สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

การผลิตสารสีจากเชื้อ *Monascus purpureus* TISTR 3090 จากเมล็ดขนุนและผลของการเติมเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักต่อคุณภาพของกุนเชียงที่มีปริมาณสารไนไตรท์ต่ำ

(Pigment Production by *Monascus purpureus* TISTR 3090 from jackfruit seed and Effect of addition of Fermented Jackfruit Seed on the Qualities of low-nitrite Chinese Sausages)

รองศาสตราจารย์ดวงใจ โอชัยกุล

TX CH1
.9 164ก
2556

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 137304
วัน เดือน ปี 22 ธ.ค. 2558

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2556
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b 12619759
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....จ
สารบัญภาพ.....ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....7
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....26
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....61
เอกสารอ้างอิง.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการวิจัย การผลิตสารสีจากเชื้อ *Monascus purpureus* TISTR 3090 จากเมล็ดขนุนและผลของการเติมเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักต่อคุณภาพของกุนเชียงที่มีปริมาณสารไนไตรท์ต่ำ

แหล่งเงิน (ระบุแหล่งทุน) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช)

ประจำปีงบประมาณ 2556

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 260,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2556

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

รศ.ดวงใจ โอชัยกุล คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การนำเมล็ดขนุนเลี้ยงร่วมกับเชื้อ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ในสภาวะอาหารแข็ง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน จากนั้นนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักทดแทนไขมันและสารไนไตรท์ในกุนเชียงโดยใช้ปริมาณร้อยละ 0.5 1.0 2.0 และ 3.0 ของน้ำหนักเนื้อหมู พบว่าเมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้น กุนเชียงที่ได้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมัน เถ้า ความชื้น a_w และ pH ลดลง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ค่าสีโดยเฉพาะค่า L* ลดลงเมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า a* จะเพิ่มขึ้น ค่า PV และ TBARS มีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้น สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส การใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 และ 1.0 ทำให้กุนเชียงที่ได้มีคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าการใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 และ 3.0 รวมทั้งกุนเชียงสูตรควบคุม เมื่อเก็บรักษากุนเชียงสูตรต่างๆที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28วัน ในระหว่างการเก็บรักษากุนเชียงปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น a_w pH ค่า L* ค่า b* รวมทั้งคะแนนในการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มลดลง ขณะที่ค่า PV TBARS ค่า a* ปริมาณจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3090 สามารถนำมาทดแทนไขมันและสารไนไตรท์ในกุนเชียงได้ โดยสามารถใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักไม่เกินร้อยละ 1.0 ของน้ำหนักเนื้อหมู ทำให้กุนเชียงที่ได้มีไขมันต่ำ

คำสำคัญ : *Monascus purpureus*, Jackfruit seeds, Low-nitrite chiness sausage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title Pigment Production by *Monascus purpureus* TISTR 3090 from jackfruit seed and Effect of addition of Fermented Jackfruit Seed on the Qualities of low-nitrite Chinese Sausages

Researcher Assoc. Prof. Duangjai Ochaikul
Department of Biology, Faculty of Science,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

Jackfruit seeds were fermented with *Monascus purpureus* TISTR 3090 at 30 °C for 10 days. Fermented jackfruit seeds were substituted in Chinese sausages. Five treatments of Chinese sausages were manufactured by replacing pork back fat and nitrite with 0.5% 1.0% 2.0% and 3.0% fermented jackfruit seeds. The results show that protein of products increased when more fermented jackfruit seeds were added, whereas the fat ash moisture a_w and pH were decreased and significantly ($P<0.05$). Chinese sausages with more fermented jackfruit seeds added had lower L* color values and higher a* color values. The PV and TBARS were decreased when more ferments jackfruit seeds were added. The liking scores of appearance color flavor taste hardness and overall liking of 0.5% and 1.0% fermented jackfruit seeds were higher than 2.0% and 3.0% fermented jackfruit seeds and control. All Chinese sausages were stored at room temperature for 28 days. It was found that protein crude fat ash moisture a_w pH L* color values b* color values and sensory property scores were decreased, the PV TBARS a* color values and total microorganisms were increased. It can be concluded the fermented jackfruit seeds with *M. purpureus* TISTR 3090 can be used as replaces pork back fat and nitrite in the manufacture of Chinese sausages up to a level of 1.0%. Such a replacement results in the product of Chinese sausages was low fat.

Keywords : *Monascus purpureus*, Jackfruit seeds, Low-nitrite chiness sausage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาเทคโนโลยีชีวภาพและสาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมทั้งเจ้าหน้าที่สาขาชีววิทยาทุกท่านที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสารเคมีบางส่วนในการทำวิจัย งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนคือสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2556

รองศาสตราจารย์ดวงใจ โอชัยกุล
หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....จ
สารบัญรูป.....ช
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....7
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....26
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....61
เอกสารอ้างอิง.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สายพันธุ์ต่างๆของเชื้อราโมแนสคัส	10
2.2	การใช้ประโยชน์จากโมแนสคัส	15
3.1	แสดงสูตรควบคุมของกุนเชียง	29
4.1	แสดงองค์ประกอบของเมล็ดขนุนที่หมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในสภาวะอาหารแข็งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน	32
4.2	แสดงองค์ประกอบ ค่า pH ปริมาณความชื้น water activity ของกุนเชียงที่ได้จากการนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักของเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันและสารไนไตรท์ในกุนเชียง	37
4.3	แสดง ค่า PV และค่า TBARS ค่าสี รวมทั้งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ ของกุนเชียงที่ได้จากการนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักของเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันและสารไนไตรท์ในกุนเชียง	38
4.4	แสดงคะแนนลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมของกุนเชียงที่ได้จากการนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักของเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันและสารไนไตรท์ในกุนเชียง	39
4.5	แสดงปริมาณโปรตีนของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	40
4.6	แสดงปริมาณไขมันของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	41
4.7	แสดงปริมาณเถ้าของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	43
4.8	แสดงค่าความชื้นของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.9	แสดงค่า water activity (a_w) ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	45
4.10	แสดงค่า pH ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้ จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	47
4.11	แสดงค่าของการวัดค่า PV ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	49
4.12	แสดงค่าของการวัดค่า TBARS ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	50
4.13	แสดงค่าสีของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	53
4.14	แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของกุนเชียงเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	54
4.15	แสดงปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญของกุนเชียงเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	55
4.16	แสดงค่าการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

ภาพที่		หน้า
2.1	เชื้อรา *Monascus* sp. เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ	8
2.2	วัฏจักรชีวิตของเชื้อรา *Monascus* sp.	9
2.3	โครงสร้างเคมีของรงควัตถุที่แยกได้จาก *Monascus* sp.	14
4.1	แสดงเมล็ดขนุนที่หมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในสภาวะอาหารแข็งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน	32
4.2	แสดงกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณต่างๆ	33
4.3	แสดงปริมาณโปรตีนของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณต่างๆ	41
4.4	แสดงปริมาณไขมันของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณต่างๆ	42
4.5	แสดงปริมาณเถ้าของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณต่างๆ	43
4.6	แสดงค่าความชื้น และ water activity (a_w)ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็ง และไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกัน	46
4.7	แสดงค่า pH ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณต่างๆ	48
4.8	แสดงค่าของการวัดค่า PV และค่า TBARSของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน	51
4.9	แสดงค่าของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090ในปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

สารสีจาก *Monascus* sp. เป็นเมแทบอไลซ์ที่ได้จากเชื้อราในกลุ่ม azaphilones ซึ่งสร้างจาก polyketide chromophores และ β–keto acid โดยกระบวนการเอสเทอร์ริฟิเคชัน (esterification) (Juzlova'et al.,1996) สารสีเหล่านี้บางชนิดนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารหรือนำมาใช้ทางด้านเภสัชกรรม (kraiak et al., 2000) นอกจากนี้เชื้อราเหล่านี้ยังสร้างสารเมแทบอไลซ์ชนิดอื่น เช่น เอนไซม์ และกรดอินทรีย์ เป็นต้น (Hajjaj et al., 2000)

ปัจจุบันนี้มีความสนใจในสารสีที่ได้จากธรรมชาติกันมากขึ้นเพื่อทดแทนสารสีสังเคราะห์ เนื่องมาจากสารสีสังเคราะห์มีความเป็นพิษเมื่อนำมาใช้ประกอบอาหาร(Mapari et al., 2005) สารสีแดงจากเชื้อรา *Monascus* sp. เป็นที่นิยมกันแพร่หลายในแถบเอเชีย และใช้ในการประกอบอาหาร (Lee et al., 1995 ; Kim and Shin , 2002) นอกจากนี้มีการนำสารสีเหล่านี้มาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น ไส้กรอก, แฮม, ซูริมิ และซอสมะเขือเทศ (Dufosse' et al., 2005) ถึงแม้ว่าสารสีเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในการประกอบอาหารเป็นเวลานานแล้ว แต่ในประเทศแถบยุโรปและอเมริกา สารสีเหล่านี้ถูกห้ามนำมาใช้ในการประกอบอาหาร อย่างไรก็ตามมีสิทธิบัตรเกี่ยวกับการนำสารสีเหล่านี้มาใช้ในอาหารชนิดต่างๆ ที่จดทะเบียนในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศสและสาธารณรัฐเยอรมัน

การหมักของเชื้อ *Monascus* sp. เพื่อผลิตสารสีส่วนใหญ่ใช้การหมักในสภาวะอาหารแข็ง (Johns and Stuart, 1991) อย่างไรก็ตามปริมาณสารสีที่ได้ยังน้อย ไม่สามารถขยายกำลังการผลิตสู่ระดับอุตสาหกรรมได้ (Kim et al., 2002) มีปัจจัยมากมายที่มีผลต่อการผลิตสารสีจากเชื้อ *Monascus* sp. เช่น การกวน การให้อากาศ แหล่งของคาร์บอนและแหล่งของไนโตรเจน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลอย่างมากต่อการผลิตสารสีและสารทุติยภูมิของเชื้อชนิดนี้ (Pratrana et al., 1995)

ก่อนหน้านี้การหมักเพื่อผลิตสารสีส่วนใหญ่ใช้วิธีศึกษาทีละปัจจัย (one – facter at a time technique) ซึ่งวิธีการนี้ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาได้ (Kalil et al., 2000) ดังนั้นการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial design) และใช้ response surface method (RSM) มาใช้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารสี ซึ่งวิธีการนี้ได้ประสบความสำเร็จในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Claclera – Olivera et al., 2004 ; Thys et al., 2002)

เชื้อ *Monascus* spp. เป็นเชื้อราที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในการทำไวน์และอาหารหมักชนิดต่างๆ โดยเฉพาะ ไต้หวัน จีน และอีกหลายประเทศแถบเอเชีย (Tseng , 1999) มีสารชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักของเชื้อชนิดนี้ เช่น เอทานอล สารสี ∂-aminobytyric monakolin K (Ma et al., 2000) รวมทั้งมีรายงานในประเทศจีนพบว่า มีสารที่ช่วยย่อยอาหารและสารช่วยในการหมุนเวียนเลือด (Ma et al., 2000) ในไต้หวันใช้เป็นสารสีธรรมชาติที่เติมลงในอาหาร *Monascus* spp. สามารถผลิตสารสีธรรมชาติและอนุญาตให้ใช้ในอาหาร (DOH , 2008) หรือข้าวแดงเกิดจากการนำข้าวนึ่งสุกหมักด้วยเชื้อ *Monascus* sp. และนำข้าวแดงที่ได้มาใช้เป็นสารสีและสารให้กลิ่นรสในอาหารชนิดต่างๆ (Tseng and Lin, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือไนไตรท์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปโซเดียมไนไตรท์และโปตัสเซียมไนไตรท์ นิยมนำมาใช้เตรียมผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ โดยมีวัตถุประสงค์ เช่น ไนไตรท์ใช้เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ของอาหาร (Gill and Holley, 2003) ใช้เป็นสารต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน การเติมไนไตรท์ ไนไตรท์ถูกรีดิวซ์ไปเป็นไนตริกออกไซด์ ไนตริกออกไซด์ทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินได้เป็นไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน ซึ่งสารนี้ทำให้เนื้อสัตว์เป็นสีชมพู (Honikel, 2008) ไนไตรท์สามารถรักษากลิ่นรสของเนื้อสัตว์ไว้ได้ (Hedrick et al., 1994) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ไนไตรท์จะเข้ามามีส่วนร่วมในปฏิกิริยาต่างๆ ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ดังได้กล่าวมาแล้ว การใช้ปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีข้อจำกัด เนื่องจากสามารถเกิดสารไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) จะเกิดขึ้นระหว่างการบ่ม หรือหมักผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Osterlite and Lerfall, 2005) ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพื่อที่จะลดปริมารสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลง ซึ่งข้าวแดงหรืออังคักเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ที่มีสารไนไตรท์ต่ำ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเมล็ดขนุนซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดหนึ่งซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในปริมาณสูง นำมาใช้เป็นสับสเตรทสำหรับเชื้อ *Monascus purpureus* ในการผลิตสารสีและสารทุติยภูมิชนิดอื่น ซึ่งยังไม่มีรายงานในประเทศไทยในการนำเมล็ดขนุนมาใช้ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสีจากเชื้อชนิดนี้ ปัจจัยที่ศึกษาคือ ความชื้นเริ่มต้น พีเอชเริ่มต้น และอุณหภูมิในการเพาะเลี้ยง ออกแบบการทดลองแบบ Central composite design (CCD) และวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี response surface method (RSM) วิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร และปริมาณสารซิตรินินที่ได้จากเมล็ดขนุน ที่ผ่านการหมักในสภาวะที่เหมาะสมข้างต้น นำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาใช้ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่มีสารไนไตรท์ต่ำ และศึกษาอายุการเก็บรักษากุนเชียงที่บรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 สัปดาห์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาสภาวะเหมาะสมในการผลิตสารสีของเชื้อ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนเมล็ดขนุนในสภาวะอาหารแข็ง เช่น ความชื้นเริ่มต้น อุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อ และพีเอช ออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) และวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี Response Surface Methodology (RSM)

2. ศึกษาการเจริญและการผลิตสารสีของเชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนเมล็ดขนุนในสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในขั้นต้น

3. นำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และ แร่ธาตุบางชนิด เปรียบเทียบกับเมล็ดขนุนที่ไม่ผ่านการหมักและวิเคราะห์ปริมาณซิตรินิน (citrinin) ในเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก และนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย รวมทั้งศึกษาฤทธิ์ในการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

4. นำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาใช้เป็นส่วนประกอบในการทำกุนเชียงโดยลดปริมาณไนไตรท์ลง แปรผันปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก และมีการใช้สารถนอมอาหารบางชนิดร่วมด้วย เช่น โซเดียมแลคเตท และสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น BHT ร่วมในการทำกุนเชียงจากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์องค์ประกอบของกุนเชียงที่ได้ในแต่ละสูตร เช่น การวัดสี ค่า a_w เนื้อสัมผัส ปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด *Clostridium botulinum* รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อดูการยอมรับของผู้บริโภค

5. ศึกษาอายุการเก็บรักษากุนเชียงที่ได้จากข้อ 4 โดยเก็บในถุงสุญญากาศที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 สัปดาห์เก็บตัวอย่างทุกๆ 7 วัน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆ ในข้อ 4

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารสีจากเชื้อ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนเมล็ดขนุนในสภาวะอาหารแข็ง เลี้ยงเชื้อชนิดนี้ในสภาวะเหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในขั้นต้น นำเมล็ดขนุนที่ผ่านการหมักมาวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร เปรียบเทียบกับเมล็ดขนุนที่ไม่ผ่านการหมัก รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณซิตรินินในเมล็ดขนุนที่หมักได้ และนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และทดสอบฤทธิ์ในการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) จากนั้นนำเมล็ดขนุนที่ได้มาใช้เป็นส่วนประกอบของกุนเชียง โดยแปรผันปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก ขณะเดียวกันมีการใช้ไนไตรท์ในปริมาณที่ลดลง และมีการใช้สารถนอมอาหาร เช่น โซเดียมแลคเตท รวมทั้งสารที่มีฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น BHT นำมาใช้ร่วมด้วยในการผลิตกุนเชียง นำกุนเชียงที่ได้ในแต่ละสูตรวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร องค์ประกอบทางเคมี ทางจุลินทรีย์ และมีการทดสอบทางประสาทสัมผัส รวมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษากุนเชียงเหล่านี้ โดยนำกุนเชียงมาเก็บในถุงสุญญากาศเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 สัปดาห์ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆข้างต้น

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย แบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารสีของเชื้อ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนเมล็ดขนุนในสภาวะอาหารแข็ง เช่น ความชื้นเริ่มต้น อุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อ และพีเอช ออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) และวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี Response Surface Methodology (RSM)

ขั้นที่ 2 ศึกษาการเจริญและการผลิตสารสีของรา *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนเมล็ดขนุนในสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในขั้นต้น สำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อวิเคราะห์โดยหาปริมาณน้ำตาล N-acetylglucosamine ตามวิธีของ Sakura และคณะ (1997) ปริมาณสารสีที่เชื้อผลิตได้วิเคราะห์ตามวิธีของ Tseng และคณะ (2000) การศึกษาในขั้นนี้ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของเชื้อ กับประมาณสารสีที่เชื้อผลิตได้ในระยะเวลาต่างๆ มีความสัมพันธ์ในลักษณะใด และเชื้อชนิดนี้ผลิตสารสีได้สูงสุดในวันใดเพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

ขั้นที่ 3 นำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารเช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน รวมทั้งแร่ธาตุและวิตามิน เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินบี1 และวิตามินบี 2 เปรียบเทียบกับเมล็ดขนุนที่ไม่ผ่านการหมักและวิเคราะห์สารซิตรินินในเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 4 นำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย โดยวิธี disc diffusion method และนำมาทดสอบฤทธิ์ในการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยวิธี DPPH

ขั้นที่ 5 นำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาใช้เป็นส่วนประกอบในกุนเชียง โดยแปรผันปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักและลดปริมาณไนไตรท์ลง มีการใช้สารถนอมอาหารเช่น โซเดียมแลคเตท และสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น BHTร่วมด้วยในการผลิตกุนเชียง ดังสูตรต่อไปนี้

สูตรที่ 1 เป็นกุนเชียงสูตรควบคุม ซึ่งมีปริมาณไนไตรท์ 125 พีพีเอ็ม

สูตรที่ 2 เป็นกุนเชียงที่มีเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก 0.3 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 เป็นกุนเชียงที่มีโซเดียมแลคเตท 3 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 เป็นกุนเชียงที่มี BHT 0.01 .เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 5 เป็นกุนเชียงที่มีเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก 0.3 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารไนไตรท์ 50 พีพีเอ็ม โซเดียมแลคเตท 3 เปอร์เซ็นต์ และ BHT 0.01 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 6 เป็นกุนเชียงที่มีเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก 0.3 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารไนไตรท์ 50 พีพีเอ็ม โดยเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักก่อนนำมาเป็นส่วนประกอบในการทำกุนเชียง ต้องนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที และนำมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส นาน 1-2 วัน จากนั้นนำมาทำเป็นผงแห้ง และนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการทำกุนเชียง

ขั้นที่ 6 วิเคราะห์องค์ประกอบของกุญเชียงที่ได้ในแต่ละสูตร ดังนี้

- วัดสี โดยวัดในรูปค่า L* , a* และ b*
- ค่า water activity (a_w)
- เนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Texture analyzer
- ปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)
- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด
- ปริมาณ *Clostridium botulinum*
- การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ขั้นที่ 7 ศึกษาอายุการเก็บรักษากุนเชียงที่ได้ในแต่ละสูตร โดยเก็บในถุงสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 – 8 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์ศึกษาเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

1.5 สมมุติฐานงานวิจัยและกรอบแนวคิดของโครงงานวิจัย

อังคัก หรือ ข้าวแดงเป็นผลิตภัณฑ์หมักที่ได้จากการนำข้าวมาหมักด้วยเชื้อ *Monascus* sp. หมักในสภาวะอาหารแข็ง ผลิตภัณฑ์หมักชนิดนี้ทำกันมานานแล้วในประเทศแถบเอเชียตะวันออก นิยมใช้ข้าวแดงเป็นสารสีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ปลา เต้าหู้ยี้ ไวน์แดง และไส้กรอก (Went, 1895 ; Hesseltine, 1965 ; H. Kittikun et al., 1988 ; Baipong and Pinthong, 2003) ในประเทศสหรัฐอเมริกา อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น ไต้หวัน และฟิลิปปินส์ ใช้ข้าวแดงเป็นสารเยื่อใย เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและลดคอเลสเตอรอลในเลือด โดยข้าวแดงมีสารช่วยลดคอเลสเตอรอล เรียกว่า mevinolin ($C_{24}H_{36}O_5$,Lovastatin, Monacolin และ Mevacor) ซึ่งเป็นสารไปลดการสร้างคอเลสเตอรอลโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปหยุดการทำงานของเอนไซม์ HMG – CoA reductase ซึ่งเอนไซม์นี้จะไปกระตุ้นการสร้างคอเลสเตอรอล (Erdoqrul and Azirak , 2004 ; Chen and Hu, 2005) มีรายงานในประเทศจีนพบว่าข้าวแดงเป็นสารช่วยย่อยอาหารและช่วยในการไหลเวียนของเลือด (Ma et al., 2000) ในประเทศไต้หวันอนุญาตให้ใช้สารสีธรรมชาติที่ได้จากหมักของ *Monascus* spp. ในผลิตภัณฑ์อาหาร (DOH , 2008) และมีการนำข้าวแดงมาใช้เป็นสารสีและสารให้กลิ่นรสในอาหารชนิดต่างๆ (Tseng and Lin , 2000)

การผลิตสารสีจาก *Monascus* sp. ส่วนใหญ่ใช้กระบวนการหมักในอาหารเหลว เนื่องจากการเพาะเลี้ยงในสภาวะอาหารเหลวควบคุมสภาวะต่างๆได้ง่าย แต่ต้นทุนในการเพาะเลี้ยงสูง จึงต้องหาวิธีในการลดต้นทุนโดยการเพาะเลี้ยงเชื้อลง โดยใช้สับสเตรทที่มีราคาถูก และใช้กระบวนการหมักในสภาวะของแข็ง (solid-state fermentation) ซึ่งการเพาะเลี้ยงในสภาวะอาหารแข็ง สับสเตรทที่ใช้ไม่เพียงแต่ใช้เป็นอาหารสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์เท่านั้น ยังเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ด้วย (Pandey , 2003) มีวัตถุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมหลายชนิด ที่สามารถนำมาใช้เป็นสับสเตรทในการผลิตสารสีจากเชื้อ *Monascus* sp. เช่น รำข้าว รำข้าวสาลีเป็นต้น อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยในประเทศไทยที่นำเมล็ดขนุนที่เป็นวัสดุเหลือใช้อีกชนิดหนึ่งมาใช้เป็นสับสเตรทในการผลิตสารสีจากเชื้อชนิดนี้

ขนุนเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคกันแพร่หลายในประเทศเขตร้อนชื้น บางที่จัดให้ขนุนเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดีที่สุด ขนุนสามารถปลูกได้แทบตลอดทั้งปี ในผลขนุน 1 ผลมี เมล็ดขนุนประมาณ 100-300 เมล็ด คิดเป็นน้ำหนักร้อยละ 10-15 ของน้ำหนักผล เมล็ดขนุนมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนสูง (Bobbio et al., 1978 ; Kumar et al., 1988) ดังนั้นจึงสามารถนำเมล็ดขนุนมาใช้เป็นสับสเตรทในการเลี้ยงเชื้อและผลิตสีเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

ข้าวแดงนอกจากจะมีคุณประโยชน์มากมายดังได้กล่าวมาแล้ว ขณะเดียวกันมีรายงานว่าจากกระบวนการหมักของเชื้อ *Monascus* spp. ในการผลิตข้าวแดงมีสารทุติยภูมิชนิดอื่นเกิดขึ้นด้วย เช่น ซิตรินิน (critrinin, $C_{13}H_{14}O_5$) ซึ่งเป็นสารพิษชนิด hepato-nephotoxin (Sabater-Vilar et al., 1999) โดยมีในปริมาณ 0.28-2458.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของสารซิตรินินในข้าวแดงอยู่ในช่วง 1.8-4.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นสาเหตุให้ไตของมนุษย์ถูกทำลายไปร้อยละ 50 (Li et al., 2003 ; Liu et al., 2005) ดังนั้นในการนำข้าวแดงมาใช้เป็นสารอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเพิ่มเยื่อใย จึงต้องพิจารณาให้รอบคอบ มีการรายงานพบว่าการนำสับสเตรทบางชนิดเช่น ลูกเดือยมาใช้เลี้ยงเชื้อ *Monascus* sp. เพื่อผลิตข้าวแดงนำ ลุกเดือยที่ได้จากการหมักตรวจไม่พบสารซิตรินิน (Martinkova et al., 1995 ; Yang et al., 2005 ; Tseng et al., 2006)

