สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย
การทดแทนเนื้อหมูด้วยถั่วแดงบด และการลดปริมาณไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

Pork replacement by red bean paste and nitrite reduction in sausage

ชื่อผู้วิจัย ผศ. ดร. ยุพร พืชกมุทร

RCH
TS
1974
S3
ย3950
ค.1
สขหมู่.....
เลขทะเบียน 115547
วัน,เดือน,ปี 21 มิ.ย. 2554

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2553
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b. 12317498
i.....

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การทดแทนเนื้อหมูด้วยถั่วแดงบด
และการลดปริมาณไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ) Pork replacement by red bean paste and nitrite reduction in sausage

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน
ประจาปีงบประมาณ 2553 จานวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 229400 บาท
ระยะเวลาการทาวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตค 2552 ถึง กย 2553

หัวหน้าโครงการ ผศ ดร ยุพร พืชกมุทร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง kcyuporn@kmitl.ac.th

คาสาคัญ ถั่วแดง ไนไตร์ท ไส้กรอก

บทคัดย่อ

จากการทดลองใช้ถั่วแดงหลวงต้มสุกบดทดแทนเนื้อหมูในไส้กรอกเวียนนา ในปริมาณ 35 , 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ของน้าหนักเนื้อหมู พบว่าความสามารถในการอุ้มน้าของแบตเตอร์ที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูมีค่ามากกว่าแบตเตอร์ที่ใช้หมูล้วน และเมื่อปริมาณการทดแทนเพิ่มขึ้นค่าสีแดงของไส้กรอกเวียนนาเพิ่มขึ้น และเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยถั่วแดงหลวงบดนิ่มกว่าตัวอย่างที่ใช้หมูล้วนอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลการทดลองทางประสาทสัมผัสพบว่าสามารถใช้ถั่วแดงหลวงทดแทนเนื้อหมูได้ 40 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยการเติมคาราจีแนน 3 ระดับคือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเนื้อสัมผัสแข็งขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของคาราจีแนนเพิ่มขึ้น จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์และเติมคาร์ราจีแนน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด ผลการวิเคราะห์โครงสร้างสามมิติด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราดพบว่าการจับกันของโครงสร้างตาข่ายของไส้กรอกเวียนนาเมื่อเติมถั่วแดงหลวงบดมีลักษณะจับกันเป็นกลุ่มก้อนมากกว่าประสานกันเป็นร่างแหแน่นเหมือนเมื่อใช้เนื้อหมูล้วน

เมื่อการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 14 วัน และจากทดลองลดปริมาณไนไตรท์ลง 0, 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนไตรท์ที่ใช้ พบว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงทดแทนเนื้อหมูที่ทำการลดปริมาณไนไตรท์ทุกตัวอย่าง มีค่าสีแดงค่าความแข็ง และคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีคะแนนความชอบในทุกด้านอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง ในงานวิจัยนี้จึงเลือกตัวอย่างไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงทดแทนเนื้อหมูที่ไม่มีการเติมไนไตรท์

ผลการวิเคราะห์อายุการเก็บในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นไส้กรอกเวียนนาสูตรที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูจะมีแนวโน้มในการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมดมากกว่าสูตรที่ใช้หมูล้วน อย่างไรก็ตามไส้กรอกทั้งสองตัวอย่างสามารถเก็บไว้ได้ 16 วันผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซนต์และไม่มีการเติมไนไตรท์ มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนเล็กน้อย แต่มีปริมาณเส้นใยอาหารสูงกว่าสูตรที่ใช้หมูล้วน 1.75 เท่า

ABSTRACT

This research aims to patially replace pork by red kidney bean paste in Vienna sausage. Red kidney bean paste at 35, 40 and 45% of pork weight were used to replace pork. The result showed that when red kidney bean paste was used. Water holding capacities of the batters became greater compared to that used only pork. When amount of replaced red kidney bean paste increased, Hunter value of a or red color of the Vienna sausage was increased. Texture of the Vienna sausages that replaced pork by red kidney bean paste were significantly softer than that of whole pork sausage. The sensory result showed that red kidney bean paste could be replaced pork at 40%. To improve the texture of the Vienna sausage, three levels of carragenan 0.5, 1.0 and 1.5% were added. The result showed that texture of the Vienna sausage became harder when the amount of carragenan increased. The sensory result showed that the Vienna sausage that red kidney bean paste at 40% and 0.5% carragenan were added achieved the hightes scores in all tested characteristics. Scanning electron micrograph revealed that gel of the sausage that replaced pork by red kidney bean paste was composed of small aggregates. While gel of the pork sausage had a good developed gel network.

The nitrite residual of pork sausage and the Vienna sausage that replaced pork with red kidney bean paste were studied. The result showed that the nitrite residual of both sausages were not significantly different after storage for 14 days. To improve the nutrition value, the nitrite content was reduced to 0, 25,50 and 100% of original nitrite content. Hunter value of a or red color and hardness of the Vienna sausages that contained different concentration of nitrite were not significant difference. Also the sensory result showed that all the four Vienna sausages was accepted from panelists. Therefor, in the present study the Vienna sausage with no addition of nitrite was selected.

The shelf life of the Vienna sausage was also elucidated. The Vienna sausage that contained non nitrite and replaced pork by 40% red kidney bean paste and control whole pork sausage were packed in N/LLDPE (nylon/ laminate low density polyethylene) and stored at 4ºC. The Vienna sausages showed a few more increasing total plate count compared to that of whole pork sample. However, both samples could store 16 days. The chemical analysis showed that protein content of the Vienna sausage that replaced pork with 40% red kidney bean paste and no addition of nitrite was slightly less than that of whole pork sausage. However, dietary fiber of the Vienna sausages was 1.75 times higher than that of whole pork sausages.

ภาพ 1 ลักษณะแบตเตอร์ที่ใช้หมูล้วนและที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

ภาพ 2 ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนและที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นักศึกษาและผู้ร่วมงาน คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมทั้งนส ปรวัล นาคแสง รศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ รศ. ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ที่มีส่วนสนับสนุนรวมทั้งให้กำลังใจที่ดีที่คอยช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ยุพร พืชกมุทร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....IX

สารบัญภาพ.....XI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ขอบเขตของการศึกษา.....2

1.3 วัตถุประสงค์.....2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ไส้กรอกเวียนนา.....3

2.2 กรรมวิธีการผลิตไส้กรอก.....3

2.3 ส่วนประกอบของไส้กรอก.....5

2.4 อิมัลชันไส้กรอก.....6

2.5 การใช้ไนเตรทและไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก.....7

2.6 ถั่วแดงหลวง.....8

2.7 เส้นใยอาหาร.....10

2.8 แอนโธไซยานิน.....13

2.9 คาร์ราจีแนน.....15

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....15

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 วัตถุดิบ.....17

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....17

3.3 สถานที่ดำเนินการ.....19

3.4 วิธีการทดลอง.....19

3.4.1 วิธีการเตรียมถั่วแดงหลวงบด.....19

3.4.2 วิธีการผลิตและสูตรการผลิตไส้กรอกเวียนนา.....20

3.4.3 ศึกษาผลของการใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในไส้กรอกเวียนนา.....22

3.4.3.1 ศึกษาปริมาณถั่วแดงหลวงบดที่เหมาะสมในการทดแทนเนื้อหมูในไส้กรอกเวียนนา.....22

3.4.3.2 การปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทด แทนเนื้อหมู.....23

3.3.4 ศึกษาปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกเวียนนา.....23

3.3.5 ศึกษาการลดปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู.....24

3.3.6 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทด แทนเนื้อหมู.....24

3.3.7 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงบดหลวงทดแทนเนื้อหมู..... 24

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....25

4.1 ผลของการใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในไส้กรอกเวียนนา.....25

4.2 ผลการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู.....27

4.3 ผลการศึกษาปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกเวียนนา.....31

4.4 ศึกษาการลดปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู....32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู....34

4.6 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู....36

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง....37

บรรณานุกรม....39

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วชนิดต่างๆ (กรัม/100กรัม) 9

2.2 กรดไขมันชนิดต่างๆในถั่วแดงหลวง.....10

2.3 ชนิดของเส้นใยอาหารในถั่วแดงหลวง.....13

2.4 แอนโธไซยานินในเปลือกถั่วตระกูล *Phasecolus vulgaris L*.....14

3.1 สูตรในการผลิตไส้กรอกเวียนนา.....22

4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของเหลวที่แยกได้ของแบตเตอร์เมื่อใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในปริมาณต่างๆ.....25

4.2 ค่าสี ของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในไส้กรอกเวียนนาในปริมาณต่างๆ.....26

4.3 ค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในปริมาณต่างๆ.....26

4.4 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในระดับต่างๆ.....27

4.5 ค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่เติมคาร์ราจีแนนในปริมาณต่างๆ.....28

4.6 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่เติมคาราจีแนนในปริมาณต่างๆ.....28

4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ตกค้างของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เนื้อหมูล้วนและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 14 วัน.....32

4.8 ค่าสีของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่ใช้ไนไตรท์ในปริมาณต่างๆ..33

4.9 ค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่ที่ใช้ไนไตรท์ในปริมาณต่างๆ.....33

4.10 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในปริมาณต่างๆ.....33

4.11 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่บรรจุในถุง N/LLDPE ในสภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....34

4.12 ปริมาณกรดทั้งหมดในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูบรรจุในถุง N/LLDPE ในสภาวะสุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....35

4.13 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วน.....36

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

3.1 ขั้นตอนการเตรียมถั่วแดงหลวงบด.....20

3.2 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกเวียนนา.....21

4.1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100X ของไส้กรอกเวียนนที่ใช้เนื้อหมูล้วน และที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซนต์.....30

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ไส้กรอกได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้น เนื่องจากความสะดวกในการบริโภค ไส้กรอกจัดเป็นอาหารพร้อมบริโภค จึงเหมาะสมกับสังคมปัจจุบันที่รีบเร่ง ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อสัตว์ซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉลี่ยแล้วเนื้อสัตว์จะประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน ดังนั้นการบริโภคผลิตภัณฑ์ไส้กรอกจึงทำให้ผู้บริโภคได้รับกรดอะมิโนที่จำเป็นเหล่านี้ด้วย ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชั่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการหมักเนื้อสัตว์กับเกลือบริโภคและเกลือไนเตรทหรือไนไตรท์ให้เกิดสีและรสชาติเฉพาะตัว แล้วจึงนำมาสับผสมรวมกับไขมันและน้ำแข็งเพื่อให้เกิดเป็นระบบอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ (oil in water) โดยมีโปรตีนไมโอไฟบริลลาเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์และมีส่วนประกอบของไขมันอยู่ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งช่วยให้มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดี แต่ปัญหาของเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่สำคัญปัญหาหนึ่ง คือ เนื้อหมูมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกรดไขมันอิ่มตัวนี้เป็นสาเหตุหลักของโรคหลอดเลือดหัวใจ (Hu และคณะ, 2000) นอกจากนี้สีแดงชมพูในไส้กรอกหมูเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารไมโอโกลบินในเนื้อทำปฏิกิริยากับสารไนไตรท์ที่เติมลงไป ถึงแม้ว่าสารไนไตรท์จะมีส่วนช่วยในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ แต่สารนี้ก็สามารถรวมตัวกับสารเอมีนที่อยู่ในเนื้อ เกิดเป็นสารไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่งได้

ถั่วแดงหลวงเป็นพืชตระกูลถั่วที่สามารถรับประทานได้ทั้งเมล็ด เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ มีกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญ มีปริมาณเส้นใยอาหารสูง โดยเส้นใยอาหารจะทำให้การย่อยน้ำตาลเป็นไปอย่างช้าๆ เหมาะสำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน และป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ ถั่วแดงหลวงมีปริมาณไขมันต่ำประกอบด้วยไขมันประมาณ 1.2 – 2 เปอร์เซนต์ต่อน้ำหนักสด กรดไขมันในถั่วแดงหลวงเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิค ช่วยลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือด ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (Barampama และ Simard, 1994 ; Sathe , 2002) นอกจากนี้ในถั่วแดงหลวงยังมีสารพฤกษเคมีที่สำคัญ คือ สารในกลุ่มแอนโธไซยานิน สารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของไขมันชนิด Low-density lipoprotein (LDL) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของโรคหัวใจ สารกลุ่มนี้ยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็น

สาเหตุของมะเร็ง (Renault, 1997) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะทดลองใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยใช้ถั่วแดงหลวงที่ต้มให้สุกและบดทั้งเมล็ด มีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนให้ได้มากที่สุด โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และด้วยสีแดงของเปลือกถั่วแดงหลวง จึงจะศึกษาการลดปริมาณของไนไตรท์ในไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู ผลของงานวิจัยนี้ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภคที่ต้องการหลีกเลี่ยงเนื้อสัตว์ หรือต้องการควบคุมคลอเรสเตอรอล เป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ถั่วแดงหลวง และลดต้นทุนการผลิตไส้กรอก

1.2 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในไส้กรอกเวียนนา โดยทำการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของแบตเตอร์ ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของถั่วแดงหลวงบดที่เหมาะสมที่นำมาทดแทนเนื้อหมู ตลอดจนปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู ศึกษาการลดปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และอายุการเก็บของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปริมาณถั่วแดงหลวงบดที่เหมาะสมในการทดแทนเนื้อหมูในไส้กรอกเวียนนา
2. ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู
3. ศึกษาการลดปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู
4. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และอายุการเก็บของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการใช้ถั่วแดงเพื่อทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์อิมัลชัน
2. เพื่อลดต้นทุนในการผลิตไส้กรอก
3. เป็นแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเพื่อสุขภาพ

