



การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจาก
ผลตำลึงสุก

Development of appropriate formulations of straw mushroom crispy enriched with
lycopene and fiber from ivy gourd fruit

อรนุช สีหามาลา

ศุภชัย ภูลายดอก

ภัชรินทร์ ชาดัน

หนูเดือน สาระบุตร

ณัฐพงศ์ เจนวิพากษ์

พรประภา ชุนถนอม

อนันต์ พันธุ์บุญ

กาญจนา กุลวิฑิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

วิทยาเขตกาฬสินธุ์

งบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุก
นักวิจัย	1. นางสาวอรนุช สีหามาลา 2. นายศุภชัย ภูลายดอก 3. นางภัสรินทร์ ชาดัน 4. นางสาวหนูเดือน สาระบุตร 5. นายณัฐพงษ์ เจนวิพากษ์ 6. นางพรประภา ชุนถนอม 7. นายอนันต์ พันธุ์บุญ 8. นางกาญจนา กุลวิทิศ
หน่วยงาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์
คณะ	เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
ปีที่จัดพิมพ์	2559
แหล่งทุน	งบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันที่มีผลต่อคุณภาพของผลตำลึงสุกผง ได้แก่ การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลมร้อน การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิดและผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านการทำแห้ง (ควบคุม) จากการทดลองพบว่าการทำแห้งผลตำลึงสุกโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งจะทำให้มีปริมาณไลโคปีนสูงกว่าการทำแห้งวิธีอื่นๆ ส่วนปริมาณเส้นใยอาหารและปริมาณไขมันของผลตำลึงสุกพบว่าวิธีการทำแห้งทั้งสามวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับค่าสี a^* พบว่าผลตำลึงสุกผงที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดจะมีค่าสี a^* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับตัวอย่างควบคุม แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) กับผลตำลึงสุกผงที่ผ่านการทำแห้งแบบลมร้อนและการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอัตราส่วน (โดยน้ำหนัก/น้ำหนัก) ของแป้งมันสำปะหลังต่อเห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงในการทำข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงที่ 71:23:6, 70:25:5, 70:23:7, 73:20:7, 72:20:8, 75:20:5, 70:25:5, 73:22:5,

75:20:5, 70:20:10, 71:20:9 และ 70:20:10 ต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัส จากผลการทดลองพบว่าปริมาณไลโคปีน ปริมาณเส้นใยอาหาร และปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณไขมันลดลง เมื่อปริมาณของผลตำลึงสุกผงเพิ่มขึ้น และปริมาณเห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและแป้งมันสำปะหลังลดลง โดยปริมาณไลโคปีน เส้นใยอาหาร โปรตีน ไขมัน ค่าความชื้น ค่า a_w ค่าสี $L^* a^* b^*$ และ ค่าความเปรี้ยวหรือความกรอบมีค่าเท่ากับ 0.31 ± 0.02 – 0.75 ± 0.06 มิลลิกรัม/กรัม, ร้อยละ 1.51 ± 0.15 – 3.75 ± 0.13 , ร้อยละ 2.29 ± 0.15 – 2.94 ± 0.10 , ร้อยละ 0.15 ± 0.14 – 0.59 ± 0.11 , ร้อยละ 2.36 ± 0.01 – 2.83 ± 0.01 , ร้อยละ 0.54 ± 0.01 – 0.69 ± 0.07 , 0.60 ± 0.01 – 0.69 ± 0.01 , 45.84 ± 0.28 – 49.73 ± 0.38 , 14.10 ± 0.31 – 16.25 ± 0.27 , 14.95 ± 0.35 – 19.37 ± 0.30 และ 564.12 ± 0.47 – 1099.93 ± 0.43 g.force ตามลำดับ สำหรับคุณภาพทางด้านเชื้อจุลินทรีย์พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และราอยู่ในช่วง $3.30 \times 10^2 \pm 0.24$ ถึง $5.20 \times 10^2 \pm 0.16$ cfu/g และ $1.00 \times 10 \pm 0.24$ ถึง $4.95 \times 10 \pm 0.18$ cfu/g ตามลำดับ ส่วนเชื้อ *E. coli* เชื้อ *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Salmonella* sp. ไม่พบในทุกตัวอย่าง นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของข้าวเกรียบ จากการทดลอง Mixture design พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 71.7 เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดร้อยละ 20.0 และ ผลตำลึงสุกผงร้อยละ 8.3 ซึ่งข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงมีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมคือ 6.75 ปริมาณไลโคปีน 0.44 ± 0.06 มิลลิกรัม/กรัม และปริมาณเส้นใยอาหารเท่ากับร้อยละ 3.33 ± 0.01 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ข้าวเกรียบ เห็ดฟาง ไลโคปีน เส้นใยอาหาร ตำลึง

Research Title: Development of appropriate formulations of Straw mushroom Crispy enriched with Lycopene and Fiber from Ivy gourd fruit

Researcher:

1.	Miss Oranut	Sihamala
2.	Mr. Subhachai	Bhulaidok
3.	Mrs. Patcharin	Zatun
4.	Miss Nuduan	Saraboot
5.	Mr. Natthapong	Jenwipack
6.	Mrs. Pornprapha	Chunthanom
7.	Mr. Anan	Panpiboon
8.	Mrs. Kanjana	Kulvitit

University: Rajamangala University of Technology Isan, Kalasin Campus

Faculty: Agro-Industrial Technology **Department:** Food Science and Technology

Published Year: 2016

Source of Fund: Rajamangala University of Technology Isan

Abstract

This research aims to study the effect of different drying methods that affect the quality of ivy gourd fruit powder was tray drying, drum drying, freeze drying and control. The results found that the ivy gourd fruit dried by drum dryer was highest lycopene content. Fiber content and crude fat content of ivy gourd fruit powder dried by three drying methods was not significantly different ($p>0.05$) with control. The a^* color of the ivy gourd fruit powder dried by freeze drying was not significantly different ($p>0.05$) with control but was significantly different ($p\leq 0.05$) with tray drying and drum drying.

This research emphasized that the ratio by w/w of cassava flour : straw mushroom and ivy gourd fruit powder in making a straw mushroom crispy enriched with lycopene and fiber from ivy gourd fruit powder at 71:23:6, 70:25:5, 70:23:7, 73:20:7, 72:20:8, 75:20:5, 70:25:5, 73:22:5, 75:20:5, 70:20:10, 71:20:9 and 70:20:10 on the physiochemical properties and sensory evaluation. The results found that the lycopene content, fiber content and protein content

increased whereas crude fat content decreased at higher concentrations of ivy gourd fruit powder and lower concentrations of cassava flour and straw mushroom. The protein content, ash content, carbohydrate content, total acidity, a_w , L^* a^* b^* color and fractuability of the samples were $0.31\pm0.02 - 0.75\pm0.06$ mg/g, $1.51\pm0.15-3.75\pm0.13\%$, $2.29\pm0.15-2.94\pm0.10\%$, $0.15\pm0.14-0.59\pm0.11\%$, $2.36\pm0.01-2.83\pm0.01\%$, $0.54\pm0.01-0.69\pm0.07\%$, $0.60\pm0.01-0.69\pm0.01$, $45.84\pm0.28-49.73\pm0.38$, $14.10\pm0.31-16.25\pm0.27$, $14.95\pm0.35-19.37\pm0.30$ and $564.12\pm0.47-1099.93\pm0.43$ g.force, respectively. It was found that total plate count and yeast and mold were $3.30\times10^2\pm0.24-5.20\times10^2\pm0.16$ cfu/g and $1.00 \times 10\pm0.24-4.95\times10\pm0.18$ cfu/g, respectively for the straw mushroom crispy enriched with lycopene and fiber from ivy gourd fruit. *E. coli*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* sp. were not found of all samples. However total aerobic plate count and yeast and mold were in the permission level of count for straw mushroom crispy enriched with lycopene and fiber from ivy gourd fruit. From mixture design experiment, it was found that the main ingredients of straw mushroom crispy enriched with lycopene and fiber from ivy gourd fruit were 71.7% cassava flour, 20.0% straw mushroom and 8.3% ivy gourd fruit powder. The overall acceptability attribute liking scores, lycopene content and fiber content of straw mushroom crispy werer 6.75, 0.44 ± 0.06 mg/g and $3.33\pm0.01\%$, respectively.

Key words: Crispy, Straw mushroom, Lycopene, Fiber, Ivy gourd

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีต้องขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่และนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ที่เป็นผู้ช่วยในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

อรนุช สีหามาล
ศุภชัย ภูลายดอก
ภัชรินทร์ ชาดัน
หนูเดือน สาระบุตร
ณัฐพงษ์ เจนวิพากษ์
พรประภา ชุนถนอม
อนันต์ พันธุ์บุญ
กาญจนา กุลวิทิศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 สมมุติฐานงานวิจัย.....	2
1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย.....	3
1.7 คำสำคัญของการวิจัย.....	3
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	29
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	29
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย.....	30
3.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบเห็ดฟาง เสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึง.....	37
3.4 สถานที่ดำเนินงานวิจัย.....	37
3.5 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย.....	37
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	38
4.1 ผลการศึกษากระบวนการทำแห้งชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของ ผลตำลึงสุก.....	38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการพัฒนาสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร	
จากผลต่ำถึงสูง.....	43
4.3 ศึกษาคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของ	
ผลิตภัณฑ์สุดท้าย	64
4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยี	67
บทที่ 5 บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	75
5.1 สรุปผลการวิจัย	75
5.2 ข้อเสนอแนะ	75
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก	79
ภาคผนวก ข	83
ภาคผนวก ค	88
ภาคผนวก ง	90
ภาคผนวก จ	105
ประวัติย่อนักวิจัย	121

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณค่าทางอาหารในดอกเห็ดฟางระยะต่าง ๆ	10
2.2 แสดงปริมาณของไลโคปีนในมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ	19
2.3 ปริมาณของไลโคปีน (Lycopene) ที่พบในร่างกายมนุษย์	20
3.1 แสดงวิธีการทำแห้งผลตำลึงสุกที่ใช้ในแต่ละการทดลอง	30
3.2 ข้อจำกัดของส่วนผสมหลักแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและ ผลตำลึงสุกผงในการทำข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลตำลึงสุกผง	32
3.3 แสดงปริมาณของส่วนผสมที่ใช้ในแต่ละการทดลอง.....	33
3.4 ปัจจัยรองที่ใช้ในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงในการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริม ไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยจะกำหนดให้คงที่ทุกการทดลอง	35
4.1 ผลทางด้านกายภาพของผลตำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน	39
4.2 ผลทางด้านเคมีของผลตำลึงสุกเมื่อทำแห้งวิธีต่างๆ กัน	42
4.3 แสดงปริมาณของส่วนผสมที่ใช้ในแต่ละการทดลอง.....	44
4.4 ค่าเฉลี่ยของสมบัติทางด้านเคมีของตัวอย่างข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีน และเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	47
4.5 คุณภาพทางด้านกายภาพของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและ เส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	48
4.6 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและ เส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	49
4.7 รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของ ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	50
4.8 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของ ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	58
4.9 รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของ ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.10 อัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและ ผลตำลึงสุกผงที่ได้จากการทำนายโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ ค่าคะแนนการยอมรับรวม ปริมาณไลโคปีนและปริมาณเส้นใยอาหารสูงสุด	63
4.11 ค่าเฉลี่ยของสมบัติทางด้านเคมี กายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของตัวอย่าง ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	64
4.12 ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและ เส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	65
4.13 แสดงเพศของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)	66
4.14 แสดงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)	66
4.15 แสดงระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)	67
4.16 แสดงแหล่งของข้อมูลการฝึกอบรมของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)	67
4.17 แสดงระดับความรู้ความเข้าใจในหลักสูตรการฝึกอบรมครั้งนี้ของ ผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)	68
4.18 แสดงความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของการเข้ารับการฝึกอบรมครั้งนี้ ของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)	69
4.19 การนำความรู้ ประสพการณ์ที่ได้จากการฝึกอบรมไปใช้ประโยชน์ ของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)	70
4.20 ความคาดหวังว่าจะมีรายได้เพิ่มขึ้น (บาท/เดือน) ของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)	71
4.21 ความพึงพอใจเกี่ยวกับการดำเนินการฝึกอบรมของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)	72
4.22 ความพึงพอใจเกี่ยวกับวิทยากรในการฝึกอบรมของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)	73
จ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ Lycopene content (mg/g) (% of wet basis)	106
จ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ Fiber content (% of wet basis)	106
จ.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ Protein content (% of wet basis)	107

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
จ.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลด้าลิ่งสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ Crude fat content (% of wet basis)	107
จ.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลด้าลิ่งสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของค่า a_w	108
จ.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลด้าลิ่งสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ Moisture content (% of wet basis)	108
จ.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลด้าลิ่งสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ Ash content (% of wet basis)	109
จ.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลด้าลิ่งสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของค่า L^*	109
จ.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลด้าลิ่งสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของค่า a^*	110
จ.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลด้าลิ่งสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของค่า b^*	110
จ.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของปริมาณไลโคปีนของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและ เส้นใยอาหารจากผลด้าลิ่งสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design	111
จ.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของปริมาณเส้นใยอาหารของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและ เส้นใยอาหารจากผลด้าลิ่งสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design	111
จ.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลด้าลิ่งสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design	112
จ.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของปริมาณไขมันของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลด้าลิ่งสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design	112
จ.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของปริมาณเถ้าของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลด้าลิ่งสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design	113

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
จ.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของปริมาณความชื้นของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	113
จ.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของค่า a_w ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	114
จ.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของค่า L^* ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	114
จ.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของค่า a^* ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	115
จ.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของค่า b^* ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	115
จ.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของค่าความเปราะหรือความกรอบ (Fracturability) ของข้าวเกรียบเห็ดฟาง เสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลอง แบบ D-optimal Mixture design.....	116
จ.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ของข้าวเกรียบเห็ดฟาง เสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลอง แบบ D-optimal Mixture design.....	116
จ.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ของปริมาณเชื้อยีสต์และราของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและ เส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
จ.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	117
จ.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	118
จ.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	118
จ.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสชาติของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	119
จ.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	119
จ.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design.....	120

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงพร้อมบริโภครวม	5
2.2 ข้าวเกรียบดิบของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	6
2.3 เห็ดฟาง	9
2.4 ลักษณะพัฒนาการของดอกเห็ด	9
2.5 วงจรชีวิตของเห็ดฟาง	11
2.6 การเตรียมอาหารเลี้ยงเส้นใยเห็ด	13
2.7 ผลตำลึงสุก	16
2.8 ใบตำลึงและผลตำลึงดิบ	16
2.9 ดอกตำลึง	17
2.10 โครงสร้างไลโคปีน	19
2.11 อาหารที่เกี่ยวข้องของการเกิดโรคชาลโมเนลไลซิส	23
3.1 Twelve points D-optimal mixture design for the effects of cassava flour (A), mushroom (B), Ivy gourd fruit powder (C)	33
3.2 กระบวนการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	34
4.1 Twelve points D-optimal mixture design for the effects of cassava flour (A), mushroom (B), Ivy gourd fruit powder (C)	43
4.2 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อปริมาณไลโคปีนของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	51
4.3 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อปริมาณเส้นใยอาหาร (% dry basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	51
4.4 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อปริมาณโปรตีน (% dry basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	52
4.5 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อปริมาณไขมัน (% dry basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.6 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อปริมาณเถ้า (% dry basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	53
4.7 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อปริมาณความชื้น (% wet basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	53
4.8 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อค่า a_w ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	54
4.9 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อค่าสี L^* ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	54
4.10 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อค่าสี a^* ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	55
4.11 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อค่าสี b^* ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	55
4.12 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อค่า Fractuability ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	56
4.13 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	56
4.14 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	57
4.15 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.16 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อ คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีน และเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	60
4.17 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อ คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีน และเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	61
4.18 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อ คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสชาติของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริม ไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง.....	61
4.19 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อ คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบเห็ดฟาง เสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	62
4.20 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผงที่มีต่อ คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของข้าวเกรียบเห็ดฟาง เสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง	62
4.21 อัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่ได้จากการทำนายโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่าคะแนนการยอมรับรวม ปริมาณไลโคปีนและปริมาณเส้นใยอาหารสูงสุด	63
ก.1 ผลตำลึงสุก.....	80
ก.2 ผลตำลึงสุกล้างทำความสะอาดตัดแต่งส่วนที่มีตำหนิ	80
ก.3 หั่นผลตำลึงสุกให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ	80
ก.4 หั่นผลตำลึงสุกให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ	80
ก.5 ผลตำลึงสุกที่หั่นเรียบร้อยแล้ว	80
ก.6 ผลตำลึงสุกที่บดละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร	80
ก.7 ผลตำลึงสุกนำไปอบในเครื่องทำแห้งแบบถาด	80
ก.8 ผลตำลึงสุกผงที่ทำแห้งแล้ว	80
ก.9 ผลตำลึงสุกผงนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	81

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ก.10 ผลตำลึงสุกผงนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	81
ก.11 ผลตำลึงสุกที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	81
ก.12 ผลตำลึงสุกที่ผ่านการทำแห้งและบดเรียบร้อยแล้ว	81
ก.13 เห็ดฟางนำมาล้างทำความสะอาด	81
ก.14 เห็ดฟางต้มให้สุก	81
ก.15 นำไปบดให้ละเอียดพักไว้	81
ก.16 ตีส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	81
ก.17 นำก้อนแป้งที่ได้ไปนึ่งจนสุกที่อุณหภูมิ 100°C	82
ก.18 ก้อนข้าวเกรียบหลังแช่แข็งเป็นเวลา 2 วัน	82
ก.19 นำไปหั่นเป็นแว่นบาง ๆ ด้วยเครื่องสไลด์หนา 1 มม.	82
ก.20 ข้าวเกรียบที่หั่นเป็นแว่นบาง ๆ ด้วยเครื่องสไลด์หนา 1 มม.	82
ก.21 นำแผ่นข้าวเกรียบไปเรียงในถาด	82
ก.22 นำไปอบในเครื่องทำแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 55°C เวลา 3 ชม.	82
ก.23 นำข้าวเกรียบมาทอดในน้ำมัน	82
ก.24 ข้าวเกรียบที่ทอดเสร็จแล้ว	82
ข.1 ลงทะเบียนก่อนเข้าอบรม	84
ข.2 หัวหน้าโครงการกล่าวเปิดงาน	84
ข.3 หัวหน้าโครงการชี้แจงรายละเอียดของโครงการก่อนลงมือปฏิบัติจริง	84
ข.4 แนะนำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบ	84
ข.5 แนะนำวัตถุดิบ	84
ข.6 อธิบายขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบ	84
ข.7 อธิบายขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบ	84
ข.8 เตรียมวัตถุดิบและเครื่องปรุง	84
ข.9 เตรียมวัตถุดิบและเครื่องปรุง	85
ข.10 นำเห็ดฟางไปต้ม	85
ข.11 ปั่นเห็ดฟางและกระเทียม	85
ข.12 นำส่วนผสมทุกอย่างผสมเข้าด้วยกันยกเว้นแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีและน้ำร้อน	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ข.13 จากนั้นนำส่วนผสมทุกอย่างเข้ากันยกเว้นแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีและน้ำร้อน.....	85
ข.14 เติมแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีสลับกับน้ำร้อนนวดให้เข้ากัน.....	85
ข.15 เติมแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีสลับกับน้ำร้อนนวดให้เข้ากัน.....	85
ข.16 ทำการนวดไปเรื่อย ๆ จนกว่าเนื้อแป้งจะเนียนและส่วนผสมเข้ากันดี	85
ข.17 จากนั้นนำมาปั้นเป็นแท่งห่อด้วยถุงพลาสติก.....	86
ข.18 นำข้าวเกรียบใส่ลังถึงพร้อมนี้้ง	86
ข.19 นำข้าวเกรียบไปนึ่งประมาณ 1 ชม.....	86
ข.20 สไลด์ข้าวเกรียบ.....	86
ข.21 ข้าวเกรียบหลังจากสไลด์.....	86
ข.22 ทอดข้าวเกรียบ	86
ข.23 ข้าวเกรียบหลังจากการทอด	86
ข.24 ข้าวเกรียบหลังจากการทอด	86
ข.25 ผู้เข้าอบรมกรอกแบบประเมินหลังจากเสร็จสิ้นการอบรม.....	87
ข.26 ผู้เข้าอบรมกรอกแบบประเมินหลังจากเสร็จสิ้นการอบรม.....	87
ข.27 มอบใบประกาศเกียรติบัตร	87
ข.28 มอบใบประกาศเกียรติบัตร	87
ข.29 หัวหน้าโครงการกล่าวขอบคุณและกล่าวปิดงาน	87
ข.30 ถ่ายภาพร่วมกันหลังจากเสร็จสิ้นการอบรม	87

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวเกรียบเป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลายในแถบเอเชีย ข้าวเกรียบบางชนิดทำจากแป้งผสมสารปรุงแต่งกลิ่นรส ได้แก่ กลิ่นกุ้ง กลิ่นปลา ทำให้คุณค่าทางโภชนาการต่ำ ส่วนผสมหลักในการทำข้าวเกรียบคือแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากหาง่าย ราคาถูกกว่าแป้งสาลีและแป้งข้าวโพด แต่แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีน ไลโคปีนและเส้นใยอาหารต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าสามารถนำเห็ดฟางซึ่งมีผลผลิตมากในบางฤดูกาล และมีราคาตกต่ำ อีกทั้งผลด่ำถึงสุกที่เป็นของเหลือทิ้งตามบ้านเรือน ที่มีในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพที่มีคุณภาพสูงคือ มีปริมาณไลโคปีน แคโรทีนอยด์ และเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นกว่าข้าวเกรียบที่มีแต่การเติมสีและกลิ่นสังเคราะห์ จะสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าในท้องถิ่นและพร้อมทั้งพัฒนากลุ่มเกษตรกรและการปรับปรุงเทคโนโลยี ช่วยเพิ่มคุณภาพอาหารว่างสู่มาตรฐานสากล เพื่อการขยายขอบเขตการตลาดในประเทศไปสู่ตลาดโลก สำหรับผู้รักสุขภาพและไม่รับประทานเนื้อสัตว์ ปัจจุบันปริมาณการบริโภคอาหารว่างเพื่อสุขภาพมีอัตราการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ประกอบกับพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารว่างของผู้บริโภคที่ต้องการอาหารว่างที่ให้ผลดีต่อสุขภาพมากขึ้น จึงได้มีการพัฒนาอาหารว่างเพื่อสุขภาพหลากหลาย เช่น ข้าวเกรียบใบหม่อน กะหรี่ปั๊บ ข้าวเกรียบฟักทอง ข้าวเกรียบปลา ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบสมุนไพรเป็นต้น จากกระแสของการห่วงใยรักษาสุขภาพที่มีมากขึ้นของผู้บริโภค การมีวิถีชีวิตที่เร่งรีบและไม่มีเวลาที่จะเลือกผัก ผลไม้สดมารับประทาน จึงทำให้ข้าวเกรียบชนิดต่าง ๆ ที่สะดวกในการบริโภคและหาซื้อได้ง่ายได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น มีการผลิตจำหน่ายมากมายในท้องตลาด เนื่องจากมีกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก เงินลงทุนไม่สูงนัก ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่ทันสมัย วัตถุดิบหาได้ง่ายในท้องถิ่น จึงทำให้มีผู้ผลิตในครัวเรือนหรือรายย่อยผลิตข้าวเกรียบชนิดต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าสามารถนำวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นข้าวเกรียบเพื่อสุขภาพที่มีคุณภาพสูง จะสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าในท้องถิ่นและพร้อมทั้งพัฒนากลุ่มเกษตรกรและการปรับปรุงเทคโนโลยี ช่วยเพิ่มคุณภาพข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลด่ำถึงสุกผงบู่มาตรฐานสากล เพื่อการขยายขอบเขตการตลาดในประเทศไปสู่ตลาดโลก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการพัฒนาสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลด่ำถึงสุกและศึกษาปริมาณของไลโคปีน เส้นใยอาหารจากข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลด่ำถึงสุกผงบู่ที่ผลิตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนาสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุก
- 2) เพื่อศึกษาการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวเกรียบที่ผลิตได้
- 3) เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบที่ผลิตได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งวิธีการต่าง ๆ กันที่มีผลต่อคุณภาพของผลตำลึงสุก และพัฒนาสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุก จากนั้นนำข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงที่ผลิตได้มาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

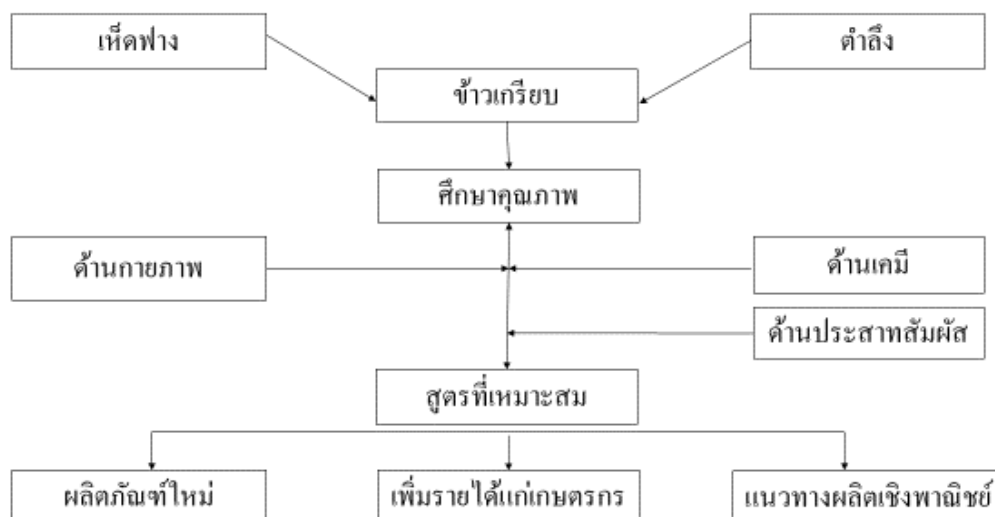
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1) ศึกษากระบวนการทำแห้งชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของผลตำลึงสุก
- 2) พัฒนาสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

1.5 สมมุติฐานงานวิจัย

- 1) กระบวนการทำแห้งชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของผลตำลึงสุก
- 2) อัตราส่วนที่แตกต่างกันของ เห็ดฟาง และผลตำลึงสุก ในการทำข้าวเกรียบมีผลต่อปริมาณไลโคปีนและเส้นใยอาหาร
- 3) อัตราส่วนที่แตกต่างกันของ เห็ดฟาง และผลตำลึงสุกในการทำข้าวเกรียบมีผลต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

1.6 กรอบแนวความคิดในการวิจัย



1.7 คำสำคัญของการวิจัย

ข้าวเกรียบ เห็ดฟาง ไลโคปีน เส้นใยอาหาร ตำลึง

Crispy, Straw mushroom, Lycopene, Fiber, Ivy gourd

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 ด้านเชิงพาณิชย์

- 1) เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร พร้อมทั้งเป็นอาชีพเสริมให้กับเกษตรกร
- 2) ใช้เป็นแนวทางในการผลิตอาหารในเชิงอุตสาหกรรมได้
- 3) เพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าทางการเกษตร ได้แก่ เห็ดฟาง และผลตำลึงสุก

1.8.2 ด้านวิชาการ

- 1) พัฒนาสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงที่ผู้บริโภคยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด
- 2) ทราบถึงปริมาณของไลโคปีนและเส้นใยอาหารที่มีในข้าวเกรียบที่ผลิตจากเห็ดฟาง และผลตำลึงสุกผงสูตรต่าง ๆ กัน
- 3) ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบเห็ดฟาง เสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

1.8.3 ด้านสังคมและชุมชน

- 1) เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจไม่ละทิ้งถิ่นฐานเนื่องจากมีอาชีพเสริม มีรายได้เพิ่มขึ้น
- 2) ครอบครัวมีความอบอุ่นเนื่องจากสมาชิกในครอบครัวอยู่กันพร้อมหน้า
- 3) มีความสามัคคีในครอบครัวหรือชุมชน
- 4) ลดปัญหาอาชญากรรมและปัญหาเสพติด

1.8.4 หน่วยงานที่น่าผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 1) เกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- 2) เกษตรกรทั่วไป
- 3) โรงงานอุตสาหกรรม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 บทนำ

ข้าวเกรียบเป็นอาหารว่างที่ผู้คนทั่วไปมักจะนิยมบริโภคกันเป็นส่วนใหญ่ โดยใช้เป็นกับแกล้มหรือรับประทานกันเล่นๆ ข้าวเกรียบจะมีกลิ่นของปลา หรือกุ้ง เมื่อรับประทานเข้าไปจะรู้สึกเหมือนได้รับประทานเนื้อปลาหรือกุ้ง ซึ่งจะมีรสชาติอร่อย กรอบๆ มันๆ และสามารถซื้อได้ตามตลาดทั่วไป ข้าวเกรียบ ตามความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน หมายถึงอาหารว่างชนิดหนึ่งที่ทำจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก อาจมีส่วนประกอบของเนื้อสัตว์หรือผักหรือผลไม้ เช่น กุ้ง ปลา ผักทอง เผือก งาดำ งาขาวเป็นต้น บดผสมให้เข้ากับเครื่องปรุงรส แล้วทำเป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ นึ่งให้สุก ตัด เป็นแผ่นบางๆ นำไปทำแห้งด้วยแสงแดดหรือวิธีตามความเหมาะสม อาจทอดก่อนบรรจุหรือไม่ก็ได้

2.1.2 ชนิดของข้าวเกรียบ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1) ข้าวเกรียบพร้อมบริโภค คือ ต้องเป็นแผ่นบาง กรอบมีการพองตัวดีและสม่ำเสมอ ไม่ไหม้เกรียม อาจแตกหักได้เล็กน้อย และต้องมีความชื้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 2.1 ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงพร้อมบริโภค

2) ข้าวเกรียบดิบ คือ เป็นข้าวเกรียบที่ไม่ได้ผ่านการทอด เป็นแผ่นบางกรอบ อาจแตกหักได้เล็กน้อย และต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 2.2 ข้าวเกรียบดิบของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลดำลิ่งสุกผง

2.1.3 คุณลักษณะที่ต้องการ

- 1) ข้าวเกรียบพร้อมบริโภคนั้น ต้องเป็นแผ่นบาง กรอบ มีการพองตัวดีและสม่ำเสมอ ไม่ไหม้เกรียม อาจแตกหักได้เล็กน้อย
- 2) ข้าวเกรียบดิบ ต้องเป็นแผ่นบาง กรอบ อาจแตกหักได้เล็กน้อย
- 3) สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ
- 4) กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสเฉพาะของส่วนประกอบที่ใช้ และปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน
- 5) สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ เช่น แมลง หนู นก
- 6) ความชื้น ข้าวเกรียบพร้อมบริโภคนั้น ต้องไม่เกินร้อยละ 4.0 โดยน้ำหนัก ข้าวเกรียบดิบ ต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก
- 7) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) (เฉพาะข้าวเกรียบพร้อมบริโภคนั้น) ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อ กิโลกรัมค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value; P.V.) เป็นค่าที่ใช้การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืน (rancidity) เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของน้ำมันและไขมันรวมทั้งอาหารที่มีไขมันสูง เช่น อาหารทอด ได้แก่ ถั่วปากอ้าทอด ถั่วทอดแผ่น Peroxide value คือ ปริมาณออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมัน

และไขมัน หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 0.002 นอร์มัล ที่ใช้ในการไทเทรต ไขมัน หรือน้ำมัน 1 กรัม หรือหมายถึง จำนวนมิลลิกรัมสมมูลของเปอร์ออกไซด์ออกซิเจน ที่มีในไขมัน หรือน้ำมัน 1 กิโลกรัม ถ้าค่า peroxide value สูง แสดงว่าไขมัน หรือน้ำมันเกิด lipid oxidation มาก มีกลิ่นหืนมาก เกิดปฏิกิริยา oxidative rancidity มาก

8) วัตถุเจือปนอาหาร ห้ามใช้วัตถุกันเสียและสีผสมอาหารทุกชนิด สำหรับ บิวทิลไฮดรอกซีอะนิโซล (Butylated hydroxyanisole) และบิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylated Hydroxytoluene) สามารถใช้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

9) จุลินทรีย์ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อเอสเชอริเชีย โคลิ (*Escherichia coli*) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) ข้าวเกรียบพร้อมบริโภคนอก ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม ข้าวเกรียบดิบ ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.1.4 สุขลักษณะ

1) สุขลักษณะในการทำข้าวเกรียบ ให้เป็นไปตามคำแนะนำตาม GMP

2.1.5 การบรรจุ

1) ให้บรรจุข้าวเกรียบในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ผนึกได้เรียบร้อย สามารถป้องกันความชื้นและการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

2) น้ำหนักสุทธิของข้าวเกรียบในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

2.1.6 เครื่องหมายและฉลาก

1) ที่ภาชนะบรรจุข้าวเกรียบทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

2) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา ข้าวเกรียบฟักทอง ข้าวเกรียบเผือก

3) น้ำหนักสุทธิ วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)" ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

2.1.7 เห็ดฟาง (วิกิพีเดีย, 2558ก)

เห็ดฟาง (*Volvariella volvacea* (Bull. ex Fr.) Sing.) อยู่ในวงศ์ Volvariaceae (Amanitaceae) เห็ดฟางมีชื่อสามัญคือ Straw mushroom, Paddy mushroom หรือ Chinese mushroom

ชื่อพื้นเมืองคือเห็ดฟาง หรือเห็ดบัว เห็ดฟางจัดอยู่ในวงศ์ของเห็ดมีพิษ (Amanitaceae) ภาคอีสานเรียกว่าเห็ดเฟียง เป็นเห็ดรับประทานได้ชนิดหนึ่ง มีการเพาะปลูกในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ใช้เป็นส่วนผสมในการประกอบอาหารเอเชียอย่างแพร่หลาย ชื่อเรียกแม้แตกต่างกันไปในหลายประเทศ แต่ก็ยังมีความหมายว่า เห็ดฟาง เหมือนกัน เห็ดฟางมักพบได้ในรูปแบบสด แต่ก็สามารถพบรูปแบบบรรจุกระป๋องหรือทำแห้งจำหน่ายนอกฤดูเก็บเกี่ยวด้วย

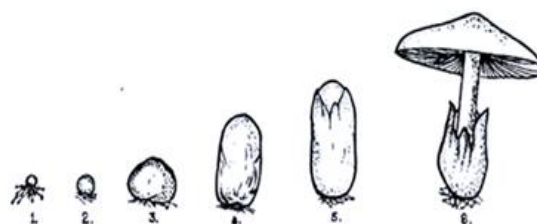
ลักษณะดอกเห็ดอ่อนเป็นรูปไข่หรือรูปสามเหลี่ยมมุมป้าน เมื่อเจริญขึ้นจะปริแตกกละเลื้อยเชื้อหุ้มรูปถ้วยอยู่ที่โคน ผิวนอกของเชื้อหุ้มส่วนมากจะเปลี่ยนเป็นสีขาวหม่นหรือสีเนื้อ หมวกเห็ดรูปไข่ เมื่อบานเต็มที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 4–10 เซนติเมตร กลางหมวกมีขนละเอียดสีน้ำตาลดำหรือสีน้ำตาลแดง ครีบสีขาวแล้วเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน ไม่ยึดติดกับก้าน สันยาวไม่เท่ากัน ก้านยาว 4–10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5–1 เซนติเมตร ผิวสีขาวนวลมีขนสีขาว เนื้อเป็นเส้นหยาบสีขาวรวมกันแน่น ตรงกลางก้านกลวง สปอร์รูปรี สีชมพู ขนาด $5-6 \times 7-9$ ไมโครเมตร ผิวเรียบ

เห็ดฟางตามธรรมชาติเจริญเติบโตบนกองฟางข้าวเป็นกลุ่ม 2–6 ดอก และจะถูกเก็บเกี่ยวในระยะที่ยังเจริญไม่เต็มที่ คือยังเป็นตุ่มกลม ๆ ก่อนที่หมวกเห็ดจะผุดออกมา [1]ซึ่งใช้เวลาประมาณ 4–5 วัน เจริญได้ผลดีที่สุดในภูมิอากาศเขตร้อนที่มีฝนตกชุก เห็ดชนิดนี้ไม่เคยปรากฏประวัติการเพาะปลูกมาก่อนคริสต์ศตวรรษที่ 19

เห็ดฟางมีลักษณะคล้ายกับเห็ดอีกชนิดหนึ่งมากคือเห็ดระโงกหิน (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Amanita phalloides*, death cap) ซึ่งเป็นเห็ดพิษ สามารถจำแนกได้ด้วยสีสปอร์ของมัน สปอร์ของเห็ดฟางเป็นสีชมพูอ่อน แต่สปอร์ของเห็ดระโงกหินเป็นสีขาว คนจำนวนมากไม่ทราบถึงข้อเท็จจริงนี้ เก็บเห็ดระโงกหินที่ขึ้นอยู่ทั่วไปไปรับประทาน โดยเข้าใจว่าเป็นเห็ดฟาง ทำให้เสียชีวิตเป็นอันมาก



ภาพที่ 2.3 เห็ดฟาง
ที่มา : งามนิจ (2553)



ภาพที่ 2.4 ลักษณะพัฒนาการของดอกเห็ด
ที่มา : งามนิจ (2553)

1) ความสำคัญของเห็ดฟาง (ณัฐนิช, 2551ก)

เห็ดฟางเป็นเห็ดที่นิยมรับประทานกันมากในทวีปเอเชีย สามารถเพาะได้ดีในประเทศไทย เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ โดยเกิดจากการนำวัสดุทางการเกษตรที่เหลือใช้หรือวัสดุธรรมชาติราคาถูกมาเพาะ โดยใช้ระยะเวลาในการเพาะน้อยเพียง 12-15 วันเท่านั้นสามารถเพาะเพื่อเป็นอาชีพเสริมรายได้ให้แก่ครอบครัวได้เป็นอย่างดี เห็ดฟางเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชอื่นโดยเฉพาะโปรตีน (มีโปรตีนอยู่ระหว่างร้อยละ 3-35) แกลื้อแร่ วิตามิน ให้พลังงานและไขมันต่ำ ทำให้ลดไขมันในเส้นเลือด เหมาะสำหรับผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับไขมันเส้นโลหิตสูงและโรคหัวใจให้ทุเลาหายไปได้ นอกจากนี้เห็ดฟางยังมีโปรตีนจำพวกคาร์ดิโอท็อกซิก (cardiotoxic protein) ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการเติบโตและการหายใจของเซลล์มะเร็ง และยังมีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคไข้หวัดใหญ่

2) ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (งามนิจ, 2553)

ดอกเห็ดมีระยะทางการเจริญเติบโต 6 ระยะด้วยกัน คือ

ก) ระยะหัวเข็มหมุด ระยะนี้เส้นใยจะรวมตัวกันเห็นเป็นจุดสีขาวเล็กๆ บนวัสดุที่เห็ดฟางใช้ในการเจริญเติบโต

ข) ระยะกระดุมเล็ก เป็นระยะที่ดอกเห็ดโตขึ้นมีขนาดเท่ากับเม็ดกระดุมขนาดเล็ก

ค) ระยะกระดุม เป็นระยะที่เส้นใยของเห็ดมีการเปลี่ยนแปลงและขยายตัวในความกว้างของดอกเต็มที่ ส่วนของหมวกและก้านดอกยังเล็กอยู่ เหมาะที่จะเก็บขยายในระยะนี้

ง) ระยะรูปไข่ ในระยะนี้ดอกเห็ดจะมีการเจริญด้านความยาวของก้านดอกและความกว้างของหมวกดอก เหมาะที่จะเก็บไปประกอบอาหาร

จ) ระยะยี่ดตัว หลังจากเปลือกที่หุ้มปรืออก ก้านดอกเห็ดเริ่มจะชูดอกโต ในระยะแรกหมวกดอกจะยังไม่บาน ในระยะนี้สามารถมองเห็นหมวกดอก ครีบดอก ก้านดอก เนื้อเยื่อหุ้มโคนดอกได้ชัดเจน

ฉ) ระยะดอกบานเต็มที่ ดอกเห็ดที่บานเต็มที่ครีบดอกจะมีสปอร์อยู่ภายใน ครีบเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางอาหารในดอกเห็ดฟางระยะต่างๆ

ปริมาณ (ในน้ำหนักแห้ง)	ระยะกระดุม	ระยะดอกตูม	ระยะยี่ดตัว	ระยะดอกบาน
ความชื้น (%)	88.63	80.17	88.87	89.46
ไขมัน (%)	1.14	1.62	2.06	3.65
โปรตีน (%)	30.51	23.21	21.34	21.35
คาร์โบไฮเดรต (%)	43.33	50.63	49.54	39.98
เยื่อใย (%)	6.32	5.13	7.15	13.41
เถ้า (%)	8.73	8.14	8.49	9.49
พลังงาน (%)	280.88	287.02	281.22	254.41
แคลเซียม (มก./100 กรัม)	3.43	4.17	1.60	1.70
ฟอสฟอรัส (มก./100 กรัม)	4.18	12.17	12.29	8.18
เหล็ก (มก./100 กรัม)	0.12	0.14	0.11	0.128
โซเดียม (มก./100 กรัม)	3.69	4.66	1.80	1.16
โพแทสเซียม (มก./100 กรัม)	45.59	45.76	42.42	42.60
สังกะสี (มก./100 กรัม)	0.110	0.118	0.081	0.078
ทองแดง (มก./100 กรัม)	0.063	0.058	0.043	0.036

ที่มา: มานะ (2540)



ภาพที่ 2.5 วงจรชีวิตของเห็ดฟาง

ที่มา : ญัฐนิธิ (2551ข)

3) สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญและออกดอกของเห็ดฟาง

ก) อุณหภูมิ การเจริญทางด้านเส้นใยต้องการอุณหภูมิประมาณ 35-38 องศาเซลเซียส และจะออกดอกที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียสจะไม่มีดอกเกิดขึ้น

ข) ความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยอยู่ระหว่างร้อยละ 80-90 แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย ในสภาพการเพาะขณะที่อุณหภูมิสูงก็ต้องให้ความชื้นสูงด้วย แต่เมื่อลดอุณหภูมิลงไประยะการเกิดดอกก็จำเป็นต้องลดความชื้นลงด้วย

ค) แสง พบว่าถ้าไม่ให้แสงตลอดการเพาะจะไม่มีดอกเกิดขึ้นเลย แต่การเกิดของดอกไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการให้แสง (photo period) แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณแสง (light intensity) ที่มีความเข้มของแสงเหมาะสมในการกระตุ้นให้ออกดอกอยู่ที่ 50 ft - candles

ง) ความเป็นกรด - ด่าง (pH) สปอร์ของเห็ดฟางงอกได้ดีขึ้น pH 7.5 สำหรับการเจริญและออกดอกของเห็ดฟางต้องการ pH ค่อนข้างเป็นกลาง ซึ่งพบว่าเห็ดฟางเจริญและให้ผลผลิตดีในช่วง pH 7.2-8.0

ฉ) ความต้องการธาตุอาหาร จากการวิเคราะห์ฟางข้าวที่มีเห็ดฟางเจริญอยู่พบว่าน้ำหนักรวมของฟางข้าวที่ลดลงเป็นส่วนหนึ่งของเซลล์และเยื่อเซลล์ โดยลดลงประมาณร้อยละ 12 เห็ดฟางไม่สามารถใช้ลิแกตินได้ สำหรับสารประกอบคาร์บอนอื่นๆ ที่เห็ดฟางสามารถใช้ได้ดี

0 ได้แก่ แป้ง กลูโคส น้ำตาล ซูโครส เป็นต้น เปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ดีของเห็ดฟาง สำหรับไทอามินนั้นช่วยเร่งการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง

4) การผลิตเชื้อเห็ดฟาง

การผลิตเชื้อเห็ดฟางเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากขั้นตอนหนึ่ง เกษตรกรที่มีการฝึกปฏิบัติงานชำนาญ สามารถนำไปทำเป็นอาชีพได้โดยเกษตรกรจำเป็นต้องรู้จักการคัดเลือกดอกเห็ดและเส้นใยที่จะนำไปทำหัวเชื้อให้ถูกต้อง ไม่ควรต่อเชื้อบ่อยนัก ซึ่งการผลิตเชื้อเห็ดฟางมีขั้นตอนและข้อความพิจารณาดังนี้

- ก) การคัดเลือกดอกเห็ดไว้ทำพันธุ์
- ข) การทดสอบเชื้อเห็ดฟาง
- ค) สูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อเห็ดฟาง
- ง) การแยกเชื้อเห็ดฟาง
- จ) การผลิตเชื้อเห็ดฟาง
- ฉ) ลักษณะของเชื้อเห็ดฟางที่ดี

5) การคัดเลือกดอกเห็ดไว้ทำพันธุ์

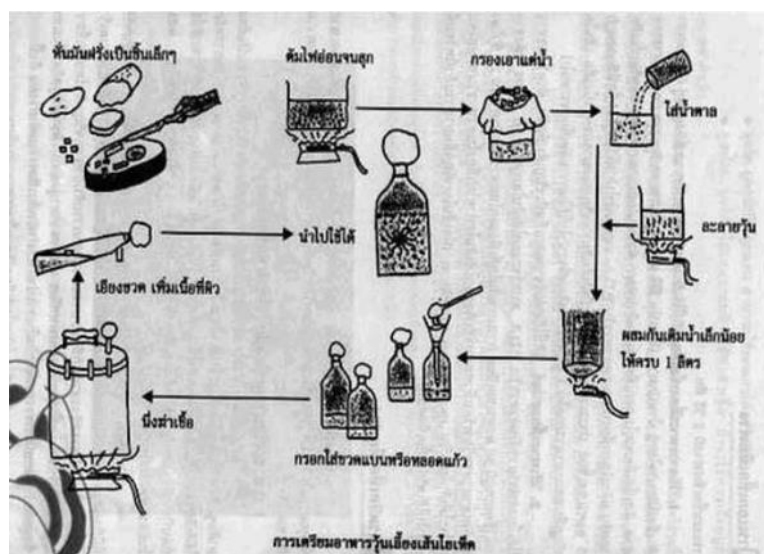
ในการคัดเลือกดอกเห็ดฟางที่จะใช้ทำหัวเชื้อ ถ้าได้ดอกเห็ดที่ขึ้นเองตามธรรมชาติจะดีมาก เพราะเส้นใยที่ดีได้จะแข็งแรง ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง สามารถต่อเชื้อได้หลายครั้งแต่ควรทำการทดสอบดูให้ได้ผลเสียก่อน และหากไม่สามารถหาดอกเห็ดตามธรรมชาติได้ให้คัดเลือกดอกเห็ดจากแปลงเพาะ ไม่ควรซื้อดอกเห็ดที่จำหน่ายกันในท้องตลาดมาทำพันธุ์ โดยดอกเห็ดที่จะใช้ทำพันธุ์ควรมีลักษณะดังนี้

- ก) ควรเลือกดอกเห็ดจากแปลงที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด
- ข) ดอกเห็ดที่เลือกควรเป็นดอกตูม ซึ่งอาจจะเป็นรูปทรงกลมหรือทรงรีก็ได้

ค) เลือกดอกเห็ดที่มีปลอกหุ้มดอกเห็ดหนา เพราะเห็ดพวกนี้จะได้น้ำหนักดี บานช้าและแข็งแรง ซึ่งอาจจะทดสอบโดยการใช้มือบีบข้างดอกเห็ด จะพบว่าปลอกที่หุ้มด้านข้างยังแข็งแรงอยู่

ง) การเลือกขนาดของดอกเห็ด ไม่ควรให้ใหญ่หรือเล็กเกินไป ควรเลือกเห็ดที่มีขนาดเหมาะสมกับความต้องการของตลาด น้ำหนักดี

จ) สีของดอกเห็ด อาจจะเลือกสีเทาหรือสีขาวก็ได้ แล้วแต่ความต้องการของตลาดโดยเห็ดฟางดอกสีเทาจะให้ผลผลิตสูงกว่าดอกเห็ดสีขาว



ภาพที่ 2.6 การเตรียมอาหารเลี้ยงเส้นใยเห็ด

ที่มา : ญัฐนิธิ (2551ค)

6) การทดสอบเชื้อเห็ดฟาง

วิธีการทดสอบเชื้อเห็ดฟางที่ผู้ผลิตหัวเชื้อควรมีการทดสอบก่อนนำเชื้อเห็ดฟางไปขยายพันธุ์ มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

ก) ให้แยกเนื้อเยื่อจากดอกเห็ดไปเลี้ยงบนอาหารวุ้น ถ้าเส้นใยมีการเจริญเติบโตดีจะมีลักษณะค่อนข้างฟู สีขาว แต่ถ้าหากเส้นใยเป็นหมัน จะมีการสร้างดอกน้อย ให้ผลผลิตต่ำไม่ควรที่จะนำมาขยายพันธุ์

ข) เส้นใยที่ดีและเหมาะสมที่จะนำไปทำหัวเชื้อ ควรเป็นเส้นใยที่เจริญเติบโตเร็วแต่การเจริญของเส้นใยจะเจริญเนวราบติดกับอาหารวุ้น และมีลักษณะหยาบอย่างเห็นได้ชัด

ค) เส้นใยที่เหมาะสมต่อการทำหัวเชื้อนั้น ลักษณะของเส้นใยหลังจากเดินเต็มผิวอาหารวุ้นแล้วและทิ้งไว้ประมาณ 5-7 วัน เส้นใยจะเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน และมีการสร้างกลามัยโคสปอร์ โดยเส้นใยจะรวมตัวกันเป็นจุดเล็ก ๆ เห็นได้ชัด แสดงว่าเชื้อเห็ดฟางเป็นเชื้อที่ดีแข็งแรง ถ้านำไปเพาะที่แปลงเกิดดอกแน่นอน แต่ถ้าเส้นใยไม่เปลี่ยนสีไม่มีการสร้างกลามัยโคสปอร์ไม่ควรนำไปใช้ทำพันธุ์ เพราะเป็นเส้นใยที่อ่อนแอ

7) เส้นใยเห็ดฟางแบ่งออกเป็น 3 ชนิด

ก) เส้นใยขั้นแรก (primary mycelium) เป็นเส้นใยเจริญมาจาก basidiospore เส้นใยพวกนี้มีนิวเคลียสเพียงอันเดียว (haploid nucleus) ที่ได้จากการที่นิวเคลียสลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่ง และเส้นใยที่งอกออกมานี้มีผนังกัน (septum)

ข) เส้นใยขั้นที่สอง (secondary mycelium) เป็นเส้นใยที่เกิดจากการรวมตัวของเส้นใยขั้นแรกมาจากสปอร์เดียวกัน เส้นใยพวกนี้จะมีนิวเคลียส 2 อัน (dikaryotic mycelium) การรวมตัวของเส้นใยเห็ดฟางเกิดจากสปอร์เดียวกัน จึงจัดเป็นพวก homothallic ซึ่งสามารถพัฒนาไปเป็นดอกเห็ดได้ เส้นใยขั้นที่สองอาจมีการสร้าง คลามัยโดสปอร์ (chlamydospore) ซึ่งมีผนังหนาและพัฒนาไปเป็นดอกเห็ดได้ สปอร์หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป เพื่อความอยู่รอดจะออกเส้นใยใหม่ได้แต่ไม่แข็งแรง

ค) เส้นใยขั้นที่สาม (tertiary mycelium) เป็นเส้นใยที่อัดตัวกันแน่นและมีการสะสมอาหาร หรือสร้างฮอร์โมน จากนั้นจะพัฒนาไปเป็นดอกเห็ดหรือ fruiting body ต่อไป

2.1.8 คำลึง (กานดา, 2556)

คำลึง (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Coccinia grandis* (L.) Voigt) เป็นไม้เลื้อยที่มีมือจับใช้สำหรับเลื้อยเกาะต้นไม้อื่นหรือไม้ปักหลัก มีสีเขียวจัดเป็นสมุนไพรไทย คำลึงมีชื่อท้องถิ่นอื่นอีกคือ ผักแคบ (ภาคเหนือ) แคเตี๊ยะ (กะเหรี่ยงและแม่ฮ่องสอน) คำลึง, ลีบาท (ภาคกลาง) ผักดำนิน (ภาคอีสาน)

ก) ลักษณะ ลำต้นเป็นเถาไม้เลื้อยเนื้อแข็ง ใบเป็น ใบเดี่ยว มีลักษณะเป็น 3 แฉก หรือ 5 แฉก กว้างและยาวประมาณ 4-8 ซม. โคนใบมีลักษณะเป็นรูปหัวใจ มีมือเกาะยื่นออกมาจากที่ข้อ ดอกเป็น ดอกเดี่ยวหรือดอกคู่ มีลักษณะเป็นรูประฆัง กลีบดอกสีขาว แยกเพศอยู่คนละต้น ดอกออกตรงที่ซอกใบ ลักษณะของผลเป็นวงรีทรงยาวสีเขียวอ่อน เมื่อยามแก่จัดจะเป็นสีแดง เป็นที่ชื่นชอบของ นกนานาชนิด

ข) การเพาะพันธุ์

ก) ใช้เมล็ดจากผลแก่หอยคลงในหลุม ปลูกได้ดีในดินร่วนซุย หลังจากที่ดินกล้างอกก็ให้หาไม้มาปลักเพื่อให้ต้นคำลึงใช้เลื้อย

ข) นำเถาแก่มาตัดให้ได้ขนาด 4-6 นิ้ว ปักลงในถุงเพาะชำ หลังจากรากและใบงอกแล้วก็นำไปปลูกลงหลุม

3) สรรพคุณทางยา

- ก) ใบใช้ในการแก้ไข้ตัวร้อน ตาแดง ตาเจ็บ
- ข) ถ่านน้ำต้มจากเถาตำลึงมาหยอดตาแก้ตาแดง ตาฟาง
- ค) ดอกตำลึงช่วยทำให้หายจากอาการคันได้
- ง) รากใช้แก้อาการอาเจียน ตาฝ้า
- จ) น้ำยางจากต้นและใบช่วยลดน้ำตาลในเลือด
- ฉ) ในตำลึงมีสารเอนไซม์อะไมเลสช่วยในการย่อยแป้ง และในตำลึงก็มี

สารอาหารชื่อว่าบีตา-แคโรทีน

4) สารสำคัญที่พบ

น้ำย่อยแป้ง (amylase) สอร์โมนและอัลคาลอยด์ มีกรดอะมิโน (amno acid) หลายชนิด ในผลตำลึงพบสาร คิวเคอร์บิตาซิน (cucurbitacin) มีสาร pectin ซึ่งเป็นสารสำคัญในการลดน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้มี daucosterol , glucopyranosyl, sitosterolm, taraxerone

5) คุณค่าทางด้านอาหาร

ในตำลึงมีคุณค่าทางด้านอาหารสูง ประกอบด้วยวิตามินเอ และสารแคลเซียมที่ช่วยบำรุงกระดูกและฟัน และยังมีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามิน และอื่นๆนับเป็นอาหารบำรุงที่ดี ยอดตำลึงใช้เป็นผักปรุงอาหารได้หลายอย่าง เช่น ลวกเป็นผักจิ้ม น้ำพริก แกงจืดตำลึงหมูสับ แกงเลียง หรือใส่ก๋วยเตี๋ยวแทนถั่วงอก

6) ชนิดของตำลึงแบ่งเป็น 2 ชนิด (บุญส่ง, 2554)

ก) ตำลึงตัวผู้

จะรู้จักเฉพาะกลุ่มคนพื้นบ้านที่มีภูมิปัญญาอยู่ตามชนบทและบนดอยสูงเท่านั้น ส่วนใหญ่จะปลูกเป็นไม้ประดับจำพวกโชว์ความงามของ “ หัว ” ใครปลูกเลี้ยงแล้วมีหัวขนาดใหญ่ถือว่าฝีมือดูสวยงามมาก ส่วน “ ใบ ” ของ “ ตำลึงตัวผู้ ” สามารถรับประทานเป็นอาหารได้เหมือนกับตำลึงตัวเมีย หรือตำลึงที่ขายตามตลาดสดทั่วไป แต่ไม่นิยมรับประทานกันเพราะรับประทานแล้วจะทำให้เกิดอาการระคายท้องรุนแรง

ข) หัว ของตำลึงตัวผู้ นอกจากจะดูสวยงามแปลกตาแล้วยังมีสรรพคุณเป็นสมุนไพรชั้นดีด้วย โดยสามารถนำไปหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ หรือบาง ๆ ตำละเอียดใช้ปิดแผลสดหรือบริเวณที่ฟกช้ำบวมลงได้ ซึ่งในส่วนนี้คนพื้นบ้านและชาวเขาที่อาศัยดอยสูงนิยมใช้กันแพร่หลายมาช้านานแล้ว ตำลึงตัวผู้เป็นไม้เถาเลื้อยเนื้อแข็ง มีหัวหรือเหง้าใต้ดินต้นหรือเถาสามารถเลื้อยหรือไต่ได้ไกลเกินกว่า 5 เมตร

ค) ตำลึงตัวเมีย

ส่วนสรรพคุณของตำลึงตัวเมีย ใบเป็นส่วนประกอบยาเขียวแก้ไข้ รากแก้ไข้ ใบสดทำทาแก้คัน ถอนพิษปวดแสบปวดร้อน ผลแก้เบาหวาน น้ำคั้นจากผลดิบ และน้ำต้มจากผงใบแห้งมีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด

ง) ผล รูปทรงกระบอก ผลสุกเป็นสีแดงสดหรือสีแดงอมส้ม ถ้ามีผลดกจะห้อยโถงเต่งนาชมยั้ง ภายในมีเมล็ด ดอกออกตลอดปีขยายพันธุ์ด้วยหรือแยกหัว



ภาพที่ 2.7 ผลตำลึงสุก

จ) ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ รูปค่อนข้างกลม หักเป็น 5 เหลี่ยมหรือ 5 มุม หรือเว้าลึกเป็นแฉก 3-5 แฉก โคนใบเว้าเป็นรูปหัวใจ มีมือเกาะเป็นเส้นยาวโดยจะออกอยู่ตามข้อลำต้น



ภาพที่ 2.8 ใบตำลึงและผลตำลึงดิบ

ฉ) ดอก ออกเป็นดอกเดี่ยว ๆ หรือเป็นช่อ 2-3 ดอก ที่ซอกใบ ดอกแยกเพศอยู่คนละต้น ลักษณะดอกโคนเชื่อมกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็นกลีบดอก 5 กลีบ เป็นรูปประฆัง ปลายกลีบดอกแหลม เป็นสีขาว เวลาที่มีดอกจะดูสดใสน่าดู



ภาพที่ 2.9 ดอกคำสี้

2.1.9 ไลโคปีน (Lycopene) (วิมล, 2553ก)

ไลโคปีน (lycopene) เป็นสาร phytochemical ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งเป็นรงควัตถุ (pigment) ที่พบมากตามธรรมชาติในผัก ผลไม้ ที่มีสีแดงหรือสีชมพู เช่น มะเขือเทศ แดงโม เกรฟฟรุตสีชมพู (pink grapefruit) ฝรั่งสีแสด เป็นต้น มีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงของพืช รวมทั้งสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ เช่น สาหร่าย รา แบคทีเรีย เป็นสารตั้งต้นสำคัญทางชีวภาพ เพื่อการสังเคราะห์สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ชนิดอื่น เช่น เบตา-แคโรทีน (beta-carotene) แซนโทฟิลล์ (xanthophyll) โครงสร้างโมเลกุลของไลโคปีน เป็นแคโรทีนอยด์ โครงสร้างเป็นแบบ tetraterpene ประกอบด้วย isoprene 8 หน่วย ต่อเป็นสายยาว ไม่มีวงแหวนปิด มีพันธะคู่ 11 ตำแหน่ง

1) ประโยชน์ของไลโคปีน

ก) ไลโคปีนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง ช่วยชะลอความแก่ชรา บำรุงผิวพรรณ และลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง เช่น มะเร็ง หรือโรคหัวใจ พบว่าการรับประทานอาหารที่มีปริมาณไลโคปีนสูง เช่น มะเขือเทศติดต่อกัน พบว่าสามารถลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งในต่อมลูกหมากได้ถึง 34% และหากพบว่าเป็นมะเร็งต่อมลูกหมากแล้ว การรับประทานสารสกัดจากมะเขือเทศที่ประกอบด้วยไลโคปีน 30 มิลลิกรัมต่อวัน จะช่วยลดความรุนแรงของโรคมะเร็งต่อมลูกหมากถึง 53% โดยจะช่วยลดการเจริญเติบโตของโรคมะเร็งต่อม

ลูกหมากในคนไข้หลังจากการรักษาโรคมะเร็งแล้ว 3 สัปดาห์ สำหรับมะเร็งเต้านมและมะเร็งปากมดลูกนั้น ไลโคปีนอาจมีส่วนสำคัญในการลดการเกิดเนื้องอกและยับยั้งการพัฒนางจรวชชีวิตของเซลล์ในช่วงต้นของการเกิดเซลล์มะเร็ง (ระยะ G1)

ข) ไลโคปีน (Lycopene) เป็นสารสำคัญที่พบได้ในผลไม้สีแดง จัดเป็นสารประกอบในกลุ่มแคโรทีนอยด์ชนิดหนึ่งใน 600 ชนิด พบไลโคปีนได้ใน มะเขือเทศ แดงโม เกรฟฟรุตสีชมพู ฝรั่งสีชมพู และมะละกอ เป็นต้นพบไลโคปีนในปริมาณตั้งแต่ 0.9 –9.30 กรัม ใน 100 กรัมของมะเขือเทศสด

นอกจากนี้การรับประทานไลโคปีนปริมาณสูงยังช่วยลดระดับของ LDL (คอเลสเตอรอลตัวร้าย) ที่มีส่วนทำให้เกิดโรคหัวใจ จึงช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเป็นโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด และลดอัตราการหัวใจวายโดยเฉพาะในผู้ชายได้ถึง 50%

2) ประโยชน์ไลโคปีนต่อสุขภาพ (วิมล, 2553ข)

ไลโคปีน จัดเป็นอาหารฟังก์ชันนัล (functional food) สารสกัดไลโคปีนเป็นโภชนเภสัช (nutraceutical) ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ แม้ว่าไลโคปีนจะไม่มีสมบัติเป็น provitamin A แต่มีประสิทธิภาพดีที่สุด มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยลดความผิดปกติและความเสื่อมของเซลล์ อันเนื่องมาจากการทำลายของอนุมูลอิสระ การได้รับไลโคปีนในปริมาณที่สูงอาจช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเป็นโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด ป้องกันการเกิดมะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งต่อมลูกหมาก

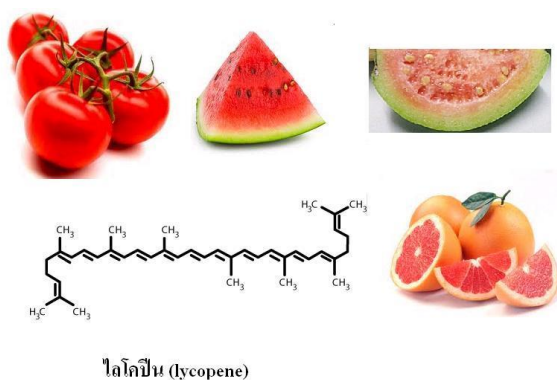
การรับประทานสารไลโคปีน 16 กรัมต่อวันติดต่อกันนาน 10 สัปดาห์ จะช่วยลดอัตราของอาการ เฝ้ามืดของผิวหนังจากแสงอาทิตย์ลง 40% นอกจากนี้ การรับไลโคปีนเป็นประจำจะช่วยสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานในการต่อสู้กับโรคหืดหอบได้อีกด้วย

3) การใช้ประโยชน์ในอาหาร

ไลโคปีนใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) ในกลุ่มสีผสมอาหาร (food coloring) จากธรรมชาติประโยชน์ต่อสุขภาพ

4) ข้อควรระวัง (เริงฤทธิ์, 2539)

ไลโคปีนมีความปลอดภัย หากรับประทานไม่เกิน 75 มิลลิกรัมต่อวัน ไลโคปีนเป็นสารที่ละลายในไขมัน จะสะสมไว้ที่ตับ หากสะสมมากเกินไปจะทำให้ตัวเหลืองคล้ำได้ หากรับประทานไลโคปีน ในรูปแบบผลิตภัณฑ์เสริมอาหารก็ไม่ควรบริโภคมากกว่าปริมาณที่กำหนดไว้บนฉลากบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างไลโคปีน
ที่มา : พิมพ์เพ็ญและนิธิยา (2553ก)

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ

ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ	ปริมาณไลโคปีน (มิลลิกรัม ต่อ น้ำหนัก 100 กรัม)
มะเขือเทศสด	0.88-4.20
มะเขือเทศปรุงสุก	3.70
ซอสมะเขือเทศ (Tomato sauce)	6.20
ซูปมะเขือเทศเข้มข้น (Tomato soup condensed)	7.99
น้ำมะเขือเทศ	5.00 – 11.60
ซอสพิซซ่า (Pizza sauce)	12.71
ซอสมะเขือเทศ (Tomato ketchup)	9.90 – 13.44
มะเขือเทศผง	112.63 – 126.49
ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเข้มข้น (Tomato paste)	5.40 – 150.0

ที่มา : ทรงศรี (2544ก)

5) การดูดซึม การเปลี่ยนแปลง และการกระจายของไลโคปีน (Lycopene) ในร่างกายมนุษย์ โดยปกติแล้วการดูดซึม (Uptake) ของไลโคปีนขึ้นกับหลายๆ ปัจจัย มีรายงานว่าไลโคปีนที่ผ่านกระบวนการผลิตโดยใช้ความร้อน (heat processed- lycopene) จะถูกดูดซึมได้ดีกว่าไลโคปีนในธรรมชาติ เนื่องจาก cis -isomer ถูกดูดซึมได้ดีกว่า all trans -form และ cis -isomer สามารถละลายและรวมตัวกับกรดน้ำดี (bile acid micells) ได้ดีกว่า all trans -form ไลโคปีน (Lycopene) พบกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเยื่อร่างกายมนุษย์ แต่จะพบการสะสมในเนื้อเยื่อบริเวณแตกต่างกันโดยส่วนใหญ่พบการสะสมของ ไลโคปีนมากที่ต่อมหมวกไต (Adrenal) และลูกอัณฑะ (Testis) ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณของไลโคปีน (Lycopene) ที่พบในร่างกายมนุษย์

เนื้อเยื่อต่างๆ	ปริมาณของไลโคปีน (Lycopene) ที่พบ นาโนโมล / กรัม (น้ำหนักสด)
เนื้อเยื่อสะสมไขมัน (Adiposex)	0.2 -1.3
ต่อมหมวกไต (Adrenal)	1.9 – 21.6
เต้านม (Breast)	0.8
ลำไส้ (Colon)	0.3
ตับ (Liver)	1.3 – 5.7
ปอด (Ling)	0.2 – 0.6
รังไข่ (Ovary)	0.3
ต่อมลูกหมาก (Prostate)	0.8
ผิวหนัง (Skin)	0.4
กระเพาะอาหาร(Stomach)	0.2
ลูกอัณฑะ (Testis)	4.3 – 21.4

ที่มา : ทรงศิริ (2544ข)

2.1.10 เชื้อจุลินทรีย์ที่พบในข้าวเกรียบ (วิกิพีเดีย, 2558ข)

1) เชื้อ *Staphylococcus aureus*

เป็นแบคทีเรียชนิด facultative anaerobic แกรมบวก รูปกลม เป็นส่วนหนึ่งของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อประจำถิ่นในผิวหนังและโพรงจมูก เป็นแบคทีเรียก่อโรคชนิดหนึ่ง เมื่อ *S. aureus* ปนเปื้อนลงไปในอาหาร จะสร้างสารพิษที่เรียกว่าเอนโทโรทอกซินขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 ชนิด ได้แก่ ชนิด A, B, C1, C2, C3, D, E และ H สารพิษนี้ทนต่อความร้อนได้ดีมาก ทำให้ผู้บริโภคเกิดอาหารเป็นพิษ หลังจากรับประทานอาหารที่มีแบคทีเรียปนเปื้อนเข้าไปประมาณ 1-6 ชั่วโมง อาการของโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดจาก *S. aureus* คือ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ปวดท้องจากสารพิษ อาการมักเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลัน ส่วนมากไม่มีไข้ ในรายรุนแรงอาจช็อคได้

2) เชื้อโคลิฟอร์มและเชื้อ *E.coli*

โคลิฟอร์ม (coliform) คือกลุ่มของแบคทีเรีย แกรมลบ (Gram negative bacteria) รูปร่างเป็นท่อน ไม่สร้างสปอร์ (non spore forming) เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ทั้งมีอากาศและไม่มีอากาศ (facultative anaerobe) สามารถหมักน้ำตาลแล็กโทส (lactose) ให้เกิดกรด และแก๊สได้ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส ภายใน 48 ชั่วโมง ไม่ทนความร้อน สามารถทำลายได้ง่ายด้วยความร้อนระดับการพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) ไม่ผลิตเอนไซม์ออกซิเดส (oxidase negative)

คำว่า coliform มาจาก colon เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้มักพบในลำไส้ของสัตว์เลื้อยคลาน แต่โคลิฟอร์มอีกหลายชนิดก็มีแหล่งที่พบในดิน แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มส่วนใหญ่ไม่ใช่จุลินทรีย์ก่อโรค (non-pathogen) แต่ปริมาณของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliform bacteria count) ใช้เป็นดัชนีชี้สุขาภิบาลอาหาร (food sanitation) และน้ำ การพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในอาหารและน้ำปริมาณมาก บ่งชี้ถึงความไม่สะอาด ไม่ถูกสุขลักษณะ อาจมีการปนเปื้อนของอุจจาระของคน หรือ สัตว์เลื้อยคลาน มีบทบาทสำคัญกับการเสื่อมเสียของน้ำนม การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์ และการเสื่อมเสียของไข่

ตัวอย่างของแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม

ก) เชื้อ *Escherichia*

Escherichia เป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative bacteria) อยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae มีรูปร่างเป็นท่อน และเป็นพวก facultative anaerobe คือเจริญได้ทั้งในภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ไม่สร้างสปอร์ ไม่ทนร้อน อาจไม่เคลื่อนที่ หรือเคลื่อนที่ด้วย peritrichous flagella *Escherichia* จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform) ประเภท fecal coliform ซึ่งเป็นโคลิฟอร์มที่พบในอุจจาระของมนุษย์และสัตว์เลื้อยคืบ จึงใช้เป็นดัชนีชี้สัญลักษณ์ของอาหารและน้ำ *Escherichia* ที่สำคัญในอาหาร คือ *Escherichia coli*

ข) เชื้อ *Citrobacter*

Citrobacter เป็นชื่อสกุล (genus) ของแบคทีเรีย (bacteria) ที่ย้อมติดสีแกรมลบ (Gram negative bacteria) จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform) อยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae มีรูปร่างเป็นท่อน และเป็นพวก facultative anaerobe คือ เจริญได้ทั้งในภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ไม่สร้างสปอร์ ไม่ทนความร้อน อาจไม่เคลื่อนที่ หรือ เคลื่อนที่ด้วย peritrichous flagella *Citrobacter* ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียของอาหาร (microbial spoilage) หลายชนิด เช่น เนื้อสัตว์ และสัตว์ปีก

ค) เชื้อ *Enterobacter*

Enterobacter เป็นแบคทีเรียที่อยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae ซึ่งเป็นแบคทีเรียมีลักษณะสำคัญคือ เป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative bacteria) มีรูปร่างเป็นท่อน เป็นแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform) อยู่ในกลุ่ม facultative anaerobe คือ เจริญได้ทั้งในภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน อาจไม่เคลื่อนที่ หรือเคลื่อนที่ด้วย peritrichous flagella สร้างแคปซูล ทำให้เกิดเมือก (slime former) ในอาหาร ความสำคัญในอาหาร *Enterobacter* เป็นแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของอาหาร (microbial spoilage) หลายชนิด เช่น การเสื่อมเสียของน้ำมัน การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์ *Enterobacter sakazakii* ในนมดัดแปลงสำหรับทารก

ง) เชื้อ *Hafnia*

Hafnia เป็นชื่อสกุล (genus) ของแบคทีเรีย (bacteria) ที่ย้อมติดสีแกรมลบ (Gram negative bacteria) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียของอาหาร (microbial spoilage) หลายชนิด เช่น เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก

จ) เชื้อ *Klebsiella*

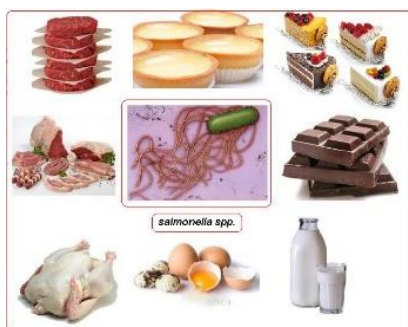
Klebsiella เป็นแบคทีเรียในวงศ์ Enterobacteriaceae ย้อมติดสีแกรมลบ (Gram negative bacteria) จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform) มีรูปร่างเป็นท่อน และเป็นพวก facultative anaerobe คือเจริญได้ทั้งในภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ไม่สร้างสปอร์ ไม่ทนต่อความร้อน อาจไม่เคลื่อนที่ หรือเคลื่อนที่ด้วย peritrichous flagella

ฉ) เชื้อ *Serratia*

Serratia เป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative bacteria) จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform) อยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae มีรูปร่างเป็นท่อน และเป็นพวก facultative anaerobe คือเจริญได้ทั้งในภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ไม่สร้างสปอร์ ไม่ทนร้อน อาจไม่เคลื่อนที่ หรือ เคลื่อนที่ด้วย peritrichous flagella เชื้อ *Serratia* เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของอาหาร (microbial spoilage) หลายชนิด เช่น การเสื่อมเสียของนํ้านม ทำให้นํ้านมเปลี่ยนเป็นสีแดง (red rod) และการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์

ช) เชื้อ *Salmonella*

เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อน ไม่สร้างสปอร์ เป็นสาเหตุของอาหารเป็นพิษที่พบได้บ่อยที่สุด จำนวนของแบคทีเรียชนิดนี้ในอาหารเพียงเล็กน้อยทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยได้ สามารถเติบโตได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 8-45 องศาเซลเซียส ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำระหว่าง 4-9 อาหารที่มาจากสัตว์เช่นเนื้อสัตว์ดิบ ปรงไม่สุก หรือซากเป็ด ไก่ ไข่ดิบ ผลิตภัณฑ์ที่มีไข่ดิบ นมดิบหรือนมที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ และผลิตภัณฑ์จากนมเช่น เนย ไอศกรีม เนยแข็งและผักบางชนิดสามารถนำเชื้อ *Salmonella* จากสัตว์มาสู่คนได้ การใช้น้ำที่สกปรกทางการเกษตรหรือใช้ล้างอาหารสดทำให้เกิดการปนเปื้อนได้เช่นกัน อาการของอาหารเป็นพิษที่เกิดจาก *Salmonella* เป็นเช่นเดียวกับจุลินทรีย์ที่มาจากระบบทางเดินอาหารอื่นๆ เช่น ถ่ายเป็นน้ำ อาเจียน ปวดท้องและมีการติดเชื้อ *Salmonella* สามารถส่งผ่านระหว่างคน และระหว่างคนกับสัตว์ได้



ภาพที่ 2.11 อาหารที่เกี่ยวข้องของการเกิดโรคซาลโมเนลโลซิส

ที่มา : พิมพ์เพ็ญและนิธิยา (2553ข)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โนร์ฮามีมี (2558) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารสชาติข้าวเกรียบโดยใช้สมุนไพรผสม 4 ชนิด คือ ข้า: ตะไคร้:ใบมะกรูด: พริก ขี้หนู ในอัตราส่วน 1:2:2:1 ตามลำดับ และศึกษาสมบัติทางเคมีของข้าวเกรียบพลาสติกที่ปรับปรุง พร้อมทั้งสำรวจการยอมรับ ทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคจากการสุ่มประชาชนทั่วไปในจังหวัดนครราชสีมาที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 200 คน ด้วยวิธีการ ให้คะแนนความชอบแบบสเกลความชอบ 5 คะแนนเมื่อมีการเติมสมุนไพรที่ความเข้มข้น 3 ระดับคือร้อยละ 1, 2, และ 3 โดยน้ำหนัก พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับโดยรวมแก่ข้าวเกรียบที่ผสมสมุนไพรร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก มากที่สุด คือ ระดับ 3.64 และข้าวเกรียบที่ความเข้มข้นนี้พบค่าองค์ประกอบทางเคมีคือ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย ความชื้น และเถ้า อยู่ร้อยละ 8.15 ± 0.01 , 25.69 ± 0.06 , 6.87 ± 0.03 , 1.081 ± 0.03 , และ 2.97 ± 0.06 ตามลำดับ

กานดาวดีและจิราภา (2556) ศึกษาสมบัติของมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์ (พื้นเมืองเบอร์ 1 พื้นเมืองเบอร์ 2 เพชรชมพู สีดา และ อีเปื่อ) และผลของวิธีการสกัดไลโคปีนที่มีต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของ มะเขือเทศผง เมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีพบว่ามะเขือเทศแต่ละพันธุ์มีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต ไลโคปีน และค่าสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และ เถ้า ไม่มีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมะเขือเทศพันธุ์อีเปื่อมีปริมาณไลโคปีนสูงสุด (67.61 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) น้ำหนักมาตรฐานแห้ง) จึงคัดเลือกไปผลิตมะเขือเทศผงที่มีไลโคปีนสูง โดยนำ มะเขือเทศไปลวกที่ 95 องศาเซลเซียส หรือ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 หรือ 10 นาที แยกเนื้อมะเขือเทศด้วยเครื่องเครื่องบีบแบบแรงอัด หรือแบบเกลียวหมุน ระดับเอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูเลสที่ใช้ในการสกัดไลโคปีนเป็น 0.1, 0.2 หรือ 0.3% v/w ระยะเวลาการย่อยมะเขือเทศเป็น 1, 2 และ 3 ชั่วโมง และทดสอบระดับมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมะเขือเทศผงแบบแช่เยือกแข็งที่ 0, 5, 10, 15 หรือ 20% w/w ผลการศึกษาพบว่าวิธีการแยกเนื้อมะเขือเทศ วิธีการสกัดไลโคปีนด้วยเอนไซม์ และระดับมอลโตเดกซ์ตริน มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ต่อปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศผงที่ทำ แช่เยือกแข็ง และการเติม มอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ได้มะเขือเทศผงที่มีคุณภาพดีโดยมีปริมาณไลโคปีนเท่ากับ 65.86 มิลลิกรัมต่อ กรัม ตัวอย่างมาตรฐานแห้ง

ชมภู และคณะ (2555) การศึกษาวิจัยหาพันธุ์พืชที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบงา พบว่าข้าวเหนียวขาวเป็นพันธุ์พืชที่เหมาะสมที่สุด ข้าวเกรียบงาเสริมข้าวเหนียวขาวประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 22.79 งาดำ ร้อยละ 0.11 น้ำตาลปี๊บร้อยละ 28.21 เกลือร้อยละ 0.38 น้ำร้อยละ 48.29 มะพร้าวหั่นซอยร้อยละ 0.22 และข้าวเหนียวนึ่งร้อยละ 0.22 ผลผลิตพันธุ์ข้าวเกรียบงาเสริมข้าวเหนียวแห้งมีคุณภาพทางกายภาพ ดังนี้ ค่า $a_w = 0.63$ ค่าสี $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 69.57, 0.30 และ 14.70 ตามลำดับสำหรับข้าวเกรียบงาเสริมข้าวเหนียวขาวปิ้ง มีค่า a_w 0.45 ค่าสี $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 32.93, 14.57 และ 16.10 ตามลำดับ จากการประเมินความชอบของผู้บริโภคในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี การกระจายตัวของธัญพืช กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านความกรอบ รสหวาน ความมัน รสชาติรวม และความชอบรวม พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง ผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หากมีวางจำหน่าย เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่ มีคุณค่าทางโภชนาการ และอร่อย

วิลาสินี (2554) การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส โดยศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิต ผลจากการทดลองพบว่า สูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรสคือนำแป้ง ข้าวเหนียวต่อแป้งมันสำปะหลัง (9.5:1.5) ผสมน้ำ 1.5 เท่า นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทอดที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วินาที แล้วทำการเคลือบผงปรุงรสสำหรับ ร้อยละ 5 ทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยา พบว่ามีค่าสี $L^* a^*$ และ b^* เท่ากับ 72.09 1.64 และ 8.30 ตามลำดับ ความชื้น เถ้าโปรตีนไขมัน ใยอาหารและคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) 4.13, 4.36, 9.52, 28.95, 3.37 และ 50.33 ตามลำดับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1×10^2 โคโลนี/กรัม ยีสต์และรา < 10 โคโลนี/กรัม

ปิยภรณ์ และคณะ (2554) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำถั่วแป๋มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่าถั่วแป๋ โดยนำถั่วแป๋มาทดแทนแป้งมันสำปะหลังในข้าวเกรียบ พบว่าการเตรียมแป้งข้าวเกรียบแบบที่ 2 คือ แบ่งส่วนผสมทั้งหมดออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกนำไปต้มกับน้ำเดือดและคนจนแป้งมันสำปะหลังมีสีขาวใสแล้วจึงนำมานวดให้เข้ากับส่วนผสมส่วนที่ 2 ให้แป้งข้าวเกรียบที่มีความสุกสม่ำเสมอทั้งด้านนอกและด้านใน สูตรข้าวเกรียบที่มีค่า L^* การพองตัว และคะแนนการยอมรับด้านความกรอบดีที่สุด คือ สูตรที่ 1 ประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม น้ำตาล 5.30 กรัม กระเทียม 2.80 กรัม เกลือ 1.80 กรัม พริกไทย 1.60 กรัม งพู่ 1.00 กรัม และ น้ำ 72 กรัม จากการทดลองเติมถั่วแป๋ทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 0 20 40 60 และ 80 พบว่าเมื่อร้อยละของการทดแทนมากขึ้น จะทำให้ค่า L^* ปริมาณไขมัน ความชื้นหลังทอด และการพองตัวลดลง ในขณะที่ค่า a^* b^* และปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น การทดแทนที่ร้อยละ 80 ให้ค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด โดยคะแนนความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันเมื่อทดแทนมากขึ้นสูงสุดถึงที่ร้อยละ 60 การทดแทนที่ระดับต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเดชัน โดยออกซิเดชันมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษา 1 เดือนที่อุณหภูมิห้อง

อรวิสา และคณะ (2554) การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเตรียมสารสกัดเห็ดฟางด้วยเอทานอล ในช่วงเวลาการสกัดและอุณหภูมิต่าง ๆ กัน พบว่าสารสกัดเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตต่อน้ำหนักแห้งสูงสุด จากนั้นนำสารสกัดเห็ดฟางมาทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพและปริมาณฟีนอลิกรวม พบว่าในสารสกัดเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แสดงร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุดสูง (ร้อยละ 82.08 ± 3.17 ที่ $250 \mu\text{g/ml}$ และ $324.48 \pm 2.70 \text{ mgGAE/100 g crude}$ ตามลำดับ) และสารสกัดเห็ดฟางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง แสดงร้อยละการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด (ร้อยละ 57.66 ± 0.90 ที่ $1000 \mu\text{g/ml}$) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับปริมาณฟีนอลิกรวม ($R^2 = 0.6919$)

กัญญรัตน์ และจันทน์ (2553) ศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบและสถานะที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปีนจากกากมะเขือเทศที่เหลือทิ้ง จากการผลิต มะเขือเทศเข้มข้นของโรงงานอุตสาหกรรมและกากมะเขือเทศที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ (ใช้มะเขือเทศสดจากตลาดท้องถิ่น) การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน โปรตีน เถ้า ใยอาหาร และปริมาณไลโคปีน พบว่าผงกากมะเขือเทศที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ (TPL) มีปริมาณไลโคปีนและค่าความเป็นสีแดง (a^*) สูงกว่า ($p \leq 0.05$) แต่มีปริมาณไขมัน โปรตีน เถ้า และใยอาหารชนิดละลายน้ำมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผงมะเขือเทศจากกากของโรงงาน (TPI) ($p > 0.05$) และจากการศึกษาการสกัดไลโคปีนจากผงมะเขือเทศ TPI โดยใช้เอนไซม์ทางการค้า 2 ชนิด (Enz A และ Enz B ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์เพคตินาส, เซลลูเลส และเฮมิเซลลูเลส) โดยศึกษาระยะเวลาในการย่อยด้วยเอนไซม์ 5 ระดับ (30, 40, 50, 60 และ 90 นาที) และการสกัดร่วมกับสารทำลายอินทรีย์ 3 ชนิด (เอทิลอะซิเตต เอทานอล และไดเอทิลอีเทอร์) พบว่าการใช้เอนไซม์ Enz A ที่ระยะเวลาการย่อย 50 นาที ร่วมกับเอทิลอะซิเตต ได้ปริมาณผลผลิตไลโคปีนสูงที่สุด โดยการสกัดไลโคปีนจากผงมะเขือเทศ TPI ได้ไลโคปีน 50.3 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมตัวอย่างซึ่งได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 142.27 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไลโคปีนที่ได้จากการสกัดโดยวิธีดั้งเดิม (20.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) และการสกัดไลโคปีนจากผงมะเขือเทศ TPL ให้ผลผลิตสูงที่สุด (80.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) ส่วนการสกัดไลโคปีนจาก TWI ให้ผลผลิตที่ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

อจรร (2550) การพัฒนาคุณภาพข้าวเกรียบงาคำเสริมสมุนไพร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรรมวิธีผลิตข้าวเกรียบงาคำ ที่ผลิตอยู่ในปัจจุบัน ศึกษาแบ่งข้าวเจ้าแห้งผสมแป้งคัดแปรมาใช้แทนแป้งสาลีเพื่อให้สูตรมาตรฐานที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ มีความเหนียวเพิ่มขึ้น และเพิ่มสมุนไพรให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น การใช้แป้งแห้งผสมแป้งคัดแปรทดแทนการใช้แป้งสาลีในการทำข้าวเกรียบงาคำ สูตรที่ได้ รับการยอมรับคือ แป้งข้าวเจ้าตราช้างสามเศียรร้อยละ 26.80 แป้งคัดแปร (Elastigel 3000M EDG 020) ร้อยละ 6.70 น้ำสะอาดร้อยละ 57 เกลือป่นร้อยละ 0.45 และงาคำสุกร้อยละ 9.05 จากผลการวิเคราะห์หาค่าความเหนียว และความสามารถในการยึดที่วัดจากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสมีค่า 74.98 กรัม และ 18.26 มิลลิเมตร ตามลำดับมากกว่าแผ่นแป้งข้าวเกรียบงาคำทั่วไปที่มีค่า 45.83 กรัม และ 13.26 มิลลิเมตรตามลำดับ การวิเคราะห์ค่าสีพบว่าค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 75.47 0.36 และ 5.16 ตามลำดับ การพัฒนาข้าวเกรียบงาคำเสริมสมุนไพร พบว่าปริมาณสมุนไพรเสริมในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ได้รับการยอมรับคือ ชาเขียวเสริมได้ร้อยละ 10 กระชายดำร้อยละ 20 และขมิ้นชันร้อยละ 15 ของน้ำหนักแป้งแห้ง โดยผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบงาคำเสริมสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มีผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสอยู่ในช่วงเฉยๆ ถึงชอบปานกลาง และปริมาณสารอาหารของข้าวเกรียบงาคำเสริมสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด

ให้พลังงานอยู่ในช่วง 579.91 ถึง 584.35 กิโลแคลอรี มีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ใยอาหาร แคลเซียมและวิตามินเอ อยู่ ในช่วง 13.96-14.30 กรัม 94.24-94.99 กรัม 14.92-15.05 กรัม 8.35-8.56 กรัม 61.74-66.74 มิลลิกรัม และ 0.60-5.44 RE ตามลำดับต่อแผ่นข้าวเกรียบสมุนไพร 100 กรัมหรือประมาณ 10 แผ่น

ศิวาพร และสลักจิต (2536) ศึกษาการนำแป้งข้าวฟ่างมาทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ในการผลิตข้าวเกรียบข้าวฟ่าง พบว่าสูตรที่เป็นที่ยอมรับ คือ แป้งข้าวฟ่างร้อยละ 50 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 30 แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 5 กุ้งหรือปลาร้อยละ 10 เครื่องเทศร้อยละ 3.5 และเกลือร้อยละ 1.5 กระบวนการผลิตที่เหมาะสมคือ นึ่ง 30 นาที แช่แข็ง 12 ชม. ข้าวเกรียบข้าวฟ่างควรมีความชื้นประมาณร้อยละ 8 ก่อนทอดและการทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที

เพลินจิต และคณะ (2533) พบว่าคุณภาพโปรตีนของข้าวเกรียบทอดที่ทำมาจาก แป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วยแป้งผสมสูตร 1 ปริมาณร้อยละ 10 (แป้งผสมสูตร 1 ประกอบด้วย แป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม และแป้งงาพร่องไขมันร้อยละ 40, 40 และ 20 ตามลำดับ) ข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วยแป้งผสมสูตร 2 ปริมาณ 20% (แป้งผสมสูตร 2 ประกอบด้วย แป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม และแป้งงาพร่องไขมันร้อยละ 25, 50 และ 25 ตามลำดับ) และข้าวเกรียบทอดที่ทำจาก แป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วยแป้งผสมสูตร 3 ปริมาณร้อยละ 20 (แป้งผสมสูตร 3 ประกอบด้วย แป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มร้อยละ 50 เท่ากัน) มีคุณค่าทางโภชนาการดีขึ้นคือ มีปริมาณของกรดอะมิโนเมทไทโอนีน + ซีสทีน 74, 77 และ 66 มก./กรัมของโปรตีน ตามลำดับ ส่วนปริมาณของกรดอะมิโนทริปโตเฟนเท่ากับ 130, 140 และ 140 มก./กรัมของโปรตีน ตามลำดับ เปรียบเทียบกับข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีปริมาณของกรดอะมิโนเมทไทโอนีน + ซีสทีนและกรดอะมิโนทริปโตเฟนเท่ากับ 43 และ 50 มก./กรัมของโปรตีน ตามลำดับ

3.1.3 สารเคมี

- 1) ปีโตรเลียมอีเทอร์ ยี่ห้อ QReC ประเทศนิวซีแลนด์
- 2) กรดซัลฟูริกเข้มข้น ยี่ห้อ Ajax Finection Pty Ltd ประเทศออสเตรเลีย
- 3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ยี่ห้อ RCI Labscan ประเทศไทย
- 4) โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส ยี่ห้อ APS Finechem ประเทศออสเตรเลีย
- 5) กรดบอริก (Boric acid) ยี่ห้อ Ajax Finechem Pty Ltd ประเทศออสเตรเลีย
- 6) กรดเกลือ (HCl) ยี่ห้อ Meark ประเทศเยอรมนี
- 7) Lycopene standard ยี่ห้อ Sigma ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 8) Hexane AR grade ยี่ห้อ RCI Labscan ประเทศไทย
- 9) Chloroform ยี่ห้อ RCI Labscan ประเทศไทย
- 10) Methanol ยี่ห้อ RCI Labscan ประเทศไทย
- 11) NaCl ยี่ห้อ RCI Labscan ประเทศไทย

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลองจะมีทั้งหมด 2 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1) การทดลองที่ 1 ศึกษากระบวนการทำแห้งชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของผลตำลึงสุกผง

1) แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD ซึ่งมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา คือ วิธีการทำแห้งชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของผลตำลึงสุก ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ตารางที่ 3.1 แสดงวิธีการทำแห้งผลตำลึงสุกที่ใช้ในแต่ละการทดลอง

สิ่งทดลองที่	วิธีการทำแห้งชนิดต่าง ๆ
1	ทำแห้งผลตำลึงสุกด้วยเครื่องทำแห้งลมร้อน (Tray dryer) อุณหภูมิ 50 ^o ซ เวลา 3 ชม.
2	ทำแห้งผลตำลึงสุกด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) อุณหภูมิ 130 ^o ซ
3	ทำแห้งผลตำลึงสุกด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer)
4	ผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านการทำแห้ง (control)

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพดังนี้

- ก) ปริมาณไลโคปีน (ดัดแปลงจาก Kubola and Siriamornpun, 2011; Sihamala et al., 2010)
- ข) ค่า a_w ด้วยเครื่อง Water activity
- ค) ปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1990)
- ง) ปริมาณไขมัน ด้วยเครื่อง Soxlet extraction (A.O.A.C, 1990)
- จ) ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C, 1990)
- ฉ) ปริมาณเถ้า (A.O.A.C, 1990)
- ช) ปริมาณเส้นใยอาหาร (A.O.A.C, 1990)
- ซ) ค่าสี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab

3.2.2) การทดลองที่ 2 พัฒนาสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

1) การเตรียมเห็ดฟาง

- ก) เห็ดฟาง นำมาตัดแต่งคำหน่อออก ล้างให้สะอาด
- ข) ต้มเห็ดฟางให้สุก แล้วนำไปสับให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดผสมอาหาร ความเร็วหมายเลข 1 จนละเอียด พักไว้

2) การเตรียมผลตำลึงสุก

เลือกวิธีการเตรียมผลตำลึงสุกจากการทดลองที่ 1 ที่ได้ปริมาณไลโคปีนสูงที่สุดและเหมาะสมที่สุด

3) ขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

ก) เติมเครื่องปรุงอื่น ๆ จนหมด ยกเว้นแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลี และน้ำ ผสมด้วยเครื่องผสมอาหาร โดยใช้หัวรูปใบไม้ ความเร็ว 63 รอบ/นาที (หมายเลข 1) ประมาณ 3 นาที จนส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

ข) เติมแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีสลับกับน้ำต้มเห็ดที่เคี่ยวผสมด้วยเครื่องผสมอาหาร โดยใช้หัวรูปใบไม้ ความเร็ว 63 รอบ/นาที (หมายเลข 1) ประมาณ 5 นาที จนส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

ค) นำก้อนแป้งที่ได้ปั้นเป็นรูปทรงกระบอก ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว ยาวประมาณ 10 นิ้ว ห่อด้วยถุงโพลีโพรพิลีน มัดปากถุงด้วยเชือกให้แน่น

ง) นำก้อนแป้งที่ได้ไปนึ่งจนสุกที่อุณหภูมิน้ำเดือด โดยใช้เวลาประมาณ 60 นาที

จ) ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปแช่ในตู้เย็น (อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 48 ชม.

ฉ) นำก้อนแป้งที่ได้แกะถุงพลาสติกออก แล้วนำไปหั่นเป็นแว่นบาง ๆ ด้วยเครื่องสไลด์ให้หนาประมาณ 1.0 มม.

ช) นำไปอบในเครื่องทำแห้ง (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชม.

ซ) นำไปทำการทดลองต่อไป

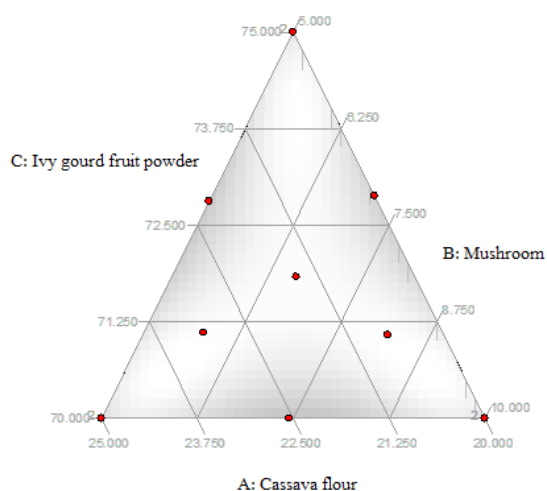
4) การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Mixture design แบบ D-optimal mixture design ซึ่งมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 3 ตัวแปร คือ แป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุก สับละเอียด และผลตำลึงสุกผง โดยมีข้อจำกัดของส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1 สำหรับปัจจัยรองจะกำหนดให้คงที่ทุกการทดลองดังตารางที่ 3.3 จากนั้นทำการผลิตเป็นข้าวเกรียบดังภาพที่ 3.2 แล้วนำไปทำการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

ตารางที่ 3.2 ข้อจำกัดของส่วนผสมหลัก แป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด และผลตำลึงสุกผงในการข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

ส่วนผสมหลัก	ปริมาณต่ำสุด (ร้อยละ)	ปริมาณสูงสุด (ร้อยละ)
แป้งมันสำปะหลัง	70.00	75.00
เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด	20.00	25.00
ผลตำลึงสุกผง	5.00	10.00

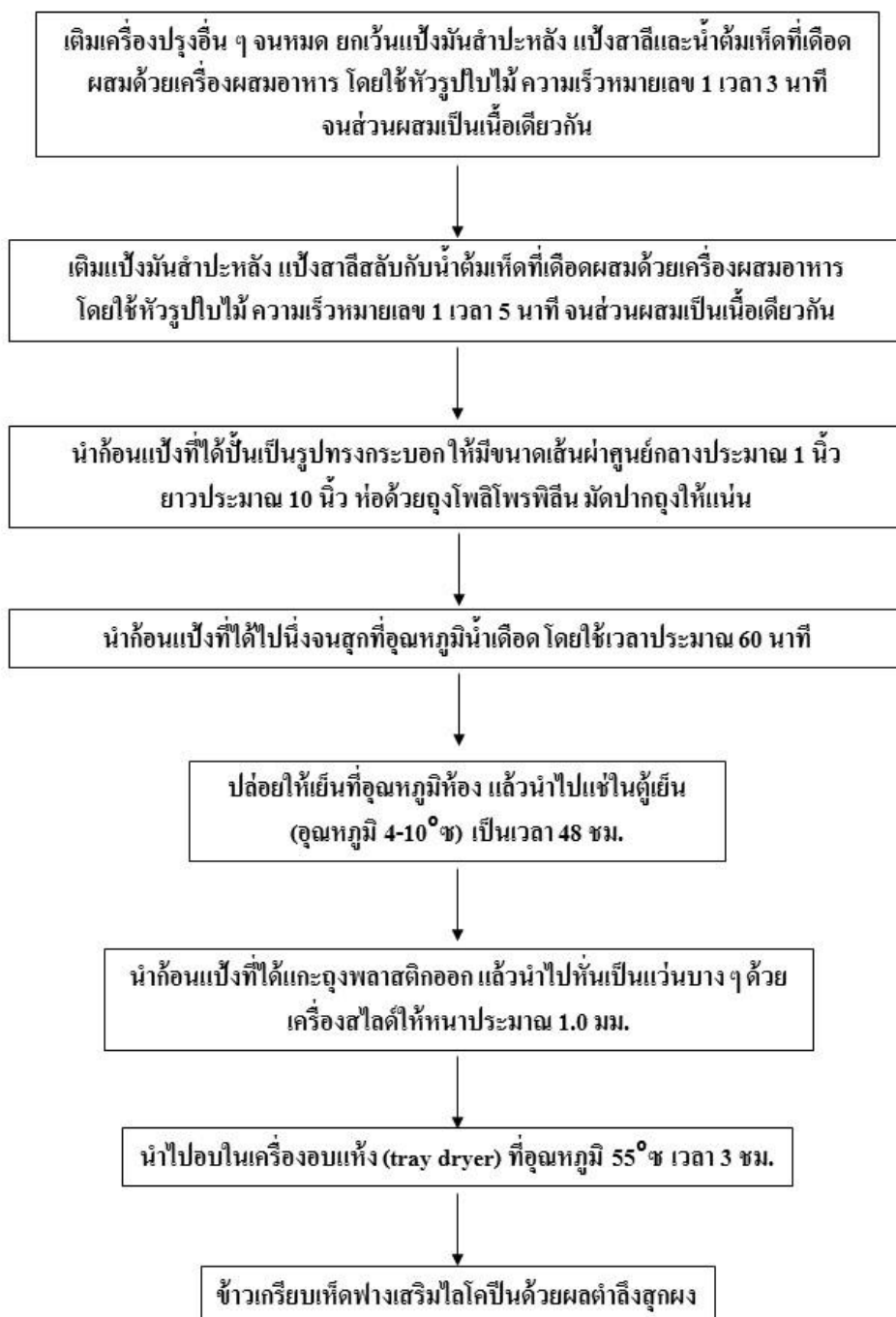
เมื่อดำเนินการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert ได้สิ่งทดลองทั้งสิ้น 12 สิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 Twelve points D-optimal mixture design for the effects of cassava flour (A), mushroom (B), Ivy gourd fruit powder (C)

ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณของส่วนผสมที่ใช้ในแต่ละการทดลอง

Mixtures	Ingredient proportion			แป้งมัน	เห็ดฟางคัมสุกสับ	ผลตำลึงสุกผง
	X_1	X_2	X_3	สำปะหลัง (g/100g)	ละเอียด (g/100g)	(g/100g)
1	0.71	0.23	0.06	71	23	6
2	0.70	0.25	0.05	70	25	5
3	0.70	0.23	0.07	70	23	7
4	0.73	0.20	0.07	73	20	7
5	0.72	0.20	0.08	72	20	8
6	0.75	0.20	0.05	75	20	5
7	0.70	0.25	0.05	70	25	5
8	0.73	0.22	0.05	73	22	5
9	0.75	0.20	0.05	75	20	5
10	0.70	0.20	0.10	70	20	10
11	0.71	0.20	0.09	71	20	9
12	0.70	0.20	0.10	70	20	10



ภาพที่ 3.2 กระบวนการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

ตารางที่ 3.4 ปัจจัยรองที่ใช้ในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุก สับละเอียด และผลตำลึงสุกผง ในการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยจะกำหนดให้คงที่ทุกการทดลอง

ส่วนผสมรอง	ปริมาณที่ใช้ (ร้อยละ) ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและ ผลตำลึงสุกผงรวมกัน
แป้งสาลี	2.0
น้ำตาลทรายขาว	6.0
เกลือป่น	1.5
พริกไทย	1.0
กระเทียมสับละเอียด	10.0

- 5) การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางด้านกายภาพดังนี้
 - ก) ค่าสี L^* a^* b^* ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab
 - ข) ปริมาณไลโคปีน (ดัดแปลงจาก Kubola and Siriamornpun, 2011; Sihamala et al., 2010)
 - ค) ปริมาณเส้นใยอาหาร (A.O.A.C, 1990)
 - ง) ปริมาณเถ้า (A.O.A.C, 1990)
 - จ) ปริมาณไขมัน ด้วยเครื่อง Soxhlet extraction (A.O.A.C, 1990)
 - ฉ) ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C, 1990)
 - ช) ค่า a_w ด้วยเครื่อง Water activity
 - ซ) ปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1990)
 - ณ) ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer
- 6) การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ดังนี้
 - ก) เชื้อ *Staphylococcus aureus* (A.O.A.C, 1990)
 - ข) เชื้อ โคลิฟอร์มและเชื้อ *E. coli* (A.O.A.C, 1990)
 - ค) เชื้อยีสต์และรา (A.O.A.C, 1990)
 - ง) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (A.O.A.C, 1990)
 - จ) เชื้อ *Salmonella* (A.O.A.C, 1990)

7) การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสดังนี้

โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ผู้ทดสอบชิมเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยใช้แบบทดสอบชิมแบบ The 9-point Hedonic Scale (1 คือไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คือชอบมากที่สุด)

3.2.3) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

เลือกสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงที่มีอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางดัมสุกสับละเอียด และผลตำลึงสุกผงที่มีปริมาณไลโคปีน เส้นใยอาหารและการยอมรับรวมทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด ที่โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert แนะนำจากผลการทดลองที่ 3.2.2 จากนั้นทำการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงและนำข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงที่ผลิตได้มาทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางด้านกายภาพดังนี้

- 1) ค่าสี L^* a^* b^* ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab
- 2) ปริมาณไลโคปีน (ดัดแปลงจาก Kubola and Siriamornpun, 2011; Sihamala et al., 2010)
- 3) ปริมาณเส้นใยอาหาร (A.O.A.C, 1990)
- 4) ปริมาณเถ้า (A.O.A.C, 1990)
- 5) ปริมาณไขมัน ด้วยเครื่อง Soxhlet extraction (A.O.A.C, 1990)
- 6) ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C, 1990)
- 7) ค่า a_w ด้วยเครื่อง Water activity
- 8) ปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1990)
- 9) ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer

3.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริม ไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึง

3.3.1 วัตถุประสงค์

เพื่อฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีการพัฒนาสูตรที่เหมาะสม
ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสู่คหบดีผู้ประกอบการและ/
หรือผู้สนใจอย่างน้อย 1 รุ่น (อย่างน้อย 20 คน)

3.3.2 ปัจจัยที่ศึกษา

ผลสัมฤทธิ์ของผู้ฝึกอบรม

3.3.3. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

จัดอบรมให้ผู้ประกอบการผู้สนใจทั่วไป หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองที่ 2
แล้ว ณ โรงเรียนเกษตรอินทรีย์ ต.หม่องชัยพัฒนา อ.หม่องชัย จ.กาฬสินธุ์

3.3.4 การบันทึกข้อมูล

การประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรม

3.4 สถานที่ดำเนินงานวิจัย

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์

3.5 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษากระบวนการทำแห้งชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของผลตำลึงสุก

4.1.1 ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพด้านค่าสีของผลตำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.1 สำหรับค่าสี L^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง 38.67 ± 0.36 - 58.41 ± 0.28 ค่าสี a^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง 23.27 ± 0.19 - 28.77 ± 0.36 และค่าสี b^* จะมีค่าอยู่ระหว่าง 23.62 ± 0.46 - 33.11 ± 0.45 สำหรับค่าสี L^* พบว่าผลตำลึงสุกผึ่งเมื่อนำไปทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน ที่มีปริมาณค่าสี L^* มากและน้อยที่สุดคือผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer) และผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Control) มีค่าเท่ากับ 58.41 ± 0.28 และ 38.67 ± 0.36 ตามลำดับ ส่วนปริมาณค่าสี a^* พบว่าผลตำลึงสุกผึ่งเมื่อนำไปทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน ที่มีปริมาณค่าสี a^* มากและน้อยที่สุดคือ ผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer) และผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) มีค่าเท่ากับ 28.77 ± 0.36 และ 23.27 ± 0.19 ตามลำดับ ปริมาณปริมาณค่าสี b^* พบว่าผลตำลึงสุกผึ่งเมื่อนำไปทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน ที่มีปริมาณค่าสี b^* มากและน้อยที่สุดคือผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer) และผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Control) มีค่าเท่ากับ 33.11 ± 0.45 และ 23.62 ± 0.46 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันมีผลต่อค่าสี L^* a^* และ b^* โดยพบว่าผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer) จะมีค่าสี L^* (เป็นบวก คือ ความสว่าง) ค่าสี a^* (เป็นบวก คือ สีแดง) และ ค่าสี b^* (เป็นบวก คือ สีเหลือง) มีค่ามากกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ สำหรับค่าสี a^* ของผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Control) อาจเป็นเพราะการทำแห้งแบบระเหิดจะใช้อุณหภูมิต่ำในการทำแห้งจึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่แตกต่างจากของสด โดยเฉพาะสีแดงของตำลึงสุกที่ต้องการนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบต่อไป

ตารางที่ 4.1 ผลทางด้านกายภาพของผลตำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน

ชนิดของการทำแห้ง ผลตำลึงสุก	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*
การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray dryer)	53.70±0.38 ^c	27.00±0.44 ^b	26.98±0.44 ^b
การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer)	54.17±0.42 ^b	23.27±0.19 ^c	27.06±0.24 ^b
การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer)	58.41±0.28 ^a	28.77±0.36 ^a	33.11±0.45 ^a
ผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Control)	38.67±0.36 ^d	28.38±0.42 ^a	23.62±0.46 ^c

หมายเหตุ: -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD)

-ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT

4.1.2 ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของผลตำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณไลโคปีนจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.587 ± 0.05 - 1.406 ± 0.05 มิลลิกรัม/กรัม สำหรับปริมาณความชื้นจะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 7.85 ± 0.08 - 88.28 ± 0.35 ปริมาณไขมันจะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.08 ± 0.03 - 0.13 ± 0.01 ปริมาณเถ้าจะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.10 ± 0.06 - 6.13 ± 0.04 ปริมาณโปรตีนจะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.86 ± 0.47 - 14.89 ± 0.47 ปริมาณเส้นใยอาหารจะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.82 ± 0.21 - 4.09 ± 0.20 และพบว่าปริมาณ a_w จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.268 ± 0.01 - 0.987 ± 0.01 สำหรับผลตำลึงสุกเมื่อนำไปทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน พบว่าผลตำลึงสุกที่มีปริมาณไลโคปีนมากที่สุดและน้อยที่สุดคือ ผลตำลึงสุกที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) และผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Control) คือมีค่าเท่ากับ 1.406 ± 0.05 และ 0.587 ± 0.05 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ สำหรับผลตำลึงสุกที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) ที่มีปริมาณไลโคปีนสูงที่สุดอาจเนื่องมาจากการที่ความร้อนสูงจะทำให้ไลโคปีนที่แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อพืชละลายออกมาได้มากยิ่งขึ้น (Bramley, 2000; Holden et al., 1999; Ben-Amotz and Fishler, 1998) สำหรับปริมาณไลโคปีนในผลตำลึงสุก (fresh ivy ground fruit) ที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้งนั้นจะมีปริมาณเล็กน้อยเพียงใดขึ้นกับสายพันธุ์วิธีการเพาะปลูก เช่น การใส่ปุ๋ย พรุนดิน น้ำ เป็นต้น ความแก่อ่อน และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ (Levin et al., 2006; Shi et al., 2002) ส่วนผลตำลึงสุกเมื่อนำไปทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน ที่มีปริมาณความชื้นมากและน้อยที่สุดคือ ผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Control) และผลตำลึงสุกที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) มีค่าเท่ากับร้อยละ 88.28 ± 0.35 และ 7.85 ± 0.08 ตามลำดับ เนื่องจากว่าการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) นั้นจะใช้ความร้อนสูงในการทำแห้งจึงทำให้ความชื้นในผลตำลึงสุกที่ทำแห้งด้วยวิธีนี้เหลือน้อยกว่าการทำแห้งวิธีอื่น ๆ สำหรับปริมาณไขมันพบว่าผลตำลึงสุกเมื่อนำไปทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณเถ้าพบว่าผลตำลึงสุกเมื่อนำไปทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน ที่มีปริมาณเถ้ามากและน้อยที่สุดคือ ผลตำลึงสุกที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) และ ผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Control) มีค่าเท่ากับร้อยละ 6.13 ± 0.04 และ 1.10 ± 0.06 ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีนพบว่าผลตำลึงสุกเมื่อนำไปทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน ที่มีปริมาณโปรตีนมากและน้อยที่สุดคือ ผลตำลึงสุกที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray dryer) และผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Control) มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.89 ± 0.47 และ 1.86 ± 0.47

อาหารมากและน้อยที่สุดคือ ผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) และผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Control) มีค่าเท่ากับร้อยละ 4.09 ± 0.20 และ 1.82 ± 0.21 ตามลำดับ พบว่าปริมาณเส้นใยอาหารของผลตำลึงสุกที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทั้งสามวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผลตำลึงสุกผึ่งเมื่อนำไปทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน พบว่าผลตำลึงสุกผึ่งที่มีปริมาณ a_w มากที่สุดคือ ผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Control) คือมีค่าเท่ากับ 0.987 ± 0.01 ส่วนผลตำลึงสุกผึ่งเมื่อนำไปทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน ที่มีปริมาณ a_w น้อยที่สุดคือ ผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) มีค่าเท่ากับ 0.268 ± 0.01 สำหรับค่า a_w พบว่าผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) มีค่า a_w น้อยกว่าผลตำลึงสุกผึ่งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งวิธีอื่น ๆ เนื่องจากกระบวนการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) จะใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูงในการทำแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีคล้ำ (ค่าสี L^* มีค่าน้อย) และมีปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เหลือน้อยกว่าการทำแห้งด้วยวิธีอื่น ๆ

ในการทดลองในครั้งนี้จะคัดเลือกวิธีการทำแห้งผลตำลึงสุกที่มีปริมาณไลโคปีนและเส้นใยอาหารสูงที่สุดเพื่อนำไปพัฒนาสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผึ่ง พบว่าผลตำลึงสุกเมื่อนำมาทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) จะทำให้ได้ปริมาณไลโคปีนและเส้นใยอาหารสูงที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 1.406 ± 0.05 มิลลิกรัม/กรัม และร้อยละ 4.09 ± 0.20 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นผลตำลึงสุกผึ่งที่จะนำไปใช้ในการทดลองต่อไปจะนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer)

ตารางที่ 4.2 ผลทางด้านเคมีของผลตำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กัน

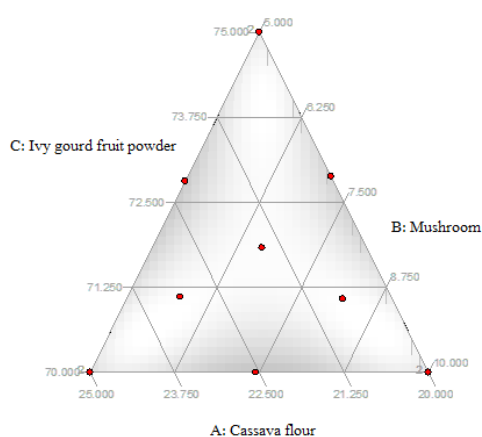
ชนิดของการทำแห้ง ผลตำลึงสุก	Lycopene content (mg/g) (% of wet basis)	Moisture content (% of wet basis)	Crude fat content (% of wet basis)	Ash content (% of wet basis)	Protein content (% of wet basis)	Fiber content (% of wet basis)	a _w
การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้ง แบบถาด (Tray dryer)	1.109±0.08 ^b	7.86±0.16 ^c	0.09±0.01	6.05±0.04 ^a	14.89±0.47 ^a	3.99±0.22 ^a	0.380±0.01 ^c
การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้ง แบบลูกกลิ้ง (Drum dryer)	1.406±0.05 ^a	7.85±0.08 ^c	0.10±0.04	6.13±0.04 ^a	12.41±0.38 ^b	4.09±0.20 ^a	0.268±0.01 ^d
การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้ง แบบระเหิด (Freeze dryer)	1.013±0.03 ^b	9.81±0.11 ^b	0.13±0.01	5.38±0.23 ^b	11.72±0.25 ^b	3.76±0.31 ^a	0.447±0.01 ^b
ผลตำลึงสุกที่ไม่ผ่าน กระบวนการทำแห้ง (Control)	0.587±0.05 ^c	88.28±0.35 ^a	0.08±0.03	1.10±0.06 ^c	1.86±0.47 ^c	1.82±0.21 ^b	0.987±0.01 ^a

หมายเหตุ: -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD)

-ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT

4.2 ผลการพัฒนาสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุก

จากเค้าโครงงานวิจัยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design แบบ D-optimal mixture design ซึ่งมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 3 ตัวแปร คือ แป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางที่ต้มสุกสับละเอียด และผลตำลึงสุกผง โดยมีข้อจำกัดของส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง คือ แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 40-60 เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดมีปริมาณต่ำสุดและสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 15-30 และผลตำลึงสุก มีปริมาณต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 15-30 เมื่อดำเนินการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert ได้สิ่งทดลองทั้งสิ้น 9 สิ่งทดลองเมื่อนำไปผลิตเป็นข้าวเกรียบเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุก พบว่าข้าวเกรียบที่ผลิตได้ถ้ามีปริมาณของผลตำลึงสุกผงมากกว่าร้อยละ 10 ข้าวเกรียบที่ได้มีสีแดงส้มสวยมากแต่ข้าวเกรียบจะแข็งมากเช่นกัน เมื่อนำไปทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสปรากฏว่าไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับสูตรใหม่ โดยมีข้อจำกัดของส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง คือ แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณต่ำสุดและสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 70-75 เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดมีปริมาณต่ำสุดและสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 20-25 และผลตำลึงสุกผงมีปริมาณต่ำสุดและสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 5-10 เมื่อดำเนินการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert ได้สิ่งทดลองทั้งสิ้น 12 สิ่งทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.1 จากนั้นก็นำข้าวเกรียบที่ผลิตได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัสและจุลินทรีย์ต่อไป



ภาพที่ 4.1 Twelve points D-optimal mixture design for the effects of cassava flour (A), mushroom (B), Ivy gourd fruit powder (C)

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณของส่วนผสมที่ใช้ในแต่ละการทดลอง

Mixtures	Ingredient proportion			แป้งมัน สำปะหลัง	เห็ดฟางต้มสุก สับละเอียด	ผลตำลึงสุกผง
	X_1	X_2	X_3	(g/100g)	(g/100g)	(g/100g)
1	0.71	0.23	0.06	71	23	6
2	0.70	0.25	0.05	70	25	5
3	0.70	0.23	0.07	70	23	7
4	0.73	0.20	0.07	73	20	7
5	0.72	0.20	0.08	72	20	8
6	0.75	0.20	0.05	75	20	5
7	0.70	0.25	0.05	70	25	5
8	0.73	0.22	0.05	73	22	5
9	0.75	0.20	0.05	75	20	5
10	0.70	0.20	0.10	70	20	10
11	0.71	0.20	0.09	71	20	9
12	0.70	0.20	0.10	70	20	10

หมายเหตุ ผลตำลึงสุกผงจะทำการทำแห้งผลตำลึงสุกด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer)
ที่อุณหภูมิ 130^oซ

4.2.1 ผลการทดลองทางด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์

จากการศึกษาผลของส่วนผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุก สับละเอียด และผลตำลึงสุกผงที่มีต่อคุณสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพของข้าวเกรียบเห็ดฟาง เสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง และทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบต่างๆ ได้แก่ ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear) เชิงเส้นโค้ง (quadratic) และความสัมพันธ์เชิง special cubic โดยพิจารณาจากค่า p-value ของความสัมพันธ์ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และค่าการทดสอบ lack of fit รวมทั้งข้อเสนอแนะจากโปรแกรม พบว่าปริมาณโปรตีน เส้นใยอาหาร ค่าสี L^* ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงจะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง (quadratic) ส่วนปริมาณไขมัน ถ้า ความชื้น ไลโคปีน a_w ค่าสี a^* ค่าสี b^* Fracturability (ความเปราะหรือความกรอบ) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงจะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear) ส่วนปริมาณเชื้อยีสต์และรา ปริมาณเชื้อ *E. coli* เชื้อ *Salmonella* และ เชื้อ *Staphylococcus aureus* พบว่าปริมาณของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด และผลตำลึงสุกผงไม่มีอิทธิพลต่อ ปริมาณเชื้อยีสต์และรา ปริมาณเชื้อ *E. coli* เชื้อ *Salmonella* และ เชื้อ *Staphylococcus aureus* (not significant) ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4-4.7 และภาพแสดงพื้นผิวตอบสนอง ดังแสดงในภาพที่ 4.2 ถึง 4.14

จากผลการทดลองพบว่าถ้าเพิ่มปริมาณของผลตำลึงสุกผงและลดปริมาณของ เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและแป้งมันสำปะหลังจะทำให้ข้าวเกรียบที่ผลิตได้มีปริมาณ ไลโคปีน ปริมาณเส้นใยอาหารและปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าลดปริมาณของผลตำลึงสุกผง และเพิ่มปริมาณของเห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและแป้งมันสำปะหลังจะทำให้ข้าวเกรียบที่ผลิตได้มี ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากว่าผลตำลึงสุกผงมีปริมาณ ไลโคปีน เส้นใยอาหาร และโปรตีน สูงกว่าแป้งมันสำปะหลังและเห็ดฟาง แต่ปริมาณไขมันน้อยกว่าแป้งมันสำปะหลังและเห็ดฟาง จากตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย (2544) พบว่าแป้งมันสำปะหลังและเห็ดฟางมี ปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 0.3 และ 3.2 ปริมาณเส้นใยอาหารเท่ากับ ร้อยละ 0 และ 0.9 และ ปริมาณไขมันเท่ากับ ร้อยละ 0.1 และ 0.2 ตามลำดับ สำหรับผลตำลึงสุกผงผลการทดลองจากตาราง ที่ 4.2 พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 13.0-16.1 ไขมันร้อยละ 0.10-0.14 ปริมาณเส้นใยอาหารร้อยละ 3.76-4.09 สำหรับปริมาณความชื้นและค่า a_w ของข้าวเกรียบที่ผลิตได้พบว่าถ้าเพิ่มปริมาณของ เห็ดฟางที่สับบดละเอียดและลดปริมาณของแป้งมันสำปะหลังจะทำให้ข้าวเกรียบที่ผลิตได้มีปริมาณ ความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้น เนื่องจากว่าเห็ดฟางที่สับบดละเอียดจะมีความชื้นมากกว่าแป้งมัน สำปะหลังและผลตำลึงสุกผง จึงทำให้ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของข้าวเกรียบที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น

สำหรับค่าสี L^* (เป็นบวก หมายถึง ความสว่าง) พบว่าถ้าเพิ่มปริมาณของแป้งมันสำปะหลังและลดปริมาณของผลตำลึงสุกผงและเห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดจะทำให้ข้าวเกรียบที่ผลิตได้มีค่าสี L^* เพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าเพิ่มปริมาณของผลตำลึงสุกผง และเห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและลดปริมาณของแป้งมันสำปะหลังจะทำให้ค่าสี a^* (เป็นบวก หมายถึง สีแดง) ของข้าวเกรียบที่ผลิตได้มีค่าสี a^* เพิ่มขึ้น สำหรับค่าสี b^* (เป็นบวก หมายถึง สีเหลือง) พบว่าถ้าเพิ่มปริมาณของเห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและแป้งมันสำปะหลังและลดปริมาณผลตำลึงสุกผงจะทำให้ค่าสี b^* ของข้าวเกรียบที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากว่าแป้งมันสำปะหลังมีสีขาวเมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้นจึงทำให้ข้าวเกรียบที่ผลิตได้มีสีขาวมากกว่าข้าวเกรียบที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังน้อย ส่วนผลตำลึงสุกผงจะมีสีแดงออกส้มเมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะมีสีแดงเข้มจึงทำให้มีค่าสี a^* มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณผลตำลึงสุกน้อย และค่าสี L^* หรือความสว่างก็จะลดลงด้วยเช่นกัน สำหรับเห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดนั้นสีจะออกน้ำตาลนวลๆ เพราะฉะนั้นถ้าเติมในข้าวเกรียบมากจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ค่าสี b^* เป็นบวก ส่วนค่าความเปราะหรือความกรอบ (Fractuability) พบว่าถ้าเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังและลดปริมาณผลตำลึงสุกผงจะทำให้ข้าวเกรียบที่ผลิตได้มีค่าความกรอบหรือความเปราะ (Fractuability) เพิ่มมากขึ้นอาจเนื่องจากว่าผลตำลึงสุกผงมีปริมาณเส้นใยอาหารมากกว่าแป้งมันสำปะหลัง เมื่อเพิ่มปริมาณของผลตำลึงสุกผงจะทำให้ข้าวเกรียบที่ผลิตได้เวลาทอดจะขยายขนาดได้น้อยกว่าข้าวเกรียบที่มีปริมาณผลตำลึงสุกผงน้อยและทำให้แข็งมากกว่า

สำหรับคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ มพช.107/2554 สำหรับข้าวเกรียบ กำหนดไว้ว่า 1) จุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^6 cfu/g 2) ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 cfu/g 3) *Salmonell* ต้องไม่พบ 4) *Staphylococcus aureus* ต้องน้อยกว่า 10 cfu/g 5) *E. coli* โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม จากตารางที่ 4.6 พบว่าข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใย

อ	า	ห	า	ร	จ	า	ก
ผลตำลึงสุกผงที่ผลิตได้ทุกสิ่งทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง $3.30 \times 10^2 \pm 0.24$ ถึง $5.20 \times 10^2 \pm 0.21$ cfu/g ปริมาณยีสต์และรามีค่าอยู่ระหว่าง $1.00 \times 10 \pm 0.24$ ถึง $4.95 \times 10 \pm 0.23$ cfu/g ซึ่งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราน้อยกว่ามาตรฐานที่มพช.ข้าวเกรียบกำหนด อีกทั้งเชื้อ <i>Salmonell</i> sp. เชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> และ <i>E. coli</i> ตรวจไม่พบในข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงทุกสิ่งทดลอง ดังนั้นข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงที่ผลิตได้ทุกสิ่งทดลองถือว่าปลอดภัยได้มาตรฐานทางด้านจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบตามมพช.107/2554							

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของสมบัติทางด้านเคมีของตัวอย่างข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

สิ่ง ทดลอง ที่	อัตราส่วนของแป้งมัน สำปะหลัง: เห็ดฟางต้มสุกสับ ละเอียด : ผลตำลึงสุกผง	คุณลักษณะทางด้านเคมี							
		Lycopene	Fiber content	Protein	Crude fat	Ash	Moisture	a _w	Carbohydrate
		content (mg/g)	(% of dry	content	content	content	content		content
		(% of wet basis)	basis)	(% of dry basis)	(% of dry basis)	(% of dry basis)	(% of wet basis)		(% of dry basis)
1	71:23:6	0.33±0.03	2.69±0.16	2.37±0.14	0.21±0.08	2.66±0.11	0.61±0.03	0.64±0.01	92.07±0.02
2	70:25:5	0.32±0.01	2.54±0.12	2.44±0.16	0.17±0.03	2.41±0.01	0.69±0.07	0.69±0.01	92.44±0.01
3	70:23:7	0.65±0.04	2.74±0.12	2.47±0.05	0.34±0.04	2.38±0.02	0.61±0.05	0.62±0.02	92.07±0.03
4	73:20:7	0.45±0.04	2.72±0.12	2.94±0.10	0.36±0.06	2.50±0.01	0.57±0.05	0.61±0.01	91.48±0.05
5	72:20:8	0.54±0.05	3.23±0.10	2.85±0.02	0.59±0.11	2.83±0.01	0.54±0.01	0.60±0.01	90.50±0.08
6	75:20:5	0.34±0.01	1.67±0.21	2.33±0.01	0.46±0.15	2.36±0.01	0.57±0.05	0.61±0.02	93.18±0.01
7	70:25:5	0.31±0.02	2.21±0.14	2.45±0.24	0.51±0.11	2.38±0.01	0.56±0.01	0.63±0.03	92.45±0.02
8	73:22:5	0.41±0.03	1.67±0.17	2.33±0.09	0.44±0.16	2.63±0.02	0.60±0.01	0.64±0.01	92.93±0.03
9	75:20:5	0.35±0.06	1.51±0.15	2.29±0.15	0.25±0.04	2.60±0.28	0.57±0.03	0.62±0.01	93.35±0.06
10	70:20:10	0.56±0.02	3.80±0.11	2.72±0.01	0.15±0.14	2.50±0.01	0.58±0.02	0.64±0.01	90.83±0.08
11	71:20:9	0.33±0.02	3.40±0.13	2.88±0.10	0.18±0.09	2.62±0.01	0.59±0.03	0.62±0.02	90.92±0.02
12	70:20:10	0.75±0.06	3.75±0.13	2.89±0.14	0.27±0.02	2.69±0.04	0.59±0.01	0.62±0.01	90.40±0.01

หมายเหตุ - ผลตำลึงสุกผงจะทำการทำแห้งผลตำลึงสุกด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) ที่อุณหภูมิ 130 °ซ

-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD)

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางด้านกายภาพของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

สิ่งทดลองที่	อัตราส่วนของ แป้งมันสำปะหลัง:				Fracturability (g.force)
	เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด:ผลตำลึงสุกผง	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	
1	71:23:6	49.73±0.38	15.26 ±0.38	17.66±0.27	564.12±0.47
2	70:25:5	46.68±0.40	14.66±0.35	15.64±0.41	679.31±0.40
3	70:23:7	49.72±0.41	15.72±0.45	19.37±0.30	847.57±0.37
4	73:20:7	47.02±0.45	15.54±0.49	17.65±0.42	745.16±0.34
5	72:20:8	45.93±0.41	15.20±0.48	16.58±0.47	842.93±0.34
6	75:20:5	48.70±0.42	14.10±0.31	18.07±0.35	818.27±0.26
7	70:25:5	48.89±0.32	15.32±0.45	18.83±0.46	756.58±0.48
8	73:22:5	47.23±0.30	15.22±0.50	17.55±0.44	1099.93±0.43
9	75:20:5	48.14±0.41	14.63±0.39	17.84±0.48	742.48±0.50
10	70:20:10	48.51±0.34	14.97±0.39	18.00±0.46	740.13±0.46
11	71:20:9	46.41±0.41	15.12±0.40	14.95±0.35	711.58±0.35
12	70:20:10	45.84±0.28	16.25±0.27	16.76±0.48	812.51±0.46

หมายเหตุ - ผลตำลึงสุกผงจะทำการทำแห้งผลตำลึงสุกด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) ที่อุณหภูมิ 130 °ซ

-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD)

ตารางที่ 4.6 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

สิ่งทดลองที่	อัตราส่วนของ แป้งมันสำปะหลัง: เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด:ผลตำลึงสุกผง	Total plate count (cfu/g)	Yeast and mold (cfu/g)	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i> / 25 g of sample	<i>S. aureus</i> / 10 g of sample
1	71:23:6	$4.10 \times 10^2 \pm 0.12$	$3.75 \times 10 \pm 0.23$	ND	ND	ND
2	70:25:5	$3.50 \times 10^2 \pm 0.23$	$1.00 \times 10 \pm 0.24$	ND	ND	ND
3	70:23:7	$4.00 \times 10^2 \pm 0.35$	$3.05 \times 10 \pm 0.36$	ND	ND	ND
4	73:20:7	$4.20 \times 10^2 \pm 0.32$	$3.85 \times 10 \pm 0.23$	ND	ND	ND
5	72:20:8	$5.00 \times 10^2 \pm 0.12$	$4.95 \times 10 \pm 0.18$	ND	ND	ND
6	75:20:5	$5.00 \times 10^2 \pm 0.13$	$4.65 \times 10 \pm 0.20$	ND	ND	ND
7	70:25:5	$5.10 \times 10^2 \pm 0.15$	$4.85 \times 10 \pm 0.32$	ND	ND	ND
8	73:22:5	$5.20 \times 10^2 \pm 0.21$	$4.80 \times 10 \pm 0.25$	ND	ND	ND
9	75:20:5	$3.30 \times 10^2 \pm 0.24$	$3.05 \times 10 \pm 0.24$	ND	ND	ND
10	70:20:10	$5.20 \times 10^2 \pm 0.16$	$4.95 \times 10 \pm 0.23$	ND	ND	ND
11	71:20:9	$4.20 \times 10^2 \pm 0.18$	$3.70 \times 10 \pm 0.21$	ND	ND	ND
12	70:20:10	$4.30 \times 10^2 \pm 0.16$	$3.45 \times 10 \pm 0.21$	ND	ND	ND

หมายเหตุ - ผลตำลึงสุกผงจะทำการทำแห้งผลตำลึงสุกด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) ที่อุณหภูมิ 130 °ซ

-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าสัดส่วนเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean \pm SD)

-ND

=

Not

Detected

ตารางที่ 4.7 รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของ
ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

Parameters	Predicted model equations	Adj. R ²	P-value
Lycopene content	$Y = 0.001152896 * \text{Cassava flour} - 0.001296449 * \text{Mushroom} + 0.058550843 * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.4804	0.0213
Fiber content	$Y = -0.21375 * \text{Cassava flour} + 0.52935 * \text{Mushroom} - 7.44045 * \text{Ivy gourd fruit powder} + 0.11784 * \text{Cassava flour} * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.9607	0.0001
Protein content	$Y = -0.099113 * \text{Cassava flour} + 0.34288 * \text{Mushroom} - 3.13867 * \text{Ivy gourd fruit powder} + 0.056588 * \text{Cassava flour} * \text{Ivy gourd fruit powder} - 0.026608 * \text{Mushroom} * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.9007	0.0003
Crude fat content	$Y = 0.013724 * \text{Cassava flour} - 0.019976 * \text{Mushroom} - 0.02989 * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.1428	0.2026
Ash content	$Y = 0.031781 * \text{Cassava flour} + 1.79\text{E-}04 * \text{Mushroom} + 0.039768 * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.0396	0.3379
Moisture content	$Y = 2.87\text{E-}03 * \text{Cassava flour} + 0.015686 * \text{Mushroom} + 6.82\text{E-}03 * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.1833	0.163
a _w	$Y = 0.004662558 * \text{Cassava flour} + 0.01185210 * \text{Mushroom} + 0.005624206 * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.2299	0.1251
L*	$Y = 1.438 * \text{Cassava flour} - 2.34963 * \text{Mushroom} + 17.90457 * \text{Ivy gourd fruit powder} - 0.37087 * \text{Cassava flour} * \text{Ivy gourd fruit powder} + 0.36978 * \text{Mushroom} * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.2941	0.1778
a*	$Y = 0.10855 * \text{Cassava flour} + 0.23795 * \text{Mushroom} + 0.334 * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.3294	0.0671
b*	$Y = 0.17628 * \text{Cassava flour} + 0.19745 * \text{Mushroom} + 0.074557 * \text{Ivy gourd fruit powder}$	-0.1854	0.8715
Fracturability	$Y = 13.28139 * \text{Cassava flour} - 7.37344 * \text{Mushroom} - 1.74042 * \text{Ivy gourd fruit powder}$	-0.3817	0.7025
Total Plate Count	$Y = 3.420398 * \text{Cassava flour} + 0.473455 * \text{Mushroom} + 26.52211 * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.41358	0.0367
Carbohydrate content	$Y = 1.09036 * \text{Cassava flour} + 0.61061 * \text{Mushroom} + 6.76983 * \text{Ivy gourd fruit powder} - 0.088596 * \text{Cassava flour} * \text{Ivy gourd fruit powder}$	0.5484	0.0246

Design-Expert® Software

Lycopene content

● Design Points

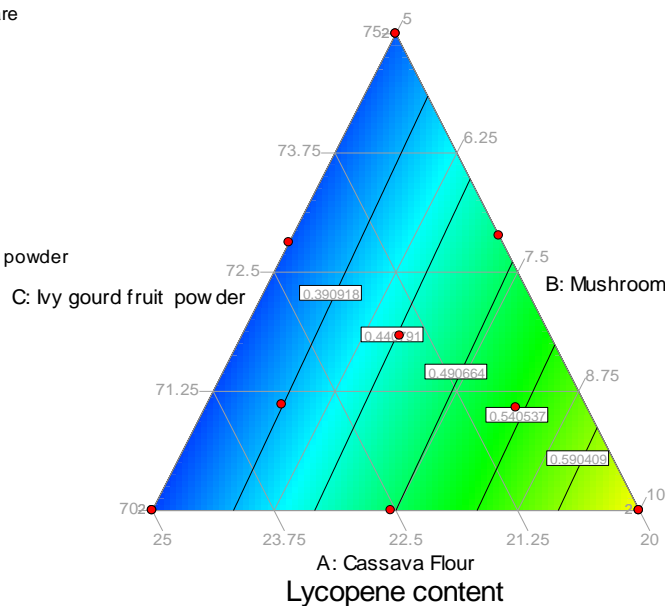
0.747

0.313

X1 = A: Cassava Flour

X2 = B: Mushroom

X3 = C: Ivy gourd fruit powder



ภาพที่ 4.2 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อปริมาณไลโคปีน (% of wet basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีน และเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

Design-Expert® Software

Fiber

● Design Points

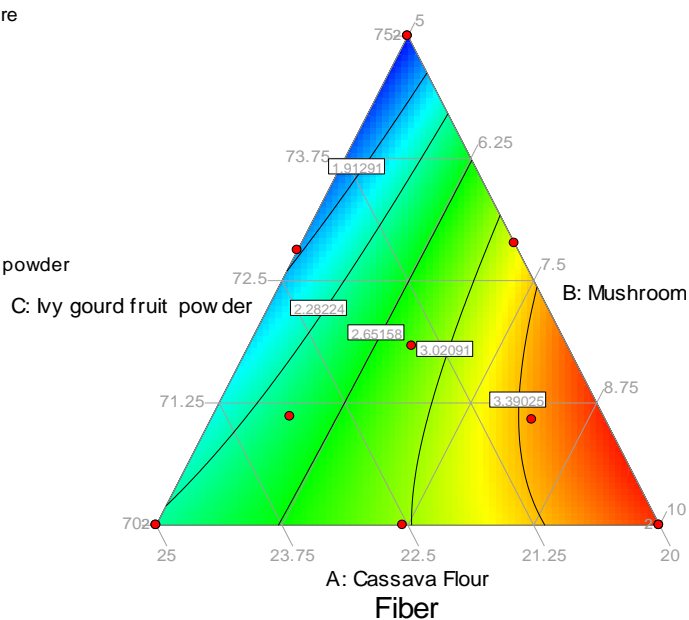
3.8

1.51

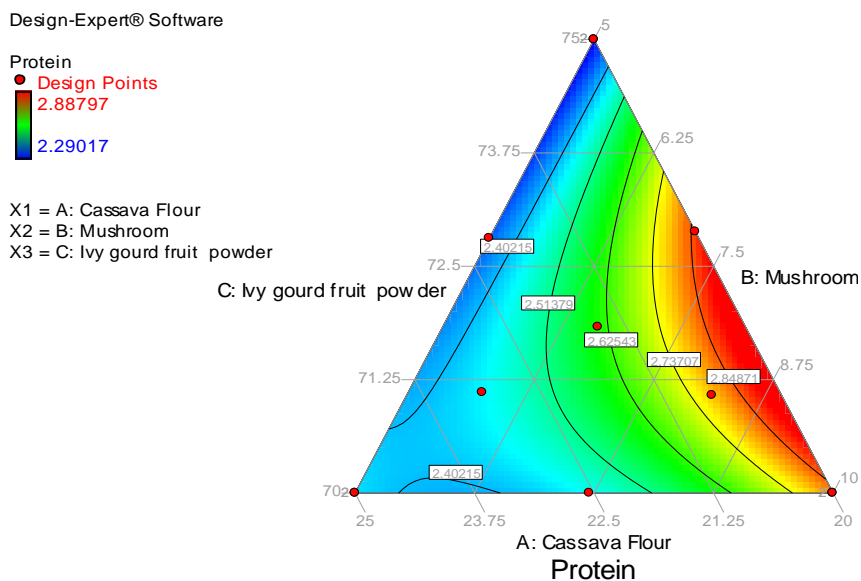
X1 = A: Cassava Flour

X2 = B: Mushroom

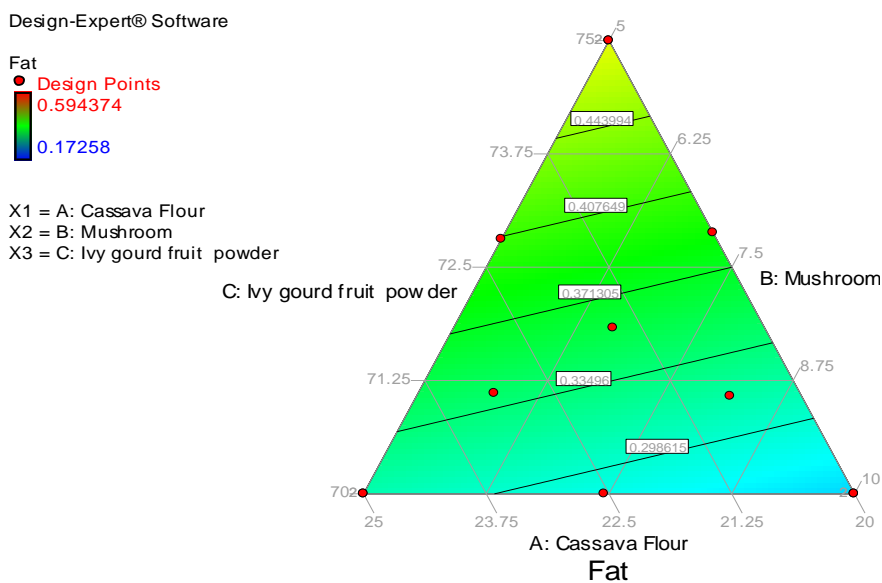
X3 = C: Ivy gourd fruit powder



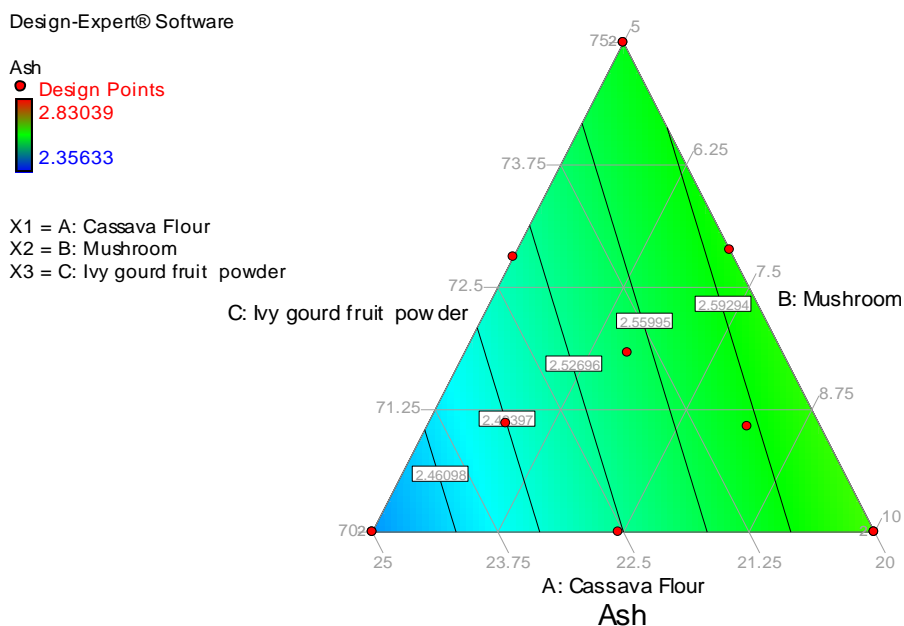
ภาพที่ 4.3 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อปริมาณเส้นใยอาหาร (% of dry basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีน และเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



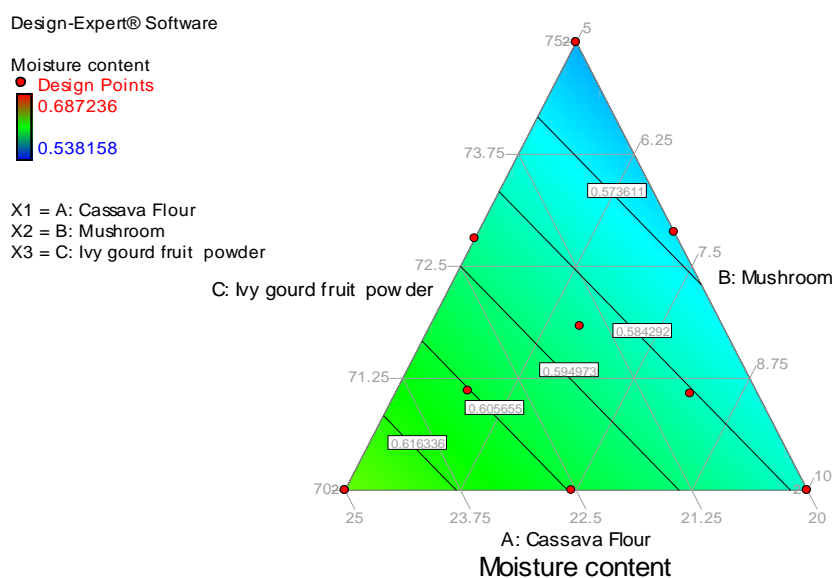
ภาพที่ 4.4 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อปริมาณ โปรตีน (% of dry basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



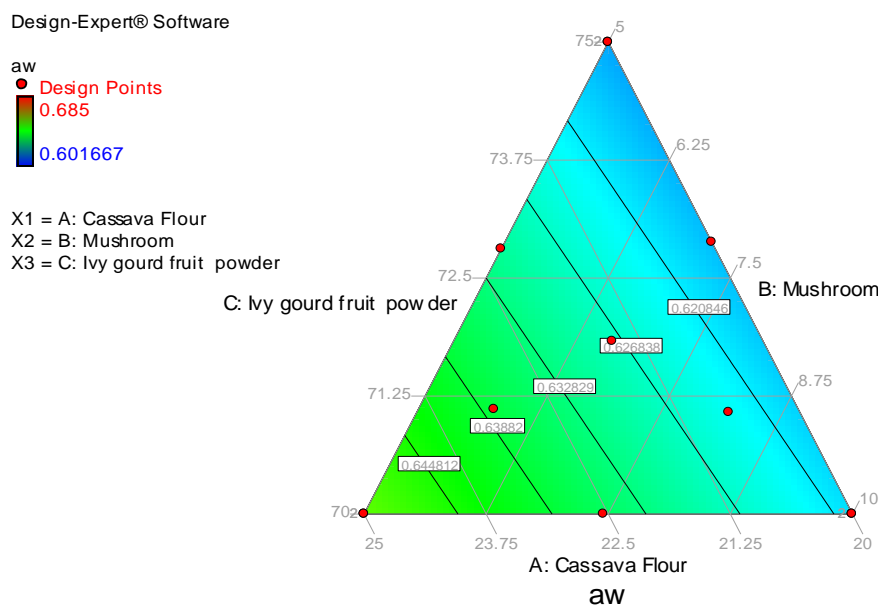
ภาพที่ 4.5 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อปริมาณไขมัน (% of dry basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



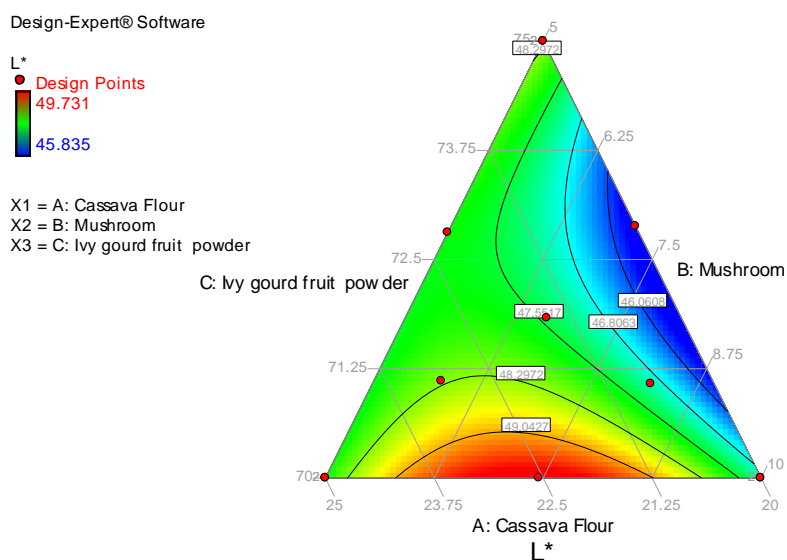
ภาพที่ 4.6 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อปริมาณเถ้า (% of dry basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



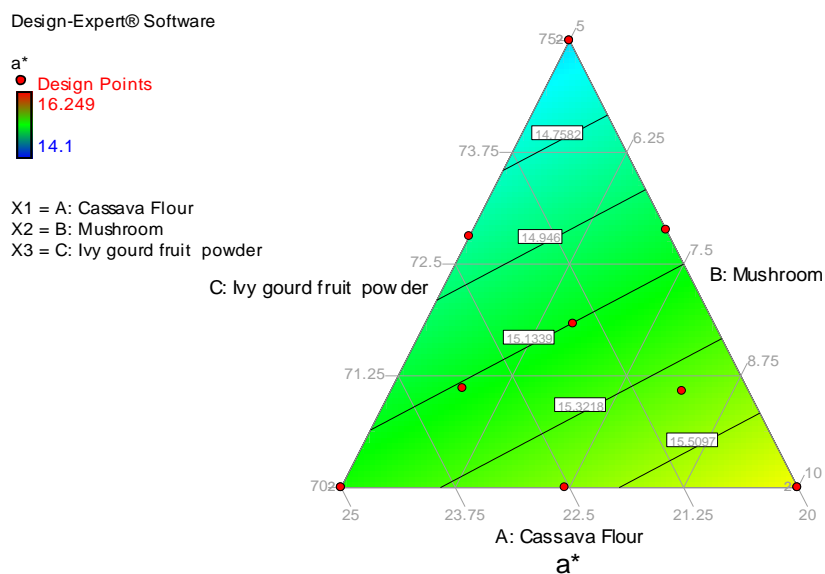
ภาพที่ 4.7 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อปริมาณความชื้น (% of wet basis) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



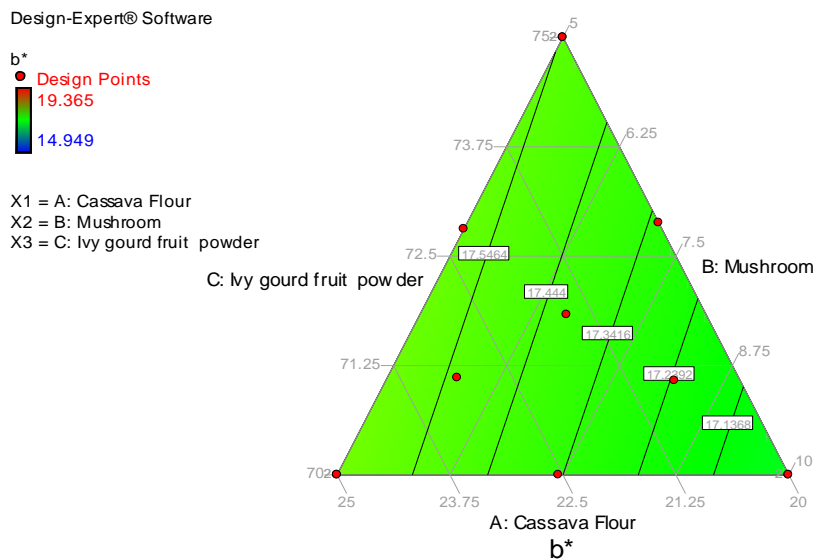
ภาพที่ 4.8 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อค่า a_w ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



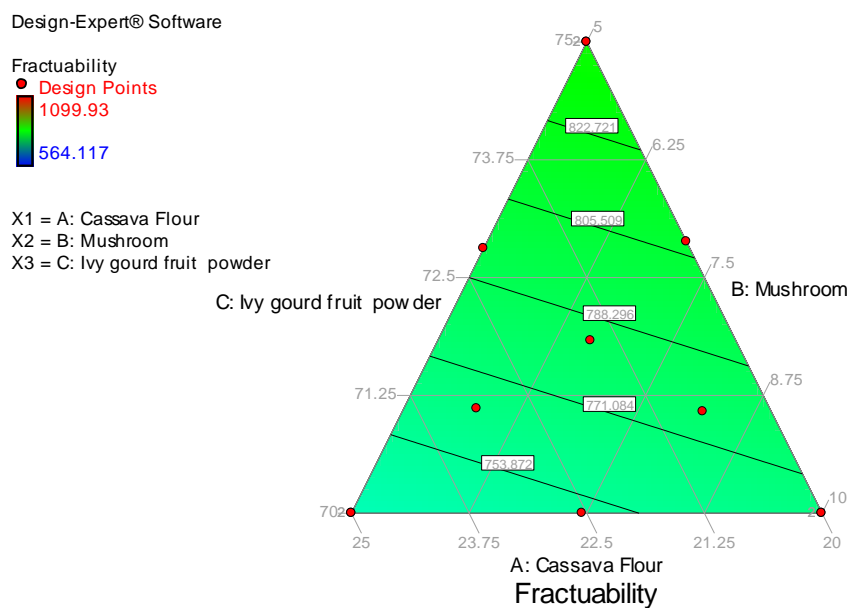
ภาพที่ 4.9 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อค่า L^* ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



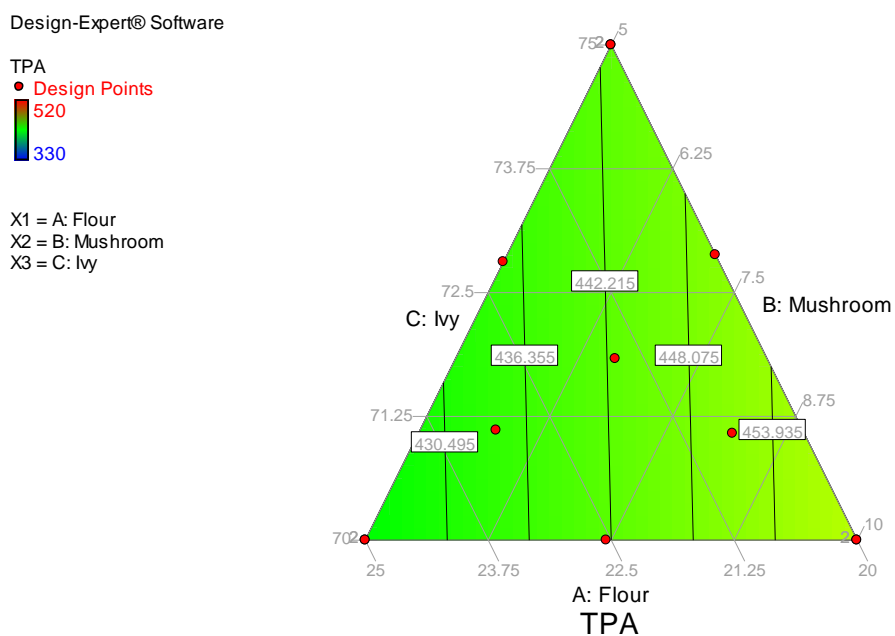
ภาพที่ 4.10 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อค่า a^* ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



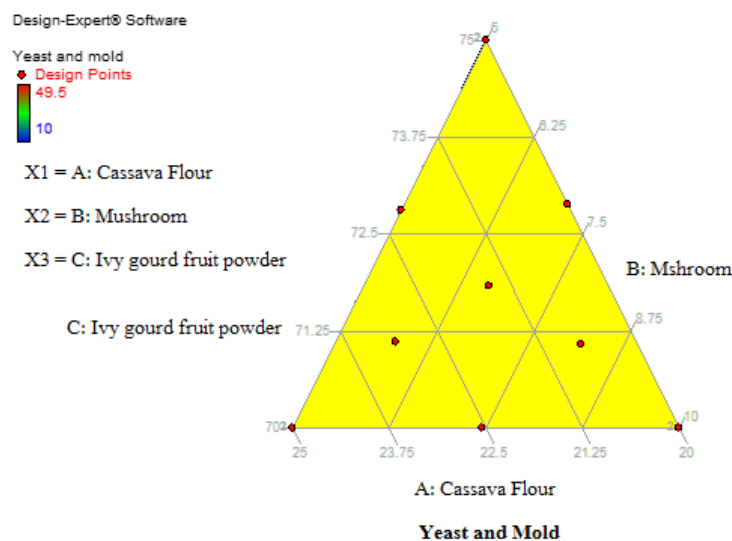
ภาพที่ 4.11 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อค่า b^* ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



ภาพที่ 4.12 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อค่า Fractuability ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



ภาพที่ 4.13 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



ภาพที่ 4.14 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริม โกลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

4.2.2 ผลการทดลองทางด้านประสาทสัมผัส

จากการศึกษาผลของส่วนผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด และผลตำลึงสุกผงที่มีต่อคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริม โกลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง และทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบต่างๆ ได้แก่ ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear) เชิงเส้นโค้ง (quadratic) และความสัมพันธ์เชิง special cubic โดยพิจารณาจากค่า p-value ของความรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และค่าการทดสอบ lack of fit รวมทั้งข้อเสนอแนะจากโปรแกรม ได้ผลการทดลองดังแสดงใน ตารางที่ 4.8-4.9 และ ภาพแสดงพื้นผิวตอบสนอง ดังแสดงในภาพที่ 4.15-4.20 โดยคุณลักษณะทางด้านสี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม จะมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นตรง (linear) ส่วนคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏและกลิ่นจะมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นโค้ง (quadratic) พบว่า ผู้ทดสอบชิมจะชอบข้าวเกรียบที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังและเห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดสูงและปริมาณของผลตำลึงสุกต่ำ อาจเป็นเพราะว่าข้าวเกรียบที่มีปริมาณของแป้งมันสำปะหลังสูงเวลาทอดจะขยายขนาดได้มากทำให้ไม่แข็งมาก สึกไม่เหม็นมากเกินไป และถ้าข้าวเกรียบที่มีปริมาณของเห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดมาก ก็จะทำให้กลิ่นรสที่ได้เป็นกลิ่นรสเฉพาะของเห็ดฟางที่พอเหมาะ

รสชาติกลมกล่อม จึงได้มีคะแนนกลิ่นรสมากตามไปด้วย อีกทั้งข้าวเกรียบที่มีปริมาณของ
ผลตำลึงสุกผงบ่อยทำให้ข้าวเกรียบที่ผลิตได้สีไม่เข้มมากเกินไป และไม่แข็งมาก

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

สิ่งทดลองที่	อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง :เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด:ผลตำลึงสุกผง	คะแนนความชอบของลักษณะทางประสาทสัมผัส					
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
1	71:23:6	7.03±0.49	7.33±0.47	7.13 ± 0.43	6.96 ± 0.49	8.13 ± 0.43	7.52 ± 0.50
2	70:25:5	7.36±0.54	7.53±0.50	6.93 ± 0.44	6.93 ± 0.44	7.46 ± 0.50	7.80 ± 0.44
3	70:23:7	6.46±0.50	7.23±0.43	6.86 ± 0.49	6.73 ± 0.44	7.00 ± 0.45	6.68 ± 0.43
4	73:20:7	6.46±0.50	7.43±0.50	6.83 ± 0.46	7.10 ± 0.40	7.16 ± 0.37	7.04 ± 0.44
5	72:20:8	6.63±0.49	7.36±0.49	6.7 ± 0.46	6.90 ± 0.48	7.26 ± 0.44	7.16 ± 0.43
6	75:20:5	7.63±0.49	7.30±0.46	7.3 ± 0.46	7.30 ± 0.46	7.90 ± 0.48	7.40 ± 0.49
7	70:25:5	7.16±0.37	7.83±0.46	7.16 ± 0.37	7.20 ± 0.50	7.80 ± 0.48	7.28 ± 0.46
8	73:22:5	7.20±0.49	7.36±0.48	7.43 ± 0.50	7.56 ± 0.50	7.56 ± 0.50	7.12 ± 0.42
9	75:20:5	7.70±0.46	7.53±0.50	7.23 ± 0.46	7.33 ± 0.47	7.70 ± 0.46	7.20 ± 0.46
10	70:20:10	6.29±0.41	6.66±0.47	6.83 ± 0.37	6.83 ± 0.37	6.10 ± 0.40	6.32 ± 0.46
11	71:20:9	6.13±0.48	6.95±0.41	6.66 ± 0.46	6.33 ± 0.47	5.96 ± 0.37	6.52 ± 0.50
12	70:20:10	6.08±0.37	6.43±0.50	6.7 ± 0.46	6.23 ± 0.43	6.36 ± 0.49	6.88 ± 0.48

หมายเหตุ - ผลตำลึงสุกผงจะทำการทำแห้งผลตำลึงสุกด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) ที่อุณหภูมิ 130 °ซ

-ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าสัดส่วนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD)

ตารางที่ 4.9 รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของ
ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

Parameters	Predicted model equations	Adj. R ²	P-value
Appearance	Y = 0.44991 * Cassava flour + 2.45277 * Mushroom + 5.46029 * Ivy gourd fruit powder - 0.044898 * Cassava flour * Mushroom - 0.080864 * Cassava flour * Ivy gourd fruit powder - 0.047573 * Mushroom * Ivy gourd fruit powder	0.9448	0.0002
Color	Y = 0.074987 * Cassava flour + 0.11397 * Mushroom - 0.088862 * Ivy gourd fruit powder	0.8013	0.0003
Odor	Y = - 0.027826865 * Cassava flour - 2.226519236 * Mushroom + 5.011310971 * Ivy gourd fruit powder + 0.036226022 * Cassava flour * Mushroom - 0.068004723 * Cassava flour * Ivy gourd fruit powder	0.88	0.0005
Flavor	Y = 0.093853 * Cassava flour + 0.040576 * Mushroom - 0.097381 * Ivy gourd fruit powder	0.6183	0.0053
Texture	Y = 0.096290899 * Cassava flour + 0.088321393 * Mushroom - 0.241019335 * Ivy gourd fruit powder	0.7399	0.0009
Acceptant	Y = 0.073659 * Cassava flour + 0.1091 * Mushroom - 0.084623 * Ivy gourd fruit powder	0.5723	0.0089

Design-Expert® Software

Appearance

● Design Points

7.7

6.08333

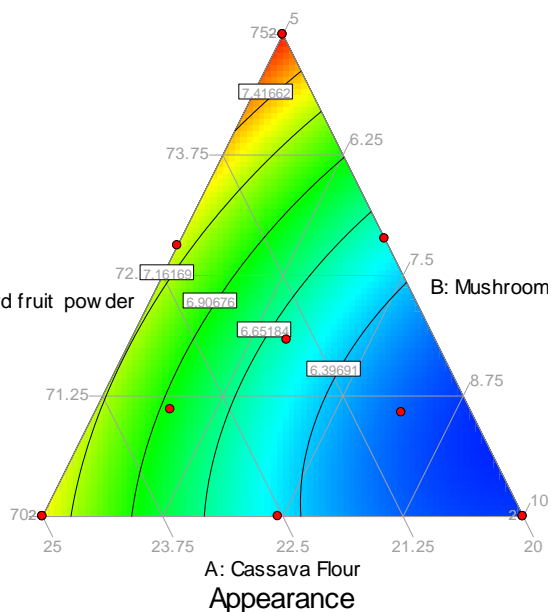
X1 = A: Cassava Flour

X2 = B: Mushroom

X3 = C: Ivy gourd fruit powder

C: Ivy gourd fruit powder

B: Mushroom



ภาพที่ 4.15 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

Design-Expert® Software

Color

● Design Points

7.8333

6.4333

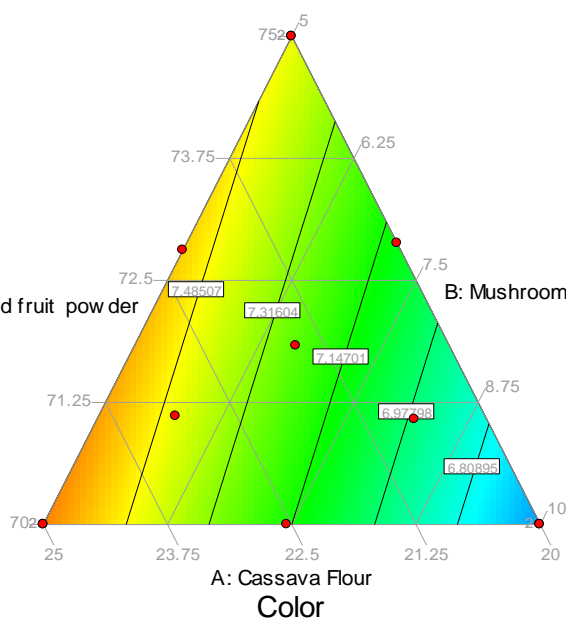
X1 = A: Cassava Flour

X2 = B: Mushroom

X3 = C: Ivy gourd fruit powder

C: Ivy gourd fruit powder

B: Mushroom

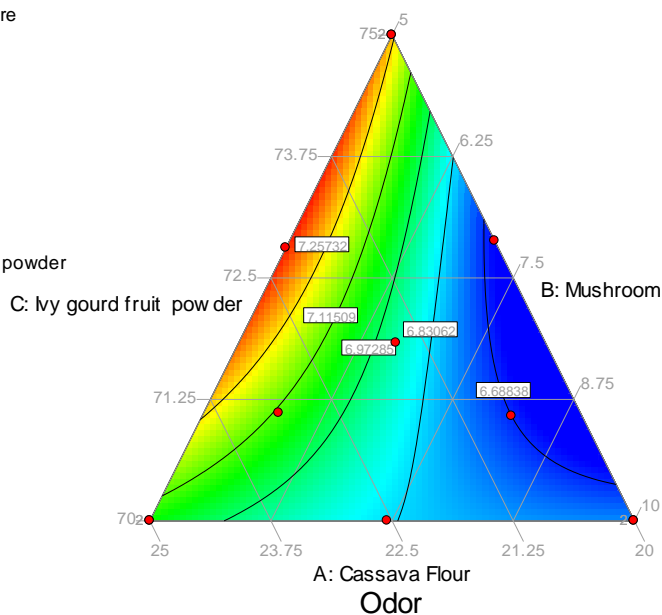


ภาพที่ 4.16 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

Design-Expert® Software

Odor
 ● Design Points
 7.4333
 6.6667

X1 = A: Cassava Flour
 X2 = B: Mushroom
 X3 = C: Ivy gourd fruit powder

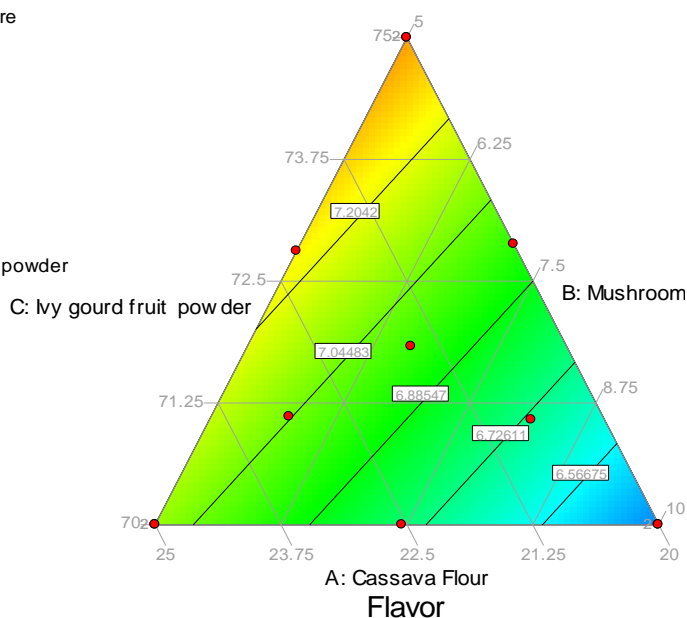


ภาพที่ 4.17 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของข้าวเกรียบเห็ดฟาง เสิร์มไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

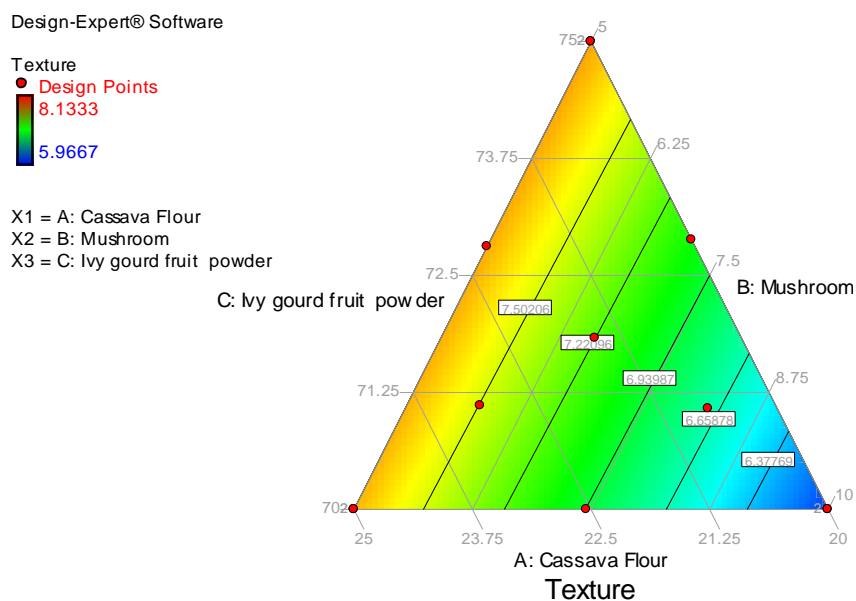
Design-Expert® Software

Flavor
 ● Design Points
 7.5667
 6.2333

X1 = A: Cassava Flour
 X2 = B: Mushroom
 X3 = C: Ivy gourd fruit powder

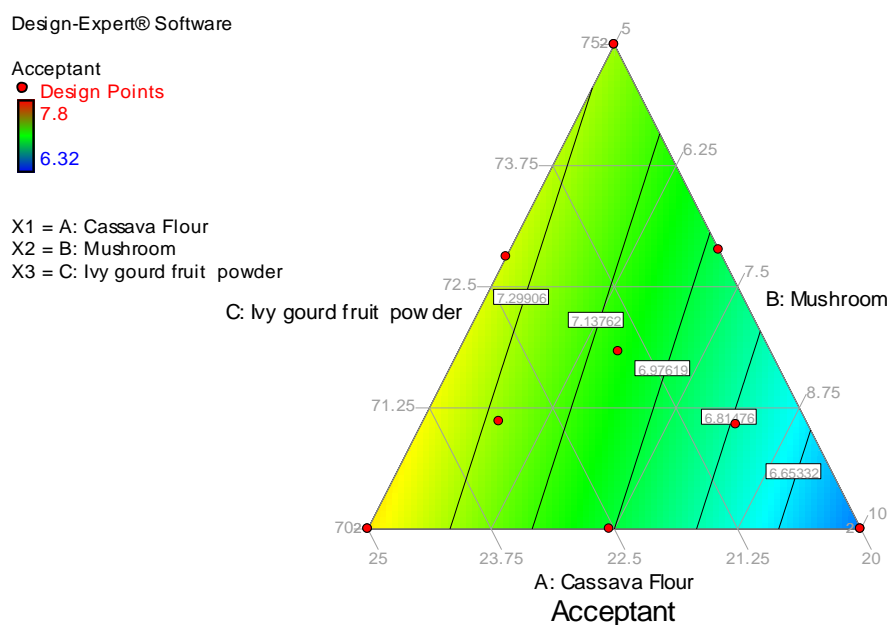


ภาพที่ 4.18 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสชาติของข้าวเกรียบเห็ดฟาง เสิร์มไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



๑

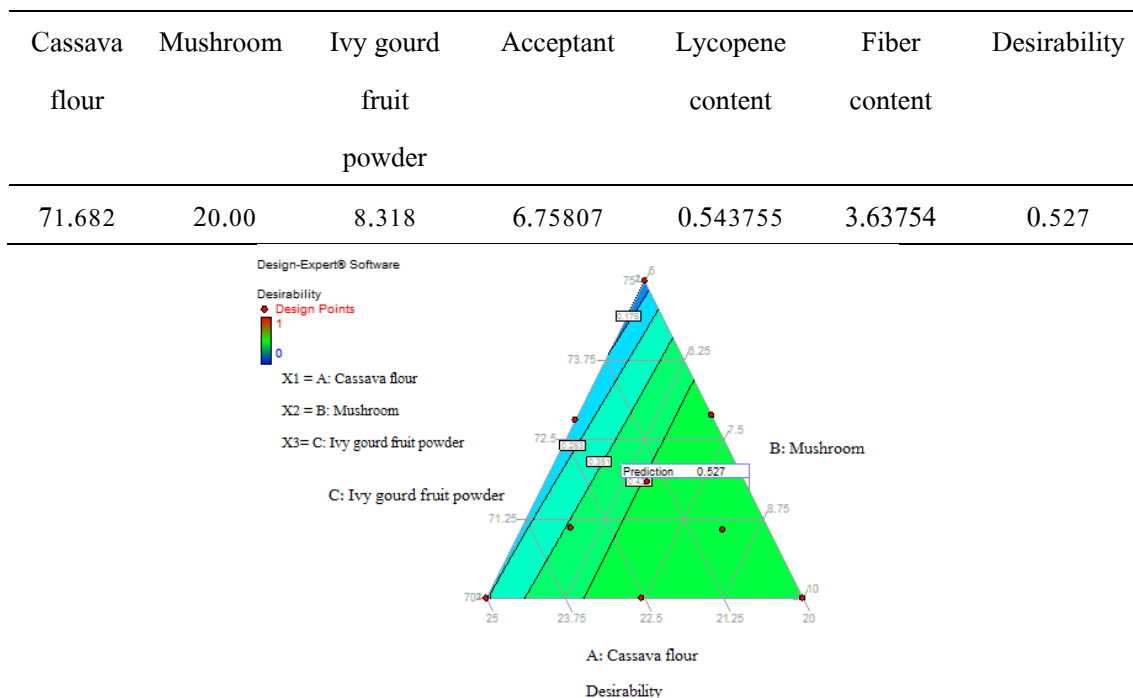
ภาพที่ 4.19 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



ภาพที่ 4.20 อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่มีต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะการยอมรับรวมของ ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

การทำนายส่วนผสมที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการพัฒนาข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง ดังนั้นในการหาส่วนผสมที่เหมาะสมของข้าวเกรียบที่ผลิตได้จึงมีเงื่อนไขว่าข้าวเกรียบที่ได้ต้องมีปริมาณไลโคปีน เส้นใยอาหารและค่าคะแนนการยอมรับรวมทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด เมื่อทำการวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว ทำให้ได้อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด : ผลตำลึงสุกผง เท่ากับ 71.7 : 20.0 : 8.3 ซึ่งทำให้มีค่าคะแนนการยอมรับรวมทางด้านประสาทสัมผัส ปริมาณไลโคปีนและเส้นใยอาหารมีค่าสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 6.76, 0.544 มิลลิกรัม/กรัม และร้อยละ 3.64 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.21 เพราะฉะนั้นจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด : ผลตำลึงสุกผง เท่ากับ 71.7 : 20.0 : 8.3 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำไปผลิตเป็นข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงมากที่สุด

ตารางที่ 4.10 อัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดและผลตำลึงสุกผง ที่ได้จากการทำนายโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่าคะแนนการยอมรับรวม ปริมาณไลโคปีนและปริมาณเส้นใยอาหารสูงสุด



ภาพที่ 4.21 อัตราส่วนผสมระหว่าง แป้งมันสำปะหลัง เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด และผลตำลึงสุกผง ที่ได้จากการทำนายโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่าคะแนนการยอมรับรวม ปริมาณไลโคปีนและปริมาณเส้นใยอาหารสูงสุด

4.3 ศึกษาคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

จากการทดลองที่ 4.2 พบว่าอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด : ผลตำลึงสุกผง เท่ากับ 71.7 : 20.0: 8.3 ซึ่งทำให้มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านการยอมรับรวม ปริมาณไลโคปีนและเส้นใยอาหาร มีค่ามากที่สุด จากนั้นนำมาทำการศึกษาค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11 พบว่าข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงที่มีอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด : ผลตำลึงสุกผง เท่ากับ 71.7 : 20.0: 8.3 มีปริมาณไลโคปีน เส้นใยอาหาร โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และ a_w เท่ากับ 0.44 ± 0.06 mg/g, ร้อยละ 3.33 ± 0.01 , ร้อยละ 2.83 ± 0.38 , ร้อยละ 0.59 ± 0.07 , ร้อยละ 2.82 ± 0.01 , ร้อยละ 0.57 ± 0.06 , 0.61 ± 0.01 ตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพพบว่าค่าสี L^* a^* b^* และค่าความเปราะหรือความกรอบ (Fractuability) มีค่าเท่ากับ 46.18 ± 0.23 , 15.37 ± 0.39 , 17.75 ± 0.35 และ 721.98 ± 0.49 g.force ตามลำดับ ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีลักษณะสีเหลืองส้ม มีความกรอบพอเหมาะ ไม่แข็งเกินไป

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของสมบัติทางด้านเคมี กายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของตัวอย่างข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

คุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์สุดท้าย	ปริมาณ
Lycopene content (mg/g) (% of wet basis)	0.44 ± 0.06
Fiber content (% of dry basis)	3.33 ± 0.01
Protein content (% of dry basis)	2.83 ± 0.38
Crude fat content (% of dry basis)	0.59 ± 0.07
Ash content (% of dry basis)	2.82 ± 0.01
Moisture content (% of wet basis)	0.57 ± 0.06
a_w	0.61 ± 0.01
ค่าสี L^*	46.18 ± 0.23
ค่าสี a^*	15.37 ± 0.39
ค่าสี b^*	17.75 ± 0.35
Fractuability (ค่าความเปราะหรือความกรอบ) (g.force)	721.98 ± 0.49

หมายเหตุ -ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าสัดส่วนเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean \pm SD)

ผลจากการศึกษานี้ได้ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงหรือสูตรการผลิตดังนี้คือ แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 71.7 เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดร้อยละ 20.0 ผลตำลึงสุกผงร้อยละ 8.3 แป้งสาลีร้อยละ 2.0 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 6.0 เกลือป่นร้อยละ 1.5 พริกไทยร้อยละ 1.0 และกระเทียมสับละเอียด 10.0 ซึ่งเวลานำไปใช้จริงจะเกิดความยุ่งยากในการคำนวณปริมาณส่วนผสม เพราะฉะนั้นจึงทำการปรับปริมาณส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นร้อยละ 100 เพื่อให้ง่ายในการนำไปใช้ ซึ่งจะได้สูตรการผลิตหลังจากปรับปริมาณส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นร้อยละ 100 ดังนี้ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 59.5 เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียดร้อยละ 16.6 ผลตำลึงสุกผงร้อยละ 6.9 แป้งสาลีร้อยละ 1.7 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 5.0 เกลือป่นร้อยละ 1.2 พริกไทยร้อยละ 0.8 และกระเทียมสับละเอียดร้อยละ 8.3 ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมที่ยังไม่ได้ปรับ (ร้อยละ)	ปริมาณส่วนผสมที่ปรับแล้ว (ร้อยละ)
แป้งมันสำปะหลัง	71.7	59.5
เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด	20.0	16.6
ผลตำลึงสุกผง	8.3	6.9
แป้งสาลี	2.0	1.7
น้ำตาลทรายขาว	6.0	5.0
เกลือป่น	1.5	1.2
พริกไทย	1.0	0.8
กระเทียมสับละเอียด	10.0	8.3
รวม	120.5	100.0

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ผลการประเมินการจัดโครงการด้านคุณประโยชน์และความพึงพอใจผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

งานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง”

เงินงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ 2558

วันที่ 12 พฤศจิกายน 2558 ณ สวนปันบุญ 98 หมู่ 2 บ้านดอนแคน ตำบลหนองชัยพัฒนา อำเภอน้องชัย จ.กาฬสินธุ์

จากการสำรวจความต้องการรับบริการในการฝึกอบรมครั้งนี้ โดยการกรอกแบบสอบถามจำนวน 30 ชุด ผลการสำรวจมีดังนี้ เป็น เพศ หญิง จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70 เพศชาย จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 (ตารางที่ 4.13)

4.4.1 ข้อมูลทั่วไป

ตารางที่ 4.13 แสดงเพศของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	9	30
หญิง	21	70
รวม	30	100

จากตารางที่ 4.14 ช่วงอายุ 31 ถึง 35 ปี จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.7 ช่วงอายุ 36 ถึง 40 ปี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 สูงกว่า 40 ปี จำนวน 13 ร้อยละ 43.3

ตารางที่ 4.14 แสดงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)

ช่วงอายุ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ต่ำกว่า 20 ปี	-	-
21-25 ปี	-	-
26-30 ปี	-	-
31-35 ปี	8	26.7
36-40 ปี	9	30.0
สูงกว่า 40 ปี	13	43.3
รวม	30	100

จากตารางที่ 4.15 แสดงระดับการศึกษาของผู้ตรวจแบบสอบถาม (N=30) พบว่า

ระดับการศึกษาสูงสุด ต่ำกว่ามัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.3 มัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 มัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ปริญญาตรี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.7

ตารางที่ 4.15 แสดงระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)

ระดับการศึกษา	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาปีที่ 3	16	53.3
มัธยมศึกษาปีที่ 3	6	20.0
มัธยมศึกษาปีที่ 6	6	20.0
ปริญญาตรี	2	6.7
สูงกว่าปริญญาตรี	-	-
รวม	30	100

4.4.2 ท่านทราบข่าวการฝึกอบรมฯ ครั้งนี้ จากแหล่งใด

ตารางที่ 4.16 แสดงแหล่งข้อมูลของมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จากผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30) พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามทราบแหล่งข้อมูลของมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จากมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.6 จากญาติ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7 จากที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7 และอื่นๆ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10

ตารางที่ 4.16 แสดงแหล่งของข้อมูลการฝึกอบรมของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)

แหล่งของข้อมูลของมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์	จำนวน	ร้อยละ
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์	2	6.6
อบค.	-	-
ญาติ	5	16.7
ที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน	20	66.7
เพื่อน	-	-
อื่น ๆ	3	10.0
รวม	30	100

4.4.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับความรู้ความเข้าใจในหลักสูตรการฝึกอบรมครั้ง

นี้มากนักน้อยเพียงใด

ตารางที่ 4.17 แสดงระดับความรู้ความเข้าใจในหลักสูตรการฝึกอบรมในครั้งนี้จากผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30) พบว่าระดับความรู้ก่อนเข้ารับการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.16 ส่วนระดับความรู้หลังเข้ารับการฝึกอบรมเท่ากับ 5.00 (มากที่สุด)

ตารางที่ 4.17 แสดงระดับความรู้ความเข้าใจในหลักสูตรการฝึกอบรมครั้งนี้ของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)

ข้อคำถาม	\bar{X}	S.D	ความหมาย
1. ระดับความรู้ของท่านก่อนเข้ารับการฝึกอบรม	3.16	0.13	น้อย
2. ระดับความรู้ของท่านหลังเข้ารับการฝึกอบรม	5.00	0.16	มากที่สุด

สำหรับความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของการเข้ารับการฝึกอบรมครั้งนี้ของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30) พบว่าคุณประโยชน์ในภาพรวมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.97$) รองลงมาคือ กิจกรรมตลอดการฝึกอบรม ความสามารถในการนำไปใช้ได้จริง ($\bar{X}=4.76$) ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายและเวลาที่เสียไป ($\bar{X}=4.49$) หลักสูตรและรายละเอียดของเนื้อหา และสามารถนำไปถ่ายทอด เผยแพร่ต่อผู้อื่นได้ ($\bar{X}=4.46$) และความทันสมัยเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน ($\bar{X}=4.39$) ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจในภาพรวม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ($\bar{X}=4.61$) ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 แสดงความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับคุณประโยชน์ของการเข้ารับการฝึกอบรมครั้งนี้ของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)

ข้อคำถาม	\bar{X}	S.D	ความหมาย	ร้อยละ
1. หลักสูตรและรายละเอียดของเนื้อหา	4.46	0.04	มากที่สุด	89.2
2. กิจกรรมตลอดการฝึกอบรม	4.76	0.04	มากที่สุด	95.2
3. ความสามารถในการนำไปใช้ได้จริง	4.76	0.04	มากที่สุด	95.2
4. ความทันสมัยเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน	4.39	0.03	มากที่สุด	87.8
5. สามารถนำไปถ่ายทอด เผยแพร่ต่อผู้อื่นได้	4.46	0.04	มากที่สุด	89.2
6. ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายและเวลาที่เสียไป	4.49	0.03	มากที่สุด	89.8
7. คุณประโยชน์ในภาพรวม	4.97	0.03	มากที่สุด	99.4
ภาพรวม	4.61	0.04	มากที่สุด	92.3

4.4.4 การนำความรู้ ประสพการณ์ที่ได้จากการฝึกอบรมไปใช้ประโยชน์

การนำความรู้ประสพการณ์ที่ได้จากการฝึกอบรมไปใช้ประโยชน์ของการฝึกอบรมในครั้งนี้ จากผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30) พบว่าใช้ในชีวิตประจำวันแน่นอน จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.6 คาดว่าได้ใช้จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ไม่แน่ใจว่าจะได้ใช้จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.7 คงไม่มีโอกาสได้ใช้จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.7 ดังตาราง 4.19

ตารางที่ 4.19 การนำความรู้ ประสพการณ์ที่ได้จากการฝึกอบรมไปใช้ประโยชน์ของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)

การนำความรู้ ประสพการณ์ที่ได้จากการฝึกอบรมไปใช้	จำนวน	ร้อยละ
---	-------	--------

ประโยชน์		
ใช้ในชีวิตประจำวันแน่นอน	20	66.6
คาดว่าจะได้ใช้	6	20.0
ไม่แน่ใจว่าจะได้ใช้	2	6.7
คงไม่มีโอกาสได้ใช้	2	6.7
ไม่ใช้	-	-
อื่น ๆ โปรดระบุ	-	-
รวม	30	100

4.4.5 ความคาดหวังว่าจะมีรายได้เพิ่มขึ้นที่บาทรายได้ต่อเดือน (เลือกเพียง 1 ข้อ)

ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามถึงรายได้ที่น่าจะเพิ่มขึ้นหลังผ่านการฝึกอบรมในครั้งนี้พบว่ารายได้น้อยกว่า 1,000 บาท จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 รายได้ 1,001 – 2,000 บาท จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 รายได้ 2,001 – 3,000 บาท จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ความคาดหวังว่าจะมีรายได้เพิ่มขึ้น (บาท/เดือน) ของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)

รายได้เพิ่มขึ้น (บาท/เดือน)	จำนวน	ร้อยละ
น้อยกว่า 1,000 บาท	15	50

1,001 – 2,000 บาท	12	40
2,001 – 3,000 บาท	3	10
3,001 – 4,000 บาท	-	-
4,001 – 5,000 บาท	-	-
5,001 – 6,000 บาท	-	-
6,001 – 7,000 บาท	-	-
7,001 – 8,000 บาท	-	-
8,001 – 9,000 บาท	-	-
9,001 – 10,000 บาท	-	-
มากกว่า 10,000 บาท	-	-
รวม	30	100

4.4.6 ความพึงพอใจในการเข้ารับการฝึกอบรมในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้น้อย
เพียงใด

1) ความพึงพอใจเกี่ยวกับการดำเนินการฝึกอบรม

พบว่าอาหาร / ของว่าง และเครื่องดื่ม สถานที่จัดฝึกอบรม ช่วงเวลา / ระยะเวลาในการจัดการฝึกอบรม บุคลากรผู้ให้บริการ และภาพรวมของการดำเนินการทั้งหมด มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}=5.00$) รองลงมาคือ วัสดุ อุปกรณ์ เอกสารประกอบ การบันทึกภาพ พิธีเปิด – พิธีมอบเกียรติคุณบัตร ($\bar{X}=4.98$) และการประชาสัมพันธ์ การรับลงทะเบียน ($\bar{X}=4.97$) ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจในภาพรวมมีค่าคะแนน $\bar{X}=4.99$ ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ความพึงพอใจเกี่ยวกับการดำเนินการฝึกอบรม ของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)

ข้อคำถาม	\bar{X}	S.D	ความหมาย	ร้อยละ
----------	-----------	-----	----------	--------

1. การประชาสัมพันธ์	4.97	0.05	มากที่สุด	99.4
2. การรับลงทะเบียน	4.97	0.02	มากที่สุด	99.4
3. วัสดุ อุปกรณ์ เอกสารประกอบ	4.98	0.03	มากที่สุด	99.6
4. อาหาร / ของว่าง และเครื่องดื่ม	5.00	0.01	มากที่สุด	100.0
5. สถานที่จัดฝึกอบรม	5.00	0.01	มากที่สุด	100.0
6. ช่วงเวลา / ระยะเวลาในการจัดการฝึกอบรม	5.00	0.01	มากที่สุด	100.0
7. การบันทึกภาพ	4.98	0.06	มากที่สุด	99.6
8. พิธีเปิด – พิธีมอบเกียรติคุณบัตร และพิธีปิด	4.98	0.04	มากที่สุด	99.6
9. บุคลากรผู้ให้บริการ (อخصย การให้บริการ)	5.00	0.01	มากที่สุด	100.0
10. ภาพรวมของการดำเนินการทั้งหมด	5.00	0.01	มากที่สุด	100.0
ภาพรวม	4.99	0.03	มากที่สุด	99.8

2) ความพึงพอใจเกี่ยวกับวิทยากร

พบว่าความพึงพอใจในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}=5.00$) ส่วนความพึงพอใจด้านอื่น ๆ เกี่ยวกับวิทยากรอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ ($\bar{X}=5.00$) ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ความพึงพอใจเกี่ยวกับวิทยากรในการฝึกอบรม ของผู้ตอบแบบสอบถาม (N=30)

<div> <div>วิทยากร</div> <div>ข้อคำถาม</div> </div>	\bar{X}	S.D	ความหมาย	ร้อยละ
1. ความรู้ความสามารถทางวิชาการ	5.00	0.01	มากที่สุด	100.0
2. ความสามารถในการถ่ายทอดการจัดกิจกรรมและการบริหารเวลา	5.00	0.01	มากที่สุด	100.0
3. ความสามารถในการตอบข้อซักถาม	5.00	0.01	มากที่สุด	100.0
4. ความมีมนุษยสัมพันธ์	5.00	0.01	มากที่สุด	100.0
5. ความสามารถในการสร้างความสนใจและการจุดประกายความคิด	5.00	0.04	มากที่สุด	100.0
6. ความพึงพอใจในภาพรวม	5.00	0.01	มากที่สุด	100.0
ภาพรวม	5.00	0.02	มากที่สุด	100.0

4.4.7) ความประสงค์ที่จะให้สถาบันวิจัยและพัฒนาดำเนินการจัดอบรมในครั้งต่อไป ในเรื่องใด

- แหวนจากเหล็ก
- หมูขย
- ลูกชิ้น

4.4.8) ข้อเสนอแนะ

ต้องการให้มีการจัดอบรม โครงการแบบนี้อีก

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1) การศึกษากระบวนการทำแห้งชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของผลตำลึงสุกพบว่าการทำแห้งผลตำลึงสุกโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งจะทำให้มีปริมาณไลโคปีนสูงกว่าการทำแห้งวิธีอื่น ๆ ส่วนปริมาณเส้นใยอาหารวิธีการทำแห้งทั้งสามวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นวิธีการทำแห้งผลตำลึงสุกโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นวิธีที่เหมาะสมจะทำผลตำลึงสุกมากที่สุด

2) การพัฒนาสูตรข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกพบว่ามีปริมาณส่วนผสมดังนี้ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 59.5 เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด ร้อยละ 16.6 ผลตำลึงสุกผงร้อยละ 6.9 แป้งสาลีร้อยละ 1.7 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 5.0 เกลือป่น ร้อยละ 1.2 พริกไทยร้อยละ 0.8 และกระเทียมสับละเอียดร้อยละ 8.3 ซึ่งทำให้มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านการยอมรับรวม ปริมาณไลโคปีนและเส้นใยอาหารมีค่ามากที่สุด

3) คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกที่มีอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : เห็ดฟางต้มสุกสับละเอียด : ผลตำลึงสุกผง เท่ากับ 59.5 : 16.6 : 6.9 (จากข้อ 2) มีปริมาณไลโคปีน เส้นใยอาหาร โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และ a_w เท่ากับ 0.44 ± 0.06 mg/g, ร้อยละ 3.33 ± 0.01 , ร้อยละ 2.83 ± 0.38 , ร้อยละ 0.59 ± 0.07 , ร้อยละ 2.82 ± 0.01 , ร้อยละ 0.57 ± 0.06 และ 0.61 ± 0.01 ตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติทางด้านกายภาพด้านค่าสี L^* a^* b^* และค่าความเปราะหรือความกรอบ (Fracturability) มีค่าเท่ากับ 46.18 ± 0.23 , 15.37 ± 0.39 , 17.75 ± 0.35 และ 721.98 ± 0.49 g.force ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุก

บรรณานุกรม

- กัญญรัตน์ กัญญาคำและจันทน์ อูริยะพงศ์สรรค์.(2554). การสกัดไลโคปีนจากกากมะเขือเทศโดยใช้
เอนไซม์และสารทำลายอินทรีย์ต่างชนิด. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- กานดา แสนมณี. (2556). **ตำลึง**. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2558, จาก [www.http://gotoknow.org](http://gotoknow.org).
- กานดาดี โนชัย และจิราภา พงษ์จันทา. (2556). **ผลของสายพันธุ์มะเขือเทศและวิธีสกัดไลโคปีนต่อ
สมบัติทางเคมีและกายภาพของมะเขือเทศผง**. ค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2558, จาก
[www.http://C:/Users/Research/Downloads](http://C:/Users/Research/Downloads).
- กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. (2544).
กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวง
สาธารณสุข พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ทหารผ่านศึก.
- งามนิจ เสริมเกียรติพงศ์. (2553). **ลักษณะพัฒนาการของดอกเห็ดฟาง**. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2558,
จาก [www.http://tint.or.th](http://tint.or.th).
- ชมภู ยิ้มโต อภิญญา พุกสุขสกุล และ อรวรรณ พึ่งคำ. (2555). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ
ธัญพืช**. สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี.
- ณัฐนิช อารีย์อักษรวิทย์. (2551ก). **ความสำคัญของเห็ดฟาง**. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2558, จาก
[www.http://gotoknow.org/posts](http://gotoknow.org/posts).
- ณัฐนิช อารีย์อักษรวิทย์. (2551ข). **วงจรชีวิตของเห็ดฟาง**. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2558, จาก
[www.http://gotoknow.org/posts](http://gotoknow.org/posts).
- ณัฐนิช อารีย์อักษรวิทย์. (2551ค). **การเตรียมอาหารวันเลี้ยงเส้นใยเห็ด**. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2558,
จาก [www.http://gotoknow.org/posts](http://gotoknow.org/posts).
- ทรงศรี แก้วสุวรรณ. (2544ก). **ปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ**. ภาควิชา
เภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ทรงศรี แก้วสุวรรณ. (2544ข). **ปริมาณของไลโคปีนที่พบในร่างกายมนุษย์**. ภาควิชาเภสัชเวทและ
เภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- โน้รฮามีมี คีรี. (2558). การศึกษาสมบัติทางเคมีของข้าวเกรียบปลาสดทอดที่เติมสมุนไพรผสมข้าว
ตะไคร้ ใบมะกรูดและพริกขี้หนู. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 7(2) :
129-136.
- บุญส่ง จอมดวง. (2554). ชนิดของตำลึง. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2558, จาก
[www.https://gotoknow.org](http://gotoknow.org).
- ปิยภรณ์ สุริยะ ณิชมน ธรรมรักษ์ สุปราณี แก้วเทียน ริมฤทัย โกคาร์ตัน และกรรพกา อรรถนิตย์.
(2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบถั่วแปบ. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. (2553ก). โครงสร้างของไลโคปีน. ค้นเมื่อ 14
สิงหาคม 2558, จาก [www.http://foodnetworksolution.com](http://foodnetworksolution.com).
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. (2553ข). อาหารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคขาดโอมเนด
โลซิส. ค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2558, จาก [www.http://foodnetworksolution.com](http://foodnetworksolution.com).
- เพลินจิต ดังคณะกุล วันเพ็ญ มีสมญา และสมชาย ประภาวดี. (2534). การทำข้าวเกรียบเสริมโปรตีน
ด้วยแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มและแป้งถั่วลิสงพองไขมัน. สถาบันค้นคว้าและ
พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มานะ กรุธาโรจน์. (2540). คุณค่าทางอาหารในดอกเห็ดฟางระยะต่างๆ. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2558,
จาก [www.http://puechkaset.com](http://puechkaset.com).
- เริงฤทธิ์ สัปพันซ์. (2539). ข้อควรระวังในการใช้ประโยชน์ไลโคปีน. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2558, จาก
[www.http://greenclinic.in.th/lycopene.html](http://greenclinic.in.th/lycopene.html).
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2558ก). เห็ดฟาง. ค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2558, จาก
[www.http://foodnetworksolution.com](http://foodnetworksolution.com).
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2558ข). เชื้อจุลินทรีย์ที่พบในข้าวเกรียบ. ค้นเมื่อ 28 กันยายน 2558, จาก
[www.http://foodnetworksolution.com](http://foodnetworksolution.com).
- วิมล ศรีสุข. (2553ก). ไลโคปีน. ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ค้นเมื่อ
28 กันยายน 2558, จาก [www.http://pharmacy.mahidol.ac.th](http://pharmacy.mahidol.ac.th).
- วิมล ศรีสุข. (2553ข). ประโยชน์ไลโคปีนต่อสุขภาพ. ค้นเมื่อ 28 กันยายน 2558, จาก
[www.http://pharmacy.mahidol.ac.th](http://pharmacy.mahidol.ac.th).

- วิลาสินี ตีปัญญา. (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- ศิวาพร ศิวเวช และ สลักจิต สืบพงษ์ศิริ. (2536). ข้าวเกรียบข้าวฟ่าง. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.
- อัจฉรา คลวิทยาคุณ. (2550). การพัฒนาคุณภาพข้าวเกรียบงาดำเสริมสมุนไพร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชภัฏวชิรเวศน์ วิทยาเขตตาก อำเภอเมือง จังหวัดตาก.
- อรวิศสา เพื่อกสุข ชัยศักดิ์ จันศรีนิม และ มยุรี กัลยาวัฒนกุล. (2554). ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเห็ดฟางเพื่อใช้ประโยชน์ทางเครื่องสำอาง. สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จ. เชียงราย.
- AOAC. (1990). **Official methods of analysis**. 15th ed. Washington, DC: Association of Official Agricultural Chemists.
- Ben-Amotz, A. and Fishler, R. (1998). Analysis of carotenoids with emphasis on 9-cis β -carotene in vegetables and fruits commonly consumed in Israel. **Food Chem.**, **62**, 515–520.
- Bramley, P.M. (2000). Is lycopene beneficial to human health? **Phytochem.**, **54**, 233–236.
- Holden, J.M., Eldridge, A.L., Beecher, G.R., Buzzard, I.M., Bhagwat, A.S., Davis, C.S., Douglass, L.W., Gebhardt, E.S., Haytowitz, D. and Schakel, S. (1999). Carotenoid content of U.S. foods: An update of the database. **J. Food Compos. Anal.**, **12**, 169–196.
- Kubola, J. and Siriamornpun, S. (2011). Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng). **Food Chem.**, **127**, 1138–1145.
- Levin, I., De Vos, C.H.R., Tadmor, Y., Bovy, A., Lieberman, M., Oren-Shamir, M., Segev, O., Kolotilin, I., Keller, M. and Ovadia, R. (2006). High pigment tomato mutants—more than just lycopene (a review). **Isr. J. Plant Sci.**, **54**, 179–190.
- Shi, J., Maguer, M.L. and Bryan, M. (2002). **Lycopene from Tomatoes**. In Functional Food: Biochemical & Processing Aspects; Shi, J.; Mazza, G., Maguer, M.L., Eds.; CRC Press LCC: Danvers, MA, USA, Volume 2, pp. 135–167.

Sihamala, O., Bhulaidok S, Shen L.R. and LI, D. (2010). Lipids and fatty acid composition of dried

edible red and black ants. **Agricultural Sciences in China**, 9: 1072-1077.

ภาคผนวก

ภาคผ

นวก ก

กระบวนการผลิตข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง



ภาพที่ ก.1 ผลตำลึงสุก



ภาพที่ ก.2 ผลตำลึงสุกล้างทำความสะอาด
ตัดแต่งส่วนที่มีตำหนิ



ภาพที่ ก.3 หั่นผลตำลึงสุกให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ



ภาพที่ ก.4 หั่นผลตำลึงสุกให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ



ภาพที่ ก.5 ผลตำลึงสุกที่หั่นเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ ก.6 ผลตำลึงสุกที่บดละเอียดด้วย
เครื่องปั่นผสมอาหาร



ภาพที่ ก.7 ผลตำลึงสุกนำไปอบใน
เครื่องทำแห้งแบบถาด



ภาพที่ ก.8 ผลตำลึงสุกผงที่ทำแห้งแล้ว



ภาพที่ ก.9 ผลตำลึงสุกนำไปทำแห้งด้วย
เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง



ภาพที่ ก.10 ผลตำลึงสุกนำไปทำแห้งด้วย
เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง



ภาพที่ ก.11 ผลตำลึงสุกที่ผ่านการทำแห้ง
ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง



ภาพที่ ก.12 ผลตำลึงสุกที่ผ่านการทำแห้ง
และบดเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ ก.13 เห็ดฟางนำมาล้างทำ
ความสะอาด



ภาพที่ ก.14 ต้มเห็ดฟางให้สุก



ภาพที่ ก.15 นำไปบดให้ละเอียด พักไว้



ภาพที่ ก.16 ตีส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน



ภาพที่ ก.17 นำก้อนแป้งที่ได้ไปนึ่งจนสุกที่
อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ ก.18 ก้อนข้าวเกรียบหลังแช่แข็ง
เป็นเวลา 2 วัน



ภาพที่ ก.19 นำไปหั่นเป็นแว่นบาง ๆ ด้วย
เครื่องสไลด์หนา 1 มม.



ภาพที่ ก.20 ข้าวเกรียบที่หั่นเป็นแว่นบาง ๆ
ด้วยเครื่องสไลด์หนา 1 มม.



ภาพที่ ก.21 นำแผ่นข้าวเกรียบ
ไปเรียงในถาด



ภาพที่ ก.22 นำไปอบในเครื่องทำแห้งแบบ
ถาดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 3 ชม.



ภาพที่ ก.23 นำข้าวเกรียบมาทอดในน้ำมัน



ภาพที่ ก.24 ข้าวเกรียบที่ทอดเสร็จแล้ว

ภาคผนวก ข

ภาพโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย
การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีน
และเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

วันที่ 12 พฤศจิกายน 2558

ณ สวนป่านบุญ 98 หมู่ 2 บ้านดอนแคน ตำบลหนองชัยพัฒนา อำเภอหนองชัย จ.กาฬสินธุ์



ภาพที่ ข.1 ลงทะเบียนก่อนเข้าอบรม



ภาพที่ ข.2 หัวหน้าโครงการกล่าวเปิดงาน



ภาพที่ ข.3 หัวหน้าโครงการชี้แจงรายละเอียดของ
โครงการก่อนลงมือปฏิบัติจริง



ภาพที่ ข.4 แนะนำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบ



ภาพที่ ข.5 แนะนำวัตถุดิบ



ภาพที่ ข.6 อธิบายขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบ



ภาพที่ ข.7 อธิบายขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบ



ภาพที่ ข.8 เตรียมวัตถุดิบและเครื่องปรุง



ภาพที่ ข.9 เตรียมวัตถุดิบและเครื่องปรุง



ภาพที่ ข.10 นำเห็ดฟางไปต้ม



ภาพที่ ข.11 ปั่นเห็ดฟางและกระเทียม



ภาพที่ ข.12 นำส่วนผสมทุกอย่างผสมเข้าด้วยกันยกเว้น
แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีและน้ำร้อน



ภาพที่ ข.13 จากนั้นนำส่วนผสมทุกอย่างเข้ากัน
ยกเว้นแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีและ
น้ำร้อน



ภาพที่ ข.14 เติมแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีสลับกับ
น้ำร้อนนวดให้เข้ากัน



ภาพที่ ข.15 เติมแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลีสลับกับ
น้ำร้อนนวดให้เข้ากัน



ภาพที่ ข.16 ทำการนวดไปเรื่อยๆ จนกว่าเนื้อแป้ง
จะเนียนและส่วนผสมเข้ากันดี



ภาพที่ ข.17 จากนั้นนำมาปั้นเป็นแท่ง
ห่อด้วยถุงพลาสติก



ภาพที่ ข.18 นำข้าวเกรียบใส่ลังถึงพร้อมนึ่ง



ภาพที่ ข.19 นำข้าวเกรียบไปนึ่งประมาณ 1 ชั่วโมง



ภาพที่ ข.20 สไลด์ข้าวเกรียบ



ภาพที่ ข.21 ข้าวเกรียบหลังจากสไลด์



ภาพที่ ข.22 ทอดข้าวเกรียบ



ภาพที่ ข.23 ข้าวเกรียบหลังจากการทอด



ภาพที่ ข.24 ข้าวเกรียบหลังจากการทอด



ภาพที่ ข.25 ผู้เข้าอบรมกรอกแบบประเมินหลังจาก
เสร็จสิ้นการอบรม



ภาพที่ ข.26 ผู้เข้าอบรมกรอกแบบประเมินหลังจาก
เสร็จสิ้นการอบรม



ภาพที่ ข.27 มอบใบประกาศเกียรติบัตร



ภาพที่ ข.28 มอบใบประกาศเกียรติบัตร



ภาพที่ ข.29 หัวหน้าโครงการกล่าวขอบคุณและ
กล่าวปิดงาน



ภาพที่ ข.30 ถ่ายภาพร่วมกันหลังจากเสร็จสิ้นการอบรม

ภาคผนวก ก

**แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีน
และเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง**

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

Hedonic scale scoring test

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....ชุดที่.....

เพศ ชาย () หญิง () วันที่..... เวลา.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร
จากผลตำลึงสุกผง

คำชี้แจง : โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้และให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละ
ตัวอย่าง กรุณาชิมทีละตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วใส่คะแนนลงบนช่องว่าง
ให้ตรงกับระดับความชอบของท่าน การให้คะแนนถือหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- | | | |
|--------------------|-----------------|------------------|
| 9 = ชอบมากที่สุด | 8 = ชอบมาก | 7 = ชอบปานกลาง |
| 6 = ชอบเล็กน้อย | 5 = ชอบเล็กน้อย | 4 = เฉยๆ |
| 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 2 = ไม่ชอบมาก | 1 = ไม่ชอบที่สุด |

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง				
	935	654	338	882	851
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
ลักษณะเนื้อสัมผัส					
การยอมรับรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ทางด้านเคมี กายภาพและทางด้านจุลินทรีย์ของ
ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง

ง.1 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไลโคปีน ด้วยเครื่อง HPLC (ดัดแปลงจาก Sihamala, 2010

และ Kubola et al., 2011)

- 1) นำตัวอย่างข้าวเกรียบมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันให้ละเอียด จากนั้นชั่งมาจำนวน 5 กรัม
- 2) สกัดตัวอย่างด้วยสารละลาย C:M (2:1) จำนวน 20 มิลลิลิตร (โดยสาร C:M จะมีการเติม BHT 10 มล/ลิตร)
- 3) เขย่าตัวอย่างกับสาร C:M (2:1) ให้เข้ากัน ปิดฝาขวดเก็บตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- 4) กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1 โดยจะมีกรวยแยกเป็นตัวรองรับสารด้านล่าง
- 5) ล้างตัวอย่างด้วยสารละลาย C:M (2:1) ในขวดเก็บตัวอย่างจำนวนครั้งละ 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง
- 6) กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1 โดยจะมีกรวยแยกเป็นตัวรองรับสารด้านล่าง
- 7) แยกกระดาษกรอง Whatman No. 1 ออกจากกรวยแยก
- 8) เติม NaCl 0.9% จำนวน 10 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างที่อยู่ในกรวยแยก เขย่าให้เข้ากัน
- 9) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 8 ชั่วโมง หรือจนตัวอย่างแยกเป็น 2 ชั้นและด้านบนใส
- 10) ทำการแยกตัวอย่างชั้นล่างซึ่งเป็นไขมันใส่ในขวดระเหยสุญญากาศ โดยอย่าให้ชั้นบนซึ่งเป็นน้ำปนมา
- 11) นำตัวอย่างชั้นล่างซึ่งเป็นไขมันไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary Evaporator) โดยใช้อุณหภูมิและความดันของเครื่องระเหยสุญญากาศของสารคลอโรฟอร์ม
- 12) นำตัวอย่างจากข้อ 11 ซึ่งทำการระเหยตัวทำละลายออกไปแล้วมาทำการสกัดร่วมกับ $MgCO_3$ จำนวน 0.2 กรัม โดยใช้สารละลาย tetrahydrofuran : MeOH (4:1) ครั้งละ 15 ml 3 ครั้ง
- 13) กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นล้างด้วยสารละลาย Sodium chloride อิ่มตัวครั้งละ 5 ml 3 ครั้ง
- 14) ใส่สาร anhydrous sodium sulphate 1 ช้อน ลงในสารที่สกัดได้
- 15) นำส่วนที่เป็น organic ไประเหยด้วยเครื่องระเหย ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

16) จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 10 ml ด้วย dichloromethane : MeOH (6:4) นำไปวิเคราะห์โดยใช้ HPLC

17) ก่อนนำไปวิเคราะห์ต้องกรองตัวอย่างด้วยไซริงค์ฟิวเตอร์ขนาด 0.45 ไมครอน การวิเคราะห์ด้วย HPLC

ก) column C18 (4.6 mm×250 mm, 5 μ m)

ข) PDA detector

ค) Eluent A=DCM : acetonitrile (6:4, v/v, containing 0.05% BHT as antioxidant) Eluent B= MeOH

ง) ใช้ระบบ gradient เริ่มต้นจาก 70% (A) และ 30% (B) เป็นเวลา 5 min 80% (A) และ 20% (B) เป็นเวลา 5 min. อัตราการไหล 1.5 ml/min. Injection volume 20 μ l and photodiode-array detector at 472 nm for the analysis of lycopene and beta-carotene.

จ) คำนวณโดยเทียบกับสารมาตรฐาน

ง.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990)

ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 2 กรัม (± 1 มิลลิกรัม) ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่มีฝาปิด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตรนำเข้าตู้อบความร้อน (Hot air oven) อุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง จนความชื้นคงที่ ทำให้เย็นในตู้ดูดความชื้นนาน 30-45 นาที นำไปชั่งน้ำหนักและคำนวณร้อยละปริมาณความชื้นดังนี้

$$\text{ร้อยละของความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

ง.3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 1990)

ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 2 กรัม (± 1 มิลลิกรัม) หาน้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในถ้วยสำหรับเผาเถ้า นำตัวอย่างไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เผาตัวอย่างจนกระทั่งเป็นสีเทาหรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ ทำให้เย็นในตู้ดูดความชื้นนาน นำไปชั่งน้ำหนักและคำนวณร้อยละปริมาณเถ้าดังนี้

$$\text{ร้อยละของปริมาณเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

ง.4 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1990)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักแน่นอนโดยใช้กระดาษชั่งสารที่ไม่มีไนโตรเจน ประมาณ 1 กรัม พับกระดาษเพื่อห่อตัวอย่างใส่ลงใน kjeldahl digestion flask ให้เตรียม blank ควบคู่ไปด้วย โดยทำเช่นเดียวกันแต่ไม่ใส่ตัวอย่าง ใส่เฉพาะกระดาษชั่งสาร เดิม kjil tabs 2 g เมื่อเทกรดซัลฟูริกเข้มข้นจำนวน 20 มิลลิลิตร โดยค่อยๆ เทล้างตัวอย่างที่ติดข้าง flask ลงไปด้วย เขย่าอย่างระมัดระวังให้ผสมเข้ากัน นำ kjeldahl flask ไปย่อยบนเครื่องมือสำหรับย่อย พร้อมเปิดระบบดูดไอกรดให้เรียบร้อยก่อน จึงเปิดสวิตช์ให้ความร้อน ย่อยจนส่วนผสมใส (ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง) จากนั้นหยุดให้ความร้อนและปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น เพื่อรอขั้นตอนการกลั่นต่อไป เปิดน้ำไหลผ่าน Condenser ในชุดเครื่องกลั่นโปรตีนให้เย็น เตรียมขวดบรรจุกรดบอริก โดยเปิดสารละลายกรดบอริก 4% ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เดิม Indicator (Bromocresol Green / Methyl Red mixed) จำนวน 4 หยด นำไปต่อเข้ากับชุดเครื่องกลั่นโปรตีน โดยให้ด้านปลายคอนเดนเซอร์จุ่มลงในขวดรูปชมพู่และอยู่ใต้ระดับสารละลายกรดบอริก ทำเช่นเดียวกับทุกตัวอย่าง รวมทั้ง blank ตั้งโปรแกรมการกลั่น เดิม น้ำกลั่น จำนวน 40 มิลลิลิตร หรือ 2 เท่าของกรดซัลฟูริก เดิม 55% NaOH-thiosulfate 50 มิลลิลิตร แล้วต่อ

พลาสติกเข้ากับคอนเดนเซอร์ทันที เปิดสวิตช์ให้ความร้อนทำการกลั่นให้ได้ Distillate ประมาณ 150 มิลลิลิตร จึงหยุดให้ความร้อน เลื่อนพลาสติกออกเล็กน้อย ปล่อยค้างไว้เพื่อให้ตัวอย่างที่ตกค้างในปลายท่อไหลออกจากปลายท่อให้หมด ถัดน้ำกลั่นล้างปลายท่อนำพลาสติกออกมา จากนั้นนำไปไทเทรตหาปริมาณไนโตรเจนกับ 0.1 N HCL จะได้จุดยุติสีเทา (ใช้ blank เป็นตัวเทียบสี) หลังจากกลั่นเสร็จให้ล้างชุดกลั่นด้วยน้ำกลั่นประมาณ 200 มิลลิลิตร โดยนำพลาสติกไปต่อเข้ากับปลายท่อก่อน ปิดสวิตช์เพื่อหยุดให้ความร้อนและให้เกิดการดูดกลับของน้ำกลั่นเพื่อล้างท่อคอนเดนเซอร์ เนื่องจากสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม ดังนั้นสามารถคำนวณปริมาณไนโตรเจนได้ดังสมการ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(S-B) \times 0.014 \times N \times 100}{W}$$

W

S= ปริมาณกรดเกลือที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B=ปริมาณกรดเกลือที่ใช้ไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N=ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือมาตรฐาน (นอร์มัล)

W=น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

$$\% \text{ โปรตีน} = \% \text{ ไนโตรเจน} \times \text{ค่าคงที่ (factor)}$$

สำหรับค่าคงที่ (factor) สำหรับตัวอย่างข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงมีค่าเท่ากับ 6.25

ง.5 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านสี $L^* a^* b^*$

- 1) เครื่องวัดสี Hunter Lab (รุ่น Ultra Scan Pro, U.S.A.)
- 2) การใช้งานเครื่องวัดสี
- 3) เปิดเครื่องวัดสี พร้อมทั้งเปิดคอมพิวเตอร์ที่หน้าจอ Windows เลือก Double Click ที่ Icon Easy Match QC
- 4) ที่หน้าจอของโปรแกรม Easy Match QC เข้า Menu Sensor แล้ว เลือก Set Modes ทำการเลือก Modes ที่จะใช้งานแล้วกด Click ที่ Standardize
- 5) การทำ Standardize ใน Modes และ RSEX (วัดตัวอย่างใน Modes Reflectance)
- 6) เมื่อเลือก Modes Type, RSEX พร้อม Set ค่าอย่างอื่นตามต้องการแล้ว กด Standardize
- 7) โปรแกรมจะถามหา Light Teap ให้วาง Light Teap ที่ Reflectance Port กด Next
- 8) โปรแกรมจะถามหาแผ่น White tile ให้วางแผ่น White tile ที่ Reflectance Port กด Next
- 9) เสร็จสิ้นขั้นตอนการ Standardize กด Finish แล้วกด OK. พร้อมสำหรับวัดตัวอย่างในส่วนของ Reflectance
- 10) ทำการวัดตัวอย่างข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยนำข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงที่ทอดแล้วมาทำการวัดสี โดยในแต่ละตัวอย่างจะทำการวัด 3 ครั้ง ในแต่ละซ้ำวัด 10 แผ่น

ง.6 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer

เครื่องมือและอุปกรณ์

ง.6.1) เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer (Texture Analyzer, Stable Lnicer System TA.XT รุ่น Surrey, UK)

ขั้นตอนการใช้เครื่อง Texture Analyzer

- 1) การเข้าโปรแกรม Texture Analyzer
 - ก) เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ เปิดเครื่อง Texture Exponent 32
 - ข) กด OK ที่หน้าจอ Select User เพื่อเข้าสู่โปรแกรม Texture Exponent

ก) เปิด Graph Texture โดยเลือกเมนู File/New/Graph/OK

2) การ Calibrate Froce

ก) กด Next พิมพ์น้ำหนักของค้อนน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้ Calibrate เครื่อง Texture Analyzer ในช่อง Calibrate weight จากนั้นวางค้อนน้ำหนักบน Calibrate platform แล้วกด Froce

ข) เมื่อ Calibrate เสร็จแล้วจะปรากฏสถานะในช่อง Status ว่า Calibrate Complete ให้กดปุ่ม Finish นำค้อนน้ำหนักลงจาก Plat form และกด OK เพื่อเสร็จสิ้นการ Calibrate Froce

3) การ Calibrate High

ก) ติดตั้งหัววัดเข้ากับเครื่อง

ข) เลือกเมนู/ Calibrate/ Calibrate high

ค) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างหรือสิ่งของใดๆ วางอยู่บนฐานเครื่อง

ง) เลื่อนหัววัดให้ใกล้กับฐานมากที่สุดเพื่อลดระยะเวลาในการ Calibrate โดยกดปุ่ม ↓ และกดปุ่ม ↓ พร้อมกันเป็นการเลื่อนหัววัดลงเร็วขึ้น

จ) พิมพ์ค่าต่างๆตามที่ต้องการ

ฉ) เมื่อกด OK หัววัดจะค่อยๆ เคลื่อนลงมาหาฐานและเครื่องจะเลื่อนกลับเมื่อแตะฐานแล้ว จากนั้นจะปรากฏข้อความ Calibrate High

4) การกำหนดค่าทดสอบ เป็นการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆเพื่อส่งงานให้เครื่องทำการทดลอง ดังนี้

ก) เลือกเมนู TA/TA Setting

ข) กดปุ่ม Library Option ด้านขวา เพื่อเลือกเงื่อนไขการทำงานของเครื่อง

ค) เลือก Advance Option ให้เป็น on

ง) ตั้งค่าการทดลองที่ปรากฏในกล่องตอบโต้

จ) เลือกเปลี่ยนหน่วยของระยะทาง แรง และเวลา ที่ต้องการวัดในส่วน Units ทางด้านขวาของกล่องข้อความ

ฉ) กด Update Project เพื่อโอนค่าที่ตั้งไว้ไปยังเครื่อง Texture Analyzer และค่าที่ตั้งไว้จะปรากฏขึ้นอัตโนมัติเมื่อเข้าโปรแกรมครั้งต่อไป

5) เริ่มต้นการทดลอง โดยวางตัวอย่างที่ทดสอบบนฐาน แล้วดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

ก) เลือกเมนู TA/Run a test/ เครื่องจะแสดงกล่องตอบโต้ Test Configuration เพื่อให้เติมข้อมูลต่างเกี่ยวกับการทดลองต่างๆ

ข) Archive information เป็นส่วนที่เติมข้อมูลต่าง ๆ ของตัวอย่าง

ค) ส่วน Probe Selection สำหรับใส่ข้อมูลหัววัดตรงตามที่ใช้งานจริงโดย กด ↓ เพื่อเรียกรายการของหัววัดขึ้นมา แล้วเลือกหัววัดให้ตรงตามที่ใช้งานจริง

ง) ส่วน Data Acquisition ให้กำหนดความถี่ในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาพล็อตกราฟ โดยเลือกช่อง Acquisition Rate ซึ่งมีหน่วยเป็น PPS หรือ Point per Second ปกตินั้นตัวอย่างทั่วไปมักตั้งค่า Acquisition Rate 200 PPS เนื่องจากหากเลือกความถี่ในการเก็บข้อมูลสูงจะใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลมาก แต่หากเลือกการเก็บข้อมูลน้อยเกินไปจะส่งผลให้ข้อมูลบางจุดหายไป

จ) ส่วน Pre test และ Post test ให้กำหนดเงื่อนไขในการทดสอบ เช่น ให้เครื่องถ่วงเวลาไว้เมื่อสั่ง Run a test หรือให้ลบกราฟแสดงผลการทดลองที่แสดงไว้ก่อนหน้านี้ เป็นต้น

ฉ) จากนั้นเลือก Run a test เพื่อเริ่มการทดสอบ

ช) นำตัวอย่างที่วัดวางบนแท่นรอน ที่จะวัดการวางตัวอย่างควรวางให้ตรงกับหัววัดที่จะทำการวัด

ซ) เมื่อหัววัดสัมผัสกับตัวอย่างเครื่องจะแสดงผลการทดลองออกมาเป็นกราฟและข้อมูลตัวเลขแสดงแรงเฉาะ ทำการทดลองนี้ 5 ครั้งใน 1 ตัวอย่างโดยจะวัดที่ส่วนกลางของตัวอย่าง

6) วิเคราะห์ผลการทดสอบ

Application and Probes & Fixtures Guide - Revised July 2003

File Edit Bookmark Options Help

Contents Index Back Print << >>

REF: DOR1/CFS
Revised: Jan 00

TA~XTPlus APPLICATION STUDY

Product: TORTILLA CHIPS
Objective: Fracturability of Tortilla Chips

TA-XTPlus Settings:

<i>Option:</i>	Measure Force in Compression
<i>Pre-Test Speed:</i>	1.0 mm/s
<i>Test Speed:</i>	1.0 mm/s
<i>Post-Test Speed:</i>	10.0 mm/s
<i>Distance:</i>	3mm
<i>Trigger Type:</i>	Auto - 5g
<i>Data Acquisition Rate:</i>	500pps

LOAD PROJECT

Accessory: [Crisp Fracture Rig \(HDP/CFS\)](#) using 25kg load cell
[Heavy Duty Platform \(HDP/90\)](#)

Sample Preparation: Select samples with most uniformity, i.e. in terms of size and shape and remove from packets just prior to testing.

Test Set-Up: Position the Heavy Duty Platform so that when lowered, the ball probe passes centrally through the crisp support rig. Place the sample centrally onto the crisp fracture rig and commence the test.

Typical Texture Exponent plot:

start TEE32 Application and Probe... Document1 - Microsof...

Application and Probes & Fixtures Guide - Revised July 2003

File Edit Bookmark Options Help

Contents Index Back Print << >>

REF: DOR1/CFS
Revised: Jan 00

TA~XTPlus APPLICATION STUDY

Test Set-Up: Position the Heavy Duty Platform so that when lowered, the ball probe passes centrally through the crisp support rig. Place the sample centrally onto the crisp fracture rig and commence the test.

Typical Texture Exponent plot:

Mean Maximum Force

The above curve was produced from testing a tortilla chip just after removal from the packet.

Observations: The initial fracture of the sample is indicated by the first peak force. From initial fracture there then appears in some cases to follow a series of more minor fractures. Despite the lack of uniformity in fracture profiles due to the irregular shape of the samples there still appears to be repeatability in the maximum force values. The greater this value the harder the sample is to fracture.

Sample Results: Test results obtained from 12 samples give the following typical mean maximum force values:

Application and Probes & Fixtures Guide - Revised July 2003

File Edit Bookmark Options Help

Contents Index Back Print << >>

REF: DOR1/CFS
Revised: Jan 00

TA~XTPlus APPLICATION STUDY

Sample Results: Test results obtained from 12 samples give the following typical mean maximum force values:

Mean Maximum Force
(\pm S.D.)
(g)
 587.7 ± 49.7

Data Analysis:

Once tests have been performed, values of particular interest for sample analysis can be automatically obtained by a MACRO, e.g.

Clear Graph Results
Search Forwards
Go to Min. Time
Go to Abs.+ve Value: Force
Mark Value: Force ('Fracturability')

This macro is a general example for the analysis of a curve such as the one above. Any changes made to the test parameters or significant differences to the shape of the curve profile may require optimisation of this macro.

Notes:

- The distance at break is an indication of fracturability, and so may also be of interest. Mark Value Distance can be added to the end of the macro above. The shorter the distance to fracture, the more easily the product is fractured.
- The Break Detect facility can be activated so as to minimise test time. If the main fracture event occurs at a distance less than that pre-set in the TA settings, it serves to detect this fracture and return the probe to the start position, regardless of the pre-set distance.

N.B. This application study has been designed for a specific sample(s) and it therefore must be noted that any deviation from this sample in terms of sample size, shape, formulation etc. may cause large deviations or indeed may require a different testing method.

start TEE32 Application and Probe... Document1 - Microsof... EN 4:28

Application and Probes & Fixtures Guide - Revised July 2003

File Edit Bookmark Options Help

Contents Index Back Print << >>

REF: DOR1/CFS
Revised: Jan 00

TA~XTPlus APPLICATION STUDY

587.7 ± 49.7

Data Analysis:

Once tests have been performed, values of particular interest for sample analysis can be automatically obtained by a MACRO, e.g.

Clear Graph Results
Search Forwards
Go to Min. Time
Go to Abs.+ve Value: Force
Mark Value: Force ('Fracturability')

This macro is a general example for the analysis of a curve such as the one above. Any changes made to the test parameters or significant differences to the shape of the curve profile may require optimisation of this macro.

Notes:

- The distance at break is an indication of fracturability, and so may also be of interest. Mark Value Distance can be added to the end of the macro above. The shorter the distance to fracture, the more easily the product is fractured.
- The Break Detect facility can be activated so as to minimise test time. If the main fracture event occurs at a distance less than that pre-set in the TA settings, it serves to detect this fracture and return the probe to the start position, regardless of the pre-set distance.

N.B. This application study has been designed for a specific sample(s) and it therefore must be noted that any deviation from this sample in terms of sample size, shape, formulation etc. may cause large deviations or indeed may require a different testing method.

© Copyright 2000 by Stable Micro Systems Ltd. All Rights Reserved.

start TEE32 Application and Probe... Document1 - Microsof... EN 4:29

Application and Probes & Fixtures Guide - Revised July 2003


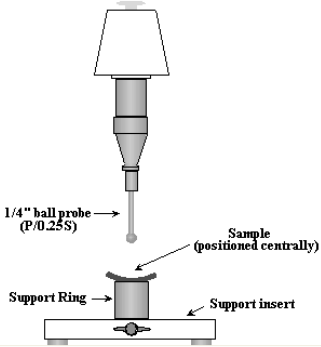
File Edit Bookmark Options Help

Contents Index Back Print << >>

HDP/CFS Crisp Fracture Support Rig

This Rig is used to measure the fracturability of snack foods and potato crisps (known in some countries as chips) by means of a penetration test. It allows accurate location and quick alignment of the sample and is used with the heavy duty platform.

Normally a batch of 12 crisps are individually tested and the average of the 12 maximum peak force values are calculated to give a measure of fracturability.

1/4" ball probe (P/0.25S)

Sample (positioned centrally)

Support Ring

Support insert

Machine Base

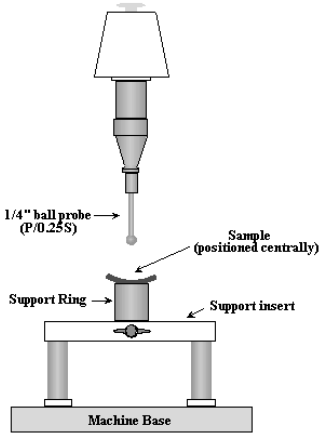
start TEE32 Application and Probe... Document1 - Microsof... EN 4:29

Application and Probes & Fixtures Guide - Revised July 2003

File Edit Bookmark Options Help

Contents Index Back Print << >>

HDP/CFS Crisp Fracture Support Rig



1/4" ball probe (P/0.25S)

Sample (positioned centrally)

Support Ring

Support insert

Machine Base

CONTENTS:

- 1 Circular Support Insert
- 1 P/0.25s Ball Probe

Reference: SMS Application Studies

start TEE32 Application and Probe... Document1 - Microsof... EN 4:30

ง.7 การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC, 1990)

- 1) ทำการเจือจางตัวอย่างที่จะมาตรวจเชื้อ โดยชั่งตัวอย่างข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงมา 10 กรัม ด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อใส่ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจะได้อาหารที่มีความเจือจาง 1:10
- 2) ทำ serial dilution ตัวอย่างอาหารด้วย น้ำกลั่น ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จนได้ความเจือจาง 10^{-5}
- 3) ปิเปตตัวอย่างอาหารทุกความเจือจาง ๆ ละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อ ความเจือจาง ๆ ละ 2 ซ้ำ
- 4) ให้เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ใส่ในจานเพาะเชื้อ ผสมให้อาหารเลี้ยงเชื้อเข้ากับตัวอย่างเข้ากันดี จากนั้นปล่อยให้อาหารแข็ง โดยกลับจานเพาะเชื้อสำหรับการบ่มเชื้อยีสต์ แบคทีเรีย และการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด สำหรับเชื่อนั้นบ่มเชื้อโดยไม่ต้องกลับจานเพาะเชื้อ
 - ก) สำหรับ Aerobic plate counts และ Psychrotrophic plate counts นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 2-3 วัน และ บ่มที่ 7°C นาน 2-3 วันตามลำดับ
 - ข) สำหรับ Anaerobic plate counts ทำเช่นเดียวกับ Aerobic plate counts แต่เมื่ออาหารแข็งแล้วให้เททับด้วยวุ้น (agar) 2% บ่มภายใต้สภาวะไร้อากาศที่อุณหภูมิ 37°C นาน 2-3 วัน
- 5) นับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นคำนวณเป็นจำนวนในอาหาร 1 กรัม (cfu/g)

ง.8 การตรวจวิเคราะห์เชื้อยีสต์และเชื้อรา (Yeast and mold) (AOAC, 1990)

- 1) ทำการเจือจางตัวอย่างข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงที่จะมาตรวจเชื้อ โดยชั่งตัวอย่างมา 10 กรัม ด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อใส่ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจะได้อาหารที่มีความเจือจาง 1:10
- 2) ทำ serial dilution ตัวอย่างอาหารด้วย น้ำกลั่น ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จนได้ความเจือจาง 10^{-5}
- 3) ปิเปตตัวอย่างอาหารทุกความเจือจาง ๆ ละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อ ความเจือจาง ๆ ละ 2 ซ้ำ
- 4) เติมกรดทาร์ตริก 1 มิลลิลิตร ใน PDA 100 มิลลิลิตร ที่หลอมเหลวและปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เพื่อให้อาหารเป็นกรดแบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้
- 5) เทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ในจานเพาะเชื้อ ผสมให้อาหารเลี้ยงเชื้อเข้ากับตัวอย่างเข้ากันดี จากนั้นปล่อยให้อาหารแข็ง

- 6) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2-5 วัน โดยกลับจานเพาะเชื้อ
- 7) นับจำนวนโคโลนีของราและยีสต์ที่เกิดขึ้น คำนวณเป็นจำนวนในอาหาร 1 มิลลิลิตร (cfu/g)
- 8) เชื้อเชื้อราและยีสต์ใส่ลงในหยด lactophenol บนสไลด์ปิดด้วยกระจกปิด สไลด์นำมาศึกษาลักษณะรูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สำหรับยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่เซลล์มีรูปร่างหลายแบบเช่น รูปทรงกลม รูปไข่ รูปทรงกระบอก รูปสามเหลี่ยม และคล้ายผลมะนาว ส่วนราเป็นจุลินทรีย์ที่มีหลายเซลล์โดยเซลล์เหล่านั้นจะมาต่อกันเป็นเส้นใย กลุ่มของเส้นใยเรียกว่าไมซีเลียม และไมซีเลียมไม่มีการเจริญวิวัฒนาการไปเป็นเนื้อเยื่อ มีนิวเคลียสที่มีเยื่อหุ้ม เป็นต้น

ง.9 การตรวจเชื้อ Coliform และ *Escherichia coli* โดยวิธี MPN (AOAC, 1990)

ง.9.1) การวิเคราะห์หา coliform bacteria

- 1) ทำการเจือจางตัวอย่างข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหาร จากผลต่ำถึงสูงที่จะมาตรวจเชื้อ โดยชั่งตัวอย่างมา 10 กรัม ด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อใส่ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจะได้อาหารที่มีความเจือจาง 1:10
- 2) ทำ serial dilution ตัวอย่างอาหารด้วย น้ำกลั่น ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จนได้ความเจือจาง 10^{-2}
- 3) ชุดที่ 1 คูดตัวอย่างน้ำที่มีความเจือจาง 10^{-1} จำนวน 10 มล. ใส่ลงในอาหาร LSB (double strength) 10 มล. จำนวน 3 หลอด
- 4) ชุดที่ 2 คูดตัวอย่างน้ำที่มีความเจือจาง 10^{-1} จำนวน 1 มล. ใส่ลงในอาหาร LSB (single strength) 10 มล. จำนวน 3 หลอด
- 5) ชุดที่ 3 คูดตัวอย่างน้ำเจือจาง 10^{-2} จำนวน 1 มล. ใส่ลงในอาหาร LSB (single strength) 10 มล. จำนวน 3 หลอด
- 6) บ่มหลอดทั้งหมดที่ 37°C นาน 24 ชม. ให้นับจำนวนหลอดที่เกิดผลบวก (หลอดที่เกิดแก๊ส) จากหลอดที่ใส่ตัวอย่างน้ำเจือจางมากที่สุดไปถึงหลอดที่มีความเข้มข้นมากกว่าอีก 2 ระดับ
- 7) จากนั้นให้ทำ confirm coliform โดยการถ่ายเชื้อจากอาหาร LSB ที่ให้ผลบวกลงในอาหาร BGLBB ทำ 2 หลอด บ่มที่ 37°C ในตู้ incubator นาน 24-48 ชม.
- 8) นับจำนวนหลอดที่เกิดผลบวกและขีดเชื้อ (streak plate) จากหลอดที่เกิดผลบวกลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB agar หลอดละ 1 จานเพื่อสังเกตลักษณะของโคโลนีพร้อมทั้งย้อมสีแกรมดูลักษณะเซลล์และการติดสีแกรม

9) รายงานการพบ coliform bacteria เป็น MPN/100 ml

ง.9.2 การตรวจวิเคราะห์ *E. coli*

1) จากอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLBB ที่เกิดผลบวกหลังจากบ่มที่ 37°C ให้ถ่ายเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLBB อีกครั้ง บ่มที่ 44°C ใน water bath นาน 24 ชม. สังเกตการเกิดแก๊สในหลอดดักแก๊ส

2) ถ่ายเชื้อจากหลอดที่เกิดผลบวกลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB agar โดยการ streak plate บ่มที่ 37°C นาน 24 ชม. สังเกตลักษณะโคโลนีสีม่วงเข้มและตรงกลางโคโลนีเป็นสีดำหรือน้ำตาล เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-4 มม. เกิด metallic sheen เมื่อกระทบแสง

3) ให้ถ่ายเชื้อจากโคโลนีลักษณะดังกล่าวเลี้ยงใน NA-slant บ่มที่ 37°C นาน 24 ชม.

4) ถ่ายเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อดังต่อไปนี้ เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี

IMViC REACTIONS for *E. coli*

ง.10 การตรวจวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* (AOAC, 1990)

1) ชั่งตัวอย่างข้าวเกรียบหีดยาเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลต่ำถึงสูง ผงจำนวน 10 กรัม ใส่ใน maximum recovery diluent จำนวน 90 มล. นำเข้าเครื่อง stomacher นาน 1 นาที จะได้ตัวอย่างอาหารเจือจางที่ระดับ 1:10 (10⁻¹)

2) ปิเปตตัวอย่างอาหารที่เจือจางระดับต่างๆ จำนวน 0.1 มล. ลงบนผิวหน้าที่ยแห้งของอาหารเลี้ยงเชื้อ baird parker agar (BPA) จำนวน 2 จานต่อระดับความเข้มข้น

3) ใช้แท่งแก้วเกลี่ย (spread) ผิวหน้าของอาหารให้ทั่ว ตั้งจานอาหารเพาะเชื้อทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที เพื่อให้สารละลายอาหารซึมเข้าไปในวุ้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ BPA แล้วจึงคว่ำจานเพาะเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 24-48 ชม.

4) คูดตัวอย่างอาหารที่เจือจางระดับ 1:10 จำนวน 1 มล. จากนั้นปิเปตสารละลายอาหาร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BPA จานที่ 1 และ จานที่ 2 จานละ 0.3 มล. และจานที่ 3 จำนวน 0.4 มล.

5) ใช้แท่งแก้วเกลี่ย (spread) ผิวหน้าของอาหารให้ทั่ว ตั้งจานอาหารเพาะเชื้อทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที เพื่อให้สารละลายอาหารซึมเข้าไปในวุ้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ BPA แล้วจึงคว่ำจานเพาะเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 24-48 ชม.

6) ให้ตรวจนับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีลักษณะเฉพาะของเชื้อ

(มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0-1.5 มม. มีลักษณะเรียบ สีดำ ใ้คงนูนเป็นมัน มีวงแหวนขาวขุ่นล้อมรอบ และมีบริเวณใส (clear zone) ล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง) จำนวนมากที่สุดคือ 150 โคโลนี และ/หรือจานที่ไม่มีโคโลนีลักษณะเฉพาะด้วย

7) การยืนยันผล : ให้เลือกโคโลนีทั้งที่มีลักษณะเฉพาะของเชื้อ (typical colony) และไม่ใช่ลักษณะเฉพาะของเชื้อ (atypical colony) จำนวน 5 โคโลนี เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ brain heart infusion broth (BHI) บ่มที่ 37°C นาน 4-6 ชม.

8) ทดสอบ coagulase test : ปิเปตเชื้อในอาหาร BHI จำนวน 0.1 มล. ลงในหลอดของพลาสมา จำนวน 0.3 มล. บ่มที่ 37°C นาน 4-6 ชม. ตรวจสอบการแข็งตัวของพลาสมาต้องเกิดขึ้นมากกว่า 3 ส่วน ของของเหลวทั้งหมดในหลอดจึงสรุปได้ว่าเป็น coagulase positive

9) รายงานการตรวจพบเชื้อ *S. aureus*/ อาหาร 10 กรัม

ง.11 การตรวจวิเคราะห์เชื้อ *Salmonella* ในอาหาร (AOAC, 1990)

1) ชั่งตัวอย่างข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผงจำนวน 25 กรัม ใส่ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็น Selective Enrichment Media (tetrathionate brilliant green broth หรือ selenite cystine broth) จำนวน 225 มล. นำเข้า stomacher นาน 30 วินาที บ่มที่ 37°C นาน 24 ชม.

2) ถ่ายเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อดังต่อไปนี้ โดยวิธี streak plate technique

ก) brilliant green agar จำนวน 2 จาน บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 24-48 ชม. โคโลนีของเชื้อ *Salmonella* เป็นสีชมพู-แดง

ข) bismuth sulphite agar จำนวน 2 จาน บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 24-48 ชม. โคโลนีของเชื้อ *Salmonella* เป็นสีเทา-ดำ

ค) salmonella-shigella agar จำนวน 2 จาน บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 24-48 ชม. เชื้อ *Salmonella* โคโลนีไม่มีสีและตรงกลางเป็นสีดำเนื่องจากเชื้อสามารถสร้าง H₂S ได้

ง) MacConkey agar จำนวน 2 จาน บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 24-48 ชม. โคโลนีของเชื้อ *Salmonella* ไม่มีสี

จ) XLD agar จำนวน 2 จาน บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 24-48 ชม. โคโลนีของเชื้อ *Salmonella* เป็นสีชมพูแดง ตรงกลางเป็นสีดำเนื่องจากเชื้อสามารถสร้าง H₂S ได้

3) ถ่ายเชื้อจากโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะของเชื้อ *Salmonella* ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อไปเพื่อทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี

ก) SIM-Medium โดยการ stab จำนวน 2 หลอด เหลืออีกหนึ่งหลอดไว้เป็นหลอดควบคุม บ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ นาน 24-48 ชม. สังเกตการสร้าง H₂S การเคลื่อนที่และการสร้าง indole

ข) TSIA โดยการ stab และ smear จำนวน 2 หลอด เหลืออีกหนึ่งหลอดไว้เป็นหลอดควบคุม บ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ นาน 24-48 ชม. เชื้อ *Salmonella* จะให้ปฏิกิริยาเป็น alkaline slant (สีแดง) acid deep (อาหารเป็นสีเหลือง) มีการสร้าง H₂S (อาหารเป็นสีดำ) และเกิดแก๊สด้วย

ค) Urea agar โดยวิธี smear จำนวน 2 หลอด เหลืออีกหนึ่งหลอดไว้เป็นหลอดควบคุม บ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ นาน 24-48 ชม. เชื้อ *Salmonella* ไม่สามารถใช้ urea ได้ สีของอาหารเลี้ยงเชื้อไม่เปลี่ยนแปลง

ภาคผนวก จ
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางด้านกายภาพและเคมีของกระบวนการทำแห้งชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ CRD

ตารางที่ จ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ

Lycopene content (mg/g) (% of wet basis)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: lycopene content (mg/g) wet basis

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.031 ^a	3	.344	108.473	.000
Intercept	12.701	1	12.701	4007.239	.000
trt	1.031	3	.344	108.473	.000
Error	.025	8	.003		
Total	13.758	12			
Corrected Total	1.057	11			

a. R Squared = .976 (Adjusted R Squared = .967)

ตารางที่ จ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลตำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ

Fiber content (% of wet basis)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: fiber content of drying of ivy gourd fruit (%) wet basis

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.299 ^a	3	3.433	60.297	.000
Intercept	139.893	1	139.893	2457.034	.000
trt	10.299	3	3.433	60.297	.000
Error	.455	8	.057		
Total	150.648	12			
Corrected Total	10.755	11			

a. R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .942)

ตารางที่ จ.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลด้าถึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ
Protein content (% of wet basis)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: protein content (%) wet basis

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	296.394 ^a	3	98.798	604.333	.000
Intercept	1253.088	1	1253.088	7664.960	.000
trt	296.394	3	98.798	604.333	.000
Error	1.308	8	.163		
Total	1550.790	12			
Corrected Total	297.702	11			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .994)

ตารางที่ จ.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลด้าถึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ:
Crude fat content (% of wet basis)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Crude fat content (%) wet basis

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.004 ^a	3	.001	2.242	.161
Intercept	.119	1	.119	200.783	.000
trt	.004	3	.001	2.242	.161
Error	.005	8	.001		
Total	.128	12			
Corrected Total	.009	11			

a. R Squared = .457 (Adjusted R Squared = .253)

ตารางที่ จ.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลคำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ

ค่า a_w

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: a_w

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.838 ^a	3	.613	26202.606	.000
Intercept	6.496	1	6.496	277797.926	.000
trt	1.838	3	.613	26202.606	.000
Error	.000	20	2.338E-005		
Total	8.334	24			
Corrected Total	1.839	23			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

ตารางที่ จ.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลคำลึงสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ

Moisture content (% of wet basis)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: moisture content (%) wet basis

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	28654.826 ^a	3	9551.609	232966.948	.000
Intercept	19428.699	1	19428.699	473872.521	.000
trt2	28654.826	3	9551.609	232966.948	.000
Error	.820	20	.041		
Total	48084.345	24			
Corrected Total	28655.646	23			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

ตารางที่ จ.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลค่าสีสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ

Ash content (% of wet basis)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ash content (%) wet basis

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	51.999 ^a	3	17.333	9992.084	.000
Intercept	261.157	1	261.157	150550.450	.000
trt	51.999	3	17.333	9992.084	.000
Error	.014	8	.002		
Total	313.170	12			
Corrected Total	52.013	11			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

ตารางที่ จ.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลค่าสีสุกเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ

ค่าสี L*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: L* color

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1344.060 ^a	3	448.020	3347.867	.000
Intercept	62999.581	1	62999.581	470769.719	.000
trt2	1344.060	3	448.020	3347.867	.000
Error	2.676	20	.134		
Total	64346.317	24			
Corrected Total	1346.736	23			

a. R Squared = .998 (Adjusted R Squared = .998)

ตารางที่ จ.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลคำถึงสูงเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ

ค่าสี a*

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: a* color

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	112.982 ^a	3	37.661	279.479	.000
Intercept	17303.751	1	17303.751	128411.354	.000
trt2	112.982	3	37.661	279.479	.000
Error	2.695	20	.135		
Total	17419.428	24			
Corrected Total	115.677	23			

a. R Squared = .977 (Adjusted R Squared = .973)

ตารางที่ จ.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลคำถึงสูงเมื่อทำการทำแห้งวิธีต่าง ๆ กันของ

ค่าสี b* color

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: b* color

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	280.971 ^a	3	93.657	564.377	.000
Intercept	18407.759	1	18407.759	110925.194	.000
trt2	280.971	3	93.657	564.377	.000
Error	3.319	20	.166		
Total	18692.048	24			
Corrected Total	284.290	23			

a. R Squared = .988 (Adjusted R Squared = .987)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าทางด้านเคมี กายภาพและประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design

ตารางที่ จ.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณไลโคปีนของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	0.14	2	0.069	6.09	0.0213	significant
Linear Mixture	0.14	2	0.069	6.09	0.0213	
Residual	0.1	9	0.011			
Lack of Fit	0.085	6	0.014	2.49	0.2429	not significant
Pure Error	0.017	3	5.68E-03			
Cor Total	0.24	11				

ตารางที่ จ.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณเส้นใยอาหารของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	6.6	3	2.2	65.17	< 0.0001	significant
Linear Mixture	6.05	2	3.02	89.58	< 0.0001	
AC	0.55	1	0.55	16.36	0.0037	
Residual	0.27	8	0.034			
Lack of Fit	0.2	5	0.04	1.77	0.3393	not significant
Pure Error	0.069	3	0.023			
Cor Total	6.87	11				

ตารางที่ จ.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณโปรตีนของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	0.533844	4	0.133461	25.95059	0.0003	significant
Linear Mixture	0.392978	2	0.196489	38.20596	0.0002	
AC	0.12577	1	0.12577	24.45506	0.0017	
BC	0.026133	1	0.026133	5.081339	0.0588	
Residual	0.036	7	0.005143			
Lack of Fit	0.02179	4	0.005448	1.150119	0.4731	not significant
Pure Error	0.01421	3	0.004737			
Cor Total	0.569844	11				

ตารางที่ จ.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณไขมันของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	0.062	2	0.031	1.92	0.2026	not significant
Linear Mixture	0.062	2	0.031	1.92	0.2026	
Residual	0.15	9	0.016			
Lack of Fit	0.088	6	0.015	0.76	0.6458	not significant
Pure Error	0.058	3	0.019			
Cor Total	0.21	11				

ตารางที่ จ.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณเถ้าของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	0.053	2	0.026	1.23	0.3379	not significant
Linear Mixture	0.053	2	0.026	1.23	0.3379	
Residual	0.19	9	0.022			
Lack of Fit	0.15	6	0.024	1.49	0.3987	not significant
Pure Error	0.049	3	0.016			
Cor Total	0.25	11				

ตารางที่ จ.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณความชื้นของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	5.16E-03	2	2.58E-03	2.23	0.163	not significant
Linear Mixture	5.16E-03	2	2.58E-03	2.23	0.163	
Residual	0.01	9	1.16E-03			
Lack of Fit	2.11E-03	6	3.52E-04	0.13	0.9831	not significant
Pure Error	8.28E-03	3	2.76E-03			
Cor Total	0.016	11				

ตารางที่ จ.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่า a_w ของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	1.83E-03	2	9.15E-04	2.64	0.1251	not significant
Linear Mixture	1.83E-03	2	9.15E-04	2.64	0.1251	
Residual	3.12E-03	9	3.46E-04			
Lack of Fit	1.15E-03	6	1.92E-04	0.29	0.907	not significant
Pure Error	1.97E-03	3	6.56E-04			
Cor Total	4.95E-03	11				

ตารางที่ จ.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ ค่าสี L*ของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	11.81073	4	2.952682	2.145962	0.1778	not significant
Linear Mixture	2.409286	2	1.204643	0.875515	0.4578	
AC	5.4022	1	5.4022	3.926233	0.0880	
BC	5.047105	1	5.047105	3.668156	0.0970	
Residual	9.631472	7	1.375925			
Lack of Fit	3.449195	4	0.862299	0.418438	0.7905	not significant
Pure Error	6.182277	3	2.060759			
Cor Total	21.4422	11				

ตารางที่ จ.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ ค่าสี a^* ของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	1.52	2	0.76	3.7	0.0671	not significant
Linear Mixture	1.52	2	0.76	3.7	0.0671	
Residual	1.85	9	0.21			
Lack of Fit	0.68	6	0.11	0.29	0.9085	not significant
Pure Error	1.17	3	0.39			
Cor Total	3.37	11				

ตารางที่ จ.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ ค่าสี b^* ของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	0.52	2	0.26	0.14	0.8715	not significant
Linear Mixture	0.52	2	0.26	0.14	0.8715	
Residual	16.73	9	1.86			
Lack of Fit	10.86	6	1.81	0.92	0.5746	not significant
Pure Error	5.87	3	1.96			
Cor Total	17.25	11				

ตารางที่ จ.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่าความเปราะหรือความกรอบ (Fracturability) ของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	13555.05	2	6777.52	0.37	0.7025	not significant
Linear Mixture	13555.05	2	6777.52	0.37	0.7025	
Residual	1.66E+05	9	18448.05			
Lack of Fit	1.58E+05	6	26259.05	9.29	0.0474	significant
Pure Error	8478.13	3	2826.04			
Cor Total	1.80E+05	11				

ตารางที่ จ.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ของเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	24462.7	2	12231.35	4.879032	0.0367	significant
Linear Mixture	24462.7	2	12231.35	4.879032	0.0367	
Residual	22562.3	9	2506.922			
Lack of Fit	14262.3	6	2377.05	0.859175	0.6019	not significant
Pure Error	8300	3	2766.667			
Cor Total	47025	11				

ตารางที่ จ.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณเชื้อยีสต์และราของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	420.89	5	84.18	0.49	0.7757	not significant
Linear Mixture	223.64	2	111.82	0.65	0.556	
AB	127.48	1	127.48	0.74	0.4229	
AC	31.61	1	31.61	0.18	0.6835	
BC	57.08	1	57.08	0.33	0.586	
Residual	1034.67	6	172.45			
Lack of Fit	53.05	3	17.68	0.054	0.9806	not significant
Pure Error	981.63	3	327.21			
Cor Total	1455.56	11				

ตารางที่ จ.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	3.5	5	0.7	38.66	0.0002	significant
Linear Mixture	3.01	2	1.51	83.19	< 0.0001	
AB	0.08	1	0.08	4.4	0.0808	
AC	0.26	1	0.26	14.17	0.0093	
BC	0.083	1	0.083	4.57	0.0764	
Residual	0.11	6	0.018			
Lack of Fit	0.064	3	0.021	1.41	0.3913	not significant
Pure Error	0.045	3	0.015			
Cor Total	3.61	11				

ตารางที่ จ.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	1.39	2	0.7	23.19	0.0003	significant
Linear Mixture	1.39	2	0.7	23.19	0.0003	
Residual	0.27	9	0.03			
Lack of Fit	0.17	6	0.029	0.86	0.6013	not significant
Pure Error	0.099	3	0.033			
Cor Total	1.66	11				

ตารางที่ จ.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	0.69	4	0.17	21.18	0.0005	significant
Linear Mixture	0.46	2	0.23	28.29	0.0004	
AB	0.052	1	0.052	6.46	0.0386	
AC	0.18	1	0.18	22.66	0.0021	
Residual	0.057	7	8.10E-03			
Lack of Fit	0.018	4	4.59E-03	0.36	0.8264	not significant
Pure Error	0.038	3	0.013			
Cor Total	0.74	11				

ตารางที่ จ.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสชาติของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	1.16	2	0.58	9.91	0.0053	significant
Linear Mixture	1.16	2	0.58	9.91	0.0053	
Residual	0.53	9	0.059			
Lack of Fit	0.31	6	0.052	0.72	0.6646	not significant
Pure Error	0.22	3	0.072			
Cor Total	1.69	11				

ตารางที่ จ.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of		Mean	F	p-value	
	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	4.45	2	2.22	16.65	0.0009	significant
Linear Mixture	4.45	2	2.22	16.65	0.0009	
Residual	1.2	9	0.13			
Lack of Fit	1.09	6	0.18	4.91	0.1098	not significant
Pure Error	0.11	3	0.037			
Cor Total	5.65	11				

ตารางที่ จ.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบ Lack of fit ของรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของข้าวเกรียบเห็ดฟางเสริมไลโคปีนและเส้นใยอาหารจากผลตำลึงสุกผง โดยการวางแผนการทดลองแบบ D-optimal Mixture design

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1.28	2	0.64	8.36	0.0089	significant
Linear Mixture	1.28	2	0.64	8.36	0.0089	
Residual	0.69	9	0.077			
Lack of Fit	0.38	6	0.063	0.6	0.7257	not significant
Pure Error	0.31	3	0.1			
Cor Total	1.97	11				

ประวิทย์ กวิชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล

1.1 ภาษาไทย นางสาวอรนุช สีหามาลา

1.2 ภาษาอังกฤษ Miss Oranut Sihamala

2. ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

3. ตำแหน่งทางการบริหาร

4. สังกัดสาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
การอาหาร

วิทยาเขต กาฬสินธุ์

5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 130 หมู่ที่ - ตรอก/ซอย - ถนนเกษตรสมบูรณ์

แขวง/ตำบล กาฬสินธุ์ เขต/อำเภอ เมือง

จังหวัด กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000

โทรศัพท์ 043-811128 โทรสาร 043-812583

โทรศัพท์มือถือ 088-0274951 อีเมล oranut_si@hotmail.com

6. วุฒิการศึกษา 2553 Ph.D. Food Science, Zhejiang University, P.R China
2545 วท.ม.(วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2537 วท.บ.(วิทยาศาสตรบัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ มศว .มหาสารคาม

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

- โภชนาการ (Nutrition)
- จุลชีววิทยาอาหาร (Food Microbiology)
- เทคโนโลยีนม (Milk Technology)
- พัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product Development)
- อาหารเป็นยาหรืออาหารเพื่อสุขภาพ (Functional Food)

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล

1.1 ภาษาไทย นางสาวหนูเดือน สารabut

1.2 ภาษาอังกฤษ Miss.Nuduan Saraboot

2. ตำแหน่งทางวิชาการ -

3. ตำแหน่งทางการบริหาร

4. สังกัดสาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
การอาหาร

วิทยาเขต กาฬสินธุ์

5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 114 หมู่ที่ 7 ตรอก/ซอย - -

แขวง/ตำบล เหนือ เขต/อำเภอ เมือง

จังหวัด กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000

โทรศัพท์ 043-811128 โทรสาร 043-812583

โทรศัพท์มือถือ 081-7298501 อีเมล nuduans@hotmail.com

6. วุฒิการศึกษา 2541 วท.บ. (วิทยาศาสตร์บัณฑิต) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีการอาหาร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง
2553 วท.ม. (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) เทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

- การแปรรูปอาหาร
- ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง
- ไวน์ผลไม้
- การวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพอาหาร

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล

1.1 ภาษาไทย นางพรประภา ชุนถนอม

1.2 ภาษาอังกฤษ Mrs.Pornprapha Chunthanom

2. ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. ตำแหน่งทางการบริหาร

4. สังกัดสาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
การอาหาร

วิทยาเขต สกลนคร

5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 199 หมู่ที่ 3 ตรอก/ซอย - -

แขวง/ตำบล พังโคน เขต/อำเภอ พังโคน

จังหวัด สกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47160

โทรศัพท์ 0-4277-1816 โทรสาร 0-4277-1460

โทรศัพท์มือถือ 080-7501087 อีเมล wongfhun@yahoo.com

6. วุฒิการศึกษา 2537 วท.บ.(วิทยาศาสตร์บัณฑิต) สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหารและ
โภชนาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2545 วท.ม.(วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2552 ป.ร.ด. (วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ -เทคโนโลยีชีวภาพ

-พัฒนาผลิตภัณฑ์

-วิศวกรรมอาหาร

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล

- 1.1 ภาษาไทย นางภัชรินทร์ ชาดัน
1.2 ภาษาอังกฤษ Mrs. Patcharin...Zatun

2. ตำแหน่งทางวิชาการ

-

3. ตำแหน่งทางการบริหาร

4. สังกัดสาขาวิชา

การจัดการ

คณะ เทคโนโลยีสังคม

วิทยาเขต

กาฬสินธุ์

5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 182/1 หมู่ที่ - ตรอก/ซอย - -ถ.เกษตรสมบูรณ์
แขวง/ตำบล - เขต/อำเภอ เมือง
จังหวัด กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000
โทรศัพท์ 043-811128 โทรสาร 043-812582
โทรศัพท์มือถือ 085 4509237 อีเมล Patcharin.za@rmuti.ac.th

6. วุฒิการศึกษา

2534 ค.บ. คอมพิวเตอร์ศึกษา

วิทยาลัยครูมหาสารคาม

2543 บธ.ม. บริหารธุรกิจ

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

- การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- บริหารธุรกิจ

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล

- 1.1 ภาษาไทย นายอนันต์ พันธุ์พิบูลย์
1.2 ภาษาอังกฤษ Mr. Anan Panpiboon

2. ตำแหน่งทางวิชาการ

-

3. ตำแหน่งทางการบริหาร

4. สังกัดสาขาวิชา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
การอาหาร
วิทยาเขต กาฬสินธุ์

5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 62/1 หมู่ที่ ตรอก/ซอย - -ถ. เกษตรสมบูรณ์
แขวง/ตำบล กาฬสินธุ์ เขต/อำเภอ เมือง
จังหวัด กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ 043-811128 โทรสาร 043-812583
โทรศัพท์มือถือ 093-3827035 อีเมล Pek.Tom@hotmail.com

6. วุฒิการศึกษา

2545 ปวส. สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตกาฬสินธุ์

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

- เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์
- เทคโนโลยีัญพืช
- เบเกอรี่
- ผักและผลไม้

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล

1.1 ภาษาไทย นางกาญจนา กุลวิติต

1.2 ภาษาอังกฤษ Mrs. Kanjana Kulvitit

2. ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

3. ตำแหน่งทางการบริหาร

4. สังกัดสาขาวิชา สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
วิทยาเขต กาฬสินธุ์

5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 336/39 หมู่ที่ - ตระกอก/ซอย - -

แขวง/ตำบล กาฬสินธุ์ เขต/อำเภอ เมือง

จังหวัด กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000

โทรศัพท์ 0-4277-1816 โทรสาร 0-4277-1460

โทรศัพท์มือถือ 089 – 8421666 อีเมล ko_kanjana@hotmail.com

6. วุฒิการศึกษา 2522 วท.บ.(วิทยาศาสตร์บัณฑิต) พืชศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2536 วท.ม.(วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) สาขาวิชาพืชศาสตร์ พืชสวน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ - Postharvest Technology

- ไม้ดอก ไม้ประดับ

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล

- 1.1 ภาษาไทย นายณัฐพงศ์ เจนวินพาศ์
1.2 ภาษาอังกฤษ Mr. Natthapong Jenwipack

2. ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

3. ตำแหน่งทางการ

บริหาร

4. สังกัดสาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการ คณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
อาหาร

วิทยาเขต กาฬสินธุ์

5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 62/1 หมู่ที่ - ตระกอก/ซอย -

แขวง/ตำบล กาฬสินธุ์ เขต/อำเภอ เมือง

จังหวัด กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 40000

โทรศัพท์ 043-811128 โทรสาร 043-812583

โทรศัพท์มือถือ 081 9653882 อีเมล ex_natthapong2521@hotmail.com

6. วุฒิกการศึกษา 2542 วท.บ.(วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง

2546 วท.ม.(วิทยาศาสตรบัณฑิต) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2558 ปรัช.ด ปรัชญาคุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ การวางแผนการตลาด

-พัฒนาผลิตภัณฑ์

-วิศวกรรมอาหาร

-เทคโนโลยีเนื้อสัตว์