เกลือไนไตรท์ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปโซเดียมไนไตรท์และโปตัสเซียมไนไตรท์ นิยมนำมาใช้เตรียมผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ โดยมีวัตถุประสงค์หลายอย่างเช่น ไนไตรท์สามารถใช้เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร (Gill and Holley , 2003) ใช้เป็นสารต้านปฏิกริยาออกซิเดชัน (antioxidant) และในการเติมไนไตรท์ ไนไตรท์ถูกรีดิวซ์ไปเป็นไนตริกออกไซด์ ไนตริกออกไซด์ จะเข้าไปทำปกิกิริยาไมโอโกลบิน (Myoglobin) ได้เป็นไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน (nitric oxide myoglobin) ซึ่งสารชนิดนี้ทำให้เนื้อสัตว์เปลี่ยนเป็นสีชมพู (Honikel , 2008) นอกจากนี้ไนไตรท์สามารถรักษากลิ่นรสของเนื้อสัตว์ไว้ได้ (Hedrick et al., 1994) อย่างไรก็ตามถึงแม้ไนไตรท์จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ามามีส่วนร่วมในปฏิกิริยาต่างๆ ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ดังได้กล่าวมาแล้ว การใช้ปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ก็มีข้อจำกัด เนื่องจากสามารถเกิดสารไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการบ่มหรือหมักผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Osterlie and Lerfall, 2005) ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพื่อที่จะลดปริมาณสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลง เนื่องจากข้าวแดงมีคุณสมบัติเป็นสารให้สีตามธรรมชาติและมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ข้าวแดงจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีสารไนไตรท์ต่ำ

โซเดียมแลคเตท (Sodium lactate) เป็นสารถนอมอาหารชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กัน สารชนิดนี้สามารถชะลอการเจริญของเชื้อ *Clostridium sporogenes* และ *Listeria monocytogenes* ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ (Houstma, de Wit and Romobouts, 1993; Miller and Acuff, 1994) สำหรับบีเอชที หรือ 2,6- ditertiary-butyl-p-cresol เป็นวัตถุกันหืนในกลุ่มฟีนอลิก ช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันในไขมันและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ บีเอชที ได้ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร โดยอาจใช้เพียงส่วนเดียวหรือใช้ร่วมกับวัตถุกันหืนชนิดอื่น (ศิวาพร, 2546)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเมล็ดขนุน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นสับสเตรทในการเลี้ยงเชื้อ *Monascus purpureus* ในการผลิตสารสีโดยหมักในสภาวะของอาหารแข็ง ซึ่งยังไม่มีรายงานในประเทศไทย และศึกษาปัจจัยที่ผลต่อการเจริญและการผลิตสารสีของเชื้อชนิดนี้ มีการวิเคราะห์ปริมาณซิตรินินซึ่งเป็นสารที่มีพิษจากนั้นศึกษาผลของการเติมเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักต่อคุณภาพของกุนเชียงที่มีสารไนไตรท์ต่ำ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำเมล็ดขนุนมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเลี้ยงเชื้อ *Monascus purpureus* TISTR 3090 เพื่อให้เชื้อผลิตสารสีได้ในปริมาณสูง จากนั้นนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาใช้เป็นส่วนประกอบของกุนเชียงและมีการลดปริมาณสารไนไตรท์ลง ขณะเดียวกันมีการใช้สารถนอมอาหารและสารกันหืนร่วมด้วย ทำให้ได้กุนเชียงที่มีความปลอดภัยต่อการบริโภคมากขึ้น เนื่องจากมีการลดปริมาณสารไนไตรท์ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แหล่งกำเนิดของเชื้อราโมแนสคัส

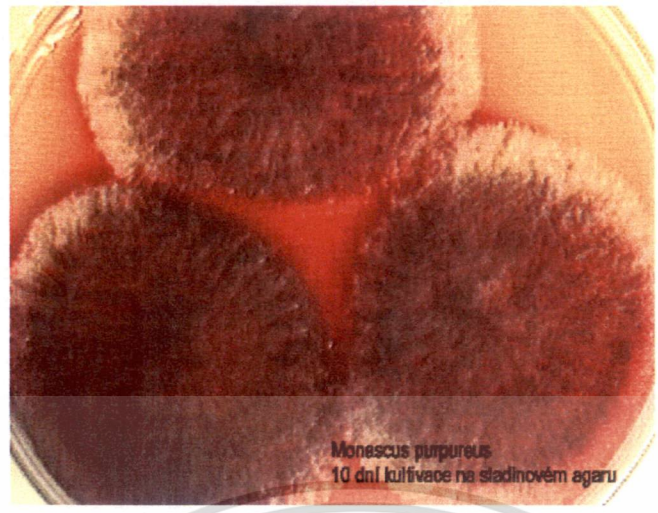
การใช้เชื้อรา *Monascus* spp. ในอาหารและเครื่องยาพื้นบ้านในแถบตะวันออกนั้นมีมานานแล้ว มีการให้ชื่อสกุลโมแนสคัส (*Monascus*) มานานกว่าร้อยปีแล้วในยุโรป (Van , 1884) และในอินโดนีเซีย (Went, 1895) แต่สำหรับชาวตะวันตกเองสปีชีส์ต่างๆของเชื้อราโมแนสคัสกลับเป็นที่รู้จักในสถานะที่เป็นเชื้อราปะปนในธัญพืช แป้ง ไซเลจ และสารอื่นๆ (Iizuka และ Lin, 1980; Young, 1930) เชื้อรานี้สามารถเจริญบนข้างนึ่งเมื่อบ่ม ที่อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม โดยย่อยข้าวจนนุ่ม ในขณะเดียวกันก็สร้างสีแดงเข้มขึ้น (Su และ Wong,1983) ข้าวแดงมีชื่อเรียกต่างๆกันมากมาย คือ ข้าวแดง (red rice) ข้าวแดงจากจีน (Chinese red rice) อังคัก (ang-kak) แอนแคก(anka) อังคเวค (angquac) เบนนิ-โคจิ(beni-koji) และ อะกา-โคจิ (aka-koji) (Hesseltine, 1965)

ในปี ค.ศ. 1920 Church รายงานว่าการผลิตข้าวแดงนั้นมีคันมานานแล้วในสาธารณรัฐประชาชนจีนและได้ทดลองแยกสายพันธุ์ที่ได้จากข้าวแดงของประเทศจีน จนในที่สุดก็ทราบว่าเชื้อราที่ให้สีแดง คือ *M.purpureus* ต่อมา Palo และคณะ (1960) นักวิทยาศาสตร์ชาวฟิลิปปินส์ได้ทดลองใช้เชื้อราข้าวแดงนี้ทำข้าวแดง จนได้ข้าวแดงที่มีคุณภาพดีพอควร สามารถนำเอาข้าวแดงมาเจือสีอาหารได้โดยตรง (Su และ Wong, 1983)ภายหลังได้มีความสนใจที่จะศึกษาสายพันธุ์ราโมแนสคัสที่เหมาะสมสำหรับใช้ในสภาพหมักเปียก (submerged cultivation) ริเริ่มโดยLin (1973) ต่อมาก็มีผู้ประสบความสำเร็จในการผลิตสารสีในอาหารเหลว (Shepherd และ Carels, 1983; Yoshimura และคณะ, 1975; Shin และคณะ, 1998; บุษบา และวรรณภา, 2528 Lee และคณะ, 1992)

2.2 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราโมแนสคัส

เชื้อราโมแนสคัส(*Monascus* spp.) เคยจัดอยู่ในวงศ์ (Family)*Aspergillaceae* อันดับ (Order)*Plectascales* (Van , 1884) แต่ปัจจุบันจัดอยู่ในวงศ์ *Monascaceae* กลุ่ม (Class) *Ascomycetes* กลุ่มย่อย (Subclass) *pleatomycetidae* อันดับ(Order) *Eurotiales* (Alexopoulos และ Mims, 1979, Hawksworth และคณะ, 1993) เส้นใยมีผนังกั้น มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศ เส้นใยมีการแตกกิ่งก้านสาขามากมายและมักเจริญแบบชิดเกาะแน่นบนผิวของอาหารแข็ง เส้นใยเมื่ออายุอ่อนมีสีขาว แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะมีสีแดงหรือแดงม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

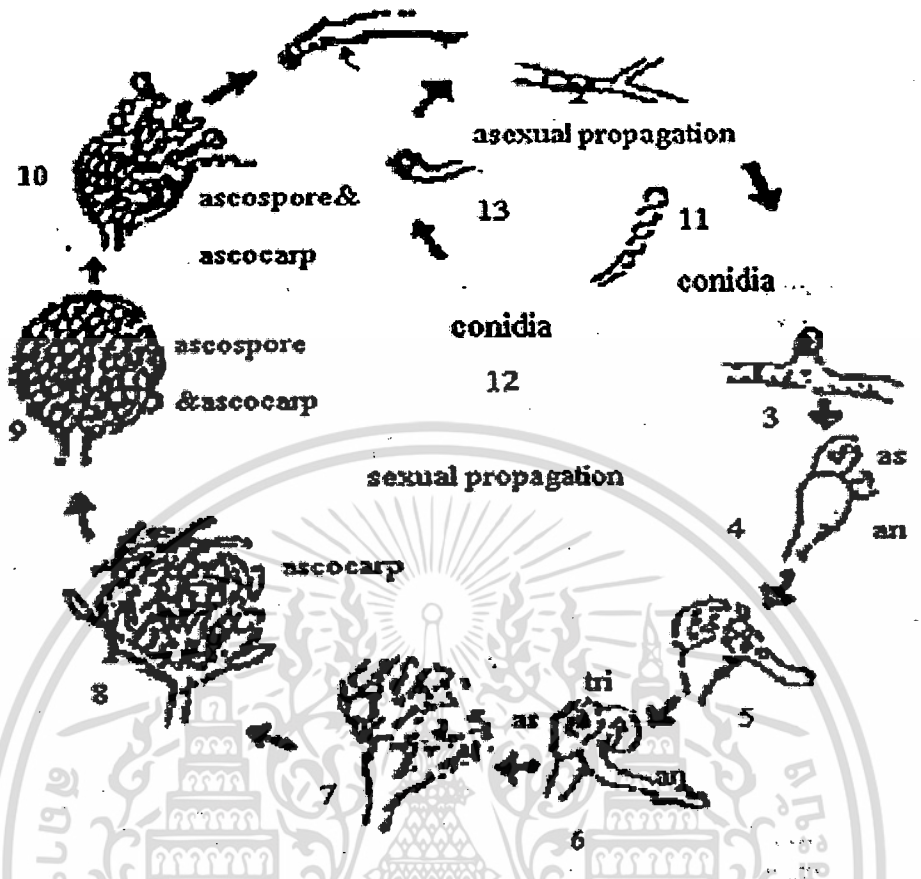


รูปที่ 2.1 เชื้อรา *Monascus* sp. เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ
ที่มา : www.neonbookmedia.com

การสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศ มีการสร้างโคนิเดีย เจริญมาจากโคนิดิโอฟอร์(conidiophore) โคนิเดียมีลักษณะเป็นรูปกลมหรือรูปไข่ อาจมีอันเดียวหรือเกิดติดต่อกันเป็นโซ่ (Hawksworth และ Pitt, 1983) โคนิเดียมักไม่มีสี แต่เมื่ออายุมากจะเกิดสีแดงได้มาก โคนิดิโอฟอร์มีขนาดสั้นอาจมีผนังกั้นหรือเซพเตต 0-1 ด้าน ถ้ามีขนาดยาวอาจมีผนังกั้น 2-6 ด้านเป็นสายตรงหรือขดเป็นเกลียว และเปลี่ยนเป็นสีแดง เมื่ออายุแก่ขึ้น การงอกของโคนิเดียจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสูตรอาหาร เช่น C medium (Hiroi และคณะ, 1979) เหมาะสมสำหรับการเกิดโคนิเดียของโมแนสคัส นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นอีก เช่น อายุสปอร์ ความหนาของสปอร์ ความเป็นกรดเป็นด่าง แสงและอุณหภูมิ เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 35 เซลเซียส โดยทั่วไปโคนิเดียจะงอกภายใน 4 ชั่วโมง เมื่อมีความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมด้วยการสร้าง germ tube ขึ้นมา 1-2 อันหรือบางทีอาจมีถึง 6 ซึ่งการงอกของโคนิเดียกระตุ้นได้ด้วยคาร์โบไฮเดรตหลายชนิด (Wong และ Bau, 1978)

ส่วนการสืบพันธุ์แบบมีเพศของเชื้อราโมแนสคัส คล้ายๆ กับเชื้อราอื่นใน Class Ascomycetes มีการสร้างเพอริทีเซียม(peritecium)(บางรายงานใช้คลิสโททีเซียม,cleistothecium) ซึ่งเป็นแอสโคคาร์ป(ascocarp) มีรูปร่างกลม โดยจะเกิดบนก้าน (stalk) (Kolotila และคณะ1978, 1980 Smith,1969; Von Arx, 1974) ที่มีหรือไม่มีผนังกั้นก็ได้ แอสโคคาร์ปเกิดขึ้นบนเส้นใยซึ่งเป็นแบบ (homotallic) โดยการสร้างโครงสร้างออกมา 2ชนิด คือ แอนเทอริเดียม (antheridium) แอสโคโกเนียม(ascogonium) เกิดการฟิวชัน (fusion) ที่ปลายแอสโคโกเนียมกับส่วนฐานหรือส่วนกลางของแอนเทอริเดีย แล้วจึงมีการวิวัฒนาการต่อไป คือ แบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ตามมาด้วยไมโตซีส มี daughter nuclei จากการแบ่งตัว มีการขยายผนังเซลล์รวมออก การสร้างแอสโคคาร์ปขึ้นในที่สุด (Carels และ Shepherd, 1975 ; Kolotila และคณะ,1978) ภายในเพอริทีเซียมมีแอสโคสปอร์มากมาย โดยแอสโคสปอร์จำนวน 2-8 รวมอยู่ภายในแอสคัส (ascus) แอสโคสปอร์มีลักษณะเป็นรูปไข่ อาจมีสีน้ำตาล สีแดง สีส้ม หรือไม่มีสี เมื่อผนังแอสโคคาร์ปแตกออกก็จะปล่อยแอสโคสปอร์งอกเป็นเส้นใหม่ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 วัฏจักรชีวิตของเชื้อรา *Monascus* sp.
ที่มา : บุษบา (2542)

2.3 สายพันธุ์ต่างๆของเชื้อราโมแนสคัส

Van (1884) ได้แยกสารและให้ชื่อเชื้อราโมแนสคัสและแบ่งได้เป็น 2 สายพันธุ์ คือ *M. mucoroides* และ *M. ruber* ต่อมา Went (1895) ได้แยกสายพันธุ์ที่สำคัญ คือ *M. purpureus*จากข้าวแดงหรือ อังคัก ปัจจุบันมีการรวบรวมเชื้อราโมแนสคัสนี้กว่า 20 สายพันธุ์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ซึ่งมีวิธีการจัดแบ่งสายพันธุ์ของเชื้อราโมแนสคัสโดยนักวิจัยหลายกลุ่ม แต่ละกลุ่มก็ใช้หลักการแตกต่างกันในการแบ่งสายพันธุ์ เช่น โดยอาศัยสมบัติสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยา (Iizuka และ Lin,1981) ใช้เฉพาะสัณฐานวิทยา(Hawksworth และ Pitt,1983) การใช้สมบัติวิทยาเอนไซม์เข้ามาช่วย เช่นการใช้สมบัติเอนไซม์ชนิดต่างๆ(Bridge และ Hawksworth, 1985) หรือเฉพาะเอนไซม์โปรตีเอสรูปแบบต่างๆ(Nishikawa และคณะ,1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สายพันธุ์ต่างๆของเชื้อราโมแนสคัส

M. albidus	*M. albus*	*M. anka*		*M. araneosus*
M. barkeri				
M. bisporus	*M. floridanus*	*M. fuliginosus*	*M . kaoliang*	*M. major*
M. mocoroides	*M. olei*	*M. paxii*		*M. pallens*
M.pilosus				
M. pubigerus	*M. purpureus*	*M. purpureescens*	*M. ruber*	*M. rubiginosus*
M. rubropunctatus	*M.Sanguineus*	*M. serorubercens*	*M. vini*	*M. vitreus*

ที่มา : บุษบา (2542)

นอกจากจะแตกต่างกันทางลักษณะทางชีววิทยาแล้ว ทางด้านเอนไซม์ยังต่างกันอีกด้วย โดยเชื้อราในกลุ่ม *M. pilosus* พบกิจกรรมเอนไซม์ β-galactosidase และœ-glucosidase *M. purpureus* พบในเอนไซม์ Polypectase and Crystine arylamidase และพบเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสใน *M.rubber* (Bridge และ Hawksworth, 1985) ส่วน *M. floridanus* เป็นสายพันธุ์เดียวที่พบกิจกรรมเอนไซม์ Trysinase แต่ไม่พบเอนไซม์ Valine arylamidase เหมือนสายพันธุ์อื่น (Bridge และ Hawksworth, 1985; Barnard และ Cannon, 1987) ส่วน Nishikawa และคณะ (1988) ได้พบว่าเชื้อราโมแนสคัสสายพันธุ์ต่างๆส่วนใหญ่จะมีเอนไซม์แอลคาไลน์โปรตีเอสมากกว่าแอดซิดโปรตีเอสและน้อยชนิดที่มีเอนไซม์โปรตีเอสทั้ง 2 แบบ

ต่อมา Nishikawa and Lizuka (1993) ได้เสนอความสัมพันธ์ของสายพันธุ์ต่างๆของเชื้อราโมแนสคัสโดยใช้หลักการวิเคราะห์อะครีลาหมีดเจลอีเล็กโตรฟอรีซีส (acrylamide gel electropholysis) สามารถแบ่งเชื้อราเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่ม 1 และกลุ่ม2 โดยอาศัยความเหมือนกันทางวิทยาเอนไซม์ต่างๆ เช่นเอนไซม์เอสเทอเรสแลคเตตดีไฮโดรจีเนส แอลกฮอลล์ดีไฮโดรจีเนสและกลูโคส-6-ฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส ส่วนในประเทศอิรักมีรายงานพบสายพันธุ์ใหม่ของเชื้อราโมแนสคัส คือ *M. pallens* และ *M. sanguineus* (Cannon และคณะ 1995) ล่าสุด Udagawa และ Baba(1998) รายงานพบสายพันธุ์ใหม่ *M. lunnisporus* เทคนิคทางพันธุกรรมได้ถูกนำมาใช้ในการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อราข้าวแดง ริเริ่มโดยคณะวิจัยของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ชุลี,2536; กมลนันท์ และคณะ,2540; เสาวนิตย์ และคณะ,2540; กมลนันท์และคณะ,2541; เสาวนิตย์และคณะ 2542; Chaisrisook, 1998)

2.4 การหมักเชื้อราโมแนสคัสบนอาหารแข็ง

ข้าวแดงหรืออังคะ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัสบนข้าวนึ่งรู้จักกันมาช้านานแถบตะวันออก เช่น ประเทศจีน ประเทศแถบเอเชียใต้ เช่น ไต้หวัน มาเลเซีย ฮ่องกง ไทย กัมพูชา ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย เป็นต้น เชื้อราที่เจริญบนข้าวสามารถสร้างสารสีออกมาภายนอกเซลล์ได้มากทำให้ไม่เกิดการการยับยั้งการสังเคราะห์สารสี (Johns และ Stuart, 1991) เชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราโมแนสคัสที่นิยมใช้หมักข้าวแดง คือ *M. purpureus* และ *M. anka* ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของของข้าวแดงมีผู้ศึกษาไว้มากมาย ส่วนใหญ่จะเป็นปัจจัยเกี่ยวกับสายพันธุ์ข้าว สายพันธุ์เชื้อรา สภาวะเลี้ยงเชื้อ เช่นความชื้น อุณหภูมิบ่ม ความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นต้น

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักสารสีโมแนสคัสบนอาหารแข็ง

2.5.1 สายพันธุ์เชื้อราโมแนสคัส

โดยทั่วไปเชื้อราโมแนสคัส เมื่อเจริญบนเมล็ดข้าวโดยการงอกของเส้นใยทั้งผิวหน้าและแทรกทะลุเข้าไปในเมล็ดข้าวนั้นก็จะมีการสร้างสารสีได้ภายหลังการบ่มไปได้นาน 3 วัน สารสีเหล่านี้เมื่อมีการนำมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอล พบว่าสารสีแดงทั่วไปจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด 2 จุดที่ 420 และ 500 นาโนเมตร บางสายพันธุ์ที่ให้สีข้าวแดง หรืออังคะ เป็นสีแดงสวย หรือแดงชมพูแก่ จะมีความโด่ง (peakedness)ที่จุด 500 นาโนเมตร สูงกว่า 420 นาโนเมตร เช่นที่พบในสายพันธุ์ของ *M. purpureus* หรือ *M. anka* หรือบางสายพันธุ์อาจให้สีแดงเข้มคล้ำ โดยมีค่าความโด่งที่ 420 สูงกว่าที่ 500 นาโนเมตร หรือค่าความโด่งที่ 370 สูงกว่า 500 นาโนเมตร เป็นต้น เช่น สายพันธุ์ *M. barkeri* (พลายแก้วและบุษบา, 2534)หรือ *M. kaoliang* (บุษบาและวรรณภา, 2528)

2.5.2 สับสเตรท

สับสเตรทที่ใช้ในการหมักสีโมแนสคัสแบบแห้งนั้น ปกติจะเป็นข้าว (Palo และคณะ, 1960)หรือเมล็ดธัญพืชอื่นๆ (พลายแก้ว และบุษบา,2534 ; Han และคณะ,1990; Lin และ Iizuka,1978 ; Rashbaum และ Yueh, 1983)

2.5.2.1 ข้าว Palo และคณะ(1960) ได้ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสร้างสีของ *M. purpureus* และพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตอังคัก มีดังต่อไปนี้ ความชื้นไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ พีเอชระหว่าง 3.0 – 7.5 อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แต่สายพันธุ์ข้าวเหนียวให้ผลไม่ดีนัก บุษบา (2518) ได้ทดลองการสร้างสีของ *M. purpureus* โดยใช้สภาวะต่อการผลิตข้าวแดงของ Palo และคณะ(1960) มาทดสอบกับข้าวพันธุ์ต่างๆ ของไทยพบว่าข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู และข้าวพันธุ์หอมมะลิให้สีเข้มใกล้เคียงกัน แต่ข้าวเหนียวกลับให้กลิ่นหอมมากกว่าข้าวหอมมะลิ กลิ่นหอมดังกล่าวคือกลิ่นเอสเทอร์ และแอลกอฮอล์ปนกัน ทั้งนี้ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู และข้าวเจ้าพันธุ์หอมมะลิให้ผลความเข้มของสีใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ญี่ปุ่นในขณะที่ข้าวสายพันธุ์อื่น ๆ ของไทย คือ พันธุ์เสาไห้ พันธุ์ธรรมดา ฯลฯ นั้นล้วนแต่ให้สีและความหอมน้อยกว่ามาก ส่วนอรัญและคณะ(2531) รายงานว่าปริมาณอะมิโลสในเมล็ดข้าวที่แตกต่างกันมีผลต่อการผลิตข้าวแดงแตกต่างกันไปด้วย โดยพบว่าพันธุ์ข้าวที่มีอะมิโลสสูงมากกว่า 24 เปอร์เซ็นต์ เช่น พันธุ์เหลือง 148 กข 23 กข 25 เหมาะสมต่อการผลิตข้าวแดงมากกว่าพันธุ์ กข 7 และข้าวหอมมะลิ 105 เชิดชัยและคณะ (2519) พบว่าปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวมีเพียงพอต่อการสร้างสารสี จึงไม่จำเป็นต้องเติมเปปโตน

Schumacher และคณะ(1996) พบเช่นกันว่าข้าวจากแหล่งปลูกต่างๆ ในประเทศเกาหลีมีผลต่อการสร้างสีของข้าวแดง และพบว่าข้าวจากแหล่งปลูก Punpo ให้ผลดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.2 เมล็ดธัญพืชและอื่นๆ

พลายแก้วและบุษบา (2534)ได้ศึกษาแหล่งสับสเตรทชนิดต่างๆต่อการผลิตสีโมแนสคัสเปรียบเทียบกับการผลิตบนข้าวโดยใช้เมล็ดข้าวโพด มันเทศ มันสำปะหลัง มันฝรั่ง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ข้าวฟ่าง ขนมปังแทนข้าวต่อการเจริญ การสร้างสี และการสร้างสปอร์ของ *M. kaoliang* พบว่าขนมปังให้ค่าสีแดงมากที่สุด ซึ่งตรงกับผลทดลองของ Lin และ Iizuka (1982) รองลงมาคือมันฝรั่ง และปลายข้าวหอมมะลิ นอกนั้นให้สีไม่ดีนัก ส่วนการสร้างสปอร์ของ *M. kaoliang* พบว่าถั่วเหลืองให้ปริมาณสปอร์สูงสุด รองลงมาคือ ถั่วเขียว ขนมปัง และปลายข้าวหอมมะลิ ตามลำดับ ส่วน Rashbaum และ Yueh (1983) ทดลองใช้ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี และข้าวบาร์เล่ย์เป็นสับสเตรทแทนข้าว พบว่าได้ผลดีเช่นกัน

2.5.3 พีเอช

Palo (1960) รายงานว่า *M. purpureus* สร้างสีแดงได้ดีในพีเอชระหว่าง 3.5 - 7.5 พลายแก้ว และบุษบา(2534) พบว่าสภาวะเป็นกรดไม่มีผลต่อการสร้างสีเหลืองของ *M. barkari*

2.5.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะต่อการสร้างสีจะอยู่ระหว่าง 27-30 องศาเซลเซียส โดยบุษบา (2529) พบว่าอุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียสเหมาะสมต่อการเจริญและการสร้างเอนไซม์กลูโคอะมิเลส แต่ไม่เหมาะสมต่อการสร้างสีของเชื้อราโมแนสคัส

2.5.5 อัตราส่วนของแก๊ส

Han และ Mudgett (1992)เป็นรายแรกที่รายงานว่าสัดส่วนของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ มีส่วนต่อการผลิตข้าวแดงด้วย โดยพบว่าความดันแก๊สออกซิเจนต่อความดันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 0.50 ต่อ 0.02 บรรยากาศ(atm)จะมีผลดีต่อการสร้างสีแดงของอังคักมากที่สุด

2.5.6 ความชื้น

Palo และ คณะ(1960) เป็นคนแรกที่รายงานว่าความชื้นต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ให้ผลดีต่อการสร้างสีอังคักของ *M. purpureus* เชิดชัย และคณะ(2519) พบว่าความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ให้ผลดี เมื่อมีการเขย่า หรือการให้อากาศช่วยให้เชื้อราสร้างสีแดงได้ดีและเร็วขึ้น รัตนา (2528) พบว่าการหมักข้าวแดงในสภาพที่มีความชื้นสูงมากไปนั้น เชื้อราโมแนสคัสจะสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งได้สูงแต่สีกลับน้อยลง Lotong และ Suwanarit(1990) พบว่าความชื้นเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวแดงในถุงพลาสติกของเชื้อรา *Monascus sp.* NP1 คือ 32.6 เปอร์เซ็นต์ แต่ความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 39.6 เปอร์เซ็นต์นั้นอัตราการสร้างสารสีจะลดลง ความชื้นต่ำเกินไปทำให้เชื้อราเจริญได้ไม่ดี ส่งผลให้การสร้างสารสีไม่ดีไปด้วย ความชื้นสูงเกินไปเกิดการเจริญ และการสร้างเอนไซม์กลูโคสอะมิเลสมาก เกิดการสะสมของกลูโคสยับยั้งการสร้างสารสีได้ จึงได้พัฒนาสายพันธุ์กลายที่ทนกลูโคสได้สูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวแดง (กังสดาลย์, 2538; กังสดาลย์และคณะ,2539) ในขณะที่ Han (1990)และ Johns และ Stuart(1991) พบว่าถ้าความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์จะได้สีน้อย แต่ถ้าความชื้นเริ่มต้นที่ 50-60 เปอร์เซ็นต์จะทำให้สีสูงสุดภายใน 8 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สารสีจากเชื้อราโมแนสคัส

2.6.1 โมนาสโคฟลาวิน (*monascoflavin*) แยกได้เป็นครั้งแรกพร้อมกับสารโมนาสโครูบรินจากเชื้อรา *M.purpureus Wentii* เป็นสารสีในกลุ่มสีเหลือง สูตรโมเลกุลคือ $C_{21}H_{26}O_5$ และน้ำหนักโมเลกุล 358 ซึ่งมีคุณสมบัติทางสเปคโตรสโคปีดังนี้ λ^{MeOH}_{max} 225 228 385 mμ มีจุดหลอมเหลว 143 ถึง 155 องศาเซลเซียส สารสีโมนาสโคฟลาวินเป็นตัวเดียวกันกับสารสีโมนาสซิน (*monascin*) ซึ่งแยกได้จากเชื้อรา *M. rubiginousus*

2.6.2 อังคักฟลาวิน (*ankaflavin*) เป็นสารสีในกลุ่มสีเหลือง สูตรโมเลกุลคือ $C_{23}H_{30}O_5$ และน้ำหนักโมเลกุล 386 มีจุดหลอมเหลว 120-121 องศาเซลเซียส ซึ่งมีคุณสมบัติทางสเปคโตรสโคปีดังนี้ λ^{dioxan}_{max} 212 228 382 mμ สารสีอังคักฟลาวินมีสูตรโครงสร้างสัมพันธ์กับสารสีโมนาสซิน เช่นเดียวกับสารสีรูโบรพังทาทินที่มีสูตรสัมพันธ์กับสารสีโมนาสโครูบริน

2.6.3 รูโบรพังทาทิน (*rubropunctatin*) เป็นสารสีในกลุ่มสีส้ม สูตรโมเลกุลคือ $C_{21}H_{22}O_5$ และน้ำหนักโมเลกุล 354 สารสีรูโบรพังทาทินสามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลแอมโมเนียมในอาหารเลี้ยงเชื้อได้สารรูโบรพังทาทินซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาต่อได้กับสังกะสีและกรดอะซิติกได้อะโปรูโบรพังทาทิน (*aporubropunctamine)* สารสีนี้มีผลึกรูปแข็งสีแดง มีจุดหลอมเหลว 156 ถึง 157 องศาเซลเซียส

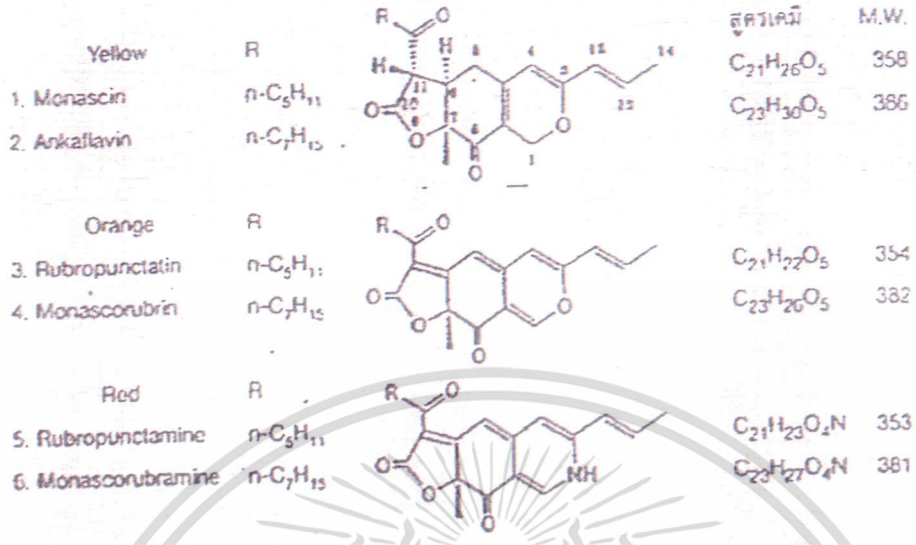
2.6.4 โมนาสโครูบิน (*monascorubin*) เป็นสารสีในกลุ่มสีส้ม สูตรโมเลกุลคือ $C_{23}H_{26}O_5$ และน้ำหนักโมเลกุล 382 ซึ่งมีคุณสมบัติทางสเปคโตรสโคปีดังนี้ λ^{BtOH}_{max} 253 302 352 mμ มีจุดหลอมเหลว 134 ถึง 136 องศาเซลเซียส

2.6.5 รูโบรพังทามีน (*rubropunctamine*) เป็นสารสีในกลุ่มสีแดง สูตรโมเลกุลคือ $C_{21}H_{23}O_4N$ น้ำหนักโมเลกุล 353 สารรูโบรพังทามีนเกิดจากสารรูโบรพังทาทินทำปฏิกิริยากับอนุมูลแอมโมเนียม

2.6.6 โมนาสโครูบรามีน (*monascorubramine*) เป็นสารสีในกลุ่มสีแดง สูตรโมเลกุลคือ $C_{23}H_{27}O_4N$ และน้ำหนักโมเลกุล 381 มีจุดหลอมเหลว 207 ถึง 208 องศาเซลเซียส สารโมนาสโครูบรามีนเกิดจากสารโมนาสโครูบรินทำปฏิกิริยากับอนุมูลแอมโมเนียม ดังรูปที่ 2.3

โดยสารเหล่านี้เป็นสารทุติยภูมิ (secondary metobolite) เรียกว่า *azaphilones* (Babitha และคณะ, 2006) ซึ่งเชื้อราจะสร้างขึ้นพร้อมๆกับการเจริญหรือสร้างหลังจากการเจริญหยุดลงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างเคมีของรงควัตถุที่แยกได้จาก *Monascus* sp.
ที่มา : บุษบา (2542)

2.7 การปล่อยสารสีออกจากเส้นใยของเชื้อราโมแนสคัส

Su และ Huang (1980) กล่าวว่าสารสีที่เชื้อราโมแนสคัสสร้างขึ้นจะมีลักษณะเป็นgarnular fluid ซึ่งจะถูกขับออกมาตามช่องหรือรอยแตกของผนังเส้นใยในบางครั้งเมื่อขับออกมาแล้วสารสียังคงติดอยู่กับปลายเส้นใย และจะสะสมจนมีจำนวนมากก่อนหลุดจากเส้นใย สารสีบางส่วนสะสมอยู่ภายในเส้นใยด้วย

Lin และ Lizuki (1982) ทดลองเลี้ยงเชื้อรา *M.kaoliang* R-10847 บนอาหารแข็ง Mantoumeal เพื่อศึกษาการสร้างสารสีนอกเซลล์ พบว่าเชื้อราจะเริ่มต้นสร้างสารสีและปล่อยออกมาในวันที่ 2 ของการเจริญพร้อมกับสารสีที่มีลักษณะหนืดชนิดหนึ่ง (viscous substance) ทำให้สารสีเกาะติดกับเส้นใยและสะสมเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งเส้นใยแตกหลุดออกมา ไม่พบการสะสมสารสีภายในเส้นใย

Lin และ Lizuki (1982) พบว่าการชักนำให้เชื้อราเกิดการผ่าเหล่าเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีรอยรั่ว(leakage) ของผนังเส้นใยมากขึ้นส่งผลให้เชื้อราสร้างสารสีได้ดีขึ้นเนื่องจากมีความสมดุลระหว่างการสังเคราะห์สารสี และการปล่อยออกจากเส้นใย การเติมทวิน (Tween 80) ปริมาณที่เหมาะสมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ หรือปรับปรุงอาหารเลี้ยงเชื้อ ก็เป็นอีกวิธีที่ช่วยปล่อยสารสีออกจากเส้นใยเพิ่ม

2.8 การใช้ประโยชน์จากสารสีโมแนสคัส

การใช้ประโยชน์ของสีธรรมชาติชนิดนี้มีนานมากกว่าพันปีในประเทศจีนและมีรายงานกล่าวถึง สิทธิบัตรการใช้ประโยชน์สีโมแนสคัสมีมากกว่า 50 ฉบับ จดในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และเยอรมัน (Lin และคณะ , 1992) ในขณะที่ระหว่างปี ค.ศ. 1971 ถึง 1990 พบว่ามีเพียง 39 ฉบับ โดยจดในญี่ปุ่น 30 ฉบับ สหรัฐอเมริกา 4 ฉบับ และยุโรป 5 ฉบับ (Cook , 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ความปลอดภัยของสารสีโมแนสคัส

บุษบา และวรรณภา (2528) ศึกษาความปลอดภัยของสารสีของเชื้อราโมแนสคัสโดยวิเคราะห์หาโลหะหนัก เช่นโครเมียม ตะกั่ว สารหนู ในน้ำสี พบว่าไม่มีโลหะทั้ง 3 ชนิดปะปนอยู่ในน้ำสีเลย

บุษบา และคณะ (2531) พบว่าน้ำสีจากเชื้อราโมแนสคัสไม่เป็นอันตรายใดๆ ต่อไข่ไก่ฟักไม่ทำให้โครโมโซมเม็ดเลือดขาวของคนเปลี่ยนแปลง และไม่เป็นพิษต่อหนูทดลองที่ได้รับสารสีในอัตรา 0.02 0.10 และ 2.00 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลานาน 12 สัปดาห์

ธวัช และคณะ (2530) เปรียบเทียบสีปองโซ 4 อาร์ ซึ่งเป็นสีสังเคราะห์และสารสีจากเชื้อราโมแนสคัสต่อความผิดปกติของโครโมโซมของคน พบว่าสีปองโซ 4 อาร์ ทำให้โครโมโซมของคนผิดปกติสูงถึง 28.64 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่สารสีจากเชื้อราโมแนสคัสไม่ทำให้โครโมโซมผิดปกติแต่อย่างใด

2.10 การตรวจสอบความเป็นพิษของสารสีโมแนสคัส

ความเป็นพิษของสารสีที่ได้จาก *Monascus* spp. โดยทดลองกับหนู พบว่าไม่เป็นพิษต่อสัตว์ทดลองนั้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่า LDS มีค่า 33.3 หรือ 8.7 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวเมื่อกินสีเข้าไป และเมื่อฉีดเข้าช่องท้อง ตามลำดับ

บุษบา และคณะ (2531) ศึกษาความปลอดภัยของสารสีจากเชื้อราโมแนสคัส โดยนำน้ำสีไปฉีดทดสอบความเป็นพิษในไข่ไก่ฟัก เปรียบเทียบกับการฉีดด้วยน้ำกลั่นตามวิธีของ AOAC พบว่าไข่ไก่ฟักที่ผ่านการฉีดด้วยน้ำสีแดงและสีเหลืองมีอัตราการรอดเท่ากับไข่ไก่ฟักควบคุมที่ฉีดด้วยน้ำกลั่น

ตารางที่ 2.2 การใช้ประโยชน์จากโมแนสคัส

การใช้ประโยชน์	เอกสารอ้างอิง
1. เครื่องดื่มแอลกอฮอล์	Lin และ Iizuka(1982)
- สาเก(sake หรือ rice wine)	
- ไวน์แดง	
2. เครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ เช่น น้ำหวาน น้ำนม น้ำนมเปรี้ยว น้ำผลไม้	Moll และ Farr(1978)
3. อาหาร	Toyo Brewing(1981)
แยมถั่วเหลือง(bean jam)	
เต้าหู้ยี้(Chinese cheese หรือ sufu)	
เนยเทียม	Ezaka Glico(1980)
ปลาแป้งแดง ปลาหมึก	
กะทิ	
นม นมเปรี้ยว	Moll และ Farr(1978)
ไส้กรอก(sausage)	Yamanaka(1977)
แฮม(ham)	
ซอสมะเขือเทศ(ketchup)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ประโยชน์	เอกสารอ้างอิง
ผลิตภัณฑ์ทะเล เช่น เนื้อปลาบด(kamabokko) หรือไข่ปลาคอด(cod's row)	
ขนมลูกชุบทำจากถั่ว	บุษบา และคณะ(2531)
ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม เช่น โปรตีนเกษตร แฮมเทียม	
4. อื่นๆ โคจิ ซีอิ้ว	Suzuka(1988) ; Hiroi(1988)
เครื่องยาจีน	Wong และ Koehler(1981)
Aperitifs ขนมต่างๆ	บุษบา และคณะ(2531)
ยาเม็ดและยาน้ำ	Lin และ Lizuka(1982)
เครื่องสำอาง เช่น แป้งฝุ่นผัดหน้า	Moll และ Farr(1978)
ผ้าไหม และรังไหม	Polar Chemical Industries(1984)
เจือสีกระดาษเซลโลเฟนห่อเนื่อ	Hamada(1977)

ที่มา : บุษบา และคณะ (2531)

2.11 บทบาทของสารเคมีที่ใช้ในการหมักเนื้อต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สัตว์ (นิธิยา,2549)

2.11.1 ไนไตรท์(Nitrite) และ/หรือ ไนเตรท (Nitrate)

ส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปของเกลือไนไตรท์ หรือโปแตสเซียมไนไตรท์ และเกลือโซเดียมไนเตรท หรือโปแตสเซียมไนเตรท

2.11.2 แหล่งที่พบ

1. ตามแหล่งสังเคราะห์ธรรมชาติ

ไนเตรทในดิน น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเกิดขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ แอมโมเนียมอิออนถูกออกซิไดส์เป็นไนไตรท์และไนเตรท จึงเป็นผลเนื่องจากวัฏจักรของไนโตรเจน แต่ไนโตรเจนปกติพบในปริมาณต่ำมาก

2. แหล่งที่เกิดเนื่องจากกิจกรรรมของมนุษย์

จากการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ซึ่งเป็นแหล่งใหญ่ของไนเตรทในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สารประกอบไนเตรทของแอมโมเนียม แคลเซียม โปแตสเซียม โซเดียมและยูเรีย

3. ของเสียจากสัตว์

4. ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

5. การใช้สารไนโตรเจนและไนไตรท์เป็นสารปรุงแต่งอาหาร เช่น

การใช้ดินประสิวในพวกเนื้อสด เนื้อเปื่อย เนื้อตุ่น ทำให้เนื้อมีสีแดงสดและเปื่อยยุ่ย ใช้เป็นวัตถุกันเสียในเนื้อเค็ม ปลาช่อนแห้ง แหนม หมูยอ ไส้กรอก ซึ่งนอกจากจะช่วยกันเสียแล้วยังให้สีแดงสดสวยด้วย หากใช้ดินประสิวเจือปนในอาหารเกินกว่าที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.11.3 วัตถุประสงค์ในการใช้

หน้าที่ของเกลือไนไตรท์ และเกลือไนเตรท เมื่อใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์คือ

1. ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีสีแดง และรักษาสีแดงของผลิตภัณฑ์เนื้อ ทำให้มีความน่ารับประทานเพิ่มขึ้น

2. ช่วยเพิ่มรสชาติ และกลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้มีกลิ่นเฉพาะตัวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าการใช้เกลือในการหมักเนื้อเพียงอย่างเดียว

3. ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และป้องกันการสร้างสปอร์ของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ โดยเฉพาะพวก *Clostridium botulinum*

4. ช่วยยับยั้งการหืนของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยจะไปยับยั้งปฏิกิริยาเติมออกซิเจนของไขมัน (oxidative rancidity)

2.11.4 บทบาทของเกลือไนไตรท์และไนเตรท ต่อการเกิดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อ มีผลเนื่องจากการแตกตัวให้สารไนตริกออกไซด์ ทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินดังปฏิกิริยาตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1	NO_3^-	แบคทีเรียที่รีดิวส์ไนเตรทได้	NO_2^-
	ไนเตรท	ดึงออกซิเจนออกไป	
ขั้นตอนที่ 2	$NO_2^- + H^-$	แบคทีเรียพวกที่ผลิตกรดแลคติก	HNO_2
	ไนไตรท์	อนุมูลไฮโดรเจน	กรดไนตรัส
ขั้นตอนที่ 3	HNO_2	สลายตัว	$NO + H_2O$
	กรดไนตรัส		ไนตริกออกไซด์ น้ำ
ขั้นตอนที่ 4	Mb	สภาพเหมาะสม	MMb
	ไมโอโกลบิน		เมทไมโอโกลบิน
ขั้นตอนที่ 5	NO + MMb	สภาพเหมาะสม	NOMb
	ไนตริกออกไซด์	เมทไมโอโกลบิน	ไนโตรโซไมโกลบิน
ขั้นตอนที่ 6	NOMb	ความร้อนในการอบ	NO-Homochome
	ไนโตรโซไมโกลบิน	และการรมควัน	ไนโตรโซฮีโมโครม สารให้สีชมพูที่คงตัว

ที่มา : ภัทธรินทร์ และคณะ (2547)

2.11.5 การเกิดไนโตรซามีน (Nitrosamine)

การเกิดไนโตรซามีนนั้นอาจเกิดมาจากไนเตรท เปลี่ยนเป็นไนไตรท์ โดยเชื้อแบคทีเรียบางชนิด แล้วไนไตรท์ทำปฏิกิริยากับอามีนที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์บางชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะที่เป็นกรด จะเกิดปฏิกิริยาได้ไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้อย่างรวดเร็ว ในระยะหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

137304

พบว่า ไนโตรซามีนสามารถเกิดขึ้นได้ในร่างกาย โดยเฉพาะในกระเพาะอาหารที่มีสภาวะเป็นกรด เมื่อได้รับไนเตรทเข้าไปในร่างกายแล้ว ภายใน 1 –2 ชั่วโมง ร่างกายจะขับไนเตรทและบางส่วนเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ออกมาทางน้ำลายสูง เมื่อเรากลืนน้ำลายผสมกับอาหารที่มีอามีนสูงก็จะเกิดปฏิกิริยาในกระเพาะอาหารได้ ดังนั้นถ้าเรากินอาหารที่มีดินประสิวหรือไนเตรทและสารไนไตรท์สูง แล้วกินอาหารที่มีอามีนในมื้อถัดไปก็จะได้รับไนโตรซามีนที่เกิดขึ้นในกระเพาะอาหาร

2.11.6 ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่เหมาะสมในการใช้

ประกาศกระทรวงสาธารณะสุขฉบับที่ 20 (2517) อนุญาตให้ใช้ไนเตรทได้ในปริมาณที่ไม่เกิน 500 ส่วนในล้านส่วน (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนเตรท) และไนไตรท์ให้ใช้ได้ในปริมาณที่ไม่เกิน 200 ส่วนในล้านส่วน (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนไตรท์) ในปัจจุบันพบว่าในอาหารหลายๆชนิด เช่น เนื้อเค็ม เนื้อสวรรค์ ไส้กรอก กุนเชียง กุ้งแห้ง ฯลฯ มีปริมาณของสารไนเตรทเกินกำหนดมาก โดยไม่คำนึงถึงอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากสารพิษของสารเคมีดังกล่าว

สำหรับ Federal meat inspection regulation ของสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้ไนเตรทและไนไตรท์ดังนี้

การใช้ไนเตรทในน้ำหมักให้ใช้ได้ ปอนด์ต่อ 100 แกลลอน สำหรับเนื้อสัตว์ที่หมัก แบบแห้งใช้ไนเตรท 3 ออนซ์ต่อเนื้อบด 100 ปอนด์ และถ้าเป็นเนื้อบดที่มีการเติมไนเตรทควรใช้ 2 ¾ ออนซ์ ต่อเนื้อบด 100 ปอนด์

การใช้ไนไตรท์ ในน้ำหมักให้ใช้เพียง 2 ปอนด์ ต่อน้ำหมัก 100 แกลลอน ที่ระดับที่มีการฉีดเข้าเนื้อประมาณร้อยละ 10 กรณีเนื้อหมักแบบแห้ง ใช้ไนไตรท์ 1 ออนซ์ ต่อเนื้อ 100 ปอนด์ และถ้าเป็นเนื้อบดใช้ไนไตรท์ ¼ ออนซ์ต่อเนื้อบด 100 ปอนด์

ถ้าเป็นเนื้อ เกลือโพแทสเซียมไนไตรท์ (potassium nitrite, KNO_2) อนุญาตให้ใช้ได้ร้อยละ 0.02 หรือ 200 ส่วนในล้านส่วนของปริมาณเนื้อ ถ้าเป็นโซเดียมไนไตรท์ (sodium nitrite, $NaNO_2$) ให้ใช้ได้ 0.7 ส่วนในล้านส่วนในปลากระป๋อง แต่ถ้าเป็น cured fish ให้ใช้ได้ 200 ส่วนในล้านส่วนเช่นกัน ซึ่งถ้าใช้เกลือดังกล่าวในปริมาณที่ถูกต้องแล้ว ควรจะมีไนไตรท์เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ประมาณ 10- 50 ส่วนในล้านส่วนเท่านั้น

กรณีที่ใช้ไนเตรทและไนไตรท์รวมกัน ต้องมีไนไตรท์เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายได้ไม่เกิน 200 ส่วนต่อล้านส่วน เกลือไนเตรทและไนไตรท์ที่ใช้ทางการค้าจะผสมกันออกมา เพื่อสะดวกในการใช้ ซึ่งมีชื่อทางการค้าเป็นผงเพรก (praque powder) โดยมปริมาณที่แนะนำใช้เป็นร้อยละ 0.25 – 0.38 ของน้ำหนักเนื้อ และ Tari colper 40s ปริมาณที่แนะนำใช้เป็น 2 กรัม ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม

2.11.7 อันตรายของไนไตรท์และไนเตรท

พิษภัยที่เกิดขึ้นจาการใช้ไนเตรทและไนไตรท์มากเกินกำหนด โดยเฉพาะไนไตรท์มีพิษแรงกว่าไนเตรท จะทำให้เกิดอาการปวดท้อง และทำให้กระเพาะอาหาร ลำไส้อักเสบอย่างรุนแรงได้ เม็ดเลือดแดงหมดสภาพในการที่จะพาออกซิเจนไปใช้ในเซลล์ต่างๆของร่างกายได้ ความเป็นพิษของไนเตรทมีการรายงานไว้ว่า เด็กดื่มน้ำที่มีไนเตรทเพียง 30 พีพีเอ็มแล้วเสียชีวิต แสดงว่าไนเตรทมีพิษต่อเด็กมาก โดยเฉพาะเด็กทารกที่มีอายุต่ำกว่า 6 สัปดาห์เพราะในกระเพาะของเด็กมีแบคทีเรียที่รีดิวส์ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ได้ ประกอบกับเด็กยังไม่สร้างกรดเกลือในกระเพาะที่จะช่วยกำจัดแบคทีเรียดังกล่าวได้ แม้ในผู้ใหญ่ที่ได้รับไนเตรทในปริมาณมากเกินไป และมีเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวอยู่ในกระเพาะจะได้รับพิษดังกล่าวได้เช่นกันหรือในการรวมตัวทางเคมีเป็นสารประกอบใหม่ที่เรียกว่า ไน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งกลุ่มหนึ่งซึ่งพิสูจน์ได้แล้วว่าสารนี้คือสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (carcinogen) เช่นไดเอทิลไนโตรซามีน (diethynitrosamine) สามารถทำให้เกิดมะเร็งได้หลายแห่งในร่างกาย เช่น ที่หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ตับ ไต เป็นต้น เมื่อพบว่าเกลือไนไตรต์และไนเตรทเป็นพิษดังกล่าว ทำให้มีผู้คิดค้นหาสารประกอบอื่นเพื่อจะนำมาใช้แทนและแก้ปัญหาดังกล่าว

โดยในประเทศไต้หวันได้มีการใช้มันเทศ ซึ่งเป็นหัวมันชนิดหนึ่งที่มีการปลูกมากในประเทศไต้หวัน มาใช้ทดแทนมันแข็งในส่วนประกอบของการผลิตกุนเชียงเพื่อสุขภาพ โดยลักษณะที่สำคัญของมันเทศ คือ ให้โปรตีนสูงแต่ให้ไขมันต่ำ พบว่า หากใช้มันเทศปริมาณร้อยละ 5 ทดแทนมันแข็งในสูตรการทำกุนเชียงปกติ ปริมาณไขมันในกุนเชียงจะมีค่าลดลงต่ำกว่าร้อยละ 22 ซึ่งเป็นปริมาณไขมันที่พบในกุนเชียงโดยทั่วไป โดยที่ลักษณะเนื้อสัมผัส สี และรสชาติ ที่ได้มีความใกล้เคียงกับกุนเชียงสูตรควบคุม และปริมาณค่า TBA และ TVA ใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง (Fa-Jui Tan และคณะ, 2006)

2.12 การหืน (Rancidity) (นิธิยา,2549)

การหืนเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมัน ทำให้มีกลิ่นผิดปกติและสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพเปลี่ยนแปลงไป การหืนเกิดขึ้นได้ 3 แบบ ดังนี้

ก. **Lipolysis** เป็นปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสที่พันธะเอสเทอร์ในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ หรือลิพิดด้วยเอนไซม์ไลเพส ความร้อน กรด ด่าง และความชื้น หรือปฏิกิริยาทางเคมีใดๆก็ตาม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ลิโพไลซิส หรือ lipolytic rancidity หรือ hydrolytic rancidity ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาลิโพไลซิสของไขมันนม ซึ่งมักเกิดขึ้นกับน้ำนมดิบที่มีเอนไซม์ไลเพส ทำให้มีผลต่อกลิ่นของน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม กรดไขมันที่มีผลทำให้เกิดกลิ่นในไขมันนมคือ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 4 ถึง 12 อะตอม เป็นกรดที่ระเหยได้ง่าย เช่น กรดบิวทิริก จึงทำให้เกิดกลิ่นหืนและมีผลต่อคุณภาพของไขมันหรือน้ำมันที่นำมาใช้ปรุงอาหาร หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารด้วย การเกิดลิโพไลซิสจะเป็นปฏิกิริยาหลักที่เกิดขึ้นขณะทอดอาหารที่มีน้ำ หรือมีความชื้นสูงและมีการใช้อุณหภูมิสูง ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาลิโพไลซิส ยังมีผลทำให้อุณหภูมิที่ที่เกิดควันและแรงตึงผิวของน้ำมันลดลงด้วย น้ำมันจะเกิดควันได้ง่ายขณะทอดอาหาร กรดไขมันที่อยู่ในรูปอิสระยังมีความไวต่อการเกิดออกซิเดชันมากกว่าที่อยู่ในรูปเอสเทอร์กับกลีเซอรอล

Hydrolytic rancidity เป็นการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไขมัน และน้ำมันด้วยเอนไซม์ไลเพสและความชื้น ทำให้ไขมันและน้ำมันเกิดการสลายตัวได้เป็นกรดไขมันอิสระ โดยเฉพาะกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีจำนวนคาร์บอน 4 – 12 อะตอม จะมีกลิ่นเหม็นหืนมาก เมื่อเกิดการหืนจะทำให้ไขมันและน้ำมันมีกลิ่นและรสชาติเปลี่ยนแปลงไป

ข. **การหืนเนื่องจากออกซิเดชัน (Oxidative rancidity)** เป็นการหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็น peroxide linkage ขึ้นที่พันธะคู่ ออโตออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเองอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาเมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติไป การหืนด้วยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นในอาหารที่มีไขมันและน้ำมันผสมอยู่ โดยเฉพาะในไขมันหรือน้ำมันที่ใช้ปรุงอาหารจะเกิดขึ้นมากที่สุด นอกจากนั้นความร้อนและแสงก็มีผลช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาการเกิด peroxide linkage ดังสมการ

$$-HC = CH- + O_2 \longrightarrow -HC(O-)-CH(-O)- \quad \text{หรือ} \quad -HC\text{-}CH(OO.)-$$

การเกิดการหืนโดยปฏิกิริยานี้ทำให้กรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นต่อร่างกายถูกทำลาย มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมันลดลงด้วย และยังทำลายพวกวิตามินต่างๆที่ละลายในไขมันและน้ำมันอีกด้วย

การหืนที่เกิดโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้ยังอาจเกิดขึ้นได้เมื่อมีเอนไซม์ลิพอกซิเดส (lipoxidase) ช่วยเร่งปฏิกิริยาซึ่งจะเป็น enzymatic oxidation

ไขมันและน้ำมันที่เกิดการหืนเนื่องจากการออกซิเดชัน จะมีค่า I.N. ลดต่ำลง การตรวจวิเคราะห์ว่าไขมันและน้ำมันเกิดการหืนเนื่องจากการออกซิเดชันมากน้อยเท่าไร ทำได้โดยการตรวจหาค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide Value หรือ P.V.) คือ การหาปริมาณสารเพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นในน้ำมันหรือไขมันนั้น

ค่า P.V. หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.002 นอร์มัล ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมันหรือไขมัน 1 กรัม หรือ หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรสมมูลของเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนที่มีในน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม ถ้าค่า P.V. สูง แสดงว่าน้ำมันหรือไขมันเกิดการเหม็นหืนเนื่องจากการออกซิเดชันมาก และค่า I.N. ที่วิเคราะห์ได้จะต่ำกว่าค่าที่เป็นจริง

ค. **Ketonic rancidity** เป็นปฏิกิริยา enzymatic oxidation ที่โมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ได้เป็นสารประกอบจำพวกคีโตน

2.13 กลไกการเกิดออกซิเดชัน (นิธิยา,2549)

การเกิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอิสระหรือที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในลิพิดหรืออาหารที่มีลิพิด ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ ปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อลิพิดหรืออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระซึ่งมีกลไกการเกิดได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. Initation เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical)
2. Propagation เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ
3. Termination เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้โปรดักต์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (non-radical products)

ระยะตั้งต้น เป็นระยะที่มีอนุมูลอิสระของกรดไขมันเกิดขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจมีแสง อุณหภูมิ หรือโลหะ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาก็ได้ ดังสมการ

$$\underset{\text{กรดไขมัน}}{RH} \longrightarrow \underset{\text{อนุมูลอิสระ}}{R.} + H.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเพิ่มจำนวน เป็นระยะที่อนุมูลอิสระ (R) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้เป็นอนุมูล peroxy (ROO) ซึ่งอนุมูล peroxy (ROO) นี้จะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมันได้สารประกอบ hydroperoxides (ROOH) และกรดไขมันอิสระ ซึ่ง hydroperoxides ที่เกิดขึ้นอาจเกิดปฏิกิริยาต่อไป ถ้ามีแสง ความร้อน และโลหะเป็นตัวเร่ง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเกิดขึ้นอีก และเกิดปฏิกิริยาต่อไปแบบเดิมต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ แบบลูกโซ่ ทำให้มีอนุมูลอิสระสะสมมากขึ้นในระบบ จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงระยะสิ้นสุด ดังสมการ

$$R. + O_2 \longrightarrow ROO.$$

$$ROO. \quad RH \longrightarrow ROOH \text{ (hydroperoxides } + R.)$$

แสง อุณหภูมิ โลหะ

$$ROOH \longrightarrow RO. + HO.$$

$$RO. + RH \longrightarrow ROH + R.$$

$$OH + RH \longrightarrow H_2O + R.$$

ระยะสิ้นสุด เป็นระยะที่มีอนุมูลอิสระต่างๆรวมตัวกันเป็นสารประกอบใหม่ ดังสมการ

$$R. + R. \longrightarrow RR$$

$$RO. + R. \longrightarrow ROR$$

$$RO. + RO. \longrightarrow ROOH$$

$$ROO. + RO. \longrightarrow ROOR$$

$$ROO. + ROO. \longrightarrow \text{Various product}$$

เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดแล้ว จะมีสารประกอบ Hydroperoxides สะสมในระบบเป็นจำนวนมาก โดยปกติสารประกอบ hydroperoxides ไม่มีกลิ่นเฉพาะตัว แต่สารประกอบนี้สามารถสลายตัวและทำปฏิกิริยาต่อไป ได้เป็นสารอินทรีย์ต่างๆซึ่งมีกลิ่นไม่ดี เช่น Aldehydes, Ketones และ Alcohol อัตราการเกิดปฏิกิริยานี้จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมัน ถ้าอาหารมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมาก โอกาสที่จะถูกออกซิไดส์จะมากกว่าอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณน้อย และถ้าเก็บอาหารที่มีไขมันและน้ำมันไว้ในสภาวะที่มีโอกาสสัมผัสกับแสงรังสี หรือในที่ที่มีอุณหภูมิสูง มีออกซิเจนอยู่ด้วย จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น นอกจากนี้โลหะบางตัวอาจเร่งปฏิกิริยานี้ได้เหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทองแดงและเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดลิพิดออกซิเดชันในอาหาร (นิธิยา,2549)

เนื่องจากลิพิดออกซิเดชันที่อยู่ในอาหารมีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันชนิดต่างๆมากมาย ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสมบัติทางเคมีและกายภาพ รวมทั้งความไวต่อการเกิดออกซิเดชัน นอกจากนั้นส่วนประกอบอื่นๆในอาหารอาจทำหน้าที่ร่วมออกซิไดส์ หรือทำปฏิกิริยากับลิพิดที่ถูกออกซิไดส์แล้วหรือโปรดักต์ที่เกิดจากการออกซิเดชัน ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของลิพิด จึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและค่อนข้างสลับซับซ้อน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดลิพิดออกซิเดชันมีดังนี้

1. **ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ** เนื่องจากชนิดของกรดไขมันในโมเลกุลของไขมันและน้ำมันที่มีผลกระทบต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอัตราของการเกิดจะแตกต่างกัน กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่าจะเกิดได้เร็วกว่า

2. **กรดไขมันอิสระ** กรดไขมันที่อยู่ในรูปอิสระจะถูกออกซิไดส์ออกได้ง่ายกว่าที่อยู่ในรูปเอสเทอร์กับกลีเซอรอล

3. **ความเข้มข้นของออกซิเจน** ในภาวะที่มีออกซิเจนมาก อัตราการเกิดออกซิเดชันจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน แต่ในภาวะที่มีออกซิเจนน้อยอัตราการเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน อย่างไรก็ดีผลของออกซิเจน ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆด้วย เช่น อุณหภูมิ และพื้นที่ผิวสัมผัสกับออกซิเจน

4. **อุณหภูมิ** อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อความดันย่อยของออกซิเจนด้วย เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงความดันย่อยของออกซิเจนจะมีอิทธิพลเล็กน้อยต่ออัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชัน เพราะการละลายของออกซิเจนในลิพิดและน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

5. **พื้นที่ผิว** อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ผิวของลิพิดที่สัมผัสกับอากาศ ดังนั้น หากอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเพิ่มขึ้นการเกิดออกซิเดชันจะเร็วขึ้น สำหรับอาหารที่มีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ การเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนเข้าไปยังส่วนที่มีน้ำมัน

6. **ความชื้น** อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับค่า a_w อาหารแห้งที่มีความชื้นต่ำมากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อค่า a_w เพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 0.55 ถึง 0.85 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากมีปริมาณน้ำมากพอที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคะตะลิสต์และออกซิเจน

7. **การเกิดอิมัลซิฟิเคชัน** ในอาหารที่มีอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ หยดน้ำมันจะกระจายตัวอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ ออกซิเจนจะต้องแพร่กระจายผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำเข้าไปยังหยดน้ำมันผ่านชั้นระหว่างผิวของน้ำกับน้ำมัน ดังนั้นอัตราการเกิดออกซิเดชันจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆร่วมด้วยเช่น ชนิดและความเข้มข้นของอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ ขนาดของอนุภาคหยดน้ำมัน พื้นที่ผิวของ interface ความหนืดของตัวกลางที่เป็นน้ำ ค่าพีเอช ส่วนประกอบและ porosity ของตัวกลาง

8. **Pro-oxidants** แร่ธาตุหรือโลหะบางชนิด เช่นโคบอลต์ เหล็ก แมงกานีส และนิกเกิลมีสมบัติเป็น Pro-oxidants ได้ ที่มีความเข้มข้นเพียง 0.1 ส่วนต่อล้านส่วน ซึ่งจะเร่งการเกิดออกซิเดชันได้ แร่ธาตุหรือโลหะเหล่านี้ได้มาจากดินที่ปลูกพืช และปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันหรือมาจากสัตว์ และอุปกรณ์โลหะที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. **Radiant energy** แสงและรังสีต่างๆ เช่น visible light แสงอัลตร้าไวโอเลต และแกมมามีผลช่วยเร่งให้เกิดออกซิเดชันได้เร็วขึ้น

10. **สารต้านออกซิเดชัน** สารต้านออกซิเดชันจะช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ ซึ่งมีทั้งสารต้านออกซิเดชันในธรรมชาติ เช่น วิตามินอีในน้ำมันพืช และสารต้านออกซิเดชันที่เป็นสารสังเคราะห์และอนุญาตให้เติมลงในอาหารได้ เช่น โพรพิลแกลเลต BHA และ BHT เป็นต้น

2.15 วิธีการตรวจสอบการเกิดลิพิดออกซิเดชัน (นิธิยา,2549)

การเกิดลิพิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ซับซ้อน และมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งกายภาพและทางเคมีของลิพิด การตรวจสอบเพื่อวัดการเกิดออกซิเดชันของลิพิดทำได้ หลายวิธี ตัวอย่าง ดังนี้

ก. การหาค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value)

เพอร์ออกไซด์เป็นโปรดักต์แรกของการเกิดออโตออกซิเดชัน ซึ่งวัดปริมาณที่เกิดขึ้นได้โดยใช้ความสามารถของเพอร์ออกไซด์ ที่ทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไอโอไดด์ได้เป็นไอโอดีน แล้วหาปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้นโดยการไตเตรชันหรือไอโอดิเมตรี (iodimetry)

$$ROOH + 2KI \longrightarrow ROH + I_2 + K_2O$$

หรือออกซิไดส์เฟอร์รัสไอออนให้เป็นเฟอร์ริกไอออน โดยวิธีไทโอไซยาเนตค่าเพอร์ออกไซด์หมายถึง มิลลิสมมูลของเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัมต่อไขมันหรือน้ำมัน ระหว่างการเกิดออกซิเดชัน ค่าเพอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดและลดต่ำลง

ข. การทดสอบกรดไทโอบาบิทูริก

โปรดักต์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว จะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาทูริกทำให้เกิดสี ซึ่งเชื่อว่าเกิดจากปฏิกิริยา condensation ของมาโลนาดีไฮด์ (molonadehyde) กับกรดไทโอบาบิทูริก 2 โมเลกุล อย่างไรก็ตาม การเกิดออกซิเดชันอาจไม่จำเป็นเกิดมาโลนาดีไฮด์เสมอไป เพราะสารประกอบพวกแอลคานาล (alkanals) แอลคีนาล (alkenals) และ 2,4 – ไดอีนาล (dienals) กับกรดไทโอบาบิทูริก จะให้สีเหลืองและดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร มีเพียงไดอีนาลเท่านั้นที่ให้สีแดง และดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร

2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรคหัวใจและหลอดเลือด (Cardiorvascular discase, CVD) และโรคหลอดเลือดหัวใจ (Coronary heart discase , CHD) เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการตายของคนในวัยเจริญเติบโตเนื่องจากโรคเหล่านี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไขมันและชนิดของไขมันที่บริโภค รวมทั้งมีผลต่อความรุนแรงของเกิดโรคเหล่านี้ ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมหันมารับประทานอาหารที่มีไขมันต่ำ และให้พลังงานต่ำ อย่างไรก็ตามไขมันยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เนื้อจะเป็นตัวที่ทำให้เกิดลักษะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสที่ดี

กุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคของคนชาวเอเชีย อย่างไรก็ตามกุนเชียงมีไขมันอยู่ในปริมาณสูง ร้อยละ 20 ถึง 30 มีการศึกษามากมายที่จะลดปริมาณไขมันใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กุนเชียงลง โดยใช้วัตถุดิบชนิดอื่นมาทดแทนไขมัน เช่น การใช้โซเดียมอัลจิเนตและคาราจีแนน หัวบุกคาราจีแนน และวุ้น ไคโตซาน โปรตีนเวย์ โซเดียมเคซีเนส ไข่ขาว ดังนั้น การหาวัตถุดิบมาทดแทนไขมันและทำให้ผลิตภัณฑ์มีการยอมรับจากผู้บริโภคเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพัฒนาต่อไป

fabre และคณะ(1933) ได้ศึกษาการผลิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารของสารสีแดงที่ได้จาก *Monascus ruber* พบว่า การศึกษาคุณสมบัติของสารสีแดงที่ผลิตได้จากเชื้อ *Monascus ruber* ในสภาวะอาหารเหลว โดยใช้เอทานอล และกลูตาเมตเป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจน ตามลำดับ ภายหลังการสกัดและการทำให้บริสุทธิ์ โดยนำสารสีเหล่านี้มาละลายน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆและความคงตัวของสารสี ทำการทดลองในสภาพที่เป็นสารละลายและสภาพที่อยู่ในไส้กรอกหมักพบว่าสารสีเหล่านี้มีความคงตัว เมื่อเก็บไส้กรอกเป็นเวลา 3 เดือนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยจะมีความคงตัวของสารสีที่ร้อยละ 12

Lin และ Chao (2001) ศึกษาคุณภาพของกุนเชียงที่ลดไขมันโดยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันคือ 150 KDa 600 KDa และ 1,250 KDa พบว่ากุนเชียงที่มีไคโตซานเป็นองค์ประกอบจะมีพีเอชต่ำกว่ากุนเชียงสูตรควบคุมที่ไม่ใช้ไคโตซาน เมื่อทำการนับจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติกในกุนเชียงพบว่าจุลินทรีย์เหล่านี้มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในกุนเชียงทุกสูตร โดยที่กุนเชียงที่ใช้ไคโตซาน 150 KDa จะมีค่าปริมาณจุลินทรีย์เหล่านี้ต่ำที่สุด จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่ากุนเชียงที่ใช้ไคโตซาน 150 KDa และ 600 KDa ได้รับการยอมรับสูง ซึ่งการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ไคโตซานเพื่อมาทดแทนไขมันในกุนเชียงไม่ทำให้ลักษณะสัมผัสของเนื้อกุนเชียงเปลี่ยนไปจากเดิม

Babitha และคณะ (2007) ศึกษาการหมักในสภาวะอาหารแข็ง เพื่อผลิตสารสีจาก *Monascus* โดยใช้เมล็ดขนุนเป็นวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดหนึ่ง พบว่า จากการใช้เมล็ดขนุนเป็นวัตถุดิบในการผลิตสารสีจาก *Monascus purpureus* ในสภาวะอาหารแข็ง ปริมาณสารสีที่พบ 25 ODUnits ต่อกรัมน้ำหนักแห้งของเมล็ดขนุน โดยที่สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารสีจากวัตถุดิบชนิดนี้ มีดังนี้ ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 50 อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม 30 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 9×10^4 สปอร์ต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และระยะเวลาการบ่ม 7 วัน ความคงตัวของพีเอชของสารสีที่ได้ค่อนข้างกว้าง จึงเหมาะที่จะนำสารสีที่ได้จากเมล็ดขนุนมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

Tan (2007) ศึกษาผลของการใช้มันเทศทดแทนไขมันบางส่วนในกุนเชียง จากการทดลองที่ใช้มันเทศทดแทนไขมันปริมาณร้อยละ 0 5 10 และ 15 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณมันเทศสูงขึ้น กุนเชียงที่ได้จะมีความชื้น และความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่า a_w มากขึ้นตามๆไปด้วย ขณะที่ปริมาณไขมัน และค่า TBA ลดลง กุนเชียงที่ใช้มันเทศร้อยละ 5 ทดแทนไขมันไม่มีความแตกต่างกับกุนเชียงสูตรควบคุม รวมทั้งมีการยอมรับจากผู้บริโภค ดังนั้นสามารถนำมันเทศมาทดแทนไขมันในการผลิตกุนเชียงได้ในระดับร้อยละ 5 ของมันเทศ ทำให้กุนเชียงที่ผลิตได้มีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 25

Lin และ คณะ(2008) ศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมีและลักษณะเนื้อสัมผัสของหัวบุกที่ผ่านการย่อยด้วยระบบอัลตร้าโซนิค และผลที่มีต่อกุนเชียงไขมันต่ำ พบว่าการนำหัวบุกมาย่อยด้วยเทคนิคอัลตร้าโซนิค เพื่อให้ได้เจลน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกัน การใช้หัวบุกที่มีน้ำหนักโมเลกุลลดลง ค่า storage modulus และค่า loss modulus ของหัวบุกลดลงด้วย แสดงให้เห็นว่าหัวบุกที่ผ่านการย่อยแล้วและมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะมีค่าความยืดหยุ่นและมีความเหนียวสูง จากการนำเจลที่ได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวบุกนี้มาใช้ทดแทนไขมันในกุนเชียง พบว่า กุนเชียงทุกสูตรมีการยอมรับไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม แสดงให้เห็นว่าสามารถนำเจลที่ได้จากการย่อยสลายหัวบุกมาใช้ทดแทนไขมันบางส่วนในสูตรกุนเชียงได้โดยไม่ทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง

Deng-Cheng Liu และคณะ (2009) ศึกษาผลจากการเติมข้าวแดงต่อคุณภาพของกุนเชียงที่มีสารไนไตรท์ปริมาณต่ำ พบว่า การเติมข้าวแดงไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบทางเคมีและค่า a_w ของกุนเชียงที่ได้ ค่าสี " L* " " a* " และ " b* " ของกุนเชียงที่เติมสารไนไตรท์ต่ำ (25 ppm) และเติมข้าวแดงร้อยละ 0.5 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกุนเชียงที่เติมสารไนไตรท์ในปริมาณสูงกว่า (100 ppm) สีของกุนเชียงที่เติมข้าวแดงมีสีแดงจางกว่าขณะที่กุนเชียงที่เติมข้าวแดงจะมีสีเข้มขึ้น การเติมข้าวแดงไม่ได้ไปยับยั้งปฏิกิริยา lipid oxidation ซึ่งสังเกตได้จากกุนเชียงที่เติมข้าวแดงมีค่า VBN (Volatile basic nitrogen) สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด การเติมข้าวแดงทำให้อัตราการสลายของไนไตรท์ช้าลงกว่ากรณีที่ไม่มีการเติมข้าวแดง การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในกุนเชียง พบว่ากุนเชียงที่มีการเติมข้างแดงมีปริมาณจุลินทรีย์มากกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม (ใช้ไนไตรท์ 100 ppm) กุนเชียงที่มีไนไตรท์ในปริมาณต่ำสามารถใช้ข้าวแดงผสมได้มากถึงร้อยละ 1.5 และทำให้เกิดการยอมรับในผู้บริโภค สามารถเก็บได้นาน 28 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 เชื้อจุลินทรีย์และอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1.1 เชื้อจุลินทรีย์

- เชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3090 เป็นเชื้อที่ใช้ในการผลิตสารสี

3.1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

- อาหารวุ้นเลี้ยงเชื้อสำหรับสร้างสารสี โดยใช้อาหาร MYS (malt yeast starch medium)

3.2 วัตถุดิบและสารเคมี

3.2.1 วัตถุดิบในการผลิตกุนเชียง

- หมูเนื้อแดง
- มันแข็ง
- ผงพะโล้
- น้ำตาล
- เกลือ
- ไส้หมูเทียม

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาโปรตีน

- กรดซัลฟูริกเข้มข้น
- กรดบอริกร้อยละ 2
- กรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 0.1
- โซเดียมไฮดรอกไซด์
- Mix indicator
- Catalyst mixture

3.2.3 สารเคมีที่ใช้ในการหาปริมาณไขมัน

- ปิโตรเลียมอีเทอร์ จุดเดือด 35 ถึง 60 องศาเซลเซียส

3.2.4 สารเคมีที่ใช้ในการหาปริมาณ Malonadehyde

- Thiobarbituric acid (TBA)
- Glacial acetic acid ความเข้มข้นร้อยละ 90
- กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 นอร์มัล

3.2.5 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

- Plate count agar (PCA)

3.3 อุปกรณ์

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าพีเอช

- distilled water

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Polyethylene bag
- เครื่องตีป่น
- เครื่องวัดค่าพีเอช
- หลอดทดลอง

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์สี

- เครื่องวัดสี Minolta , CR-300

3.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

- เครื่องกลั่นรุ่น 1002 (Model 2100 , Foss tecator, Sweden)
- เครื่องย่อยรุ่น 1007 พร้อมอุปกรณ์ย่อย (digestor) และหลอดย่อย (digestor tube)
- Exhaust Manifold และ Aspirator
- Tube stand
- ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

- เครื่อง Soxhlet apparator ชุดกลั่นและชุดย่อยไขมัน
- เตาอบแห้ง

3.3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาปริมาณ Malonadehyde

- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

3.3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

- ถ้วยครูซิเบิล
- ปากคีบ
- เตาเผา
- โถดูดความชื้น
- เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง
- กระดาษกรองชนิดไร้เถ้า
- ตู้อบลมร้อน
- Hot plate
- Hood

3.3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

- กระป๋องหาความชื้น (moisture can)
- โถดูดความชื้น (desicators)
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven) WTB binder; A 10

3.3.8 อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ

- หลอดเซนติฟิวส์ขนาด 50 มิลลิลิตร
- เครื่อง vorter
- เครื่องเซนติฟิวส์ Hitāchi Centrifuge , Model SCB20B , Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

- อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น จานเพาะเชื้อ ปิเปต
- หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอน้ำ (autoclave) Tomy ; SS-325 , Japan
- ตู้บ่มเพาะเชื้อ Binder ; BD240 , Germany
- ตู้อบกล้วยน้ำไทย
- เครื่องตีป่นอาหาร (Stomacher blender) Iul instruments
- Anaerobic jar

3.3.10 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- จานพลาสติก
- เตาอบ
- มีด
- ช้อน ส้อม

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมหัวเชื้อ *M .purpureus* TISTR 3090

นำเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3090 เพาะเลี้ยงบนอาหาร malt yeast starch medium ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสร้อยละ 10 และ ยีสต์สกัด ร้อยละ 0.8 แป้งร้อยละ และเพาะบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน จากนั้นนำเชื้อราที่ทำการเพาะเลี้ยงมาทำสารละลายสปอร์โดยใช้น้ำกลั่นที่ผสม Tween 80 ร้อยละ 0.1 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และนำสารละลายสปอร์ที่ได้ไปนับจำนวนสปอร์โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ให้ได้เชื้อเริ่มต้น 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการศึกษาต่อไป

3.4.2 การหมักเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 บนเมล็ดขนุน

นำเอาเยื่อหุ้มเมล็ดขนุนสีน้ำตาลออกและทำการหั่นเมล็ดขนุนเป็นชิ้นบางๆ นำเมล็ดขนุนที่เตรียมไว้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งเมล็ดขนุนที่ผ่านการอบแห้งแล้ว 20 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 15 มิลลิลิตร(มีความชื้นร้อยละ) ผสมให้เข้ากัน นำไปฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมสารละลายสปอร์ของ *M. purpureus* TISTR 3090 ร้อยละ 10 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักมาบดให้เป็นผง นำผงที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางอาหาร เช่น ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า จากนั้นนำผงผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดแทนมันแข็งและสารไนไตรท์ในกุนเชียง

3.4.3 การใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก *M. purpureus* TISTR 3090 ทดแทนปริมาณมันแข็งและสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง

ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก *M. purpureus* TISTR 3090 บนเมล็ดขนุนนำมาทดแทนมันแข็งและสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงในการทดลองนี้จะทำการแบ่งกุนเชียงเป็น 5 สูตร โดยมีกุนเชียงสูตรควบคุม สำหรับกุนเชียง 5 สูตรนั้นประกอบด้วย ส่วนประกอบต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

และมีกระบวนการผลิตกุนเชียงดังภาพที่ 3.1 จากนั้นนำกุนเชียงที่ผสมส่วนประกอบต่างๆ นำมายัดใส่ในไส้หมูเทียมที่เตรียมไว้ นำกุนเชียงดิบมาทำให้แห้งโดยการอบโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน หลังจากทำให้แห้งแล้วนำกุนเชียงมาทิ้งไว้ให้เย็น ทำการบรรจุกุนเชียงในถุงพลาสติก พอลิพอไพลิน (PP) ปิดปากถุงให้แน่นและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) นำกุนเชียงมาตรวจสอบคุณภาพทางด้านต่างๆทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีการตรวจสอบค่าต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงสูตรควบคุมของกุนเชียง

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
เนื้อหมู	10,500
มันแข็ง	4,500
ผงเพรก	15
ผงพะโล้	30
เกลือ	195
น้ำตาลทราย	2,800

3.4.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางอาหาร

โดยนำกุนเชียงแต่ละสูตรมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยใช้วิธี AOAC (1990) โดยค่าเหล่านี้จะวิเคราะห์ในกุนเชียงเริ่มต้น และภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์

3.4.3.2 ค่าความเป็นกรด- ด่าง

นำตัวอย่างกุนเชียงที่ช่วงเวลาการเก็บรักษาต่างๆออกมาจากถุง นำตัวอย่างมาปริมาณ 25 กรัม ใส่ในถุงที่ปราศจากเชื้อและใส่น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 225 มิลลิลิตร และทำการผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องตีป่น เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter

3.4.3.3 ปริมาณความชื้น และค่า Water activity (a_w)

การหาค่าปริมาณความชื้นทำได้โดย ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในจานโลหะที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำจานโลหะไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 102-105 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำตัวอย่างออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำนานครึ่งชั่วโมง จนได้น้ำหนักที่คงที่ ชั่งน้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่และคำนวณหาน้ำหนักที่หายไปโดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นดังนี้

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

การหาค่า Water Activity ทำได้โดยหมุนปุ่มสีเหลืองของเครื่อง thermoconstanter และนำตลับพลาสติกมาใส่ตัวอย่างให้ได้ปริมาตรประมาณ 80 – 90 เปอร์เซ็นต์ นำตลับตัวอย่างมาใส่ไว้ใน measuring chamber และปิดฝาให้เรียบร้อย ตั้งอุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ จากนั้นรอจนกระทั่งได้อุณหภูมิตามที่ตั้งไว้ และ relative humidity ของอากาศที่วัดได้อยู่ในสภาวะที่สมดุลกับตัวอย่าง สภาวะนี้เรียกว่า equilibrium relative humidity (ERH) เมื่อหารด้วย 100 ก็จะได้ค่า aw (water activity) ตามที่ต้องการ

3.4.3.4 การวัดค่าสี

นำกุนเชียงที่ผ่านการบดแล้ววางใส่ในภาชนะที่ใช้สำหรับของแข็งโดยอัดให้แน่นไม่ให้มีอากาศเข้าไปการวัดค่าสี ค่า “L” คือค่าความสว่าง ค่า “a” คือค่าแสงสีแดง (ความแดง) และค่า “b” คือค่าแสงสีเหลือง (ความเหลือง) วัดค่าสีของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดค่าสี โดยมีแผ่นแก้วเทียบสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่าดังนี้ “Y” = 86.53 “X” = 82.45 และ “Z” = 91.28 ซึ่งใช้สำหรับอ้างอิง

L* = lightness (0 = black, 100 = white)

a* = redness/ greenness (+ = red, - = green)

b* = yellowness/ blueness (+ = yellow, - = blue)

3.4.3.5 ค่า Peroxide Value (PV) และ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

ชั่งตัวอย่างจำนวน 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมระหว่าง กรดอะซิติก : คลอโรฟอร์ม (3:1) จำนวน 25 มิลลิลิตร เติมสารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์ จำนวน 0.5 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมน้ำแป้ง 1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 0.5 มิลลิลิตร สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน นำสารละลายที่ได้ไปไทเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.001 นอร์มัล จนสารละลายสีน้ำเงินจางหายไป และจดปริมาตรที่ใช้ในการไทเตรท และทำการวิเคราะห์อีกครั้งโดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง (blank) คำนวณค่า peroxide value (PV) จากสูตร

$$\text{ค่า PV (milliequivalents (meq) of peroxide oxygen /kg of sample)} = \frac{(S-B) \times N \times 1000}{W}$$

เมื่อ S คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.001 นอร์มัลที่ใช้ในการไทเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.001 นอร์มัลที่ใช้ในการไทเตรทน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)

การหาค่า TBARS ของตัวอย่างทำโดยวิธี ชั่งตัวอย่างกุนเชียง 10 กรัม ปั่นกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร 1-2 นาที ด้วยเครื่องตีปั่นเติมน้ำ 47.5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร กรด ไฮโครคลอริคเข้มข้น 4 นอร์มัล 25 มิลลิลิตร และ Glass bead ทำการกลั่นจนได้ปริมาตรสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่กลั่น 50 มิลลิลิตร ปิเปตของเหลวที่กลั่นได้ 10 มิลลิลิตร ลงหลอดทดลองที่มีฝาปิด เติมสารละลาย TBA reagent 5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองแล้วปิดฝา นำตัวอย่างมาต้มในน้ำเดือด 35 นาที หลังจากครบ 35 นาที ทำให้เย็นภายใน 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร

คำนวณ ร้อยละของ Thiobarbituric acid = $\frac{7.8 \times OD \times 10}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$ (มิลลิกรัม malonadehyde ต่อกิโลกรัม)

3.4.3.6 การหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

การหาปริมาณจุลินทรีย์ในกุนเชียง นำตัวอย่างกุนเชียงที่ช่วงเวลาการเก็บรักษาต่างๆออกมาจากถุง นำตัวอย่างมาปริมาณ 25 กรัม ใส่ในถุงที่ปราศจากเชื้อและใส่น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 225 มิลลิลิตร และทำการผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องตีป่น เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการผสมให้เข้ากัน แล้วมาทำการเจือจางให้ได้ระดับความเจือจางต่างๆ ที่ความเจือจาง 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} และ 10^{-6} อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ได้แก่ Plate count agar (PCA) เพื่อใช้ในการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีที่ใช้สำหรับการนับจำนวนจุลินทรีย์ได้แก่วิธี spread plate อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มเพาะเชื้อจุลินทรีย์ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สำหรับการนับจำนวนจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศนั้น นำตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้วมาทำการ spread plate ในอาหาร Plate count agar (PCA) จากนั้นนำจานเพาะเชื้อมาวางใน anaerobic jar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ในการศึกษาการนับจำนวนจุลินทรีย์นั้นแสดงเป็นค่า Log_{10} โคโลนีต่อหน่วย CFU ต่อกรัมของตัวอย่าง

3.4.3.7 การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำกุนเชียงมาอบจนกระทั่งอุณหภูมิภายในของกุนเชียงมีอุณหภูมิถึง 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส) จากนั้นตัดกุนเชียงเป็นชิ้นบางๆ (ความหนาประมาณ 0.3 เซนติเมตร) จากนั้นให้ผู้ทดสอบชิม ซึ่งเป็นนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ 20 คน ให้คะแนนความชอบแบบ 9-point Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเหนียว และการยอมรับโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) version 15.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อหาสูตรของกุนเชียงที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ของกุนเชียงในแต่ละสูตร มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) มีจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) version 15.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดขนุนที่หมักด้วยเชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3090 ในสภาวะอาหารแข็ง

จากการเลี้ยงเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 บนเมล็ดขนุน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ในสภาวะอาหารแข็งพบว่า เมล็ดขนุนที่ ได้จากการหมักมีลักษณะสีแดงดังแสดงในรูปที่ 4.1 และมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.78 ไขมันร้อยละ 0.79 และเถ้าร้อยละ 3.65 ซึ่งมีสารอาหารที่มีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในกุนเชียง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบของเมล็ดขนุนที่หมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในสภาวะอาหารแข็งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

องค์ประกอบ	ร้อยละ
โปรตีน	10.78
ไขมัน	0.79
เถ้า	3.65

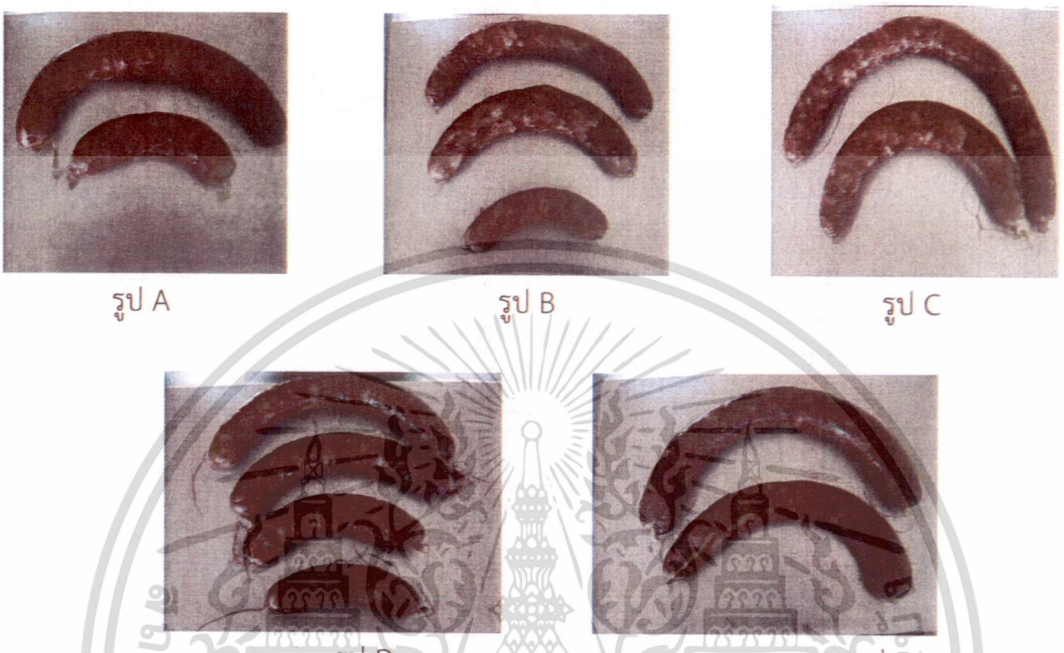
รูปที่ 4.1 แสดงเมล็ดขนุนที่หมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในสภาวะอาหารแข็งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

4.2 ผลของการนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาใช้เป็นส่วนประกอบในการทำกุนเชียง

จากการนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3090 มาเป็นส่วนประกอบในการทำกุนเชียง โดยนำมาทดแทนมันแข็งบางส่วนและทดแทนสารไนไตรท์ (ชื่อทางการค้า ผงเพรก) ในการทดลองนี้แบ่งกุนเชียงเป็น 5 สูตรรวมทั้งสูตรควบคุมซึ่งใช้ผงเพรกร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.1 มันแข็งร้อยละ 25 ไม่มีการใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก แสดงดังรูป 4.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางอาหาร ปริมาณความชื้น ค่า water activity วัดค่าสี ปริมาณจุลินทรีย์ รวมทั้งการทดสอบประสาทสัมผัสกุนเชียงสูตรต่างๆ



รูป A รูป B รูป C

รูป D รูป E

A : สูตรควบคุม
B : ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5
C : ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0
D : ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0
E : ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0

รูปที่ 4.2 แสดงกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณต่างๆ

4.2.1 ปริมาณโปรตีน

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณมากขึ้น มีผลทำให้กุนเชียงมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นตามปริมาณเมล็ดขนุน โดยพบว่ากุนเชียงสูตร 4 ซึ่งมีปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 มันแข็งร้อยละ 22 ไม่มีการใช้ผงเพรก ให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดร้อยละ 35.00 ± 1.40 กุนเชียงสูตร 3 2 และ 1 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 34.37 ± 0.53 32.02 ± 0.14 และ 31.30 ± 0.37 ตามลำดับ ขณะที่กุนเชียงสูตรควบคุมมีปริมาณโปรตีนต่ำสุดร้อยละ 30.29 ± 0.65 แสดงดังตารางที่ 4.2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3090 มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง เมื่อนำมาเป็นส่วนประกอบของกุนเชียง ทำให้กุนเชียงที่ได้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ากุนเชียงสูตร 1 และ 2 มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างทางด้านสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ปริมาณไขมัน

เมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณต่างๆกัน ทดแทนไขมันบางส่วนและทดแทนสารไนไตรท์ พบว่า กุนเชียงสูตรที่ 4 ซึ่งใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 มันแข็งร้อยละ 22 ไม่เติมผงเพรก ให้ปริมาณไขมันต่ำสุดคือร้อยละ 37.61 ± 0.11 กุนเชียงสูตรที่ 3 2 และ 1 มีปริมาณไขมันร้อยละ 38.16 ± 0.10 38.79 ± 0.23 และ 39.15 ± 0.83 ตามลำดับ สำหรับกุนเชียงสูตรควบคุมมีปริมาณไขมันสูงสุดคือ ร้อยละ 43.83 ± 1.44 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ทั้งนี้เนื่องจากกุนเชียงในสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีการลดมันแข็งซึ่งเป็นส่วนประกอบในการทำกุนเชียงลง และเพิ่มปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก ซึ่งในเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมีไขมันน้อย ทำให้กุนเชียงที่ได้มีไขมันน้อย เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตร 1 2 3 และ 4 มีปริมาณไขมันแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม

4.2.3 ปริมาณเถ้า

เมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณสูงขึ้น มีผลทำให้ปริมาณเถ้าในกุนเชียงที่ได้ลดลง โดยพบว่ากุนเชียงสูตรที่ 4 3 2 และ 1 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 2.83 ± 0.10 3.09 ± 0.01 4.40 ± 0.02 และ 4.66 ± 0.06 ตามลำดับ สำหรับกุนเชียงสูตรควบคุมมีปริมาณเถ้าสูงสุดคือร้อยละ 5.06 ± 0.07 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ากุนเชียงทุกสูตรมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2.4 ปริมาณความชื้น และค่า water activity (a_w)

พบว่าเมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้น ทำให้กุนเชียงที่ได้มีปริมาณความชื้นลดลง โดยพบว่ากุนเชียงสูตรที่ 4 3 2 และ 1 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.82 ± 0.21 9.48 ± 0.49 4.19 ± 0.02 และ 14.40 ± 0.05 สำหรับกุนเชียงสูตรควบคุมซึ่งมีมันแข็งร้อยละ 25 จะมีปริมาณความชื้นสูงสุด คือร้อยละ 14.33 ± 0.07 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีมันแข็งในปริมาณมาก จะทำให้กุนเชียงมีความชื้นสูงขึ้นตามไปด้วย เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตร 1 มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม

สำหรับค่า water activity ของกุนเชียงสูตรต่างๆ ให้ผลทำนองเดียวกันกับปริมาณความชื้น นั่นคือ เมื่อใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มมากขึ้น ทำให้กุนเชียงที่ได้มีค่า a_w ลดลง แสดงดังตารางที่ 4.2 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตร 1 2 3 และ 4 มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม

4.2.5 ค่า pH

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้น ค่า pH ของกุนเชียงจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยพบว่ากุนเชียงสูตรที่ 4 3 2 และ 1 มีค่า pH 5.51 ± 0.03 5.42 ± 0.01 5.30 ± 0.02 และ 5.32 ± 0.01 ตามลำดับ สำหรับกุนเชียงสูตรควบคุมมีค่า pH ต่ำสุดคือ 4.91 ± 0.06 ดังแสดงในตาราง 4.2 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ากุนเชียงสูตร 1 2 3 และ 4 มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ค่า Peroxide Value (PV) และค่า TBARS

ค่า Peroxide Value (PV) คือ ค่าความหืน จากการทดลองเมื่อใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 เพิ่มขึ้นค่าความหืนมีแนวโน้มลดลง โดยกุนเชียงสูตรที่ 4 มีค่าความหืน 90.29 ± 0.04 ขณะที่กุนเชียงสูตรควบคุมมีค่าความหืน 136.85 ± 1.00 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตร 1 2 3 และ 4 มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับสูตรควบคุม

ค่า TBARS คือ ค่าที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้น กุนเชียงที่ได้จะมีค่า TBARS อยู่ในช่วง 2.11 ± 0.03 ถึง 5.83 ± 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับค่า PV ขณะที่กุนเชียงสูตรควบคุมมีค่า TBARS คือ 3.75 ± 0.11 เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงทุกสูตรมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม ยกเว้นกุนเชียงสูตร 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2.7 การวัดค่าสี

4.2.7.1 ค่า L*

ค่า L* คือค่าความสว่างในกุนเชียง จากการทดลองพบว่า กุนเชียงสูตรควบคุมมีค่า L* สูงสุด คือ 39.70 ± 0.02 เมื่อใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้น ค่า L* มีแนวโน้มลดลง เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตร 4 มีค่า L* ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม

4.2.7.2 ค่า a*

ค่า a* คือ ค่าสีแดงในกุนเชียง เมื่อใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้น ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยพบว่ากุนเชียงสูตร 4 มีค่า a* สูงสุด คือ 5.04 ± 0.01 ขณะที่กุนเชียงสูตรควบคุมมีค่า a* เท่ากับ 4.37 ± 0.01 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตร 1 2 3 และ4 มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม

4.2.7.3 ค่า b*

ค่า b* คือ ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง เมื่อใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้น ค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตร 1 2 3 และ 4 มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม

4.2.8 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ

จากการนำกุนเชียงสูตรต่างๆมาตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี standard plate count technique พบว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักปริมาณต่างๆ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศมากกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม โดยพบว่ากุนเชียงสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.57 4.59 4.58 และ 4.76 log CFU/g ตามลำดับ สำหรับกุนเชียงสูตรควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.36 log CFU/g สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในกุนเชียงสูตรควบคุมมีปริมาณน้อยกว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก ดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.9 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

จากการนำกุนเชียงสูตรต่างๆมาทำการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบ 9-point Hedonic scale มีผู้ทดสอบ 20 คน พบว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณร้อยละ 0.5 (สูตร 1) และร้อยละ 1.0 (สูตร 2) มีคะแนนด้านลักษณะปรากฏสูงกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม โดยมีคะแนน 7.25 ± 1.29 และ 7.15 ± 1.13 ตามลำดับ ขณะที่กุนเชียงสูตรควบคุมมีคะแนนด้านลักษณะปรากฏ 6.75 ± 1.80 สำหรับค่าสีพบว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณร้อยละ 0.5 (สูตร 1) ได้รับคะแนนสูงสุด คือ 7.42 ± 1.12 ซึ่งสูงกว่ากุนเชียงสูตรควบคุมซึ่งได้รับคะแนนทางด้านสี 7.19 ± 1.36 สำหรับคะแนนทางด้านกลิ่น พบว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณร้อยละ 0.5 (สูตร 1) และร้อยละ 1.0 (สูตร 2) ได้คะแนนทางด้านกลิ่น 7.21 ± 1.39 และ 6.80 ± 1.32 ซึ่งสูงกว่ากุนเชียงสูตรควบคุมที่ได้คะแนนทางด้านกลิ่น 6.48 ± 1.53 สำหรับคะแนนทางด้านรสชาติ พบว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 (สูตร 1) ได้รับคะแนนสูงสุด คือ 7.37 ± 1.38 ซึ่งสูงกว่ากุนเชียงสูตรควบคุมซึ่งได้คะแนนในด้านรสชาติ 7.00 ± 1.44 สำหรับคะแนนด้านความเหนียว พบว่ากุนเชียงสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนร้อยละ 3.0 (สูตร 4) มีค่าความเหนียวสูงสุด คือ 7.60 ± 11.03 ซึ่งมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม ซึ่งได้คะแนนในด้านความเหนียวร้อยละ 6.52 ± 1.53 สำหรับการยอมรับโดยรวม พบว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 (สูตร 1) ได้รับคะแนนสูงสุด คือ 7.42 ± 1.21 ซึ่งมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม สูตร 2 3 และ 4 ซึ่งได้คะแนน คือ 7.29 ± 1.14 7.05 ± 1.50 5.00 ± 1.29 และ 4.65 ± 1.26 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า กุนเชียงสูตร 1 และ 2 ได้รับคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมสูงกว่ากุนเชียงสูตร 3 และ 4 เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ากุนเชียงสูตร 1 และ 2 มีคะแนนทางด้านต่างๆไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงองค์ประกอบ ค่า pH ปริมาณความชื้น water activity ของกุนเชียงที่ได้จากการนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักของเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันและสารไนไตรท์ในกุนเชียง

สูตรกุนเชียง	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	pH	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	a_w
สูตรควบคุม	30.29 ± 0.65^{b}	43.83 ± 1.44^{a}	5.06 ± 0.07^{a}	4.91 ± 0.06^{c}	14.33 ± 0.07^{a}	0.93 ± 0.07^{a}
สูตร 1	31.30 ± 0.37^{b}	39.15 ± 0.83^{b}	4.66 ± 0.06^{b}	5.32 ± 0.01^{b}	14.40 ± 0.05^{a}	0.89 ± 0.07^{b}
สูตร 2	32.02 ± 0.14^{b}	38.79 ± 0.23^{b}	4.40 ± 0.02^{c}	5.30 ± 0.02^{b}	4.19 ± 0.02^{d}	0.88 ± 0.00^{cd}
สูตร 3	34.37 ± 0.53^{a}	38.16 ± 0.10^{b}	3.09 ± 0.01^{d}	5.42 ± 0.01^{ab}	9.48 ± 0.49^{b}	0.88 ± 0.07^{bc}
สูตร 4	35.00 ± 1.40^{a}	37.61 ± 0.11^{b}	2.83 ± 0.10^{e}	5.51 ± 0.03^{a}	5.82 ± 0.21^{c}	0.87 ± 0.00^{d}

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

ตารางที่ 4.3 แสดง ค่า PV และค่า TBARS ค่าสี รวมทั้งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ ของกุนเชียงที่ได้จากการนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักของเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันและสารไนไตรท์ในกุนเชียง

สูตรกุนเชียง	PV	TBARS	ค่าสี			ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด log CFU/g	ปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ log CFU/g
			L*	a*	b*		
สูตรควบคุม	136.85 ± 1.00^{a}	3.75 ± 0.11^{c}	39.70 ± 0.02^{a}	4.37 ± 0.01^{c}	3.08 ± 0.01^{a}	4.36 ± 0.03	4.36 ± 0.03
สูตร 1	71.97 ± 0.18^{e}	4.09 ± 0.03^{b}	36.77 ± 0.26^{b}	4.22 ± 0.01^{d}	1.61 ± 0.07^{e}	4.57 ± 0.05	4.57 ± 0.05
สูตร 2	103.20 ± 0.69^{b}	2.11 ± 0.03^{d}	33.36 ± 0.26^{c}	4.04 ± 0.01^{e}	1.86 ± 0.01^{d}	4.59 ± 0.01	4.59 ± 0.01
สูตร 3	89.50 ± 0.69^{d}	5.72 ± 0.01^{a}	36.86 ± 0.28^{b}	4.67 ± 0.01^{b}	2.63 ± 0.01^{c}	4.58 ± 0.08	4.58 ± 0.08
สูตร 4	90.29 ± 0.04^{c}	5.83 ± 0.01^{a}	39.16 ± 0.13^{a}	5.04 ± 0.01^{a}	2.98 ± 0.01^{b}	4.76 ± 0.06	4.76 ± 0.06

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

ตารางที่ 4.4 แสดงคะแนนลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมของกุนเชียงที่ได้จากการนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักของเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันและสารไนไตรท์ในกุนเชียง

สูตรกุนเชียง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความเหนียว	การยอมรับโดยรวม
สูตรควบคุม	6.75 ± 1.80[a]	7.19 ±1.36[a]	6.48 ± 1.53[a]	7.00 ± 1.44[a]	6.52 ± 1.53[a]	7.29 ± 1.14[a]
สูตร 1	7.25 ± 1.29[a]	7.42 ± 1.12[a]	7.21 ± 1.39[a]	7.37 ± 1.38[a]	6.89 ± 1.28[a]	7.42 ± 1.21[a]
สูตร 2	7.15 ± 1.13[a]	7.10 ± 1.02[a]	6.80 ± 1.32[a]	7.10 ± 1.41[a]	6.85 ± 1.66[a]	7.05 ± 1.50[a]
สูตร 3	4.40 ± 1.27[b]	4.50 ± 1.23[b]	5.65 ± 1.13[b]	5.05 ± 1.27[b]	5.15 ± 1.34[b]	5.00 ± 1.29[b]
สูตร 4	4.40 ± 1.66[b]	4.40 ± 1.53[b]	5.35 ± 1.13[b]	4.75 ± 1.51[b]	7.60 ± 11.03[b]	4.65 ± 1.26[b]

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

4.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กุนเชียง

เมื่อนำกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณต่างๆ รวมทั้งกุนเชียงสูตรควบคุมบรรจุในถุงโพลีพอไพลีน ปิดให้แน่น เก็บที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 28 วัน ติดตามการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและเคมี รวมทั้งคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1 ปริมาณโปรตีน

จากการนำเมล็ดขนุนที่หมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันบางส่วนและสารไนไตรท์ในกุนเชียงในปริมาณที่ต่างกัน พบว่า เมื่อเก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 28 วัน กุนเชียงทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนลดลง โดยเฉพาะสูตรควบคุมมี ปริมาณโปรตีนลดลงมากกว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก โดยพบว่า กุนเชียงที่ใช้ปริมาณเมล็ดขนุนร้อยละ 3.0 (สูตร 4) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 32.90 ± 0.33 ขณะที่กุนเชียงสูตรควบคุมมีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 26.85 ± 1.13 เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนระหว่างการเก็บรักษา พบว่า กุนเชียงสูตรควบคุมมีการลดลงของโปรตีนสูงกว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 (สูตร 3) และร้อยละ 3.0 (สูตร 4) รวมทั้งกุนเชียงสูตรควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่จะแตกต่างทางสถิติกับกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 (สูตร 1) และร้อยละ 1.0 (สูตร 2) ดังแสดงในตาราง 4.5

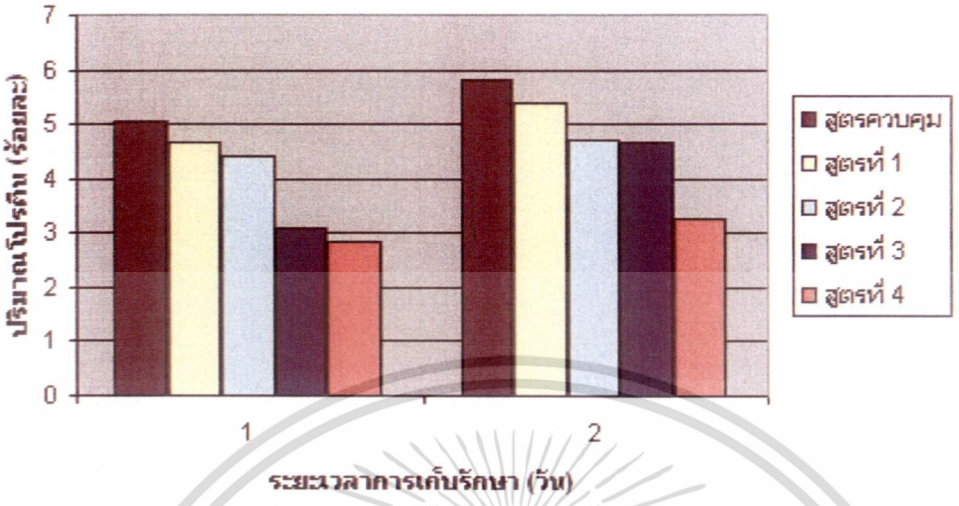
ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณโปรตีนของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)		การลดลงของปริมาณโปรตีนระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28 (ร้อยละ)
	วันที่ 0	วันที่ 28	
สูตรควบคุม	30.29 ± 0.65^{b}	26.85 ± 1.13^{d}	3.46 ± 2.96^{a}
สูตร 1	31.30 ± 0.37^{b}	30.04 ± 0.12^{c}	1.16 ± 2.86^{b}
สูตร 2	32.02 ± 0.14^{b}	31.20 ± 0.30^{bc}	0.82 ± 2.79^{b}
สูตร 3	34.37 ± 0.53^{a}	32.57 ± 0.31^{ab}	1.79 ± 2.71^{ab}
สูตร 4	35.00 ± 1.40^{a}	32.90 ± 0.33^{a}	1.86 ± 2.64^{ab}

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณโปรตีนของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณต่างๆ

4.3.2 ปริมาณไขมัน

จากการนำเมล็ดขนุนที่หมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันบางส่วนและสารไนไตรท์ในกุนเชียงในปริมาณที่ต่างกัน พบว่า เมื่อเก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน กุนเชียงทุกสูตรมีปริมาณไขมันลดลง โดยกุนเชียงสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 (สูตร 4) มีปริมาณไขมันน้อยที่สุดร้อยละ 17.68 ± 0.31 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าสูตรควบคุมซึ่งมีปริมาณไขมันร้อยละ 22.92 ± 0.21 สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันระหว่างการเก็บรักษา พบว่า กุนเชียงสูตรควบคุมมีการลดลงของปริมาณไขมันมากกว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันระหว่างการเก็บรักษาไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) กับกุนเชียงสูตรควบคุม ดังแสดงในตาราง 4.6

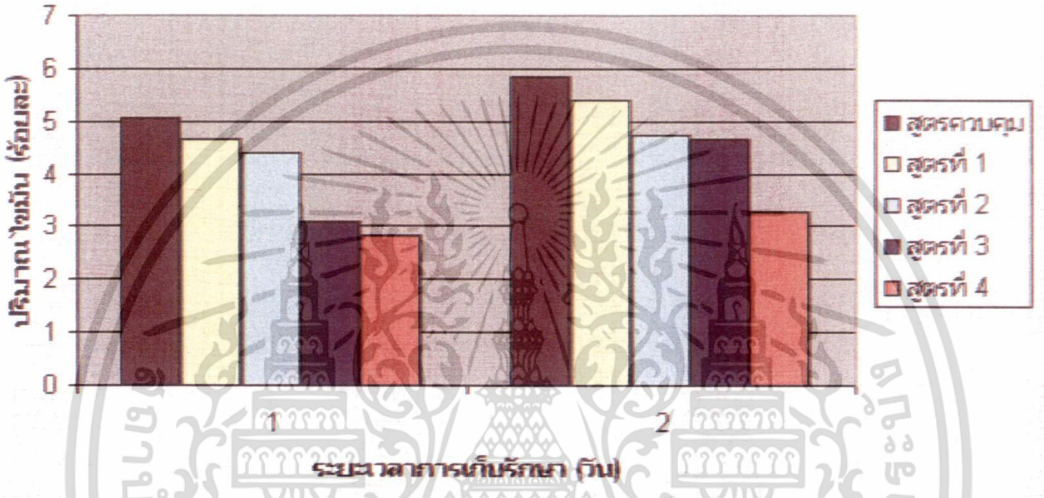
ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณไขมันของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)		การลดลงของปริมาณไขมันระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28 (ร้อยละ)
	วันที่ 0	วันที่ 28	
สูตรควบคุม	43.83 ± 1.44^{a}	22.92 ± 0.21^{a}	20.92 ± 4.98^{a}
สูตร 1	39.15 ± 0.83^{b}	19.48 ± 0.14^{b}	19.67 ± 6.09^{a}
สูตร 2	38.79 ± 0.23^{b}	19.38 ± 0.06^{bc}	19.42 ± 6.83^{a}
สูตร 3	38.16 ± 0.10^{b}	18.72 ± 0.37^{c}	19.44 ± 7.37^{a}
สูตร 4	37.61 ± 0.11^{b}	17.68 ± 0.31^{d}	19.93 ± 7.82^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก



รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณไขมันของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณต่างๆ

4.3.3 ปริมาณเถ้า

จากการนำเมล็ดขนุนที่หมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันบางส่วนและสารไนไตรท์ในกุนเชียงในปริมาณที่ต่างกัน พบว่า เมื่อเก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 28 วัน กุนเชียงทุกสูตรมีปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น โดยพบว่ากุนเชียงสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 1.0 2.0 และ 3.0 มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้าเมื่อเก็บรักษาร้อยละ 0.66 ± 3.53 0.33 ± 3.27 1.57 ± 3.13 และ 1.86 ± 3.04 ตามลำดับ ขณะที่กนเชียงสูตรควบคุมมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้าร้อยละ 0.77 ± 3.38 และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตรควบคุม และกุนเชียงที่ใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 2.0 และ 3.0 มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ดังแสดงในตาราง 4.7

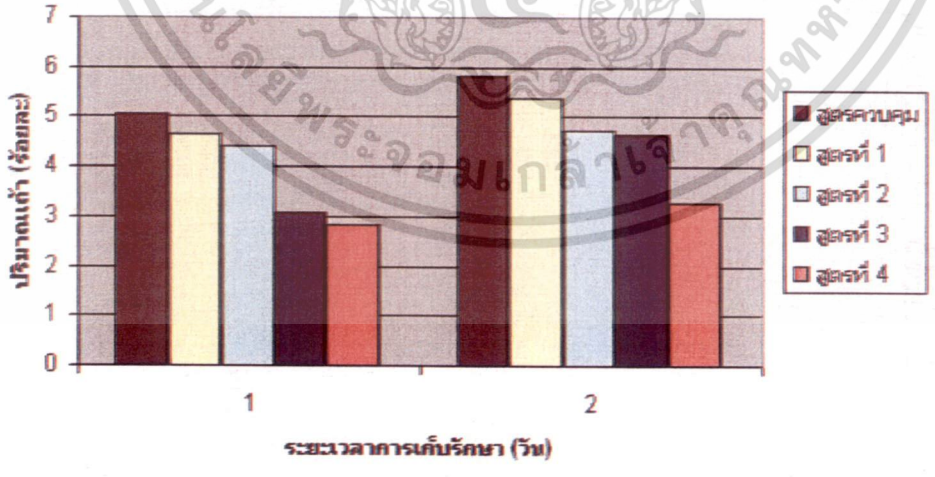
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณเถ้าของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)		การเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้าระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28 (ร้อยละ)
	วันที่ 0	วันที่ 28	
สูตรควบคุม	5.06 ± 0.07^{a}	5.83 ± 0.17^{a}	0.77 ± 3.38^{b}
สูตร 1	4.66 ± 0.06^{b}	5.32 ± 0.02^{b}	0.66 ± 3.53^{b}
สูตร 2	4.40 ± 0.02^{c}	4.73 ± 0.03^{c}	0.33 ± 3.27^{c}
สูตร 3	3.09 ± 0.01^{d}	4.67 ± 0.03^{c}	1.57 ± 3.13^{a}
สูตร 4	2.83 ± 0.10^{e}	3.27 ± 0.07^{d}	1.86 ± 3.04^{c}

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก



รูปที่ 4.5 แสดงปริมาณเถ้าของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ความชื้นและค่า water activity

จากการนำเมล็ดขนุนที่หมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันบางส่วนและสารไนไตรท์ในกุนเชียงในปริมาณที่ต่างกัน พบว่า เมื่อเก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน กุนเชียงทุกสูตรมีความชื้นที่ลดลง โดยกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆมีความชื้นน้อยกว่ากุนเชียงสูตรควบคุมซึ่งมีปริมาณมีค่าความชื้นร้อยละ 6.61 ± 0.46 สำหรับการลดลงของปริมาณความชื้นของกุนเชียงสูตรต่างๆพบว่า กุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆ มีการลดลงของปริมาณความชื้นระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงสูตร 1 2 3 และ 4 มีการลดลงของปริมาณความชื้นระหว่างการเก็บรักษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกุนเชียงสูตรควบคุม ดังแสดงในตาราง 4.8

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ระหว่างการเก็บรักษากุนเชียง พบว่า กุนเชียงทุกสูตรมีค่า water activity ที่ลดลง โดยกุนเชียงสูตร 1 2 3 และ 4 มีค่า water activity อยู่ระหว่าง 0.81 ± 0.07 ถึง 0.84 ± 0.07 และสูตรควบคุมมีค่า water activity เท่ากับ 0.87 ± 0.14 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน สำหรับการลดลงของค่า a_w ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตาราง 4.9

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณความชื้นของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	ค่าความชื้น (ร้อยละ)		การลดลงของปริมาณความชื้น ระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28 (ร้อยละ)
	วันที่ 0	วันที่ 28	
สูตรควบคุม	14.33 ± 0.07^{a}	6.61 ± 0.46^{a}	7.44 ± 0.00^{b}
สูตร 1	14.40 ± 0.05^{a}	3.62 ± 0.02^{d}	10.78 ± 4.10^{a}
สูตร 2	4.19 ± 0.02^{d}	3.90 ± 0.01^{c}	0.29 ± 3.84^{e}
สูตร 3	9.48 ± 0.49^{b}	2.84 ± 0.07^{e}	6.64 ± 3.89^{c}
สูตร 4	5.82 ± 0.21^{c}	4.73 ± 0.06^{b}	0.89 ± 3.69^{d}

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

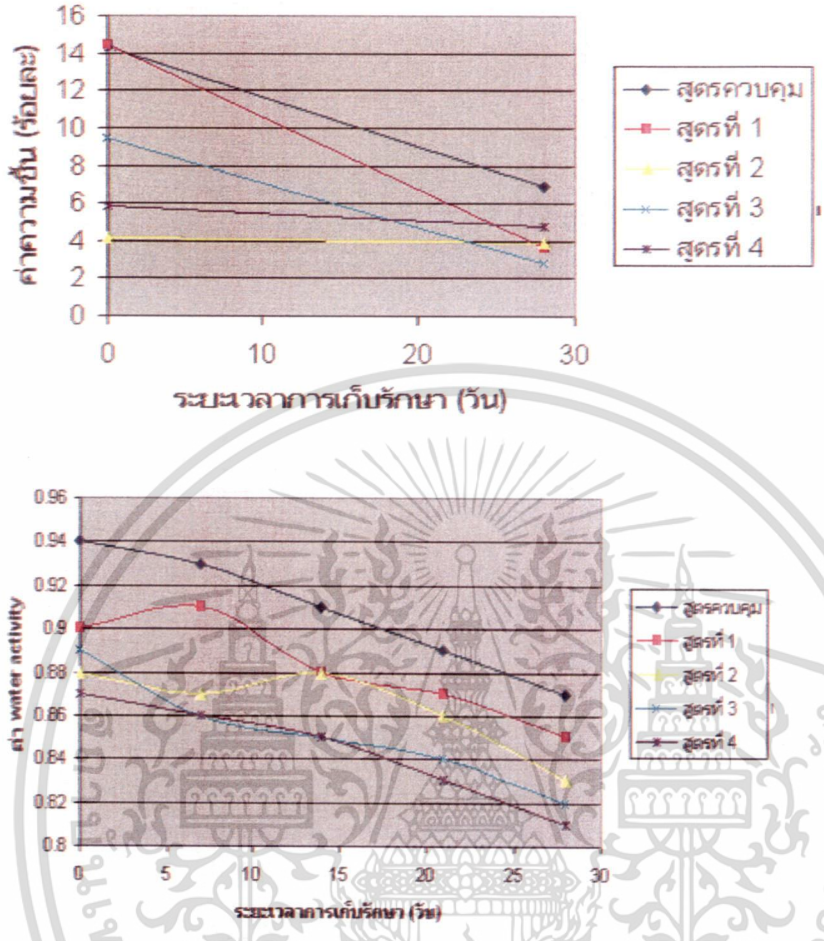
ตารางที่ 4.9 แสดงค่า water activity (a_w) ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	ค่า water activity (a_w) ร้อยละ					การลดลงของค่า a_w ระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28 (ร้อยละ)
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	
สูตรควบคุม	0.93 ± 0.07^{a}	0.92 ± 0.07^{a}	0.90 ± 0.07^{a}	0.88 ± 0.07^{a}	0.87 ± 0.14^{a}	0.07 ± 0.07^{a}
สูตร 1	0.89 ± 0.07^{b}	0.91 ± 0.07^{b}	0.88 ± 0.07^{b}	0.87 ± 0.00^{ab}	0.84 ± 0.07^{ab}	0.05 ± 0.00^{a}
สูตร 2	0.88 ± 0.00^{cd}	0.87 ± 0.00^{c}	0.87 ± 0.07^{b}	0.85 ± 0.07^{b}	0.81 ± 0.07^{bc}	0.06 ± 0.08^{a}
สูตร 3	0.88 ± 0.07^{bc}	0.85 ± 0.07^{c}	0.85 ± 0.00^{c}	0.83 ± 0.07^{c}	0.82 ± 0.14^{bc}	0.07 ± 0.08^{a}
สูตร 4	0.87 ± 0.00^{d}	0.85 ± 0.07^{c}	0.84 ± 0.07^{c}	0.82 ± 0.07^{c}	0.81 ± 0.14^{c}	0.06 ± 0.08^{a}

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



รูปที่ 4.6 แสดงค่าความชื้น และ water activity (a_w) ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณที่แตกต่างกัน

4.3.5 ค่า pH

จากการนำเมล็ดขนุนที่หมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 มาทดแทนไขมันบางส่วนและสารไนไตรท์ในกุนเชียงในปริมาณที่ต่างกัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน พบว่า กุนเชียงที่ใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 (สูตร 4) ร้อยละ 2.0 (สูตร 3) ร้อยละ 1.0 (สูตร 2) และร้อยละ 0.5 (สูตร 1) มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.53 ± 0.24 ถึง 4.68 ± 0.04 ขณะที่กุนเชียงสูตรควบคุมมีค่า pH 4.56 ± 0.01 ซึ่งกุนเชียงทุกสูตรมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่ลดลง เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.10 เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆ มีการลดลงของค่า pH แตกต่างทางสถิติกับกุนเชียงสูตรควบคุมที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อาจเนื่องมาจากในระหว่างการเก็บรักษา มีการเจริญของแบคทีเรียแลคติก ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้เมื่อเจริญจะสร้างกรดแลคติกขึ้น (Kuo และ Chu, 2003)

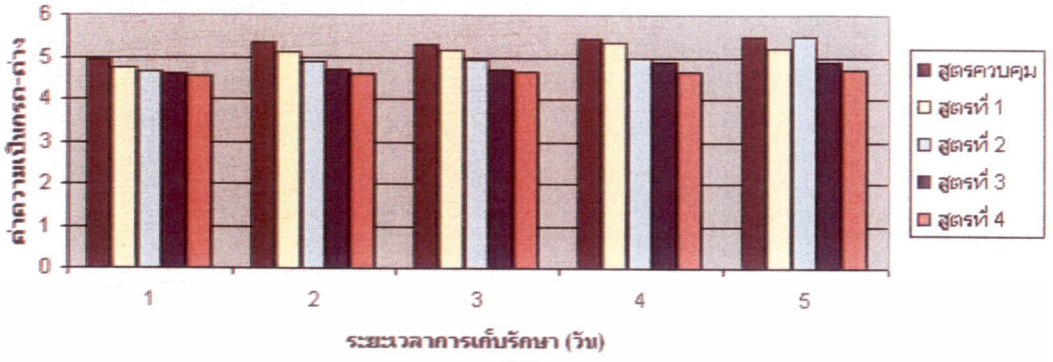
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่า pH ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	ค่า pH					การลดลงของค่า pH ระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	
สูตรควบคุม	4.91 ± 0.06^{c}	4.72 ± 0.06^{d}	4.66 ± 0.05^{d}	4.59 ± 0.01^{d}	4.56 ± 0.01^{d}	0.35 ± 0.05^{d}
สูตร 1	5.32 ± 0.01^{b}	5.10 ± 0.04^{c}	4.87 ± 0.01^{c}	4.68 ± 0.02^{c}	4.61 ± 0.01^{c}	0.71 ± 0.00^{bc}
สูตร 2	5.30 ± 0.02^{b}	4.64 ± 0.67^{bc}	4.92 ± 0.00^{bc}	4.71 ± 0.01^{b}	4.64 ± 0.01^{bc}	0.66 ± 0.00^{c}
สูตร 3	5.42 ± 0.01^{ab}	5.33 ± 0.02^{b}	4.95 ± 0.03^{b}	4.87 ± 0.01^{a}	4.68 ± 0.04^{b}	0.76 ± 0.00^{ab}
สูตร 4	5.51 ± 0.03^{a}	5.22 ± 0.02^{a}	5.09 ± 0.07^{a}	4.87 ± 0.01^{a}	4.53 ± 0.24^{a}	0.79 ± 0.17^{a}

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก



รูปที่ 4.7 แสดงค่า pH ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณต่างๆ

4.3.6 ค่า Peroxide Value (PV)

เมื่อเก็บกุนเชียงเป็นเวลา 28 วัน พบว่า กุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักปริมาณร้อยละ 3.0 (สูตร 4) และร้อยละ 2.0 (สูตร 3) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่า PV ลดลง สำหรับกุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 และ 1.0 มีการเพิ่มขึ้นของค่า PV เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 28 วัน และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆกัน มีค่า PV แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับกุนเชียงสูตรควบคุม ดังแสดงในตาราง 4.11

4.3.7 ค่า TBARS

เมื่อเก็บกุนเชียงเป็นเวลา 28 วัน ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า กุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักปริมาณร้อยละ 0.5 (สูตร 1) 1.0 (สูตร 2) 2.0 (สูตร 3) และ 3.0 (สูตร 4) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ดังแสดงในตาราง 4.12 โดยพบว่า TBARS ของกุนเชียงสูตรต่างๆเพิ่มขึ้นในช่วง 7 วันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเกิดขึ้นในระหว่างช่วงเวลานี้ จากนั้นเมื่อเก็บรักษากุนเชียงนานขึ้นค่า TBARS มีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องมาจากระหว่างการเก็บรักษา สาร malonaldehyde ซึ่งเป็นสารตัวกลางในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน จะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆและแอลกอฮอล์ ซึ่งสารเหล่านี้จะไม่ทำปฏิกิริยากับสาร TBA ทำให้ค่า TBARS ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา (Parrett และ Cahill , 1987) นอกจากนี้สารสีที่ได้จาก *M. purpureus* มีคุณสมบัติในการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) ได้ดี จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ค่า TBARS ลดลง โดยเฉพาะกนเชียงสูตร 3 และ สูตร 4 ซึ่งใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร่วมกับ *M. purpureus* ร้อยละ 2 และ ร้อยละ 3 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ในวันที่ 28 กุนเชียงทุกสูตรมีการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่า PV และ TBARS ในกุนเชียงสูตรต่างๆจะเห็นได้ว่า เมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร่วมกับเชื้อ *M.purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้กุนเชียงที่ได้มีค่า PV และ TBARS ลดลงซึ่งค่าเหล่านี้แสดงถึงค่าความหืนและการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันลดลง เมื่อเทียบกับกุนเชียงสูตรควบคุมโดยเฉพาะกุนเชียงสูตร 3 และสูตร 4 สำหรับกุนเชียงสูตร 1 และสูตร 2 ซึ่งใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 และ 1.0 ตามลำดับ มีปริมาณน้อยอาจยังไม่เพียงพอต่อการยับยั้งความหืนในกุนเชียง เมื่อวิเคราะห์ค่า PV และ TBARS ค่าที่ได้จึงใกล้เคียงกับกุนเชียงสูตรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงค่า Peroxide Value (PV)ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	Peroxide Value (PV) มิลลิกรัมสมมูลของเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง					การเปลี่ยนแปลงค่า PV ระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	
สูตรควบคุม	136.85 ± 1.00^{a}	134.72 ± 0.22^{a}	145.06 ± 0.87^{a}	136.14 ± 0.29^{a}	188.13 ± 0.80^{a}	51.28 ± 0.40^{c}
สูตร 1	71.97 ± 0.18^{e}	125.39 ± 0.35^{c}	96.71 ± 0.04^{c}	133.60 ± 1.95^{b}	180.22 ± 0.21^{b}	108.25 ± 3.06^{a}
สูตร 2	103.20 ± 0.69^{b}	133.47 ± 0.36^{b}	113.79 ± 0.82^{b}	101.26 ± 0.38^{c}	180.19 ± 0.46^{b}	76.98 ± 0.47^{b}
สูตร 3	89.50 ± 0.69^{d}	118.99 ± 0.12^{d}	74.39 ± 0.72^{d}	58.04 ± 1.09^{e}	46.04 ± 0.17^{e}	-42.96 ± 0.16^{e}
สูตร 4	90.29 ± 0.04^{c}	72.82 ± 0.16^{e}	71.40 ± 0.13^{e}	62.33 ± 0.27^{d}	51.60 ± 0.53^{d}	-38.18 ± 2.76^{d}

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

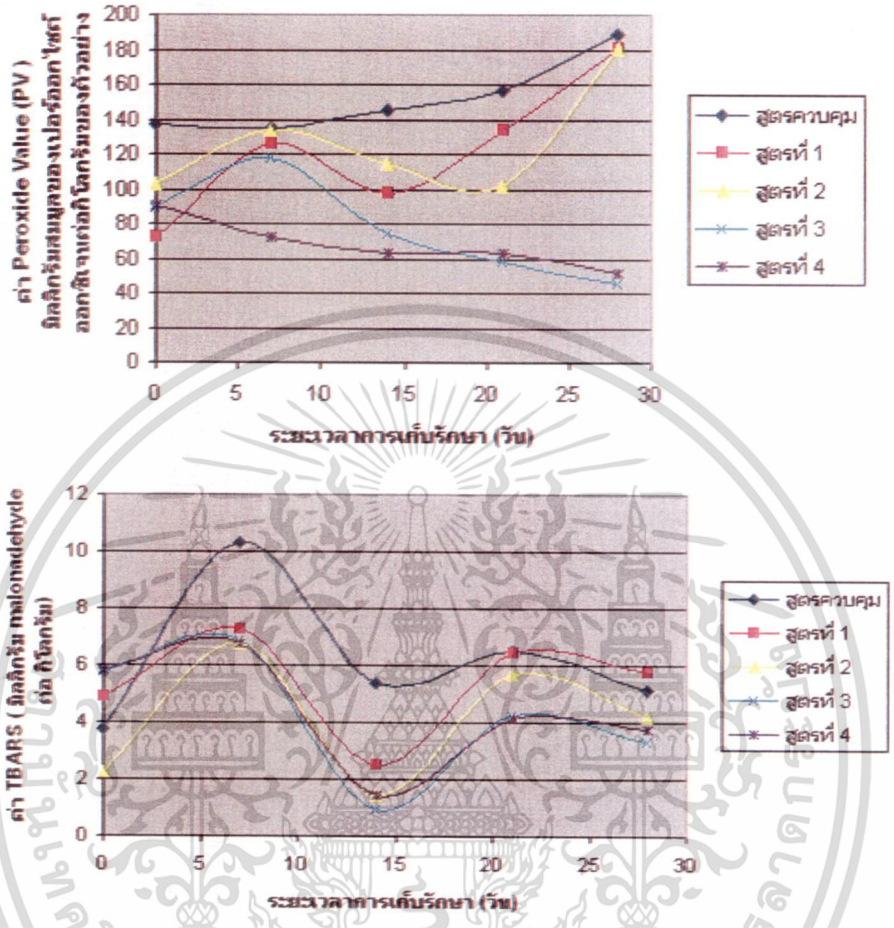
สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าTBARS ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	ค่า TBARS (มิลลิกรัมมาโลนาดีไฮด์ต่อกิโลกรัม)					การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	
สูตรควบคุม	3.75 ± 0.11^{c}	10.2 ±	5.4 ± 0.04^{a}	6.48 ± 0.36^{a}	5.09 ± 0.09^{b}	1.34 ± 0.88^{b}
สูตร 1	4.09 ±	0.11^{a}	2.51 ± 0.56^{b}	6.42 ± 0.05^{a}	5.72 ± 0.04^{a}	0.82 ± 0.88^{c}
สูตร 2	0.03^{b}	7.23 ± 0.21^{b}	1.41 ± 0.03^{c}	5.69 ± 0.08^{b}	4.18 ± 0.02^{c}	1.96 ± 0.85^{a}
สูตร 3	2.11 ±	6.77 ± 0.01^{c}	0.91 ± 0.03^{d}	4.28 ± 0.04^{c}	3.28 ± 0.03^{e}	-2.39 ± 0.83^{e}
สูตร 4	0.03^{d}	6.68 ± 0.04^{c}	1.44 ± 0.02^{c}	4.11 ± 0.02^{c}	3.74 ± 0.03^{d}	-2.09 ± 0.80^{d}
	5.72 ± 0.01^{a}	6.76 ± 0.04^{c}				
	5.83 ± 0.01^{a}					

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก



รูปที่4.8 แสดงค่า PV และค่า TBARSของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090ในปริมาณที่แตกต่างกันและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน

4.3.8 การวัดค่าสี

4.3.8.1 ค่า L*

ค่า L* คือค่าความสว่างในกุนเชียง จากการทดลอง เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่ากุนเชียงทุกสูตรมีแนวโน้มค่า L* ลดลง โดยกุนเชียงสูตร 1 2 3 และ 4 มีค่า L* ระหว่าง 30.50 ± 0.11ถึง 32.91 ± 0.06 และสูตรควบคุมมีค่า L* เท่ากับ 35.73 ± 0.14 จากการที่ค่า L* มีค่าลดลงเนื่องจากกุนเชียงมีสีคล้ำขึ้นทำให้ค่าความสว่างลดลง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า L* ระหว่างการเก็บรักษาพบว่า กุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากกรหมักร้อยละ 2.0 และ 3.0 มีการลดลงของค่า L* มากกว่ากุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 และ 1.0 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงทุกสูตรมีการลดลงของค่า L*แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นกุนเชียงสูตร 1 และกุนเชียงสูตรควบคุม ดังแสดงในตาราง 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.8.2 ค่า a*

ค่า a* คือค่าแสงสีแดงในกุนเชียง จากการทดลอง เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่ากุนเชียงทุกสูตรมีแนวโน้มค่า a* เพิ่มขึ้น โดยกุนเชียงสูตร 1 2 3 และ 4 มีค่า a* ระหว่าง 5.74 ± 0.03 ถึง 8.72 ± 0.23 และสูตรควบคุมมีค่า a* 4.94 ± 0.02 ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ดังแสดงในตาราง 4.13 ทั้งนี้เนื่องมาจากเชื้อ *M. purpureus* ผลิตสารสีพวก monascin ankaflavin rubropunctatin และ monascorubramine ซึ่งสารเหล่านี้มีสีแดง(Chen และ Johns, 1993) ทำให้กุนเชียงมีสีแดงเข้มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อค่า a* เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า a* ระหว่างการเก็บรักษาของกุนเชียงสูตรต่างๆ พบว่า กุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆมีการเพิ่มขึ้นของค่า a* มาก โดยเฉพาะกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 และ 3.0 (สูตร 3 และสูตร 4) ดังแสดงในตาราง 4.12เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ากุนเชียงทุกสูตรมีการเพิ่มขึ้นของค่า a*แตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.8.3 ค่า b*

ค่า b* คือค่าแสงสีเหลืองในกุนเชียง จากการทดลอง เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่ากุนเชียงทุกสูตรมีแนวโน้มค่า b* ลดลง โดยกุนเชียงสูตร 1 2 3 และ 4 มีค่า b* ระหว่าง 0.50 ± 0.02 ถึง 1.05 ± 0.02 และสูตรควบคุมมีค่า b* เท่ากับ 2.80 ± 0.01 ดังแสดงในตาราง 4.13 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กุนเชียงทุกสูตรมีการลดลงของค่า b* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นกุนเชียงสูตร 1 และสูตร 2 ที่มีการลดลงของค่า b* ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

4.3.9 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ

จากการนำกุนเชียงสูตรต่างๆมาตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี standard plate count technique พบว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักปริมาณต่างๆ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศมากกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม โดยพบว่ากุนเชียงสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 5.10 5.43 5.49 และ 5.70 log CFU/g ตามลำดับ สำหรับกุนเชียงสูตรควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.68 log CFU/g สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในกุนเชียงสูตรควบคุมมีปริมาณน้อยกว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาจะเห็นได้ว่า เมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณจุลินทรีย์เหล่านี้เพิ่มขึ้นมากกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีการเติมเชื้อ *M. purpureus* ในกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมัก ซึ่งมีผลทำให้กุนเชียงมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการใช้ผงเพรกเป็นส่วนประกอบในการทำกุนเชียงสูตรควบคุมซึ่งผงเพรก อาจจะไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าสีของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	การเปลี่ยนแปลงค่าสี ระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28
L*						
สูตรควบคุม	39.70 ± 0.02^{a}	35.09 ± 0.07^{d}	41.20 ± 0.01^{bc}	41.08 ± 0.23^{a}	35.73 ± 0.14^{a}	3.96 ± 1.94^{c}
สูตร 1	36.77 ± 0.26^{b}	34.39 ± 0.01^{e}	42.25 ± 0.08^{a}	36.48 ± 0.50^{c}	32.91 ± 0.06^{b}	3.71 ± 1.71^{c}
สูตร 2	33.36 ± 0.26^{c}	30.50 ± 0.11^{c}	36.50 ± 0.19^{b}	41.36 ± 0.54^{b}	30.50 ± 0.11^{d}	2.86 ± 1.45^{d}
สูตร 3	36.86 ± 0.28^{b}	37.14 ± 0.09^{b}	40.39 ± 0.07^{b}	35.63 ± 0.51^{c}	31.78 ± 0.19^{c}	5.05 ± 1.58^{b}
สูตร 4	39.16 ± 0.13^{a}	37.71 ± 0.01^{a}	40.66 ± 0.14^{cd}	37.76 ± 0.18^{b}	30.62 ± 0.06^{d}	8.54 ± 0.07^{a}
a*						
สูตรควบคุม	4.37 ± 0.01^{c}	7.23 ± 0.02^{a}	4.65 ± 0.04^{b}	6.13 ± 0.05^{b}	4.94 ± 0.02^{d}	0.57 ± 4.60^{d}
สูตร 1	4.22 ± 0.01^{d}	3.75 ± 0.01^{d}	6.25 ± 0.01^{c}	3.73 ± 0.01^{e}	5.74 ± 0.03^{c}	1.53 ± 0.05^{c}
สูตร 2	4.04 ± 0.01^{e}	5.11 ± 0.02^{e}	4.65 ± 0.01^{b}	5.57 ± 0.04^{d}	6.06 ± 0.01^{b}	2.78 ± 0.29^{b}
สูตร 3	4.67 ± 0.01^{b}	6.53 ± 0.01^{b}	5.74 ± 0.01^{a}	6.56 ± 0.01^{a}	6.33 ± 0.07^{b}	1.66 ± 0.23^{c}
สูตร 4	5.04 ± 0.01^{a}	6.42 ± 0.01^{c}	5.70 ± 0.01^{a}	5.86 ± 0.05^{c}	8.72 ± 0.23^{a}	3.69 ± 0.93^{a}
b*						
สูตรควบคุม	3.08 ± 0.01^{a}	1.96 ± 0.01^{a}	3.02 ± 0.01^{a}	0.24 ± 0.01^{c}	2.80 ± 0.01^{a}	0.28 ± 0.00^{d}
สูตร 1	1.61 ± 0.07^{e}	1.89 ± 0.01^{b}	1.88 ± 0.01^{b}	2.46 ± 0.17^{a}	1.01 ± 0.01^{bc}	0.60 ± 1.07^{cd}
สูตร 2	1.86 ± 0.01^{d}	0.73 ± 0.01^{c}	2.60 ± 0.01^{ab}	2.31 ± 0.01^{a}	0.99 ± 0.01^{c}	0.87 ± 1.05^{c}
สูตร 3	2.63 ± 0.01^{c}	0.11 ± 0.01^{e}	1.90 ± 0.01^{b}	2.09 ± 0.01^{b}	0.50 ± 0.02^{d}	2.33 ± 0.99^{a}
สูตร 4	2.98 ± 0.01^{b}	0.43 ± 0.01^{d}	2.55 ± 0.01^{b}	2.10 ± 0.01^{b}	1.05 ± 0.02^{b}	1.94 ± 0.92^{b}

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของกุนเชียงเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)					การเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28 (log CFU/g)
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	
สูตรควบคุม	4.36 ± 0.03	4.44 ± 0.01	4.40 ± 0.01	4.77 ± 0.07	4.68 ± 0.06	4.52 ± 0.22
สูตร 1	4.57 ± 0.05	4.57 ± 0.06	4.74 ± 0.03	4.92 ± 0.06	5.10 ± 0.03	4.84 ± 0.37
สูตร 2	4.59 ± 0.01	4.70 ± 0.03	4.80 ± 0.01	5.30 ± 0.03	5.43 ± 0.08	5.10 ± 0.59
สูตร 3	4.58 ± 0.08	4.81 ± 0.03	5.13 ± 0.02	5.30 ± 0.05	5.49 ± 0.08	5.04 ± 0.64
สูตร 4	4.76 ± 0.06	4.61 ± 0.00	5.27 ± 0.06	5.34 ± 0.16	5.70 ± 0.13	5.23 ± 0.66

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

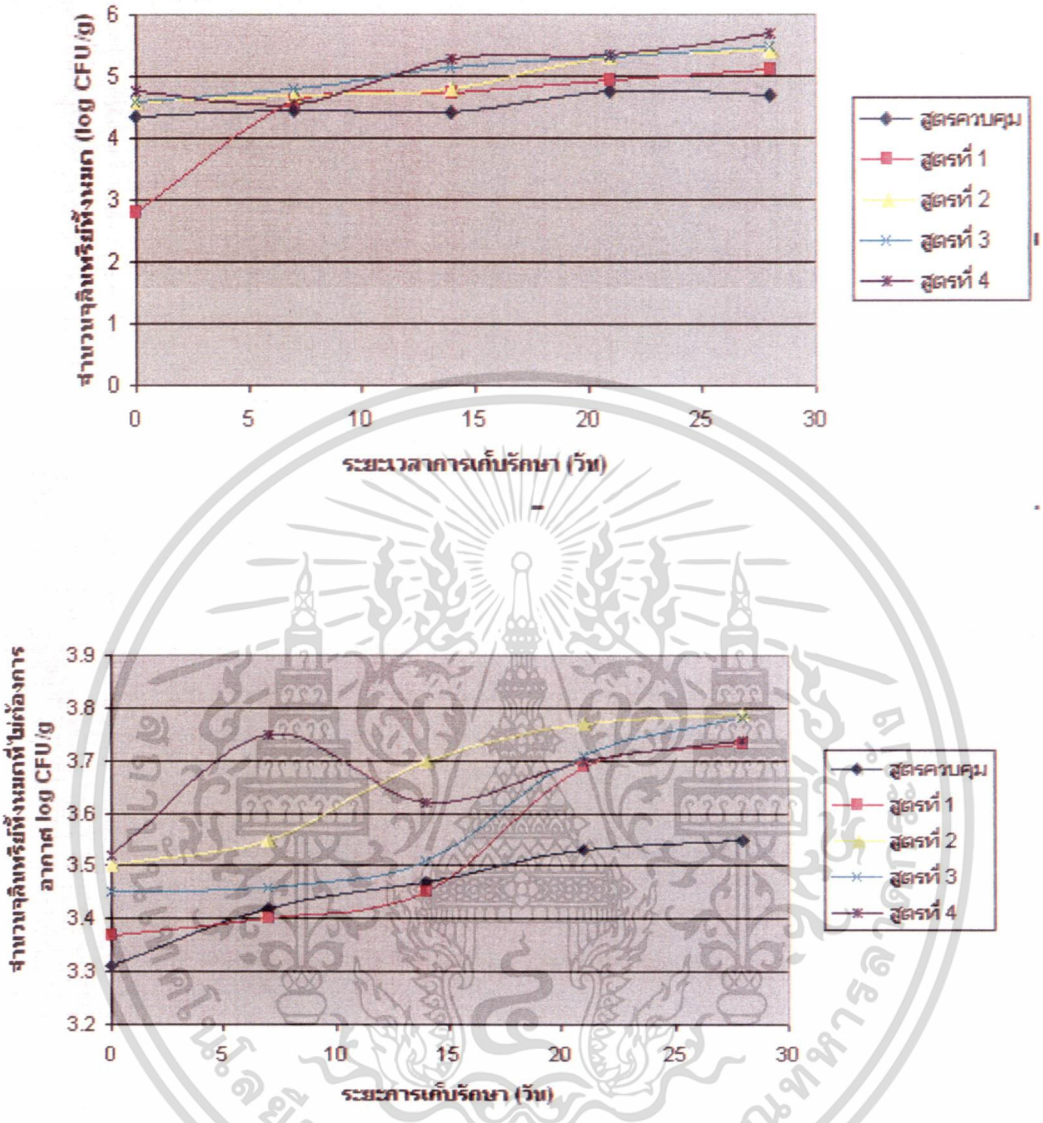
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญของกุนเชียงเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

สูตรกุนเชียง	ปริมาณจุลินทรีย์ไม่ต้องการอากาศ (log CFU/g)					การเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28 (log CFU/g)
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	
สูตรควบคุม	3.31 ± 0.01	3.42 ± 0.08	3.47 ± 0.08	3.53 ± 0.02	3.55 ± 0.04	3.43 ± 0.17
สูตร 1	3.37 ± 0.01	3.40 ± 0.02	3.45 ± 0.04	3.69 ± 0.01	3.73 ± 0.01	3.55 ± 0.25
สูตร 2	3.50 ± 0.01	3.55 ± 0.01	3.70 ± 0.04	3.77 ± 0.06	3.79 ± 0.04	3.65 ± 0.21
สูตร 3	3.45 ± 0.01	3.50 ± 0.08	3.51 ± 0.02	3.71 ± 0.03	3.78 ± 0.01	3.62 ± 0.23
สูตร 4	3.52 ± 0.03	3.60 ± 0.01	3.62 ± 0.05	3.70 ± 0.01	3.74 ± 0.01	3.63 ± 0.16

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *M. purpureus* TISTR3090ในปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน

4.3.10 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

จากการนำกุนเชียงสูตรต่างๆมาทำการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบ 9-point Hedonic scale มีผู้ทดสอบ 20 คน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.10.1 ลักษณะปรากฏ

จากการนำกุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆทดแทนมันแข็งบางส่วนและทดแทนสารไนไตรท์ เมื่อพิจาณาคุณสมบัติด้านลักษณะปรากฏของกุนเชียง เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่ากุนเชียงทุกสูตรนั้นได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏที่ลดลงเรื่อยๆ โดยกุนเชียงสูตรควบคุมได้รับคะแนนมากกว่ากุนเชียงที่ใช้เมล็ด่ ขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.16 เมื่อพิจารณาการลดลงของคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏของกุนเชียงสูตรต่างๆ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

4.3.10.2 สี

จากการนำกุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆทดแทนมันแข็งบางส่วนและทดแทนสารไนไตรท์ เมื่อพิจาณาคุณสมบัติด้านสีของกุนเชียง เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่าทุกสูตรได้รับคะแนนด้านสีที่ลดลง กุนเชียงสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1ได้รับคะแนน 6.15 และ 6.05 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม ซึ่งได้รับคะแนนคือ 5.90 ดังแสดงในตารางที่ 4.16 เมื่อพิจารณาการลดลงของคะแนนทางด้านสีของกุนเชียงสูตรต่างๆ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

4.3.10.3 กลิ่น

จากการนำกุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆทดแทนมันแข็งบางส่วนและทดแทนสารไนไตรท์ เมื่อพิจาณาคุณสมบัติด้านกลิ่นของกุนเชียง เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่ากุนเชียงทุกสูตรได้รับคะแนนด้านกลิ่นที่ลดลง โดยสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณร้อยละ 0.5 นั้นได้รับคะแนน 5.50 ซึ่งมากกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม ซึ่งได้รับคะแนน 5.25 ดังแสดงในตารางที่ 4.16 เมื่อพิจารณาการลดลงของคะแนนทางด้านกลิ่นของกุนเชียงสูตรต่างๆ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

4.3.10.4 รสชาติ

จากการนำกุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆทดแทนมันแข็งบางส่วนและทดแทนสารไนไตรท์ เมื่อพิจาณาคุณสมบัติด้านรสชาติ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่าทุกสูตรได้รับคะแนนด้านรสชาติที่ลดลง กุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณร้อยละ 0.5 ได้คะแนนที่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 4.16 เมื่อพิจารณาการลดลงของคะแนนทางด้านรสชาติของกุนเชียงสูตรต่างๆ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

4.3.9.5 ความเหนียว

จากการนำกุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆทดแทนมันแข็งบางส่วนและทดแทนสารไนไตรท์ เมื่อพิจาณาคุณสมบัติด้านความเหนียวของกุนเชียง เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่าทุกสูตรได้รับคะแนนด้านความเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ลดลง กุนเชียงสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 ได้รับคะแนน 5.05 และ 4.80 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากุนเชียงสูตรควบคุม ซึ่งได้รับคะแนนคือ 4.75 ดังแสดงในตารางที่ 4.16 เมื่อพิจารณาการลดลงของคะแนนทางด้านความเหนียวของกุนเชียงสูตรต่างๆ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$)

4.3.9.6 การยอมรับโดยรวม

จากการนำกุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณต่างๆทดแทนมันแข็งบางส่วนและทดแทนสารไนไตรท์ เมื่อพิจาณาคุณสมบัติด้านการยอมรับโดยรวมของกุนเชียง เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่าทุกสูตรนั้นได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมที่ลดลงเรื่อยๆตามเวลาการเก็บรักษา กุนเชียงสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1.0 ได้รับคะแนน 5.55 และ5.109 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับกุนเชียงสูตรควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 4.15

จากการทดสอบประสาทสัมผัสกุนเชียงสูตรต่างๆ เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน พบว่า กุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงสูตรที่ใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 และ 1.0 (สูตร 1 และ สูตร 2) มีคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเหนียว และการยอมรับโดยรวม ใกล้เคียงกัน ขณะที่กุนเชียงที่ใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 และ 3.0 (สูตร 3 และสูตร 4) มีคะแนนทางด้านการทดสอบประสาทสัมผัสน้อยกว่ากุนเชียงสูตรควบคุมมาก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสามารถนำเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร่วมกับเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 ร้อยละ 0.5 ถึง 1.0 สามารถนำมาทดแทนไขมันบางส่วนและสารไนไตรท์ในกุนเชียงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ของกุนเชียงที่มีการทดแทนมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3090 ในปริมาณที่แตกต่างกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 28 วันที่อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่าง	เวลาการเก็บรักษา (วัน)					การลดลงของค่าการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	
ลักษณะปรากฏ						
สูตรควบคุม	6.75 ± 1.80^{a}	7.05 ± 0.94^{a}	6.75 ± 0.85^{ab}	6.30 ± 0.80^{a}	6.05 ± 0.82^{a}	1.10 ± 0.93^{a}
สูตร 1	7.25 ± 1.29^{a}	7.25 ± 0.96^{a}	6.85 ± 1.08^{a}	8.70 ± 10.94^{a}	5.80 ± 1.10^{a}	1.47 ± 1.21^{a}
สูตร 2	7.15 ± 1.13^{a}	7.05 ± 0.82^{a}	6.80 ± 0.69^{ab}	6.20 ± 0.76^{a}	6.00 ± 0.91^{a}	1.15 ± 1.09^{a}
สูตร 3	4.40 ± 1.27^{b}	4.75 ± 1.25^{b}	4.50 ± 1.19^{b}	4.20 ± 1.05^{b}	3.70 ± 0.92^{b}	0.70 ± 0.92^{a}
สูตร 4	4.40 ± 1.66^{b}	7.30 ± 11.36^{b}	4.30 ± 1.46^{b}	3.80 ± 1.15^{b}	3.35 ± 0.93^{b}	1.00 ± 1.03^{a}
สี						
สูตรควบคุม	7.19 ±1.36^{a}	7.10 ± 1.33^{a}	7.00 ± 1.04^{a}	6.43 ± 1.02^{a}	5.90 ± 0.91^{a}	1.29 ± 0.96^{a}
สูตร 1	7.42 ± 1.12^{a}	7.58 ± 0.83^{a}	7.53 ± 0.61^{a}	6.53 ± 0.61^{a}	6.15 ± 0.67^{a}	1.30 ± 0.98^{a}
สูตร 2	7.10 ± 1.02^{a}	7.45 ± 0.99^{a}	7.20 ± 1.00^{a}	6.50 ± 1.10^{a}	6.05 ± 0.94^{a}	1.05 ± 0.89^{a}
สูตร 3	4.50 ± 1.23^{b}	4.95 ± 1.14^{b}	4.80 ± 1.28^{b}	4.20 ± 1.65^{b}	3.75 ± 0.85^{b}	0.75 ± 0.97^{a}
สูตร 4	4.40 ± 1.53^{b}	4.65 ± 1.34^{b}	4.65 ± 1.34^{b}	3.75 ± 1.20^{b}	3.40 ± 0.94^{b}	0.95 ± 1.02^{a}
กลิ่น						
สูตรควบคุม	6.48 ± 1.53^{a}	6.62 ± 1.11^{a}	6.62 ± 1.20^{a}	6.05 ± 1.11^{a}	5.25 ± 0.96^{a}	1.25 ± 1.29^{a}
สูตร 1	7.21 ± 1.39^{a}	7.11 ± 1.04^{a}	6.89 ± 0.99^{a}	6.11 ± 0.87^{a}	5.50 ± 1.14^{a}	1.75 ± 1.37^{a}
สูตร 2	6.80 ± 1.32^{a}	6.75 ± 0.96^{a}	6.35 ± 0.98^{a}	5.80 ± 0.83^{a}	5.10 ± 0.96^{a}	1.75 ± 1.37^{a}
สูตร 3	5.65 ± 1.13^{b}	5.65 ± 1.08^{b}	5.15 ± 1.08^{b}	4.75 ± 0.96^{b}	4.00 ± 1.02^{b}	1.65 ± 0.99^{a}
สูตร 4	5.35 ± 1.13^{b}	5.45 ±1.09^{b}	4.75 ±1.07^{b}	4.25 ± 0.91^{b}	3.80 ± 1.00^{b}	1.75 ± 1.12^{a}

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

ตัวอย่าง	เวลาการเก็บรักษา (วัน)					การลดลงของค่าการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ระหว่างวันที่ 0 ถึงวันที่ 28
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	
รสชาติ						
สูตรควบคุม	7.00 ± 1.44[a]	7.00 ± 1.26[a]	6.67 ± 1.35[a]	6.05 ± 1.32[a]	5.55 ± 1.14[a]	1.45 ± 0.94[a]
สูตร 1	7.37 ± 1.38[a]	7.37 ± 1.25[a]	6.84 ±1.21[a]	6.21 ± 1.22[a]	5.55 ± 1.05[a]	1.85 ± 1.09[a]
สูตร 2	7.10 ± 1.41[a]	6.95 ± 1.36[a]	6.45 ± 1.31[a]	5.00 ±1.18[a]	5.30 ± 0.97[a]	1.80 ± 1.01[a]
สูตร 3	5.05 ± 1.27[b]	4.90 ± 1.07[b]	4.30 ± 1.03[b]	3.75 ±1.02[b]	3.35 ± 0.98[b]	1.70 ± 1.22[a]
สูตร 4	4.75 ± 1.51[b]	4.65 ± 1.26[b]	4.10 ± 1.11[b]	3.40 ± 0.94[b]	3.00 ± 0.85[b]	1.75 ± 1.30[a]
ความเหนียว						
สูตรควบคุม	6.52 ± 1.53[a]	6.33 ± 1.39[a]	5.95 ± 1.32[a]	5.38 ± 1.20[a]	4.75 ± 1.07[a]	1.70 ± 1.03[a]
สูตร 1	6.89 ± 1.28[a]	6.68 ± 1.15[a]	6.11 ± 1.15[a]	5.58 ± 0.92[a]	5.05 ± 1.19[a]	1.90 ± 1.25[a]
สูตร 2	6.85 ± 1.66[a]	6.50 ± 1.46[a]	6.15 ± 1.38[a]	5.50 ± 1.35[a]	4.80 ± 1.39[a]	2.05 ± 1.36[a]
สูตร 3	5.15 ± 1.34[b]	4.70 ± 1.12[b]	4.25 ± 1.07[b]	3.65 ± 0.81[b]	3.30 ± 092[b]	1.85 ± 1.27[a]
สูตร 4	7.60 ± 11.03[b]	4.65 ± 1.34[b]	3.95 ± 0.99[b]	3.45 ± 0.68[b]	3.05 ± 0.88[b]	1.95 ± 1.50[a]
การยอมรับโดยรวม						
สูตรควบคุม	7.29 ± 1.14[a]	6.95 ± 1.02[a]	6.76 ± 1.09[a]	6.00 ± 1.09[a]	5.60 ± 1.23[a]	1.80 ± 0.95[a]
สูตร 1	7.42 ± 1.21[a]	7.00 ± 0.94[a]	6.63 ± 1.41[a]	5.89 ± 0.80[a]	5.55 ± 0.94[a]	1.95 ± 1.28[a]
สูตร 2	7.05 ± 1.50[a]	7.45 ± 1.09[a]	6.45 ± 1.09[a]	5.55 ± 0.94[a]	5.10 ± 0.91[a]	1.95 ± 1.23[a]
สูตร 3	5.00 ± 1.29[b]	4.90 ± 0.78[b]	4.80 ± 0.95[b]	4.15 ± 0.87[b]	3.75 ± 9.49[b]	1.35 ± 1.09[a]
สูตร 4	4.65 ± 1.26[b]	4.45 ± 0.94[b]	4.35 ± 0.93[b]	3.70 ± 0.73[b]	3.50 ± 1.19[b]	1.30 ± 1.29[a]

เมื่อพิจารณาในแนวตั้ง ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สูตรควบคุม : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1
สูตรที่ 1 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ 24.50 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 2 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ24 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 1.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 3 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ23 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 ไม่เติมผงเพรก
สูตรที่ 4 : กุนเชียงที่มีปริมาณมันแข็งร้อยละ22 เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 ไม่เติมผงเพรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการเลี้ยงเชื้อ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนเมล็ดขนุน หมักเป็นเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะได้เมล็ดขนุนที่มีสีแดง นำมาทำแห้งโดยเข้าเครื่อง deep freezer 1คืน แล้วเข้า freeze drier 1 คืน นำมาบดให้ละเอียด จากนั้นนำผงเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.78 ไขมันร้อยละ 0.79 และเถ้าร้อยละ 3.65 จากนั้นนำผงเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักมาใช้เป็นส่วนประกอบของกุนเชียงโดยทดแทนปริมาณมันแข็งและไนไตรท์ โดยใช้ปริมาณผงเมล็ดขนุนร้อยละ 0.5 (สูตร 1) 1.0 (สูตร 2) 2.0 (สูตร 3) และ3.0 (สูตร 4) ของน้ำหนักเนื้อหมู เปรียบเทียบกับกุนเชียงสูตรควบคุมซึ่งมีมันแข็งร้อยละ 25 ผงเพรกร้อยละ 0.1 พบว่าเมื่อใช้ผงเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้น มีผลทำให้กุนเชียงมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นโดยกุนเชียงที่ใช้ผงเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 3.0 (สูตร 4) มีปริมาณโปรตีนสูงสุดร้อยละ 35.00 ± 1.40 กุนเชียงสูตรควบคุมมีปริมาณต่ำสุดร้อยละ 30.29 ± 0.65 สำหรับปริมาณไขมัน เถ้า ความชื้น a_w และ pH ลดลงเมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักเพิ่มขึ้น ค่าสีโดยเฉพาะค่า L* ซึ่งแสดงถึงความสว่าง จะลดลงเมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักในปริมาณเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า a* ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีแดงจะเพิ่มขึ้น สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเมื่อใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 0.5 และ 1.0 ทำให้กุนเชียงที่ได้มีคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าการใช้เมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักร้อยละ 2.0 และ 3.0

เมื่อเก็บรักษากุนเชียง โดยเก็บกุนเชียงสูตรต่างๆในถุงโพลีพอไพลีน ปิดปากถุงให้แน่น เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆของกุนเชียง พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น a_w pH ค่า PV TBARS ค่า L* ค่า b* รวมทั้งคะแนนในการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มลดลง ขณะที่การเปลี่ยนแปลงของค่า ค่า a* ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณจุลินทรีย์ไม่ที่ต้องการอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าจากการนำเมล็ดขนุนมาหมักร่วมกับเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 สามารถนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักมาทดแทนไขมันบางส่วนและสารไนไตรท์ในกุนเชียงได้ โดยสามารถใช้ปริมาณเมล็ดขนุนที่ได้จากการหมักไม่เกินร้อยละ 1.0 ของน้ำหนักเนื้อหมู ทำให้กุนเชียงที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ขณะเดียวกันถือได้ว่าเป็นกุนเชียงที่มีไขมันต่ำ และไม่มีการใช้ผงเพรกซึ่งมีสารไนไตรท์เป็นองค์ประกอบ ทำให้ผู้บริโภคมีความปลอดภัยมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาการเก็บรักษากุนเชียงที่อุณหภูมิต่ำ และศึกษาอายุการเก็บรักษา
2. ศึกษาการนำวัตถุดิบชนิดใหม่มาเลี้ยงร่วมกับเชื้อ *M. purpureus* TISTR 3090 และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กมลนันท์ หลักรอด ชุลี ชัยศรีสุข และบุษบา ยงสมิทธ์. 2540. การวิเคราะห์ยีโนมของราข้าวแดง (*Monascus* spp.) โดยการใช้เทคนิคการสุ่มขยายชิ้นดีเอนเอ (RAPD) บทคัดย่อการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 น.212

กังสดาลย์ บุญปราบ.2538 การคัดเลือกเชื้อกลายพันธุ์ของเชื้อราโมแนสคัสเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

กังสดาลย์ บุญปราบ พูลพิไล สุวรรณฤทธิ์ และนภา โล่ห์ทอง. 2539 การคัดเลือก Glucose derepression mutants เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแดงและกลไกควบคุมการสร้างสารสีของเชื้อกลายพันธุ์. รายงานเรื่องเต็มการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 34. สาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. น. 37-45

ชุลีชัย ชัยศรีสุข. 2536. การเตรียมโปรโตพลาสจากเส้นใยของราข้าวแดง *Monascus sp.* KB6SR. เพื่อใช้เป็นแหล่งโครโมโซมที่คงสภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์ มก. 11(3), 122-129

เชิดชัย เชียวธีรกุล ประสิทธิ์ แซ่ลี้ และปนัดดา แซ่อึ้ง. 2519. สีแดงจากข้าว (อังคัก) วารสารอาหาร 8, 51-55.

ธวัช ขนบดี ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ นิตยา เลาหจินดา และอารีย์ เสือก้อน. 2530. เปรียบเทียบการทดสอบผลของสีผสมอาหารในกลุ่มอะโซบางชนิดและสีที่ได้จากการหมักเชื้อราโมแนสคัสในโครโมโซมของคน. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ครั้งที่ 25. สาขาสิ่งแวดล้อม. น. 1-45.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. เคมีอาหาร, 106-120

บุษบา ยงสมิทธ์. 2518. ปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการผลิตข้าวแดงโดยเชื้อราโมแนสคัส. บทปฏิบัติการในวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2 น.

บุษบา ยงสมิทธ์ และวรรณภา ทาบโลกา. 2528. สีผสมอาหารจากมันสำปะหลังโดยเชื้อราโมแนสคัส. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์.). 19(1), 45-50

บุษบา ยงสมิทธ์ วิเชียร ยงมานิตชัย สนทนา แสงจันทร์ และชุลี ชัยศรีสุข. 2531. การผลิตสารสีผสมอาหารจากมันสำปะหลังเพื่ออุตสาหกรรรมการหมัก. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานคณะกรรรมการการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ. 225 น.

บุษบา ยงสมิทธ์. 2542. จุลชีววิทยาการหมักวิตามินและสารสี. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พลายแก้ว ไชยเบญจรงค์ และบุษบา ยงสมิทธ์. 2543. การศึกษาเบื้องต้นการผลิตโคจิสีแดงของโมแนสคัส เตรียมจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ. รายงานการประชุมวิชาการประจำปี ครั้งที่ 29. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. น. 277-282.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสาวนิตย์ ชอบบุญ ชุลี ชัยศรีสุข และบุษบา ยงสมิทธ์. 2540. การวิเคราะห์ยีโนมของราข้าวแดงโดยการตรวจนับจำนวนและขนาดของโครโมโซมด้วยกระแสไฟฟ้าสลับทิศทาง. บทคัดย่อ การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35. น. 212.

อรัญ หันพงศ์กิตติกุล เมทินี เหว่ซิ่งเจริญ และเรณู ปิ่นทอง. 2531. ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวแดง โดย *Monascus purpureus*. วารสารเกษตร. 4(2), 125-128.

Babitha, S., .Soccol ,C. R and Pandey ,A. 2007.Solid-state Fermentation for the Production of *Monascus* pigment from Jackfruit Seed, *Bioresource Technology*, 98, pp 1554-1560

Barnard, E.L. and . Cannon, P.F. 1987. A New Species of *Monascus* from Pine Tissues in Florida. Mycologia. 79(3), 479-484.

Bridge. P.D. and Hawksworth , D.L. 1985. Biochemical Tests As an acid to the Identification of *Monascus* species. Letters in Applied Microbiology. 1, 25-29.

Cannon, P.F., Abdullah, S.K. and Abbas, B.A. 1995. Two New Species of *Monascus* from Irag with a Key to Known Species of the Genus. Mycol. Res. 99(6) , 659-662.

Carels, M. and Shepherd,D. 1975. Sexual Reproduction Cycle of *Monascus* sp. In Submerged Shaker Culture. J. Bact. 122 (1) , 288-294.

Church, M.B. 1920. Laboratory Experiment on the Manufacture of Chinese ang –kak in the United states. TheJournal of Industrial and engineering Chemistry. 12, 45-46

Ezaki Glico. 1980. Pigment Coloring Agent. Japanese Patent 5543737.

Han, O. 1990. Optimization of *Monascus* Pigment Production in Solid-state Fermentation. Ph.D. Thesis, University of Massachusetts, Amherst.

Han, O. and Mudgett, R.E.1992. Effects of Oxygen and Carbondioxide Partial Pressure on *Monascus* growth and Pigment Production in Solid-state Fermentation. Biotechnol. Prog. 8, 5-10.

Hawksworth, D.L. and Pitt , J.I.1983. A New Taxonomy for *Monascus* species Based on Cultural and Microscopical Characters. Aust. J. Bot. 31, 51-61.

Hesseltine, C.W. 1965. A Millieniumo of Fungi, Food and Fermentation. Mycologia. 57, 179- 181.

Hiroi, T.1988. New Food Indust. 30, 1. Cited by F.J. Francis. 1992. Miscellaneous colorants pp. 263-272. *In* G. A.F. Henry and J.D. Houghton. Natural Food Colorants. Blackie, Glasgow and London

Hiroi, T., Shima, T., Susuki, T., Tsukioka, M and Ogasawara, N. 1979. Hyperpigment Productive Mutant of *Monascus anka* for Solid Culture. Agri. BIOL. Chem. 43,1975

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Iizuka, H. and Mineki, S. 1978. Studies on the Genus *Monascus*, II Substrate Specificity of Two Glucoamylase Obtained from *Monascus kaoliang* F-1. J. Gen. Appl. microbiol. 24, 185-192.

Lizuki, H. and Lin, C.F. 1981. On the Genus *Monascus* of Asia and Its Specific Characteristics, pp. 555-561 *In* M. Moo Young, C.W. Robinson and C. Vezina(eds.). Advances in Biotechnology Vol. 2. Pergamon Press,Toronto.

Johns, M.R and Stuart, D.M. 1991. Production of Pigment by *Monascus purpureus* in Solid Culture. J. of Industrial Microbiology. 8, 23-28.

Kolitila, M.P. Hollingsworth,PJ. and Volz ,P.A. 1978. Surface Features of *Monascus rubber* van *Tieghem* cleistothccia. Bot. Gaz. 139 (2), 256-260.

Lee, Y-K. Ng ,A-L. and Lim, B-L.1992. The Kinetics of Growth and Pigment Production of *Monascus* cultures. Microbial Utilization of Renewable Resources. 8, 334-338.

Lin, C.F. 1973. Isolation and Culture Condition of *Monascus* sp. for the Production of Pigment in Submerged Culture. J. Ferment. Technol. 51 (6), 407-414.

Lin, C.F. and Iizuka, H. 1982. Production of Extracellular Pigment by a Mutant of *Monascus kaoliang* sp. nov. Appl. Environ. Microbiol. 43 (3), 671-676.

Moll, H.R. and Farr, D.R.1978. Preparation of a Red Coloring Agent. Swiss Patent 606433.

Nishikawa, J., Watanabe, Y., Kashimura, J., Aso ,K and Izuka, H. 1988. Characterization of Extracellular Proteinases of the Genus *Monascus* by their pH-activity profiles. J.Gen. Appl. Microbiol. 34, 467-473.

Nishikawa, J., and Izuka, H.1993. Taxonomical Studies of *Monascus* Species. J. Basic Microbiol 33, 331-342.

Palo, M.A..Vida l, L and Maceda, L. 1960. Study on Ang-kak and Its Production. Philipp. J. Sci. Soc. 89, 1-22.

Rashbaum, S.A. and Yueh, M. 1983. Natural Red Coloring Prepared from Wheat and Barley Substrates. U.S. Patent 4,418,081.

Shepherd, D and Carels, M. 1983. Product Formation and Differentiation in Fungi. Pp. 515-535. *In* J.E. Smith (ed.). Fungal Differentiation, Marcel Dekker, inc., New York.

Smith, G. 1969. Introduction to Industrial Mycology. Edward Arnold Ltd., London.

Su, Y.C. and Wong, W.H. 1983. Chinese red rice : Anka. pp.547-553 *In* Steinkraus, K.H., Cullen, R.E., Pederson, C.S.,Nellis, L.F.and Gavitt, B.K. (eds.). Handbook of Indigenous Fermented foods, Marcel Dekker, New York.

Su, Y.C. and Huang, J.H. 1980. Fermentative Production of Anka-Pigments (*Monascus* pigment). Proc. Natl. Sci. Counc. ROC. 4 (2), 201-215.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Suzuki, H. 1988. New Food indst. 30,20. *Cited by* F.J. Francis. 1992. Miscellaneous colorants pp. 263-272. *In* G.A.F. Hendry and J.D. Houghtor. (eds.). 1992. Natural Food Colorants. Blackie and Son. New York.

Toyo Brewing KK. 1981. Coloured Bean Jam. Japanese Patent. 5647807.

Van tieghem, P. 1884. *Monascus* Genre Nouvau De I' Order Des Ascomycetes. Bull. Soc. Bot. France. 32, 226-231.

Went, F.A.F.C. 1895. *Monascus perpureus* le champignon de I' ang-quacune nouvelle thele Bolee. Ann. Sc. Nat. Bot. 8 (1), 1-17.

Wong, H.C. and Koehler, P.E. 1981. Production and Isolation of an Antibiotic from *Monascus purpureus* and Its Relationship to Pigment Production. J. Fd. Sci. 46, 589-592.

Wong, H.C. and Bau, V.S. 1978. A Comparision of Conidial and Ascospore Germination of *Monascus purpureus*. Trans. Br. Mycol Soc. 70(2), 277-282.

Young. E.M. 1930. Phisiologocal Studies in Relation to the Taxonomy of *Monascus species*. Trans. Wis. Acad. Sci. Arts and lett. 227-244.

Yoshimura, M., Yamanaka, S., Mitsugi K., and Hirose ,Y. 1975. Production of *Monascus* Pigment In Submerged Culture. Agri. Biol. Chem. 39, 1789-1795.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้