตราย			
	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
ซองออลูมิเนียมฟอยล์	C,P	ไม่มีอันตราย			
	B,C,P	ไม่มีอันตราย	ผลิตภัณฑ์ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	-	-

ตารางที่ 77 (ต่อ)

วัตถุดิบ/ขั้นตอนของกระบวนการผลิต	B/C/P	อันตรายและสาเหตุ/แหล่งที่มาของอันตราย	มาตรการควบคุม (Control measures)	จุดวิกฤต (Critical control point; CCP) (Y/N)	ค่าวิกฤต (Critical Limits)
จัดเก็บซอง	B	การปนเปื้อนจุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อม	GMP	CP	-
ปิดผนึก	C,P	ไม่มีอันตราย	-	-	-
เก็บรักษาข้าวแห้ง	B,C,P	ไม่มีอันตราย	-	-	-
คั่วข้าว	B,C,P	ไม่มีอันตราย	-	-	-
	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์		-
	B	การปนเปื้อนเชื้อรากลุ่ม <i>Aspergillus</i> spp.	การควบคุมอุณหภูมิและเวลาการอบแห้ง	CCP	$a_w \leq 0.3$
	C,P				

ตารางที่ 77 (ต่อ)

วัตถุดิบ/ขั้นตอนของกระบวนการผลิต	B/C/P	อันตรายและสาเหตุ/แหล่งที่มาของอันตราย	มาตรการควบคุม (Control measures)	จุดวิกฤต (Critical control point; CCP) (Y/N)	ค่าวิกฤต (Critical Limits)
บรรจุข้าวคั่ว	B	การปนเปื้อนของ Vegetative Pathogens จากพนักงานและอุปกรณ์	การรักษาสุขลักษณะส่วนบุคคล, การทำความสะอาดอุปกรณ์	CP	-
ซองอูมิเนียมฟอยล์	C,P	ไม่มีอันตราย			
	B,C,P	ไม่มีอันตราย	ผลิตภัณฑ์ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	-	-
ปิดผนึก	B,C,P	ไม่มีอันตราย	-	-	-

12. ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน

ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน ณ โครงการพัฒนาเพื่อความมั่นคงอันเนื่องมาจากพระราชดำริ พื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พื้นที่ 2 อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน ในวันที่ 14 สิงหาคม พ.ศ. 2554 มีดังนี้

11.1 การถ่ายทอดเทคโนโลยี เรื่อง “การผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน” โดยมีผู้เข้าอบรมจำนวน 20 คน แบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงเช้าเป็นการให้ความรู้เรื่องการใช้ประโยชน์จากใบชา (ภาพที่ 59) และช่วงบ่ายเป็นการสาธิตกระบวนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน (ภาพที่ 60) โดยได้ประยุกต์อุปกรณ์และเครื่องมือให้ใช้ได้กับพื้นที่ห่างไกลสาธารณูปโภค โดยเฉพาะไฟฟ้า และเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน และสามารถใช้ได้จริง เช่น เครื่องคั่วที่ใช้ความร้อนจากเตาถ่าน ดังภาพที่ 61



ภาพที่ 59 การให้ความรู้เรื่อง “การใช้ประโยชน์จากใบชา”



คัดคุณภาพใบชาสด

เลือกเฉพาะยอดกับใบอ่อน 2 ใบ



นึ่งใบชาในลังถึง

เป็นเวลา 1 นาทีต่อใบชา 100 กรัม



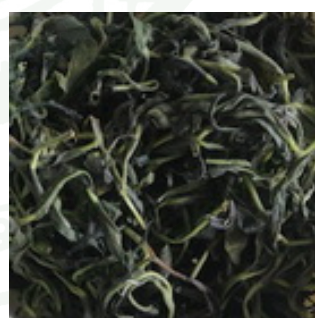
ไล่ความชื้นด้วยเครื่องแก้วแบบเตาถ่าน หมุนด้วยมือ
ตลอดเวลา ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 20 นาที



นวดชาด้วยเครื่องนวด เป็นเวลา 20 นาที



ทำแห้งใบชาด้วยเครื่องแก้วแบบเตาถ่าน
หมุนด้วยมือตลอดเวลา ที่อุณหภูมิ 80°C
เป็นเวลาประมาณ 40 นาที จนใบชาแห้ง



ใบชาเขียวแห้ง

ภาพที่ 60 กระบวนการผลิตชาเขียวในระดับครัวเรือน



ภาพที่ 61 เครื่องกั้วแบบเตาถ่านที่ประยุกต์ใช้ในการผลิตชาเขียวระดับครัวเรือน

11.2 ผลการประเมินการถ่ายทอดเทคโนโลยี เรื่อง “การใช้ประโยชน์จากใบชา”

พบว่าผู้เข้าอบรมมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความพอใจต่อการเข้าอบรม ดังตารางที่ 78

ตารางที่ 78 ความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมที่มีต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากใบชา

หัวข้อ	ระดับความพอใจ
หัวข้อในการอบรม	มาก – มากที่สุด
เทคนิคการบรรยายและปฏิบัติ	มาก – มากที่สุด
ความรู้ที่ได้สามารถประยุกต์ไปใช้ได้จริง	มาก – มากที่สุด
การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	มาก – มากที่สุด
ต่อการประกอบอาชีพ	

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าวซึ่งใช้วัตถุดิบไบชาสด และข้าวกล้องหอมมะลิที่เพาะปลูกภายในประเทศไทย และสามารถทำการผลิตได้ในระดับครัวเรือน โดยใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่เหมาะสมกับวัตถุดิบปริมาณน้อย การวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วย การสำรวจผลิตภัณฑ์ที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด การสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว การพัฒนากระบวนการผลิตชาเขียว และข้าวคั่ว การพัฒนาสูตรของชาเขียวผสมข้าวคั่ว การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชาเขียวผสมข้าวคั่วระหว่างการเก็บรักษา และการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชาเขียวระดับครัวเรือนแก่เกษตรกรและชาวบ้านในชุมชนที่มีการเพาะปลูกชา

1. การสำรวจผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด กรุงเทพมหานคร ช่วงปี พ.ศ. 2551 – 2554 พบว่ามีผลิตภัณฑ์ชาเขียวเชิงพาณิชย์ 3 ประเภท ได้แก่ ชาใบ ชาชนิดซองพร้อมชง และชาผงสำเร็จรูปชนิดละลายได้ทันที โดยแหล่งของชาใบมีทั้งผลิตในประเทศ และนำเข้าจากประเทศจีน และญี่ปุ่น ส่วนชาชนิดซอง ส่วนมากเป็นการนำเข้าวัตถุดิบแล้วแบ่งบรรจุในประเทศ และชาผงสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น มีผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วเชิงพาณิชย์ 8 ตรายี่ห้อ ประกอบด้วย ชาใบ 3 ตรายี่ห้อ บรรจุในถุงชนิดลามิเนตห่อมีเนียมฟอยล์ น้ำหนักบรรจุ 200 – 300 กรัม ราคาขาย 202 – 245 บาท และชาชนิดซอง 5 ตรายี่ห้อ บรรจุซองเยื่อกระดาษพร้อมชง แล้วบรรจุรวมในกล่องกระดาษ หรือกล่องพลาสติก น้ำหนักบรรจุต่อซอง 1.5 – 2.0 กรัม จำนวน 15 – 25 ซองต่อกล่อง ราคาต่อกล่อง 135 – 278 บาท

2. การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อชาเขียวชนิดร้อน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมดื่มชาเขียวร้อน เดือนละ 1 ครั้ง โดยเลือกดื่มชาเขียวญี่ปุ่น มีเหตุผลในการดื่มเนื่องจากชื่นชอบกลิ่นรสของชาเขียว และห่วงใยสุขภาพ เลือกซื้อชาชนิดซองบรรจุกล่อง ราคาที่ซื้ออยู่ในช่วง 101 – 200 บาท ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเลือกซื้อชาเขียว คือ ความสะดวกในการใช้ บรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษา และข้อมูลด้านสุขภาพ

3. คุณลักษณะทางทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อความชอบของผู้บริโภค ได้แก่ กลิ่นชา กลิ่นแห้ง กลิ่นคั่ว และกลิ่นรสคั่วตกค้าง โดยผู้บริโภคยอมรับชาที่มีความเข้มข้นกลิ่นชา และกลิ่นแห้งที่สูง และมีกลิ่นคั่ว และกลิ่นรสคั่วตกค้างที่ไม่มากเกินไป

4. แนวคิดผลิตภัณฑ์ของชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ได้จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภค รวมถึงผลวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่วางจำหน่ายในท้องตลาด คือ “ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วกล้องคั่วบรรจุในซองพร้อมชง และบรรจุรวมในกล่องกระดาษ น้ำชาที่ได้มีลักษณะสีเหลือง น้ำชาก่อนชงใส มีกลิ่นชาเขียวผสมข้าวคั่ว มีกลิ่นรสชาเขียวมากกว่าข้าวคั่ว”

5. กระบวนการผลิตชาเขียว เริ่มด้วยคัดใบชา โดยเลือกเฉพาะยอดชา กับใบอ่อน 2 ใบ หนึ่งใบชาสด (200 กรัม) เป็นเวลา 1 นาที ทำแห้งเพื่อไล่ความชื้นครั้งแรก ด้วยเครื่องคั่ว ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 20 นาที นวดชาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที ทำแห้งเพื่อไล่ความชื้นครั้งที่สอง ด้วยเครื่องคั่ว ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 10 นาที อบแห้งด้วย Tray dryer ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 นาที บดด้วยเครื่องบด เป็นเวลา 3 นาที ร่อนด้วยตะแกรง 30 mesh เก็บรักษาไว้ในถุงชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ก่อนนำไปใช้

6. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบชาเขียวที่ทำการผลิตเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วกล้องคั่ว พบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่ผลิตได้มีค่าคุณภาพด้านต่างๆ ผ่านมาตรฐานชาตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 196 (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) ประกอบด้วย คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น $2.12 \pm 0.15\%$ ปริมาณเถ้า $4.83 \pm 0.15\%$ ปริมาณเถ้าละลายน้ำ $47.71 \pm 0.28\%$ total ash สารสกัดด้วยน้ำร้อน $35.50 \pm 0.25\%$ ปริมาณ Caffeine 43.62 ± 0.01 mg/g ปริมาณ EGCG 119.87 ± 0.01 mg/g ปริมาณ Total polyphenols $15.15 \pm 0.20\%$ และค่า Water activity 0.20 ± 0.20 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด <10 est. cfu/g ปริมาณยีสต์และรา <10 est. cfu/g และคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L* เท่ากับ 81.41 ± 0.91 a* เท่ากับ -3.05 ± 0.67 b* เท่ากับ 10.89 ± 0.75 และค่า Transmittance เท่ากับ 75.28 ± 0.84

7. กระบวนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว เริ่มด้วยนำข้าวกล้องหอมมะลิ (500 กรัม) ใส่ในถุงผ้า ต้มในน้ำเดือด (1500 ml) เป็นเวลา 12 นาที ล้างด้วยน้ำเย็น สะเด็ดน้ำให้แห้งด้วยกระชอน เกลี่ยเมล็ดข้าวให้เรียงกันเป็นชั้นเดียวบนถาด อบแห้งด้วย Tray drier ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 100 นาที (ให้ได้ข้าวที่มี $a_w = 0.6$) คั่วด้วยเครื่องคั่วที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 5 นาที

8. จากการพัฒนาสูตรชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว โดยการให้คะแนนความชอบ 9 point hedonic scale ร่วมกับ สเกลความพอดี (Just About Right scale) พบว่า สูตรที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว คือ อัตราส่วนของชาเขียว : ข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว เท่ากับ 1.0 : 1.1

9. การวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว ประกอบด้วย คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น $2.33 \pm 0.35\%$ ปริมาณเถ้า $3.08 \pm 0.38\%$ ปริมาณเถ้าละลายน้ำ $46.58 \pm 0.35\%$ total ash สารสกัดด้วยน้ำร้อน $31.16 \pm 0.29\%$ ปริมาณ Caffeine 17.44 ± 0.15 mg/g ปริมาณ EGCG 46.43 ± 0.18 mg/g ปริมาณ Total polyphenols $6.23 \pm 0.01\%$ และค่า water activity 0.20 ± 0.01 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด <10 est. cfu/g ปริมาณยีสต์และรา <10 est. cfu/g และคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L^*, a^*, b^* ของน้ำชาเท่ากับ $89.93 \pm 0.82, -2.45, 21.55 \pm 0.62$ และค่า Transmittance ของน้ำชาเท่ากับ 74.22 ± 0.78 น้ำชามีสีเหลืองอมเขียวค่อนข้างใส

10. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเป้าหมาย (ดื่มชาเขียวร้อนอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่ว พบว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในระดับชอบปานกลางในคุณลักษณะด้านสี ความใส กลิ่นรสโดยรวม และความชอบรวม และผู้บริโภค 71% ยอมรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วก่อนได้รับทราบข้อมูลทางโภชนาการ และเมื่อได้รับทราบข้อมูล ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์มากขึ้นเป็น 82%

11. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วบรรจุซองเยื่อกระดาษพร้อมซอง บรรจุในซองอลูมิเนียมฟอยล์/PE แล้วบรรจุรวมในกล่องกระดาษชนิดเคลือบมัน หุ้มด้วยพลาสติกเกรด shrink film ชนิด LDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C และ 22°C พบว่าชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วสามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิ 22°C เป็นเวลาอย่างน้อย 24 สัปดาห์ โดยชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมี คือ มีปริมาณ

Caffeine และ EGCG ลดลง แต่คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิ
 ข้าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับ คือ ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.6 ± 0.8)

12. จุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Critical Control Point; CCP) ของกระบวนการผลิตชาเขียว
 ได้แก่ วัตถุดิบใบชาสด และขั้นตอนการอบแห้ง และจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมของกระบวนการผลิต
 ข้าวกล้องหอมมะลิข้าว ได้แก่ การอบแห้ง และการข้าวข้าว

13. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชาเขียวระดับครัวเรือนให้แก่เกษตรกร และชาวบ้าน
 ในชุมชน ที่อ.สันติสุข จ.น่าน พบว่าผู้เข้าร่วมอบรมมีความรู้และเข้าใจในกระบวนการผลิตชาเขียว
 สามารถนำไปใช้ในการผลิตในระดับชุมชนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรส่งเสริมให้มีการเพิ่มปริมาณการเพาะปลูกใบชา โดยเฉพาะการปลูกชาแบบอินทรีย์ โดยไม่ใช้สารเคมีในการเพาะปลูก ทั้งนี้ควรจัดตั้งกลุ่มของเกษตรกรเพื่อทำการผลิตชาเขียวอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดอาชีพในชุมชน
2. การศึกษาสมบัติทางเคมีของใบชาแก่ ซึ่งเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตชาเขียว เป็นเรื่องที่น่าสนใจ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบใบชาได้อีกทางหนึ่ง
3. การเลือกชนิดของข้าวกล้องกั่วที่ใช้ในการผลิต อาจนำข้าวพันธุ์อื่นๆ ที่มีราคาต่ำกว่ามาศึกษาเพื่อใช้ทดแทนการข้าวกล้องหอมมะลิที่มีราคาสูง และอาจใช้ของเหลือจากการผลิตข้าวเช่น ข้าวหัก มาใช้แทนข้าวเต็มเมล็ดเพื่อลดต้นทุนการผลิต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการข้าว. 2553ก. พันธุ์ข้าวญี่ปุ่น. แหล่งที่มา: <http://www.ricethailand.go.th>, 8 มีนาคม 2553

กรมการข้าว. 2553ข. พันธุ์ข้าวเหนียว. แหล่งที่มา: <http://www.ricethailand.go.th>, 2 เมษายน 2553

กรมการค้าภายใน. 2554. ราคาผลิตผลทางการเกษตร. แหล่งที่มา: <http://www.dit.go.th>, 19 ธันวาคม 2554

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2538. ขา. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2552. รายงานความเป็นไปได้ของการผลิตชาเขียวและชาอูหลงแบบซองในจังหวัดเชียงราย. 159 หน้า.