บทที่2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไส้กรอกเวียนนา

ไส้กรอกเวียนนา หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อสัตว์และไขมัน เครื่องเทศ เครื่องปรุงรส และวัตถุเจือปนอาหารอื่นๆ โดยนำมาบดผสมกันอย่างละเอียดจนอยู่ในรูปอิมัลชัน แล้วบรรจุไส้ มัดเป็นปล้องๆ ยาวประมาณ 9 - 11 เซนติเมตร ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของไส้กรอกชนิดนี้ อาจรมควันหรือโดยวิธีอื่นเทียบเท่า แล้วทำให้สุก (มาตรฐานอุตสาหกรรม, 2549)

2.2 กรรมวิธีการผลิตไส้กรอก

การผลิตไส้กรอกมีขั้นตอนการผลิตดังนี้ (เยาวลักษณ์, 2536)

2.2.1 นำเนื้อหมูหั่นเป็นลูกเต๋าขนาด 1x1 นิ้ว หมักโดยใช้เกลือป่นและผงเพรกคลุกให้เข้ากัน บรรจุถุงแล้วแช่เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.2.2 การบดเนื้อและมันแข็ง บดเนื้อผ่านรูตะแกรงขนาด 1/8 นิ้ว เพื่อเพิ่มผิวสัมผัสของเนื้อหมูให้ง่ายต่อการสกัดโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ บดเนื้อหมูและมันแยกกันแล้วนำเนื้อบดและมันแข็งบดไปแช่เยือแข็งก่อนการสับผสม เป็นการลดอุณหภูมิระหว่างการสับผสมทำให้เกิดอิมัลชันที่ดี

2.2.3 การสับผสม เนื้อหมักบดแช่เยือกแข็งใส่ในเครื่องสับผสมที่หล่อเย็นแล้วเดินเครื่องสับผสม เติมเครื่องปรุงรส ส่วนผสมอื่นๆ และน้ำแข็งบดละเอียด ควบคุมอุณหภูมิของเนื้อสับไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส แล้วเติมมันหมูที่แช่เยือกแข็ง และเครื่องเทศลงไปสับผสมจนส่วนผสมเหนียวเป็นอิมัลชัน จะได้ส่วนผสมที่จับกันเป็นก้อนได้โดยไม่เหลวเละ (batter) อิมัลชันในไส้กรอกเป็นอิมัลชันประเภทไขมันในน้ำ (oil in water emulsion) โดยมีอนุภาคไขมันเป็นตัวกระจาย (disperse หรือ discontinuous phase) ส่วนน้ำเป็นตัวแทรก (external หรือ continuous phase) ปกตินำกับไขมันไม่รวมกัน จึงต้องมีตัวช่วยในการรวมตัว (emulsifier) ได้แก่ โปรตีนไมโอซินที่ละลายได้ในเกลือ ทำหน้าที่ห่อเม็ดไขมันไว้ ทำให้เกิดส่วนที่ผสมลงตัว (colloidal suspension emulsion) สำหรับโปรตีนที่ทำหน้าที่นี้ได้จากการที่เนื้อแดงถูกตัดด้วยใบมีดในเครื่องสับผสม ทำให้มีขนาดเล็กลงโดยเกลือมีหน้าที่สกัดโปรตีนและเมื่อผสมไขมันหรืออิมัลชันที่เตรียมไว้ลงไปในเครื่องสับผสม โปรตีนที่ละลายออกมาจะเข้าหุ้มไขมันเอาไว้ การสับผสมเป็นเวลานานทำให้เกิดความร้อนจากการเสียดสีของเนื้อและ

เครื่องมือ ทำให้เม็ดไขมันแยกตัวได้ จึงต้องเติมน้ำแข็งลงไปเพื่อรักษาอุณหภูมิของส่วนผสมให้เย็นตลอดเวลา

2.2.4 การบรรจุไส้ นำส่วนผสมที่เป็นอิมัลชันแล้วมาบรรจุในกระบอกบรรจุไส้ นำไส้สวมเข้ากับปลายของกระบอกกรวย เดินเครื่องแต่ต้องระวังไม่ให้เกิดโพรงอากาศระหว่างการบรรจุ จากนั้นนำมามัดเป็นท่อนๆไส้ที่ใช้บรรจุไส้กรอกมี 2 ชนิดดังนี้

2.2.4.1 ไส้เทียม (artifical casing) นิยมมากในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตไส้กรอก เนื่องจากผลิตได้ปริมาณมาก ราคาถูก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางให้เลือกตามความต้องการ ขนาดสม่ำเสมอและเก็บรักษาได้ง่าย มี 2 แบบคือ

1) ไส้เทียมที่รับประทานได้ (edible artificial casing) ทำจากหนังสัตว์ (regenerated collagen) โดยสกัดด้วยสารละลายเบสและล้างน้ำ จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดให้เกิดการพองตัวและเหลวข้นเป็นเนื้อเดียวกัน จึงนำเข้าแบบผ่านเบสทำให้แห้งใช้มากกับ ไส้ที่มีขนาดเล็ก

2) ไส้เทียมที่รับประทานไม่ได้ (inedible artificial casing) ทำจากเซลลูโลสที่สกัดจากเมล็ดฝ้าย คอลลาเจนที่ใช้บริโภคไม่ได้ และพลาสติก ไส้เทียมประเภทนี้มีความแข็งแรงทนทาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 1.5-15 เซนติเมตร

2.2.4.2 ไส้ธรรมชาติ (Natural casing) ได้จาก ไส้หมู ไส้แกะ ไส้วัว หลอดคอวัว กระเพาะหมู ไส้ตั่งวัว มีขนาดไม่เม่ำเสมอ เปื่อยและฉีกขาดง่าย ไม่ทนทาน เก็บรักษายาก ราคาแพง เมื่อบรรจุไส้กรอกจะมีรสชาติอร่อย กรอบ และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

2.2.5 การรมควัน แขวนไส้กรอกบนราวในตู้อบ ไม่ควรวางไส้กรอกซ้อนทับกันเพราะจะทำให้ผิวของไส้กรอกที่ได้ไม่สม่ำเสมอ โดยทำการให้ความร้อนจากด้านล่าง ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส โดยใช้วัสดุรมควันคือ ชานอ้อย วางลงบนตะแกรงเหนือเตาไฟ อบรมควันนานประมาณชั่วโมงจนผิวนอกของไส้กรอกมีสีน้ำตาลเหลือง

2.2.6 การทำให้สุก ต้มไส้กรอกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์บางส่วนที่เหลืออยู่ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ไส้กรอกเน่าเสีย และทำให้ผิวของไส้กรอกตึงเรียบ น่ารับประทาน และนำมาทำให้เย็นในน้ำผสมน้ำแข็งเป็นเวลา 10 นาที เป็นการลดความร้อนที่สะสมในชิ้นไส้กรอก และทำให้เนื้อภายในหดตัวอย่างรวดเร็ว ช่วยให้ลอกเปลือกได้ง่ายตัดไส้กรอกเป็นท่อนๆบรรจุในภาชนะเก็บรักษาในที่เย็นเพื่อรอการจำหน่าย

2.3 ส่วนประกอบของไส้กรอก

การเลือกส่วนประกอบต่าง ๆ ให้ถูกต้องและเหมาะสม เป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและ ต้นทุนการผลิตไส้กรอก ส่วนประกอบในการผลิตไส้กรอกมีดังนี้

2.3.1 เนื้อแดง (lean meat) เนื้อแดงที่ใช้อาจเป็นเนื้อหมู เนื้อไก่ หรือเนื้อวัว ซึ่งคุณภาพของเนื้อจะมีผลต่อคุณภาพของไส้กรอกด้วย หน้าที่ของเนื้อสัตว์ในการทำไส้กรอกคือให้คุณค่าทางอาหาร โดยเฉลี่ยแล้วเนื้อสัตว์จะมีโปรตีนประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเนื่องจากโปรตีนจับตัวเป็นก้อน (coagulate) เมื่อถูกความร้อนเป็นลักษณะกึ่งแข็ง (semi-solid) และโปรตีนจะทำหน้าที่ห่อหุ้มไขมันและตรึงน้ำในส่วนผสมไม่ให้แยกจากกันทั้งก่อนและหลังให้ความร้อน ซึ่งเป็นลักษณะเนื้อที่สำคัญของไส้กรอกบางชนิด นอกจากนี้เนื้อสัตว์ยังมีไมโอโกลบิน(myoglobin) ซึ่งเป็นสารให้สีแดงในเนื้อสัตว์จะเป็นตัวให้สีที่สำคัญของไส้กรอก

2.3.2 ไขมัน (fat) ไขมันช่วยให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสและลักษณะทางกายภาพด้านกลิ่นรส หรือความรู้สึกระหว่างอยู่ในปาก รสชาติ และกลิ่นที่ดี ทำให้ไส้กรอกมีลักษณะปรากฏที่ดี มีความน่ารับประทาน เนื้อสัมผัสที่ดีคือมีเนื้อนุ่ม เกิดการหล่อลื่น และช่วยให้รู้สึกว่าฉ่ำ ไขมันทำหน้าที่เป็นสารตัวนำในการพัฒนากลิ่นรสของสารพวกชอบไขมัน (lipophilic) ไขมันมีบทบาทเป็นแหล่งวิตามินที่ละลายในไขมัน กรดไขมันที่จำเป็นและเป็นแหล่งพลังงานไขมัน มีค่าพลังงาน 9 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม

2.3.3 เครื่องปรุงรส

1) เกลือ (Sodium Chloride, NaCl) เกลือทำหน้าที่ให้รสชาติแก่ผลิตภัณฑ์ ช่วยลดวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity) และทำให้แรงดันออสโมติกของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีลดลงมีผลให้จุลินทรีย์ลดการเจริญเติบโต ทำหน้าที่ละลายโปรตีนจากเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะโปรตีนไมโอซินซึ่งโปรตีนชนิดนี้จะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในไส้กรอก

2) น้ำตาล (Sugar) น้ำตาลทำหน้าที่ให้รสชาติ ทำให้ความเค็มของอาหารลดลง ช่วยลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีในผลิตภัณฑ์

3) เครื่องเทศ (Spice) เครื่องเทศในไส้กรอกที่ต่างชนิดกัน จะมีเครื่องเทศผสมอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน เครื่องเทศที่เติมลงไปเพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นรส ได้แก่ พริกไทย น้ำมันหอมระเหยพวก piperine, chavicine, piperamine, cryptone สารให้กลิ่นในลูกผักชี สารให้กลิ่นในกระเทียม นอกจากจะให้กลิ่นรสแล้วยังพบว่ามีผลต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์บางส่วนด้วย

4) ไนเทรตและไนไทรต์ (Nitrite and Nitrate) เป็นสารป้องกันการหืน (antioxidant) และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีสวย น่ารับประทาน การใช้ไนเทรตไนไทรต์จะต้องคำนึงถึงปริมาณของอนุมูลไนไทรต์ที่จะตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วย เนื่องจากไนไทรต์จะสามารถรวมตัวกับสารประกอบเอมีน (amine) เกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลองหลายชนิด (เรณูและคณะ, 2543) โดยทั่วไปแล้วปริมาณสารไนไทรต์ที่ใส่ลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอยู่ที่ระดับ 100-300 ส่วนในล้านส่วน แต่ปริมาณสารไนไทรต์ที่ใส่ลงในอาหารและที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าปลอดภัยไม่ควรเกิน 120 ส่วนในล้านส่วน (เรณูและคณะ, 2543)

5) แอสคอร์เบตหรืออิริโทรเบต (Ascobate or Erythorbate) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาของไนไทรต์ให้ทำงานเร็วขึ้น ทำให้สีที่เกิดจากไนไทรต์อยู่ตัวนานขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการเกิดสารก่อมะเร็งจากไนโตรซามีนอีกด้วย

6) ฟอสเฟต (Phosphate) ฟอสเฟตทำหน้าที่เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์ ทำให้เกิดการรวมตัวกันดี ลดปฏิกิริยาการหดตัวของเนื้อสัตว์หลังต้ม ลดปฏิกิริยาการหืน ผลิตภัณฑ์มีความชื้นและไขมันคงตัวดีขณะต้มหรือรมควัน ไส้กรอกที่ผสมฟอสเฟตจะมีลักษณะเนื้อแน่น แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะมีรสคล้ายสบู่ จึงเป็นการจำกัดระดับการใช้ฟอสเฟตในปริมาณสูง นิยมใช้โซเดียมไพโรฟอสเฟต (Sodium pyrophosphate) (เยาวลักษณ์, 2536) ในทางการค้าได้ผลิตสารประกอบฟอสเฟตในรูปของผสมและใช้ชื่อต่างกัน เช่น Fos, Accord, Fitcord เป็นต้น

7) น้ำ (Water) นิยมเติมน้ำในรูปน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการสับผสมหรือสับนวด น้ำเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ต้องเติมลงในส่วนผสมของไส้กรอก น้ำจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการที่จะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกนุ่มและชุ่มฉ่ำ อีกทั้งยังทำให้เกลือและส่วนผสมอื่น ๆ ละลายและกระจายตัวได้ดี อิมัลชันคงตัวดีช่วยให้การบรรจุง่าย และน้ำจะช่วยทดแทนการสูญเสียน้ำระหว่างการผลิตและการให้ความร้อน

2.4 อิมัลชันไส้กรอก

อิมัลชันไส้กรอกเป็นอิมัลชั่นแบบน้ำมันในน้ำ โดยไขมันเป็นเฟสไม่ต่อเนื่อง (dispersed phase) น้ำเป็นเฟสต่อเนื่อง (continuous phase) และโปรตีนในเนื้อที่ละลายออกมาทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดอิมัลชัน ซึ่งในระหว่างการเตรียมอิมัลชันไส้กรอกนั้นโปรตีนที่ละลายออกมาและน้ำจะฟอร์มตัวอยู่ในรูปเมตริก (matrix) ห่อหุ้มเม็ดไขมัน (ชัยณรงค์, 2529)

สารที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในไส้กรอก คือโปรตีนที่ละลายได้ดีในเกลือและโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่มาจากซาโคพลาสมิค (sarcoplasmic) และโปรตีนจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ไม่ละลายน้ำซึ่งมีความสามารถจำกัดในการรวมกับไขมัน แต่อย่างไรก็ตามโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ เมื่ออยู่ในสภาพที่มีเกลือจะมีความสามารถในการเกิดอิมัลชั่นเพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพในการเป็นสารที่ช่วยทำให้เกิดอิมัลชั่นยังมีอยู่จำกัด การสกัดโปรตีนจากกล้ามเนื้อมีบทบาทในการเตรียมอิมัลชัน สามารถทำได้โดยการใช้สารละลายเกลือในการสกัดโปรตีนออกมา ซึ่งการสกัดจะง่ายขึ้นเมื่อสับผสมในเครื่องสับผสม ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อถูกทำลายและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นปานกลาง หลังจากการสกัดโปรตีนออกมาแล้วไขมันจะถูกสับให้ละเอียดในสภาพที่มีโปรตีน ในช่วงนี้โปรตีนที่ละลายออกมาจะกระจายตัวเป็นเฟสต่อเนื่อง เคลือบเม็ดไขมันไว้ โดยไขมันซึ่งเป็นเฟสไม่ต่อเนื่องต้องมีปริมาณที่เหมาะสมกับเฟสต่อเนื่อง ไขมันที่ถูกห่อหุ้มจะคงอยู่จนโปรตีนตกตะกอนด้วยความร้อน แม้ว่าความร้อนปานกลางของอิมัลชั่นในเครื่องสับผสม จะมีประโยชน์ในการปลดปล่อยโปรตีนจากกล้ามเนื้อที่ละลายได้ แต่ถ้าในระหว่างการสับผสมมีอุณหภูมิสูงกว่า 12 องศาเซลเซียส จะทำให้อิมัลชันแตก และการสับผสมนานเกินไป (over chopping) จะเพิ่มพื้นที่ผิวของอนุภาคไขมันทำให้เฟสต่อเนื่อง ไม่เพียงพอที่จะห่อหุ้มเม็ดไขมันในขั้นตอนที่ทำให้เกิดอิมัลชัน (วัฒนี, 2542)

2.5 การใช้ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ไนไตรท์เป็นวัตถุเจือปนที่มีความสำคัญต่อการแปรรูปเนื้อสัตว์ ซึ่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 (2517) อนุญาตให้ใช้ไนไตรท์ได้ในปริมาณที่ไม่เกิน 125 ส่วนในล้านส่วน (มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนไตรท์) ไนไตรท์มีวัตถุประสงค์ในการใช้ 2 ประการ คือ ป้องกันไม่ให้อาหารเน่าเสีย ช่วยระงับการเจริญเติบโตของเชื้อ *Clostridium botulinum* และ เพื่อรักษาสีแดงชมพูของเนื้อสัตว์ให้ดูใหม่สด (fixative) อยู่ได้นาน ไนไตรท์ที่ใช้เติมลงไปในผลิตภัณฑ์มีอยู่หลายตัว คือ โซเดียมไนไตรท์ มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองซีดหรือขาวทึบแสง โปแตสเซียมไนไตรท์มีลักษณะเป็นผลึกเล็กๆซึ่งดูดความชื้นและละลายได้ง่าย ผงเพรคที่นิยมใช้ในการผลิตไส้กรอกมีลักษณะเป็นผงสีชมพูเป็นส่วนผสมสารไนเตรทและไนไตรท์ โดยมีส่วนผสมของสารอื่นๆด้วย ถ้าบริโภคไนไตรท์ในปริมาณสูง จะทำให้มีความเสี่ยงจากการเป็นพิษของไนไตรท์ เพราะไนไตรท์ทำให้เกิดอันตรายโดยตรงและโดยอ้อมต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ผลโดยตรงคือ ไนไตรท์ทำให้เกิดอาการเมทฮีโมโกลบินิเมีย (methemoglobinemia) ซึ่งจะมีอาการพิษตั้งแต่ระดับเพียงเล็กน้อย คือ ตัวเขียวเนื่องจากขาดออกซิเจน (cyanosis) และทำให้ถึงตายได้ โดยอาการเมทฮีโมโกลบินิเมียเกิดเนื่องจากไนไตรท์จะออกซิไดซ์ Fe^{2+} ในโมเลกุลของฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ไปเป็น Fe^{3+} กลายเป็น

เมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) ทำให้ไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ตามปกติ อันตรายโดยอ้อมของไนไตรท์ คือ การที่ไนไตรท์สามารถทำปฏิกิริยาไนโตรเซชัน (nitrosation) กับ secondary amine เอไมด์ (amide) กัวนิดีน (guanidine) และยูเรีย (urea) ได้สารประกอบ เอน – ไนโตรโซ (N- nitroso compound) คือ ไนโตรซามีน (nitrosamines) และไนโตรซาไมด์ (nitrosamides) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง

2.6 ถั่วแดงหลวง

ถั่วแดงหลวง (red kidney bean) เป็นพืชตระกูลถั่วที่จัดอยู่ในตระกูล *Phasecolus vulgaris L.* ซึ่งมักจะนำไปใช้บริโภคในลักษณะที่แตกต่างกัน ถั่วแดงหลวงใช้บริโภคเมล็ดแก่ ซึ่งมีรูปร่างคล้ายไต เรียกว่า "kidney bean" และถ้ามีเมล็ดสีแดงเรียกว่า "red kidney bean" ถั่วแดงหลวงมีถิ่นกำเนิดมาจากแถบอเมริกาใต้ ปัจจุบันแหล่งผลิตถั่วแดงหลวงของโลก ได้แก่ บราซิล อินเดีย แอฟริกา และเม็กซิโก (FAO, 1993) ประเทศไทยเริ่มนำถั่วแดงหลวงเข้ามาปลูกเป็นครั้งแรกโดยโครงการหลวงในปี พ.ศ. 2516 โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ชาวไทยภูเขาปลูกเป็นพืชทดแทนฝิ่น และช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปัจจุบันถั่วแดงหลวงได้กลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในเขตที่สูง จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนจังหวัดอื่นมีปลูกบ้างเล็กน้อย เช่น จังหวัดเชียงราย จังหวัดพะเยา จังหวัดลำปาง จังหวัดน่าน และจังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นต้น (สมบัติ, 2526)

2.6.1 พันธุ์ถั่วแดงหลวงที่ปลูกในประเทศไทย

ในปัจจุบันพันธุ์ถั่วแดงหลวง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พันธุ์ (สมบัติ, 2526) คือ

1) พันธุ์สีแดงเข้ม มีอยู่ด้วยกันหลายพันธุ์ เช่น Monicalm California และ Royal ซึ่งสั่งเข้ามาจากประเทศเดนยาและ สหรัฐอเมริกา ขนาดของเมล็ดแต่ละพันธุ์จะเท่า ๆ กัน มีสีแตกต่างกันเล็กน้อย ในด้านการให้ผลผลิตปรากฏว่าพันธุ์ Royal ให้ผลดีกว่าพันธุ์อื่น เป็นที่ต้องการของตลาด ในประเทศไทยมีการปลูกถั่วแดงหลวงพันธุ์สีแดงอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ (ณรงค์, 2538)

2) พันธุ์สีชมพู ปัจจุบันมีปลูกเพียงพันธุ์เดียว คือ Moniton 1 ขนาดของเมล็ดโตกว่าชนิดแรกเล็กน้อย ให้ผลผลิตต่อไร่ค่อนข้างสูง มีความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส แต่มีข้อเสีย คือ สีของเมล็ดไม่เป็นที่ต้องการของตลาดมากนัก

2.6.2 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วแดงหลวง

ถั่วที่นิยมนำมาบริโภคมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีมีลักษณะและองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างดังแสดงในตารางที่ 2.1 พบว่าถั่วแดงหลวงเป็นแหล่งของโปรตีน มีปริมาณไขมันต่ำและมี

กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (ตารางที่ 2.2) โดยเฉพาะกรดลิโนเลอิค (18:2) กรดไขมันชนิดนี้ช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (Hu และคณะ, 2000) นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนในถั่วแดงหลวงประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญครบถ้วน มีเพียงกรดอะมิโนที่มีองค์ประกอบของซัลเฟอร์ (เมทไทโอนีน) เท่านั้นที่น้อย (Sathe SK, 2002) โปรตีนในถั่วแดงเป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โปรตีนในถั่วแดงจะอยู่ในรูปของโปรตีนบอดี้ (protein bodies) โปรตีนบอดี้มีน้ำหนักโมเลกุล 150-250 กิโลดาลตัน โปรตีนในถั่วแดงประกอบด้วยหน่วยย่อยหลายชนิด ชนิดที่สำคัญได้แก่ วิซิลิน (vicilin) หรือ อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ฟาซิโอลิน (phaseolin) เป็น หน่วยย่อยประเภทไกลโคโปรตีน (glycoprotein)โดย vicilin จะประกอบไปด้วยหน่วยย่อย อีก 3ตัว คือ α-, β- และ γ- วิซิลิน และ หน่วยย่อยอีกชนิดหนึ่งคือ เลกูมิน (legumin) เป็นหน่วยย่อยที่มี acidic กับ basic อยู่ร่วมกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (Meng และ Ma, 2001)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วชนิดต่างๆ (กรัม/100กรัม)

เมล็ดถั่ว	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	ใยอาหาร	ความชื้น	พลังงาน(กิโลแคลอรี)
ถั่วเหลือง	38.0	18.0	31.3	7.9	8	335
ถั่วแดงหลวง	22.1	1.7	61.4	4.6	11	341
ถั่วลิสง	25.6	43.4	23.4	2.5	5	343
ถั่วเขียว	23.9	1.3	60.4	3.4	11	340
ถั่วเลนทิล	24.2	1.8	60.8	4.2	11	346

ที่มา : ดัดแปลงจาก Grelaap (1995)

ตารางที่ 2.2 กรดไขมันชนิดต่างๆในถั่วแดงหลวง

กรดไขมัน(จำนวนคาร์บอน: จำนวนพันธะคู่)	ปริมาณ (เปอร์เซนต์)
14:0	0.2
16:0	16.4
18:0	3.3
18:1	13.3
18:2	31.4
18:3	21.8
อื่นๆ	13.6

ที่มา : ดัดแปลงจาก Grelaap (1995)

2.7 เส้นใยอาหาร (Dietary fiber)

เส้นใยอาหาร คือ ส่วนที่เหลือของเซลล์พืชหลังจากการย่อยโดยเอนไซม์ของระบบทางเดินอาหารในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งจะรวมทั้งผนังเซลล์พืช เส้นใยจากพืชมีชื่อเรียกทางเคมีโดยรวมว่าสารคาร์โบไฮเดรตหรือพอลิแซคคาร์ไรด์ (polysaccharide) เช่น เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) เพคติน (pectins) ลิกนิน (lignin) รวมทั้งกัม (gums) และมิวซิเลจ (mucilages) (วันเพ็ญ, 2541) เส้นใยอาหารเป็นส่วนที่ร่างกายไม่สามารถย่อยสลายได้ เนื่องจากเส้นใยอาหารไม่สามารถย่อยได้ด้วยกรดในกระเพาะอาหารและเอนไซม์ในลำไส้เล็ก จึงอยู่ในรูปของกากบดบังพื้นที่ในระบบทางเดินอาหาร เมื่อรับประทานเข้าไปจึงรู้สึกอิ่ม เส้นใยอาหารเป็นสารที่ไม่ให้พลังงาน เมื่อรับประทานเข้าไปจึงไม่ก่อให้เกิดพลังงานส่วนเกิน แต่สามารถช่วยขัดขวางการดูดซึมไขมันและโคเรสเตอรอล (นุชสิริ, 2535)

2.7.1 แหล่งของเส้นใยอาหาร

เส้นใยอาหารเป็นส่วนประกอบของพืช ดังนั้นจึงพบในพืชอาหารที่มาจากพืชเท่านั้นเช่น ธัญพืช ผัก ผลไม้ ถั่ว โดยเส้นใยอาหารจะประกอบด้วยส่วนประกอบย่อยหลายชนิดที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป (นิรนาม, 2542) เส้นใยอาหารสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบละลายในน้ำและแบบไม่ละลายในน้ำ ชนิดแรกคือ เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เส้นใยอาหารชนิดนี้มักจะปนอยู่กับส่วนที่เป็นแป้งในพืชได้แก่ เพคติน กัมและมิวซิเลส ชนิดที่สอง คือ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำซึ่งเป็นพวก

คาร์โบไฮเดรต เชิงซ้อนย่อยสลายยาก ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ซึ่งมีความสามารถดูดซับสารต่างๆ ได้น้อย

2.7.1.1 เส้นใยอาหารชนิดที่ละลายในน้ำได้ (Soluble Fiber)

เส้นใยอาหารชนิดที่ละลายในน้ำได้ เป็นเส้นใยอาหารส่วนที่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้และสามารถดูดซับสารที่ละลายในน้ำไว้กับตัว พบในถั่วบางชนิด ผลไม้ และธัญพืช เช่นข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ เส้นใยอาหารชนิดนี้ถึงแม้จะละลายในได้โดยอยู่ในรูปเจล แต่จะไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว ได้แก่

1) กัม เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลของน้ำตาลจำนวนมาก และในหมู่โมเลกุลน้ำตาลบางหมู่มีกลุ่มยูโรนิค ไม่มีโครงสร้างทางเคมีที่แน่นอนสำหรับกัม และกัมบางชนิดก็ไม่ละลายน้ำ

2) เพคติน เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลของน้ำตาลจำนวนมาก และในหมู่โมเลกุลน้ำตาลบางหมู่มีกลุ่มเมทิลและกลุ่มยูโรนิค เพคตินบางชนิดไม่ละลายน้ำ ถ้ากลุ่มไฮดรอกซิลในกรดถูกแทนที่ด้วยกลุ่มเมทิล สารประกอบเพคตินนั้นก็จะละลายได้นสารละลายด่าง เพคตินพบมากในเซลล์ผนังพืช ทำหน้าที่ให้ยึดเซลล์ให้เชื่อมติดกัน

3) มิวซิเลจ ถูกหลั่งในเอนโดสเปอร์มของเซลล์พืช เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการเกิดดีไฮเดรชั่นมากเกินไป

2.7.1.2 เส้นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble Fiber)

เส้นใยอาหารส่วนที่มีสมบัติไม่ละลายน้ำแต่จะเกิดการพองตัวในน้ำลักษณะคล้ายฟองน้ำ ได้แก่

1) เซลลูโลส เป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์พืช ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสเป็นจำนวน 1000 โมเลกุล คล้ายกับสตาร์ชแต่จะไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพราะเดี่ยว

2) เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส เป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์พืชประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลเชิงเดี่ยว (Monosaccharide) ชนิดต่างๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเป็นจำนวน100 โมเลกุล ที่มีสมบัติในการละลายเหมือนกันคือละลายในสารละลายด่าง

3) ลิกนิน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแอลกอฮอล์ที่พืชผลิตเมื่ออายุมากขึ้น ทำให้ส่วนต่างๆของพืชมีโครงสร้างที่แข็งแรง เช่น เปลือกนอกของธัญพืช ซึ่งถูกทำลายในกระบวนการขัดสี

2.7.2 ประโยชน์ของเส้นใยอาหารต่อร่างกาย

เส้นใยอาหารมีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยเกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย ลดระดับโคเรสเตอรอล ลดอัตราเสี่ยงการเป็นโรคหัวใจและมะเร็งลำไส้ใหญ่ ลดเวลาอาหารตกค้างในลำไส้ใหญ่ ลดความต้องการอินซูลินซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน(Guzman และ Paredez, 1998)

1) ลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด

เส้นใยอาหารมีผลกระทบต่อการลดระดับไขมันในเส้นเลือด ส่วนใหญ่เป็นประเภทละลายน้ำ โดยเฉพาะกัม และเพคติน โดยเชื่อว่าเส้ยใยอาหารเหล่านี้ดูดซับน้ำดีออกจากระบบทางเดินอาหาร ทำให้มีการเร่งสร้างน้ำดีขึ้นทดแทนในดับจากไขมันโคเลสเตอรอล

2) ลดระดับน้ำตาลในเลือด

การบริโภคเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจะลดลดระดับน้ำตาลและอินซูลินในเลือดหลังการบริโภคอาหาร เมื่อเส้นใยอาหารถูกบริโภคพร้อมน้ำตาลกลูโคสสูงหรือบางส่วนของมื้ออาหารทั้งในคนปกติและผู้ป่วยโรคเบาหวาน (วันเพ็ญ, 2541) กลไกการลดระดับน้ำตาลในเลือดมาจากความหนืดของเส้นใยช่วยชะลอการดูดซึมของน้ำตาล และความสามารถในเปลี่ยนรูปเป็นเจลเคลือบชั้นผิวน้ำของลำไส้เป็นเส้นใยที่หนืดที่สุด โดยเฉพาะกัมจะให้ประสิทธิภาพดีที่สุด (นุชสิริ, 2535)

3) ช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้และการเกิดถุงโป่งพองในลำไส้ใหญ่

เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น เซลลูโลส เอมิเซลลูโลส ลิกนิน มีผลทำให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น โดยพบว่าการบริโภคเส้นใยอาหารน้อยจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระบบย่อยอาหาร ลดการรวมตัวของกรดน้ำดี เพิ่มเวลาตกค้างของอาหารในลำไส้ใหญ่ ลดปริมาณอุจจาระ เนื่องจากจุลินทรีย์จะถูกกระตุ้นโดยอาหารที่มีปริมาณเส้นใยอาหารต่ำ ก่อตัวเป็นสารก่อมะเร็งได้ ดังนั้นเส้นใยอาหารจะช่วยให้อุจจาระผ่านออกจากลำไส้ได้เร็วขึ้น ลดระยะเวลาการขับถ่ายของอุจจาระ ซึ่งช่วยให้สารพิษมีโอกาสสัมผัสผิวของลำไส้ใหญ่น้อยลง ทำให้สารก่อมะเร็งเจือจางไม่อยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อร่างกาย ส่วนการเกิดถุงโป่งพองในลำไส้มีความสัมพันธ์กับความอ่อนแอของผนังลำไส้อันเกิดจากแรงดันของอุจจาระแข็งจนทำให้เกิดการอักเสบของผนังลำไส้ (วันเพ็ญ, 2541)

4) ช่วยในการลดน้ำหนัก

เส้นใยที่มีปริมาตรมาก เช่น เมล็ดแมงลัก เมื่อพองตัวในกระเพาะอาหาร ทำให้มีที่ว่างในกระเพาะอาหารน้อยลง จะทำให้รู้สึกอิ่มเร็ว เป็นเหตุให้น้ำหนักตัวลด จึงช่วยลดน้ำหนักผู้ป่วยโรคอ้วนได้

2.7.3 เส้นใยอาหารในถั่วแดงหลวง

ถั่วแดงหลวงมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงถึง 4.6 เปอร์เซ็นต์ เป็นเส้นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ ประกอบด้วยชนิด เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ชนิดของเส้นใยอาหารในถั่วแดงหลวง

ชนิดของเส้นใยอาหาร	ปริมาณ (กรัม / 100 กรัมของเส้นใยอาหารทั้งหมด)
เซลลูโลส	6.22
เฮมิเซลลูโลส	20.2
ลิกนิน	1.21

ที่มา : ดัดแปลงจาก Grelaap (1995)

2.8 แอนโธไซยานิน(Antocyanins)

แอนโธไซยานินเป็นกลุ่มของสารสีซึ่งพบทั่วไปในพืชต่างๆมากมาย แอนโธไซยานินเป็นสารสีที่สามารถละลายน้ำได้ จะมีสีแดงที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำ และเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเมื่อความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น โดยที่สารกลุ่มนี้ถูกจัดอยู่ในตระกูลของสารพวกฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) เนื่องจากมีโครงสร้างหลักเป็น Flavan nucleus ต่ออยู่กับวงอะโรมาติก 2 วงเชื่อมกันโดย 3 Carbon unit แอนโธไซยานินมีความแตกต่างจากฟลาโวนอยด์ชนิดอื่นๆ ที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงวิซิเบิลได้เป็นอย่างดี แอนโธไซยานินนั้นมีสูตรโครงสร้างต่างๆ กันหลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของแอนโทไซ-ยานิดิน และน้ำตาลที่มาสร้างพันธะกัน โดยทั่วไปพบโครงสร้างของแอนโธไซยานิดินในผลไม้ได้ 6 ชนิดคือ ไซยานิดิน (cyanidin) เดฟินิดิน (delphinidin) มัลวิดิน (malvidin) พีลาโกนิดิน (pelargonidin) พิโอนิดิน(peonidin)และพิตูนิดิน(petunidin)

พืชที่มักพบแอนโธไซยานิน ได้แก่ กะหล่ำปลีม่วง มันสีม่วง องุ่นแดง ชมพู่มะเหมี่ยว ชมพู่แดงอื่นๆ ลูกหว้า ลูกไหน ลูกพรุน ลูกเกด ข้าวแดง ข้าวนิล ข้าวเหนียวดำ ถั่วแดงและถั่วดำ มะเขือม่วง หอมแดง หอมหัวใหญ่สีม่วง บลูเบอร์รี่ น้ำดอกอัญชัน น้ำว่านกาบหอย มันต้มสีม่วง และเผือก แอนโธ

ไซยานินเป็นสารสีที่สำคัญ ทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม และอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ (Hoffmann, 1983)

2.8.1 สารประกอบแอนโธไซยานินในถั่วตระกูล *Phasecolus vulgaris L.*

แอนโธไซยานินในเปลือกถั่วตระกูล *Phasecolus vulgaris L.* ซึ่งเป็นถั่วที่มีรูปร่างคล้ายไต เรียกว่า "kidney bean" ถั่วในตระกูลนี้มีหลายสีเช่นถ้ามีเมล็ดสีแดงเรียกว่า red kidney bean (ถั่วแดงหลวง) เมล็ดสีดำเรียกว่า black kidney bean เป็นต้น แอนโธไซยานินในเปลือกถั่วตระกูลนี้มี 5 ชนิด คือ ไซยานิดิน เดฟินิดิน มัลวิดิน พีลาโกนิดิน และ พิตูนิดิน

ตารางที่ 2.4 แอนโธไซยานินในเปลือกถั่วตระกูล *Phasecolus vulgaris L*

สีเปลือกถั่ว	น้ำหนักเมล็ด (มิลลิกรัม/เมล็ด)	แอนโธไซยานิน (มิลลิกรัม/กรัม)
แดง	408.0	0.741
ดำ	359.8	2.144
น้ำตาลจุดดำ	476.4	0.098

ที่มา : ดัดแปลงจาก Myoung (2003)

2.8.2 ประโยชน์ของแอนโธไซยานิน (Renault และคณะ, 1997)

1) ใช้เพิ่มความสามารถในการมองเห็น ช่วยลดอาการล้าของประสาทตา และปรับสายตากับแสงจ้า เนื่องจากแอนโธไซยานินไปเพิ่มการไหลเวียนในหลอดเลือดเล็กส่วนปลาย การเพิ่มการไหลเวียนของหลอดเลือดเล็กส่วนปลายนี้มีกลไกที่ทำงานเกี่ยวกับการมองเห็นแข็งแรงขึ้นเพราะมีเลือดมาเลี้ยงมากขึ้น มีการศึกษาวิจัยทางคลีนิกเกี่ยวกับความสามารถของแอนโทไซยานินในการเพิ่มประสิทธิภาพของตา เช่น ตาเสื่อมจากโรคเบาหวาน โรคต้อหิน เป็นต้น

2) แอนโธไซยานินช่วยลดอาการอักเสบในระบบทางเดินปัสสาวะ โดยช่วยให้แบคทีเรียที่ทำให้เกิดอาการอักเสบในทางเดินปัสสาวะเกาะผนังกระเพาะปัสสาวะไม่ได้

3) แอนโธไซยานินเมื่อเกิดการรวมตัวกันจะได้สารที่เรียกว่าสารที่ให้รสฝาด (condensed tannin) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ทั้งยังช่วยให้หลอดเลือดส่วนปลายและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันแข็งแรงขึ้น ช่วยในเรื่องภูมิแพ้เป็นต้น

4) แอนโธไซยานินเป็นสารที่กำจัดอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งได้ ซึ่งโดยปกติเซลล์ร่างกายจะถูกรบกวนด้วยอนุมูลอิสระ

2.9 คาร์ราจีแนน (Carrageenan)

คาร์ราจีแนนสามารถสกัดได้จากสาหร่ายสีแดง เป็นสารกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง สายของโพลีแซคคาไรด์จะประกอบด้วยหมู่ซัลเฟต โดยโครงสร้างประกอบไปด้วยน้ำตาลดี – กาแลสโทส (D – galactose) และน้ำตาล 3,6-แอนไฮโดร – ดี – กาแลสโทส (3,6 – anhydro – D – galactose) คาร์ราจีแนนสามารถสกัดได้จากสาหร่ายในวงศ์ Rhophyceae ในปัจจุบันนิยมผลิตคาร์ราจีแนน 3 ชนิดคือ แคปปา, แลมด้า และไอโอตา คาร์ราจีแนนสามารถละลายน้ำได้และมีการละลายดีขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อน อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 50 – 80 องศาเซลเซียส โดยสารละลายคาร์ราจีแนนที่ได้จะค่อนข้างหนืด ความหนืดของคาร์ราจีแนนขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ความเข้มข้น อุณหภูมิ ชนิดของสาหร่ายที่นำมาสกัด น้ำหนักโมเลกุล และอนุมูลโลหะ พบว่าอนุมูลโลหะเช่น โพแทสเซียม แคลเซียม มีผลต่อการเกิดเจลของสารละลายคาร์ราจีแนน โดยให้เจลที่มีความยืดหยุ่นดี เมื่อให้ความร้อนจะสามารถละลายได้และเกิดเจลใหม่เมื่อทำให้เย็น สมบัติที่สำคัญที่สุดของคาร์ราจีแนน คือ การที่สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนบางชนิดโดยเฉพาะสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนในนม ซึ่งปีนปฏิกิริยาระหว่างเคซีนและคาร์ราจีแนน เรียกว่า milk reactivity จึงสามารถใช้คาร์ราจีแนนช่วยให้โกโก้ที่ใส่ในนมแขวนลอยอยู่ได้ นอกจากใช้เป็นสารแขวนลอยแล้วยังใช้เป็นสารที่ช่วยให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น dessert gels , baby food gels , freezable dessert gels เป็นต้น นอกจากนั้นยังใช้เป็นสารที่ให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ในผลิตภัณฑ์เนื้อกระป๋องและปลากระป๋อง มีการใช้คาร์ราจีแนนเพื่อให้เนื้อจับกันได้ (สายสุนีย์, 2546)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Rahardjo และคณะ (1994) ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองผงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการเติมคาร์ราจีแนน พบว่าเมื่อเติมนมถั่วเหลืองผงในไส้กรอกหมู 3 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสม จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ได้มีปริมาณไขมันน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่มีการเติมคาราจีแนน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีน และความชื้น

สูงขึ้น เนื่องจากเมื่อเติมนมถั่วเหลืองผงในผลิตภัณฑ์จะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น จึงทำให้มีปริมาณความชื้นมากขึ้น และสัดส่วนของไขมันในสูตรที่เติมนมถั่วเหลืองลดลง

Trius และคณะ (1994) ศึกษาผลของคาร์ราจีแนนและเกลือคลอไรด์ที่มีต่อคุณภาพของไส้กรอกโบโลญ่าที่เติมไขมัน 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้แลมด้า – คาราจีแนน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 2.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังจากการต้มได้มากที่สุด และการใช้คาราจีแนนทำให้ความแน่นเนื้อของไส้กรอกลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกไขมันสูง

Claus และ Hunt (1997) ทดลองเติมเส้นใยจากโอ๊ต ถั่วลิสง และจากหัวบีท ในระดับ 3.5 เปอร์เซนต์ ในไส้กรอกโบโลญ่าที่มีการแทนไขมันด้วยน้ำ เพื่อให้ไขมันลดลงเหลือเพียง 10 เปอร์เซนต์ พบว่าเส้นใยจากทั้งสามแหล่งสามารถปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกโบโลญ่า ปรับปรุงสีของไส้กรอกโบโลญ่า และการสูญเสียน้ำหนักภายหลังการต้มของไส้กรอกโบโลญ่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับไส้กรอกโบโลญ่าที่เติมน้ำลงไปทดแทนไขมันแต่ไม่มีการเติมเส้นใยจากทั้งสามแหล่ง

Tenin และคณะ (2001) ศึกษาการเติมแป้งจากถั่วในตระกูล *Phaseolus vulgaris* เพื่อทดแทนเนื้อสัตว์ในไส้กรอกเนื้อ พบว่าเมื่อเติมแป้งมากขึ้นจะช่วยทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ค่า cooking losses ลดลง ค่าความสว่างของไส้กรอกเนื้อที่มีการเติมแป้งมีค่าความสว่างมากกว่าไส้กรอกเนื้อสูตรควบคุม และค่าความแข็ง (Hardness) ลดลง ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น

อัจฉรา (2550) ศึกษาการใช้เต้าหู้ 2 ชนิดคือเต้าหู้อ่อนและเต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าสามารถใช้เต้าหู้อ่อนทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซนต์ และการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสโดยการเติมกลิ่นหมูที่ระดับ 0.5เปอร์เซ็นต์ และเปรับปรุงคุณภาพด้านนื้อสัมผัสโดยการเติมแป้งมันสำปะหลังที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไส้กรอกรมควันที่ใช้เต้าหู้อ่อนทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์ มีการยอมรับมากขึ้น ส่วนการใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู 30 เปอร์เซนต์ มีการยอมรับสูงสุด และการเติมกลิ่นหมูที่ระดับ 0.7 เปอร์เซ็นต์ และการเติมแป้งมันสำปะลังที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไส้กรอกรมควันที่ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมู 30 เปอร์เซ็นต์ มีการยอมรับมากขึ้น นอกจากนี้พบว่าความสามรถในการอุ้มน้ำของแบตเตอร์ที่ใช้เต้าหู้อ่อนทุกระดับไม่แตกต่างจากแบตเตอร์ของสูตรควบคุม แต่ในกรณีของเต้าหู้แข็งพบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำจะลดลงเมื่อทดแทนด้วยเต้าหู้แข็ง 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อปริมาณการทดแทนเพิ่มขึ้นสีของไส้กรอกจะอ่อนลง เนื้อสัมผัสของไส้กรอกนิ่มลง เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ถั่วแดงหลวง จากมูลนิธิโครงการหลวงจังหวัดเชียงใหม่

3.1.2 เนื้อหมูส่วนสะโพก จากตลาดสดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.1.3 มันหมูแข็ง จากตลาดสดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.1.4 น้ำแข็งบด จากตลาดสดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.1.5 น้ำตาลทราย ตรามิตรผล (บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.6 เกลือป่น ตราปรุงทิพย์ (บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.7 ไนไตรท์ (บริษัท Food EQ จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.8 พริกไทยป่น ตราง่วนสูน (บริษัท ง่วนสูน (1974) เยาวราช จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.9 กระเทียมผง ตราง่วนสูน (บริษัท ง่วนสูน (1974) เยาวราช จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.10 ดอกจันทน์ป่น จากตลาดสดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.1.11 อบเชยป่น ตราง่วนสูน (บริษัท ง่วนสูน (1974) เยาวราช จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.12 ลูกผักชีป่น ตราง่วนสูน (บริษัท ง่วนสูน (1974) เยาวราช จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.13 ไข่ขาวผง (บริษัท Food EQ จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.14 สารฟอสเฟต (บริษัท Food EQ จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.15 ไส้คอลลาเจนเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร (บริษัท Nippi.incorporated Tokyo, Japan)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 อุปกรณ์ในการเตรียมไส้กรอก

3.2.1.1 เครื่องชั่งชนิดหยาบ	Ohaus Corp, USA
3.2.1.2 เครื่องชั่งชนิดละเอียด	Ohaus Corp, USA
3.2.1.3 เครื่องบดละเอียด	US Berkel,German
3.2.1.4 เครื่องสับผสม	
3.2.1.5 เครื่องบรรจุไส้	

115547

3.2.1.6 เทอร์โมมิเตอร์

3.2.1.7 นาฬิกาจับเวลา

3.2.1.8 เตาแก๊ส

3.2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ

3.2.2.1 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Allegra X-12R Centrifuge)	Beckman Coulter
3.2.2.2 อุปกรณ์เครื่องแก้ว	pyrex
3.2.2.3 นาฬิกาจับเวลา	
3.2.2.4 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)	Memmert WB 29, German
3.2.2.5 ตู้อบสำหรับวิเคราะห์ความชื้น (Hot Air Oven)	Memmert UM 400, German

3.2.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

3.2.3.1 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	Mettle ToledoMP 220
3.2.3.2 เครื่องปั่นผสม (Blender)	Moulinex
3.2.3.3 อุปกรณ์เครื่องแก้ว	Pyrex

3.2.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.4.1 จานและแก้วน้ำพลาสติก

3.2.4.2 แบบทดสอบ

3.2.5 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.2.5.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)	JAPA TA-XT2
3.2.5.2 เครื่องวัดสี	Minolta CR-300, Japan

3.2.6 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

3.2.6.1 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl) Buchi B316

3.2.6.2 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet) Gerhardt SE3A/S306A

3.2.6.3 เครื่องวิเคราะห์เถ้า (furnace) carbolite-CWF 11/13

3.2.6.4 ตู้อบสำหรับวิเคราะห์ความชื้น (Hot Air Oven) Memmert UM 400

3.2.7 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้าง

3.2.7.1 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง	UV – spectrophotometer, USA
3.2.7.2 อุปกรณ์เครื่องแก้ว	Pyrex

3.2.8 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

3.2.8.1 Stomacher	AES Laboratory, France
3.2.8.2 อุปกรณ์เครื่องแก้ว	Pyrex

3.2.9 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

3.2.9.1 อุปกรณ์เครื่องแก้ว	Pyrex
3.2.9.2 Autoclave	Tomy SS-325, Japan
3.2.9.3 ตู้บ่มเพาะเชื้อ	Kendo Laboratory products, German
3.2.9.4 Stomacher	AES Laboratory, France

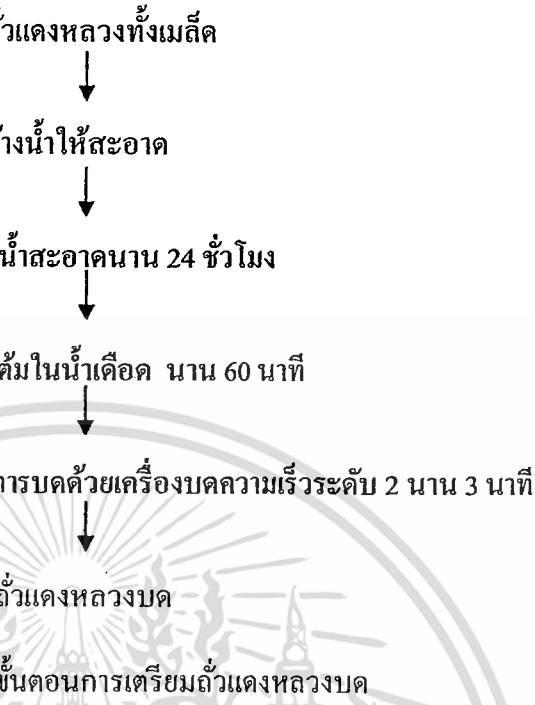
3.3 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.วิธีการทดลอง

3.4.1 วิธีการเตรียมถั่วแดงหลวงบด

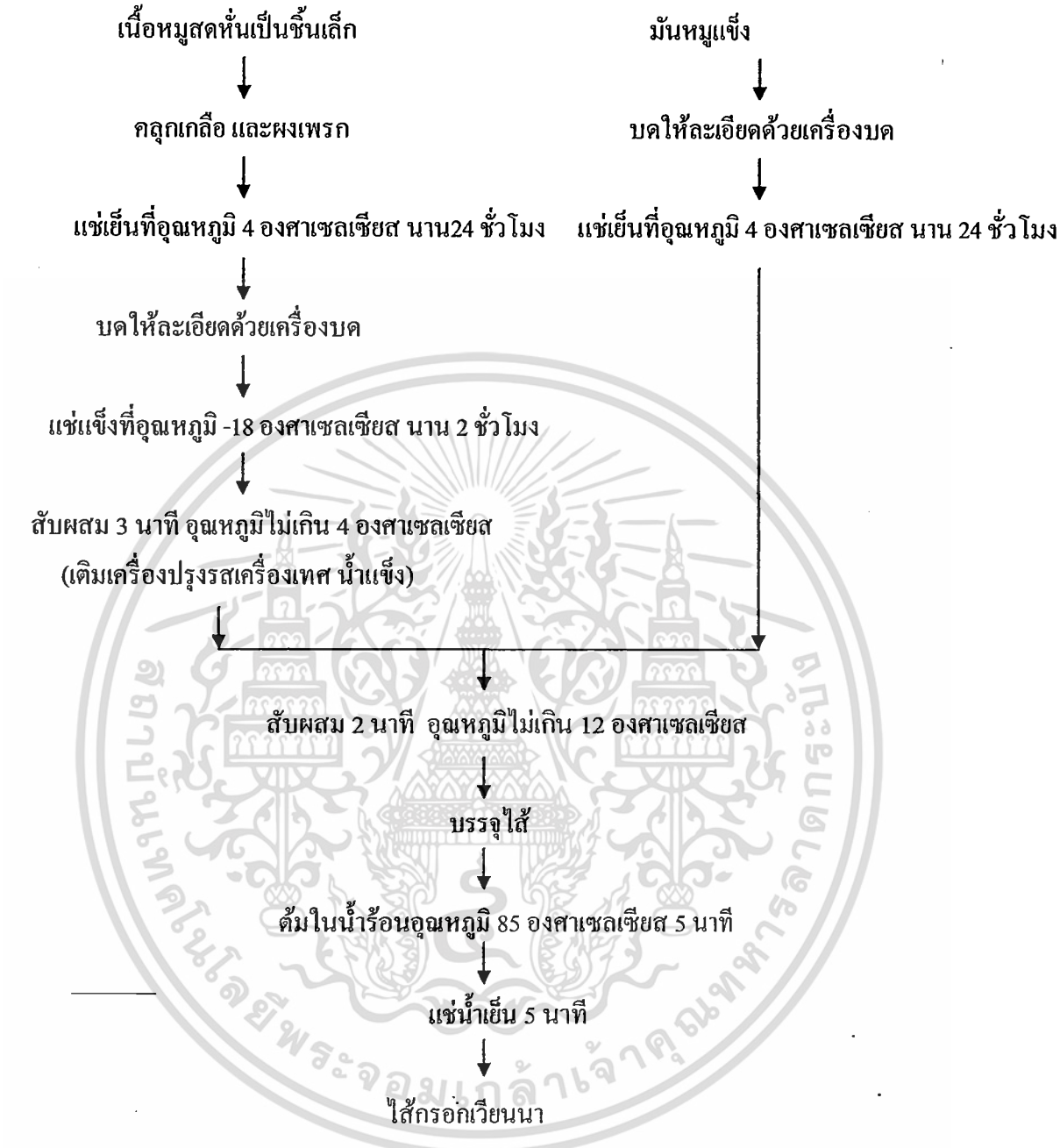
การเตรียมถั่วแดงหลวงบดทำโดยใช้ถั่วแดงหลวงสดทั้งเมล็ด นำมาแช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำมาบดในอัตราส่วนถั่วแดงหลวงต้ม : น้ำ ที่ 1 : 0.5 โดยน้ำหนัก นำถั่วแดงหลวงบดที่ได้ไปแช่แข็งเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป รายละเอียดวิธีเตรียมถั่วแดงหลวงบด แสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมถั่วแดงหลวงบด

3.4.2 วิธีการผลิตและสูตรการผลิตไส้กรอกเวียนนา

การผลิตไส้กรอกเวียนนามีขั้นตอนการผลิตดัดแปลงตามวิธีของเยาวลักษณ์ (2551) ดังแสดงในภาพที่ 3.2 การผลิตไส้กรอกเวียนนา ทำโดยใช้เนื้อหมูบดแช่เย็นสับผสมกับมันหมูแข็ง เครื่องปรุงรส เครื่องเทศและน้ำแข็งในปริมาณตามตารางที่ 3.1 ควบคุมอุณหภูมิของแบตเตอร์ให้ไม่เกิน 12 องศาเซลเซียส นำแบตเตอร์บรรจุไส้เทียมคอลลาเจน เส้นผ่านศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร ใส่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ต้มจนกระทั่งอุณหภูมิน้ำร้อนถึง 85 องศาเซลเซียส จับเวลาต่อ 5 นาที ก่อนนำไปแช่น้ำเย็น 5 นาที



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกเวียนนา

ที่มา :-ดัดแปลงมาจาก เยาวลักษณ์ (2551)

ตารางที่ 3.1 สูตรในการผลิตไส้กรอกเวียนนา

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
เนื้อหมู	800
มันแข็ง	200
น้ำแข็งป่น	240
เกลือ	15
ไนไตรท์	0.125
ฟอสเฟต	5
ไข่ขาวผง	15
กระเทียมผง	5
ลูกผักชีป่น	1.5
ดอกจันทน์ป่น	1.5
อบเชยป่น	1
พริกไทยป่น	5
น้ำตาล	8

ที่มา : ดัดแปลงมาจากเยาวลักษณ์ (2551)

3.4.3 ศึกษาการใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในไส้กรอกเวียนนา

3.4.3.1 ศึกษาปริมาณถั่วแดงหลวงบดที่เหมาะสมในการทดแทนเนื้อหมูในไส้กรอกเวียนนา

ทดลองใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในสูตรของไส้กรอกเวียนนาดังตารางที่ 3.1 ที่ระดับ 35, 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื้อหมู และปรับปริมาณน้ำแข็งที่ใช้ตามเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถั่วแดงหลวงบด เพื่อให้ปริมาณของน้ำสุดท้ายเท่ากับสูตรการผลิตไส้กรอกเวียนนา โดยสับผสมถั่วแดงหลวงบดไปพร้อมกับเนื้อหมูและมันแข็ง นำแบตเตอร์ที่ได้มาวิเคราะห์ค่าต่างๆตามวิธีในข้อ 1) - 2) และนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยถั่วแดงหลวงบดที่ผลิตได้ มาทดสอบค่าต่างๆตามวิธีในข้อ 3) – 5) ตามรายละเอียดด้านล่าง

การวิเคราะห์คุณภาพของแบตเตอร์และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีดังนี้

1) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter ตามวิธีที่รายงานใน Bloukas และคณะ (2000)

2) วิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำโดยใช้วิธีของ Hughes และคณะ (1997)

3) การวัดค่าสีด้วยเครื่อง Minolta, CR-300 รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ดูจากภาคผนวก ก

4) วิเคราะห์คุณภาพของเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA- XT2I) โดยดัดแปลงวิธีของ Fox และคณะ (1983)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

5) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ (7-point hedonic scale) โดย 7 คือชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด จำนวนผู้ทดสอบ 20 คนโดยประเมินผลในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.3.2 การปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

เลือกตัวอย่างที่เหมาะสมจากข้อ 3.4.3.1 มาปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยการเติมคาราจีแนน ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด ตรวจสอบเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ผลิตได้ รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ดูจากภาคผนวก ก และตรวจสอบทางประสาทสัมผัสตามวิธีการในข้อ 3.4.3.1 เพื่อเลือกสูตรที่ผู้ชิมยอมรับมากที่สุด นำไส้กรอกเวียนนาที่ผลิตได้มาวิเคราะห์โครงสร้างสามมิติด้วยการถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ดัดแปลงตามวิธีของ Iwasaki และคณะ (2006)

3.4.4 ศึกษาปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกเวียนนา

เลือกตัวอย่างที่เหมาะสมจากข้อ 3.4.3 นำมานำมาบรรจุลงในถุง N/LLDPE (nylon 15 micron and laminate low density polyethylene 65 micron) ในสภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ วิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ตกค้าง วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับตัวอย่างไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วน ตามวิธี AOAC (2000)

3.4.5 ศึกษาการลดปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

เลือกตัวอย่างที่เหมาะสมจากข้อ 3.4.3 ศึกษาการลดปริมาณของไนไตรท์ โดยทำการลดปริมาณไนไตรท์ลง 0, 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ นำไส้กรอกที่ผลิตได้มาทำการทดสอบทางด้านสีและทดสอบทางประสาทสัมผัสตามวิธีในข้อ 3.4.3.1

3.4.6 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

เลือกตัวอย่างที่เหมาะสมจากข้อ 3.4.5 นำมาบรรจุลงในถุง N/LLDPE (nylon 15 micron and laminate low density polyethylene 65 micron) ในสภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 2 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้วิธี AOAC (2000) วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับตัวอย่างไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วน

3.4.7 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

เลือกตัวอย่างที่เหมาะสมจากข้อ 3.4.5 รวมทั้งไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วน มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร เถ้า และ คาร์โบไฮเดรตตามวิธีของ AOAC (2000)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของการใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในไส้กรอกเวียนนา

ในการทดลองได้ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่ 35 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื้อหมู ปรับลดปริมาณน้ำแข็งเพื่อให้ปริมาณน้ำเท่ากัน เมื่อนำแบตเตอร์ที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดที่ทดแทนเนื้อหมูมาวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ใช้หมูล้วนได้ผลดังตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อปริมาณถั่วแดงหลวงบดเพิ่มมากขึ้น ค่าความเป็นกรดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ใช้หมูล้วน และปริมาณของเหลวที่แยกได้ซึ่งมีความสัมพันธ์ผกผันกับความสามารถในการอุ้มน้ำของแบตเตอร์ พบว่าเมื่อปริมาณถั่วแดงหลวงบดที่ใช้เพิ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำของแบตเตอร์เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ใช้หมูล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เกิดจากถั่วแดงหลวงมีปริมาณแป้งมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (สมบัติ, 2526)โดยแป้งมีความสามารถในการดูดซับน้ำจึงส่งผลให้การสูญเสียน้ำของไส้กรอกลดลง (สายสุนีย์, 2546)

ตารางที่ 4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของเหลวที่แยกได้ของแบตเตอร์เมื่อใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในปริมาณต่างๆ

ถั่วแดงหลวงบด (เปอร์เซ็นต์)	ความเป็นกรด – ด่าง^{ns}	ปริมาณของเหลวที่แยกได้ (เปอร์เซ็นต์)
0	6.23	2.56 ± 0.01^{a}
35	6.22	2.47 ± 0.02^{b}
40	6.24	1.36 ± 0.05^{c}
45	6.29	1.29 ± 0.02^{c}

(abc) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
(ns) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อนำไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูมาทำการวิเคราะห์ค่าสีได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าถั่วแดงหลวงบดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของไส้กรอก โดยที่ค่าความสว่างของไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 35 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ใช้หมูล้วน เนื่องจากถั่วแดงหลวงบดมีสีแดง ค่าความสว่างที่ได้จึงมีค่าลดลงเมื่อมีการทดแทนในระดับที่สูงขึ้น ในขณะที่ค่า a ซึ่งหมายถึงค่าสี

แดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณการทดแทนของถั่วแดงหลวงบดเพิ่มขึ้น ผลของถั่วแดงหลวงบดต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาแสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อปริมาณถั่วแดงหลวงบดเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งที่หาจากค่าแรงสูงสุด (hardness) ลดลง โดยเฉพาะเมื่อใช้ถั่วแดงหลวงบด 45 เปอร์เซ็นต์ ไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดมีเนื้อสัมผัสนิ่มกว่าไส้กรอกสูตรที่ใช้หมูล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่สูงในถั่วแดงหลวงเข้าไปแทรกตัวในระบบอิมัลชั่น อาจทำให้การประสานกันเป็นร่างแห (network) ของเนื้อหมู ไขมัน และน้ำมีความเป็นระเบียบลดลง เป็นผลให้โครงสร้างตาข่ายของอิมัลชันเจลมีความแข็งแรงลดลง ทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณถั่วแดงหลวงบด ค่าความแข็งของไส้กรอกที่ได้ลดลง (อัจฉรา, 2550)

ตารางที่ 4.2 ค่าสี ของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในปริมาณต่างๆ

ถั่วแดงหลวงบด (เปอร์เซ็นต์)	ค่าสี		
	L	a	b^{ns}
0	74.99 ± 3.90^{a}	6.96±1.52^{c}	11.31±1.85
35	70.10 ± 2.35^{b}	7.55±1.38^{b}	9.38±0.62
40	69.65± 3.24^{bc}	7.79±1.47^{a}	10.38±0.60
45	67.90 ± 3.25^{c}	7.93±1.40^{a}	10.59±0.42

(abc) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
(ns) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.3 ค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในปริมาณต่างๆ

ถั่วแดงหลวงบด (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความแข็ง (กรัม · แรง)
0	6539.09±188.23^{a}
35	3418.66±34.08^{b}
40	2623.82±47.08^{c}
45	2019.79±48.82^{d}

(abc) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูมาทดสอบความชอบได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าตัวอย่างไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบด 45 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบในทุกด้านน้อยกว่าตัวอย่างอื่น โดยเฉพาะด้านสีและลักษณะปรากฏมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างอื่น

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถั่วแดงหลวงบดที่ใช้ในการทดลองได้จากการบดถั่วแดงหลวงทั้งเมล็ดเพื่อให้ได้คุณประโยชน์ของไฟเบอร์และแอนโธไซยานินที่มีอยู่ในเปลือก อย่างไรก็ตามการใช้ถั่วแดงหลวงบดในปริมาณสูงถึง 45 เปอร์เซ็นต์ อาจทำให้สีและลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับ เนื่องจากเปลือกถั่วแดงหลวงบดกระจายอยู่ทั่วชิ้นของไส้กรอกเวียนนา เมื่อพิจารณาจากผลการชิมเพื่อเลือกปริมาณของถั่วแดงหลวงบดที่ใช้ทดแทนเนื้อหมูให้ได้มากที่สุด พบว่า ปริมาณของถั่วแดงที่ควรเลือกใช้ทดแทนเนื้อหมู คือ 40 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบด 35 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมีค่าต่ำกว่า 5 ดังนั้นจึงนำตัวอย่างไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบด 40 เปอร์เซ็นต์ ไปทำการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยการเติมคาร์ราจีแนนในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.4 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูในระดับต่างๆ

ลักษณะที่ทดสอบ	ถั่วแดงหลวงบด (เปอร์เซ็นต์)		
	35	40	45
สีและลักษณะปรากฏ	5.00 ± 0.76^{a}	4.93 ± 0.96^{a}	4.40 ± 0.98^{b}
กลิ่น ^{ns}	5.33 ± 0.89	4.93 ± 0.79	4.73 ± 1.38
รสชาติ ^{ns}	5.26 ± 0.88	5.13 ± 1.25	4.66 ± 1.29
เนื้อสัมผัส ^{ns}	5.00 ± 1.13	4.53 ± 1.35	4.06 ± 1.53
ความชอบรวม	5.66 ± 0.72^{a}	5.13 ± 1.06^{ab}	4.40 ± 1.59^{b}

(abc) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
(ns) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 ผลการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

ผลการเติมคาร์ราจีแนนในปริมาณ 0.5, 1.0 และ1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมดต่อค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อเติมคาร์ราจีแนน ค่าความแข็งของไส้กรอกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากคาร์ราจีแนนเมื่อละลายและได้รับความร้อนจะมีคสมบัติการเกิดเจล ทำให้ถั่วแดงหลวงบดและเนื้อหมูเกาะตัวกันได้แน่นขึ้น จึงทำให้เนื้อสัมผัสแข็งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Elizabeth และ Alfonso (2007) ที่พบว่าคาร์รา

จีแนนช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสในไส้กรอกลดโซเดียมและไขมัน และเมื่อนำไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดเติมคาร์ราจีแนนทั้งสามสูตรมาทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดและเติมคาร์ราจีแนน 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบในทุกด้านสูงกว่าตัวอย่างอื่นโดยเฉพาะคะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวม และพบว่าไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยถั่วแดงหลวงบด 40 เปอร์เซ็นต์ เติมคาร์ราจีแนน 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบในทุกด้านสูงกว่า 5 คือ มีคะแนนอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง ดังนั้นในงานวิจัยจึงเลือกการใช้คาร์ราจีแนน 0.5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.5 ค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่เติมคาร์ราจีแนนในปริมาณต่างๆ

คาร์ราจีแนน (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความแข็ง (กรัม·แรง)
0	2623.82±47.08 ^{d}
0.5	2786.03±298.45 ^{c}
1.0	2810.45±437.26 ^{b}
1.5	2902.63±110.45 ^{a}

(abcd) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่เติมคาร์ราจีแนนในปริมาณต่างๆ

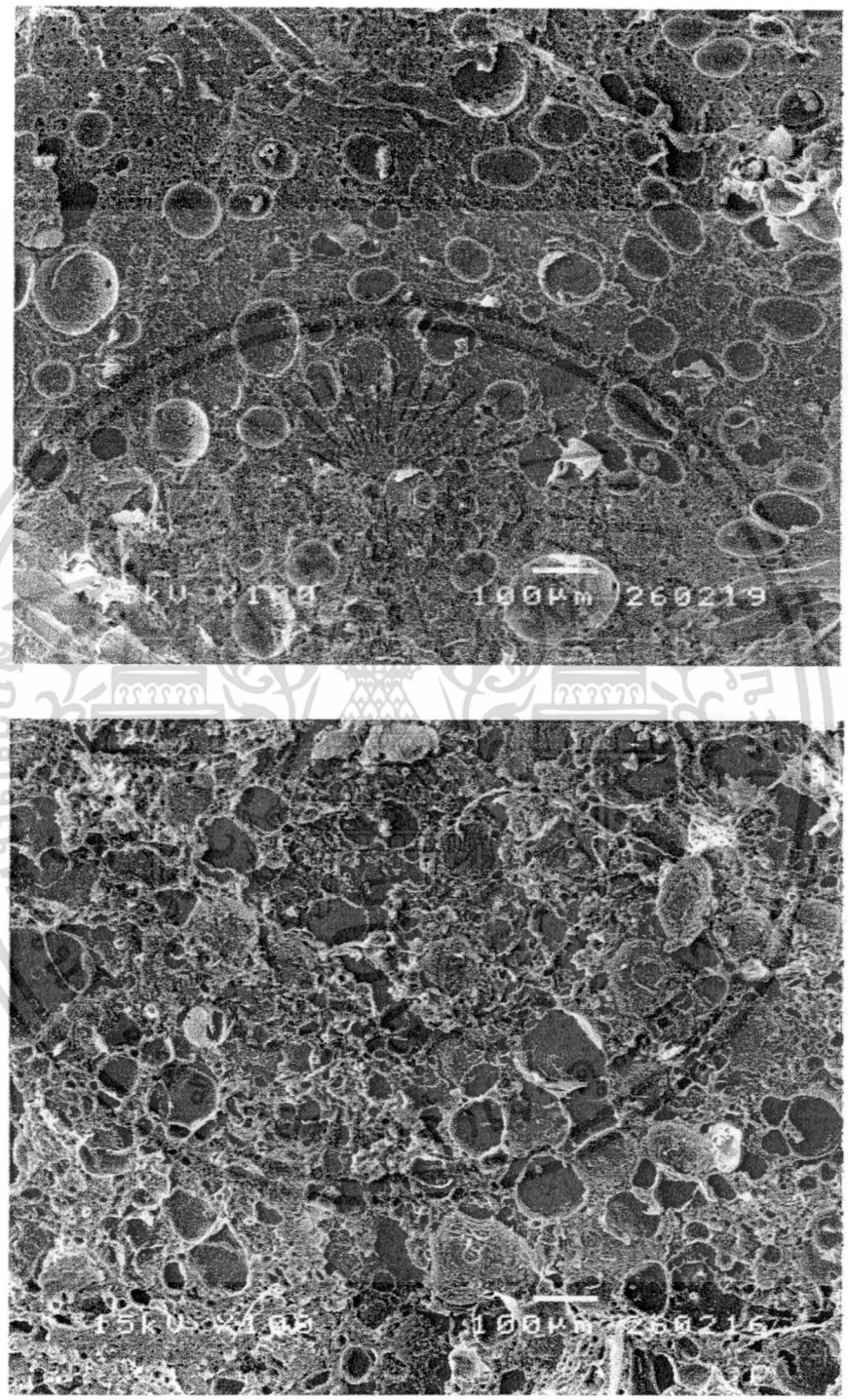
ลักษณะที่ทดสอบ	คาราจีแนน (เปอร์เซ็นต์)		
	0.5	1.0	1.5
สีและลักษณะปรากฏ ^{ns}	5.00 ± 0.92	4.93 ± 0.88	4.73 ± 0.96
กลิ่น ^{ns}	5.13 ±1.12	5.00 ± 0.84	4.93 ± 1.03
รสชาติ	5.53 ± 0.51 ^{a}	4.86 ± 0.83 ^{b}	4.46 ± 0.74 ^{b}
เนื้อสัมผัส	5.20 ± 0.67 ^{a}	4.80 ± 0.98 ^{b}	4.40 ± 1.20 ^{ab}
ความชอบรวม	5.80 ± 0.56 ^{a}	4.66 ± 0.81 ^{b}	4.60 ± 1.18 ^{b}

(abc) อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$)

(ns) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อนำไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์และเติมคาร์ราจีแนน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และไส้กรอกหมูล้วนมาวิเคราะห์ดูโครงสร้างสามมิติด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100X ได้ผลดังภาพที่ 4.1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราดแสดงให้เห็นว่า การจับกันของโครงสร้างตาข่าย (network) ของอิมัลชั่นเจลเมื่อเติมถั่วแดงหลวงบดมีลักษณะจับกันเป็นกลุ่มก้อนเล็กๆ (aggregate) มากกว่าประสานกันเป็นร่างแหแน่นเหมือนโครงสร้างที่พบเมื่อใช้เนื้อหมูล้วน การเติมถั่วแดงหลวงบดอาจไปขัดขวางการประสานกันเป็นร่างแหที่มีระเบียบของเนื้อหมู ไขมัน และน้ำ เป็นผลให้ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มและยืดหยุ่นน้อยกว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เนื้อหมูล้วน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 4.1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100X ของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เนื้อหมูล้วน (บน) และที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์ (ล่าง)

4.3 ผลการศึกษาปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกเวียนนา

ผลการศึกษาปริมาณไนไตรท์ตกค้างในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เนื้อหมูล้วนและที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์ และ ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เนื้อหมูล้วนมีปริมาณไนไตรท์ตกค้างลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น โดยไส้กรอกที่ใช้เนื้อหมูล้วนมีปริมาณไนไตรท์ลดลงจากเริ่มต้น 118 เป็น 57.96 ส่วนในล้านส่วน ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนไตรท์ลดลงจากเริ่มต้น 119.92 เป็น 64.10 ส่วนในล้านส่วน ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณไนไตรท์ตกค้างของไส้กรอกเวียนนาทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การที่สารพฤกษเคมีที่มีอยู่ในถั่วแดงหลวงไม่สามารถช่วยลดปริมาณไนไตรท์ตกค้างอาจเป็นเพราะความร้อนหรือกระบวนการแปรรูป ทำให้สารพฤกษเคมี โดยเฉพาะแอนโธไซยานินมีโครงสร้างหรือสมบัติเปลี่ยนไป ทำให้ความสามารถในการเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่จะจับกับเรซิดิวไนไตรท์ถูกทำลาย หรืออาจเกิดจากความเข้มข้นของสารพฤกษเคมีที่มีอยู่ในถั่วแดงหลวงบดที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกเวียนนาไม่เพียงพอที่จะมีประสิทธิภาพในการทำลายอนุมูลอิสระ Mitsumota และคณะ(1991)ที่รายงานว่าวิตามินซีจะมีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี จะต้องอยู่ในสภาวะที่มีโลหะไอออน โดยความเข้มข้นที่จะมีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีของวิตามินซีอยู่ระหว่าง 200 – 1000 ส่วนในล้านส่วน Myoung (2003) รายงานว่าปริมาณแอนโธไซยานินในเปลือกถั่วตระกูล *Phasecolus vulgaris L* ที่มีเปลือกสีแดงมีปริมาณแอนโธไซยานิน 0.741 มิลลิกรัม/กรัม จากการคำนวณปริมาณแอนโธไซยานินในไส้กรอกเวียนนาที่ทดแทนเนื้อหมูด้วยถั่วแดงหลวงบด 40 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความชื้นของถั่วแดงหลวงบดเท่ากับ 69.9 เปอร์เซ็นต์ และถั่วแดงหลวงมีปริมาณเปลือก 7.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคำนวณจากข้อมูลข้างต้นพบว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแอนโธไซยานินเพียง 6.6 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งจัดอยู่ในระดับความเข้มข้นต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากพืชชนิดอื่น Tee และคณะ(2002) ศึกษาสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง พบว่าต้องเติมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงที่

ระดับความเข้มข้น 200 ส่วนในล้านส่วน จึงจะสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชันได้

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ตกค้างของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เนื้อหมูล้วนและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 14 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณไนไตรท์ตกค้าง (ส่วนในล้านส่วน)^{ns}	
	ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้เนื้อหมูล้วน	ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู
0	118.32 ± 0.21	119.93 ± 0.13
2	115.38 ± 0.01	117.25 ± 0.01
4	107.65 ± 0.17	112.56 ± 0.98
6	86.81± 0.11	93.75 ± 2.99
8	84.40 ± 0.01	87.07 ± 0.14
10	79.12 ±0.06	81.96 ± 0.02
12	71.05 ± 0.23	77.46 ±1.14
14	57.96 ± 0.39	64.10 ±0.11

(ns) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแนวนอน

4.4 ผลการศึกษาการลดปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

เนื่องจากในการทดลองได้ใช้ถั่วแดงหลวงทั้งเมล็ดต้มสุกบดให้ละเอียด ทำให้มีสีแดงของเปลือกถั่วกระจายอยู่ทั่วไป ผู้วิจัยจึงสนใจลดการเกิดสีจากไนไตรท์ โดยในการทดลองได้ลดปริมาณไนไตรท์ลง 0, 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นปริมาณไนไตรท์ที่ใช้ 125, 105, 64.6 และ 0 ส่วนในล้านส่วน ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ไนไตรท์ในปริมาณต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9 พบว่าเมื่อลดปริมาณของไนไตรท์ ค่าสีและค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อนำไส้กรอกเวียนนาที่ทำการลดปริมาณไนไตรท์ทุกตัวอย่างมาทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่าไส้กรอกเวียนนาที่ทำการลดปริมาณไนไตรท์ทุกตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีคะแนนความชอบในทุกด้านอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง

ตารางที่ 4.8 ค่าสีของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่ใช้ไนไตรท์ในปริมาณต่างๆ

ปริมาณไนไตรท์ (ส่วนในล้านส่วน)	ค่าสี		
	L^{ns}	a^{ns}	b^{ns}
125	71.39 ± 2.90	7.65±1.72[c]	10.91±0.85
105	70.10 ± 2.35	7.85±1.08[b]	11.88±1.02
64.6	70.65± 2.24	7.79±1.35[a]	10.06±070
0	72.21 ± 3.25	7.93±1.40[a]	10.29±1.42

(ns) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.9 ค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่ใช้ไนไตรท์ในปริมาณต่างๆ

ปริมาณไนไตรท์ (ส่วนในล้านส่วน)	ค่าความแข็ง (กรัม·แรง)[ns]
125	2726.60 ± 52.60
105	2668.98 ± 60.00
64.5	2712.25 ± 72.67
0	2728.39 ± 72.70

(ns) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคั

ตารางที่ 4.10 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่ใช้ไนไตรท์ในปริมาณต่างๆ

ลักษณะที่ทดสอบ	ปริมาณไนไตรท์ (ส่วนในล้านส่วน)			
	125	105	64.5	0
สีและลักษณะปรากฏ[ns]	5.06 ± 0.96	5.13 ± 0.74	5.26 ± 1.09	4.9 ± 0.88
กลิ่น [ns]	4.88 ± 0.86	4.86 ± 0.91	4.73 ± 0.46	5.00 ± 1.07
รสชาติ [ns]	5.00 ± 1.00	4.86 ± 1.06	5.20 ± 0.86	5.00 ± 0.84
เนื้อสัมผัส [ns]	5.26 ± 0.88	5.06 ± 0.96	5.13 ± 0.64	4.80 ± 1.01
ความชอบรวม[ns]	5.20 ± 0.79	5.13 ± 0.67	5.06 ± 0.59	5.13 ± 0.83

(ns) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกตัวอย่างไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงทดแทนเนื้อหมูที่ไม่มีการเติมไนไตรท์ อย่างไรก็ตามไนไตรท์สามารถทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (เรณูและคณะ, 2543) ดังนั้นจึงทำการทดลองศึกษาอายุการเก็บของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูและไม่มีการใช้ไนไตรท์ในการทดลองต่อไป

4.5 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่ไม่ใช้ไนไตรท์ บรรจุในถุง N/LLDPE เก็บในสภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 4.11 เกณฑ์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของไส้กรอกเวียนนาของสำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (2300 - 2549) กำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด/กรัม ต้องน้อยกว่า 10^5 โคโลนี/กรัม

ตารางที่ 4.11 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูที่บรรจุในถุง N/LLDPE ในสภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วันที่	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	
	ไส้กรอกที่ใช้หมูล้วน	ไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู
0	$>30 \times 10^{-1}$	$>30 \times 10^{-1}$
2	4.2×10^{2}	3.6×10^{2}
4	8.0×10^{2}	6.7×10^{2}
6	1.7×10^{3}	2.15×10^{3}
8	3.6×10^{3}	5.8×10^{3}
10	6.1×10^{3}	3.8×10^{4}
12	1.2×10^{4}	5.3×10^{4}
14	4.6×10^{4}	7.0×10^{4}
16	6.2×10^{4}	8.9×10^{4}
18	2.5×10^{5}	5.7×10^{5}
20	8.4×10^{5}	3.1×10^{6}

เมื่อวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาของไส้กรอกเวียนนาทั้งสองตัวอย่าง พบว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดสูงกว่าไส้กรอกที่ใช้หมูล้วน อย่างไรก็ตาม พบว่าทั้งไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินเกณฑ์คุณภาพเมื่อตรวจในวันที่ 18 คือ 2.5 x 10^5 โคโลนี/กรัมและ 5.7 x 10^5 โคโลนี/กรัม ตามลำดับ แสดงว่าทั้งสองตัวอย่างเก็บรักษาในสภาวะที่ทำการทดลองได้ 16 วัน

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูบรรจุในถุง N/LLDPE ในสภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วันที่	ปริมาณกรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	
	ไส้กรอกที่ใช้หมูล้วน	ไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู
0	0.27	0.30
2	0.30	0.36
4	0.30	0.36
6	0.36	0.27
8	0.39	0.48
10	0.42	0.54
12	0.42	0.54
14	0.45	0.60
16	0.54	0.60
18	0.60	0.60
20	0.66	0.72

ผลจากการนำไส้กรอกเวียนนาทั้งสองตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด แสดงในตารางที่ 4.12 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณกรดทั้งหมดสูงขึ้นสอดคล้องกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาสามารถสร้างกรดได้จึงส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดสูงขึ้น (สุมาลี, 2546) และจากผลการทดลองจะสังเกตุได้ว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูจะมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด การที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะไนไตรท์

มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ซึ่งไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูไม่มีส่วนประกอบของไนไตรท์ ในขณะที่ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนมีส่วนประกอบของไนไตรท์ จึงทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมดของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูสูงกว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วน อย่างไรก็ตามไส้กรอกเวียนนาทั้งสองชนิดเก็บรักษาได้ 16 วัน เช่นเดียวกัน โดยในงานวิจัยนี้ถือเกณฑ์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของไส้กรอกเวียนนาของสำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (2300 - 2549) เป็นเกณฑ์สำคัญ ทั้งนี้การศึกษาอายุการเก็บควรทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ควบคู่ไปด้วย

4.6 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนแสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่าไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วน อย่างไรก็ตามไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูมีปริมาณเส้นใยทั้งหมดสูงกว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนถึง 1.75 เท่า นอกจากนี้การใช้ถั่วแดงหลวงทดแทนเนื้อหมูทำให้เพิ่มปริมาณสารพฤษเคมี เช่น แอนโธไซยานิน และการใช้ถั่วแดงหลวงบดทำให้ไม่มีการใช้ไนไตรท์ในการผลิตไส้กรอกเวียนนา

ตารางที่ 4.13 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูและไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วน

องค์ประกอบทางเคมี (กรัม/100กรัม)	ไส้กรอกเวียนนา	
	ไส้กรอกที่ใช้หมูล้วน	ไส้กรอกที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู
โปรตีน	19.33	17.97
ไขมัน	19.07	18.86
ความชื้น	58.06	66.23
เถ้า	6.29	6.07
เส้นใยอาหาร	2.9	5.1

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาการใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูพบว่าสามารถใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูได้ 40 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำไปทำการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยเติมคาร์รา พบว่าเมื่อเติมคาร์ราจีแนนทำให้เนื้อสัมผัสของไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู 40 เปอร์เซ็นต์แข็งขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อใช้คาร์ราจีแนน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงขึ้น

2. ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูและไส้กรอกเวียนนาสูตรที่ใช้หมูล้วนที่เก็บรักษาไว้เป็น 14 วัน มีปริมาณไนไตรท์ตกค้างไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณไนไตรท์ตกค้างเฉลี่ย 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนไตรท์เริ่มต้น และจากการศึกษาผลการลดปริมาณของไนไตรท์ โดยทำการลดปริมาณไนไตรท์ลง 0, 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนไตรท์ที่ใช้ พบว่าสีและค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไส้กรอกเวียนนาที่ทำการลดปริมาณไนไตรท์ทุกตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีคะแนนความชอบในทุกด้านอยู่ในช่วงชอบถึงชอบปานกลาง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกตัวอย่างไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงทดแทนเนื้อหมูที่ไม่มีการเติมไนไตรท์

3. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของไส้กรอกเวียนนา พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ไส้กรอกเวียนนาสูตรที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูมีแนวโน้มในการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมดมากกว่าสูตรที่ใช้หมูล้วนเล็กน้อย อย่างไรก็ตามไส้กรอกทั้งสองตัวอย่างสามารถเก็บไว้ได้อย่างน้อย 16 วัน

4. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าไส้กรอกเวียนนาที่ใช้หมูล้วนมีปริมาณโปรตีน19.33 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน19.07 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 58.06 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 6.29 เปอร์เซ็นต์ ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมู มีปริมาณโปรตีน17.97 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 18.86 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 66.23 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 6.03 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ไส้กรอกเวียนนาที่ใช้ถั่วแดงหลวงบดทดแทนเนื้อหมูมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าสูตรที่ใช้หมูล้วนถึง 1.75 เท่า

5. การวิจัยในระดับต่อไปควรตรวจวิเคราะห์เชื้อในกลุ่ม Clostridium ในผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมไนไตรท์ และ อาจศึกษา functional ของ ถั่วแดงที่อาจมีต่อไส้กรอก เช่น สมบัติการเป็นสารแอนตีออกซิแดนท์

เอกสารอ้างอิง

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. วัฒนาพานิชย์, กรุงเทพมหานคร.

ณรงค์ สิงห์บุระอุดม. 2538. **การผลิตถั่วแดงหลวงให้มีปริมาณเพียงพอแก่ความต้องการของตลาด.** เอกสาร ประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องการพัฒนาการผลิตและการตลาดถั่วแดงหลวง, มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่. 60 น.

นิรนาม. 2542. มารู้จักเส้นใยอาหารกันเถอะ. **อาหารและยา.** 6(1) : 56-59

นุชสิริ เลิศวุฒิโสภน. 2535. **เส้นใยอาหาร.** คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพ. 242น.

มาตรฐานอุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา. 2549. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. มอก. 2300 – 2549. กรุงเทพ

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 135 น.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2551. **บทปฏิบัติการวิชาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

วัฒนี บุญวิทยา. 2542. **เทคโนโลยีเนื้อและผลิตภัณฑ์.** คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันราชภัฏเพชรบุรี วิทยาลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์, ปทุมธานี.

วันเพ็ญ มีสมญา. 2541. ใยอาหารอันทรงคุณค่า. **อาหาร.** 28(3) : 213-219.

เรณู ปิ่นทอง, ลักขณา รุจนะไกรการต์ และ พัชรีย์ พัฒนากุล. 2543. การผลิตไส้กรอกหมูโดยใช้อังคักช่วยเพิ่มสี. **วารสารแก่นเกษตร.** 28 (2) : 89-96 .

สายสุนีย์ เบญจเทพานันท์. 2546. ผลของคาราจีแนนแป้งสาคู และแป้งมันเทศต่อคุณภาพของไส้กรอกลดไขมัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2541. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, กรุงเทพ.——

สุมินทร์ สมุทครุปต์. การวิจัยและพัฒนาถั่วแดงหลวง. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การพัฒนาการผลิตและการตลาดถั่วแดงหลวง, มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่, 19 น.

อัจฉรา ควรประเสริฐ. 2550. การทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้สดในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน.

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of official analytical chemists. Washington DC.

Barmpalia, I.M ., I. Geornaras and K.E. Belk. 2004. Control of *Listeria monocytogenes* on frankfurters with antimicrobial in the formulation and by dipping in oganic acid solution. **J. Food Prot.** 7 : 317-330.

Barampama, Z. and R.E. Simard. 1994. Oligosaccharide, antinutritional factor and protein digestibility of dry beans as affected by processing. **J. Food Sci.** 59 : 833-838.

Bloukas, J.G., I.C. Pappa and I.S. Arvanitoyannis. 2000. Optimization of salt, olive oil and pectin Level for low-fat frankfurters produced by replacing pork backfat with olive oil. **Meat Sci.** 56 : 81-88.

Claus, J.R. and M.C. Hunt. 1997. Low – fat, hight added water bologna formulated with texture modifying ingredients. **J. Food Sci.** 53 : 643-647, 652.

Crehan, C.M., D.J. Troy and D.J. Buckely. 2000. Effect of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5 % salt. **Meat Sci.** 55 : 123-130.

Elizabeth, G. and T. Alfonso. 2007. Low-fat sodium- residue sausage : Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and K – carragenan by a mixture design approach. **Meat Sci.** 78: 406-413.

FAO. 1993. Production yearbook Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. Vol. 26.

Fox, J.B., R.K. Jenkins and S.A. Ackerman. 1983. Texture of emulsified cooked meat products by three different methods of measurement. **J. Food Sci.** 48:1025-1030.

Grelaap, K. and D. Giinterb. 1995. Fatty acid composition and tocopherol content of some legume seeds. **Animal Feed Sci and Tech.** 52 : 325-331

Hoffmann, P. 1983. Nature edible dye preparation from bean husks giving red shades. **U.S. Patent**, 4 : 383, 833.

Hu, F. B., E. B. Rimm, M. J. Stampfer, A. Ascheiro, D. Spiegelman and W. C. Willet. 2000. Prospective study of major dietary patterns and risk of coronary heart disease in men. **J.**

Nutr. 72 : 912–921.

Hughes, E., S., Cofrades and D.J. Troy. 1997. Effects of fat level, o at fiber and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30 % fat. **Meat Sci.** 45 : 73-281.

Iwasaki, T., K. Noxshiroya., N. Saitoh., K. Okano. and K.Yamamoto. 2006. Studies of the effect of hydrostatic pressure pretreatment on thermal gelation of chicken myofibrils and pork meat patty. **J. Food Chem.** 95 : 474-483.

Kai-Lai, G.H., L.A. Wilson and J.G. Sebranek. 1997. Dried soy tofu powder effects on frankfurter and pork sausage pattied. **J. Food Sci.** 60 : 434-437.

Long-Ze Lin, A., M. Harnly ., S. Marcial. and L. Devanand. 2003. The polyphenolic profiles of common bean (*Phaseolus vulgaris L.*). **Food Chem**. 107 : 399–410.

Meng, G.-T. and C.Y. Ma. 2001. Thermal properties of *Phaeolus angularis* (red bean) globulin. **Food Chem.** 73 : 453–460.

Mitsumoto, M., Faustman, C., Cassens, R.G., Arnold, R.N., Schaefer, D.M. and Scheller, K.K. 1991. Vitamins E and C improve pigment and lipid stability in ground beef. **J. Food Sci.** 56(1): 194-197.

Myoung-Gun, C., C. Byoung-Rourl., C. Yong-Ha and C. Young-Son. 2003. Anthocyanin profile of Korean cultivated kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chem**. 51 : 7040 -7043.

Renault, J. H., P. Thepenier., M. Zeches-Hanrot., L. Olivier., A. Durand., A. Foucault and R. Margraff.. 1997. Preparative separation of anthocyanins by gradient elution centrifugal partition chromatography. **J. Chromato**. 763 : 345-352.

Sathe, S.K. and D.K.Salunkhe. 1981. Fermentation of the great northen bean (*Phasecolus vulgaris L*) and rice blends. **J. Food Sci**.46 : 1374 - 1378.

Rahardjo, R., L.A. Wilson and J.G. Sebranek. 1994. Spray dried soymilk used in reduced fat pork sausage patties. **J. Food Sci**. 59 : 1286-1290.

Renault, J. H., P. Thepenier, M. Zeches-Hanrot, L. Men Olivier, A. Durand, A. Foucault and R. Margraff. 1997. Preparative separation of anthocyanins by gradient elution centrifugal partition chromatography. **J. Chromato**. 763 : 345-352.

Sathe, S.K. and D.K. Salunkhe.1981. Fermentation of the great northen bean (*Phasecolus vulgaris L*and rice blends. **J. Food Sci**. 46 : 1374 - 1378.

Tee, P.L., Yusof, S. and Mohamed. 2002. Antioxidative properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*) in linolic acid model system. **Nutr. Food Sci.** 32(1): 17-20.

Tenin Dzudie. 2001. Common bean flour as an extender in beef sausages. **J. Food En.** 52 : 143 – 147.

Trius, A., J.G. Sebranek, R.E. Rust and J.M. Carr. 1994. Low-fat bologna and beaker sausage : Effect of carageenan and chloride salt. **J. Food Sci.** 59 : 941-945.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง