สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตเครื่องดื่มจากงาดำ

Processing of drinking sesame

โดย

นาย สมยศ แก่นเพ็ชร

วพ.
ส274ก
2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 47195
วัน, เดือน, ปี 24 มิ.ย. 2546

.b.....
.i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ

b11900247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2544

ชื่อเรื่อง การผลิตเครื่องดื่มจากงาดำ

Processing of drinking sesame

ชื่อ-สกุล นายสมยศ แก่นเพ็ชร

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปนิดา ประวิตรวงศ์

บทคัดย่อ

งาดำ เป็นพืชเศรษฐกิจของเมืองไทยที่หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก เป็นแหล่งของสารอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นหลายชนิด จึงได้นำมาทำวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผง โดยแบ่งงาดำออกเป็น 9 ตัวอย่าง และอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิและเวลาต่างกัน ดังนี้ อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ นำตัวอย่างที่อบแห้งได้มาบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าให้ละเอียด ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คนแล้วเลือกตัวอย่างของงาดำผงที่ดีที่สุดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คือ งาดำที่ผ่านการอบแห้งใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง ได้งาดำผงที่มีลักษณะแห้งกว่าตัวอย่างอื่น ร่วนละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน สีดำปนน้ำตาล จึงได้เลือกตัวอย่างนี้มาเป็นวัตถุดิบหลักในการทำเครื่องดื่ม จากนั้นนำไปทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างงาดำผงต่อแป้งถั่วเหลืองที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม โดยได้ใช้อัตราส่วนระหว่างงาดำผงต่อแป้งถั่วเหลือง แบ่งออกเป็น 4 ตัวอย่าง คือ 8 : 5, 9 : 4 , 10 : 3 , และ11 : 2 และทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอีกครั้งโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คนและใช้เบบประเมินผลแบบ 9 - Point Hedonic scale วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมและผู้บริโภคให้การยอมรับ คือ อัตราส่วนระหว่างงาดำผง 11 กรัมต่อแป้งถั่วเหลือง 2 กรัม โดยผลิตภัณฑ์มี สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติดี และมีงาเป็นส่วนประกอบอยู่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายโดยเฉพาะ อาจารย์ปนิดา ประวิตรวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ท่านได้กรุณาเสียสละเวลาของท่านอย่างมาก ในการให้คำปรึกษาแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดเวลาในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ นอกจากนี้ยังได้รับการอำนวยความสะดวกต่างๆ จากเจ้าหน้าที่ของภาควิชาครุศาสตร์เกษตร ความช่วยเหลือของเพื่อนๆ ในการทำการทดลอง และน้องๆ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบชิมซึ่งเป็นผลให้เกิดความสมบูรณ์ของปัญหาพิเศษเรื่องนี้ จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่กล่าวมา ณ โอกาสนี้

ความดีของปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอมอบให้กับ บิดา มารดา และพี่ๆ ซึ่งให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ และคอยให้กำลังใจตลอดเวลา รวมทั้งคณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาและผู้มีพระคุณทุกท่าน

สมยศ แก่นเพ็ชร

พฤศจิกายน 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ..... ก

กิตติกรรมประกาศ ..... ข

สารบัญ..... ค

สารบัญตาราง ..... จ

สารบัญภาพ ..... ฉ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของปัญหา..... 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 งา 4

2.2 แป้งถั่วเหลือง 14

2.3 น้ำตาล 19

2.4 การทำแห้ง 22

2.5 เครื่องดื่ม..... 25

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย..... 27

3.2 วิธีการ..... 28

3.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผง 28

3.2.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม 28

3.3 สถานที่ทำการวิจัย 29

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4.	ผลการวิจัยและวิจารณ์	
	4.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผง	30
	4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม	33
5.	สรุปและข้อเสนอแนะ	
	3.1 สรุปผลการวิจัย	36
	3.2 ข้อเสนอแนะ.....	36
บรรณานุกรม.....		37
ภาคผนวก ก.		41
ภาคผนวก ข.		42
ภาคผนวก ค.		45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. คุณค่าทางโภชนาการของงาเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองและไข่ไก่ 10
2. คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดงาทั้งดิบและคั่ว 11
3. ปริมาณสารอาหารของงาดำ 12
4. การเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนเมล็ดงาดำและงาขาว 12
5. ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นของงาดำ 13
6. ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองและแป้งถั่วเหลืองชนิดต่างๆ 16
7. ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและการละลายของโปรตีน 17
8. ปริมาณสารอาหารของแป้งถั่วเหลือง 18
9. ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นของแป้งถั่วเหลือง 18
10. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่องาดำผง 30
11. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์-เครื่องดื่มงาดำ เมื่อแปรอัตราส่วนงาดำผงต่อแป้งถั่วเหลือง 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	ลักษณะของงา	4
2.	รูปร่างของใบงา	6
3.	ลักษณะของดอกงา	6
4.	ส่วนประกอบของดอกงา	7
5.	ผลหรือฝักของงา	8
6.	ภาพตัดตามขวางของฝักงาแสดงลักษณะและการจัดเรียงของเมล็ดในฝักที่มี 2 คาร์เพล	8
7.	ขั้นตอนการผลิตงาดำผง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

งา (Sesame) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Sesamum indicum* L. หรือเรียกทั่วไปว่า งาดำ งาขาว งาแดง งาเป็นพืชล้มลุก มีเมล็ดเล็กๆ สีขาว สีดำ หรือสีแดง ใช้ปรุงอาหารหรือสกัดน้ำมัน มีการใช้เมล็ดและน้ำมันงาอย่างแพร่หลาย ในประเทศไทยใช้ในขนมไทยหลายชนิด ใช้ในอุตสาหกรรมทำขนมปัง ทั้งในและต่างประเทศ เช่น อเมริกา ประเทศญี่ปุ่นใช้ทอดเท็มปุระ รวมทั้งการใช้น้ำมันงาในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น สี เครื่องสำอาง และน้ำมันหล่อลื่น ในทางการแพทย์ใช้น้ำมันงาทั้งในแผนปัจจุบัน และแผนโบราณ จึงเห็นได้ว่างาเป็นพืชที่มีคุณค่า และน่าสนใจที่จะศึกษาอย่างยิ่ง (วิชาการเกษตร, กรม. 2541 : 23)

ปัจจุบันนี้ประชาชนส่วนใหญ่ได้ให้ความสนใจในการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมากขึ้น ที่รู้จักกันแพร่หลาย คือ น้ำ R.C. ซึ่งเป็นเครื่องดื่มชนิดหนึ่งของอาหารชีวจิต ที่ได้จากการนำธัญพืชหลายๆ ชนิดมาต้มรวมกัน จนได้น้ำที่มีลักษณะใส ผู้บริโภคได้เลือกบริโภค เพราะว่าในน้ำ R.C. มีสารอาหารและวิตามินต่างๆ เช่น วิตามินบี วิตามินอี ทั้งยังมีเกลือแร่และใยอาหารอีกด้วย แต่วิธีการทำยุ่งยากต้องต้มเป็นเวลานาน

เพื่อเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคในการบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ จึงได้มีการคิดค้นทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดใหม่ขึ้น ให้เป็นเครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายครบในปริมาณที่ร่างกายต้องการ เมื่อดื่มแล้วจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกาย ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว คือ เครื่องดื่มงาดำผง ดังนั้นจึงเลือกงาดำมาเป็นวัตถุดิบหลักในการทำเครื่องดื่ม เนื่องจากงาดำเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูก เป็นพืชเศรษฐกิจของเมืองไทยที่หาซื้อได้ง่าย และเป็นแหล่งของสารอาหาร และแร่ธาตุที่จำเป็นหลายชนิด ในงาดำ 100 กรัม มีแคลเซียม 1,000 มิลลิกรัม ใยอาหาร 21.4 กรัม ไขมัน ร้อยละ 45-55 และมีไลโนเลอิค ประมาณ 42 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นแก่ร่างกาย ทำให้มีการเจริญเติบโต มีความชุ่มชื้นของผิวหนัง เพราะเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ ทั้งยังช่วยควบคุมระดับคอเลสเทอรอลในเลือด (ไสว พงษ์เก่า, 2534 : 200-201)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนในงาเหนือชั้นกว่าโปรตีนในพืชอื่นๆ เทียบคุณค่าได้กับโปรตีนจากเนื้อสัตว์ทีเดียว เพราะมีกรดอะมิโนที่ชื่อ เมธิโอนีน งาเหมาะกับเด็ก และสตรีในวัยหมดประจำเดือน เพราะในงามีแร่ธาตุสูง แร่ธาตุที่สำคัญ คือ ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม ฟอสฟอรัส โดยเฉพาะแคลเซียมนั้นมีบทบาทในการเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง และยังช่วยป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนอีกด้วย ส่วนเหล็กก็สร้างเลือดให้สมบูรณ์ (อิสระ ชูศรี, 2541 : 17) งายังช่วยแก้ปัญหาระบบประสาท นอนไม่หลับ อ่อนเปลี้ยเพลียแรง เป็นเหน็บชา ปวดตามเส้นตามตัว เพราะในงามีวิตามินบีอยู่มากมาย คือ บี1, บี 2, บี 3, บี 5, บี 6 และบี 9 แล้วยังมีไบโอติน โคลีน ไอโนสิตอล กรด-พาราอะมิโนเบนโซอิค ซึ่งมีฤทธิ์บำรุงประสาททั้งสิ้น งาสามารถชะลอความแก่เพราะมีกรดไขมันไลโนเลอิค ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต ทำให้ผมดำสลวยเป็นเงางาม ผิวพรรณชุ่มชื้น และในงายังมีสารประกอบที่ช่วยต่อต้านมะเร็ง (อิสระ ชูศรี, 2541 : 17)

นอกจากงาดำที่เราใช้เป็นส่วนผสมหลักในการผลิตเครื่องดื่มแล้วยังมีการเติมส่วนผสมอื่นที่เป็นแหล่งของสารอาหารประเภทโปรตีนอีกด้วย โดยใช้ในรูปของแป้งถั่วเหลือง เมื่อพิจารณาส่วนประกอบทางเคมี ในเมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนมากกว่าไขมัน ยังมีการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาโภชนาการ และนำไปผลิตหรือเสริมในอาหารระดับอุตสาหกรรม ช่วยให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางมากขึ้น แป้งถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่มีคุณค่าทางโภชนาการรู้จักกันมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆ แป้งถั่วเหลืองจะให้โปรตีนสูงกว่าและให้คุณค่าทางโภชนาการมากกว่า สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาโภชนาการได้อย่างมาก โดยเฉพาะโรคขาดโปรตีนและพลังงาน ซึ่งแป้งถั่วเหลืองมีโปรตีนประมาณร้อยละ 40 และไขมันประมาณร้อยละ 18 ซึ่งนับว่ามีโปรตีนสูงกว่างาดำ (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2522 : 163) จึงได้นำแป้งถั่วเหลืองมาเป็นส่วนผสมในเครื่องดื่ม

จากเหตุผลดังกล่าว จึงได้คิดค้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำนี้ขึ้นมา และได้มีการเติมแป้งถั่วเหลืองซึ่งเป็นส่วนผสมที่มีโปรตีนอยู่มาก เพื่อเพิ่มรสชาติและให้ผู้บริโภคได้รับคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น เพิ่มความสะดวกในการบริโภคของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผง
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อทดสอบคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำผง

1.3 ขอบเขตของปัญหา

เพื่อศึกษากระบวนการผลิตงาดำผงที่เหมาะสมในการทำเครื่องดื่มและศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง โดยประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงสภาวะการผลิตงาดำผงที่เหมาะสม
2. ได้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเครื่องดื่มงาดำและทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่
3. สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

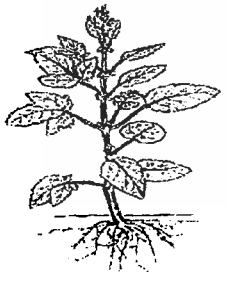
การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 งา (Sesame)

งาเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในเขตที่มีปริมาณน้ำน้อย สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศทั้งนี้เพราะงาทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดีพอสมควร มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Sesamum indicum L. มีชื่อสามัญว่า sesame งาเป็นพืชล้มลุกในเขตร้อนและเขตอบอุ่นที่ใช้เป็นอาหารมาแต่โบราณ เป็นพืชที่ทั่วโลกต้องการ เป็นพืชน้ำมันที่ขายกันในรูปของเมล็ด ใช้เป็นอาหารหวานประกอบอาหารชนิดต่าง ๆ แปรรูปเป็นน้ำมัน ผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีน น้ำมันใส่ผม สบู่ แและเครื่องสำอางหลายชนิด (วาสนา วงษ์ใหญ่, 2525 : 111)

สำหรับแหล่งกำเนิดและการแพร่กระจายของงายังไม่ทราบแน่ชัด แต่คาดว่างามีแหล่งกำเนิดอยู่ที่ประเทศเอธิโอเปีย และถูกนำเข้าไปยังอินเดีย แล้วแพร่ต่อไปยังจีน แอฟริกาเหนือ และเอเชียใต้ ในราว 2,000 ปีก่อนคริสตศักราช และถูกนำเข้าไปยังทวีปอเมริกาในราวศตวรรษที่ 17 สำหรับในประเทศไทยมีการปลูกงามาช้านานแล้ว ที่รู้จักกันแพร่หลายคือ งาขาว และงาดำ (วัชรี เลิศมงคล, 2539 : 192)

2.1.1 คุณลักษณะของงา (วิชาการเกษตร, กรม. 2541 : 23)



เมล็ดงามีขนาดเล็ก มีรสหวานเล็กน้อย มีผิวมัน เมล็ดงามีน้ำมันสูงประมาณ 40 - 60 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดงาเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพสูง มีความคงทนต่อการเหม็นหืน เนื่องจากน้ำมันงามีสาร sesamin และ sesamolin อยู่ตามธรรมชาติ ประมาณ 0.5 - 1 เปอร์เซ็นต์ และ 0.3 - 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สารทั้งสองชนิดเป็นสารกันหืนธรรมชาติ ทำให้มีความต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation reaction) ดังนั้น

ภาพที่ 1 ลักษณะของงา

ที่มา : วิชาการเกษตร, กรม. 2541 : 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันงาจึงไม่จำเป็นต้องใช้สารกันหืนก็สามารถเก็บไว้ใช้ได้ตามปกติ นอก จากนี้น้ำมันงายังประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ แต่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ถึง 85 เปอร์เซ็นต์ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงโดยเฉพาะกรดลิโนเลอิค จะช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือด ซึ่งเป็นโรคที่เป็นสาเหตุการเสียชีวิต 1 ใน 10 ของโลกได้

งามีโปรตีนประมาณ 17 - 20 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย กรดอะมิโนที่สำคัญ (essential amino acid) เช่น lysine ประมาณ 2.9 เปอร์เซ็นต์ methyonine ประมาณ 3.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าโปรตีนจากธัญพืชและถั่วต่าง ๆ งามีแร่ธาตุประมาณ 4.1 - 6.5 เปอร์เซ็นต์ เช่น ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินบีต่าง ๆ เช่น บี1 บี2 บี3 บี6 และ บี9

2.1.2 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ (กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2541 : 96-99)

ราก

มีระบบรากแบบรากแก้ว (tap root system) รากแก้ว (primary root หรือ tap root) ยาวประมาณ 90 เซนติเมตร หยั่งลึกลงไปในดิน และมีรากแขนง (Secondary root หรือ lateral root) แตกออกมาจากรากแก้ว และรากแขนงด้วยกันเองจำนวนมากบริเวณใกล้ระดับผิวดิน รากแขนงเหล่านี้ทำหน้าที่ในการดูดน้ำและแร่ธาตุอาหารอาหารเข้าสู่ลำต้นจึงเรียกรากแขนงเหล่านี้ว่า feeding root

ลำต้น

งาเป็นไม้เนื้ออ่อน อายุฤดูเดียว ลักษณะตั้งตรงสูงประมาณ 1 - 2 เมตร รูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมมีร่องตรงกลางตลอดตามความยาวของลำต้น ลำต้นอาจเป็นเดี่ยว (uniculm) หรือมีการแตกกิ่ง (branching) ขึ้นอยู่กับพันธุ์ มีขน (glandular hair) ปกคลุมอยู่ทั่วไปบริเวณลำต้นและกิ่งทำให้รู้สึกเหนียวเหนอะหนะเมื่อเวลาสัมผัส และมีกลิ่นเหม็น โดยทั่วไปลำต้นมีสีเขียว แต่ในบางพันธุ์อาจมีสีม่วง

ใบ

ใบงาเป็นใบเดี่ยว ไม่มีหูใบ ก้านใบยาว 3 - 11 เซนติเมตร รูปร่างของใบงาจะมีหลายแบบ เช่น รูปไข่ รูปแฉก รูปหัวใจ หรือเรียวยาว บางครั้งอาจพบใบประกอบแบบ trifoliolate นอกจากนั้นขนาดของใบจะแตกต่างกันตามพันธุ์ บางสายพันธุ์อาจพบใบที่มีความแตกต่างกันทั้งขนาดและรูปร่างภายในต้นเดียวกัน โดยทั่วไปใบงาจากส่วนล่างของลำต้นจนถึงประมาณ 2 / 3 ของความสูงต้นจะมีขนาดใหญ่ ใบมีความยาว 4 - 20 เซนติเมตร ความกว้าง 2 - 10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ใบในส่วนบน ๆ ของลำต้นจะมีขนาดเล็กรูปร่างใบแคบและเรียวยาว ก้านใบสั้นประมาณ 0.5 - 3 เซนติเมตร แผ่นใบอาจมีขน (glandular hair) หรือไม่มีขนขึ้นกับพันธุ์ สีของใบมีสีเขียวอ่อนจนถึงเขียวแก่ ขอบใบอาจเรียบหรือหยักเป็นฟันเลื่อย การเรียงตัวของใบในงาพันธุ์ปลูกที่พบมากได้แก่ แบบตรงกันข้าม (opposite) และแบบสลับ (alternate)

ภาพที่ 2 รูปร่างของใบงา
ที่มา : กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2541 : 97

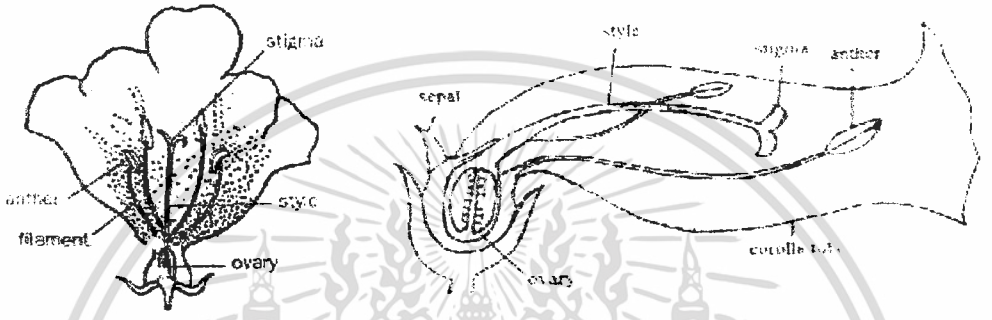
ภาพที่ 3 ลักษณะของดอกงา
ที่มา : กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2541 : 97

ดอก

งามีดอกเป็นดอกเดี่ยวสมบูรณ์เพศแบบ zygomorphic เกิดตามมุมใบ (leaf axil) มีจำนวน 1 - 3 ดอกต่อมุมใบ ถ้ามีเพียง 1 หรือ 2 ดอกต่อมุมใบก็จะพบต่อมน้ำหวาน (extrafloral nectary gland) สีเหลือง หรือสีดำอยู่ที่โคนของก้านดอกจำนวน 2 หรือ 1 ต่อม ที่ต่อมน้ำหวานจะมี bract อยู่ใต้ต่อมมีขนาดเล็ก เรียว ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ก้านดอกงาจะสั้นมีความยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร ดอกยาวประมาณ 1.5 - 4.0 เซนติเมตร ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง (sepal) ซึ่งส่วนฐานเชื่อมติดกันเป็นรูปถ้วย (calyx tube) ส่วนปลายแยกเป็น 5 แฉก ยาวประมาณ 3 - 8 มิลลิเมตร หุ้มอยู่ที่ส่วนล่างของกลีบดอก (petal) กลีบเลี้ยงที่พบโดยทั่วไปมีสีเขียวแต่บางพันธุ์อาจมีสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอ่อน กลีบดอกมี 5 กลีบเชื่อมติดกัน (corolla tube) มีรูปร่างคล้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระฆัง ส่วนปลายของกลีบดอกที่เชื่อมติดกันส่วนล่างจะยาวกว่าส่วนบน เมื่อดอกบานปลายกลีบดอกจะเปิดออกเป็นสองส่วน โดยที่กลีบดอกส่วนบนจะโค้งมนมีรอยหยักเล็กน้อย กลีบดอกส่วนล่างจะมีรอยหยักแบ่งออกเป็นสามส่วน กลีบดอกตรงกลางจะมีขนาดใหญ่และยาวมากกว่ากลีบดอกกลีบอื่น กลีบดอกมีสีเขียวอ่อนในขณะที่ดอกยังไม่บาน เมื่อดอกบานจะมีสีขาว ชมพู ม่วงอ่อน หรือพื้นขาวจุดม่วงขึ้นกับพันธุ์ ที่ดอกจะมีขนอ่อนกระจายปกคลุมทั่วไปบริเวณด้านนอกของทั้งกลีบเลี้ยงและกลีบดอก ดอกจะเริ่มบานจากส่วนล่างของลำต้นขึ้นสู่ส่วนยอด



<u>ภาพที่ 4</u> ส่วนประกอบของดอกงา
ที่มา : กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2541 : 98

เมื่อผ่าดอกงาตามความยาวจะเหมือนกันทั้ง 2 ส่วน (bilateral symmetry) ได้เพียงแนวเดียวภายในดอกมีเกสรตัวผู้ (stamen) 4 อัน เป็นแบบ didynamous คือ มีเกสรตัวผู้จำนวน 2 คู่ ที่ก้านเกสรตัวผู้ (filament) มีความยาวไม่เท่ากันเรียงกันอยู่ภายในกลีบดอกด้านบน ในบางครั้งจะพบว่ามีเกสรตัวผู้เพิ่มขึ้นมาอีก 1 อัน ซึ่งเกสรตัวผู้ที่เพิ่มมานี้จะเป็นหมัน อับละอองเกสรตัวผู้ (anther) มีสีขาวหรือสีเหลือง

เกสรตัวเมีย (pistil) ประกอบด้วยรังไข่ (ovary) เป็นแบบ superior ovary มี 2 - 4 คาร์เพล (carpel) แต่ละคาร์เพลมี 2 ลอคคุล (locule) ซึ่งภายในมีออวุล (ovule) อยู่เป็นจำนวนมาก และมี nectiferous disc อยู่ล้อมรอบรังไข่ ก้านเกสรตัวเมีย (style) เรียวบางมีสีครีม ยอดเกสรตัวเมีย (stigma) มีขนปกคลุมแยกออกเป็น 2 - 4 แฉก ตามจำนวนของคาร์เพล

ผลและเมล็ด

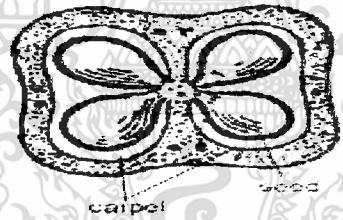
ผลหรือฝักงาเป็นแบบ capsule เกิดตามมุมใบมีจำนวน 1-3 ฝักต่อมุมใบขึ้นอยู่กับพันธุ์ ลักษณะรูปร่างของฝัก ที่พบมากมี 2 แบบคือ รูปร่างแบบ 2 คาร์เพล (bicarpellate) และ 4 คาร์เพล (tetracarpellate) สำหรับรูปร่างฝักงาแบบ 3 คาร์เพล (tricarpellate) นั้นจะพบน้อยมาก ฝักงา 1 คาร์เพล จะมี 2 ลอคคุลดังนั้นฝักงาที่มี 2 คาร์เพลจะมี 4 ลอคคุล ฝักงาที่มี 4 คาร์เพลมี 8 ลอคคุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝักงามีขนาดแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์ ความยาวประมาณ 0.9 - 4.6 เซนติเมตร ที่ฐานของฝักมีกลีบเลี้ยงติดอยู่จนฝักแห้ง เปลือกฝักมีผิวเรียบหรือมีขนอ่อนขึ้นอยู่ก็ได้แล้วแต่พันธุ์ ผนังเปลือกฝักงามีร่องลึกตามความยาว จำนวนร่องขึ้นอยู่กับจำนวนของลอดคุล ฝักแก่มีสีน้ำตาลหรือม่วงดำ พันธุ์งาส่วนมากเมื่อฝักแก่จะแตกปลายฝักลงมา

ภาพที่ 5 ผลหรือฝักของงา
ที่มา : กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2541 : 98

เมล็ดงามีลักษณะเป็นรูปไข่ รูปหัวใจ มีขนาดเล็กประมาณ 1.5 X 3.0 มิลลิเมตร เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat หรือ testa) เรียบหรือมีลักษณะคล้ายร่างแหคลุมอยู่มีสีขาว เหลือง เทา แดง น้ำตาล หรือดำ น้ำหนัก 1,000 เมล็ดประมาณ 2.0 - 4.0 กรัม มีจำนวนเมล็ด 40 - 400 เมล็ดต่อฝักหรืออาจมากกว่า ฝักและเมล็ดของงาจะพัฒนาจนมีขนาดโตเต็มที่ประมาณ 4 - 6 สัปดาห์หลังจากการผสมเกสร ซึ่งในขณะนั้นฝักยังมีสีเขียวและเมล็ดยังไม่แข็ง การพัฒนาสีของเมล็ดยังไม่สมบูรณ์ การเก็บเกี่ยวจะทำเมื่อฝักเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเมล็ดมีการพัฒนาเป็นสีตรงตามพันธุ์อย่างสมบูรณ์แล้ว



ภาพที่ 6 ภาพตัดตามขวางของฝักงาแสดงลักษณะและการจัดเรียงของเมล็ดในฝักที่มี 2 คาร์เพล
ที่มา : กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2541 : 98

2.1.3 พันธุ์ (วัชรี เลิศมงคล, 2539 : 194)

งาที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. งาดำ ที่รู้จักกันทั่วไป ได้แก่ พันธุ์นครสวรรค์ และบุรีรัมย์

2. งาขาว ได้แก่ พันธุ์ชัยบาดาล สมอทอด เมืองเลย เชียงใหม่ และพันธุ์ส่งเสริม เช่น ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม 60

3. งาดำ-แดง หรืองาแดง หรือที่เรียกกันว่า งาเกษตร เมล็ดมีสีน้ำตาลแดงและสีดำปนกัน ได้แก่ พันธุ์พิษณุโลก และสุโขทัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์งาที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ คือ

1. มีขนาดเมล็ดโต สีบริสุทธิ์ เช่น งาดำ ควรจะดำสนิท

2. ฝักไม่แตกอ้าทั้งฝัก จะแตกเฉพาะตรงปลายฝักเมื่อแก่เต็มที่เท่านั้น

3. มีอายุสั้นไป ไวต่อช่วงแสง

4. ไม่แตกกิ่ง หรือแตกกิ่งน้อยปล้องสั้น และมีฝักเกิดแบบตรงกันข้าม จำนวน 1-3 ฝักต่อมุมใบ

5. มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันหรือโปรตีนสูง

6. มีการเจริญเติบโตเร็ว สามารถขึ้นแข่งกับวัชพืชได้ดี

7. ต้านทานต่อโรคและแมลงที่สำคัญบางชนิด เช่น โรคเน่าดำ โรคยอดฝอย โรคต้นเหี่ย หนอนห่อยอด หนอนฝีเสื้อหัวกะโหลก และเพลี้ยจักจั่น

ลักษณะทางพันธุกรรมบางประการ ทั้งที่มีความสัมพันธ์และไม่มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบผลผลิตซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนเพียงคู่เดียว สามารถใช้เป็นยีนตรวจสอบการผสม มีดังนี้

1. ลักษณะฝักแตกข่มฝักไม่แตกและลักษณะฝักแตกจะปรากฏร่วมกับลักษณะใบรูปถ้วย

2. ลักษณะใบมีขนข่มใบไม่มีขน

3. ดอกสีม่วงข่มดอกสีชมพูและสีขาว

4. ลักษณะกลีบดอกเปิดข่มลักษณะกลีบดอกปกติ

5. ลักษณะแตกกิ่ง ข่มลักษณะ ไม่แตกกิ่ง

6. ลักษณะมี 1 ฝักต่อมุมใบ ข่มลักษณะ 3 ฝักต่อมุมใบ

7. ลักษณะมี 1 ฝักแบบ 2 คาร์เพล ข่ม 4 คาร์เพล

8. เมล็ดผิวขรุขระข่มเมล็ดผิวเรียบ

9. เมล็ดมีสีข่มเมล็ดสีขาว

10. ลักษณะใบเรียบข่มใบย่น

11.ลักษณะการเจริญเติบโตแบบทอดยอด (indeterminate) ข่มลักษณะไม่ทอดยอด (determinate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดงา

งาเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงชนิดหนึ่ง เมล็ดงาโดยทั่วไปมีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณดังนี้

น้ำมัน	35 - 57	เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	19 - 25	เปอร์เซ็นต์
เถ้า	5.7	เปอร์เซ็นต์
กาก	3.2	เปอร์เซ็นต์
คาร์โบไฮเดรต	18.0	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียม	1.0	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัส	0.7	เปอร์เซ็นต์

2.1.5 คุณค่าทางโภชนาการของงา

เมื่อเปรียบเทียบงากับถั่วเหลือง และไข่แล้วพบว่างามีไขมันสูงกว่าถั่วเหลืองประมาณ 3 เท่า และสูงกว่าไข่ประมาณ 4.6 เท่า มีโปรตีนสูงกว่าไข่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ต่ำกว่าถั่วเหลืองประมาณ 2 เท่า เมล็ดงาที่มีสีแตกต่างกันจะมีปริมาณน้ำมันแตกต่างกัน จากผลการวิเคราะห์พบว่าเมล็ดงาที่มีสีขาง มีแนวโน้มว่ามีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงกว่าเมล็ดสีเข้ม และมีแนวโน้มว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่าเมล็ดสีเข้ม

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของงาเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองและไข่ไก่ (เปอร์เซ็นต์)

ส่วนประกอบ %	งาดำ	งาดำ-แดง	งาขาว	ถั่วเหลือง	ไข่ไก่
ความชื้น	5.26	6.02	5.87	8.42	71.28
ไขมัน	48.10	49.60	51.26	17.78	1.50
คาร์โบไฮเดรต	21.25	20.72	20.18	32.32	0.84
เยื่อใย	6.01	5.82	4.36	4.06	-
เถ้า	7.04	6.83	6.01	5.86	0.94
โปรตีน	17.62	18.04	16.84	35.60	12.93
แคลเซียม	0.71	0.78	0.84	0.24	0.06
ฟอสฟอรัส	0.54	0.63	0.66	0.55	0.22

ที่มา : วัชรี เลิศมงคล, 2539 : 203

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดงาทั้งดิบและคั่วใน 100 กรัม

อาหาร		งาดำ		งาขาว	
		คั่ว	ดิบ	คั่ว	ดิบ
Energy	(k.cal.)	553	562	628	682
Moisture	(g.)	5.3	2.3	5.0	3.0
Protein	„	21.9	23.3	23.5	26.1
Fat	„	46.3	52.1	56.2	64.2
Cabohydrate	„	12.1	0	7.2	0
Crude Fiber	„	9.9	16.1	4.6	4.1
Dietary Fiber	„	-	15.7	-	-
Ash	„	4.5	7.0	3.3	3.1
Calcium	(mg.)	110	1452	91	90
Phosphorus	„	570	-	714	-
Iron	(g.)	16.0	22.0	19.4	13.0
Retinol	„	-	-	-	-
B-carotene	„	-	-	-	4
Total A (RE)	„	-	-	-	1
Total A	„	35	60	22	-
Thiamin	„	0.82	0.97	0.78	0.83
Riboflavin	„	0.28	1.11	1.45	1.54
Niacine	(mg.)	4.1	1.5	3.5	5.0
Vitamin C	„	-	-	-	-

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2536 : 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณสารอาหารของงาดำใน 100 กรัม

สารอาหาร		งาดำ
Energy	(k.cal.)	588
Protein	(g.)	17.1
Fat	„	49.3
Carbohydrate	„	19.0
Crude Fiber	„	9.9
Calcium	(mg.)	1,100
Phosphorus	„	570
Iron	(g.)	16.0

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2536 : 28

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนเมล็ดงาดำและงาขาว

กรดอะมิโน		งาดำ	งาขาว
Arginine	(g.)	12.5	11.8
Lysine	„	-	3.5
Phenylalanine	„	6.2	6.3
Methionine	„	3.3	3.8
Leucine	„	8.9	7.4
Isoleucine	„	3.9	3.7
Valine	„	3.5	3.6
Threonine	„	3.6	3.9
Histidine	„	2.1	2.4

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2533 : 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นของงาดำ

กรดอะมิโน		งาดำ
Isoleucine	(mg.)	506
Leucine	„	864
Lysine	„	538
Phenylalanine	„	562
Tryptophan	„	268
Valine	„	734
Threonine	„	553

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2533 : 20

2.1.6 การใช้ประโยชน์จากงา (วัชรี เลิศมงคล, 2539 : 200-202)

1. เป็นส่วนประกอบของอาหารคาว-หวาน คนจีนนิยมนำงาเป็นส่วนประกอบของอาหารหลากหลายชนิด ทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน โดยนิยมใช้งาทั้งเมล็ด ส่วนในอาหารไทยก็ใช้งาทั้งเมล็ดโดยนิยมใส่ในอาหารหวาน เช่น ขนมเทียมสลัดงา ครองแครง กระยาสารท ถั่วแปบ เรไร ถั่วอบเคลือบงา

2. เป็นอาหารเสริม เพราะเมทไธโอนีน ซึ่งเป็นกรดอมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายและร่างกายไม่สามารถผลิตเองได้ แต่เนื่องจากในงามีเมทไธโอนีนอยู่สูงจึงเป็นแนวทางที่จะทำให้อาหารมีโปรตีนมากขึ้น โดยจะเลือกผสมในซีเรียล หรืออยู่ในรูปของเครื่องดื่ม

3.ใช้สกัดน้ำมัน ได้แก่ การผลิตน้ำมันงา ประเทศไทยมีน้ำมันงา 2 ชนิด คือน้ำมันสีเขียวอมเหลืองให้กลิ่นหอมแรงที่ผู้บริโภคและอีกประเภทใช้งาคั่ว (roast sesame) ให้น้ำมันสีคล้ำอาจมีสีน้ำตาลถึงสีดำ มีกลิ่นรสแรง และมีกรดไลโนเลอิคในปริมาณมาก คือ ประมาณ 35-50 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันงาจะไม่ใช้สำหรับปรุงอาหารโดยตรง แต่คนจีนใส่น้ำมันงาเพื่อเพิ่มกลิ่นหอมให้กับอาหาร

4. สรรพคุณของน้ำมันงาในยาไทย

กระดูกหัก หมอกระดูกของไทยใช้น้ำมันงา เพราะเชื่อว่าน้ำมันงาช่วยให้กระดูกติดเร็ว ช่วยให้ผิวหนังที่บวมอยู่นั้นยุบลงเร็ว ส่วนตำราอินเดียนั้นใช้น้ำมันงาเพื่อระงับปวด (วิชาการเกษตร, กรม. 2541 : 24)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคผิวหนัง น้ำมันงามีชื่อเสียงมากในด้านเป็นน้ำมันบำรุงผิว ทาแทนครีมป้องกันผิวแตกในฤดูหนาว ทำเครื่องสำอางอื่น ๆ ทำน้ำมันบำรุงผม ฯลฯ (วิชาการเกษตร, กรม. 2541 : 24)

ในทางการแพทย์แผนปัจจุบัน ใช้น้ำมันงาเป็นส่วนผสมในยาลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือด เพราะว่างามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ช่วยควบคุมระดับโคเลสเตอรอลไม่ให้มีมากเกินไป ป้องกันไม่ให้หลอดเลือดแข็ง ป้องกันโรคหัวใจ และโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดบางชนิด (วิชาการเกษตร, กรม. 2541 : 24)

กากงาอุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ ดังนั้นจึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงชนิดหนึ่ง เหมาะในการใช้เป็นแหล่งโปรตีนในการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและยังใช้สำหรับเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ได้อีกด้วย กากงาที่ผลิตจากแหล่งต่าง ๆ มีคุณภาพทางโภชนาการแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์และกรรมวิธีในการสกัดน้ำมัน กากงามีโปรตีน 28-48 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับเมล็ดงาก่อนสกัดน้ำมันมีการขัดหรือกะเทาะเปลือกออกหรือไม่ ถ้าเมล็ดงาไม่การกะเทาะเปลือกออกจะมีผลทำให้กากงามีระดับโปรตีนต่ำแต่มีเยื่อใยสูง

2.2 แป้งถั่วเหลือง (Soya bean flour)

ปัจจุบันส่งเสริมให้มีการรับประทานอาหารประเภทโปรตีนมากขึ้น แหล่งอาหารโปรตีนมีทั้งที่ได้จากสัตว์และพืช โปรตีนที่ได้จากสัตว์ เช่น เนื้อสัตว์ ไข่ และนม ซึ่งมีราคาแพง ไม่เหมาะกับประเทศที่ประชากรมีรายได้เฉลี่ยค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงได้นำโปรตีนที่ได้จากพืชมาพัฒนาและแปรรูปเป็นอาหารและเครื่องดื่มให้น่ารับประทาน ด้วยเหตุผลในแง่ของราคาต้นทุน ถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ดี เพราะสามารถเพาะปลูกได้ผลเร็ว ราคาถูก และมีปริมาณโปรตีนสูง ได้มีการแปรรูปถั่วเหลืองไปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลายอย่าง เช่น เต้าหู้ เต้าฮวย ฟองเต้าหู้ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง เนื้อเทียม (meat analogue) เต้าหู้ยี้ เต้าเจี้ยว ซีอิ้ว และน้ำเต้าหู้หรือนมถั่วเหลือง เป็นต้น

ถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Glycine max (C.) Mcwill เป็นพืชที่มีต้นกำเนิดในประเทศจีน และได้แพร่หลายออกไปในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก โดยการนำมาทำเป็นอาหารหลายชนิด นับเป็นพัน ๆ ปี ทั้งนี้เพราะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือ มีโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 21 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 34 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 4.9 เปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองแตกต่างกันตามพันธุ์และแหล่งที่ปลูก(ทรงเชาว์ อินสม-พันธ์, 2531 : 212-213) ซึ่งได้รวบรวมผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองจากแหล่งปลูกต่าง ๆ ในประเทศไทยพบว่า มีความแตกต่างกัน คือ มีปริมาณไขมัน 21-24.8 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 41.6-48.7 เปอร์เซ็นต์ ในเรื่องของพันธุ์ที่ศึกษา พบว่า พันธุ์ที่ให้โปรตีนสูงสุด คือ พันธุ์ ส.จ.4 ซึ่งสามารถให้โปรตีนถึง 44.6-48.7 เปอร์เซ็นต์ นับว่าเป็นพันธุ์ที่ให้ประโยชน์ในการใช้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารมนุษย์ ส่วนพันธุ์ที่ให้ไขมันสูง คือพันธุ์ ส.จ.2 ซึ่งให้ไขมัน 23.3-24.8 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมจะใช้ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันพืช ส่วนถั่วเหลืองสายพันธุ์พื้นเมือง พบว่า มีโปรตีนอยู่สูง ประมาณ 49.5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีไขมันต่ำ ประมาณ 5.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบพืชตระกูลถั่วด้วยกัน ถั่วเหลืองมีไขมันและโปรตีนสูงกว่าถั่วชนิดอื่น ยกเว้นถั่วลิสง ซึ่งมีไขมันอยู่สูงเช่นกัน ดังนั้นถั่วทั้งสองชนิดจึงนำไปสกัดน้ำมันบริโภคได้ดี (วิชาการเกษตร, กรม. 2541 : 96)

ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชโปรตีนที่มีแอลบูมีนและโกลบูลีนอยู่มาก โปรตีนทั้งสองชนิดนี้มีไลซีนอยู่สูง คุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองจึงมีมากกว่าธัญชาติ ซึ่งโปรตีนส่วนใหญ่เป็นกลูทิลีนและโพลามีน

เนื่องจากถั่วเหลืองมีประโยชน์ในด้านโภชนาการสูง จึงเป็นที่ต้องการของตลาดภายในประเทศมาก ทั้งโรงงานสกัดน้ำมันและอุตสาหกรรมอาหารด้านต่าง ๆ นอกจากนี้ถั่วเหลืองนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญยิ่งของโลกด้วย

2.2.1 ชนิดของแป้งถั่วเหลือง (สมชาย ประภาวัตและคณะ, 2527 : 76)

ผลิตภัณฑ์แรกของถั่วเหลืองด้านการค้า คือ แป้งถั่วเหลือง ซึ่งยังมีกลิ่นรสไม่ดีและมีการใช้น้อยมาก เนื่องจากการผลิตยังใช้อุณหภูมิไม่เหมาะสม จึงมีผลต่อคุณภาพของแป้งถั่วเหลือง ในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา ได้มีการค้นคว้ากรรมวิธีการผลิต การกำจัดข้อเสียต่าง ๆ ของแป้งถั่วเหลือง ทำให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น และเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์นานาชนิด จึงได้มีการผลิตแป้งถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ ขึ้นดังนี้

1.1 แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Full fat soy flour) เป็นแป้งถั่วเหลืองที่เหลืองที่ทำจากถั่วเหลืองที่กระเทาะเปลือกออก แล้วบดละเอียด มีโปรตีนประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และไขมันประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนับว่ามีไขมันสูงกว่าแป้งชนิดอื่น ๆ