กระทรวงสาธารณสุข. 2543. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 196 เรื่อง “ชา”

งามชื่น คงเสรี. 2536. การพัฒนาข้าวไทยสู่ตลาดคุณภาพ. หนังสือพิมพ์กสิกร 66(6): 430-534.

งามชื่น คงเสรี. 2539. การพัฒนาคำแนะนำการหุงต้มข้าว. เอกสารการอบรมหลักสูตร, 20-22 สิงหาคม 2539. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, ปทุมธานี.

จริยา คุณะวิภากร. 2542. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวพองที่ทำจากข้าวกล้องหักหอมมะลิผสมเนยถั่วลิสง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชูขวัญ ทรัพย์มณี. 2548. ชาและน้ำชา: เสน่ห์และคุณค่าที่ไม่มีวันลืมนั่น. เกษตรกรรมธรรมชาติ 9(48): 20-33.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2532. การแปรรูปข้าว, น. 1 – 13. ใน เอกสารประกอบการบรรยายสัมมนาการแปรรูปอาหารและคลินิกปรึกษาแนะนำ 27 – 28 มิถุนายน 2532. ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

คารณี หมู่จรรพพันธ์. 2549. ชาเขียว: เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจริงหรือ. *ฟอร์ควอลิตี้* 12(100): 113-116.

คารศ บรรจงจิตร. 2547. ชาเขียว. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ* 52(164): 10 – 14.

นรินาม. 2546. *โอชะกับชาเขียว*. สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ.

ประทานพร. 2547. ชาเขียว: น้ำทิพย์แห่งชีวิต. *อแพค* 19(198): 45 – 54.

ประภัศร สุวัฒนาวรรณ. 2550. ชาเขียว. แหล่งที่มา: <http://www.gpo.or.th/rdi/html/greentea.htm>, 8 ตุลาคม 2550.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ พงศ์สุกสมิทธิ. 2532. เทคโนโลยีการผลิตชา. ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

วราภรณ์ คำบุญเรือง. 2535. *ความรู้เรื่องข้าวและการทำนา*. เทคโนโลยีการปลูกข้าวที่อาศัยน้ำฝน โครงการพัฒนาข้าวในเขตเกษตรล้าหลัง สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

วาสนา ไชยแก้ว. 2549. *จากสวนสวยสู่ถ้วยน้ำชา*. สำนักพิมพ์ไทม์สแควร์, กรุงเทพฯ.

ศักดิ์ บวร. 2549. *ชา: สมุนไพรบำบัดและเสริมสุขภาพ*. สำนักพิมพ์สมิต, นนทบุรี.

สถาบันอาหาร. 2552. *รายงานตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ*. สถาบันอาหาร, กรุงเทพฯ.

สันต์ ละอองศรี. 2537. ขา. สำนักพิมพ์รั้วเขียว. กรุงเทพฯ.

สายลม สัมพันธ์เวชโสภา. 2552. โครงการศึกษาสถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. ผลผลิตชา. แหล่งที่มา:<http://www.oae.go.th>, 12 กันยายน 2554.

สุวิมล กิริติพิบูล. 2545. ระบบประกันคุณภาพด้านความปลอดภัยของอาหาร : HACCP. สำนักพิมพ์ ศ.ส.ท., กรุงเทพฯ.

เหมือนหมาย. 2547. ข้าวและกลิ่นหอมในข้าว. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 24(2): 36-50.

อนุวัตร แจ่มชัด. 2549. สถิติสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประยุกต์. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Alpha M.O.S. 2003. **Technical Note N-SAS-03 Sensor Range**. Alpha M.O.S., Toulouse, France.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis**. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

AOAC. 2005. **Official Method of Analysis**. 18th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

Bronner, W.E. and G.R. Beecher. 1998. Method for determining the content of catechins in tea infusions by high-performance liquid chromatography. **J. Chromatogr.** 805: 137-142.

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

Buttery, R. G., J. G. Turnbaugh and L.C. Ling. 1988. Contribution of volatiles to rice aroma. **J. Agric. Food Chem.** 36: 1006-1009.

Cano, M., A. Marin and C. Fluster. 1990. Effect of some thermal treatments on polyphenoloxidase and peroxidase activities of banana (*Muas cavendishii*, cv. Enana). **J. Sci. Food. Agric.** 51: 223-231.

Cho, H. Y., S. J. Chung, H. S. Kim and K. O. Kim. 2005. Effect of sensory characteristics and non-sensory factors on consumer liking of various canned tea products. **J. Food Sci.** 70 (8): s532-538.

Churchill, G. Jr. 2001. **Basic Marketing Research 4th Edition.** Thomson Learning, Ohio.

Deng, Z. Y. and B. Y. Tao. 1998. Effect of green tea and black tea on blood glucose, triglycerides and antioxidants in aged rats. **J. Agri. Food Chem.** 46: 3875-3878.

Deogratiuss, J. and D. P. Robert. 1999. Kinetics of Tea Infusion: the effect of the manufacturing process on the rate of extraction of caffeine. **J. Food Chem.** 64: 27-31.

Dos, A., Z. Ayhan and G. Sumnu. 2005. Effects of different factors on sensory attributes, overall acceptance and preference of rooibos (*Aspalathus Linearis*) tea. **J. Sens. Stud.** 20: 228-242.

Dutta, R., K. R. Kashwan, M. Bhuyan, E. L. Hines and J. W. Gardner. 2003. Electronic nose based tea quality standardization. **Neuron Net.** 16:847-853.

- Fernandez, P. L., M. J. Martin, A. G. Gonzalez and F. Pablos. 2000. HPLC determination of catechins and caffeine in tea: differentiation of green, black and instant teas. **Analyst** 125: 421-425.
- Fujiki, H., M. Suganuma, S. Okabe, E. Sueoka, K. Suga, K. Imai and K. Nakachi. 2000. A new concept of tumor promotion by tumor necrosis factor-alpha, and cancer preventive agent (-)-epigallocatechin gallate and green tea-a review. **Cancer Detect Prev.** 24: 91-99
- Friedman, M., C. E. Levin, S. U. Lee and N. Kozukue. 2009. Stability of green tea catechins in commercial tea leaves during storage for 6 months. **J. Food Sci.** 74(2): H47-51.
- Gomes, A., J. R. Vedasiromoni, M. Das, R. M. Sharma and D. K. Ganguly. 1995. Antihyperglycemic effect of black tea (*Camellia sinensis*) in rat. **J. Ethnopharmacol.** 45: 223-226.
- Gomez, A. H., J. Wang, G. Hu and A. G. Pereira. 2007. Discrimination of storage shelf-life for mandarin by electronic nose technique. **LWT** 40:681-689.
- Hara, I. 1997. Actions of tea polyphenols in oral hygiene, antioxidant-Food suppl. **Hum. Health.** 429-443.
- Hara, Y. 2001. **Green Tea: Health Benefits and Applications.** Marcel Dekker, Inc., New York.
- Hasaniya, N., K. Youn, M. Xu, J. Hernaez and R. Dashwood. 1997. Inhibitory activity of green and black tea in a free radical-generatin system using 2-amino-3-methylimidazo (4,5-f) quinoline as substrate. **Jpn. J. Cancer Res.** 88: 553-558.
- Health, H. B. 1981. **Source Book of Flavour.** AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

- Hirota, F., M. Suganuma, S. Okabe, E. Sueoka, N. Sueoka, S. Matsuyama, K. Imai and K. Nakachi. 1999. Green tea as cancer preventive. **Chem. Biol. Asp.** :12-17.
- Hodgson, J. M. 2006. Effects of tea and tea flavonoids on endothelial function and blood pressure: a brief review. **Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.** 33: 838-841.
- Huang, Y., J. Sheng, F. Yang and Q. Hu. 2007. Effect of enzyme inactivation by microwave and oven heating on preservation quality of green tea. **J. Food En.** 78: 687-692.
- Kaushik, R. P. and G. S. Khush. 1991. Genetic analysis of endosperm mutants in rice *Oryza sativa* L. **Theor. Appl. Genet.** 83: 146-152.
- Kim, E. S., Y. R. Liang, J. Jin, Q. F. Sun, J. L. Lu, Y. Y. Du and C. Lin. 2007. Impact of heating on chemical compositions of green tea liquor. **Food Chem.** 103: 1263-1267.
- Kuroda, Y. and Y. Hara. 1999. Antimutagenic and Anticarcinogenic Activity of Tea Polyphenols. **Mut. Res.** 436 (1): 69-97.
- Labuza, T.P. and M.K. Schmidl. 1985. Accelerated shelf-life testing of foods. **Food Technol.** 39: 57-64, 134.
- Labreche, S., S. Bazzo, S. Cade, E. Chanie. 2005. Shelf-life determination by electronic nose: application to milk. **Sens Actuators.** B106:199-206.
- Lee, J. and D. H. Chambers. 2007. A lexicon for flavor descriptive analysis of green tea. **J. Sens. Stud.** 22: 256-272.
- Lopez, M. L., C. Villatoro, T. Fuentes, J. Graell, I. Lara, G. Echeverria. 2007. Volatile compounds, quality parameters and consumer acceptance of 'Pink Lady®' apples stored in different conditions. **Postharvest Biol. Tec.** 43: 55-66.

- Mahmoudi, E. 2009. Electronic nose technology and its applications. **Sensors and Transducers** 107: 17-25.
- Matuschek, E. and U. Svanberg. 2005. The effect of fruit extracts with polyphenol oxidase (PPO) activity on the *in vitro* accessibility of iron in high-tannin sorghum. **Food Chem.** 90: 765-771.
- McCarty, M. F. 1997. Natural antimutagenic agents may prolong efficacy of human immunodeficiency virus drug therapy. **Med. Hypotheses.** 48: 215-220.
- Moore, B. M. and W. H. 1990. Sodium dodecyl sulfate activation of a plant polyphenol oxidase. **J. Biol. Chem.** 265: 4982-4988.
- Mukhtar, H. and N. Ahmad. 1999. Green tea in chemoprevention of cancer. **Toxicol. Sci.** 52: 111-117.
- Muramatsu, H., M. Fukuyo and Y. Hara. 1986. Effect of green tea catechins on plasma cholesterol level in cholesterol-fed rats. **J. Nutr. Sci. Vitaminol.** 32: 613-622.
- Naithani, V., S. Nair and P. Kakkar. 2006. Decline in antioxidant capacity of Indian herbal teas during storage and its relation to phenolic content. **Food Res. Int.** 39: 176-181.
- Noosuk, P., S. E. Hill, I. A. Farhat, J. R. Mitchell and P. Pradipasena. 2005. Relationship between viscoelastic properties and starch structure in rice from Thailand. **Starch/Starke** 57: 587-598.
- Park, D. J., J. Y. Imm and K. H. Ku. 2001. Improved dispersibility of green tea powder by microparticulation and formulation. **J. Food Sci.** 66 (6): 793-798.

- Pastore, R. L. and P. Fratellone. 2006. Potential health benefits of green tea (*Camellia Sinensis*): A Narrative review. **Explore (N.Y.)** 2(6): 531 – 539.
- Paule, C.M. and J. Powers. 1989. Sensory and chemical examination of aromatic and nonaromatic rices. **J. Food Sci.** 54: 343-347.
- Peris, M. and L. E. Gilabert. 2009. A 21 st century technique for food control: Electronic noses. **Anal. Chim. Acta** 638: 1-15.
- Peterson, D. M. 1999. Lipase activity and lipid metabolism during oat malting. **Cereal Chem.** 76 (1): 159-163.
- Rosen, D. 1998. **The Book of Green tea.** Storey books, Canada.
- Sakanaka, S. 1997. Green tea polyphenols for prevention of dental caries, pp. 87–99. *In* **Chemistry and Application of Green Tea.** CRC Press, New York.
- Sang, S., M. J. Lee, Z. Hou, C. T. Ho and C. S. Yang. 2005. Stability of tea polyphenol (-epigallocatechin-3-gallate and formation of dimers and epimers under common experimental conditions. **J. Agri. Food Chem** 53(24): 9478-9484.
- Schapira, J., D. Schapira and K. Schapira. 1996. **The Book of Coffee and Tea.** St. Martin's Griffin, New York.
- Siro, I. T. and I. K. Young. 2000. Tea and health. **Nutr. Rev.** 58: 1-10.
- Suga, K., K. Imai, N. Sueoka and K. Nakachi. 1998. Phase I clinical trial with green tea tablets in Japanese healthy population. **Cancer Prev. Intern.** 3: 79-88.

- Takeo, T. 1992. Green and semi-fermented teas, pp. 413 – 441. *In* **Tea Cultivation to Consumption**. Chapman & Hall, London.
- Tanaka, K., T. Hayatsu, T. Negishi and H. Hayatsu. 1998. Inhibition of n-nitrosation of secondary amines in vitro by tea extracts and catechins. **Mut. Res.** 412: 91-98.
- Tang, F. Y. and M. Meydani. 2001. Green tea catechins and vitamin E inhibit angiogenesis of human microvascular endothelial cells through suppression of in-8 production. **Nutr. Cancer** 41: 119-125.
- Taraphdar, A. K., R. Madhumita and R. K. Bhattacharaya. 2001. Natural products as inducers of apoptosis: Implication for cancer therapy and prevention. **Curr. Sci.** 80: 1391-1396.
- Vestergaard, J. S., M. Martens, P. Turkki. 2006. Application of an electronic nose system for prediction of sensory quality changes of a meat product (pizza topping) during storage. **LWT** 40:1095-1101.
- Villamiel, M., M. D. Del Costillio and N. Corzo. 2006. Browning reaction, pp. 83 – 85. *In* **Food Biochemistry and Food Processing**. Wiley-Blackwell, US.
- Vinson, J. and Y. A. Dabbagh. 1998. Tea phenols: Antioxidant effectiveness of teas, tea components, tea fractions and their binding with lipoproteins. **Nutr. Res.** 18: 1067-1075.
- Wang, H., G. J. Provan and K. Helliwell. 2000. Tea flavonoids: their functions, utilization and analysis. **Trends Food Sci. Tech.** 11: 152-160.
- Wang, Y. and C. T. Ho. 2009. Polyphenolic chemistry of tea and coffee: a century of progress. **J. Agri. Food Chem.** 57: 8109-8114.
- Weisburger, J. H. 1997. Tea and Health: a historical perspective. **Can. Lett.** 114: 315-317.

Weisburger, J. H. 1999. Tea and Health: The underlying mechanisms. **Proc. Soc. Exp. Biol.** 220: 271-275.

Witoon Prinyawiwatkul. 2009. **Analysis of Just-About-Right Sensory data**. Department of Product Development, Kasetsart University Bangkok, Thailand.

Yamamoto, T. 1997. **Chemistry and Applications of Green Tea**. CRC Press, New York.

Yang, C. S., J. Y. Chung, G. Yang, S. K. Chhabra and M. J. Lee. 2000. Tea and tea polyphenols in cancer prevention. **J. Nutr.** 13: 472S-478S.

Yang, Z., F. Dong, K. Shimizu, T. Kinoshita, M. Kanamori, A. Morita and N. Watanabe. 2009. Identification of coumarin-enriched Japanese green teas and their particular flavor using \ electronic nose. **J. Food En.** 92: 312-316.

Yokozawa, T., T. Nakagawa and K. Kitani. 2002. Antioxidative activity of green tea polyphenol in cholesterol-fed rates. **J. Agric. Food Chem.** 50: 3549-3552.

Yu, H., J. Wang, H. Zhang, Y. Yu, and C. Yao. 2007. Identification of green tea grade using different feature of response signal from E-nose sensors. **Sens. Actuators B128**: 455-461.

Zavareze, E. R., S. L. M. E. Halal, D. G. Santos, E. Helbig, J. M. Pereira and A. R. G. Dias. 2012. Resistant starch and thermal, morphological and textural properties of heat-moisture treated rice starches with high-, medium- and low-amylose content. **Starch/Starke** 64:45-54.





ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณสาร Caffeine และ Catechin ชนิด Epigallocatechin Gallate (EGCG)
(Fernandez *et al.*, 2000)

ตัวอย่าง ชาแห้งบดละเอียด 0.5000 กรัม

เครื่องมือ

- ขวด vial ขนาด 1.5 ml พร้อมฝาปิด
- หลอดฉีดยาพลาสติกพร้อมเข็มฉีดยา (plastic syringe) ขนาด 3.0 ml
- Syringe filter ขนาด 0.2 μ l
- กระดาษกรอง Whatman No. 42
- ขวดรูปชมพู่
- แท่งแม่เหล็ก (magnetic bar)
- เครื่อง magnetic stirrer
- เครื่อง HPLC

สารเคมีและสารละลาย

สารละลายมาตรฐาน

- สารละลาย Caffeine ความเข้มข้น 10 50 และ 100 ppm เตรียมจาก Caffeine HPLC Grade ละลายด้วยสาร Acetonitrile Analytical Grade
- สารละลาย EGCG ความเข้มข้น 10 50 และ 100 ppm เตรียมจาก EGCG HPLC Grade ละลายด้วยสาร Acetonitrile Analytical Grade

Mobile phase

- Mobile A คือสารละลายระหว่าง H_2O : Acetonitrile : Formic acid เท่ากับ 94.7 : 4.3 : 1.0
- Mobile B คือสารละลายระหว่าง H_2O : Acetonitrile : Formic acid เท่ากับ 49.5 : 49.5 : 1.0

สารละลาย

- สารละลาย Acetonitrile : H_2O เท่ากับ 1 : 1 (v/v)

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างชาบดละเอียด 0.5000 กรัม ในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลาย Acetonitrile : H₂O เท่ากับ 1 : 1 (v/v) 100 ml วางบนเครื่อง magnetic stirrer เป็นเวลา 40 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 42 แล้วคูดตัวอย่างสารละลายด้วย syringe แล้วต่อหัวกรอง (syringe filter) ขนาด 0.2 µl เพื่อกรองตัวอย่างผ่านลงขวด vial ขนาด 1.5 ml แล้วปิดฝา

2. การวิเคราะห์ปริมาณ Total Polyphenols (Huang *et al.*, 2007)

ตัวอย่าง ชาแห้งบดละเอียด 0.5000 กรัม

เครื่องมือ

- ขวดรูปชมพู่
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ
- หลอดทดลองพร้อมฝาปิด
- กระดาษกรอง Whatman No. 42
- ปิเปตขนาด 2.0 และ 10.0 ml
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

สารเคมีและสารละลาย

- สารละลาย phosphate buffer pH 7.5
- สารละลาย ferrous tartrate

วิธีวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างชาบดละเอียด 0.5000 กรัมลงขวดรูปชมพู่ เติมน้ำเดือด 50 ml วางในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 100°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 42 ปิเปต

ส่วนที่กรองได้ 2 ml เติมน้ำกลั่น 8 ml เติมสารละลาย ferrous tartrate 10 ml และสารละลาย phosphate buffer 30 ml นำไปวัดค่าด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ 540 nm

วิธีคำนวณ

$$\text{Total Polyphenol (\%)} = \frac{A \times 7.826 \times \text{ปริมาตรสารทั้งหมดที่ทดสอบ (ml)} \times 100}{1000 \times \text{ปริมาตรสารส่วนที่กรองได้ (ml)} \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เมื่อ A คือ ค่า absorbance ที่ตรวจวัดได้จากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยวิธี Rapid method (Matuschek and Svanberg, 2005)

เครื่องมือ

- หลอดทดลอง
- เครื่องปั่นอาหาร
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)
- หลอดใส่ตัวอย่างสำหรับเครื่องหมุนเหวี่ยง

สารเคมีและสารละลาย

- โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.0 ที่มี โพลีฟีนอลไพโรลิโดน (PVP) 1% และไตรตรอน เอกซ์-100 (Triton x-100) 0.5%
- สารละลายแคททีคอล 1 M
- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.5%
- Guaiacol 1% ละลายในแอลกอฮอล์ 0.5%

การสกัดสารจากใบชา (Cano *et al.*, 1990)

- นำตัวอย่างใบชา 25 กรัม ใส่ในเครื่องปั่นอาหาร
- เติมน้ำละลาย 0.2 M โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.0 ที่มีโพลีฟีนอลไพโรลิโดน (PVP) 1% และ Triton x-100 0.5% จำนวน 50 ml
- ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 25 วินาที
- ปั่นแยกกากด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 g ที่ 4°C เป็นเวลา 15 นาที
- เก็บส่วนใสเพื่อวิเคราะห์เอนไซม์

วิธีวิเคราะห์

ตัวอย่างสารสกัดจากใบชา 500 μ l เติมน้ำละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.5% ในหลอดทดลอง 100 μ l เติมน้ำละลาย Guaiacol 100 μ l สังเกตสี เมื่อเวลาผ่านไป 3.5 นาที ถ้ามีกิจกรรมของเอนไซม์จะมีสีน้ำตาลแดงเกิดขึ้น

4. การวิเคราะห์ความชื้นโดยวิธีอบแห้ง (Moisture content) (AOAC, 2000)

เครื่องมือ

ตู้อบไฟฟ้าชนิดควบคุมอุณหภูมิได้
ถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด

วิธีวิเคราะห์

(1) อบถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 130 ± 3 °C ประมาณ 30 นาที ให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักงานและฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

(2) ชั่งตัวอย่างที่มีน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2.000 กรัม ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 130 ± 3 °C โดยเปิดฝาอะลูมิเนียมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นปิดฝาอะลูมิเนียม แล้วนำ ออกใส่เดสิคเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น บันทึกน้ำหนักไว้

การคำนวณผล

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash) (AOAC, 2000)

นำตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ประมาณ 5 กรัม ซึ่งในจานกระเบื้องเคลือบ ที่เผาและชั่ง น้ำหนักที่แน่นอน นำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆจนหมดควัน แล้วนำไปเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 600 ± 20 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทา นำออกมาใส่ในเคสิคเกเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปชั่ง เผาตัวอย่างซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ถือเป็นน้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังจากเผาจนได้น้ำหนักคงที่

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (\% dry basis)} = \frac{100 \times (W_2 - W)}{(W_1 - W)}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบ (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบ และตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบ และตัวอย่างหลังจากเผาจนได้น้ำหนักคงที่ (กรัม)

6. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าละลายน้ำ (Water soluble ash) (AOAC, 2005)

นำเถ้าละลายในน้ำกลั่น 25 ml ในบีกเกอร์ ปิดด้วยกระดาษฟิคา ดัมเป็นเวลา 5 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 42 นำส่วนใสไว้ในบีกเกอร์ขนาด 150 ml ล้างกระดาษกรอง 4 – 5 ครั้งด้วยน้ำร้อนจนส่วนที่กรองได้ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน นำส่วนที่ล้างได้ใส่ในบีกเกอร์เดียวกัน นำกระดาษที่ล้างไปอบแห้งในตู้อบลมร้อน แล้วเผาที่ 550°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเคสิคเกเตอร์ชั่งน้ำหนัก (W_3)

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายน้ำ (\% dry basis)} = \frac{(W_2 - W) \times 100 \times 100}{(W_1 - W) \times (100 - M)}$$

เมื่อ W_2 = น้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบ และแก้วที่ไม่ละลายน้ำหลังเผาจนน้ำหนักคงที่ (กรัม)
 W = น้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบ (กรัม)
 W_1 = น้ำหนักของจานกระเบื้องเคลือบ และแก้วที่เหลือก่อนเผา (กรัม)
 M = ปริมาณความชื้น (%)

$$\text{ปริมาณแก้วที่ละลายน้ำ (\% dry basis)} = A - B$$

เมื่อ A = ปริมาณแก้วทั้งหมด (% dry basis)
 B = ปริมาณแก้วที่ไม่ละลายน้ำ (% dry basis)

$$\text{ปริมาณแก้วที่ละลายน้ำ (\% dry basis)} = \frac{\text{ปริมาณแก้วที่ละลายน้ำ} \times 100}{\text{ปริมาณแก้วทั้งหมด}}$$

