



การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก
Development of Noodle Product from Germinated Mung Bean Flour

กฤติกา บุรณโชคไพศาล

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ประเภททั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2555



การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก
Development of Noodle Product from Germinated Mung Bean Flour

กฤติกา บุรณโชคไพศาล

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประเภททั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2555

กฤติกา บุรณโชคไพศาล. 2555. *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งถั่วเขียวพะงอก*.
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งถั่วเขียวพะงอก ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากแป้งถั่วเขียวพะงอก ซึ่งใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ และสัดส่วนแป้งต่างๆ กันรวม 6 สูตร พบว่าแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวพะงอกทั้ง 6 สูตร มีสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากสูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำเป็น 1:3 จะมีค่า a^* และ b^* สูงกว่าแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากสูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำเป็น 1:4 ทั้งนี้แผ่นก๋วยเตี๋ยวจากสูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำเป็น 1:3 และมีสัดส่วนแป้งถั่วเขียวพะงอกร้อยละ 100 จะมีค่า L^* สูงที่สุดเมื่อเทียบกับแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากสูตรอื่นๆ อย่างไรก็ตาม จากผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ทั้งด้านสี กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม และความชอบโดยรวม นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมียังชี้ให้เห็นว่าแป้งถั่วเขียวพะงอกที่ได้จะมีองค์ประกอบของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเถ้าสูงขึ้น เมื่อเทียบกับถั่วเขียวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการพะงอก

คำสำคัญ: แป้งถั่วเขียวพะงอก ก๋วยเตี๋ยว

Kritika Buranachokpaisan. 2012. *Development of Noodle Product from Germinated Mung Bean Flour*. Research in Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University.

ABSTRACT

The development of noodle product from germinated mung bean flour has studied physical properties and consumers' sensory acceptance of 6 formulas of noodle sheet from germinated mung bean flour with various ratios of flour to water and flour proportions. The result shows that the colors of noodle sheet from all formulas are significantly different ($p \leq 0.05$). The value of a^* and b^* value in noodle sheet with ratio of flour to water of 1:3 are higher than the ratio of flour to water of 1:4 while the highest L^* value is observed in noodle sheet with ratio of flour to water of 1:3 and 100% of germinated mung bean flour proportion. However the result of consumers' sensory acceptance in color, flavor, chewiness, softness and overall acceptance showed no significant difference in all products ($p > 0.05$). Moreover, the result of chemical composition analysis indicates that the germinated mung bean flour has more protein, carbohydrate and ash content than normal mung bean.

Keyword: Germinated mung bean flour, Rice noodle

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย ขอขอบคุณคณะกรรมการประเมินผลการวิจัย ที่ช่วยตรวจทานแก้ไข และประเมินผลรายงานการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และอาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่อนุญาตและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์สำหรับการตรวจวิเคราะห์ ขอขอบคุณอาจารย์ บุคลากร นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกท่าน ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณพ่อ คุณแม่ และพี่ๆ ทุกคน ที่คอยให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้

กฤติกา บุรณโชคไพศาล

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ถั่วเขียว	4
2.2 การงอกของเมล็ดพันธุ์	12
2.3 ก๋วยเตี๋ยว	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.1 วัตถุประสงค์	27
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	27
3.3 สารเคมี	27
3.4 วิธีการทดลอง	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	31
4.1 การเตรียมแป้งถั่วเขียวเพาะงอก	31
4.2 ผลของอัตราส่วนแป้งต่อน้ำและสัดส่วนแป้งต่อคุณสมบัติด้านกายภาพของแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก	32
4.3 ผลของอัตราส่วนแป้งต่อน้ำและสัดส่วนแป้งต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก	33
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	34
5.1 สรุปผลการทดลอง	34

5.2 ข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	39
ก ภาพประกอบ	40
ข วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	43
ค ข้อมูลทางสถิติ	50
ง แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	55
จ หลักฐานการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	57
ประวัตินักวิจัย	70

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว	7
ตาราง 2.2 ปริมาณกรดอะมิโนในเมล็ดถั่วชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับโปรตีนจากไข่	8
ตาราง 2.3 ปริมาณแร่ธาตุชนิดต่างๆ ในเมล็ดถั่ว	8
ตาราง 2.4 ปริมาณวิตามินชนิดต่างๆ ในเมล็ดถั่ว	9
ตาราง 3.1 สูตรและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตัวอย่างแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียว พะงอก	29
ตาราง 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียวและแป้งถั่วเขียวพะงอก	31
ตาราง 4.2 ผลของการวัดค่าสีของแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวพะงอก	32
ตาราง 4.3 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อแผ่นก๋วยเตี๋ยวจาก แป้งถั่วเขียวพะงอก	33
ตาราง ค1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของผลการวัดค่าสี	51
ตาราง ค2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า L^* ด้วยวิธี DMRT	52
ตาราง ค3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a^* ด้วยวิธี DMRT	53
ตาราง ค4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b^* ด้วยวิธี DMRT	54

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 2.1 การแปรรูปเมล็ดถั่วเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ	10
ภาพ 2.2 การใช้ประโยชน์จากเมล็ดถั่วเขียว	11
ภาพ 2.3 กรรมวิธีการผลิตถั่วเขียว	23
ภาพ ก1 การแช่ถั่วเขียว	41
ภาพ ก2 ถั่วเขียวพะวงอก	41
ภาพ ก3 การโม่เปียก	41
ภาพ ก4 แป้งถั่วเขียวพะวงอก	42
ภาพ ก5 น้ำแป้งก่อนนำไปนึ่ง	42
ภาพ ก6 แผ่นถั่วเขียวจากแป้งถั่วเขียวพะวงอก	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันก๋วยเตี๋ยวนับเป็นอาหารที่คนไทยนิยมบริโภคกันเป็นจำนวนมากรองจากข้าวที่คนไทยนิยมบริโภคเป็นอาหารหลัก อีกทั้งปัจจุบันกระแสความนิยมในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมีมากขึ้น ซึ่งก๋วยเตี๋ยวเป็นอาหารที่สามารถนำมาประกอบอาหารได้ง่ายและสะดวกในการรับประทาน เช่น การทำก๋วยเตี๋ยวน้ำ ก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ก๋วยเตี๋ยวผัดซีอิ๊ว เป็นต้น โดยก๋วยเตี๋ยวส่วนใหญ่ทำมาจากแป้งข้าวเจ้าคุณค่าอาหารที่ได้จะเป็นสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต (ฉวีวรรณ และภริตา, 2546) ทั้งนี้อุตสาหกรรมเส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศไทยปีละหลายล้านบาท และพบว่าประเทศไทยมีค่าดัชนีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบที่ปรากฏในตลาดประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศญี่ปุ่น และประเทศมาเลเซีย มากกว่าประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ดังนั้นเพื่อเป็นการเสริมสร้างให้ประเทศไทยสามารถคงความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบในการส่งออกเส้นก๋วยเตี๋ยว จึงควรมีการพัฒนาเพื่อยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และสร้างมูลค่าผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น (สรศักดิ์, 2549)

ถั่วเขียวเป็นพืชอายุสั้น ใช้น้ำน้อยกว่าพืชไร่อื่นหลายชนิด สามารถใช้ในระบบปลูกพืช เช่น ทดแทนข้าวนาปรัง ปลูกก่อนข้าวโพดในพื้นที่ประสบภัยแล้ง ใช้ปลูกก่อนหรือหลังการไถนาหรือทำไร่ เพื่อตัดวงจรการระบาดของศัตรูพืช ช่วยบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน ตรึงไนโตรเจนได้ดี สามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชสดให้ปริมาณไนโตรเจนสูง และยังใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตวุ้นเส้น เพาะถั่วงอก และประกอบอาหารอื่นๆ โดยปริมาณความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวในประเทศ และส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2544 ปริมาณความต้องการถั่วเขียวรวม 230,000 ตัน นำไปเพาะถั่วงอก 70,000 ตัน ทำวุ้นเส้น 50,000 ตัน ทำแป้ง 20,000 ตัน ทำขนม 30,000 ตัน ใช้บริโภคโดยตรง 10,000 ตัน และใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ 15,000 ตัน ซึ่งประเทศไทยเป็น 1 ใน 6 ประเทศผู้ส่งออกรายใหญ่ (สมจินตนา และอิสระ, 2549)

ถั่วเขียวเป็นพืชที่มีคุณประโยชน์ เมื่อนำไปทำเป็นแป้งถั่วเขียวจะได้แป้งชั้นดีสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร เป็นแหล่งอาหารโปรตีนได้โดยใช้แทนอาหารโปรตีนในกรณีที่ขาดแคลนเนื้อสัตว์

มีปริมาณวิตามินและเกลือแร่หลายชนิด โดยเฉพาะแคลเซียม ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็ก โดยเมล็ด ถั่วเขียวมีโปรตีนร้อยละ 23.4 แป้งร้อยละ 64.0 และไขมันร้อยละ 1.2 (สมจินตนา และอิสระ, 2549) ทั้งนี้สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ยังได้ทำการเพาะงอก ถั่วเขียว พบว่าถั่วเขียวใช้ระยะเวลาในการเพาะงอกสั้น และให้ปริมาณสาร GABA (Gamma Amino Butyric Acid) สูง ซึ่งสาร GABA เป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่เกิดจากกระบวนการ decarboxylation ของกรดกลูตามิกที่ช่วยในการรักษาระบบประสาทหลายโรค เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ โรคซึมเศร้า และยังมีคุณสมบัติในการลดความดันโลหิต (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552) นอกจากนี้ ยังพบว่า ถั่วเขียวและวุ้นเส้นซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเขียวจะมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำเมื่อเทียบกับอาหาร จำพวกแป้งชนิดอื่น นั่นคือคาร์โบไฮเดรตในถั่วเขียวจะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และน้อยที่สุด ทำให้สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลดีอย่างยิ่ง สำหรับผู้ที่มีอาการโรคเบาหวานและผู้ที่มีความเสี่ยงต่อโรคนี้ (Komindr *et al.*, 2001; The University of Sydney, 2011) ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมุ่งพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นโดยใช้แป้ง ถั่วเขียวเพาะงอกเป็นวัตถุดิบเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบและปริมาณสารอาหารในแป้งถั่วเขียวเพาะงอก
2. เพื่อศึกษาผลของสัดส่วนแป้งถั่วเขียวเพาะงอกที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้ง ถั่วเขียวเพาะงอก
3. เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งต่อน้ำที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียว เพาะงอก
4. เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เกล็ด และคาร์โบไฮเดรต ในแป้งข้าวโพดที่ได้ออกจากกรรมวิธีไม่เปียก
2. ศึกษาผลของสัดส่วนแป้งข้าวโพด 3 ระดับ คือ แป้งข้าวโพดร้อยละ 100, 92.5 และ 85 ในการผลิตแผ่นก๋วยเตี๋ยวสด
3. ศึกษาผลของอัตราส่วนแป้งต่อน้ำ 2 อัตราส่วน คือ 1:3 และ 1:4 ในการผลิตแผ่นก๋วยเตี๋ยวสด
4. ศึกษาคุณภาพด้านสี ความแข็ง ความยืดหยุ่น ของแผ่นก๋วยเตี๋ยวสด รวมถึงการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบปริมาณสารอาหารในแป้งข้าวโพด
2. ทราบผลของสัดส่วนแป้งข้าวโพดที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวโพด
3. ทราบผลของอัตราส่วนแป้งต่อน้ำที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวโพด
4. ทราบคุณภาพด้านกายภาพ และประสาทสัมผัสของแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้
5. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนา และถ่ายทอดให้แก่ผู้ประกอบการหรือผู้ที่สนใจได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเขียว

ถั่วเขียวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและนิยมปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทยเพราะเป็นพืชที่ปลูกง่าย ปลูกได้ดีในดินแทบทุกชนิด มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นปลูกได้ตลอดปี มีการปฏิบัติดูแลรักษา น้อยเมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ เกษตรกรนิยมปลูกถั่วเขียวเป็นพืชหมุนเวียนกับข้าวและพืชไร่ต่างๆ แหล่งปลูกถั่วเขียวส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือตอนล่างและภาคกลาง ถั่วเขียวที่ได้ทั้งหมด นั้นคือ ผลผลิตจากถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำประมาณร้อยละ 80 ส่วนอีกร้อยละ 20 ที่เหลือ เป็นถั่วเขียวผิวดำ (ทรงเชาว์, 2531)

ถั่วเขียวเป็นพืชที่ประเทศไทยเราส่งออกมากที่สุดในโลกในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา โดยมีข้อมูล การส่งออกปีละประมาณ 1,500 ล้านบาท ส่วนผลผลิตที่เหลืออยู่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ได้มากมาย เป็นต้นว่าใช้เป็นอาหาร ใช้เป็นสมุนไพร ใช้ปลูกเป็นพืชสลับและโดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้ปลูก เป็นประโยชน์ด้านการปรับปรุงดินได้เป็นอย่างดี (ไชยา, 2539)

2.1.1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วเขียวมีชื่อสามัญว่า Mung bean มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Vigna radiata* L. อยู่ในวงศ์ Leguminosae มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศอินเดีย

ถั่วเขียวเป็นพืชล้มลุก ลำต้นยาว ใบมีขนอ่อนปกคลุมเช่นเดียวกับลำต้น ถั่วเขียวมีดอกเกิด เป็นช่อ ช่อดอกเกิดตามมุมใบที่อยู่ตอนบนของลำต้นและที่ปลายยอดของลำต้นหรือกิ่งก้าน ช่อดอก ถั่วเขียวมีก้านดอกที่ยาวและมีดอกเกิดเป็นกลุ่มที่ปลายช่อ ดอกหนึ่งๆ มีกลีบดอกประมาณ 10-25 กลีบ ดอกมีสีม่วง เหลืองและขาว ดอกบานมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร

ฝักถั่วเขียวมีรูปร่างกลมยาว ส่วนปลายอาจโค้งออกเล็กน้อย เมื่อฝักแก่จะมีสีน้ำตาลอ่อน จนถึงน้ำตาลเข้ม ดำหรือขาวนวลแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ฝักหนึ่งๆ มีเมล็ดประมาณ 10-15 เมล็ด เมล็ดของถั่วเขียวมีสีต่างๆ กัน เช่น เขียว ดำ เหลือง แดง และน้ำตาล (ไชยา, 2539)

2.1.2. ชนิดของถั่วเขียว

ถั่วเขียวที่ปลูกกันอยู่ในปัจจุบันนี้ แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด โดยขึ้นอยู่กับรูปร่างและลักษณะของเมล็ดดังนี้ (เพิ่มพูน, 2531)

1) ถั่วเขียวธรรมดาหรือถั่วเขียวเมล็ดด้าน เป็นพันธุ์ที่นิยมใช้ทำถั่วงอก รุ้นเส้น และส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ ถั่วเขียวชนิดนี้ถ้าปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์และน้ำเพียงพอจะได้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ คือ 400 กิโลกรัมต่อไร่

2) ถั่วทองหรือถั่วเขียวสีทอง ถั่วเขียวชนิดนี้มีลักษณะลำต้น ใบ และฝัก เหมือนกับถั่วเขียวเมล็ดด้าน อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90 วัน เมล็ดมีสีเหลืองทอง ประโยชน์ใช้ทำขนมเพราะมีสีสวยงามน่ารับประทาน

3) ถั่วเขียวผิวมันเมล็ดใหญ่ เป็นถั่วเขียวที่มีเมล็ดเป็นมัน มีสีดำนี้อาจเหมาะที่จะปลูกเป็นการค้า เพราะให้ผลผลิตสูงและขายได้ราคาดี ตลาดต่างประเทศต้องการถั่วเขียวชนิดนี้มาก แบ่งออกได้เป็น 2 พวกตามสีของฝักแก่ คือ พวกที่เมื่อฝักแก่ เปลือกฝักจะเปลี่ยนเป็นสีขาวนวล และอีกพวกหนึ่งเมื่อฝักแก่จะเปลี่ยนเป็นสีดำ

4) ถั่วเขียวผิวดำ มีลักษณะลำต้น ใบ และฝัก คล้ายถั่วธรรมดาแต่มีขนตามกิ่ง ก้าน ใบ และฝัก บางพันธุ์มีลำต้นสูง และทอดยอด ฝักแก่มีสีดำไม่แตกง่าย เมล็ดสีดำ นิยมใช้เพาะถั่วงอก เพราะต้นถั่วงอกที่ได้จะมีความอวบอ้วน ขาว น่ารับประทาน และคงความสดไว้ได้นานกว่าถั่วงอกที่เพาะจากถั่วเขียวชนิดธรรมดา

2.1.3. พันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกในประเทศไทย

ถั่วเขียวที่ปลูกในประเทศไทยมีมากมายหลายพันธุ์ด้วยกัน และมักจะให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ในปัจจุบันนี้หน่วยงานของกรมวิชาการเกษตรพยายามที่จะคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียว เพื่อให้มีผลผลิตสูงและต้านทานโรค เท่าที่ปลูกกันในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้

1) ถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 จัดเป็นถั่วเขียวผิวมัน มีลักษณะทรงต้นเป็นพุ่มแตกกิ่งก้านสาขาดี โคนต้นมีสีม่วง แต่เมื่อโตขึ้นสีม่วงจะจางหายไป ตรงรอยต่อระหว่างใบจะปรากฏสีม่วงชัดเจน ลักษณะใบค่อนข้างใหญ่มีสีเขียวเข้ม ต้นสูง 50-75 เซนติเมตร เริ่มออกดอกเมื่อมีอายุประมาณ 35 วัน ออกดอกเป็น 3 ชูต ชูตแรกจะติดฝักภายในเวลา 5-7 วัน ดอกชูตที่สองจะเริ่มออกเมื่อฝักแรกเริ่มแก่ ลักษณะของฝักจะออกเป็นกระจุกที่ยอดประมาณยอดละ 5-8 ฝัก ติดฝักเมื่อออกดอกชูตแรกมากที่สุด ฝักอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่ฝักจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำ ฝักแก่ค่อนข้างเหนียว ทนทานไม่แตกง่าย ลักษณะของเมล็ดจะเป็นสีเขียวเปลือกมันขนาดค่อนข้างใหญ่ สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 65-70 วัน

ผลผลิตสูงประมาณ 150-200 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ดมีความงอกดี เก็บไว้ได้นานกว่า 1 ปี ถั่วเขียวพันธุ์อุทุมพร 1 มีลักษณะเด่นกว่าพันธุ์พื้นเมืองโดยทั่วไป คือ ออกดอกและติดฝักชุดแรกภายในเวลาเกือบพร้อมกัน และออกเป็นจำนวนมากประมาณร้อยละ 80-85 เกือบทั้งต้น จึงทำให้ฝักแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ฝักที่แก่แล้วยังเหนียวไม่แตกง่าย จึงสามารถเก็บเกี่ยวฝักทั้งหมดได้ไม่เกิน 2 ครั้ง สามารถเก็บเกี่ยวโดยตัดทั้งต้นสำหรับนำมาตากแดดและนวด เช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองได้ ซึ่งทำให้ลดแรงงานและเวลาเก็บเกี่ยวลงได้ ถั่วเขียวพันธุ์อุทุมพร 1 มีข้อเสียอยู่บ้าง คือ เนื่องจากมีทรงพุ่มที่สูงเกินไป จึงทำให้ต้นล้ม หักง่าย และใช้อัตราปลูกต่อไร่สูงไม่ได้