1.2 แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (Defatted soy flour) เป็นแป้งถั่วเหลืองที่ทำมาจากถั่วเหลืองกระเทาะเปลือก นำมาสกัดไขมันออกแล้ว บดผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช มีไขมันอยู่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

1.3 แป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันน้อย (Low fat soy flour) เป็นแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันแล้วเติม ไขมันให้มีปริมาณ 4.5-9 เปอร์เซ็นต์

1.4 แป้งถั่วเหลืองไขมันสูง (High fat soy flour) เป็นแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันแล้วเติมไขมันให้มีปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์

1.5 แป้งถั่วเหลืองเสริมเลซิติน (Lecithinated soy flour) เป็นแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันที่เสริม เลซิตินลงไปในระดับต่างๆอาจสูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมันนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์พิเศษ เช่น อาหารเสริมสำหรับเด็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 Enzyme action soy flour เป็นแป้งถั่วเหลืองที่ผ่านขั้นตอนการให้ความร้อนเล็กน้อย เอ็นไซม์ยังไม่ถูกทำลาย ซึ่งมีทั้งชนิดแป้งไขมันเต็มและแป้งที่สกัดไขมัน

1.7 แป้งถั่วเหลืองอื่นๆ เป็นแป้งถั่วเหลืองที่ทำเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แป้งถั่วเหลืองโปรตีนสูง ซึ่งได้จากโปรตีนเข้มข้น (protein concentrate) กับแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน หรือโดยการผสมแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มกับกากถั่วเหลือง

2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเหลือง (สมชาย ประภาวัตและคณะ, 2527 : 76)

ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองเต็มเมล็ด และแป้งถั่วเหลือง 3 ชนิด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 ส่วนประกอบทางเคมีนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากความเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่มีอยู่ในถั่วเหลือง

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองและแป้งถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ (เปอร์เซ็นต์)

ชนิด	โปรตีน	ความชื้น	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า
ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด	42.6	11.0	20.0	5.3	5.0
แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม	46.6	5.0	22.1	2.1	5.2
แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน	59.0	7.0	0.9	2.6	6.4
แป้งถั่วเหลืองเสริมเลซิติน	48.6	5.5	16.4	2.2	5.3

ที่มา : สมชาย ประภาวัตและคณะ, 2527 : 76

ในการผลิตแป้งถั่วเหลืองต้องมีการผ่านความร้อน ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของแป้งถั่วเหลือง ได้แก่ กลิ่น สี คุณค่าทางโภชนาการ การละลายของโปรตีน ซึ่งจะมีผลในการนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช่น มีการละลายของโปรตีนดีจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดี การละลายของโปรตีน วัดด้วยค่าดัชนีการละลายของไนโตรเจน(nitrigen solubility index, NSI) ซึ่งจะสัมพันธ์กับความร้อนที่ใช้ในการผลิตแป้งถั่วเหลือง ดังแสดงในตารางที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและการละลายของโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)

ปริมาณความร้อน	Nitrogen solubility index
ความร้อนน้อยที่สุด (minimum heat)	85 - 90
ความร้อนน้อย (light heat)	40 - 60
ความร้อนปานกลาง (moderate heat)	20 - 40
ให้ความร้อนเต็มที่ (fully heat)	10 - 20

ที่มา : สมชาย ประภาวัตและคณะ, 2527 : 77

2.2.3 คุณค่าทางโภชนาการของแป้งถั่วเหลือง

ปัจจุบันอาหารประเภทเนื้อสัตว์ แม้ว่าจะมีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากประชากรโลกเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้ไม่เพียงพอ ประกอบกับเนื้อสัตว์มีราคาแพง จึงทำให้ประชาชนที่ยากจนในประเทศที่ด้อยพัฒนาและกำลังพัฒนามีปัญหาทุพโภชนาการ ประเทศไทยแม้ว่าจะเป็นประเทศเกษตรกรรม แต่โรคขาดโปรตีนและแคลอรี ยังมีอยู่ในท้องถิ่นที่ยากจนและแหล่งเสื่อมโทรมในเมืองใหญ่

โปรตีนจากพืชนับว่ามีบทบาทต่อการบริโภคมากขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะโปรตีนจากถั่ว เมื่อพิจารณาส่วนประกอบทางเคมี อาจกล่าวได้ว่าในเมล็ดถั่วมีโปรตีนมากกว่าน้ำมัน แป้งถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่มีคุณค่าทางโภชนาการ รู้จักกันมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆ แป้งถั่วเหลืองจะให้โปรตีนสูงกว่า และให้คุณค่าทางโภชนาการมากกว่า สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาโภชนาการได้อย่างมาก โดยเฉพาะโรคขาดโปรตีนและพลังงาน จนมีชื่อว่า "ราชาแห่งโปรตีน" นอกจากนี้ แป้งถั่วเหลืองเป็นอาหารบำรุงกำลังและอาหารทางเศรษฐกิจและการที่แป้งถั่วเหลืองมีไลซีนสูง จึงควรนำไปใช้ร่วมกับแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีไลซีนต่ำ เช่น โปรตีนจากธัญชาติ งา และอื่น ๆ

ในการใช้แป้งถั่วเหลืองร่วมกับโปรตีนจากธัญชาติ มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศต่าง ๆ มาตั้งแต่ ค.ศ. 1938 โดยนำมาเสริมในแป้งสาลีเป็นครั้งแรกคือการใช้ในการทำขนมปัง ซึ่งจะเพิ่มไลซีนได้ 3.2-3.8 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนาขึ้นภายหลัง คือ แป้งข้าวโพดเสริมแป้งถั่ว-เหลือง (corn soy flour) จะให้คุณค่าทางโภชนาการสูง และถ้าใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันจะให้สีที่ไม่ขาวมาก (สมชาย ประภาวัตและคณะ, 2527 : 139) สำหรับประเทศไทยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
47195

การนำมาใช้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆทำให้มีโรงงานผลิตแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้แป้งถั่วเหลืองเพียงพอกับการใช้

ตารางที่ 8 ปริมาณสารอาหารของแป้งถั่วเหลือง

สารอาหาร		แป้งถั่วเหลือง
Energy	(k.cal.)	462.8
Protein	(g.)	40.4
Fat	,,	22.80
Carbohydrate	,,	24.0
Crude Fiber	,,	2.96
Calcium	(mg.)	397.2
Phosphorus	,,	641.2

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2536 : 40

การใช้แป้งถั่วเหลืองผลิตเป็นอาหารโปรตีนสูง และเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ นับว่าเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้สูงขึ้น เป็นการช่วยแก้ปัญหาทางโภชนาการให้แก่ประชาชนในประเทศได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 9 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นของแป้งถั่วเหลือง

กรดอะมิโน		แป้งถั่วเหลือง
Isoleucine	(mg.)	1374
Leucine	,,	1797
Lysine	,,	1913
Methionine	,,	260
Phenylalanine	,,	1257
Threonine	,,	1356
Tryptophan	,,	371
Valine	,,	1482

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2533 : 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 การใช้ประโยชน์จากแป้งถั่วเหลือง

ปัจจุบันได้มีการนำแป้งถั่วเหลืองมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ หลายชนิด ส่วนใหญ่จะใช้ทำเป็นส่วนผสมของอาหารว่างและขนมหวาน เช่น คุกกี้ น้ำเต้าหู้ เต้าฮวย และยังมีการสกัดเป็นน้ำมันถั่วเหลือง จัดเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพดีที่สุดในบรรดาเมล็ดพืชน้ำมันที่ใช้บริโภค (ประเสริฐ สหสิทธิ์และคณะ, 2527 : 74)

การใช้ประโยชน์แป้งถั่วเหลืองของประเทศไทยในปัจจุบันใช้ทำผลิตภัณฑ์ คือ อาหารโปรตีนสูงราคาถูก ซึ่งได้พัฒนาโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้แก่ อาหารเสริมเด็กอ่อนเกษตร โปรตีนเกษตรหรือเนื้อเทียม ขนมผิงเกษตรหรือคุกกี้โปรตีน บะหมี่เกษตร เป็นต้น อาหารโปรตีนสูงราคาถูก ที่ใช้แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบดิบเสริมเข้าไปเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนและไขมันให้สูงขึ้น พร้อมกับเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีน ได้แก่ อาหารเสริมเด็กอ่อนเกษตร ใช้แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบดิบเสริมเข้าไปในแป้งข้าวเจ้า 12.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขนมผิงเกษตรหรือคุกกี้โปรตีน ใช้แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบดิบเสริมลงไปในแป้งสาลีในปริมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับบะหมี่เกษตร ใช้แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มแบบดิบเสริมลงไปในแป้งสาลีในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นที่ยอมรับในการบริโภคและมีจำหน่ายตามซุปเปอร์มาเก็ต ร้านสหกรณ์ ทั้งในกรุงเทพฯ และต่างจังหวัด และมีจำหน่ายที่แผนกขายผลิตภัณฑ์ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สมชาย ประภาวัตและคณะ, 2527 : 82-113)

หลักการและเหตุผลจึงสนับสนุนในการนำแป้งถั่วเหลืองมาผสมในเครื่องดื่มงาดำผง เนื่องจากแป้งถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและราคาถูก ทำจากถั่วเหลือง ซึ่งมีคุณภาพเหมาะสมที่สุดในการจะนำไปเป็นองค์ประกอบเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนสูงราคาถูก เหมาะสำหรับบุคคลที่ต้องการเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพใหม่ๆ สามารถใช้แก้ปัญหาด้านทุพโภชนาการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคขาดโปรตีนและแคลอรี่ให้แก่ประชาชนของโลกที่ยากจนและมีรายได้น้อยได้เป็นอย่างดี และไม่ทำให้เกิดอาการแพ้เหมือนเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพอื่นทั่วไป เพราะไม่มีแลค-โตส สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบในอาหารได้หลายอย่าง

2.3 น้ำตาล (ประชา บุญญสิริกุล, 2519 : 176-178)

น้ำตาลทรายมีชื่อทางเคมีว่า ซูโครส ไม่ว่าจะได้จากอ้อยหรือบีทก็ตาม อ้อยเป็นพืชเมืองร้อนมักเจริญดีในที่มีอากาศอบอุ่น น้ำตาลทราบที่ผลิตในเมืองไทยนั้นทำจากอ้อย โรงงานน้ำตาลทรายใหญ่ ๆ มีส่งขายทั้งภายในและภายนอกประเทศนั้น ตั้งอยู่ในจังหวัดที่มีการปลูกอ้อยมากได้แก่ สุพรรณบุรี กาญจนบุรี สิงห์บุรี และลำปาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ทำหน้าที่สำคัญทางโภชนาการ คือ ให้พลังงานแก่ร่างกาย แต่โดยทั่วไปแล้วมักใช้ประโยชน์ของน้ำตาลในด้านความหวาน

2.3.1. ชนิดของน้ำตาล (ประชา บุญญสิริกุล, 2519 : 179-181)

น้ำตาลที่ใช้ประกอบอาหารแบ่งตามลักษณะของน้ำตาลเป็น 2 พวก คือ น้ำตาลที่เป็นผลึกและน้ำตาลที่ไม่ตกผลึก

น้ำตาลทราย เป็นน้ำตาลที่เป็นผลึก ในประเทศเขตร้อนทำจากอ้อย ส่วนในประเทศหนาว เช่น ประเทศในแถบยุโรปและอเมริกาทำจากหัวบีท น้ำตาลทรายที่ทำจากอ้อยมีมากกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำตาลที่ใช้ในปัจจุบัน กรรมวิธีทำน้ำตาลจากอ้อยมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน

- ขั้นตอนที่ 1 บีบต้นอ้อยเพื่อเอาน้ำอ้อย
- ขั้นตอนที่ 2 ต้มน้ำอ้อยกับปูนขาว เพื่อให้บริสุทธิ์
- ขั้นตอนที่ 3 ทำให้น้ำอ้อยที่บริสุทธิ์แล้วเข้มข้นด้วยการทำให้ระเหย
- ขั้นตอนที่ 4 ทำให้น้ำอ้อยนั้นเข้มข้นมากจนตกผลึก
- ขั้นตอนที่ 5 แยกผลึกของน้ำตาลออกโดยวิธีการปั่น

ผลึกที่ได้จะเป็นน้ำตาลดิบ ส่วนที่เหลือเรียกว่า กากน้ำตาลหรือโมลาส ซึ่งอาจทำให้น้ำตาลตกผลึกได้อีกครั้ง

น้ำตาลดิบมีกลิ่นหอมและยังมีเกลือแร่ วิตามินเหลืออยู่บาง มีสีน้ำตาลค่อนข้างแดงจึงเรียกว่าน้ำตาลทรายแดง ถ้ามีสารอื่นปนอยู่มากสีก็ยิ่งเข้มมาก ไม่นิยมใช้น้ำตาลชนิดนี้กัน เพียงแต่ใช้ทำขนมบางชนิดเท่านั้น ผู้บริโภคนิยมบริโภคน้ำตาลขาวสะอาด จึงต้องทำให้น้ำตาลดิบขาวบริสุทธิ์ด้วยการล้าง ฟอกสี และละลายน้ำใหม่ แล้วทำให้ตกผลึกอีกครั้ง น้ำตาลที่ขาวสะอาดมีซูโครส ประมาณ 99.5 เปอร์เซ็นต์ นับว่าเป็นสารที่มีความบริสุทธิ์สูงสารหนึ่ง ที่ใช้สำหรับประกอบอาหารประจำวัน

นอกจากน้ำตาลทรายขาวแบบธรรมดาที่ใช้กันทั่วไปแล้ว เพื่อให้ได้ประโยชน์ใช้สอยมากขึ้น จึงผลิตน้ำตาลทรายออกมามากมายหลายแบบคือ

1. น้ำตาลผง (Powder sugar) ได้จากการบดน้ำตาลทรายธรรมดาให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาดตามต้องการ แล้วเติมแป้งมันลงไปร้อยละ 3 เพื่อป้องกันการเกาะกันเป็นก้อนจึงมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลบริสุทธิ์ เหมาะในการใช้เป็นส่วนผสมของเค้กบางชนิด เช่น เค้กผลไม้ ขนมดอกลำดวน ใช้โรยหน้าขนมปัง โดนัท ทำครีมแต่งหน้าขนมเค้ก เป็นต้น

2. น้ำตาลก้อนหรือน้ำตาลปอนด์ (Cube sugar) ทำจากน้ำตาลทราย นำมาอัดพิมพ์แล้วทำให้แห้ง ใช้ผสมเครื่องดื่มประเภท น้ำชา กาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำตาลทรายแดง (Brown sugar) ได้จากน้ำอ้อยตอนแยกออกจากกากน้ำตาล แต่ยังไม่ได้ทำให้บริสุทธิ์จึงทำให้มีเกลือแร่ และวิตามินติดมา ฉะนั้นถ้ามีสีเข้มมากก็จะมีเกลือแร่มาก ใช้เป็นส่วนประกอบของเต้าฮวย เฉาก๊วย เค้กบางชนิด เป็นลักษณะของน้ำตาลทรายที่ถูกฟอกขาวบ้างแต่ไม่มากพอ จะมีลักษณะของน้ำตาลทรายที่มีสีรำใช้เป็นส่วนผสมของขนมทั่วไป มักมีสีคล้ำไม่สวย แต่ราคาถูก

2.3.2 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำตาล

1. รสหวาน fructose มีความหวานมากที่สุด แต่ไม่ตกผลึก รองลงมาคือ sucrose เป็นน้ำตาลที่ตกผลึกได้ง่าย มีมากที่สุดและมีราคาถูก และรองลงมา คือ glucose ส่วนน้ำตาลที่มีความหวานน้อยที่สุด คือ lactose เป็นน้ำตาลในนม น้ำตาลทุกชนิดมีรสหวาน ถ้าบริสุทธิ์จะไม่มีกลิ่น

2. การดูดความชื้น (Hygroscopicity) ผลึกน้ำตาลที่บริสุทธิ์จริงๆ จะมีคุณสมบัติดูดความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าสิ่งเจือปนมากก็จะดูดความชื้นมากน้ำตาลทรายทั่วไปมีความชื้น 0.05-0.1 เปอร์เซ็นต์ แต่น้ำตาลจะดูดความชื้นได้เร็ว ถ้าบรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์เกินกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ การลดความชื้นอาจทำได้โดยการเติมแป้งหรือแคลเซี่ยมฟอสเฟต 1-3 เปอร์เซ็นต์ ถ้าชื้นจะจับตัวเป็นก้อน

3. การละลายของน้ำตาล ผลึกน้ำตาลละลายได้ดี และจะละลายได้มากและเร็วถ้าเพิ่มอุณหภูมิเพื่อน้ำตาลละลายในน้ำ แต่น้ำตาลเป็นของแข็งเมื่อละลายอยู่ในน้ำจะเรียกว่า Soluble Solid ซึ่งเราจะวัดความเข้มข้นออกมาได้ โดยอาศัยการหักเหของแสง หรือความถ่วงจำเพาะของสารละลาย ค่าที่ได้มีหน่วยเรียกว่า บริกซ์ (Brix) คำว่า องศาบริกซ์ คือ เปอร์เซ็นต์ ของ Soluble sugar ที่วัดได้โดย น้ำหนัก/น้ำหนัก เช่น น้ำตาลหนัก 40 กรัม ละลายกับน้ำ 60 กรัม เป็นสารละลายหนัก 100 กรัม จะมีความเข้มข้น 40 องศาบริกซ์

4. จุดเดือด เมื่อสารละลายอยู่ในน้ำจุดเดือดของน้ำตาลจะสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลาย ถ้ามีน้ำตาลอยู่มาก น้ำเชื่อมจะเดือดที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส และสูงขึ้นเรื่อยๆ อาจจะวัดความเข้มข้นของน้ำเชื่อมได้ โดยวัดจุดเดือดของน้ำเชื่อมนั้น

5. การตกผลึก(Crystallization) เมื่อเคี่ยวน้ำเชื่อมให้เข้มข้นอิ่มตัวจนน้ำตาลไม่สามารถละลายได้อีก เรียกว่า สารละลายที่อิ่มตัว หรือน้ำเชื่อมอิ่มตัวหากปล่อยให้เย็นลงอย่างระมัดระวังโดยไม่เกิดผลึก สารละลายน้ำตาลจะเป็นน้ำตาลละลายอยู่มากกว่าที่ควรจะเป็น ณ อุณหภูมินั้นจะเกิดภาวะอิ่มตัวยวดยิ่ง และอาจแข็งตัวเป็นแผ่นคล้ายกระจกได้โดยไม่ตกผลึก ในระยะต่อมา น้ำตาลส่วนเกินจะเริ่มตกผลึกเป็นผงละเอียด ดังจะเห็นได้จากถั่วตัด ถั่วกระจกใหม่ๆ น้ำตาลจะอยู่ในภาวะอิ่มตัว แข็งใส ไม่ตกผลึก หากเก็บนานๆ น้ำตาลบางส่วนจะตกผลึกเกิดเป็นผงน้ำตาลละเอียด ถั่วกระจกจะดูขุ่น ไม่ใส อย่างไรก็ตามการตกผลึกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 หน้าที่ของน้ำตาล (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2539 : 34)

1. ให้รสหวาน เพื่อความอร่อย
2. ทำให้แป้งนุ่ม อาหารอร่อยใสขึ้น
3. ตกแต่งอาหารให้สวยงาม และอาจเป็นเกราะกันอาหารแห้ง
4. ทำให้อาหารมีสีน้ำตาลไหม้ มีกลิ่นหอม
5. ช่วยในการถนอมอาหาร
6. เป็นตัวทำกระลาย น้ำตาลทำให้ส่วนผสมร่วนกระลายไม่ติดกัน

2.3.4 การเก็บรักษาน้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารที่ดูดความชื้นได้ดีที่สุด ฉะนั้นจึงต้องเก็บในภาชนะที่สะอาดและแห้งมีฝาปิดมิดชิด เก็บในอุณหภูมิปกติ

2.4 การทำแห้ง

การทำแห้ง (drying) คือการลดความชื้นของอาหารจนระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ได้คือ มีค่าวอเทอร์แอกทิวิตี (water activity,a_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน อาหารแห้งแต่ละชนิดจะมีความชื้นในระดับที่ปลอดภัยไม่เท่ากัน เช่น ผลไม้แช่อิ่มเก็บได้ที่ความชื้น 15-20 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเป็นเมล็ดธัญพืชเก็บที่ความชื้นนี้จะเกิดราได้ (บุหลัน พิทักษ์ผลและทัสนี สรสุ-ชาติ, 2538 : 36) การทำแห้งเพื่อลดค่า a_w ของอาหารนั้นส่วนใหญ่จะอาศัยความร้อนในการระเหย (vaporization) น้ำออกจากอาหาร และเครื่องมือที่ใช้ในการอบขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารว่าเป็นก้อน เป็นของเหลวหรือเป็นลักษณะทั้งสองอย่างรวมกัน หลักในการทำแห้งมีหลายวิธี คือ

1. ใช้กระแสลมร้อนในการสัมผัสอาหาร เช่น ตู้อบแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer)
2. พ่นอาหารที่เป็นของเหลวไปในความร้อน เครื่องมือที่ใช้ คือเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)
3. ให้อาหารนั้นสัมผัสผิวหน้าของลูกกลิ้งร้อน เครื่องมือที่ใช้ คือเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer และ Roller dryer)
4. กำจัดความชื้นในอาหารในสภาพที่ทำให้น้ำเป็นน้ำแข็งแล้วกลายเป็นไอ ในห้องสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง โดยเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dryer)
5. ลดความชื้นในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ (Microwave)

การอบแห้งผลิตภัณฑ์ในครั้งนี้ได้เลือกใช้การอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน ซึ่งเป็นการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยลมร้อนภายในมีถาดบรรจุผลิตภัณฑ์อยู่ วิธีการอบแห้งนี้เป็นแบบพื้นฐานที่ใช้กันทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้สำหรับการอบแห้ง ประมาณ 60-70 องศา-เซลเซียส เวลาที่ใช้อบประมาณ 1-3 ชั่วโมง ถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความมันมาก บดแล้วร่อนได้ยาก

ประโยชน์ของการทำแห้ง

1. ป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์
2. ทำให้มีใช้ในยามขาดแคลน นอกฤดูกาลหรือในแหล่งห่างไกล
3. เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็นให้เปลืองค่าใช้จ่าย
4. ลดน้ำหนักอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุ เก็บรักษาและขนส่ง
5. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกเกด จากการทำแห้งองุ่น
6. ให้ความสะดวกในปัจจุบัน เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

1. ธรรมชาติของอาหาร

อาหารที่มีเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารจะเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นจึงแห้งเร็วกว่า เช่น ผักใบ มีสารเยื่อใยสูง เป็นต้น ถ้าน้ำอยู่ในรูปอิสระจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วกว่าอาหารที่น้ำอยู่ในรูปของน้ำยึดเกาะ เช่นน้ำในผักอยู่ในรูปน้ำอิสระ แต่ในผลไม้น้ำยึดอยู่กับองค์ประกอบน้ำตาล จึงทำให้ผักแห้งเร็วกว่า อาหารที่ผ่านการลวกทำให้เซลล์แตก จึงแห้งเร็วขึ้น

2. ขนาด และรูปร่าง

ขนาด และรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเล็ก จะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ถ้าชิ้นเล็กทับถมกันการระเหยจะเกิดเฉพาะที่สัมผัสกับอากาศ จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ถ้าชิ้นเล็กทับถมกันการระเหยจะเกิดเฉพาะพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศ จึงแห้งช้าทั้งที่พื้นที่ต่อหน่วยน้ำหนักมาก

3. ตำแหน่งของอาหารในตู้อบ

น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนมากกว่าหรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

4. ปริมาณอาหารต่อถาดอบ

ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อนหรือได้รับความร้อนจากถาดแล้วแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาจึงแห้งช้า

5. ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน

อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มาก จะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อย การทำแห้งในช่วงท้าย ๆ ของกระบวนการจะพบว่าอัตราการทำแห้งคงที่

6. อุณหภูมิของอากาศร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ

7. ความเร็วของลมร้อน

เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น การเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากอาหารจะดีขึ้น ความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศภายในเตาอบ จะช่วยให้อากาศสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

8. ความดันของบรรยากาศ

การลดความดันของบรรยากาศขณะทำแห้งจะให้จุดเดือดของน้ำในอาหารนั้นลดลง น้ำระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งเป็นผลดีสำหรับอาหารที่เสื่อมสภาพได้ง่ายเนื่องจากความร้อน

การอบแห้งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งนี้เนื่องจากอาหารมีการสูญเสียน้ำและได้รับความร้อน อาหารแข็งอาจจะมีโครงสร้างแบบเซลล์ (Cellular structure) ซึ่งมีน้ำอยู่ระหว่างเซลล์และภายในเซลล์ เซลล์เหล่านี้จะยืดหรือหดตัวภายใต้การกระทำของแรง ถ้าเซลล์เหล่านี้ถูกแรงกระทำจนเกินขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic limit) ชิ้นอาหารจะไม่สามารถกลับไปสู่สภาพเดิมได้ การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้อย่างชัดเจนระหว่างการอบแห้ง ได้แก่ การหดตัวของชิ้นอาหาร ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในอาหารซึ่งที่มีโครงสร้างแบบเซลล์และไม่ใช่

การหดตัวของผลิตภัณฑ์อาหารมักจะเป็นแบบไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากชิ้นผลิตภัณฑ์มีความแปรเปลี่ยนของสภาพยืดหยุ่น หรือการสูญเสียในชิ้นผลิตภัณฑ์เองไม่สม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์อาหารต่างชนิดมักจะมีรูปแบบหดตัวที่แตกต่างกัน อัตราอบแห้งมีผลต่อการหดตัวอย่างช้าๆ เมื่อโซนการอบแห้งจะเคลื่อนย้ายอย่างช้าๆ จากบริเวณผิวของชิ้นอาหารไปสู่ใจกลาง ความหนาแน่นของเนื้อผลิตภัณฑ์จะแข็งอย่างรวดเร็ว เมื่อโซนการอบแห้งเคลื่อนย้ายเข้าไปสู่บริเวณใจกลางของชิ้นอาหาร การหดตัวของเนื้ออาหารภายในจะก่อให้เกิดการแตกแยกจากผิวที่แข็ง เกิดเป็นรอยปริเล็กๆ น้อยๆ เต็มไปหมด (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540 : 251) ในกรณีหลังนี้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งต่ำกว่า ความแตกต่างในสองกรณีนี้อาจมีมากเป็นเท่าตัวได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย กล่าวคือ ถ้ามีความหนาแน่นต่ำเนื่องจากมีรอยปริมาก การดูดกลืนน้ำกลับคืนเพื่อให้กลับสู่สภาพเดิมจะเป็นไปอย่างรวดเร็วและได้ผลิตภัณฑ์คล้ายของเดิม นอกจากนี้ผู้บริโภคยังมีความรู้สึกว่าได้อาหารปริมาณมากเนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำ อย่างไรก็ตามมีข้อเสียอยู่บ้าง เช่น เปลืองเนื้อที่ในการเก็บรักษา บรรจุและหีบห่อ การมีรอยปริมากทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นเนื่องจากถูกออกซิไดซ์ (oxidized) ได้ง่าย ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นสูงมีข้อดีคือ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและการขนส่งต่ำ การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูงอาจทำให้ผิวของชิ้นอาหารแข็งตัวอย่างรวดเร็วและขัดขวางการแพร่ของน้ำจากภายในชิ้นมาสู่ผิว (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540 : 252) เป็นผลให้อัตราการอบแห้งลดลงอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงอีกอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นกับการทำผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้ง คือ ปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ปฏิกิริยาสีน้ำตาลมักเกิดขึ้นในระหว่างการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่จะไม่เป็นที่ต้องการ เพราะอาจจะทำให้รสชาติไม่ดี ลักษณะภายนอกไม่น่าดู การเกิดสีน้ำตาลในอาหารมีสองแบบ คือปฏิกิริยาที่เกิดจากเอนไซม์เกี่ยวข้องและที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง กรณีแรกที่เกิดจากเอนไซม์ สามารถเร่งปฏิกิริยาได้โดยเมื่อถูกกับอากาศจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้เป็นกลุ่มของเอนไซม์ซึ่งเราอาจเรียกชื่อรวมกันว่า ฟีนอลเลส (phenolase) การใช้ความร้อนสูงสามารถที่จะช่วยให้เอนไซม์หยุดการทำงานต่อไปได้ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องแต่มีน้ำตาลเกี่ยวข้องด้วย อาจแบ่งได้เป็นปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น (Caramelization) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับความร้อนสูงมากเกินไปและไม่มีสารประกอบไนโตรเจนอยู่ ส่วนปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อมีสารประกอบไนโตรเจนอยู่ ซึ่งเกิดเมื่อได้รับความร้อนสูงเช่นเดียวกันพบว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างรวเร็ว ในช่วงที่ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลง ดังนั้นสามารถลดปฏิกิริยาลดลงได้ ถ้าสามารถที่จะลดระยะเวลาของการอบแห้งให้เหลือน้อยที่สุด (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540 : 253) และการอบแห้งยังมีผลต่อการดูดกลืนน้ำกลับเข้าสู่ชิ้นอาหาร ทั้งนี้เพราะชิ้นอาหารมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การหดตัว มีการเสียรูปของเซลล์และหลอดรูเล็ก หรือมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ผลของการเปลี่ยนแปลงตามที่กล่าวข้างต้น ทำให้ชิ้นอาหารไม่สามารถที่จะดูดน้ำกลับเข้าไปได้เท่ากับเมื่อก่อนการอบแห้ง การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นยังอาจก่อให้เกิดการสูญเสียสารระเหยที่มีกลิ่นของชิ้นอาหารไปค่อนข้างมากกับผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้ง

2.5 เครื่องดื่ม (ศิวะ วสุณธราภิวัฒน์, 2539 : 9-10)

เครื่องดื่มจัดเป็นอาหารประเภทหนึ่งซึ่งมีลักษณะที่สำคัญ คือ เป็นของเหลว หรือใช้บริโภคในลักษณะที่เป็นของเหลว เพื่อดับกระหายโดยไม่จำกัดเวลาในการบริโภคเหมือนกับอาหารบางประเภท องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องดื่มประกอบด้วยน้ำ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญทำหน้าที่เป็นตัวละลายส่วนประกอบอื่นๆ เข้าด้วยกัน นอกจากนั้น ได้แก่ สารให้ความหวาน กรด กลิ่น สี สารกันเสีย และอาจมีการอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยก็ได้ เครื่องดื่มแต่ละประเภทจะมีชนิดและปริมาณขององค์ประกอบที่แตกต่างกันออกไป

เครื่องดื่ม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์
2. เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์

ปัจจุบันเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางจากผู้ออกกำลังกาย เล่นกีฬา ขับรถ ผู้ที่ต่อต้านการดื่มสุรา และผู้ที่ดื่มเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

เครื่องดื่มประเภทนี้เรียกว่า Soft Drinks ดื่มได้ทั้งร้อนและเย็น แล้วแต่ชอบ ใช้เป็นเครื่องดื่มก่อนอาหารได้แก่ น้ำผลไม้ เช่น น้ำส้ม น้ำมะนาว น้ำองุ่น น้ำมะเขือเทศ ฯลฯ หรือใช้เป็นเครื่องดื่มเพื่อเรียกน้ำย่อยในตอนบ่ายหรือค่ำ เช่น น้ำหวานต่างๆ น้ำเกลือแร่ หรือเป็นเครื่องดื่มที่ผู้บริโภคมุ่งเน้นถึงคุณค่าทางโภชนาการ เช่น น้ำผักต่างๆ เครื่องดื่มผงเสริมสุขภาพจากธัญพืช เป็นต้น

เครื่องดื่มผงหรือเครื่องดื่มแห้งเป็นเครื่องดื่มอีกประเภทหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น อันเป็นผลจากการคิดค้นและการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารสมัยใหม่ จากการที่เรามีเครื่องดื่มประเภทต่างๆ อยู่ในปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่เป็นประเภทที่เป็นของเหลว มีความเข้มข้นตั้งแต่ระดับที่ใช้บริโภคได้เลย ระดับความหวานถึงระดับความเข้มข้นต่ำจาก 0 จนถึงประมาณต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ และมีเครื่องดื่มที่มีระดับความเข้มข้นสูงขึ้น จาก 20 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 65- 70 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการบริโภคต้องมีการละลายเจือจางด้วยน้ำเสียก่อน แต่อย่างไรก็ดี เครื่องดื่มเหล่านี้มีลักษณะเป็นของเหลว มีน้ำหนักยากต่อการเก็บรักษาและไม่สะดวกต่อการขนส่ง ประกอบกับการที่ทุกคนทุกบ้านมีน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับดื่มอยู่แล้ว ฉะนั้นการที่จะเพิ่มรสชาติในการดื่มให้ดีขึ้นเพียงเติมส่วนประกอบบางอย่างลงไปเท่านั้นจะได้เครื่องดื่มที่มีรสชาติตามต้องการได้ ด้วยสาเหตุนี้ ปัจจุบันจึงได้มีผู้คิดค้นที่จะทำเครื่องดื่มแห้ง ที่อยู่ในลักษณะเป็นผง สะดวกต่อการใช้ แต่อย่างไรก็ดีเครื่องดื่มเหล่านี้ ที่มีอยู่ทั่วๆ ไป มักจะเป็นเครื่องดื่มที่มีรสชาติเข้มข้น และจะต้องละลายน้ำได้ดี

เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์

เครื่องดื่มประเภทนี้เรียกว่า Hard Drinks คือ เครื่องดื่มทุกประเภทที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ด้วย แอลกอฮอล์เป็นของเหลว ไม่มีสี ระเหยได้ง่าย ได้มาจากการหมักของเหลวที่มีน้ำตาลผสมอยู่ เช่น เบียร์ ไวน์ เครื่องดื่มที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ผสมอยู่พอสมควรจะไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ

ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเสริมสุขภาพครั้งนี้ เป็นเครื่องดื่มผง ส่วนผสมหลัก ได้แก่ งาดำผง แล้วเติมส่วนผสมอื่นที่เป็นแหล่งสารอาหารโปรตีน โดยใช้แป้งถั่วเหลืองเนื่องจากแป้งถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองให้โปรตีนสูงและมีคุณค่าทางโภชนาการมาก นอกจากนี้ยังมีน้ำตาล ซึ่งเป็นส่วนผสมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสหวาน อุณหภูมิในการอบแห้งงาดำ เพื่อที่จะลดความชื้น แล้วนำมาบดละเอียดเป็นงาดำผง โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 50-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง โดยปกติในการอบแห้งผลิตภัณฑ์จะใช้อุณหภูมิ ประมาณ 60 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม ถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้งาดำมีความมันมาก บดแล้วร่อนได้ยาก ลักษณะจับกันเป็นก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ก. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

1. งาดำ ตราข้าวทอง
2. แป้งถั่วเหลือง ผลิตโดยโรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูป อ. แม่จัน จ. เชียงราย
3. น้ำตาลทรายขาว ผลิตโดยบริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด จ. สุพรรณบุรี

ข. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

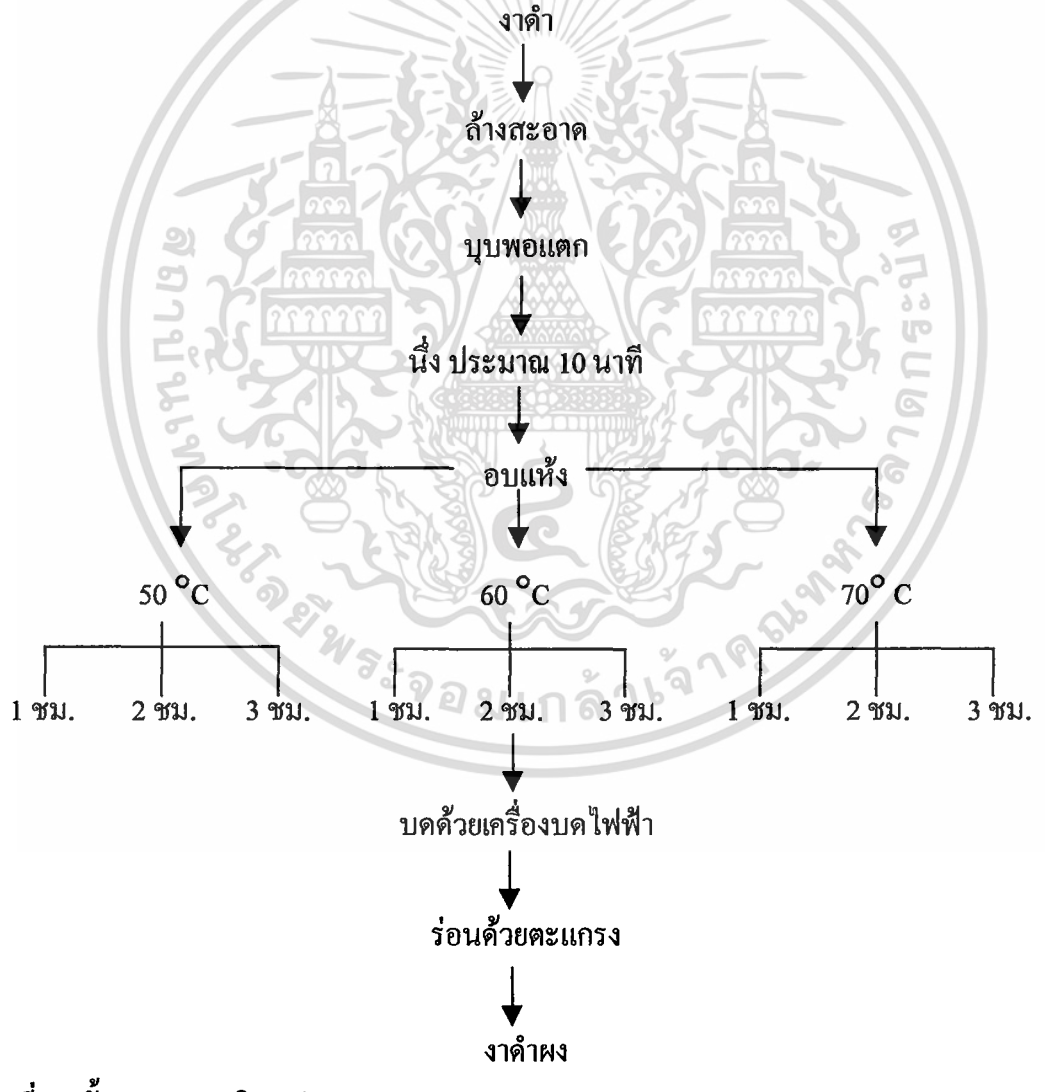
1. ตู้อบแห้ง
2. เครื่องบดไฟฟ้า
3. เครื่องชั่งละเอียด
4. ถาดอะลูมิเนียม
5. อ่างผสมสแตนเลส
6. แร่ง
7. กระชอน
8. ทัพพี
9. ช้อน
10. ถ้วยตวงของเหลว
11. ผ้าขาวบาง
12. รังถึง
13. เตาแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการ

3.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผง

เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผง โดยนำงาดำทั้งเมล็ดล้างน้ำสะอาดบุบพอแตกด้วยครกหิน นำไปนึ่ง ประมาณ 10 นาที นึ่งเสร็จแบ่งงาดำออกเป็น 9 ตัวอย่าง และเข้าอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ และเวลา ดังนี้ อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ นำตัวอย่างงาดำที่อบแห้งได้แล้ว มาบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า และร่อนด้วยตะแกรงสำหรับร่อนแป้ง บันทึกผลลักษณะที่ได้ ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความโดยชอบรวม ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน แล้วเลือกตัวอย่างของงาดำที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการผลิตงาดำผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม

ในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม โดยใช้งาดำผงที่ดีที่สุดจากการทดลองข้อ 3.3.1 มาแปรอัตราส่วนจากสูตรพื้นฐาน คือ งาดำผง 8 กรัม แป้งถั่วเหลือง 5 กรัม น้ำตาล 8 กรัม น้ำ 150 มล.โดยได้ใช้อัตราส่วนระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง แบ่งออกเป็น 4 ตัวอย่าง คือ 8 : 5 , 9 : 4 , 10 : 3 , 11 : 2 ซึ่งทั้ง 4 ตัวอย่าง ใช้ปริมาณน้ำตาล 8 กรัมเท่ากัน และนำตัวอย่างที่เตรียมได้ทั้ง 4 ตัวอย่าง ไปทำการทดสอบชิมโดยการต้มน้ำร้อนให้เดือด ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วน เทใส่แก้ว ผสมให้เข้ากัน เทน้ำร้อนใส่คนให้ส่วนผสมละลายเข้ากัน

3.2.3 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มงาดำผง

ทำการทดสอบคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มงาดำในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ 9 Point Hedonic Scale Test ใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 10 คน

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อเครื่องดื่มงาดำผงที่ผลิตได้ โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 10 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) ที่มีระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตพืช และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม – เดือนตุลาคม พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการทดลองในการผลิตเครื่องดื่มจากงาดำในครั้งนี้ ได้มีการเอางาดำที่มีอยู่ทั่วไปมาผลิตเป็นงาดำผง ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักโดยนำมาทำแห้งและหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผง มีการเติมส่วนผสมอื่นที่มีโปรตีนอยู่มากลงไป คือ แป้งถั่วเหลือง จากนั้นได้นำมาทำทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผง

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผง โดยนำงาดำทั้ง 9 ตัวอย่างที่อบแห้งแล้วที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับดังตาราง

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่องาดำผง

ตัวอย่าง	คุณลักษณะ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
A[1/]	5.6	6.6	6.9	6.6	6.5
B	6.5	6.9	6.8	6.7	6.6
C	6.9	7.0	7.0	7.0	6.8
D	7.6	7.4	7.6	7.6	7.7
E	7.2	6.8	6.7	6.3	6.8
F	6.7	5.7	6.5	6.2	6.7
G	5.0	5.4	6.3	6.0	6.0
H	3.5	2.9	2.4	2.8	2.9
I	3.1	2.8	2.3	2.4	2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1/ = ตัวอย่าง

A = อบอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

B = อบอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

C = อบอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

D = อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

E = อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

F = อบอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

G = อบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

H = อบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

I = อบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผงพบว่า

4.1.1 ผลการทดสอบทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสีของงาดำผง ทั้ง 9 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ งาดำผงตัวอย่าง D มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.6 รองลงมา คือตัวอย่าง E, C, F, B, A และG ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 7.2, 6.9, 6.7, 6.5, 5.6 และ 5.0 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่าง H และ I มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับน้อยที่สุดเท่ากับ 3.5 และ 3.1 ตามลำดับ ซึ่งสีของงาดำผงที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดจะมีสีดำปนน้ำตาลสีสม่ำเสมอ เหมาะสมที่จะนำไปผสมส่วนผสมอื่นๆ ต่อไป

4.1.2 ผลการทดสอบทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นของงาดำผง ทั้ง 9 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ งาดำผงตัวอย่าง D มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.4 รองลงมา คือตัวอย่าง C, B, E, A, F และ G ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 7.0, 6.9, 6.8, 6.6, 5.7 และ5.4 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่าง H และ I มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับน้อยที่สุดเท่ากับ 2.9 และ 2.8 ตามลำดับ โดยกลิ่นของงาดำผงที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดจะมีกลิ่นหอมเฉพาะของงา เนื่องจากได้รับความร้อนในการอบแห้งซึ่งใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการทดสอบทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติของงาดำผง ทั้ง 9 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ งาดำผงตัวอย่าง D มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.6 รองลงมา คือตัวอย่าง C, A, B, E, F และ G ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 7.0, 6.9, 6.8, 6.7, 6.5 และ6.3 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่าง H และ I มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับน้อยที่สุดเท่ากับ 2.4 และ 2.3 ตามลำดับ ซึ่งรสชาติของงาดำผงที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดอยู่ในระดับปานกลางไม่ขม มีกลิ่นหอม เนื่องจากในการอบแห้งใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม ส่วนตัวอย่างที่ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อยที่สุดมีรสขม ใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งนานเกินไปทำให้งาดำผงที่ได้ไหม้จึงมีรสขม

4.1.4 ผลการทดสอบทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสของงาดำผง ทั้ง 9 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ งาดำผงตัวอย่าง D มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.6 รองลงมา คือตัวอย่าง C, B, A, E, F, และG ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 7.0, 6.7, 6.6, 6.3, 6.2 และ 6.0 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่าง H และ I มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับน้อยที่สุดเท่ากับ 2.8 และ2.4 ตามลำดับ ซึ่งเนื้อสัมผัสของงาดำผงที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด มีลักษณะแห้งกว่าตัวอย่างอื่น ร่วนละเอียด ละลายน้ำได้ดี และส่วนตัวอย่างที่ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อยที่สุด ลักษณะของเนื้อสัมผัสจะจับกันเป็นก้อน ไม่ร่วนละเอียด มีน้ำมันของงาปนอยู่ เนื่องจากใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งนานเกินไป

4.1.5 ผลการทดสอบทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวม

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวมของงาดำผง ทั้ง 9 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ งาดำผงตัวอย่าง D มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.7 รองลงมา คือตัวอย่าง C, E, F, B, A และ G ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 6.8, 6.7, 6.6, 6.5 และ 6.0 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่าง H และI มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับน้อยที่สุดเท่ากับ 2.9 และ 2.6 ตามลำดับ ซึ่งงาดำผงที่ผู้บริโภคให้การยอมรับโดยรวมมากที่สุด คือตัวอย่าง D ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มากกว่าตัวอย่างอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลืองที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม

ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโดยนำตัวอย่างงาดำผงที่ดีที่สุดระยะเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด มาศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง ได้ทำการแบ่งออกเป็น 4 ตัวอย่าง และนำมาทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับดังตาราง

ตารางที่ 11 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำ เมื่อแปรอัตราส่วนงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง

ตัวอย่าง	คุณลักษณะ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
A[1/]	5.2[b2/]	6.8[a]	4.8[d]	4.7[c]	4.8[c]
B	5.7[b]	7.5[a]	7.6[a]	5.9[b]	5.6[bc]
C	6.2[ab]	5.1[b]	6.6[b]	6.4[ab]	6.5[ab]
D	7.2[a]	4.7[b]	5.6[c]	7.2[a]	7.1[a]

1/ = ตัวอย่าง

A = อัตราส่วนงาดำผง 8 กรัม : แป้งถั่วเหลือง 5 กรัม

B = อัตราส่วนงาดำผง 9 กรัม : แป้งถั่วเหลือง 4 กรัม

C = อัตราส่วนงาดำผง 10 กรัม : แป้งถั่วเหลือง 3 กรัม

D = อัตราส่วนงาดำผง 11 กรัม : แป้งถั่วเหลือง 2 กรัม

2/ = คะแนนเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 11 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำ เมื่อแปรอัตราส่วนระหว่างงาดำผง : แป้งถั่วเหลือง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลการทดสอบทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำ ทั้ง 4 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับตัวอย่าง D มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.2 รองลงมา คือตัวอย่าง C มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 6.2 ซึ่งทั้ง 2 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) ส่วนตัวอย่าง B มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 5.7 และตัวอย่าง A มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับน้อยที่สุดเท่ากับ 5.2 ซึ่งสีของเครื่องดื่มงาดำที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คือสีเทาเข้ม โดยเป็นสีงาดำผงผสมกับแป้งถั่วเหลืองในอัตราส่วนระหว่างงาดำผง 11 กรัมต่อแป้งถั่วเหลือง 2 กรัม ซึ่งอัตราส่วนระหว่างงาดำผงจะมีมากกว่าแป้งถั่วเหลืองในตัวอย่างทั้งหมด

4.2.2 ผลการทดสอบทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำ ทั้ง 4 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับตัวอย่าง B มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.5 รองลงมา คือตัวอย่าง A มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 6.8 ซึ่งทั้ง 2 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) ส่วนตัวอย่าง C มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 5.1 และตัวอย่าง D มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับน้อยที่สุดเท่ากับ 4.7 ซึ่งกลิ่นของเครื่องดื่มงาดำที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด จะมีกลิ่นหอมของงาดำผสมกับแป้งถั่วเหลืองที่พอดีกัน

4.2.3 ผลการทดสอบทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำ ทั้ง 4 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับตัวอย่าง B มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.6 รองลงมา คือตัวอย่าง C มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 6.6 ตัวอย่าง D มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 5.6 และตัวอย่าง A มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับน้อยที่สุดเท่ากับ 4.8 ซึ่งทั้ง 4 ตัวอย่างมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) ซึ่งรสชาติของเครื่องดื่มงาดำที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด จะมีรสหวานหอม ออกมันเล็กน้อย เพราะอัตราส่วนระหว่างงาดำผงต่อแป้งถั่วเหลืองผสมเข้ากันพอดีในปริมาณที่เหมาะสม

4.2.4 ผลการทดสอบทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำ ทั้ง 4 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับตัวอย่าง D มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.2 รองลงมาคือตัวอย่าง C ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 6.4 ซึ่งทั้ง 2 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) ส่วนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่าง B มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 5.9 และตัวอย่าง A มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับน้อยมีสุดเท่ากับ 4.7 เนื้อสัมผัสของเครื่องดื่มงาดำที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดจะมีลักษณะร่วนละเอียดละลายน้ำเข้ากันได้ดี ส่วนตัวอย่างที่ผู้บริโภคให้การยอมรับน้อยที่สุด มีอัตราส่วนของแป้งถั่วเหลืองอยู่มากจึงทำให้เนื้อสัมผัสของเครื่องดื่มงาดำนั้นละลายน้ำได้ไม่ดี

4.2.5 ผลการทดสอบทางการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวม

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำ ทั้ง 4 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับตัวอย่าง D มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุดเท่ากับ 7.1 รองลงมา คือตัวอย่าง C ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 6.5 ซึ่งทั้ง 2 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) ส่วนตัวอย่าง B มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับเท่ากับ 5.6 และตัวอย่าง A มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับน้อยมีสุดเท่ากับ 4.8 เครื่องดื่มงาดำที่ผู้บริโภคให้การยอมรับโดยรวมมากที่สุด คือตัวอย่าง D และ C ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านสี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ส่วนตัวอย่าง B มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น และรสชาติมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำ ได้หาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตงาดำผงก่อน โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง และได้ทำการทดสอบชิม พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับงาดำผง ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุด คือ งาดำผงได้จากงาดำอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง จะได้ลักษณะของงาดำผงที่ดีที่สุดมีลักษณะแห้ง ร่วนละเอียดไม่จับตัวกันเป็นก้อน ถ้าอุณหภูมิในการอบแห้งสูงเกินไป หรือใช้ระยะเวลาอบแห้งมากจะทำให้งาดำผงที่ได้มีกลิ่นไหม้ รสขม แต่ถ้าอุณหภูมิในการอบแห้งต่ำเกินไป หรือใช้ระยะเวลาอบแห้งไม่เพียงพอ งาดำผงที่ได้มีลักษณะชื้นจับตัวเป็นก้อน กลิ่นไม่หอม จากนั้นทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มระหว่างงาดำผง และแป้งถั่วเหลืองซึ่งเป็นส่วนผสมที่เพิ่มสารอาหารโปรตีนและเพิ่มรสชาติให้ดีขึ้น โดยได้ใช้อัตราส่วนระหว่างงาดำผงต่อแป้งถั่วเหลือง แบ่งออกเป็น 4 ตัวอย่าง คือ 8 : 5, 9 : 4, 10 : 3 และ 11 : 2 พบว่าที่ผู้บริโภคให้การยอมรับตัวอย่างที่ 3 และ4 มากที่สุด คืออัตราส่วนระหว่างงาดำผง 10 กรัมต่อแป้งถั่วเหลือง 3 กรัม และอัตราส่วนระหว่างงาดำผง 11 กรัมต่อแป้งถั่วเหลือง 2 กรัม ในด้านสี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสีเทาเข้ม ลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ร่วนละเอียด ละลายน้ำได้ดี ส่วนตัวอย่าง ที่ 2 คืองาดำผง 9 กรัมต่อแป้งถั่วเหลือง 4 กรัม ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับทางด้านกลิ่น และด้านรสชาติมากที่สุด กลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีกลิ่นหอมของงาดำผงผสมกลิ่นแป้งถั่วเหลือง รสชาติที่ได้จะมีรสหวาน หอม ออกมันเล็กน้อย

5. 2 ข้อเสนอแนะ

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำสามารถนำส่วนผสมอื่นๆ ที่ช่วยเพิ่มรสชาติให้ดีขึ้นอีกแบบ มาผสมได้ เช่น ผงโกโก้ ครีมเทียม ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษฎา สัมพันธารักษ์ . 2541 . พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์. 220 น.

จิตธนา แข่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล . 2539 . เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น . พิมพ์ครั้งที่ 4 . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 224 น.

ทนง ภัครัชพันธุ์ . 2524 . อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 135 น.

ทรงเชาว์ อินสมพันธ์ . 2531 . พืชไร่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 214 น.

ทรงยศ ตันพิพัฒน์ . 2529 . พืชน้ำมัน . กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะ-เทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . 532 น.

บุหลัน พิทักษ์ผล และทัสนี สรสุชาติ . 2538 . การถนอมผลิตผลการเกษตร . กรุงเทพฯ : บริษัท-ประชาชน จำกัด . 57 น.

ประชา บุญญสิริกุล . 2519 . อาหาร . กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 324 น.

ประเสริฐ สหสิทธิ์ และคณะ . 2527 . ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย . กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 212 น.

โภชนาการ, กอง . 2533 . ตารางแสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารไทย . กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข . กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว . 39 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โภชนาการ, กอง . 2536 . ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยส่วนที่กินได้ 100 กรัม . กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข . กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว . 48 น.

รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ . 2527 . พืชเศรษฐกิจเล่ม 2 . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 336 น.

วาสนา วงษ์ใหญ่ . 2528 . พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 155 น.

วัชรี เลิศมงคล . 2539 . พืชเศรษฐกิจ . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 300 น.

วิชาการเกษตร, กรม. 2541 . งาพืชชีวจิต . ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี . 120 น.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2519. ทฤษฎีอาหาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 216 น.

_____ . 2522 . การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์ . 346 น

.

ศิวะ วสุณธราภิวัฒน์ . 2539 . คู่มือบริการอาหารและเครื่องดื่ม. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : ดอกหญ้า . 55 น.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ . 2540 . การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท . กรุงเทพฯ : สถาบัน-เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี . 338 น.

สมชาย ประภาวัต และคณะ . 2527 . การใช้ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองในแง่คหกรรม . กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .210 น.

_____ . 2527 . ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย . กรุงเทพฯ : สถาบัน-ค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 113 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

_____ . 2527 . ผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนสูงราคาถูกจากถั่วเหลือง . กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 125 น.

_____ . 2538 . เทคโนโลยีการทำแป้งถั่วเหลืองจากถั่วเหลือง . กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 61 น.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา . 2529 . กรรมวิธีการอบแห้ง . กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 287 น.

ไสว พงษ์เก่า . 2534 . พืชเศรษฐกิจ . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 903 น.

อนันต์ พลธานี . 2526 . งา , ละหุ่ง และ การปลูกพืชแซม . ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น . 207 น.

อิสระ ชูศรี . "งาเซซามิ" ครัว . ปีที่ 5 ฉบับที่ 54 . (ธันวาคม 2541) น. 16-17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

(Hedonic scale test)

ชื่อผู้ทดสอบ ..... วันที่ทดสอบ .....

<u>คำชี้แจง</u> กรุณาทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ให้ระดับความชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างตามลำดับ โดยให้คะแนนตามระดับความชอบแบบ 9 Point Hedonic scale test

คะแนน	ระดับความชอบ
9	ชอบมากที่สุด
8	ชอบมาก
7	ชอบปานกลาง
6	ชอบเล็กน้อย
5	เฉย ๆ
4	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	ไม่ชอบปานกลาง
2	ไม่ชอบมาก
1	ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	คุณลักษณะ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
453					
247					
379					
172					

ข้อเสนอแนะ_____

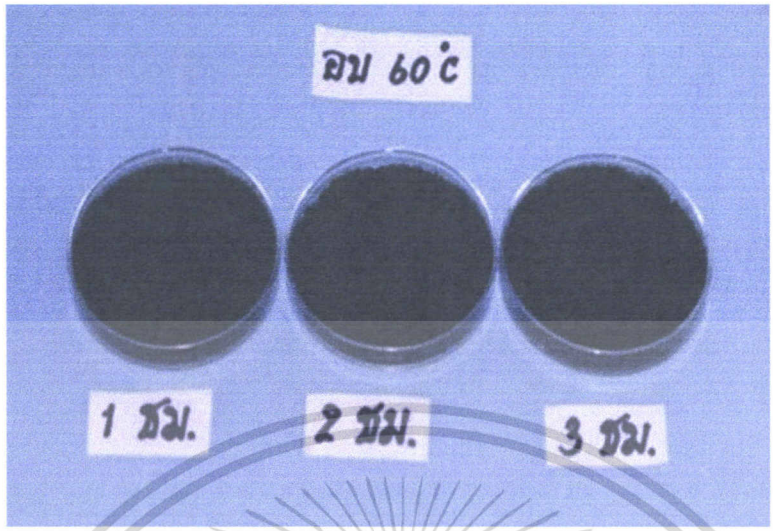
_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ภาพภาคผนวกที่ ข 1. งาดำอบแห้งอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 1 , 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ

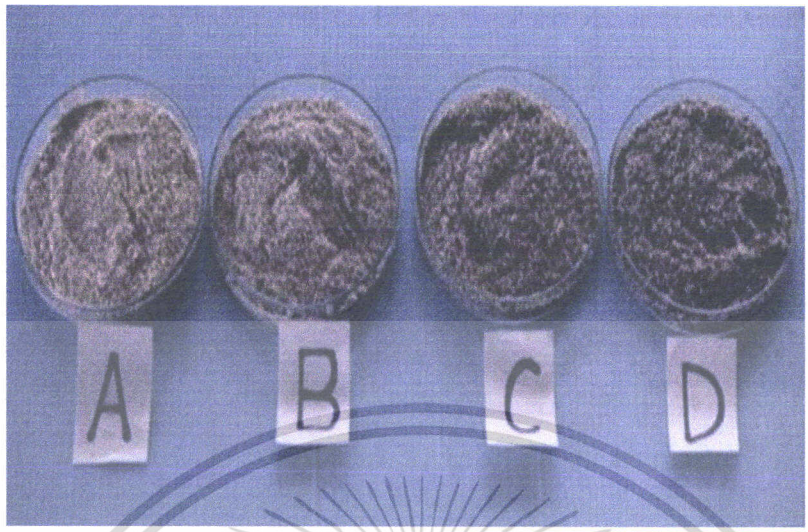
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ข 2. งาดำอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 1 , 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ

ภาพภาคผนวกที่ ข 3. งาดำอบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 1 , 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



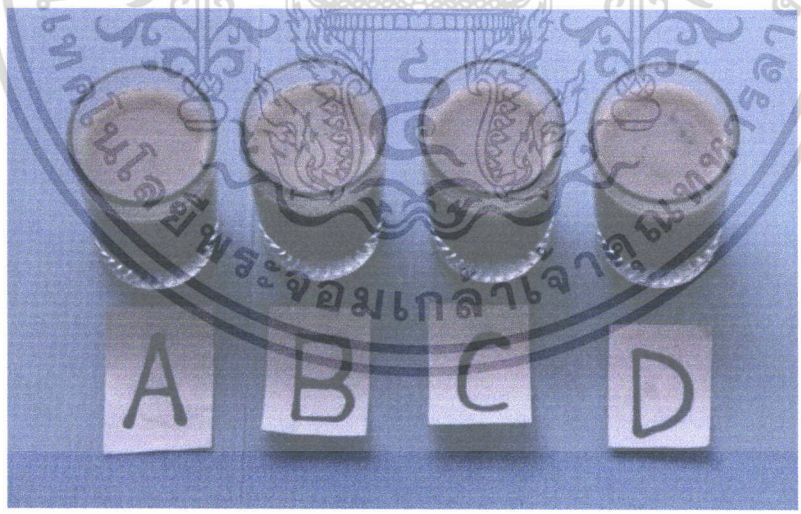
ภาพภาคผนวกที่ ข 4. เครื่องดื่มงาดำ (ก่อนชง)

A = อัตราส่วนงาดำผง 8 กรัม ต่อ แป้งถั่วเหลือง 5 กรัม

B = อัตราส่วนงาดำผง 9 กรัม ต่อ แป้งถั่วเหลือง 4 กรัม

C = อัตราส่วนงาดำผง 10 กรัม ต่อ แป้งถั่วเหลือง 3 กรัม

D = อัตราส่วนงาดำผง 11 กรัม ต่อ แป้งถั่วเหลือง 2 กรัม



ภาพภาคผนวกที่ ข 5. เครื่องดื่มงาดำ (หลังชง)

A = อัตราส่วนงาดำผง 8 กรัม ต่อ แป้งถั่วเหลือง 5 กรัม

B = อัตราส่วนงาดำผง 9 กรัม ต่อ แป้งถั่วเหลือง 4 กรัม

C = อัตราส่วนงาดำผง 10 กรัม ต่อ แป้งถั่วเหลือง 3 กรัม

D = อัตราส่วนงาดำผง 11 กรัม ต่อ แป้งถั่วเหลือง 2 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี Analysis of Variance และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละตัวอย่าง ในการทดลองการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม จำนวน 10 คน โดยทดสอบด้วยวิธี Hedonic Rating Scales

การกำหนดสัญลักษณ์มีดังนี้

A = อัตราส่วนงาดำผง 8 กรัมต่อแป้งถั่วเหลือง 5 กรัม

B = อัตราส่วนงาดำผง 9 กรัมต่อแป้งถั่วเหลือง 4 กรัม

C = อัตราส่วนงาดำผง 10 กรัมต่อแป้งถั่วเหลือง 3 กรัม

D = อัตราส่วนงาดำผง 11 กรัมต่อแป้งถั่วเหลือง 2 กรัม

การกำหนดการให้คะแนนสำหรับผู้บริโภค

9 = ชอบมากที่สุด

8 = ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

5 = เฉยๆ

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบอย่างมาก

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค1. การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Analysis of Variancc ของการทดสอบด้าน4 สีจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของงาดำผงต่อแป้งถั่วเหลืองในส่วนผสมของเครื่องดื่ม

Source of variation	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Sample	3	21.88	7.30	5.49^{*}	2.96
Judges	9	7.02	0.78	0.59^{ns}	2.30
Error	27	35.88	1.33		
Total	39	64.78			

ตารางภาคผนวกที่ ค2. การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Analysis of Variance ของการทดสอบด้านกลิ่น จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของงาดำผงต่อแป้งถั่วเหลืองในส่วนผสมของเครื่องดื่ม

Source of variation	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Sample	3	53.87	18	17.14^{*}	2.96
Judges	9	12.72	1.41	1.34^{ns}	2.30
Error	27	28.37	1.05		
Total	39	94.97			

ตารางภาคผนวกที่ ค3. การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Analysis of Variance ของการทดสอบด้านรสชาติจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของงาดำผงต่อแป้งถั่วเหลืองในส่วนผสมของเครื่องดื่ม

Source of variation	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Sample	3	44.3	14.77	11.53^{*}	2.96
Judges	9	4.1	0.46	0.36^{ns}	2.30
Error	27	34.7	1.28		
Total	39	83.1			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค4. การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Analysis of Variance ของการทดสอบด้านเนื้อสัมผัสจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของงาดำผงต่อแป้งถั่วเหลืองในส่วนผสมของเครื่องดื่ม

Source of variation	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Sample	3	30.67	10.22	12.46*	2.96
Judges	9	22.22	2.5	3.04*	2.30
Error	27	22.08	0.82		
Total	39	74.98			

ตารางภาคผนวกที่ ค5. การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Analysis of Variance ของการทดสอบด้านความชอบโดยรวมจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของงาดำผงต่อแป้งถั่วเหลืองในส่วนผสมของเครื่องดื่ม

Source of variation	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Sample	3	30.6	10.2	13.42*	2.96
Judges	9	7	0.78	1.03ns	2.30
Error	27	20.4	0.76		
Total	39	58			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์แบบ Analysis of Variance ในคุณลักษณะต่างๆ ซึ่งค่าที่คำนวณได้ภายในตาราง Analysis of Variance สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้จากวิธีการการคำนวณดังต่อไปนี้

ตัวอย่างการคำนวณค่า Analysis of Variance ทดสอบการยอมรับทางด้านสี ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มงาดำ

1. การคำนวณหาค่า C.F. (Correction Factor)

$$= \frac{(\text{Total})^2}{\text{จำนวนคำตอบทั้งหมด}}$$

$$= \frac{(243)^2}{40}$$

$$= 1476.225$$

2. การคำนวณหาค่า df (degree of freedom)

2.1 df, sample

$$= \text{จำนวนตัวอย่าง} - 1$$

$$= 4 - 1$$

$$= 3$$

2.2 df, judges

$$= \text{จำนวนผู้ทดสอบ} - 1$$

$$= 10 - 1$$

$$= 9$$

2.3 df, total

$$= \text{จำนวนการตรวจ} - 1$$

$$= 40 - 1$$

$$= 39$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 df, error

= df, total – df, judges – df, sample

= 39 – 9 – 3

= 27

3. การคำนวณหาค่า SS (Sum of square) ของตัวแปร โดยจำแนกได้ดังนี้

3.1 SS, sample

$$= \frac{\sum(\text{ค่า Total ของแต่ละ sample})^2}{(\text{จำนวนครั้งที่ประเมินของแต่ละ sample})} - \text{C.F.}$$

$$= \frac{(52^2 + 57^2 + 62^2 + 72^2)}{10} - 1476.225$$

= 21.88

3.2 SS, judges

$$= \frac{\sum(\text{ค่า Total ของแต่ละ judges})^2}{(\text{จำนวนครั้งที่ประเมินของแต่ละ judges})} - \text{C.F.}$$

$$= \frac{(20^2 + 24^2 + \ldots + 25^2)}{4} - 1476.225$$

= 7.025

3.3 SS, total

$$= \sum(\text{ค่าการประเมินทุกค่า})^2 - \text{C.F.}$$

$$= (5^2 + 5^2 + \ldots + 7^2) - 1476.225$$

= 64.78

3.4 SS, error

= SS, total – SS, judges – SS, sample

= 64.78 – 7.025 – 21.88

= 35.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคำนวณหา MS (Mean Square) ของตัวแปร โดยจำแนกได้ดังนี้

4.1 MS, sample

$$= \frac{\text{SS, sample}}{\text{df, sample}}$$

$$= \frac{21.88}{3}$$

$$= 7.30$$

4.2 MS, judges

$$= \frac{\text{SS, judges}}{\text{df, judges}}$$

$$= \frac{7.025}{9}$$

$$= 0.78$$

4.3 MS, error

$$= \frac{\text{SS, error}}{\text{df, error}}$$

$$= \frac{35.88}{27}$$

$$= 1.33$$

5. การคำนวณหาค่า F (Variance ratio) ของ Sample และ Judges โดยจำแนกได้ดังนี้

5.1 F , Sample

$$= \frac{\text{MS, sample}}{\text{MS, error}}$$

$$= \frac{7.30}{1.33}$$

$$= 5.49$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 F , judges

$$= \frac{\text{MS, judges}}{\text{MS, error}}$$

$$= \frac{0.78}{1.33}$$

$$= 0.59$$

6. นำค่า F ไปพิจารณาหาค่า P โดยเปิดตาราง (Variance ratio)

6.1 พิจารณาความแตกต่างของ sample

F , sample = 5.49

F total , P = 0.05 ที่ df , sample n_1 = 3

df , error n_2 = 27

= 2.96

จากการคำนวณ F, sample ที่คำนวณได้ 5.49 มีความมากกว่าค่า F ในตารางที่ระดับ P = 0.05 ค่าที่ได้ 2.96 แสดงว่าแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6.2 พิจารณาความแตกต่างของ judges

F , judges = 0.59

F total , P = 0.05 ที่ df , sample n_1 = 9

df , error n_2 = 27

= 2.30

จากการคำนวณ F, judges ที่คำนวณได้ 0.59 มีค่าน้อยกว่าค่า F ในตารางที่ระดับ P = 0.05 ค่าที่ได้ 2.30 แสดงว่า Judges ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7. พิจารณาความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ระดับ $p \leq 0.05$

จากคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างตามลำดับจากมากไปหาน้อย

D	C	B	A
7.2	6.2	5.7	5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1 หาค่า Standard error (SE)

$$= \sqrt{\frac{\text{MS error}}{\text{replicate}}}$$

$$= \sqrt{\frac{1.33}{10}}$$

$$= 0.364$$

7.2 เปิดตารางหาค่า Significant Studentized Range (SSR) ที่ t = 4 ค่า df, error = 27 จากการเปิดตางรางค่าที่ได้ = 3.84

7.3 คำนวณค่า LSD (Least significant difference) ค่าความแตกต่างระหว่างตัว อย่างต่ำสุด

$$\text{LSD} = \text{SE} \times \text{SSR}$$

$$= 0.364 \times 3.84$$

$$= 1.4$$

โดยค่า LSD ที่ได้จะเป็นค่าความแตกต่างระหว่างตัวอย่างต่ำสุด ถ้าคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละคู่มีค่ามากกว่าค่า LSD แสดงว่าตัวอย่างทั้ง 2 มีความแตกต่างกัน ผลปรากฏค่าดังนี้

D (7.2)^{a} C (6.2)^{ab} B (5.7)^{b} A (5.2)^{b}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้