7. การวิเคราะห์สารสกัดด้วยน้ำร้อน (Hot water extract) (AOAC, 2005)

นำตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 ml เติมน้ำกลั่น 200 ml และนำขวดไปต่อกับ water jacketed condenser ทำการ reflux เป็นเวลา 1 ชั่วโมง บนไฟต่ำ เขย่าเป็นครั้งคราว ทำให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 ล้างด้วยน้ำ 3 ครั้ง และปรับปริมาตรด้วยขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 ml เขย่าและเปิดสารละลายตัวอย่าง 50 ml ใส่ใน tared aluminum dish ระเหยตัวอย่างโดยวางไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ แล้วนำไปใส่ตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100°C อบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ความร้อนอีกครั้ง เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำตามขั้นตอนเดิมอีกครั้งด้วยการให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (คลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 มิลลิกรัม) บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้

วิธีคำนวณ

$$\text{สารสกัดด้วยน้ำร้อน (\%)} = \frac{(W_2 - W_1) \times 250 \times 100 \times 100}{W \times 50 \times (100 - M)}$$

- เมื่อ W = น้ำหนักของตัวอย่าง
 W_1 = น้ำหนักของจานอลูมิเนียม
 W_2 = น้ำหนักของจานอลูมิเนียม และสารสกัดที่ถูกทำให้แห้ง (กรัม)
 M = ปริมาณความชื้น (%)





ภาคผนวก ข

แบบสอบถามการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค
ต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อน

แบบสอบถาม

การสำรวจพฤติกรรม และความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อน

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง ขอความร่วมมือตอบแบบสอบถามการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อน

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้เป็นการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตระดับปริญญาเอก สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริง เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

แบบสอบถามประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเชิงทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ชาเขียว

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

ส่วนที่ 4 ข้อมูลทัศนคติที่มีต่อลักษณะของชาเขียวผสมข้าวคั่ว

กรุณาตอบแบบสอบถามทั้ง 4 ส่วน โดยข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนี้จะเป็นความลับและไม่มีผลกระทบใดๆต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณท่านผู้ตอบแบบสอบถามที่สละเวลาอันมีค่าและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

ผู้วิจัย

คำแนะนำ : กรุณาใส่เครื่องหมายถูกลงในวงเล็บ (✓) หน้าข้อความที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

- () ชาย () หญิง

2. อายุ

- () 21 – 30 ปี () 31 – 40 ปี
() 41 – 50 ปี () มากกว่า 50 ปี

3. ระดับการศึกษา

- () ประถมศึกษา () มัธยมศึกษา / ปวช.
() อนุปริญญา / ปวส. () ปริญญาตรี
() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

- () นักเรียน นิสิต นักศึกษา () พนักงานบริษัทเอกชน
() ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ () ธุรกิจส่วนตัว
() แม่บ้าน () รับจ้าง
() อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. รายได้ต่อเดือน

- () ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท () 5,001 – 10,000 บาท () 10,001 – 15,000 บาท
() 15,001 – 20,000 บาท () 20,001 – 25,000 บาท () 25,001 - 30,000 บาท
() มากกว่า 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเชิงพฤติกรรมและทัศนคติในการบริโภคผลิตภัณฑ์ชาเขียวร้อน

6. ความถี่ในการดื่มชาเขียวร้อน

- () ทุกวัน () 1 – 2 ครั้งต่อสัปดาห์ () 1 ครั้งต่อเดือน
 () น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน () นานๆ ครั้ง
 () อื่นๆ โปรดระบุ

7. ท่านมักดื่มชาเขียวร้อนในช่วงเวลาใด

- () ดื่มร่วมกับอาหารเช้า () ดื่มร่วมกับอาหารว่าง
 () ดื่มระหว่างเวลาทำงาน () ดื่มเวลาว่าง
 () อื่นๆ โปรดระบุ

8. รูปแบบการดื่มชาเขียวร้อนของท่านเป็นเช่นไร

- () ดื่มชาเขียวเปล่าๆ () ดื่มชาเขียวผสมน้ำตาล
 () ดื่มชาเขียวผสมนม () ดื่มชาเขียวผสมน้ำตาลและนม
 () อื่นๆ โปรดระบุ

9. ปริมาณที่ท่านดื่มชาเขียวร้อนต่อครั้ง (1 ถ้วย = 200 ml)

- () 1 ถ้วย () 2 – 3 ถ้วย () มากกว่า 3 ถ้วย

10. เหตุผลที่ท่านเลือกดื่มชาเขียว

- () ควบคุมน้ำหนัก () มีสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง
 () ลดระดับความดันเลือด () ชอบในกลิ่น/รสชาติ
 () ตามกระแสนิยม () อื่นๆ โปรดระบุ

11. ท่านซื้อผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากแหล่งใด (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- () ร้านขายชา () ซูเปอร์มาร์เก็ต () ร้านสะดวกซื้อ
 () ร้านอาหาร () อื่นๆ (โปรดระบุ).....

12. ประเภทของชาเขียวที่ท่านเลือกซื้อ

- () ชาใบ () ชาผง () ชาบรรจุซอง

13. รูปแบบของผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่ท่านเลือกซื้อ

- () ชาบรรจุขนาดครอบครั () ชาชนิดซองบรรจุกล่อง
 () ชาบรรจุกระป๋องมีฝาปิด

14. ราคาของชาเขียวที่ท่านซื้อต่อ 1 หน่วย

- () น้อยกว่า 100 บาท () 101 – 200 บาท () 201 – 300 บาท
() มากกว่า 300 บาท

15. ชนิดของชาเขียวที่ท่านชื่นชอบ

- () ชาเขียวญี่ปุ่น () ชาเขียวจีน () ชาเขียวผสมข้าวคั่ว
() ชาเขียวผสมดอกไม้ () ชาเขียวผสมผลไม้

16. ยี่ห้อของผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่ท่านเลือกซื้อ

17. ท่านให้ความสำคัญต่อปัจจัยเหล่านี้อย่างไรในการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ชาเขียว

ปัจจัยในการเลือกซื้อ	ระดับความสำคัญ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ชาเขียว (ชาใบ, ชาผง)					
- ตรายี่ห้อ					
- ลักษณะของบรรจุภัณฑ์					
- ขนาดการบรรจุ					
- สีสีนของบรรจุภัณฑ์					
- ความสะดวกในการบริโภค					
- ความง่ายต่อการเก็บรักษา					
- ข้อมูลทางโภชนาการ					
- ข้อมูลบ่งชี้ประโยชน์ต่อสุขภาพ					
- ราคา					
น้ำชาเขียว (ชงร้อน)					
- สี					
- ความใส					
- กลิ่น (ดม)					
- กลิ่นรส (ชิม)					

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านทัศนคติที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว

18. ท่านคิดว่าคุณลักษณะที่ดีของชาเขียวผสมข้าวคั่วควรเป็นอย่างไร

18.1 ลักษณะบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว

() ลักษณะที่ 1 () ลักษณะที่ 2 () ลักษณะที่ 3 (ภาพผนวกที่ ค1)

18.2 ชนิดของข้าวที่ใช้ผลิตข้าวคั่วซึ่งเป็นส่วนผสมของชาเขียวผสมข้าวคั่ว

() ข้าวขาว () ข้าวกล้อง

18.3 สีของน้ำชาเขียวผสมข้าวคั่ว

() ระดับที่ 1 () ระดับที่ 2 () ระดับที่ 3
() ระดับที่ 4 () ระดับที่ 5 (ภาพผนวกที่ ค2)

18.4 ความใส

() ระดับที่ 1 () ระดับที่ 2 () ระดับที่ 3 (ภาพผนวกที่ ค3)

18.5 กลิ่น

() กลิ่นชาเขียว () กลิ่นข้าวคั่ว () กลิ่นชาเขียวผสมข้าวคั่ว

() เพิ่มกลิ่นดอกไม้ โปรดระบุ

() เพิ่มกลิ่นผลไม้ โปรดระบุ

18.6 กลิ่นรส

() กลิ่นรสชาเขียวมากกว่าข้าวคั่ว

() กลิ่นรสข้าวคั่วมากกว่าชาเขียว

() กลิ่นรสชาเขียวและข้าวคั่วเท่าๆ กัน

19. ถ้ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วที่ผลิตได้ในประเทศไทย ท่านมีความสนใจในตัวผลิตภัณฑ์ดังกล่าวหรือไม่

() สนใจ () ไม่สนใจ เนื่องจาก.....



ภาพผนวกที่ ข1 ลักษณะบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ชาผสมข้าวคั่ว



ภาพผนวกที่ ข2 ระดับสีของน้ำชา



ภาพผนวกที่ ข3 ความใสของน้ำชา

ส่วนที่ 4 ข้อมูลความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อชาเขียวผสมข้าวคั่ว

คำอธิบายผลิตภัณฑ์ ชาเขียวผสมข้าวคั่ว (Genmaicha) เป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากใบชา (*Camellia sinensis*) ผสมข้าวกล้องคั่วชนิดขร่อน ซึ่งมีสารประกอบคาเทชินเป็นองค์ประกอบสำคัญในชาเขียวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีสรรพคุณเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ และช่วยลดระดับความดันเลือด (Hirota *et al*, 2002)

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วชนิดขร่อน และให้คะแนนตามอัตราความชอบ ในคุณลักษณะต่างๆ โดยทำเครื่องหมาย X ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

วิธีการทดสอบ

1. ต้มก่ด สี และควมใสของน้ำชาจากการมอ ง ให้คะแนนความชอบในด้านสี และควมใส
2. ดมกลิ่นน้ำชา แล้วให้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นของน้ำชา
3. ชิมน้ำชา แล้วให้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นรส และรสชาติของน้ำชา

รหัส

สีของน้ำชา

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
---------------------	---------------	-----------------------	--------------------	-----------------------------------	-----------------	----------------	------------	------------------

ความใสของน้ำชา

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
---------------------	---------------	-----------------------	--------------------	-----------------------------------	-----------------	----------------	------------	------------------

กลิ่น

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
---------------------	---------------	-----------------------	--------------------	-----------------------------------	-----------------	----------------	------------	------------------

กลิ่นรส

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
---------------------	---------------	-----------------------	--------------------	-----------------------------------	-----------------	----------------	------------	------------------

รสขม

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
---------------------	---------------	-----------------------	--------------------	-----------------------------------	-----------------	----------------	------------	------------------

ความชอบรวม

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่า ชอบหรือไม่ ชอบ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปานกลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
---------------------	---------------	-----------------------	--------------------	-----------------------------------	-----------------	----------------	------------	------------------



ชื่อผู้ทดสอบ

วันที่

คะแนนการทดสอบ Generic descriptive analysis ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว (Genmaicha) ชนิดขงร้อน

Appearance

สีเหลือง

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0

ความใส

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0

Aroma

กลิ่นชา

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0

กลิ่นแห้ง

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0

กลิ่น Green

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0

Taste

รสขม

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0

Mouth feel

ความฝืด

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0

Aftertaste

กลิ่นรสชา

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0

กลิ่นรส Roast

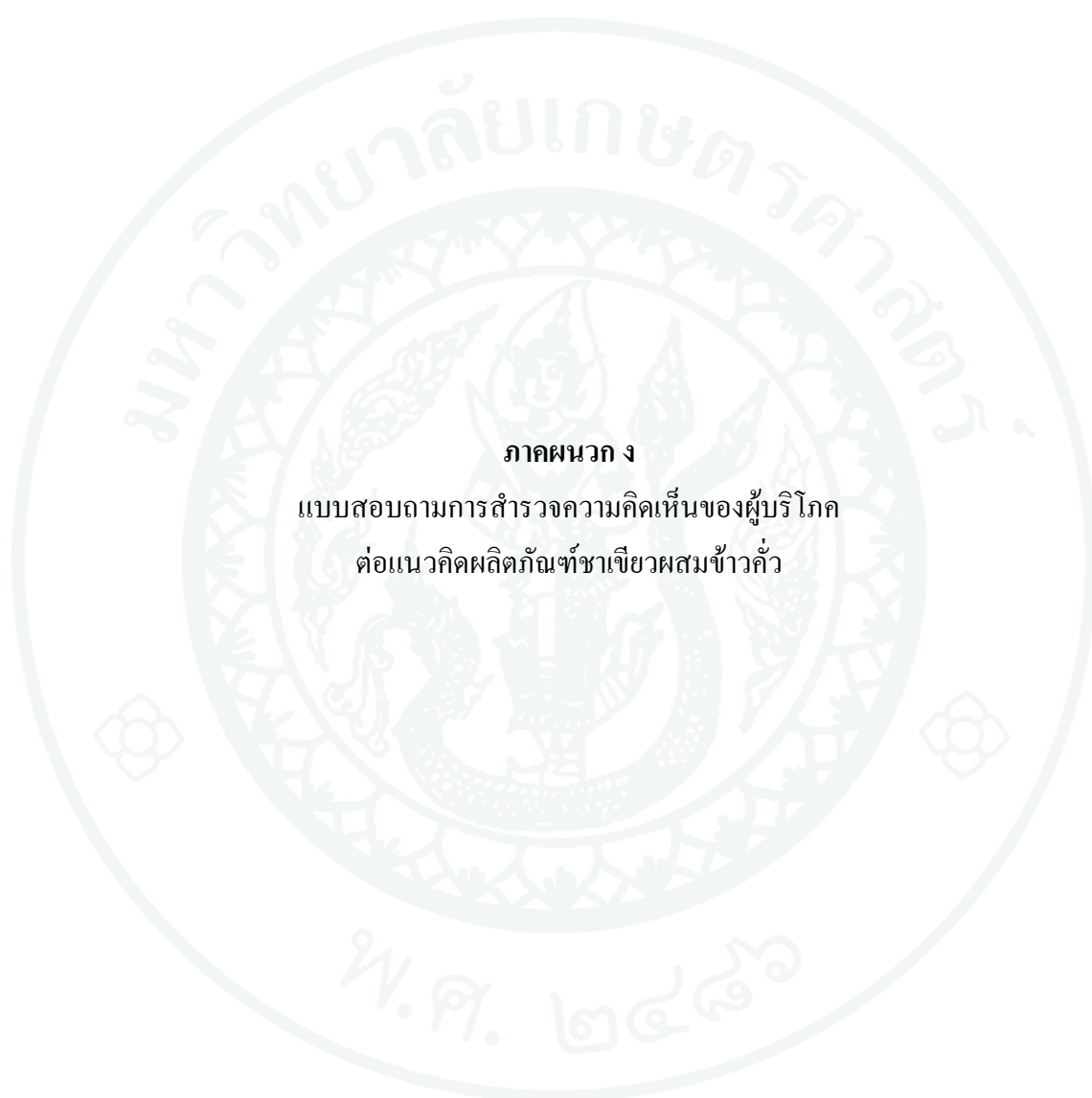
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0

รสขม

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0

ความฝืด

0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.5 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0 9.5 10.0 10.5 11.0 11.5 12.0 12.5 13.0 13.5 14.0 14.5 15.0



ภาคผนวก ง

แบบสอบถามการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภค

ต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว

แบบสอบถาม

การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อน

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้เป็นจัดทำขึ้นเพื่อเป็นการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วชนิดขงร้อน เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตระดับปริญญาเอก สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งความคิดเห็นของท่านจะนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการพัฒนาชาเขียวผสมข้าวคั่วให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคต่อไป ทางคณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอความกรุณาและความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ทั้งนี้ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมานี้จะเป็นความลับ และไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น

คำอธิบายผลิตภัณฑ์ ชาเขียวผสมข้าวคั่ว (Genmaicha) เป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาใบผสมข้าวกล้องคั่วชนิดขงร้อน ซึ่งมีสารประกอบคาเทชินเป็นองค์ประกอบสำคัญในชาเขียวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีสรรพคุณเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ และช่วยลดระดับความดันเลือด