2) ถั่วเขียวพันธุ์อุทุมพร 2 จัดเป็นถั่วเขียวพืชมรดก ลักษณะทรงต้นเป็นพุ่มสูงประมาณ 1 เมตร แตกกิ่งมากประมาณ 5-6 กิ่ง แต่ไม่ทอดยอด ลำต้นสีเขียวปกคลุมด้วยขนสีน้ำตาลหนาแน่น ใบสีเขียวทั้งใบและก้านใบจะมีขนสีน้ำตาลปกคลุมอยู่ เริ่มออกดอกเมื่ออายุ 32-45 วัน ดอกจะมีสีเหลืองออกเป็นกระจุกที่ข้อ ลักษณะของฝักเมื่อเป็นฝักอ่อนจะมีสีเขียวเข้ม เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีดำมีขนขึ้นปกคลุมหนาแน่น เมล็ดสีน้ำตาลปนดำ ขนาดใหญ่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ประมาณร้อยละ 12 และเนื่องจากเมล็ดมีขนาดใหญ่จึงทำให้เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ

3) ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 1 เป็นถั่วเขียวพืชมรดกพันธุ์ใหม่ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ขึ้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พร้อมกับพันธุ์กำแพงแสน 2 เป็นพันธุ์ที่มีลำต้นสีเขียวอ่อน ทรงพุ่มเล็กเหมาะสำหรับปลูกในระยะที่ปลูกถี่ ความสูงของต้นประมาณ 53 เซนติเมตร เริ่มออกดอกเมื่ออายุประมาณ 37 วัน ออกฝักชุดแรกประมาณร้อยละ 60-70 ของทั้งหมด ฝักชุดแรกจะมีขนาดใหญ่และแก่เมื่ออายุประมาณ 53 วัน ลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นมัน ตาของเมล็ดเป็นสีเทา ให้ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 202 กิโลกรัม มีลักษณะเด่นคือ มีฝักชูขึ้นเหนือพุ่มใบ จึงทำให้เก็บเกี่ยวได้ง่าย

4) ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 มีลักษณะประจำพันธุ์ คือ ทรงพุ่มเตี้ย พุ่มใบเล็กเป็นกลุ่มแน่นกว่าพันธุ์อุทุมพร 1 ลำต้นมีสีเขียวอ่อน ใบสีเขียว ความสูงของต้นประมาณ 50 เซนติเมตร เมื่อมีการติดฝัก ฝักอ่อนจะมีสีเขียวเมื่อแก่เปลี่ยนเป็นสีดำ เมล็ดมีสีเขียวเข้มเปลือกมัน ขนาดค่อนข้างเล็ก ตาสีเขียว เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 65-75 วัน สามารถเก็บเกี่ยวได้ไม่เกิน 2 ครั้ง ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์กำแพงแสน 1 เล็กน้อยแต่เมล็ดมีสีเขียวเข้มกว่าจึงเป็นที่ต้องการของพ่อค้า มีความต้านทานโรค ราแป้ง และใบจุดได้ดีกว่าพันธุ์กำแพงแสน 1 เล็กน้อย

5) ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 60 เป็นถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ใหม่ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ขึ้นที่ สถานีทดลองพืชไร่ชัยนาท มีทรงพุ่มแคบ เตี้ย ตั้งตรง ลำต้นแข็ง ใบและลำต้นมีสีเขียว ต้นสูงประมาณ 50.5 เซนติเมตร เริ่มออกดอกเมื่ออายุประมาณ 33 วัน อายุจนถึงวันเก็บเกี่ยวประมาณ 52 วัน ลักษณะของเมล็ดมีสีเขียว ตาจะมีสีขาว มีลักษณะเด่นคืออายุสั้นกว่าพันธุ์อุทอง 1 ประมาณ 7 วัน ชอบฝักอยู่เหนือทรงพุ่มเด่นชัด ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อการหักล้มดีมาก เนื่องจากมีลักษณะ ต้นเตี้ยและทรงพุ่มแคบ แต่ไม่ค่อยต้านทานโรคใบจุดและราแป้ง

2.1.4. องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของถั่ว การเพาะปลูกและ สภาพการเจริญเติบโต โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยโปรตีนประมาณร้อยละ 20-30 ไขมันร้อยละ 1-7 พบว่าอาหารจากเมล็ดถั่วจะเป็นอาหารที่มีไฟเบอร์และแร่ธาตุสูง มีแคลเซียม เหล็ก และวิตามินที่ ละลายน้ำได้ในปริมาณสูง ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญในประเทศที่กำลังพัฒนา (Mosse and Pernollet, 1982)

องค์ประกอบของกรดอะมิโนในเมล็ดถั่วชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับถั่วเขียว โดยถั่วเขียวจะมี ปริมาณของกรดอะมิโน Leucine และกรดอะมิโน Lysine ในปริมาณที่สูงมาก และจากการศึกษา พบว่าโปรตีนจากพืชตระกูลถั่วจะขาดกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น Methionine แต่ จะมีกรดอะมิโน Lysine ในปริมาณที่สูง ซึ่งอาหารพวกธัญพืชจะมีน้อย ปริมาณกรดอะมิโนในเมล็ดถั่ว ชนิดต่างๆ แสดงในตาราง 2.2 (Leung and Salunkhe, 1985)

ตาราง 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว

องค์ประกอบทางเคมี	หน่วย	คุณค่าทางโภชนาการในส่วนที่กินได้ 100 กรัม
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี		
ความชื้น	g	9.05
พลังงาน	kcal	347
พลังงาน	kJ	1,452
โปรตีน	g	23.86
ไขมัน	g	1.15
เถ้า	g	3.32

คาร์โบไฮเดรต	g	62.62
เส้นใย	g	16.3
ปริมาณไขมัน		
กรดไขมันอิ่มตัว	g	0.348
10:0	g	0.000
14:0	g	0.000
16:0	g	0.250
18:0	g	0.071
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	g	0.161
16:1	g	0.000
18:1	g	0.161
20:0	g	0.000
18:2	g	0.357
18:3	g	0.027
คลอเรสเตอรอล	mg	0
ไฟโตสเตอรอล	mg	23

ที่มา: ดัดแปลงจาก USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25

ตาราง 2.2 ปริมาณกรดอะมิโนในเมล็ดถั่วชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับโปรตีนจากไข่

ปริมาณกรดอะมิโน (กรัม/16 กรัมไนโตรเจน)	ชนิดของถั่ว				โปรตีนจากไข่
	ถั่วเลนทิล	ถั่วฝรั่งเศส	ถั่วเขียว	ถั่วเหลือง	
Lysine	5.1	6.8	7.3	6.3	7.2
Threonine	3.0	3.3	3.4	4.1	5.2
Valine	5.1	5.4	6.9	4.7	7.4
Leucine	5.5	8.9	7.7	7.1	7.8
Isoleucine	5.8	6.0	6.3	4.3	6.8

Methionine	0.6	1.0	1.5	1.2	3.4
Tryptophan	0.6	1.0	0.4	1.2	1.5
Phenylalanine	4.0	5.5	5.3	4.9	5.8
Arginine	7.0	9.2	6.9	6.7	6.7
Histidine	2.1	2.8	2.7	3.3	2.4

ที่มา: ดัดแปลงจาก Leung and Salunkhe, 1985

ปริมาณแร่ธาตุในเมล็ดถั่วชนิดต่างๆ พบว่าในเมล็ดถั่วจะเป็นแหล่งแร่ธาตุที่ดี โดยพบแคลเซียม เหล็ก ทองแดง สังกะสี โพแทสเซียม และแมกนีเซียม โดยในถั่วเขียวจะมีปริมาณแร่ธาตุโพแทสเซียม และแคลเซียมสูงมากซึ่งมีประโยชน์ทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ในเมล็ดถั่วดังแสดงในตาราง 2.3 (Meiners *et al.*, 1976)

ตาราง 2.3 ปริมาณแร่ธาตุชนิดต่างๆ ในเมล็ดถั่ว

ชนิดของถั่ว	ปริมาณแร่ธาตุ (มิลลิกรัม/100 กรัม)					
	แคลเซียม	โพแทสเซียม	เหล็ก	แมกนีเซียม	ทองแดง	โซเดียม
ถั่วเหลือง	226	546	8.5	236	2.4	27.9
ถั่วเขียว	124	326	7.3	171	0.97	28
ถั่วเลนทิล	69	293	4.8	94	0.66	40.1
ถั่วฝรั่งเศส	260	410	5.8	195	0.95	15

ที่มา: ดัดแปลงจาก Meiners *et al.*, 1976

เมล็ดถั่วชนิดต่างๆ เป็นแหล่งอาหารที่มีวิตามินสูง ได้แก่ ไทอามีน (thiamine), ไรโบฟลาวิน (riboflavin) และ ไนอาซิน (niacin) โดยในถั่วเขียวจะมีปริมาณของแคโรทีน (carotene) ถึง 94 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ไทอามีน (thiamine) 0.47 $\text{mg}/100\text{ g}$ ไรโบฟลาวิน (riboflavin) 0.27 $\text{mg}/100\text{ g}$ และ ไนอาซิน (niacin) 2.3 $\text{mg}/100\text{ g}$ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วบางชนิดพบว่าถั่วเขียวมีปริมาณวิตามินที่สูงมาก ปริมาณวิตามินชนิดต่างๆ ในเมล็ดถั่ว แสดงในตาราง 2.4 (Fordham *et al.*, 1975)

ตาราง 2.4 ปริมาณวิตามินชนิดต่างๆ ในเมล็ดถั่ว

ชนิดของถั่ว	Carotene (mg/100 g)	Thiamine (mg/100 g)	Riboflavin (mg/100 g)	Niacin (mg/100 g)
ถั่วเขียว	94	0.47	0.27	2.3
ถั่วเลนทิล	270	0.45	0.2	2.6
ถั่วฝรั่งเศส	30	0.88	0.14	2.2
ถั่วเหลือง	426	0.73	0.39	3.2

ที่มา: ดัดแปลงจาก Fordham *et al.*, 1975

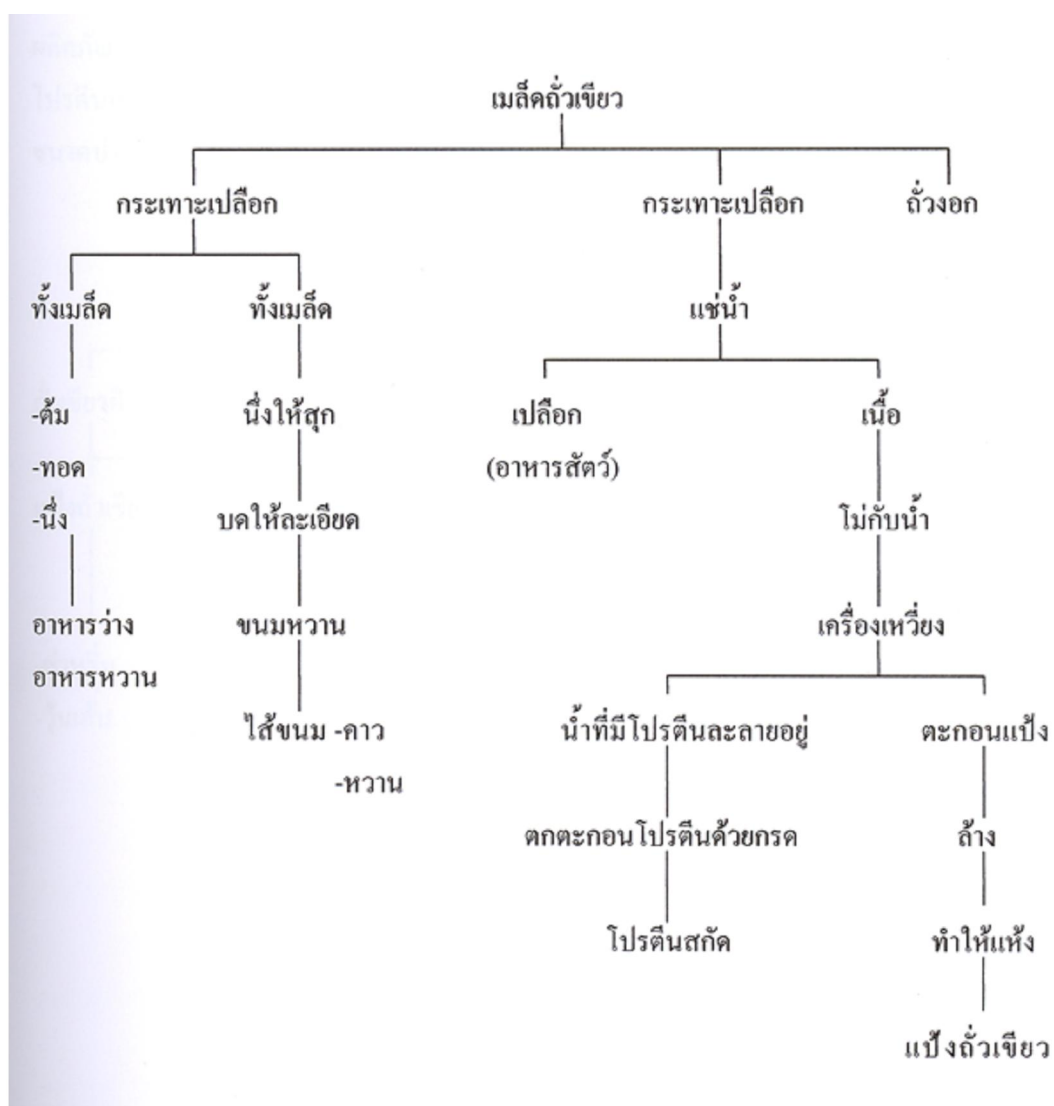
2.1.5. การใช้ประโยชน์จากถั่วเขียว

พืชตระกูลถั่วเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีราคาถูก จากการศึกษาพบว่าในเมล็ดถั่วแต่ละชนิดมีคุณค่าทางอาหารต่างกัน ถั่วเขียวเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย และได้มีการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากถั่วเขียวในทางโภชนาการต่างๆ มากมาย

การใช้ประโยชน์จากเมล็ดถั่วเขียวโดยตรง สามารถนำไปเพาะเป็นถั่วงอกแล้วนำถั่วงอกที่ได้ไปใช้ประกอบอาหารมากมายและใช้ถั่วงอกร่วมกับอาหารจานโปรตต่างๆ เช่น ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน นอกจากนี้ยังสามารถนำเอาเมล็ดถั่วเขียวไปต้มกับน้ำตาล เป็นถั่วเขียวต้มน้ำตาล เมื่อนำถั่วเขียวมาแกะเพาะเปลือกออกจนได้เมล็ดสีเหลือง สามารถนำมาทำเป็นอาหารโดยการต้มเป็นเต้าส่วน นอกจากนี้แล้วยังอาจนำไปนึ่งแล้วบดให้ละเอียดปรุงรสเป็นไส้ขนมทั้งชนิดคาวและหวาน

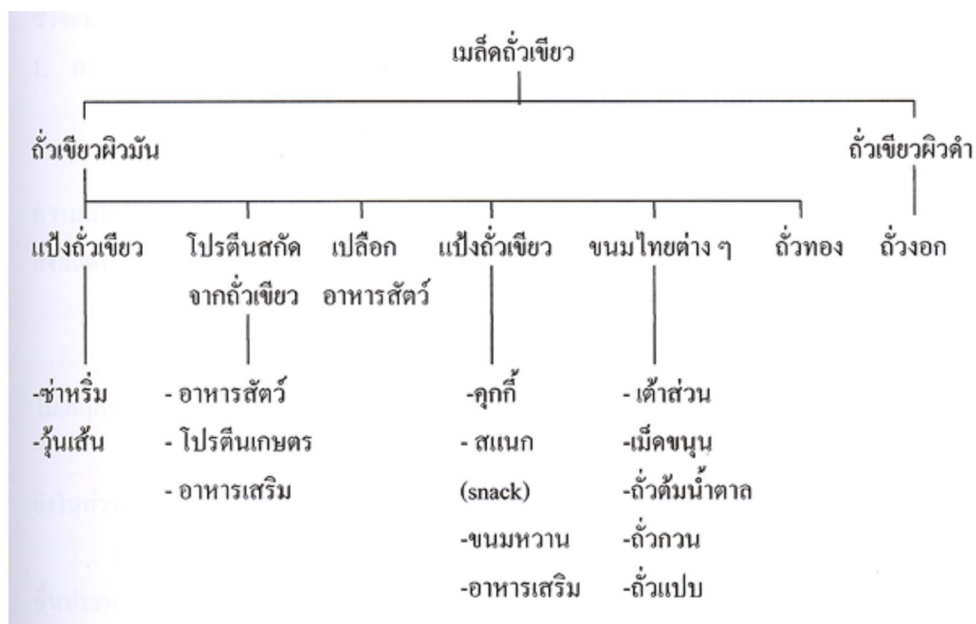
การแปรรูปเมล็ดถั่วเขียวที่สำคัญและทำกันในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ก็คือ การทำวุ้นเส้น ทำแป้งถั่วเขียว และนำแป้งมาทำชาหริ่ม (อรอนงค์ และลินดา, 2537) ถ้าจะลำดับขั้นตอนการแปรรูปถั่วเขียวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ก็จะเป็นดังภาพ 2.1

Prabhavat (1987) กล่าวว่า ปริมาณการใช้ถั่วเขียวในประเทศไทยประมาณร้อยละ 50 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด โดยแยกออกเป็นถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำ เมล็ดถั่วเขียวจะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์โดยแยกตามการเริ่มต้นการแปรรูปว่า จะเป็นแป้งถั่วเขียว แป้งสตาร์ชจากถั่วเขียว โปรตีนสกัดจากถั่วเขียวหรือจากเมล็ดถั่วเขียวโดยตรง ซึ่งจะเลือกเมล็ดถั่วเขียวที่มีขนาดใหญ่ ขนาดปานกลาง และขนาดเล็กก็ได้ตามแต่ชนิดของผลิตภัณฑ์ ดังภาพ 2.2



ภาพ 2.1 การแปรรูปเมล็ดกล้วยเขียวเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

ที่มา: อรอนงค์ และลินดา, 2537



ภาพ 2.2 การใช้ประโยชน์จากเมล็ดกล้วยฉาบ

ที่มา: Prabhavat, 1987

2.1.6.วิธีการที่ใช้ในการผลิตแป้งกล้วยฉาบ

- 1) นำกล้วยฉาบซีกและเปลือกมาเข้าเครื่อง Blender
- 2) บดให้ละเอียด
- 3) ร่อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียด 100 mesh
- 4) ได้แป้งกล้วยฉาบที่มีสีเหลืองนวล

และจะขอลำถึงตัวอย่างการผลิตแป้งข้าวโพดที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับการผลิตแป้งกล้วยฉาบ ซึ่งจะมีวิธีการผลิต 2 วิธีด้วยกัน คือ

- 1) การบดหรือโม่แบบเปียก เป็นกระบวนการที่ใช้น้ำร่วมกับการบดหรือโม่เมล็ด มีขั้นตอนการโม่ดังนี้

ก. การแช่ เป็นขั้นตอนที่นำเอาเมล็ดข้าวโพดที่แยกออกจากฝักและผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วออกจากที่เก็บ จากนั้นก็นำเมล็ดข้าวโพดเหล่านั้นมาแช่น้ำในถังไม้หรือถังสแตนเลสในน้ำที่มีการเติมกรดซัลฟิวริก โดยมีวัตถุประสงค์ในการแช่ ดังนี้

- เพื่อให้เมล็ดข้าวโพดนิ่ม

- เพื่อช่วยให้สามารถแยกโปรตีนที่อยู่ล้อมรอบเมล็ดสตาร์ชในเมล็ด โดยโมเลกุลของน้ำที่แช่ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรด
- เพื่อแยกเอาส่วนที่สามารถละลายน้ำออกไปจากเมล็ด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนคัพพะ

ข. การบดแยกเอาคัพพะออกจากเมล็ด ในขั้นตอนนี้จะบดเมล็ดที่มีความนุ่ม ซึ่งมีความชื้นประมาณร้อยละ 45 ด้วยเครื่องบดแยกคัพพะซึ่งจะทำให้ส่วนของคัพพะฉีกขาดออกจากเมล็ด

ค. ขั้นตอนที่บดเอาเยื่อใยออก เมื่อถึงขั้นตอนนี้ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่ คือ สตาร์ช กลูเตน และเปลือกหุ้มเมล็ด ส่วนต่างๆ เหล่านี้จะถูกแยกโดยการนำมาล้างผ่านตะแกรงอนุภาคที่หยาบ

ง. ขั้นตอนที่แยกสตาร์ชและกลูเตนออกจากกัน ของเหลวที่มีกลูเตนและสตาร์ชผสมกันอยู่นี้จะถูกนำมาแยกออกจากกันด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง จากนั้นก็นำแต่ละส่วนมาทำให้แห้ง

2) การบดหรือโม่แบบแห้ง ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ก. การทำความสะอาด เป็นการนำเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นร้อยละ 13 มาแยกสิ่งสกปรกออกโดยผ่านตะแกรงร่อนหลายๆ ชุด รวมทั้งใช้ลมเป่าเพื่อแยกส่วนเจือปนที่เบากว่าเมล็ดข้าวโพดออกไป

ข. ปรับความชื้นภายในเมล็ดข้าวโพด จะใช้เครื่องพ่นน้ำลงบนเมล็ดข้าวโพดที่สะอาดในถังพัก จนมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 14-16 แล้วจึงปล่อยให้แห้งในถังพักอีก 24-48 ชั่วโมง ก่อนนำไปโม่

ค. การโม่ เมล็ดข้าวโพดที่ปรับความชื้นจากถังพักจะถูกลำเลียงด้วยสายพานผ่านเข้าไปในเครื่องอบไอน้ำเพื่อให้เปลือกนอกของเมล็ดนิ่มขึ้น แล้วจึงไหลเข้าเครื่องโม่

ง. การแยกแป้งละเอียด แป้งที่ได้จากการโม่จะถูกทำให้แห้งด้วยเครื่องหมุนให้แห้ง (rotary dryer) จนเหลือความชื้นเพียงร้อยละ 11 แล้วผ่านตะแกรงร่อนอย่างละเอียด

จ. การแยกรำและคัพพะ ส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงร่อนจะถูกร่อนอีกครั้งด้วยตะแกรงขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนที่ไม่ผ่านตะแกรงจะเป็นรำและคัพพะ (ทรงฤทธิ์, 2545)

2.2 การร่อนของเมล็ดพันธุ์

การงอกของเมล็ดพันธุ์ หมายถึง การงอกและการพัฒนาการของต้นอ่อนถึงขั้นที่โครงสร้างที่สำคัญของส่วนต่างๆ ของต้นอ่อน ที่สามารถบ่งชี้ได้ว่าจะสามารถเจริญเติบโตต่อไปเป็นต้นพืชที่ปกติภายใต้สภาพแวดล้อมในดินที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม การให้คำจำกัดความหรือการให้ความหมายของการงอกของเมล็ดพันธุ์ของบุคคลในแต่ละสาขาอาชีพมีความแตกต่างกัน บุคคลโดยทั่วไปอาจจะมองว่าต้นอ่อนโผล่พ้นขึ้นมาเหนือดินก็แสดงว่าเมล็ดนั้นงอก สำหรับนักสรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์ได้ให้ความหมายว่า เมื่อใดก็ตามที่เห็นรากโผล่ออกมาแสดงว่าเมล็ดพันธุ์งอก ส่วนนักวิทยาศาสตร์ทางด้านเมล็ดพันธุ์และนักวิชาการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกพืชกล่าวว่า การงอกของเมล็ดพันธุ์หมายถึง เริ่มตั้งแต่เมล็ดพันธุ์มีกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้นในเมล็ดที่กำลังอยู่ในระยะพัก จนถึงระยะที่ต้นอ่อนเจริญเติบโต และพัฒนาไปเป็นต้นกล้าที่แข็งแรง (โสภิตา, 2546)

2.2.1. ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์

ปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ มีอยู่ 3 ปัจจัย คือ น้ำ ออกซิเจน และอุณหภูมิ เมื่อเมล็ดพันธุ์ได้รับปัจจัยดังกล่าวที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการ เมล็ดพันธุ์จะสามารถงอกและเจริญเติบโตเป็นต้นพืชที่แข็งแรงได้ ความสำคัญของแต่ละปัจจัยมีดังนี้

1) น้ำ เมื่อเมล็ดพันธุ์เจริญเติบโตเต็มที่พร้อมจะเก็บเกี่ยว ภายในเมล็ดจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่น้อยมาก เมื่อเมล็ดพันธุ์จะงอก น้ำเป็นปัจจัยแรกที่จะกระตุ้นให้เมล็ดพันธุ์ตื่นตัว กระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาเคมีและขบวนการเมตาบอลิซึมในเบื้องต้น เมล็ดพันธุ์ดูดน้ำเข้าไปทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่ม ทำให้เมล็ดพองโตขึ้น เนื่องจากการขยายของผนังเซลล์และโพรโทพลาสต์ เมื่อเปลือกเมล็ดอ่อนนุ่มทำให้รากแทงผ่านเปลือกได้สะดวกมากขึ้น เมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดต้องการน้ำสำหรับการงอกแตกต่างกัน บางชนิดหากได้รับน้ำมากเกินไปจะทำให้เมล็ดขาดออกซิเจนที่ใช้สำหรับหายใจและทำให้เมล็ดเน่า ในบางชนิดการที่เมล็ดพันธุ์ได้รับน้ำมากๆ อาจจะทำให้เมล็ดเข้าสู่สภาวะพักตัวใหม่ สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ ความหนาของเปลือก สารที่เคลือบอยู่ที่ผิวเปลือก ความเข้มข้นของน้ำ อุณหภูมิ และการสุกแก่ของเมล็ดที่ต่างกัน เป็นต้น

2) ออกซิเจน ออกซิเจนมีความสำคัญต่อขบวนการหายใจของเมล็ดพันธุ์ที่กำลังงอก เมล็ดพันธุ์ที่กำลังงอกต้องการพลังงาน และพลังงานนั้นได้จากขบวนการออกซิเดชัน โดยใช้ออกซิเจนคือ ขบวนการหายใจเมล็ดพันธุ์ที่กำลังงอกจะมีอัตราการหายใจสูง เมื่อเทียบกับการหายใจในช่วงอื่นๆ และจะมีกิจกรรมการสลายและเผาผลาญอาหารที่เก็บสะสมไว้ เมล็ดพันธุ์โดยทั่วไปจะงอกในสภาพ

บรรยากาศปกติที่มีออกซิเจนประมาณร้อยละ 20 และคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.03 แต่ก็มีเมล็ดพันธุ์พืชหลายชนิดที่งอกได้ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำกว่าปกติ เช่น พืชที่งอกได้ในน้ำ

เมล็ดพันธุ์ข้าวจะงอกได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ (พีชน้ำ) และสภาพที่มีออกซิเจนสูง ซึ่งลักษณะการงอกจะมีความแตกต่างกัน ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำจะงอกยอต่อออกมาก่อน แล้วจึงงอกในส่วนของรากออกมาทีหลัง (จินดา, 2514) และพลังงานที่ใช้ในการงอกจะมาจากขบวนการออกซิเดชันที่ไม่ใช้ออกซิเจนคือ ขบวนการ fermentation เมล็ดที่งอกจึงทนต่อการสะสมแอลกอฮอล์หรือสารพิษที่เกิดจากขบวนการหมักได้จนกว่าต้นกล้าจะงอกขึ้นเหนือน้ำและได้รับออกซิเจน ส่วนเมล็ดที่ต้องการออกซิเจนสูงสำหรับการงอกนั้น เมื่อได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ ดังเช่นในกรณีเมล็ดถูกฝังอยู่ลึกในดิน เมล็ดจะพักตัวจนกว่าจะมีการไถพรวนขึ้นมา จึงจะสามารถงอกได้ตามปกติ นอกจากนี้ อัตราการใช้ออกซิเจนจะเป็นตัวชี้การเกิดขบวนการงอก และเป็นตัววัดความแข็งแรงของเมล็ดอีกด้วย

3) อุณหภูมิ มีความสำคัญมากต่อการควบคุมและอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมี ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชตามมา ด้วยความแตกต่างของชนิดและถิ่นกำเนิดของพืช ทำให้พืชมีความต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอกที่แตกต่างกัน เช่น พืชเขตร้อน เอนไซม์และปฏิกิริยาชีวเคมีในเมล็ดพันธุ์พืชเขตร้อนยังทำงานได้เมื่ออุณหภูมิใกล้จุดเยือกแข็ง และเมล็ดยังสามารถงอกได้ในขณะที่ที่จุดเยือกแข็งจะเป็นอันตรายสำหรับการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชเขตร้อน ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม ซึ่งเกินกว่าที่เมล็ดพันธุ์จะสามารถงอกได้ เมล็ดบางชนิดอาจจะมีการพักตัวหรือบางชนิดอาจจะเสียชีวิตได้ ดังนั้นเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดจะมีระดับอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่เมล็ดจะสามารถงอกได้แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์ยังมีการปรับตัวต่อช่วงอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในรอบวัน คือ ถ้าอุณหภูมิกกลางคืนและกลางวันมีความแตกต่างกันมาก เมล็ดพันธุ์จะงอกได้ดีกว่าการได้รับอุณหภูมิที่สม่ำเสมอตลอดเวลา เช่น หญ้า blue grass จะงอกได้ดีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 16 ชั่วโมง

นอกจากปัจจัย 3 ชนิดข้างต้นที่จำเป็นในการงอกของเมล็ดพันธุ์โดยทั่วไปแล้ว ยังมีเมล็ดพันธุ์บางชนิดที่ต้องการแสงสำหรับการงอก เช่น ปอกระเจา ผักกาดเขียวปลี ผักกาดหอม และพริก เป็นต้น เมล็ดพันธุ์บางชนิดอาจจะต้องแสงเพียงเพื่อกระตุ้นการงอกในระยะใดระยะหนึ่งเท่านั้น สำหรับเมล็ดพันธุ์บางชนิด แสงจะเป็นตัวยับยั้งการงอก มีพืชบางกลุ่มเท่านั้นที่สามารถงอกได้ในที่ที่ไม่มีแสง เช่น พืชตระกูลหอม หรือไม้หัว และพืชในกลุ่มไม้ดอกบางชนิด เช่น ฟลิ๊ก พืชในกลุ่มนี้เมื่อได้รับแสงจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกลดลง

ปัจจัยของแสงที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแสงและระยะเวลาการให้แสงหรือช่วงแสง โดยทั่วไปความเข้มแสงสำหรับการงอกอยู่ในช่วง 0.08 ลักซ์ ถึง 5 ลักซ์ ส่วนช่วงแสงในช่วง visible light พบว่าช่วงแสงที่กระตุ้นการงอกเป็นช่วงตั้งแต่ 660-700 นาโนเมตร ซึ่งก็คือแสงสีแดง มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์มากที่สุด ช่วงที่กระตุ้นการงอกมากที่สุดคือ ที่ 670 นาโนเมตร และที่ความยาวของช่วงแสงมากกว่า 700 และสั้นกว่า 290 นาโนเมตร จะมีผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์ ในขณะเดียวกัน แสงสีน้ำเงินมักจะไม่มีผล เมื่อให้แสงสีแดงสลับกับแสงสีน้ำเงิน พบว่าการงอกของเมล็ดพันธุ์ขึ้นอยู่กับแสงสุดท้ายที่ได้รับ นอกจากนี้การตอบสนองของแสงต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาการดูดน้ำของเมล็ดด้วย

2.2.2. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์เกิดได้เนื่องจากมีน้ำเข้าไปกระตุ้น กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์เมื่อแก่เต็มที่และแห้งจะอยู่ในสภาวะเฉื่อย คือ ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นอัตราการหายใจ และการใช้พลังงานภายในเมล็ดพันธุ์เกิดขึ้นน้อยมาก ต่อเมื่อเมล็ดได้รับน้ำเข้าไปส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์ต่างๆ ภายในเซลล์เริ่มทำงาน เพราะฉะนั้นกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์จึงเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์สารที่จำเป็นต่อการทำงานของเซลล์ ขบวนการย่อยสลาย และขบวนการลำเลียงสารอาหารที่เก็บสะสมไว้ นำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอให้สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่ปกติ ซึ่งขบวนการต่างๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

- 1) การสังเคราะห์สารที่จำเป็นต่อการทำงานของเซลล์ สารที่จำเป็นต่อการทำงานของเซลล์ ได้แก่ เอนไซม์ DNA และ RNA ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนจะถูกชักนำในการสังเคราะห์เพิ่มขึ้นด้วย เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องได้มาจาก 2 แหล่ง คือ เอนไซม์ที่ถูกสร้างขึ้นขณะเมล็ดกำลังเจริญเติบโตจะถูกกระตุ้นให้ทำงาน เนื่องจากการเข้าไปของน้ำ เช่น amylopectin และ glucocidase เอนไซม์ 2 ตัวนี้จะปรากฏขึ้นทันทีหลังจากเมล็ดพันธุ์ดูดน้ำ แหล่งที่สองได้จากการเริ่มสังเคราะห์ขึ้นใหม่ โดยผ่านการควบคุมของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ที่เรียกว่า *de novo syntersis* โดยพบในเซลล์อะลิวโรน (aleulone) ในเมล็ดข้าวบาเลย์ เอนไซม์ที่สังเคราะห์ขึ้น ได้แก่ amylase, ribonuclease, protease และ lipase เป็นต้น พลังงานที่ต้องใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนต่างๆ ได้มาจาก ATP ซึ่งผลิตในไมโทคอนเดรียที่ต้นตัวภายหลังจากเมล็ดได้รับน้ำเข้ามา การทำงานของไมโทคอนเดรียในการผลิต ATP ทำให้เมล็ดพันธุ์มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับสภาพที่เมล็ดยังไม่งอก

2) การย่อยสลายสารอาหารที่สะสมในเมล็ดพันธุ์ สารอาหารที่เมล็ดพันธุ์เก็บสะสมไว้ในส่วนเนื้อเยื่อสะสมอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่สร้างขึ้นมา คาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ hydrolase เช่น amylase และ phosphorylase จากรูปน้ำตาลที่ละลายไม่ได้เป็นรูปน้ำตาลที่ละลายได้ โปรตีนถูกย่อยโดยเอนไซม์ protease ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สร้างขึ้นใหม่ในระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์ ได้กรดอะมิโน ส่วนการย่อยสลายไขมันจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ lipase ได้กรดไขมันและกลีเซอรอล การย่อยสลายอาหารที่เก็บสะสมไว้ในพีชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่แตกต่างกัน

3) การลำเลียงอาหารที่เก็บสะสม ดังนี้

ก. คาร์โบไฮเดรต การลำเลียงอาหารสะสมประเภทคาร์โบไฮเดรต จากที่เคยอยู่ในรูปของน้ำตาลที่ละลายไม่ได้ จะถูกย่อยให้อยู่ในรูปของน้ำตาลที่ละลายได้ ซึ่งเป็นรูปที่สามารถลำเลียงได้

ข. โปรตีน จะลำเลียงในรูปของสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายได้ เช่น amino acid โดย amino acid จะถูกลำเลียงไปที่เอ็มบริโอ เพื่อเป็นวัตถุดิบในการสร้างโปรตีนใหม่ ในส่วนที่มีการเจริญเติบโต

ค. ลิพิด จะถูกลำเลียงในรูปของกรดไขมันและกลีเซอรอล บางส่วนจะถูกลำเลียงไปเป็นวัตถุดิบในการสร้างสารพวก phospholipid และ glycolipid เพื่อสร้างเมมเบรนของออร์แกเนลล์และเซลล์ที่จะเกิดขึ้นใหม่

4) การเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ ในขณะที่เอ็มบริโอมีการเจริญเติบโต น้ำหนักของต้นอ่อนจะเพิ่มมากขึ้น ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อสะสมอาหารจะลดลง และการหายใจจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอในเนื้อเยื่อของต้นอ่อน ขณะเดียวกันขบวนการเมตาบอลิซึมที่เนื้อเยื่อสะสมอาหารจะลดลง ยกเว้นในส่วนของใบเลี้ยงซึ่งจะทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงได้ ต่อมาจะมีการยืดตัวและการเจริญเติบโตของยอดอ่อนเกิดเป็นใบแรก (primary leaf) และแกนกลางของเอ็มบริโอ ส่วนใต้ใบเลี้ยงจะเติบโตไปเป็นลำต้นใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl) ส่วนเหนือใบเลี้ยงจะเจริญเป็นลำต้นเหนือใบเลี้ยง (epicotyl) จากนั้นต้นอ่อนก็จะเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าปกติ

2.2.3.การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์

เมื่อเมล็ดพันธุ์ได้รับปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการงอก ซึ่งได้แก่ปัจจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวไว้เบื้องต้นแล้ว เมล็ดพันธุ์จะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพโดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1) เมล็ดพองโต จากสภาพโดยทั่วไปในเมล็ดพันธุ์ที่เจริญเติบโตเต็มที่เมล็ดจะแข็ง เนื่องจากภายในเมล็ดมีความชื้นต่ำมาก เมื่อเมล็ดได้รับน้ำเข้าไปโดยผ่านช่องเปิดธรรมชาติที่มีอยู่ เช่น ไฮลัม (hilum) หรือบาดแผลที่เกิดขึ้นที่บริเวณเปลือกเมล็ด เป็นต้น จะทำให้เมล็ดขยายขนาดใหญ่ขึ้น และเปลือกเมล็ดมีลักษณะอ่อนนุ่ม

2) การเจริญของราก ส่วนแรกที่จะเจริญออกมาจากเมล็ดพันธุ์ คือ รากแรกเกิด (radicle) ด้วยบทบาทของน้ำที่ทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่ม จึงทำให้รากแรกเกิดงอกได้สะดวกมากขึ้นรากแรกเกิดเมื่อเจริญพัฒนาต่อไปจะเป็นรากแก้ว เรียกว่า primary root เพื่อความอยู่รอดเมล็ดพันธุ์จะงอกส่วนรากออกมาก่อนเพื่อค้ำจุนต้นกล้า ดูนํ้าและแร่ธาตุอาหารส่งไปยังใบเลี้ยงและยอดอ่อน เพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโตของต้นกล้าต่อไป

3) การเจริญในส่วนของใบเลี้ยงและยอดอ่อน เมล็ดพันธุ์จะงอกส่วนที่เรียกว่าลำต้นเหนือใบเลี้ยง (epicotyl) และลำต้นใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl) ออกมา หลังจากนั้นใบเลี้ยงจะค่อยๆ เจริญออกมาและสลัดส่วนของเปลือกเมล็ดทิ้งไป พืชใบเลี้ยงคู่มีใบเลี้ยงสองใบ เมื่อโผล่ขึ้นมาเหนือดินจะเป็นส่วนแรกที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงในต้นกล้าได้ ส่วนพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีใบเลี้ยงเพียงใบเดียว ส่วนใหญ่ใบเลี้ยงจะตกค้างอยู่ภายในเมล็ด ทำหน้าที่ดูดอาหารจากเอนโดสเปิร์มส่งไปยังต้นอ่อนที่กำลังงอก ส่วนของลำต้นเหนือใบเลี้ยงและลำต้นใต้ใบเลี้ยง ในพืชใบเลี้ยงคู่จะเห็นได้ชัดเจนกว่าในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิดจะมีลำต้นเหนือใบเลี้ยงที่มีลักษณะยาวเป็นพิเศษ เรียกว่า ปล้องแรก (mesocotyl)

2.2.4.กลไกควบคุมการงอกของเมล็ดพันธุ์

เมื่อเมล็ดพันธุ์แก่เต็มที่ จะมีกลไกในการควบคุมการงอกซึ่งเมล็ดจะสร้างขึ้นมาเพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะแวดล้อมและฤดูกาลในธรรมชาติเพื่อความอยู่รอดของต้นอ่อน การควบคุมการงอกของเมล็ดพันธุ์โดยส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นโดยการลดความชื้นภายในเมล็ดลงเมื่อเมล็ดมีการสุกแก่เต็มที่ จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ขาดปัจจัยที่สำคัญในการงอกไป นั่นคือนํ้า สำหรับโครงสร้างที่ทำหน้าที่ควบคุมน้ำและอากาศที่จะเข้าไปในเมล็ดพันธุ์ก็คือ เปลือกเมล็ด เมล็ดพันธุ์บางชนิดถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้ำในเมล็ดมากแต่ก็ไม่สามารถงอกได้ เนื่องจากเมล็ดมีกลไกในการป้องกันการงอก เช่น ภายในเมล็ดอาจจะมีสารยับยั้งการงอกอยู่ นอกจากนี้ยังมีเมล็ดพันธุ์หลายชนิดที่สามารถงอกได้ทั้งๆ ที่ยังไม่หลุดร่วงออกจากต้นแม่ การงอกลักษณะนี้เรียกว่าการงอกค้ำต้น (vivipary) เช่น ต้นแสม ต้นโกงกาง เป็นต้น โดยเมล็ดพันธุ์จะงอกส่วนรากที่ แข็งแรง มีลักษณะคล้ายฝัก ทิ่มลงในโคลน

เบื้องล่างเพื่อฝังตัว ลักษณะที่เกิดขึ้นเป็นการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของพืช ไม่ให้เมล็ดพันธุ์หลุดลอยไปในบริเวณน้ำลึก

กลไกที่ควบคุมการงอกที่สำคัญอีกแบบคือ การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ ถึงแม้ว่าจะมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและมีปัจจัยสนับสนุนการงอกครบ แต่เมล็ดพันธุ์ก็ไม่สามารถงอกได้ ซึ่งจะเกิดผลดีต่อเมล็ดคือ ทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้ในถิ่นที่เหมาะสมต่อความอยู่รอดของต้นอ่อน และการพักตัวจะจำกัดไม่ให้เมล็ดพันธุ์งอกในสถานะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน เช่น ในฤดูที่มีอุณหภูมิสูงเกินไป มีความชื้นไม่เพียงพอ หรือมีช่วงฤดูฝนที่สั้นเกินไป

2.3 กว๋ยเตี่ยว

กว๋ยเตี่ยวเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่ผูกพันกับการดำรงชีวิตของคนไทยมาโดยตลอด ความนิยมในการบริโภคกว๋ยเตี่ยวมีเพิ่มขึ้น โดยสังเกตได้จากธุรกิจการค้าขายกว๋ยเตี่ยวที่มีการเติบโตสูงขึ้นในปัจจุบัน จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์สันนิษฐานว่า กว๋ยเตี่ยวในประเทศไทยได้เริ่มประมาณสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ซึ่งเป็นช่วงที่ประเทศไทยมีการติดต่อค้าขายกับชาวต่างชาติ รวมถึงชาวจีนซึ่งเป็นชนชาติที่นำกว๋ยเตี่ยวเข้ามาในประเทศไทย นอกจากนี้ในสมัยที่จอมพล ป. พิบูลย์สงคราม เป็นนายกรัฐมนตรี ได้มีนโยบายรัฐนิยมที่สนับสนุนให้คนไทยบริโภคกว๋ยเตี่ยว เพื่อเป็นการแก้ไขเศรษฐกิจของชาติในขณะนั้นด้วย (เบญจพล, 2547)

กว๋ยเตี่ยว คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำแป้งข้าวเจ้าที่มีความเข้มข้นเหมาะสมมาทำให้ร้อนในขณะที่น้ำแป้งมีลักษณะเป็นฟิล์มบางจนเกิดการเจลาติไนเซชัน แล้วจึงลดความชื้นส่วนเกินลงจนได้แผ่นแป้งที่มีความคงตัว ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ คือ ข้าว วัตถุดิบที่นำมาผลิตแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากในปัจจุบันผู้ผลิตไม่สามารถควบคุมคุณภาพวัตถุดิบให้สม่ำเสมอได้ เพราะข้าวหรือข้าวหักที่ใช้เป็นวัตถุดิบนั้นเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว ซึ่งมีกรรมพันธุ์ข้าวต่างชนิดเข้าด้วยกัน ข้าวต่างสายพันธุ์จะมีปริมาณอะไมโลสภายในเมล็ดแตกต่างกัน จึงมีผลต่อคุณภาพของกว๋ยเตี่ยว โดยข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับของเส้นกว๋ยเตี่ยวมีค่าสูงขึ้น (Tatsumi *et al.*, 2001)

2.3.1. ชนิดของกว๋ยเตี่ยว

กว๋ยเตี่ยวสามารถแบ่งตามลักษณะของเส้นได้ 4 ชนิด คือ (ณรงค์, 2538; วิภา, 2541)

1) เส้นกล้วยเดี่ยวสด เป็นกล้วยเดี่ยวที่ได้จากการนำแผ่นกล้วยเดี่ยวมาหั่นเป็นเส้น โดยไม่ผ่านขั้นตอนการทำให้แห้ง อาจเป็นเส้นเล็กหรือเส้นใหญ่ก็ได้ เส้นเล็กมีขนาดกว้างประมาณ 0.4-0.5 เซนติเมตร ส่วนเส้นใหญ่มีขนาดกว้างประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร กล้วยเดี่ยวทั้งสองชนิดมีความชื้นประมาณร้อยละ 62-64 เป็นกล้วยเดี่ยวที่เก็บได้ไม่นาน ต้องรับประทานภายใน 1-2 วัน

2) กล้วยเดี่ยวเส้นเล็กกึ่งแห้ง เป็นกล้วยเดี่ยวที่ผ่านการอบแห้ง และผึ่งลมมาบ้างแล้ว เพื่อลดความชื้นลง กล้วยเดี่ยวชนิดนี้มีความชื้นประมาณร้อยละ 37 ปกติเก็บรักษาได้เพียง 2-3 วันเท่านั้น

3) กล้วยเดี่ยวเส้นเล็กแห้ง เป็นกล้วยเดี่ยวที่มีการตัดเป็นเส้น จากนั้นทำให้แห้งจนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานในสภาวะที่เหมาะสม

4) แผ่นกล้วยจับ เป็นกล้วยเดี่ยวที่นึ่งให้สุกเพียงครั้งเดียวของความหนา แล้วตัดให้มีขนาด 3.0-3.5 เซนติเมตร มักเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยมีความชื้นประมาณร้อยละ 12 เมื่อนำมาต้มสุกจะม้วนเป็นหลอด

2.3.2.วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเส้นกล้วยเดี่ยว (ศรัลย์ภัทร์, 2551)

1) ข้าวเจ้า

ข้าวมียแห่งกำเนิดในเอเชียอาคเนย์แล้วแพร่หลายไปยังยุโรปและญี่ปุ่น ข้าวที่ปลูกในปัจจุบันมีวิวัฒนาการมาจากข้าวที่ขึ้นเอง โดยการคัดเลือกพันธุ์ของคนและธรรมชาติจนได้พันธุ์ที่มีเมล็ดโต ร่วงยาก ข้าวเจริญได้ดีในดินที่แตกต่างกันมาก เช่น บนพื้นที่ราบสูง ที่ราบลุ่มมีน้ำขัง หรือแม้กระทั่งบริเวณที่มีดินเค็มจัด และเจริญได้แม้ในแถบที่มีอากาศค่อนข้างหนาวอีกด้วย ด้วยเหตุนี้เอง จึงทำให้มีการปลูกข้าวกันอย่างแพร่หลาย

ข้าวมียเมล็ดแบ่งที่มีขนาดเล็กเพียง 3-5 ไมครอน โดยมีรูปร่างเป็นทรงกลมหรือหลายเหลี่ยม องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวเป็นคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 90 ซึ่งเป็นสตาร์ชเกือบทั้งหมด นอกจากนี้ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 7 ไขมันร้อยละ 1.5 และเป็นวิตามิน เกลือแร่ และสารอาหารอื่นอีกร้อยละ 1.5 โดยสตาร์ชในเมล็ดข้าวประกอบด้วยอะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกติน (amylopectin) ซึ่งเป็นสายของกลูโคสต่อกันเป็นสายยาวต่างกันที่สายโซ่อะไมโลสจะน้อยกว่าอะไมโลเพกติน และสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินจะขึ้นอยู่กับชนิดของสตาร์ชนั้นๆ (อรอนงค์, 2547) โดยข้าวสามารถจำแนกประเภทออกได้ตามปริมาณอะไมโลส ได้แก่ ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 10-19) ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง (ร้อยละ 20-25) และข้าวเจ้าอะไมโลสสูง (ร้อยละ 26-34) (งามชื่น, 2538)

ข้าวเจ้าที่ใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวมักมีผลต่อคุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยวมาก โดยปกติแล้วข้าวที่ใช้จะเป็นข้าวเจ้าเมล็ดแข็ง มีปริมาณอะไมโลสสูงระหว่างร้อยละ 27-33 (อรอนงค์, 2547) โดยเมล็ดหรือข้าวเปลือกหลังจากที่ได้เก็บเกี่ยวมาแล้วควรเก็บไว้นานประมาณ 6 เดือนขึ้นไป ซึ่งจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 20 จากนั้นนำมาตากแดดผึ่งหรืออบด้วยเครื่องทำแห้ง จนความชื้นเหลือร้อยละ 12 ซึ่งถ้าน้อยกว่านี้เวลาสีข้าวจะทำให้ข้าวหักมาก แต่ถ้าความชื้นสูงกว่านี้จะทำให้เก็บข้าวได้ไม่นาน เพราะจะมีราเกิดขึ้นได้ง่าย จากนั้นนำข้าวเปลือกที่ได้มาเข้าเครื่องสี จะได้ข้าวสารขาวและข้าวหัก ซึ่งข้าวหักนี้จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวต่อไป

2) น้ำ

น้ำที่ใช้ในการผลิตควรเป็นน้ำสะอาดเหมาะสมสำหรับบริโภค ปราศจากสารแขวนลอย มีความกระด้างต่ำ มีคลอรีน 0.2-0.5 ppm pH 5.0-7.0 ซึ่งจะให้เจลที่มีความเหนียวสูงสุด ถ้ามี pH สูงหรือต่ำกว่านี้ เจลจะมีความเหนียวน้อยลงเนื่องจากโมเลกุลแบ่งแตกตัว นอกจากนี้ถ้าใช้ไม่ควรมีเกลือแคลเซียมหรือแมกนีเซียมมากเกินไปเพราะเกลือทั้งสองนี้มีผลทำให้เม็ดแบ่งแตกตัวยาก และถ้ามีเหล็กหรือสารแขวนลอยอยู่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำ (ณรงค์, 2538; วิภา, 2541)

3) แป้งมันสำปะหลัง

ถิ่นกำเนิดของแป้งมันสำปะหลังอาจกล่าวได้ว่าอยู่ในอเมริกาใต้ บราซิล/เม็กซิโก มีการเรียกชื่อต่างๆ กันตามรากศัพท์ภาษาอังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน โปรตุเกส เช่น cassvr, mandioca, yucca และ manioc ในทางพฤกษศาสตร์มันสำปะหลังเป็นพืชในวงศ์ (Class) ใบเลี้ยงคู่ (Dicotyledoneae) ตระกูล (Family) Euphobiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihob esculenta* Crantz (แต่เดิมมีการใช้ชื่อว่า *Manihotutilissima* Phoi)

แป้งมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว ลักษณะเด่นของแป้งมันสำปะหลัง คือ มีความบริสุทธิ์สูง มีสิ่งปนเปื้อนต่ำโดยจะมีสตาร์ชอยู่มากกว่าร้อยละ 95 และมีปริมาณโปรตีน ไขมัน อยู่ค่อนข้างต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ 1) มีฟอสฟอรัสน้อยกว่าร้อยละ 0.04 ลักษณะของเม็ดแป้งเมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมีรูปร่างเป็นเม็ดกลมหรือรูปไข่ และอาจมีรอยบุ๋มที่ปลายด้านหนึ่งของเม็ดแป้งโดยส่วนใหญ่จะมีขนาดปานกลาง คืออยู่ในช่วง 3-40 ไมครอน และมีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 12-15 ไมครอน แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำ คือ ร้อยละ 18-23 และมีขนาดแตกต่างกัน โดยมีค่า degree of polymerization (DP) ตั้งแต่ 1100-3220 ซึ่งทั้งนี้

ขึ้นอยู่กับวิธีที่ใช้ในการวัดขนาดคุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยากับน้ำ ที่สำคัญในการนำแป้งไปใช้ประโยชน์ เม็ดแป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเมื่อได้รับความร้อนพลังงานความร้อนจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างของเม็ดแป้ง ทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถเข้าไปจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระของเม็ดแป้งได้ เม็ดแป้งจะเริ่มพองตัวขึ้นซึ่งกำลังการพองตัวของเม็ดแป้งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของแป้ง ปริมาณและโครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน สารอื่นๆ ที่มีอยู่ในแป้ง เช่น ไขมัน หมู่ฟอสเฟต เป็นต้น แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีกำลังการพองตัวต่ำกว่าแป้งที่มีอะไมโลสต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของอะไมโลสอาจจับตัวกับไขมันทำให้ขัดขวางการพองของเม็ดแป้งได้ แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นแป้งที่มีอะไมโลสต่ำจึงมีกำลังการพองตัวที่ดี และมีค่าความสามารถในการละลายได้ซึ่งสัมพันธ์กับการพองตัวสูง โดยค่ากำลังการพองตัววัดได้จากน้ำหนักของเม็ดแป้งที่พองตัวอย่างอิสระในน้ำหนักแห้งของแป้ง โดยทั่วไปเมื่อเม็ดแป้งที่พองตัวได้รับความร้อนเม็ดแป้งจะเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพของแป้งเปียก (paste) ที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมาก และเมื่อแป้งเย็นลงจะเกิดเป็นเจลขึ้น อย่างไรก็ตามลักษณะความหนืดของแป้งเปียกและการเกิดเจลในแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ลักษณะความหนืดของแป้งมันสำปะหลังที่เปลี่ยนแปลงไปภายใต้สภาวะที่มีการเปลี่ยนอุณหภูมิและมีการกวนอยู่ตลอดเวลา สามารถตรวจสอบได้โดยใช้เครื่องวัดความหนืด Rapid Visco Analyzer แป้งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อนจะมีค่ากำลังการพองตัวสูง จึงทำให้ความหนืดสูง (peak viscosity) แต่แป้งเปียกที่ยังคงได้รับความร้อนและแรงกลอย่างต่อเนื่องจะมีความหนืดลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นแป้งเปียกของแป้งมันสำปะหลังจะไม่คงตัวมากนัก (ค่า breakdown) ซึ่งลักษณะเช่นนี้เป็นข้อจำกัดในการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารให้ความหนืด ในผลิตภัณฑ์บางชนิดจึงจำเป็นต้องมีการตัดแปรงเพื่อช่วยลดความคงตัวของแป้งเปียก เมื่อแป้งเปียกของแป้งมันสำปะหลังเย็นตัวลง ความหนืดจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (final viscosity) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีอะไมโลสค่อนข้างต่ำ ทำให้เกิดการจับกันของหมู่ไฮดรอกซิลของอะไมโลสในระหว่างเย็นตัวต่ำ (retrogradation) แป้งมันสำปะหลังที่เกิดการคืนตัว (ค่า setback) และให้ลักษณะของแป้งเปียกที่ใส ไม่ทึบแสง เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่น (ฉวีวรรณ และภริตา, 2546)

4) สารเคมี

โซเดียมหรือโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตกล้วยเดี่ยวนั้นมีจุดประสงค์เพื่อรักษาหรือฟอกสีของเส้นกล้วยเดี่ยวนั้นมากกว่าเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ ซึ่งซัลเฟอร์มีผลต่อ

สปอร์เชื้อราและแบคทีเรียมากกว่ายีสต์ ดังนั้นเมื่อใช้ร่วมกับโซเดียมเบนโซเอตซึ่งมีผลต่อยีสต์จึงสามารถป้องกันการเน่าเสียได้ดี โดยทั่วไปซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะระเหยไปกับไอน้ำถึงร้อยละ 90 สำหรับกรดเบนโซอิกหรือโซเดียมเบนโซเอตถือว่าเป็นสารเคมีที่ใช้ได้ผลดี ถ้าอยู่ในรูปของเกลือจะละลายน้ำได้ดีกว่าอยู่ในรูปของกรด กรดเบนโซอิกจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย แต่จะทำให้สีอาหารเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วจึงใช้ร่วมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยปริมาณกรดเบนโซอิกหรือโซเดียมเบนโซเอตที่อนุญาตให้ใช้ได้ทั่วไปไม่เกิน 1,000 ppm

5) น้ำมันที่ใช้เคลือบแผ่นกวยเตี๋ยว

ต้องเป็นน้ำมันที่บริโภคได้ มีคุณภาพดี ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน และไม่ควรเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิสูง โดยปกติโรงงานอุตสาหกรรมกวยเตี๋ยวมักใช้น้ำมันพืช ได้แก่ น้ำมันถั่วลิสง ทั้งนี้น้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วไม่ควรนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตซ้ำอีก (กัลยาณี, มปป.)

2.3.3.กรรมวิธีการผลิตกวยเตี๋ยว

1) การทำความสะอาด ข้าวหรือข้าวหักที่ซื้อมาเป็นวัตถุดิบมักจะมีสิ่งเจือปนและสิ่งสกปรกมาด้วย อาจจะมีกรวด เศษผงต่างๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเอาสิ่งสกปรกออก โดยใช้เครื่องจักรหรือด้วยแรงคนขึ้นอยู่กับขนาดของโรงงานที่ทำการผลิต

2) การล้างข้าวและแช่ข้าว เนื่องจากข้าวที่ใช้ในการผลิตอาจมีสิ่งปนเปื้อนมากโดยเฉพาะกรวดทราย ผุ่นละออง ก่อนล้างควรผ่านตะแกรงร่อนแยกเอาสิ่งเหล่านี้ออกก่อน การล้างควรใช้น้ำมากๆ และคนอยู่เสมอ อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดข้าวที่ใช้อยู่ระหว่าง 2.5:1 ถึง 4:1 ขึ้นอยู่กับสิ่งสกปรก การล้างควรทำอย่างรวดเร็ว ล้างจนน้ำที่ล้างใส บางโรงงานใช้อะลูมิเนียมซัลเฟต (สารส้ม) ผสมช่วยให้ข้าวขาวและตกตะกอนสิ่งที่ถูกขัดแยกออกมา และแช่ข้าวที่ล้างแล้วด้วยน้ำสะอาดเช่นกัน เมื่อข้าวอ่อนตัวจะโม่ได้ง่าย การล้างแบบเก่าจะใช้แรงงานคนโดยใช้มือถู การล้างแบบนี้จะไม่สะอาดพอและเสียเวลา ในปัจจุบันจึงนิยมใช้เครื่องล้างซึ่งจะทุ่นแรงและเป็นการล้างที่สมบูรณ์ขึ้น เพราะเครื่องล้างจะขัดสีผิวนอกของเมล็ดข้าวขณะที่หมุนซึ่งใช้เวลาครั้งละ 10-15 นาที ถ้าเมล็ดขาวสะอาดแล้ว อาจล้างเพียง 3 ครั้ง การล้างต้องขัดสีข้าวให้ขาวปราศจากเศษรำที่ติดอยู่ เมล็ดข้าวที่ล้างสะอาดจริงๆ เมื่อนำไปเข้ากรรมวิธีจะได้เส้นกวยเตี๋ยวที่ขาวสะอาด ไม่เปื่อยยุ่ย หรือไม่ขาดง่าย ถ้านำมาผลิตกวยเตี๋ยวบั้งจะเก็บได้นาน ไม่เหม็นหืนง่าย เนื่องจากไขมันถูกล้างออกเป็นส่วนใหญ่

3) การโม่ข้าว วิธีการโม่ข้าวมีผลต่อความหนืดของเส้นกวยเตี๋ยว วิธีการโม่มี 2 วิธี คือ การโม่แห้ง และการโม่เปียก ในการโม่แห้งเม็ดแบ่งไม่แตกมากทำให้ดูตื้น้ำข้าว เส้นกวยเตี๋ยวจะขาดง่าย แต่

ถ้าไม่เปียกโดยผสมน้ำในอัตราส่วนที่พอเหมาะ เม็ดแป้งจะแตกละเอียดดูน้ำได้เร็ว ทำให้อะไมโลสและอะไมโลเพกตินจับตัวกันได้ดี เส้นกวยเตี๋ยวจะเหนียว อุปกรณ์ที่ใช้มีส่วนใหญ่เป็นไม้หั่นที่หมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (มีผลให้เม็ดแป้งแตกตัวได้มาก) ซึ่งสามารถปรับช่องระหว่างหินไม้ซึ่งจะทำให้ไม้แป้งได้หยาบหรือละเอียด การทำกวยเตี๋ยวต้องไม่ให้ละเอียด อย่างไรก็ตามการไม้แป้งละเอียดโดยการปรับหินไม้ให้ชิดนี้ จะทำให้หินไม้สึกกร่อนเร็ว ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเซาะหินไม้มากขึ้น แต่ก็ป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะทำให้เส้นกวยเตี๋ยวมีความเหนียวตรงกับความต้องการของผู้บริโภค น้ำแป้งที่ได้ควรเก็บไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้ น้ำซึมเข้าไปในเม็ดแป้งมากขึ้น และทำการหมักน้ำแป้งเพื่อให้มีค่า pH ที่เหมาะสม จะได้เส้นกวยเตี๋ยวที่มีลักษณะเหนียวนุ่ม

4) การกรอง น้ำแป้งที่ได้ควรผ่านการกรองโดยใช้ filter press (ไม่เป็นระบบต่อเนื่อง) หรือ rotary filter (ระบบต่อเนื่อง) ขึ้นอยู่กับระบบการทำงาน น้ำแป้งที่ผ่านเครื่องกรองจะมีความชื้นร้อยละ 40-43

5) การนึ่ง เมื่อน้ำแป้งผ่านการกรองแล้ว จะผ่านเข้าตู้นึ่งที่มีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ถูกต้องและสม่ำเสมอ น้ำแป้งจะเข้าตู้นึ่งด้วยเครื่องมือที่เป็นลูกกลิ้ง มีการปรับความหนาบางตามความต้องการ มีใบมีดทำหน้าที่ปาดแผ่นฟิล์มออกจากผิวของแท่งเหล็กลูกกลิ้ง โดยผ่านสายพานที่ทำด้วยแท่งเหล็กสแตนเลสหรือผ้าใบ ซึ่งสายพานผ้าใบมีราคาถูกกว่า แต่มีอายุการใช้งานเพียง 1 เดือนเท่านั้น ในขณะที่สายพานสแตนเลสมีราคาแพง แต่มีอายุการใช้งานได้ถึง 1 ปี นอกจากนี้กวยเตี๋ยวที่ได้จากการนึ่งบนสายพานผ้าใบจะมีลักษณะอมน้ำเปื่อยยุ่ย ดังนั้นผู้ผลิตจึงนิยมใช้สายพานสแตนเลส โดยน้ำแป้งจะฉาบบนสายพานแล้วเคลื่อนเข้าอุโมงค์ที่ให้ความร้อนโดยไอน้ำร้อน ความยาวตู้นึ่งประมาณ 30 ฟุต ใช้เวลาที่น้ำแป้งอยู่ในอุโมงค์ 3 นาที แป้งที่ออกมาจะสุกพอดี ระหว่างแป้งเคลื่อนที่ในอุโมงค์ จะมีน้ำมันพืชซึ่งปกติจะใช้น้ำมันถั่วลิสงหยดเป็นระยะเพื่อให้เส้นมัน ลื่น ไม่ติดสายพาน แต่ไม่ควรใช้มากเพราะจะทำให้อายุการเก็บรักษากวยเตี๋ยวน้อยลง เกิดกลิ่นหืนได้

6) การผึ่งลม สำหรับเส้นกวยเตี๋ยวสด เมื่อแผ่นกวยเตี๋ยวนอกจากอุโมงค์นึ่งจะมีสายพานเหล็กเป็นซี่ๆ มารับกวยเตี๋ยว ผึ่งลมโดยใช้พัดลมเป่าให้เส้นเย็นตัวลง นำไปตัดเป็นเส้นต่อไป หากต้องการทำให้เส้นหมาดควรนำไปผึ่งลมหรือตากหรืออบ เพื่อลดความชื้นประมาณ 1 ชั่วโมง

7) การอบ กรณีต้องการผลิตกวยเตี๋ยวบแห้งหรือกวยเตี๋ยวเส้นจันท์ ควรติดตั้งเตาอบเพิ่มเติม เพื่อลดความชื้นเหลือร้อยละ 11-12 ปกติอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งประมาณ 45-50

องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง หากอุณหภูมิสูงกว่านี้ จะทำให้เส้นแห้ง แตก และมีลักษณะเป็น ปล้องसान (cracking)

8) การตัดเส้นก้วยเตี่ยว เมื่อสายพานแผ่นก้วยเตี่ยวสุกเคลื่อนที่ออกจากอุโมงค์ไอน้ำ แผ่นก้วยเตี่ยวจะเคลื่อนไปตามสายพาน โดยมีพัดลมคอยเป่าเป็นระยะให้แห้ง จนถึงจุดตัดก้วยเตี่ยวแผ่นใหญ่ ตรงจุดนี้จะมีช่องที่จะให้น้ำมันพืชหยดสัมผัสกับแผ่นก้วยเตี่ยว เพื่อให้แผ่นก้วยเตี่ยวไม่ติดกัน เมื่อซ้อนกันหลังจากที่ทำการตัด อย่างไรก็ตามการตัดจะแตกต่างกันไปตามชนิดของก้วยเตี่ยว

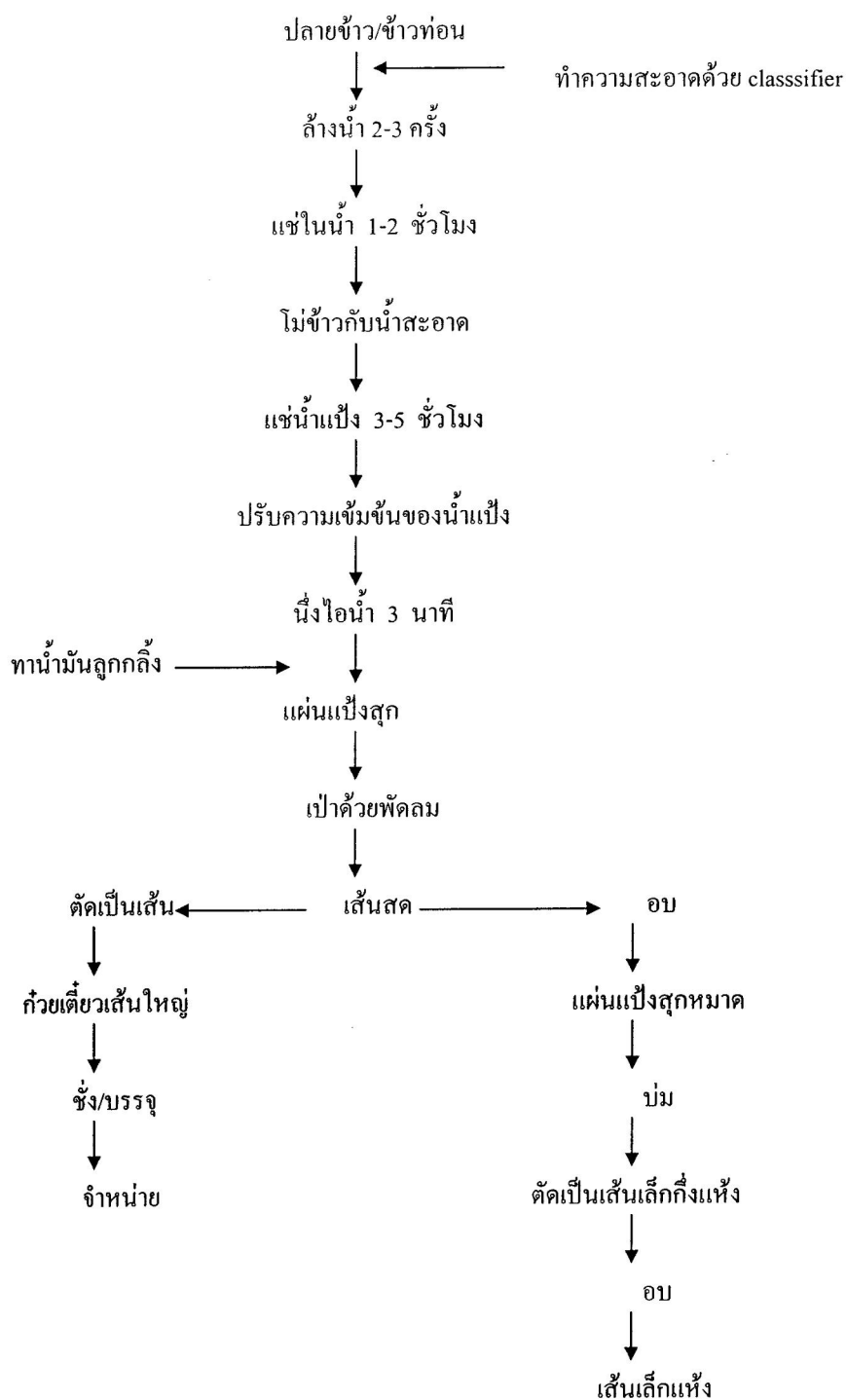
9) การบรรจุ ไม่ว่าจะเป็นเส้นก้วยเตี่ยวสดหรือเส้นก้วยเตี่ยวแห้งควรบรรจุกับโตะที่มีความสูงไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร ไม่ควรบรรจุกับพื้นโรงงานโดยตรง ภาชนะบรรจุที่ใช้โดยเฉพาะกับเส้นก้วยเตี่ยวอบแห้งควรใช้วัสดุที่ความชื้นผ่านเข้าออกไม่ได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เส้นก้วยเตี่ยวถูกความชื้นจากภายนอก และทำให้เกิดปัญหาการเสื่อมคุณภาพ ซึ่งภาชนะบรรจุต้องเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องภาชนะบรรจุ

10) การเก็บผลิตภัณฑ์ ควรจัดแยกเป็นสัดส่วน เก็บในที่ที่มีอากาศถ่ายเท ไม่อับชื้น มีแสงสว่างเพียงพอ มีชั้นหรือยกพื้นรองรับ สามารถเก็บเส้นก้วยเตี่ยวในสภาวะบรรยากาศและสุญญากาศได้ โดยไม่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด และปริมาณยีสต์รา

2.3.4.ความผิดปกติของเส้นก้วยเตี่ยว

1) การเกิดรอยแตกหรือปล้องसान (Checking or cracking) ทำให้เส้นไม่น่ารับประทานมีความเหนียวน้อยลง ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดจากวิธีการทำให้เย็นตัวหรือการเก็บไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดการหดตัวหรือขยายตัวภายในเส้นก้วยเตี่ยวจนกระทั่งเนื้อแยกออกจากกัน รอยแตกของเส้นก้วยเตี่ยวอาจมีสาเหตุจาก 4 ประการ คือ เกิดจากการใช้ความร้อนในการทำให้แห้งสูงเกินไป เกิดจากการใช้ความร้อนปานกลาง เกิดจากการดูดซึมน้ำ และเกิดจากการหดตัวของผิว การเกิดรอยแตกแบบแรกเกิดจากการใช้ความร้อนในการทำให้แห้งสูงมากเกินไปในระยะแรกของการทำให้แห้งแต่ได้ลดอุณหภูมิลงในระยะต่อมาจะทำให้เนื้อภายในหดตัว แต่เนื่องจากผิวนอกแข็งไม่สามารถหดตัวตามได้ เนื้อภายในจะเกิดรอยแตกขึ้น เนื้ออาจแยกออกจากกันหรือแยกออกจากผิวก็ได้ การป้องกันความผิดปกติชนิดนี้ต้องนำก้วยเตี่ยวมาผึ่งลมให้แห้งหมาดๆ ก่อนแล้วจึงนำมาผึ่งแดดให้แห้งสนิท

กรรมวิธีการผลิตก้วยเตี่ยว



ภาพ 2.3 กรรมวิธีการผลิตก้วยเตี่ยว

ที่มา: ฉวีวรรณ และภริตา, 2546

ส่วนรอยแตกที่เกิดจากสาเหตุที่สองนั้นเกิดจากการใช้อุณหภูมิให้แห้งค่อนข้างสูงแต่ยังไม่ทำให้เกิดเปลือกแข็ง การระเหยของน้ำเป็นไปโดยไม่ทำให้เกิดแรงกดดันภายในเส้น กล่าวคือ อัตราการระเหยน้ำไม่เร็วมากจนกระทั่งความชื้นที่อยู่ส่วนลึกเข้าไปเคลื่อนมาสู่ผิวไม่ทัน ในลักษณะเช่นนี้ความชื้นที่บริเวณผิวของเส้นจะต่ำมาก ในขณะที่ความชื้นของเส้นที่อยู่ลึกเข้าไปข้างในจะสูง เมื่อหยุดการทำให้แห้งความชื้นที่อยู่ภายในจะกระจายออกมา ทำให้ผิวขยายตัว ส่วนเนื้อที่อยู่ภายในจะสูญเสียความชื้นและหดตัวทำให้เกิดแรงกดดันและเกิดรอยแตกขึ้น ลักษณะเช่นนี้มักเกิดขึ้นเสมอในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยเฉพาะเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เก็บไว้ระยะหนึ่ง การแก้ไขอาจทำได้โดยการผึ่งเส้นก๋วยเตี๋ยวเพื่อลดความชื้นระหว่างผิวและเนื้อในไม่มากนัก ขณะทำให้แห้งแรงกดดันจึงมีน้อย ไม่ทำให้เกิดรอยแตก

สำหรับการแตกที่เกิดจากการดูดซึมน้ำนั้นเกิดขึ้นขณะเก็บก๋วยเตี๋ยวแห้งไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง ก๋วยเตี๋ยวจะดูดน้ำจากสภาพแวดล้อมและขยายตัวออก ทำให้เนื้อที่ผิวหลุดออกจากเนื้อที่อยู่ลึกเข้าไป ลักษณะเช่นนี้มักเป็นปัญหามากในการผลิตก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตในฤดูฝน แก้ไขได้โดยเก็บก๋วยเตี๋ยวในภาชนะที่ปิดสนิท หรือบรรจุก๋วยเตี๋ยวไว้ในภาชนะที่ป้องกันความชื้นได้ รอยแตกชนิดสุดท้ายเกิดจากการหดตัวของผิวแห้งเมื่อนำก๋วยเตี๋ยวไปเก็บที่แห้ง รอยแตกชนิดนี้มักจะเกิดขึ้นระหว่างเส้นและไม่ลึกนัก จึงไม่ค่อยมีผลต่อคุณภาพมากนัก

2) การเปลี่ยนสี การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวบางครั้งพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีค่อนข้างเหลือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บไว้ในเวลานาน ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำให้เกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับกรดอะมิโน การเกิดสีน้ำตาลแบบนี้จะลดน้อยลงถ้าใส่โซเดียมไบซัลไฟต์ลงไปปริมาณร้อยละ 0.1

2.3.5.คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว

1) คุณภาพทางโภชนาการ ก๋วยเต๋อมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับข้าวที่ใช้ผลิต มีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และกาก โดยทั่วไปอยู่ร้อยละ 7.14, 0.89, 91.12, 0.5 และ 0.35 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามคุณค่าทางโภชนาการอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับข้าวที่ใช้ เช่น ก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากข้าว กข-1 จะมีโปรตีนค่อนข้างต่ำ คือ ร้อยละ 6.2 แต่ถ้าหากทำจากข้าวเหลืองประทิวจะมีโปรตีนสูงประมาณร้อยละ 7.12

2) คุณภาพทางกายภาพ ก๋วยเต๋อมีสีแตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในข้าว โดยก๋วยเตี๋ยวที่เป็นผลผลิตจากข้าวที่มีโปรตีนสูง จะมีสีคล้ำกว่าก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากข้าวที่มีโปรตีนต่ำ

ซึ่งสีเหลืองคล้ำเกิดจากปฏิกิริยา non-enzymatic browning นอกจากนี้สีเหลืองจะเกิดมากขึ้นถ้าใช้น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง อย่างไรก็ตามการขัดขาวก็มีผลต่อสีของกล้วยเดี่ยว ข้าวที่ผ่านการขัดจนขาวทำให้โปรตีนถูกกำจัดออกไปมากทำให้กล้วยเดี่ยวมีสีขาวมากขึ้น นอกจากสีแล้วความเหนียวของกล้วยเดี่ยวก็แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับข้าวที่ใช้ กล้วยเดี่ยวที่มีคุณภาพดีควรมีเส้นใส ไม่กรอบหักง่าย ไม่มีสิ่งเจือปน ไม่มีรอยแตกบนเส้น เมื่อนำมาทำให้คั้นตัวแล้วควรให้เส้นที่เหนียว (ฉวีวรรณ และภริตา, 2546)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุภารัตน์ (2547) ได้ทำการศึกษาการใช้แป้งถั่วเขียวทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเส้นบะหมี่ โดยศึกษา 4 อัตราส่วน คือ 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60 แล้วประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความเหนียวยืดหยุ่น ความเรียบเนียนของผิวเส้น และความชอบรวม พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับบะหมี่ที่ใช้แป้งถั่วเขียวทดแทนที่อัตราส่วน 30:70 มากที่สุด ซึ่งมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และแตกต่างจากบะหมี่สูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ยังพบว่าแป้งถั่วเขียวที่ได้จากกรรมวิธีการโม่แบบแห้งมีองค์ประกอบทางเคมีด้านความชื้นร้อยละ 9.49 ไขมันร้อยละ 0.33 โปรตีนร้อยละ 22.26 เกลือร้อยละ 3.20 เส้นใยร้อยละ 0.53 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 64.19

ปาริฉัตร และคณะ (2549) ได้ศึกษาผลของการทดแทนสตาร์ชถั่วเขียวด้วยแป้งชนิดอื่นในสัดส่วนร้อยละ 10 ของน้ำหนักสตาร์ชถั่วเขียวต่อคุณสมบัติเชิงกลของเจลประกอบความเข้มข้นร้อยละ 15 (w/v) โดยใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และสตาร์ชมันสำปะหลังในการทดแทน พบว่าการทดแทนสตาร์ชถั่วเขียวด้วยแป้งข้าวเจ้า ไม่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของเจลประกอบ ($p \geq 0.05$) ขณะที่การใช้แป้งข้าวเหนียวหรือแป้งมันสำปะหลังทดแทนทำให้คุณสมบัติเชิงกลของเจลประกอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งในส่วนของคุณสมบัติด้านความเค้นและความเครียด นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิการก่อเจลของสตาร์ชถั่วเขียวและแป้งข้าวเจ้ามีค่าใกล้เคียงกันอีกด้วย

Mubarak (2005) ได้ศึกษาผลของกระบวนการดั้งเดิม ได้แก่ การแยกเปลือก การแช่ การเพาะงอก การต้ม การต้มด้วยหม้อนึ่งความดันและไมโครเวฟ ที่มีต่อสารอาหารและปัจจัยด้านโภชนาการของเมล็ดถั่วเขียว พบว่ากระบวนการเพาะงอกและการต้มทำให้ไขมัน คาร์โบไฮเดรต

ปัจจัยด้านโภชนาการ และปริมาณเถ้าลดลง นอกจากนี้การเพาะงอกยังสามารถรักษาปริมาณแร่ธาตุทั้งหมดได้ดีกว่ากระบวนการอื่นๆ

อิงฟ้า และคณะ (2552) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารอาหารของข้าวและธัญพืชในระหว่างการงอก โดยได้นำถั่วเขียวไปแช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต วิตามินบี1 GABA กรดไฟติก และฟีนอลิก พบว่าถั่วเขียวเพาะงอกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต เยื่อใย วิตามินบี1 GABA และฟีนอลิกเพิ่มขึ้น

นันทรัตน์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาการงอกต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ถูกปลดปล่อยภายใต้สภาวะจำลองการย่อยสสารถั่วเขียวในร่างกาย พบว่าระยะเวลาการงอกไม่มีผลต่อปริมาณอะไมโลสของสตาร์ช ($p \geq 0.05$) การงอกส่งผลให้สตาร์ชถั่วเขียวบางเม็ดมีโพรงลึกปรากฏ เมื่อเปรียบเทียบกับสตาร์ชที่ไม่ผ่านการงอก สตาร์ชถั่วเขียวที่ผ่านการงอกนาน 24 ชั่วโมงปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคสในอัตราที่สูงที่สุด ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามที่ 60 นาทีของการย่อย ปริมาณกลูโคสที่ปลดปล่อยมีค่าใกล้เคียงกับสตาร์ชที่ไม่ผ่านการงอก แสดงให้เห็นว่าถั่วเขียวที่ผ่านการงอกนาน 24 ชั่วโมง สามารถใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในอาหารสำหรับผู้ป่วยเบาหวานได้ โดยการงอกของเมล็ดพืชไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และการถูกย่อยของสตาร์ชถั่วเขียวในร่างกาย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

1. ถั่วเขียว ตราข้าวทอง บริษัท อุตสาหกรรมอาหารไทย (1964) จำกัด
2. แป้งมันสำปะหลัง ตราปลาไทย บริษัท อี.ที.ซี. เอี้ยบตงจั่น จำกัด
3. น้ำมันถั่วเหลือง

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องปั่น (PHILIPS, HR 2001)
2. ตู้บลมร้อน (Memmert)
3. ผ้าขาวบาง
4. ตะแกรงร่อน ขนาด 100 mesh
5. เครื่องชั่ง
6. ลังถึง
7. ชุดวิเคราะห์ปริมาณความชื้น
8. ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
9. ชุดวิเคราะห์ปริมาณไขมัน
10. ชุดวิเคราะห์ปริมาณเถ้า
11. เครื่องวัดสี (Minolta, CR10)

3.3 สารเคมี

1. ปีโตรเลียมอีเทอร์ (anhydrous ether, RCI Labscan)
2. เอทิลแอลกอฮอล์ (C_2H_5OH , Absolute for analysis, Merck RGaA)
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$, Pellets for analysis, Merck RGaA)
4. กรดไฮโดรคลอริก (HCl , Fuming 37% for analysis, Merck RGaA)

5. ไดเอทิลอีเทอร์ ($C_2H_5OC_2H_5$, Panreac)
6. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4 , For analysis, Merck RGA)
7. กรดบอริก (Scharlau Chemie S.A.)
8. โซเดียมไทโอซัลเฟต (บริษัท ศึกษาภัณฑ์พาณิชย์)
9. เมธิลเรด ($C_{15}H_{15}N_3O_2$, Fluka)
10. เมธิลีนบลู (Fisherscientific U.K.)
11. คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$, Acs for analysis, CARLO ERBA)
12. โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4 , GR for analysis, Merck RGA)

3.4 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การเตรียมแป้งข้าวโพด

ล้างข้าวโพดให้สะอาด นำมาแช่น้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ข้าวโพดจากนั้นนำข้าวโพดมาเลาะเปลือกออก แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการโม่เปียกโดยนำข้าวโพดมาเลาะเปลือกมาปั่นกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 ด้วยเครื่องปั่น จนเนื้อข้าวละเอียด จากนั้นนำมารองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำส่วนเนื้อข้าวโพดที่กรองได้ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง จะได้แป้งข้าวโพดที่แห้งเกาะตัวกันเป็นแผ่น นำไปโม่ด้วยเครื่องปั่นอีกครั้ง และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh จะได้แป้งข้าวโพด นำไปวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีมาตรฐาน (AOAC, 2000) และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นก๋วยเตี๋ยวต่อไป

ตอนที่ 2 การทดสอบสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นก๋วยเตี๋ยว

วางแผนการทดลองแบบ 2x3 แฟคทอเรียล วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1. การทดสอบอัตราส่วนแป้งต่อน้ำที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นก๋วยเตี๋ยว

นำแป้งข้าวโพดที่ได้จากตอนที่ 1 มาผลิตเป็นแผ่นก๋วยเตี๋ยว โดยนำแป้งมาผสมกับน้ำสะอาดให้เข้ากันดี โดยอัตราส่วนของแป้งต่อน้ำที่ทำการศึกษา ได้แก่ 1:3 และ 1:4 จากนั้นจึง

น้ำแป้ง 25 กรัม เกลบดินเหนียวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ซึ่งทาน้ำมันกัวเหลียงเคลือบไว้ นำไปนึ่งในลังถึงบนน้ำเดือดประมาณ 3 นาที จะได้แผ่นกัวเตียวกจากแป้งกัวเซียวเพะงอก

2. การทดสอบสัดส่วนแป้งกัวเซียวเพะงอกที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นกัวเตียวก

ทำการผสมแป้งมันสำปะหลังลงไปในส่วนของแป้งที่ใช้ผสม โดยสัดส่วนของแป้งที่ทำการศึกษา มี 3 ระดับ ได้แก่ แป้งกัวเซียวร้อยละ 100, 92.5 และ 85 แล้วทำการผลิตแผ่นกัวเตียวกตามวิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ทั้งนี้สามารถสรุปสูตรและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตัวอย่างแผ่นกัวเตียวกทั้งหมดได้ดัง

ตาราง 3.1

เมื่อได้ตัวอย่างแผ่นกัวเตียวกจากแป้งกัวเซียวเพะงอกทั้ง 6 สูตรแล้ว จึงนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติด้านกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อไป

ตาราง 3.1 สูตรและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตัวอย่างแผ่นกัวเตียวกจากแป้งกัวเซียวเพะงอก

อัตราส่วน แป้ง:น้ำ	1:3		1:4	
	สูตรที่ 1		สูตรที่ 4	
100	แป้งกัวเซียวเพะงอก น้ำ	40 กรัม 120 กรัม	แป้งกัวเซียวเพะงอก น้ำ	32 กรัม 128 กรัม
92.5	แป้งกัวเซียวเพะงอก แป้งมันสำปะหลัง น้ำ	37 กรัม 3 กรัม 120 กรัม	แป้งกัวเซียวเพะงอก แป้งมันสำปะหลัง น้ำ	29.6 กรัม 2.4 กรัม 128 กรัม
85	แป้งกัวเซียวเพะงอก แป้งมันสำปะหลัง	34 กรัม 6 กรัม	แป้งกัวเซียวเพะงอก แป้งมันสำปะหลัง	27.2 กรัม 4.8 กรัม

	น้ำ	120 กรัม	น้ำ	128 กรัม
--	-----	----------	-----	----------

หมายเหตุ: คำนวณจากน้ำหนักวัตถุดิบรวม 160 กรัมต่อสูตร

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านกายภาพ

การวัดค่าสี

ทำการวัดค่าสีในระบบ CIELAB โดยวัดค่า L^* ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-100 โดยเป็นค่าที่แสดงถึงการสะท้อนของแสง ค่า a^* เป็นค่าบนแกนสีเขียว ($+a^*$) และแดง ($-a^*$) ส่วนค่า b^* เป็นค่าบนแกนสีเหลือง ($+b^*$) และน้ำเงิน ($-b^*$) (HunterLab, 2008) ในการวัดค่าสีจะนำตัวอย่างแผ่นกวยเตี๋ยวงว้างซ้อนกันจำนวน 3 แผ่น สุ่มวัดสีที่ 3 ตำแหน่งบนแผ่นกวยเตี๋ยวงว้าง ทำการวัดสีตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

ตอนที่ 4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม และการยอมรับโดยรวม ด้วยแบบทดสอบ Hedonic 9-point scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ผู้ทดสอบแต่ละคนจะได้รับตัวอย่างแผ่นกวยเตี๋ยวงว้างซึ่งทำการเข้ารหัสตัวเลข 3 หลักแบบสุ่ม จำนวนทั้งหมด 6 ตัวอย่าง จากนั้นให้ผู้ทดสอบลงคะแนนตามระดับความชอบ ซึ่งมีทั้งหมด 9 ระดับ โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด 5 หมายถึง เฉยๆ และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ตามลำดับ จากนั้นนำผลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การเตรียมแป้งข้าวเหนียวพะงอก

ผลการเตรียมแป้งข้าวเหนียวพะงอก พบว่าเมื่อนำข้าว 500 กรัม มาผ่านกระบวนการผลิต แป้งข้าวเหนียวพะงอกแล้ว จะได้แป้งข้าวเหนียวพะงอกประมาณ 250 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละของผลได้เท่ากับร้อยละ 50 ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่าแป้งข้าวเหนียวพะงอกที่ได้จะมีสีเหลืองนวล ซึ่งคล้ายกันกับแป้งข้าวที่ได้จากกระบวนการโม่แห้ง (สุภารัตน์, 2547) และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียวพะงอก ได้ผลดังตาราง 4.1 พบว่าแป้งข้าวเหนียวพะงอกที่ได้มีความชื้นต่ำกว่าเมล็ดข้าว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในกระบวนการผลิตแป้งข้าวเหนียวพะงอกต้องผ่านขั้นตอนการอบด้วยความร้อนหลังการโม่ ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนและความชื้น ดังนั้นแป้งข้าวเหนียวพะงอกจึงมีความชื้นต่ำกว่าเมล็ดข้าว ขณะที่โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเถ้าในแป้งข้าวเหนียวพะงอกมีมากกว่าเมล็ดข้าว ซึ่งอาจเป็นผลจากกระบวนการงอก โดย Mubarak (2005) พบว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการพะงอกมีโปรตีนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อิงฟ้าและคณะ (2552) พบว่าคาร์โบไฮเดรตในข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการพะงอกเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยบางชิ้นพบว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการพะงอกจะมีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตลดลง (อรอนงค์ และพัชรี, 2532) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากงานวิจัยแต่ละชิ้นทำการพะงอกข้าวในสถานะที่แตกต่างกัน จึงส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน

ตาราง 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวและแป้งข้าวเหนียวพะงอก

องค์ประกอบทางเคมี	ข้าว ¹	แป้งข้าวเหนียวพะงอก
ความชื้น (ร้อยละ)	11.5	6.02±0.04
โปรตีน (ร้อยละ)	23.4	30.66±0.07
ไขมัน (ร้อยละ)	1.3	1.37±0.04
เถ้า (ร้อยละ)	3.5	3.86±0.01

คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	55.9	64.11 ± 0.02
กาก (ร้อยละ)	4.3	-

หมายเหตุ: ¹ ข้อมูลจากฉลากของผลิตภัณฑ์

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเขียวเพาะงอกที่ได้ กับแป้งสาลีและแป้งถั่วเขียวที่ได้จากกระบวนการโม่แห้ง พบว่าแป้งถั่วเขียวเพาะงอกมีองค์ประกอบของโปรตีนและไขมันสูงกว่าแป้งสาลี (ร้อยละ 10.27) และแป้งถั่วเขียว (ร้อยละ 22.26) (สุภารัตน์, 2547) ทั้งนี้สสารจากถั่วเขียวหรือแป้งสาลีโดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบของโปรตีนต่ำกว่าร้อยละ 2.1 ถ้าต่ำกว่าร้อยละ 1.17 และเส้นใยต่ำกว่าร้อยละ 1.46 (ทศพร, 2542)

4.2 ผลของอัตราส่วนแป้งต่อน้ำและสัดส่วนแป้งต่อคุณสมบัติด้านกายภาพของแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก

จากการศึกษาอัตราส่วนแป้งต่อน้ำ และสัดส่วนแป้ง ทั้งหมด 6 สูตร เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสีได้ผลดังตาราง 4.2 พบว่าทั้งอัตราส่วนแป้งต่อน้ำ และสัดส่วนแป้งถั่วเขียวเพาะงอกมีผลต่อค่า L^* , a^* และ b^* ของแผ่นก๋วยเตี๋ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่า L^* จะมีค่าตั้งแต่ 0-100 และแสดงถึงความสว่าง (lightness) ของตัวอย่าง นั่นคือตัวอย่างที่มีค่า L^* สูงจะมีสีที่สว่างกว่าตัวอย่างที่มีค่า L^* ต่ำกว่า ส่วนค่า a^* จะเป็นค่าที่บรรยายถึงแกนสีจากเขียว ($-a^*$) ไปจนถึงแดง ($+a^*$) และค่า b^* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ($-b^*$) ไปเหลือง ($+b^*$) (HunterLab, 2008)

ตาราง 4.2 ผลการวัดค่าสีของแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก

สูตร	L^*	a^*	b^*
1	$59.03^a \pm 0.95$	$0.80^a \pm 0.10$	$15.63^a \pm 0.40$
2	$54.97^b \pm 0.93$	$0.83^a \pm 0.06$	$13.93^b \pm 0.47$
3	$56.03^b \pm 0.23$	$0.53^b \pm 0.06$	$13.93^b \pm 0.42$
4	$55.37^b \pm 0.98$	$0.17^c \pm 0.15$	$11.90^c \pm 0.26$
5	$55.30^b \pm 0.10$	$0.10^c \pm 0.00$	$11.70^{cd} \pm 0.10$

6	$55.20^b \pm 0.66$	$0.17^c \pm 0.06$	$11.20^d \pm 0.26$
---	--------------------	-------------------	--------------------

ตาราง 4.2 แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ 1 ซึ่งใช้แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเหนียว 100 และอัตราส่วน แป้งต่อน้ำเป็น 1:3 จะได้แผ่นกวยเตี๋ยวที่มีความสว่างมากที่สุด ($L^* = 59.03$) มีสีค่อนข้างแดง และเหลืองมากกว่าแผ่นกวยเตี๋ยวสูตรอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นกวยเตี๋ยวที่ใช้สูตรอัตราส่วน แป้งต่อน้ำเป็น 1:3 (สูตรที่ 1-3) จะมีสีแดงและเหลืองมากกว่าแผ่นกวยเตี๋ยวที่ใช้สูตรอัตราส่วน แป้งต่อน้ำเป็น 1:4 (สูตรที่ 4-6) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากสูตรอัตราส่วน แป้งต่อน้ำเป็น 1:3 นั้นมีปริมาณแป้งข้าวโพดมากกว่าสูตรอัตราส่วน 1:4 แผ่นกวยเตี๋ยวที่ได้ จึงมีสีของแป้งข้าวโพดมากกว่านั่นเอง ทั้งนี้สุภาภรณ์ (2547) ก็พบว่าบะหมี่จากแป้งข้าวโพด จะมีสีเหลืองมากกว่า ($b^* = 25.85$) ทั้งยังมีสีคล้ำขึ้นอีกด้วย ($L^* = 65.80$) เมื่อเทียบกับบะหมี่สูตร มาตรฐาน ($b^* = 17.65$ และ $L^* = 68.25$)

4.3 ผลของอัตราส่วนแป้งต่อน้ำและสัดส่วนแป้งต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อ ผลิตภัณฑ์แผ่นกวยเตี๋ยวจากแป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเหนียว

การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อแผ่นกวยเตี๋ยวจากแป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเหนียว แสดงผลดังตาราง 4.3 พบว่าทั้งอัตราส่วนแป้งต่อน้ำ และสัดส่วนแป้งไม่มีผลต่อการยอมรับทาง ประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ($p > 0.05$) ทั้งด้านสี กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม และความชอบโดยรวม โดยพบว่าส่วนใหญ่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแผ่น กวยเตี๋ยวจากแป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเหนียวมีสีและกลิ่นที่แตกต่างจากแผ่นกวยเตี๋ยวทั่วไปในท้องตลาดซึ่งมี สีขาวสะอาด ดูน่ารับประทาน จึงทำให้ผู้บริโภคไม่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าคะแนน การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคแต่ละคนแตกต่างกัน เนื่องจากผู้บริโภคแต่ละคนมีความชอบที่ แตกต่างกันนั่นเอง

ตาราง 4.3 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อแผ่นกวยเตี๋ยวจากแป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเหนียว

สูตร	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	ความเหนียว ^{ns}	ความนุ่ม ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
1	5.86 ± 1.46	5.43 ± 1.51	5.86 ± 1.21	5.86 ± 1.34	6.00 ± 1.15
2	5.86 ± 1.34	4.86 ± 1.07	5.57 ± 1.27	5.86 ± 1.57	5.86 ± 0.90

3	6.57 ± 1.40	6.00 ± 1.30	6.14 ± 1.57	6.14 ± 1.21	6.43 ± 1.13
4	6.43 ± 1.40	5.29 ± 1.38	5.57 ± 0.98	6.00 ± 1.15	5.57 ± 1.27
5	6.86 ± 0.90	5.86 ± 1.57	6.14 ± 1.46	6.29 ± 1.38	6.29 ± 1.11
6	6.57 ± 0.98	6.00 ± 1.53	6.29 ± 1.25	6.57 ± 1.40	6.43 ± 0.79

หมายเหตุ: ^{ns} ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบจากผู้บริโภคจำนวน 50 คน

คะแนน 1-9 เรียงลำดับตามระดับความชอบ โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด 5 หมายถึง เฉยๆ และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งถั่วเขียวพะงอก สรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเขียวพะงอก พบว่าถั่วเขียวที่นำไปผ่านกระบวนการพะงอกโดยการแช่น้ำสะอาดเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำถั่วเขียวพะงอกไปผ่านกระบวนการโม่เปียกจะได้แป้งถั่วเขียวพะงอกที่มีองค์ประกอบของความชื้นร้อยละ 6.02 โปรตีนร้อยละ 30.66 ไขมันร้อยละ 1.37 เถ้าร้อยละ 3.86 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 64.11

2. การศึกษาอัตราส่วนแป้งต่อน้ำ และสัดส่วนแป้งที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวพะงอก พบว่าทั้งอัตราส่วนแป้งต่อน้ำ และสัดส่วนแป้งถั่วเขียวพะงอกมีผลต่อค่าสีของแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้ โดยแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะมีค่า L^* a^* และ b^* เพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งถั่วเขียวพะงอกที่ใช้ในสูตรการผลิต นั่นคือแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะมีสีแดง เหลือง และคล้ำมากขึ้นนั่นเอง

3. การศึกษาอัตราส่วนแป้งต่อน้ำ และสัดส่วนแป้งที่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่าทั้งสัดส่วนแป้ง และอัตราส่วนแป้งต่อน้ำไม่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ทั้งด้านสี กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม และความชอบโดยรวม โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวพะงอกอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยทุกสูตรการผลิต

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากแป้งถั่วเขียวพะงอกที่ได้มีผลต่อสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ดังนั้นอาจนำแป้งถั่วเขียวพะงอกที่ได้ไปใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีสีเหลืองหรือแดงอยู่แล้ว ซึ่งผู้บริโภคอาจให้คะแนนการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น

2. กระบวนการเพาะงอกที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเขียว เพาะงอก ดังนั้นควรศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะงอกเพื่อให้ได้แป้งข้าวเขียวเพาะงอกที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง
3. กระบวนการผลิตแป้งที่แตกต่างกันจะมีผลต่อโครงสร้างของเม็ดแป้ง และคุณสมบัติทางเคมี ภายภาพอื่นๆ ดังนั้นจึงควรศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมเพื่อให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

บรรณานุกรม

- กัลยาณี ดีประเสริฐวงศ์. ม.ป.ป. *ความรู้เรื่องกล้วยเตี๋ยว*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 23 น.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2552. *14 success cases ผลสำเร็จของผู้ประกอบการภายใต้การดำเนินงานของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมในปี 2552*. กรุงเทพฯ : บริษัท รุ่งศิลป์การพิมพ์ (1977) จำกัด.
- งามชื่น คงเสรี. 2538. *การปรับปรุงคุณภาพข้าวสารเพื่อสะดวกและส่งออก: เอกสารการฝึกอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์คุณภาพข้าวทางเคมี*. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 23 น.
- จินดา ศรศรีวิชัย. 2514. *สรีรวิทยาภาคการเจริญเติบโตและการควบคุม*. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 280 น.
- ฉวีวรรณ สິงาม และภริตา ชุ่มจิต. 2546. *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นกล้วยเตี๋ยวข้าวกล้องเสริมผัก*. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.
- ไชยา เพ็งอ่อน. 2539. *ถั่วและพืชคลุมดิน*. โครงการเกษตรยั่งยืน ศูนย์เทคโนโลยีเพื่อสังคม.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. *ธัญชาติและพืชหัว*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 90 น.
- ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. 2531. *พืชไร่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เล่ม 1*. ภาควิชาพืชไร่คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ทรงฤทธิ์ อินแปลง. 2545. *เทคโนโลยีธัญชาติและผลิตภัณฑ์*. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขตกรงมในพระบรมราชูปถัมภ์.
- ทศพร นามโสง. 2542. *การศึกษาการทำวนเส้นจากถั่วเขียวพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา*. รายงานการวิจัย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศรีอยุธยา หันตรา.

- นันทรัตน์ ณ นครพนม, ภาณี สุวรรณมณี และ สุทธิณี สุปัยพันธ์. 2554. ผลของการงอกต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และการปลดปล่อยกลูโคสภายใต้สภาวะจำลองการย่อยสลายชีวภาพในร่างกาย. ว. วิทย. กษ., 42 (2) (พิเศษ): 181-184.
- เบญจพล. 2547. โหมโรง รัฐนิยม จอมพล ป. พิบูลย์สงคราม ประวัติศาสตร์ที่ต้องไม่บิดเบือน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.taharn.net/war/47c1.html> (10 มกราคม 2556).
- ปาริฉัตร หงสประภาส, กมลวรรณ อิศราคาร และจันทนา รัตนวัฒนประกิจ. 2549. ผลของการทดแทนแป้งข้าวด้วยแป้งต่างชนิดต่อการเกิดเจลประกอบของแป้งข้าว. *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44*; สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ: 26-34.
- เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. 2531. *ข้าวเขียว*. ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.
- วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2541. คุณสมบัติของข้าวและการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการผลิตข้าวเขียวและเส้นหมี่. น. 33-51 ใน *การพัฒนาเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมข้าวเขียวและขนมจีนโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด: วันที่ 26-27 มิถุนายน พ.ศ. 2541 ณ โรงแรมมารวย การ์เดน*. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศรัลย์ภักดิ์ ชำนาญ. 2551. *ผลของวัตถุดิบเสีย เวลา และอุณหภูมิการเตรียมน้ำแป้งที่มีต่อคุณภาพการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวสด*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- โสภิตา คำหาญ. 2546. *การงอกของเมล็ดพันธุ์*. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.agri.ubu.ac.th/seminar/masterstu/1212713/Seed_ Germination.htm (10 มกราคม 2556).
- สุภารัตน์ แก้วปรารธนา. 2547. *การใช้แป้งข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนม*. งานวิจัย วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- สมจินตนา ทุมแสน และอิสระ พุทธสีมา. 2549. *ข้าวเขียว*. ระเบียบฐานข้อมูลงานวิจัยด้านพืชไร่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร.
- สรศักดิ์ มะลิ. 2549. *การวิเคราะห์ความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบและปัจจัยที่มีผลต่อการส่งออกเส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- อิงฟ้า คำแพง, อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหลกุลจิตต์. 2552. การเปลี่ยนแปลงสารอาหารของข้าว และธัญพืชในระหว่างการงอก. *ว. วิทย. กษ.*, 40 (3) (พิเศษ): 341-344.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. *ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 366 น.
- อรอนงค์ นัยวิกุล และ พิชรี โสธนาสมบุรณ์. 2532. ปริมาณสารอาหารและสารต่อต้านอนุมูลค่าทาง โภชนาการของถั่วเขียวงอก. *ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.)*, 23: 188-197.
- อรอนงค์ นัยวิกุล และ ลินดา พงศ์ผาสุก. 2537. *อาหารเข้าจากธัญชาติ*. อุตสาหกรรมเกษตร 5 (3): 5-14.
- AOAC. 2000. *Official method of analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists: Arlington, Virginia.
- Fordhamn, J.R., Wells, C.E. and Chen, L.H. 1975. Sprouting of seeds and nutrient composition of seeds and sprouts. *J Food Sci.*, 40: 552.
- HunterLab. 2008. CIE L*a*b* Color Scale. *Insight on Color.*, Vol. 8, No. 7.
- Komindr, S., Ingsriswang, S., Lerdvuthisopon, N., and Boontawee, A. 2001. Effect of long-term intake of Asian food with different glycemic indices on diabetic control and protein conservation in type 2 diabetic patients. *J Med Assoc Thai.*, 84 (1): 85-97.
- Leung, H.K. and Salunkhe, D.K. 1985. *Chemistry and technology of lentil: Advance in food science*. Academic Press, New York. Chemistry. USA.
- Meiners, C.R., Derise, N.L., Lua, H.C., Richey, S.J. and Murphy, E.W. 1976. The content of nine mineral in raw and cooked mature dry legumes. *J Agric Food chem.*, 24: 1126.
- Mousse, J. and Pernollet, J.C. 1982. *Storage protein of legumes seed: Chemistry and Biochemistry of food legumes*. Arora, S.K., Ed., Oxford and IBH, New Delhi, chap 3.

- Mubarak, A.E. 2005. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. *Food Chemistry*., 89: 489-495.
- Prabhavat, S. 1987. *Utilization from mung bean*, pp. 187-198. In Semina on Mung bean at Ambrassdor Hotel., 16-17 November 1987. Organized by Ministry of Agriculture and Cooperative, Kasetsart University, and Asian Vegetable Research and Development Centre, Bangkok.
- Tatsumi, E., M. Cheng, L. Li, Z. Lu and Z. Li. 2001. Processing of high-quality rice noodles in China. *JIRCAS Research Highlights 2001*. [Online]. Available http://www.jircas.affrc.go.jp/english/publication/highlights/2001/2001_14.html (10 January 2013).
- The University of Sydney. 2011. *Glycemic Index*. [Online]. Available <http://www.glycemindex.com/foodSearch.php> (10 January 2012).
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25. 2011. *Nutrient data for 16080, Mung beans, mature seeds, raw*. [Online]. Available <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4694?fg=&man=&lfacet=&count=&max=25&sort=&qlookup=mung+bean&offset=&format=Full&new=> (10 January 2013).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ภาพประกอบ



ภาพ ก1 การแช่ถั่วเขียว



ภาพ ก2 ถั่วเขียวเพาะงอก



ภาพ ก3 การโม่เปียก



ภาพ ก4 แป้งถั่วเขียวพะองอก



ภาพ ก5 น้ำแป้งก่อนนำไปนึ่ง



ภาพ ก6 แผ่นก้วยเตี๋ยจากแป้งถั่วเขียวพะองอก

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี

1. การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
2. ตู้อบไฟฟ้า
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้นหลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก
2. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ชั่งจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียดประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งหาน้ำหนัก
6. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

เมื่อ M_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

M_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยวิธีโรส-กอตต์เลียบ (Rose-Gottlieb) (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 ml
2. ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 ml ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
3. กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50 ml

4. โถดูดความชื้น (Desiccater) ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล
5. กรวยแยก ขนาด 250 ml
6. เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ (Analytical balance)
7. ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า (Hot air oven)
8. ตู้ดูดควัน (Hood)
9. เครื่องอ่างน้ำ (Water bath)

สารเคมี

1. ไดเอทิลอีเทอร์ (Diethyl Ether) ปราศจากเปอร์ออกไซด์
2. ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) จุดเดือด 30-60°C
3. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide) ความเข้มข้นร้อยละ 25-30
4. เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol; C_2H_5OH) ความเข้มข้นร้อยละ 95
5. สารละลายผสมข้อ 1. และ 2. อัตราส่วน 1 : 1

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างด้วยน้ำหนักที่แน่นอน (0.5-1.0 กรัม) (W_1) ถ่ายตัวอย่างลงในกรวยแยก
2. เติมน้ำ 10 ml เขย่าให้ตัวอย่างละลาย
3. เติมสารละลายแอมโมเนีย 1.25 ml (ถ้าตัวอย่างมีรสเปรี้ยวให้เพิ่มปริมาณเป็น 2 ml)

เขย่าให้เข้ากัน

4. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 10 ml เขย่าเบาๆ
5. เติมไดเอทิลอีเทอร์ 25 ml ปิดจุกให้แน่น ทำการสกัดโดยการเขย่าแรงๆ 1 นาที เปิดจุกอย่างระมัดระวัง โดยการค่อยๆ เปิด
6. เติมปีโตรเลียมอีเทอร์ 25 ml ปิดจุกให้แน่น ทำการสกัดโดยการเขย่าแรงๆ 1 นาที เปิดจุกอย่างระมัดระวังเหมือนเดิม ล้างจุกด้วยสารละลายผสมจำนวนเล็กน้อย
7. ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น (ประมาณ 30 นาที) ถ่ายสารละลายส่วนใสขึ้นบนใส่ในปิเกอร์ขนาด 250 ml ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_2)
8. เติมเอทิลแอลกอฮอล์อีก 1 ml ทำการสกัดเหมือนข้อ 5. ถึง 7. แต่เปลี่ยนปริมาณไดเอทิลอีเทอร์และปีโตรเลียมอีเทอร์ เป็นอย่างละ 15 ml

9. นำบีกเกอร์ไปอังที่เครื่องอังไอน้ำที่อยู่ในตู้ดูดควัน จนปริมาณไดเอทิลอีเทอร์และปิโตรเลียมอีเทอร์ระเหยออกจนหมด จึงนำไปอบต่อในตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ $100 \pm 2^\circ\text{C}$ นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_3)

10. วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นเปอร์เซ็นต์} = \frac{W_3 - W_2}{W_1} \times 100$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

W_2 คือ น้ำหนักบีกเกอร์ มีหน่วยเป็น กรัม

W_3 คือ น้ำหนักบีกเกอร์ที่มีไขมัน มีหน่วยเป็น กรัม

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธีเคลดาล์ (Kjeldahl Method) (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ขวดเคลดาล์ (Kjeldahl) ขนาด 250 ml
2. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 ml
3. บิวเรตชนิด A (Class A) ขนาด 50 ml
4. กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 100 ml
5. ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle) ขนาด 250 ml
6. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 ml
7. เม็ดเดือด (Glass beat)
8. เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ (Analytical balance)
9. ชุดกลั่นโปรตีน (Distillation apparatus)
10. ชุดย่อยโปรตีน (Digestion unit)
11. ตู้ดูดควัน (Hood)

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Sulfuric acid; H_2SO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 98 (w/v)

2. ค่ะตะลิตส์ผสม อัตราส่วนระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ปราศจากไนโตรเจนร้อยละ 3.5 โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate; Na_2SO_4) ปราศจากไนโตรเจนร้อยละ 96 ซีลีเนียมไดออกไซด์ (Selenium dioxide; SeO_2) ปราศจากไนโตรเจนร้อยละ 0.5

3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 40 (w/v)

4. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid; H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.1 N มีอายุการเก็บรักษา 1 เดือน หากครบกำหนดเวลาดังกล่าว ให้นำสารละลายไปหาความเข้มข้นที่แน่นอนใหม่ (re-standardize) หรือนำไปใช้งานอื่นที่ไม่ต้องการความเข้มข้นที่แน่นอน

5. อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator) ประกอบด้วยเมทิลเรด (Methyl red) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (w/v) ในแอลกอฮอล์ ผสมกับโบรมอครีซอลกรีน (Bromocresol green) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (w/v) ในแอลกอฮอล์ อัตราส่วน 1 : 1

6. กรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 4 (w/v)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอนประมาณ 0.5-2.0 กรัม (W) ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดย่อยโปรตีน ทำ Blank ควบคู่ไปด้วย

2. เติมค่ะตะลิตส์ผสม จำนวน 8 กรัม

3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 ml โดยเอียงหลอดย่อยโปรตีนและค่อยๆ รินกรดลงข้างๆ หลอด เพื่อล้างตัวอย่างที่อาจติดอยู่ข้างหลอดให้หมด และค่อยๆ เขย่าตัวอย่างเบาๆ

4. นำไปย่อยที่ชุดย่อยโปรตีน ใช้เวลาย่อยประมาณ 1 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งสารละลายใสจึงปิดชุดย่อย รอจนกระทั่งสารละลายเย็นลงในอุณหภูมิห้อง (ห้ามนำหลอดย่อยไปทำให้เย็นด้วยน้ำ เพราะจะทำให้หลอดย่อยแตกได้)

5. นำสารละลายที่ได้ต่อกับเครื่องกลั่นโปรตีน โดยนำขวดรูปชมพู่ที่มีกรดบอริกร้อยละ 4 จำนวน 50 ml และหยดอินดิเคเตอร์ผสมลงไป 6-10 หยด

6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 50 ให้มากเกินไป (ประมาณ 70-90 ml)

ข้อสังเกต : ถ้าปริมาณต่างมากเกินไป สารละลายจะมีสีดำ ถ้ายังไม่เกิดสีดำ ให้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มอีก 5-10 ml

7. เปิดเครื่องเริ่มทำการกลั่น โดยให้ทำ Blank ก่อนตัวอย่าง

8. นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกจนได้จุดยุติ คือ สังเกตมีสีชมพูปรากฏขึ้นและสารละลายมีสีเทาอมม่วง

9. วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์} = \frac{(V_a - V_b) \times N.H_2SO_4 \times 1.4007}{W}$$

เมื่อ V_a คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรต ตัวอย่าง มีหน่วยเป็น ml

V_b คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรต Blank มีหน่วยเป็น ml

$N.H_2SO_4$ คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก มีหน่วยเป็น M

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

ปริมาณโปรตีนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ = ปริมาณไนโตรเจนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ $\times$ แฟกเตอร์

ค่าแฟกเตอร์

ข้าวสาลีทั้งเมล็ด	5.83	ถั่วเหลือง	5.71
แป้ง	5.70	นัท ถั่วลิสง บราซิลนัท	5.41
อัลมอนต์	5.18	นัทชนิดอื่นๆ	5.30
ข้าวเจ้า	5.95	ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโอ๊ต ข้าวไรย์	5.83
ข้าวโพด	6.25	อาหารชนิดอื่นๆ	6.25

4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
2. ตะเกียงเบนเซน
3. โถดูดความชื้น (Desiccater) ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า ชั่งน้ำหนักได้ละเอียด 0.1 มิลลิกรัม
5. ตู้อุดควัน

6. เตาเผาไฟฟ้า

7. เตาเผาไฟฟ้าที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้

วิธีวิเคราะห์

1. เผาด้วยกระบี่เบี่ยงเคลือบในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525°C ถึง 550°C (เท่ากับอุณหภูมิที่ใช้เผาตัวอย่าง) นาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W_1) และใส่ตัวอย่างในถ้วยกระบี่เบี่ยงเคลือบ ชั่งให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2-3 กรัม (W_2)

2. นำไปเผาด้วยไฟอ่อนบนเตาไฟฟ้าหรือตะเกียงเบนเซน โดยเพิ่มความร้อนขึ้นทีละน้อยจนตัวอย่างไหม้เกรียมและเผาจนหมดควัน ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นของเหลวหรือกึ่งแข็งกึ่งเหลวให้นำตัวอย่างไประเหยแห้งบนเครื่องอังไอน้ำก่อนนำไปเผาบนเตาไฟฟ้า

3. นำไปเผาต่อในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 525°C ถึง 550°C จนได้เถ้าสีขาว ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ถ้าเถ้าที่ได้ไม่ขาว ให้นำเถ้าออกมาจากเตาเผา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วหยดน้ำเล็กน้อยพอเปียกชุ่ม ระวังอย่าให้เถ้าฟุ้งหรือกระเด็น นำไประเหยให้แห้งบนเครื่องอังไอน้ำ และทำซ้ำตามข้อ 2. จนเถ้าขาวและได้น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่คงที่ หมายความว่า ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม) ชั่งน้ำหนักที่ได้ (W_3)

4. วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} \times 100$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของถ้วยกระบี่เบี่ยงเคลือบ มีหน่วยเป็น กรัม

W_2 คือ น้ำหนักของถ้วยกระบี่เบี่ยงเคลือบและตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

W_3 คือ น้ำหนักของถ้วยกระบี่เบี่ยงเคลือบและเถ้า มีหน่วยเป็น กรัม

5. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดโดยการคำนวณ (AOAC, 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. นำผลวิเคราะห์ความชื้น ไขมัน โปรตีน และเถ้าในตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

2. วิธีคำนวณ

$$\% \text{คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด} = 100 - (\% \text{ความชื้น} + \% \text{ไขมัน} + \% \text{โปรตีน} + \% \text{เถ้า})$$

ภาคผนวก ค

ข้อมูลทางสถิติ

ตาราง ค1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของผลการวัดค่าสี

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	L*	35.398 ^a	5	7.080	13.178	.000
	a*	1.673 ^b	5	.335	46.338	.000
	b*	44.405 ^c	5	8.881	75.051	.000
Intercept	L*	56414.405	1	56414.405	105011.302	.000
	a*	3.380	1	3.380	468.000	.000
	b*	3065.445	1	3065.445	25905.169	.000
อัตราส่วน แป้ง	L*	8.681	1	8.681	16.158	.002
	a*	1.502	1	1.502	208.000	.000
	b*	37.845	1	37.845	319.817	.000
สัดส่วนแป้ง	L*	14.023	2	7.012	13.052	.001
	a*	.063	2	.032	4.385	.037
	b*	4.810	2	2.405	20.324	.000
อัตราส่วน แป้ง *	L*	12.694	2	6.347	11.815	.001
	a*	.108	2	.054	7.462	.008
	b*	1.750	2	.875	7.394	.008
Error	L*	6.447	12	.537		
	a*	.087	12	.007		
	b*	1.420	12	.118		
Total	L*	56456.250	18			
	a*	5.140	18			
	b*	3111.270	18			
Corrected Total	L*	41.845	17			
	a*	1.760	17			
	b*	45.825	17			

a. R Squared = .846 (Adjusted R Squared = .782)

b. R Squared = .951 (Adjusted R Squared = .930)

c. R Squared = .969 (Adjusted R Squared = .956)

ตาราง ค2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า L* ด้วยวิธี DMRT

Duncan

สูตร	N	Subset	
		1	2
2	3	54.9667	
6	3	55.2000	
5	3	55.3000	
4	3	55.3667	
3	3	56.0333	
1	3		59.0333
Sig.		.129	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .537.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

ตาราง ค3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า a* ด้วยวิธี DMRT

Duncan

สูตร	N	Subset		
		1	2	3
5	3	.1000	.5333	.8000
4	3	.1667		
6	3	.1667		
3	3			
1	3			.8333
2	3			.640
Sig.		.379	1.000	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .007.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

ตาราง ค4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่า b^* ด้วยวิธี DMRT

Duncan

สูตร	N	Subset			
		1	2	3	4
6	3	11.2000			
5	3	11.7000	11.7000		

4	3		11.9000		
2	3			13.9333	
3	3			13.9333	
1	3				15.6333
Sig.		.100	.490	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .118.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

ภาคผนวก ง

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส
ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก

ชื่อผู้ทดสอบ วันที่

คำแนะนำ ผู้ทดสอบจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอกทั้งหมด 6 ตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านสี กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม ความชอบ โดยให้ผู้ทดสอบให้คะแนนตามระดับความชอบของแต่ละตัวอย่าง ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด ดังนี้

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

รหัส	สี	กลิ่น	ความเหนียว	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม

ข้อเสนอแนะ

.....

ขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก จ

หลักฐานการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

	รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)
	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
	หลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

หมวดที่ 1 ลักษณะและข้อมูลโดยทั่วไปของรายวิชา

1. รหัสและชื่อรายวิชา
4143702 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Food Product Development)
2. จำนวนหน่วยกิต
3(2-3-6)
3. หลักสูตร และประเภทของรายวิชา
3.1. หลักสูตร
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
3.2. ประเภทของรายวิชา
วิชาเอกเลือก
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน
อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา อาจารย์กฤติกา บุรณโชคไพศาล
อาจารย์ผู้สอน อาจารย์กฤติกา บุรณโชคไพศาล
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน
ภาคเรียนที่ 2 / ชั้นปีที่ 3
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites) (ถ้ามี)
4143201 จุลชีววิทยาทางอาหาร
4143301 เคมีอาหาร
4143401 การแปรรูปอาหาร 1
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)
ไม่มี
8. สถานที่เรียน
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
9. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงครั้งล่าสุด
วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2556

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

จุดมุ่งหมายของรายวิชา 1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ 2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคิด และทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบได้
วัตถุประสงค์ในการพัฒนาปรับปรุงรายวิชา เพื่อให้เนื้อหาวิชามีความทันสมัยและเป็นปัจจุบันมากขึ้น นักศึกษาสามารถประยุกต์ฐานความรู้ในวิชานี้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร นอกจากนี้ยังมีปรับเปลี่ยนรูปแบบการสอนและงานที่มอบหมายให้นักศึกษามีส่วนร่วม มีการคิดวิเคราะห์สถานการณ์ประเด็นปัญหามากขึ้น

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา หลักการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร พฤติกรรมของผู้บริโภค ขั้นตอนพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ การวางแผนการดำเนินงาน และการตลาดผลิตภัณฑ์ใหม่ หลักและวิธีการประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสแบบต่างๆ การวิจัยในมนุษย์และ วิเคราะห์ผลการทดสอบ การทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ กฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา			
2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา			
บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ	การศึกษาด้วยตนเอง
30	ไม่มี	45	90
3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล 1 ชั่วโมง/สัปดาห์			

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรมจริยธรรม 1.1 คุณธรรม จริยธรรม ที่ต้องพัฒนา 1.1.1 มีจิตสำนึกและตระหนักในการปฏิบัติตามจรรยาบรรณวิชาชีพ (TQF-Food 5.1.1) 1.1.2 แสดงความซื่อสัตย์สุจริตอย่างสม่ำเสมอ (TQF-Food 5.1.2) 1.1.3 มีวินัยและความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม (TQF-Food 5.1.3) 1.1.4 เคารพสิทธิและยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนในชั้นเรียน ทั้งในกลุ่มและนอกกลุ่ม (TQF-Food 5.1.5)

1.2 วิธีการสอน

1.2.1 อาจารย์ผู้สอนต้องสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม โดยใช้การสอนแบบสื่อสารสองทาง เปิดโอกาสให้นักศึกษามีการตั้งคำถามหรือตอบคำถาม หรือแสดงความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับคุณธรรม จริยธรรม ในชั้นเรียนในโอกาสต่างๆ

1.2.2 ยกตัวอย่างกรณีศึกษา ตัวอย่างที่ขาดความรับผิดชอบต่อนหน้าที่และการประพฤติดังจริยบรรณในวิชาชีพ

1.2.3 กำหนดให้มีการทำกิจกรรมกลุ่ม เพื่อฝึกให้มีความรับผิดชอบในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

1.2.4 อาจารย์ผู้ปฏิบัติตนเป็นตัวอย่าง ให้ความสำคัญต่อจริยบรรณวิชาชีพ การมีวินัยเรื่องเวลา การเปิดโอกาสให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของนักศึกษา การเคารพและให้เกียรติแก่อาจารย์อาวุโส เป็นต้น

1.3 วิธีการประเมินผล

1.3.1 สังเกตพฤติกรรม

- การตรงต่อเวลาในการเข้าชั้นเรียน
- การส่งงานตรงตามกำหนดเวลาที่มอบหมาย
- การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน การเปิดโอกาสให้เพื่อนร่วมชั้นซักถามและการมีสัมมาคารวะต่ออาจารย์
- สังเกตพฤติกรรมการเข้ากลุ่มการทำปฏิบัติการของนักศึกษา

1.3.2 กำหนดคะแนนการประเมินพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ความรับผิดชอบ และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมในชั้นเรียน และเทคนิคในการทำปฏิบัติการ

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

2.1.1 มีความรู้หลักการและทฤษฎีที่สัมพันธ์กัน (TQF-Food 5.2.1)

2.1.2 มีความรู้ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง (TQF-Food 5.2.2)

2.1.3 มีความคุ้นเคยกับความก้าวหน้าทางวิชาการในสาขาวิชา รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (TQF-Food 5.2.3)

2.2 วิธีการสอน

2.2.1 อาจารย์ผู้สอนบรรยายหลักการทางทฤษฎี และใช้การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เช่น ให้นักศึกษาหาทางค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม การสอนแบบศึกษาด้วยตนเอง และการค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

2.2.2 จัดการเรียนการสอนที่เน้นการศึกษาจากการปฏิบัติจริง

2.2.3 มอบหมายงานรายบุคคลและกลุ่ม (นักศึกษาสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่างๆ รวบรวม วิเคราะห์ และสรุปข้อมูล)

2.3 วิธีการประเมินผล 2.3.1 สอบกลางภาค สอบปลายภาค การทดสอบย่อย และสอบภาคปฏิบัติ 2.3.2 ประเมินจากการทำปฏิบัติการ การตอบปัญหาและการแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน 2.3.3 ประเมินจากผลงานของนักศึกษาทั้งรายงานรายบุคคลและรายงานกลุ่ม
3. ทักษะทางปัญญา 3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา 3.1.1 สามารถค้นหาข้อเท็จจริง ทำความเข้าใจและประเมินข้อมูลสารสนเทศ แนวคิดและหลักฐานใหม่ๆ จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และใช้ข้อมูลที่ได้ในการแก้ไขปัญหาหรืองานอื่นๆ ได้ด้วยตนเอง (TQF-Food 5.3.1) 3.1.2 สามารถศึกษาวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อน และเสนอแนวทางแก้ไขที่สร้างสรรค์ (TQF-Food 5.3.2) 3.1.3 สามารถใช้ทักษะและความรู้ความเข้าใจในกลุ่มวิชาที่เกี่ยวข้อง (TQF-Food 5.3.3) 3.2 วิธีการสอน 3.2.1 จัดการเรียนการสอนที่เน้นการศึกษาจากการปฏิบัติจริง 3.2.2 มอบหมายงานรายบุคคลและกลุ่ม (นักศึกษาสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่างๆ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล) 3.2.3 นักศึกษาตอบปัญหาในชั้นเรียนและการแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน 3.3 วิธีการประเมินผล 3.3.1 สอบกลางภาค และสอบปลายภาค และการทดสอบย่อย 3.3.2 ประเมินจากผลงานของนักศึกษาทั้งรายงานรายบุคคลและรายงานกลุ่ม 3.3.3 ประเมินจากการทำปฏิบัติการ การตอบปัญหาและการแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน
4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ 4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ที่ต้องพัฒนา 4.1.1 มีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย ทั้งงานรายบุคคลและงานกลุ่ม (TQF-Food 5.4.1) 4.1.2 สามารถปรับตัวทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและสมาชิกกลุ่ม (TQF-Food 5.4.2) 4.2 วิธีการสอน 4.2.1 จัดการเรียนการสอนที่เน้นการศึกษาจากการปฏิบัติจริง 4.2.2 มอบหมายงานรายบุคคลและกลุ่ม 4.2.3 เปิดโอกาสให้นักศึกษามีการอภิปรายปัญหา ในการทำงานเป็นกลุ่ม และหาทางแก้ไขปัญหา 4.3 วิธีการประเมินผล 4.3.1 ประเมินจากพฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียน 4.3.2 ประเมินความรับผิดชอบจากรายงานรายบุคคลและกลุ่มของนักศึกษา

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	
5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ต้องพัฒนา	
5.1.1	สามารถสื่อสาร รู้จักเลือก และใช้รูปแบบของการนำเสนอที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (TQF-Food 5.5.2)
5.1.2	มีวิจรรย์ญาณในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่เหมาะสม และใช้อย่างสม่ำเสมอ (TQF-Food 5.5.4)
5.1.3	สามารถใช้คอมพิวเตอร์จัดการเก็บข้อมูลต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม (TQF-Food 5.5.5)
5.1.4	ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศติดตามความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และนวัตกรรม และสถานการณ์โลก (TQF-Food 5.5.6)
5.2 วิธีการสอน	
5.2.1	มอบหมายงานที่ต้องมีการสืบค้นข้อมูลด้วยอินเทอร์เน็ต
5.3 วิธีการประเมินผล	
5.3.1	ประเมินจากรายงานการสืบค้นข้อมูลด้วยอินเทอร์เน็ต (สาระ เนื้อหา หลักฐานอ้างอิง)

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน				
ลำดับ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	- แนะนำคำอธิบายรายวิชา เอกสาร ตำราประกอบการ เรียนการสอน แผนการ เรียน และวิธีการวัดและ ประเมินผล	5	กิจกรรมการสอน - อธิบายประมวลการสอนรายวิชา - อธิบายแผนการเรียนรู้ วิธีการเรียน การให้ คะแนน มอบหมายงานเป็นรายบุคคลและกลุ่ม - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถาม แสดงความ คิดเห็น สื่อการสอน - ประมวลการสอนรายวิชา	อ. กฤติกา

ลำดับที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
2	เทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ - การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมเกษตร - ข้อดี ข้อเสียการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมเกษตร - หลักการทางเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์	5	กิจกรรมการสอน - ทดสอบก่อนเรียน - ให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นในเรื่องที่เกี่ยวข้อง - บรรยายเนื้อหา - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถาม แสดงความคิดเห็น - นำความรู้จากงานวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งข้าวโพดมาบูรณาการกับการเรียนการสอน กรณีศึกษา: การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร - ทดสอบหลังเรียน สื่อการสอน - แบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน - เอกสารประกอบการบรรยาย	อ. กฤติกา
3	การกำหนดโครงการ - ความมุ่งหมาย - วัตถุประสงค์ - ข้อจำกัด	5	กิจกรรมการสอน - บรรยายเนื้อหา - ให้นักศึกษาทำการกำหนดโครงการ โดยทำตามที่ได้เรียนทฤษฎีมาเป็นลำดับที่ละขั้นตอน - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถาม และแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - เอกสารประกอบการบรรยาย - ตัวอย่างการกำหนดโครงการ	อ. กฤติกา
4	การสร้างความคิดผลิตภัณฑ์ - การสร้างความคิดด้วยตนเอง - การสร้างความคิดจากกลุ่ม - การใช้เทคนิคต่างๆในการสร้างความคิดผลิตภัณฑ์	5	กิจกรรมการสอน - บรรยายเนื้อหา - ศึกษาเอกสารประกอบการสอน - ให้นักศึกษาสร้างความคิดผลิตภัณฑ์จากโครงการในสัปดาห์ที่แล้ว - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถาม และแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - เอกสารประกอบการบรรยาย - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
5	การกลั่นกรองผลิตภัณฑ์และการพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ - Qualitative screening method - Quantitative screening method	5	กิจกรรมการสอน - อธิบายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ - ศึกษาเอกสารประกอบการสอน - ให้นักศึกษาทำการกลั่นกรองผลิตภัณฑ์ และพัฒนาแนวคิดต่อเนื่องจากสัปดาห์ที่แล้ว - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - บรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint - เอกสารประกอบการบรรยาย - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา
6	การสำรวจผู้บริโภค - การวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการเบื้องต้น และวิเคราะห์ผู้บริโภค - แบบสอบถาม - การวิเคราะห์และการแปลความหมายข้อมูล - การเสนอข้อมูลในการสำรวจผู้บริโภค	5	กิจกรรมการสอน - อธิบายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ - ศึกษาเอกสารประกอบการสอน - ให้นักศึกษาทำการสำรวจผู้บริโภค ออกแบบสอบถามจากหัวเรื่องในสัปดาห์ที่ผ่านมา - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - บรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint - เอกสารประกอบการบรรยาย - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา
7	การสำรวจผู้บริโภค (ต่อ) - การวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการเบื้องต้น และวิเคราะห์ผู้บริโภค - แบบสอบถาม - การวิเคราะห์และการแปลความหมายข้อมูล - การเสนอข้อมูลในการสำรวจผู้บริโภค	5	กิจกรรมการสอน - ให้นักศึกษานำเสนอผลการสำรวจผู้บริโภค - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
8	ความเป็นไปได้ในเชิงเทคนิค - สูตรการผลิต - กระบวนการผลิต - ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุดิบ - ข้อมูลผู้บริโภค - ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น - ปัจจัยอื่นๆ	5	กิจกรรมการสอน - อธิบายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ - ศึกษาเอกสารประกอบการสอน - ให้นักศึกษาคิดวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ต่อจากสัปดาห์ที่ผ่านมา - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - บรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint - เอกสารประกอบการบรรยาย - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา
9	ความเป็นไปได้ในด้านตลาด - การศึกษาโครงการด้านตลาด - ชนิดของผลิตภัณฑ์ - ภาวะการตลาด	5	กิจกรรมการสอน - อธิบายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ - ศึกษาเอกสารประกอบการสอน - ให้นักศึกษาคิดวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ต่อจากสัปดาห์ที่ผ่านมา - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - บรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint - เอกสารประกอบการบรรยาย - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา
10	แนวความคิดผลิตภัณฑ์ - การพัฒนาแนวความคิดผลิตภัณฑ์ - ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่วิเคราะห์จากความต้องการของผู้บริโภค	5	กิจกรรมการสอน - อธิบายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ - ศึกษาเอกสารประกอบการสอน - ให้นักศึกษาสร้างแนวความคิดของผลิตภัณฑ์ต่อจากสัปดาห์ที่ผ่านมา - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - ทดสอบย่อย - บรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint - เอกสารประกอบการบรรยาย - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา

ลำดับที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
11	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ - วิธีการพัฒนาทางวิศวกรรม - การวางแผนการทดลองเพื่อลดต้นทุนปัจจัย - วิธีการออกแบบการทดลอง	5	กิจกรรมการสอน - อธิบายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ - ศึกษาเอกสารประกอบการสอน - ให้นักศึกษาทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบและออกแบบการทดลองผลิตภัณฑ์ - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - บรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint - เอกสารประกอบการบรรยาย - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา
12	ผู้บริโภคในระบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์ - ขั้นตอนการวิจัยตลาดเบื้องต้น - การประเมินทางด้านการตลาดสัมผัส	5	กิจกรรมการสอน - อธิบายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ - ศึกษาเอกสารประกอบการสอน - ให้นักศึกษานำเสนอผลงานที่ผ่านมา - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - บรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint - เอกสารประกอบการบรรยาย - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา
13	การทดสอบผลิตภัณฑ์ - การทดสอบการผลิตในระดับต้นแบบ - การทดสอบคุณภาพและการเก็บรักษา - Serving size - การทดสอบผู้บริโภคและตลาด	5	กิจกรรมการสอน - ให้นักศึกษาทดลองทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ - ให้นักศึกษาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมกันอภิปรายถึงข้อดี ข้อเสีย และปัญหาที่พบ สื่อการสอน - เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทำผลิตภัณฑ์	อ. กฤติกา

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
14	การทดสอบผลิตภัณฑ์ (ต่อ) - การทดสอบการผลิตในระดับต้นแบบ - การทดสอบคุณภาพและการเก็บรักษา - Serving size - การทดสอบผู้บริโภคและตลาด	5	กิจกรรมการสอน - อธิบายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ - ศึกษาเอกสารประกอบการสอน - ให้นักศึกษาทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - บรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint - เอกสารประกอบการบรรยาย - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา
15	การจำหน่ายผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ - การเตรียมแผนการผลิต - การนำเสนอผลิตภัณฑ์ - การกำหนดราคาผลิตภัณฑ์ - การจัดจำหน่ายและการส่งเสริมการตลาด	5	กิจกรรมการสอน - อธิบายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ - ศึกษาเอกสารประกอบการสอน - ให้นักศึกษานำเสนอผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ - เปิดโอกาสให้นักศึกษาซักถามและแสดงความคิดเห็น สื่อการสอน - บรรยายโดยใช้โปรแกรม PowerPoint - เอกสารประกอบการบรรยาย - คอมพิวเตอร์/ โปรเจคเตอร์	อ. กฤติกา
16	สอบปลายภาค			

การวัดผลการเรียน

2. แผนการประเมินการเรียนรู้			
ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
2.1, 2.2	ทดสอบย่อย	10	30
2.1, 2.2	สอบปลายภาค	16	30
1.2, 1.3, 2.1, 3.2, 4.1, 4.2, 5.5	รายงานกลุ่ม - รายงานกลุ่มปฏิบัติการ ● ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ และตรงต่อเวลา ● รูปแบบถูกต้อง และครบถ้วนตามที่กำหนด ● ความถูกต้องของวิธีการทดลองตามที่ปฏิบัติจริง ● การสรุปและวิจารณ์ผล ● ความเป็นระเบียบเรียบร้อย - การประเมินพฤติกรรมกลุ่ม	2 - 15	20
1.2, 1.3, 4.1, 4.2	การประเมินพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ความรับผิดชอบ และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมในชั้นเรียน และเทคนิคในการทำปฏิบัติการ	1 - 15	20
รวม			100 %

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. หนังสือ ตำรา และเอกสารประกอบการสอนหลัก ไพโรจน์ วิริยาริ. 2545. หลักการทางเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
2. หนังสือ เอกสาร และข้อมูลอ้างอิงที่สำคัญ พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, ศูนย์. 2544. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ: เทคนิคการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่. ระหว่างวันที่ 26-28 กุมภาพันธ์ 2544. ณ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. อนุวัตร แจ่มชัด. 2544. เอกสารประกอบการสอนวิชา 054-355: สถิติและการวางแผนการทดลองสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
3. หนังสือ เอกสาร และข้อมูลอ้างอิงที่แนะนำ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา - แบบประเมินรายวิชา
2. การประเมินการสอน - แบบประเมินผู้สอน - ผลการสอบ
3. การปรับปรุงการสอน อาจารย์ผู้สอนทบทวน และปรับปรุงวิธีการสอน จากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำแฟ้มสะสมงานรายวิชาและรายงานผลการดำเนินการของรายวิชา (มคอ. 5) ทุกภาคการศึกษา ภาควิชา กำหนดให้และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชุมชนนักปฏิบัติของคณะวิทยาศาสตร์ เพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและร่วมกันหาแนวทางแก้ไข
4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา กรรมการพัฒนาหลักสูตรและมาตรฐานการศึกษาทำหน้าที่ทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยประเมินคุณภาพของข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ตลอดจนพิจารณาระดับคะแนนในรายวิชา
5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา จากผลการประเมิน และทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลรายวิชา ได้มีการวางแผนการปรับปรุงการสอน และรายละเอียดวิชา เพื่อให้เกิดคุณภาพมากขึ้น

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นางสาว กฤติกา บุรณโชคไพศาล

Miss Kritika Buranachokpaisan

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5 6599 00004 54 5

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000

โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1411, 081-3842695 E-mail: kritika053@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

วทม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วท.บ. (วิศวกรรมกระบวนการอาหาร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

- ปี 2544 งานวิจัย เรื่อง “การสกัดสารเพคตินจากกากมะขามป้อม”

- ปี 2551 วิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาผลของสารต้านอนุมูลอิสระต่ออายุการเก็บรักษาและความคงตัวของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ”

- ปี 2555 ทุนอุดหนุนการวิจัยภายในมหาวิทยาลัย เรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งข้าวโพดและไข่ขาว”