คำแนะนำ : กรุณาใส่เครื่องหมายถูกลงในวงเล็บ (✓) ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ

() 21 – 30 ปี

() 31 – 40 ปี

() 41 – 50 ปี

() มากกว่า 50 ปี

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อชาเขียวผสมข้าวคั่ว

แนวคิดผลิตภัณฑ์ (Product Concept) ของชาเขียวผสมข้าวคั่ว

“ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่ว ผลิตจากชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว เป็นเครื่องดื่มชาชนิด
ชงร้อน บรรจุในซองพร้อมชง และบรรจุรวมในกล่องกระดาษ น้ำชาที่ชงได้มีสีเหลือง น้ำชา
ค่อนข้างใส มีกลิ่นชาเขียวผสมข้าวคั่ว และมีกลิ่นรสชาเขียวมากกว่าข้าวคั่ว”

3. ท่านเห็นด้วยกับแนวคิดผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วหรือไม่

() เห็นด้วย

() ไม่เห็นด้วย

4. ประโยชน์ที่ท่านต้องการได้รับจากชาเขียวผสมข้าวคั่ว คือ

() มีสารต้านอนุมูลอิสระ ลดการเกิดโรคมะเร็ง

() ลดระดับคอเลสเตอรอล

() ลดความดันเลือด

() ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน

() ควบคุมน้ำหนัก



แบบสอบถาม ผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องแก้ว

คำอธิบายผลิตภัณฑ์ ชาเขียวผสมข้าวแก้ว (Genmaicha) เป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากใบชา (*Camellia sinensis*) ผสมข้าวกล้องแก้วชนิดขรร้อน ซึ่งมีสารประกอบคาเทชินเป็นองค์ประกอบสำคัญในชาเขียวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีสรรพคุณเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ และช่วยลดระดับความดันเลือด (Hirota *et al*, 2002)

คำแนะนำ : กรุณาใส่เครื่องหมายถูกลงในวงเล็บ (✓) หน้าข้อความที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย () หญิง

2. อายุ

() 21 – 30 ปี () 31 – 40 ปี () 41 – 50 ปี
() มากกว่า 50 ปี

3. ระดับการศึกษา

() ประถมศึกษา () มัธยมศึกษา / ปวช.
() อนุปริญญา / ปวส. () ปริญญาตรี
() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

() นักเรียน นิสิต นักศึกษา () พนักงานบริษัทเอกชน
() ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ () ธุรกิจส่วนตัว
() แม่บ้าน () รับจ้าง
() อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. รายได้ต่อเดือน

() ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท () 5,001 – 10,000 บาท () 10,001 – 15,000 บาท
() 15,001 – 20,000 บาท () 20,001 – 25,000 บาท () 25,001 - 30,000 บาท
() มากกว่า 30,000 บาท

ใบรายงานผลการทดสอบความชอบและความพอใจ

คำชี้แจง โปรดทดสอบตัวอย่างชาเขียวผสมข้าวคั่ว แล้วให้คะแนนความชอบและความพอใจของผลิตภัณฑ์

ให้คะแนนความชอบตั้งแต่ 1 – 9 โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

และให้คะแนนความพอใจโดยทำเครื่องหมาย X ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์

วิธีการทดสอบ

1. สังเกต สี และความขุ่นของน้ำชาจากการมอง แล้วให้คะแนนความชอบและความพอใจในด้านสีและความขุ่น
2. ดมกลิ่นของน้ำชา แล้วให้คะแนนความชอบและความพอใจในด้านกลิ่นชา และกลิ่นข้าวคั่ว
3. ชิมน้ำชา แล้วให้คะแนนความชอบและความพอใจในด้านกลิ่นรสโดยรวม และให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะ	รหัส			
	ความชอบ	ความพอใจ		
		น้อยเกินไป	พอดี	มากเกินไป
ความเข้มของสีน้ำชา				
ความใสของน้ำชา				
กลิ่นชา				
กลิ่นข้าวคั่ว				
กลิ่นรสโดยรวม				
ความชอบโดยรวม				



ภาคผนวก จ

แบบทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าว

แบบสอบถาม

การทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าว

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง ขอความร่วมมือตอบแบบสอบถามการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าว

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้เป็นการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิข้าว เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของ นางสาววรรณ วิทยาภรณ์ นิสิตปริญญาเอก สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์

โดยแบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยมีการทดสอบชิมตัวอย่าง

ส่วนที่ 3 ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์

กรุณาตอบแบบสอบถามทั้ง 3 ส่วน โดยข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนี้จะเป็นความลับและไม่มีผลกระทบใดๆต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณท่านผู้ตอบแบบสอบถามที่สละเวลาอันมีค่าและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

ผู้วิจัย

คำแนะนำ : กรุณาใส่เครื่องหมายถูกลงในวงเล็บ (✓) หน้าข้อความที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

- () ชาย () หญิง

2. อายุ

- () 21 – 30 ปี () 31 – 40 ปี () 41 – 50 ปี
() มากกว่า 50 ปี

3. ระดับการศึกษา

- () ประถมศึกษา () มัธยมศึกษา / ปวช.
() อนุปริญญา / ปวส. () ปริญญาตรี
() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

- () นักเรียน นิสิต นักศึกษา () พนักงานบริษัทเอกชน
() ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ () ธุรกิจส่วนตัว () แม่บ้าน
() รับจ้าง () อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. รายได้ต่อเดือน

- () ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท () 5,001 – 10,000 บาท () 10,001 – 15,000 บาท
() 15,001 – 20,000 บาท () 20,001 – 25,000 บาท () 25,001 – 30,000 บาท
() มากกว่า 30,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วชนิดขงร้อน และให้คะแนนตามอัตราความชอบ ในคุณลักษณะต่างๆ โดยทำเครื่องหมาย X ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

สีของน้ำชา

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
-----------------	-----------	---------------	----------------	---------------------------	-------------	------------	--------	--------------

ความใสของน้ำชา

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
-----------------	-----------	---------------	----------------	---------------------------	-------------	------------	--------	--------------

กลิ่นรสโดยรวม

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
-----------------	-----------	---------------	----------------	---------------------------	-------------	------------	--------	--------------

ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
-----------------	-----------	---------------	----------------	---------------------------	-------------	------------	--------	--------------

6. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วชนิดขงร้อนหรือไม่

() ขอมรับ () ไม่ขอมรับ เนื่องจาก.....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่ว

ชาเขียวผสมข้าวกล้องคั่วเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากใบชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วชนิด
ขงร้อน ซึ่งมีสารประกอบคาเทชินเป็นองค์ประกอบสำคัญในชาเขียวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มี
สรรพคุณเป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นต้นเหตุของโรคมะเร็ง สามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิด
โรคหลอดเลือดหัวใจ ลดระดับความดันเลือด และควบคุมน้ำหนัก

7. ภายหลังจากที่ท่านทราบข้อมูลประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวคั่วแล้วท่านยอมรับ
ผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

() ขอมรับ () ไม่ยอมรับ เนื่องจาก.....



ใบรายงานผลการทดสอบความชอบ

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ชาเขียวผสมข้าวกล้องหอมมะลิคั่วชนิดขงร้อน และให้คะแนนตามอัตราความชอบ ในคุณลักษณะต่างๆ โดยทำเครื่องหมาย X ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

สีของน้ำชา

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
-----------------	-----------	---------------	----------------	---------------------------	-------------	------------	--------	--------------

ความใสของน้ำชา

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
-----------------	-----------	---------------	----------------	---------------------------	-------------	------------	--------	--------------

กลิ่นรสโดยรวม

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
-----------------	-----------	---------------	----------------	---------------------------	-------------	------------	--------	--------------

ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
-----------------	-----------	---------------	----------------	---------------------------	-------------	------------	--------	--------------

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางวราภรณ์ วิทยาภรณ์
เกิดวันที่	12 ตุลาคม 2518
สถานที่เกิด	เขตคูสิต กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (อุตสาหกรรมเกษตร) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วท.ม. (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนานุเคราะห์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต