การใช้สารสีโมแนสคัส (อังคัก) ทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันและกุนเชียง

Use of Monascus Pigment (Angkak) as an Alternative to Nitrite in Smoked Sausage and Chinese Sausage

โดย

พอใจ ถามากร

รายงานผลงานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ของ

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีงบประมาณ 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การใช้สารสีโมแนสคัส หรือ ข้าวแดง หรือ อังคักทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันและกุนเชียงที่ระดับร้อยละ 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 ของน้ำหนักเนื้อ โดยทดสอบการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรควบคุมที่ใช้ไนไตรท์ พบว่าการใช้อังคักหรือข้าวแดงร้อยละ 0.50 ของน้ำหนักเนื้อในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน และกุนเชียงได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านมากที่สุด การใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ไม่มีผลทำให้กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และเมื่อนำไปวัดค่าสีสูตรควบคุมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดจะมีค่าความสว่าง (L) มากที่สุด และ ค่าสีแดง (a) น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดง ปริมาณข้าวแดงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงคล้ำจึงทำให้มีค่าความสว่าง (L) ลดลง และมีค่าสีแดง (a) เพิ่มขึ้น โดยมีแนวโน้มเหมือนกันทั้งใน 2 ผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ พบว่าไส้กรอกรมควันสูตรที่ใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์จะมีแนวโน้มในการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์มากกว่าสูตรควบคุม และในวันที่ 24 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมและทดแทนด้วยข้าวแดงร้อยละ 0.50 จึงเกิดการเสื่อมเสีย ส่วนในผลิตภัณฑ์กุนเชียงพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์สูตรควบคุมและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์จะมีแนวโน้มของการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์เหมือนกัน และเมื่อศึกษาความคงตัวของสารสีพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรควบคุมและผลิตภัณฑ์สูตรที่ใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ ทั้งในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันและกุนเชียง จะมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหมือนกันเมื่อเก็บในภาชนะบรรจุชนิดเดียวกันและสภาวะการเก็บเดียวกัน โดยพบว่าการบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์แบบสุญญากาศ และเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น สารสีจะมีความคงตัวมากที่สุด

RCH
GT
628
.M63
พ485ก
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....50530
วัน, เดือน, ปี.....17 พ.ค. 2547
b.....11346485
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

The substitution of monascus pigment or red rice or Angkak to nitrite in smoked sausage and chinese sausage was studied. Amount of Angkak ; 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% of meat weight were used in both products. Samples were assessed by sensory panels and compared with nitrite used control products. The results found both of the smoked sausage and chinese sausage with 0.50 % Angkak obtained the highest acceptability score in all characteristics. There are no significant difference in oder and taste form control products ($P \leq 0.05$). For color measuring, it is revealed that control samples of the two products had the highest L value and the lowest a value, wheareas the higher content of Angkak resulted in decreasing L value and increasing a value in both products. For study on products shelflife, it was found that smoked sausage with 0.50% Angkak had more increasing number of microorganism than control product and the shelflife of both samples were 24 days. Whereas, the increasing number of microorganism of chinese sausage with 0.50 % Angkak and control sample were similar. For study on color stability during storage, it was found that control sample and sample with 0.50 % Angkak of both products had similar stability trend when stored in same packaging and condition. The samples kept in vacuum aluminiumfoil bags, chilled temperature of both products had the most stable color.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

สารบัญ..... III

สารบัญตาราง..... V

สารบัญภาพ..... IX

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย..... 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราโมแนสคัส..... 3

2.2 สายพันธุ์ของเชื้อราโมแนสคัส..... 5

2.3 การผลิตข้าวแดง..... 7

2.4 สารสีจากเชื้อราโมแนสคัส..... 12

2.5 การสังเคราะห์สารสีจากเชื้อราโมแนสคัส..... 14

2.6 การแยกสารสีโมแนสคัส..... 17

2.7 ความคงตัวของสารสีโมแนสคัส..... 19

2.8 การใช้ประโยชน์..... 21

2.9 ความปลอดภัยของสารสีโมแนสคัส..... 23

2.10 อันตรายของไนเตรตและไนไตรท์..... 24

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ..... 26

3.1 วัตถุดิบ และสารเคมี..... 26

3.2 อุปกรณ์..... 26

3.3 สถานที่ดำเนินการ..... 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 วิธีการทดลอง..... 28

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน..... 35

4.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน..... 40

4.3 การใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง..... 60

4.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กุนเชียง..... 64

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย..... 85

ข้อเสนอแนะ..... 86

บรรณานุกรม..... 87

ภาคผนวก..... 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สายพันธุ์ต่าง ๆ ของเชื้อราโมแนสคัส	5
2.2 กิจกรรมเอนไซม์ที่แตกต่างกันในเชื้อราโมแนสคัสสายพันธุ์ต่าง ๆ	6
2.3 ความสัมพันธ์ของการแบ่งกลุ่มการสร้างเอนไซม์โปรตีเอสแบบต่าง ๆ ของเชื้อราสกุลโมแนสคัสสายพันธุ์ต่าง ๆ	7
2.4 สมบัติของสารสีโมแนสคัส	19
2.5 คุณสมบัติของสารสีโมแนสคัส และความคงตัวของสารสีในสภาวะต่าง ๆ	20
2.6 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในข้าวสารพันธุ์ขาวมะลิและข้าวแดงที่ผลิตได้	21
2.7 เปอร์เซ็นต์การฟักตัวของไข่ไก่ เมื่อฉีดด้วยน้ำสีเหลือง และน้ำสีแดงจาก *M. barkeri* และ *M. kaoliang* ตามลำดับ	24
3.1 สูตรควบคุมของไส้กรอกรมควัน	29
3.2 สูตรควบคุมของกุนเชียง	32
4.1 ค่า L a b H และ ΔE ของสีภายในของไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมกับไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ กัน	36
4.2 ค่า L a b H และ ΔE ของสีภายนอกของไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมกับไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ กัน	37
4.3 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกรมควัน	40
4.4 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (logโคโลนีต่อกรัม)	43
4.5 ปริมาณแอนแอโรบิกแบคทีเรียของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (logโคโลนีต่อกรัม)	44
4.6 ค่า L a b H และ ΔE ของสีภายในของกุนเชียงสูตรควบคุมกับกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ กัน	60
4.7 ค่า L a b H และ ΔE ของสีภายนอกของกุนเชียงสูตรควบคุมกับกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ กัน	61
4.8 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุนเชียง	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.9 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กุนเชียง บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ที่ อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส (logโคโลนีต่อกรัม)..... 68

4.10 ปริมาณแอนแอโรบิกแบคทีเรียของผลิตภัณฑ์กุนเชียง บรรจุในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส (logโคโลนีต่อกรัม)..... 69

ก1 ความชื้นและคุณสมบัติทางด้านสีของข้าวแดงที่ใช้ในการทดลอง..... 91

ก2 การกระจายตัวของขนาดอนุภาคของข้าวแดงที่ใช้ในการทดลอง..... 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 วัฏจักรชีวิตของเชื้อรา *Monascus* spp..... 4

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดสำคัญในการแบ่งสายพันธุ์ของสกุลโมแนสคัส..... 6

2.3 การผลิตข้าวแดงในระดับอุตสาหกรรม..... 8

2.4 โครงสร้างเคมีของรงควัตถุที่แยกจาก *Monascus* spp..... 13

2.5 การสังเคราะห์ Monascorubrin (I) : route 1 และ monascoflavin (IV) : route 2..... 15

2.6 การสังเคราะห์สารสีแดง N – glutarylmonascorubramine ของ *M. ruber*..... 16

2.7 การแยกสารสีจากผงข้าวแดง..... 18

3.1 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกแบบอิมัลชั่น..... 30

3.2 ขั้นตอนการผลิตกุนเชียง..... 33

4.1 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ..... 37

4.2 ค่า L a b H และ ΔE ของไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมกับ
ไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่างๆ กัน..... 38

4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่า water activity (a_w) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุ
ในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ
(atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน..... 41

4.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน
(PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ
(vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน..... 42

4.5 การเปลี่ยนแปลงค่า L ภายในของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP)
และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac)
ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน 46

4.6 การเปลี่ยนแปลงค่า L ภายนอกของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP)
และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac)
ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน 47

4.7 การเปลี่ยนแปลงค่า a ภายในของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP)
และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac)
ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.8 การเปลี่ยนแปลงค่า a ภายนอกของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน 50

4.9 การเปลี่ยนแปลงค่า b ภายในของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน..... 52

4.10 การเปลี่ยนแปลงค่า b ภายนอกของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน..... 53

4.11 การเปลี่ยนแปลงค่า H ภายในของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน..... 55

4.12 การเปลี่ยนแปลงค่า H ภายนอกของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน..... 56

4.13 การเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายในของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน..... 58

4.14 การเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายนอกของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน..... 59

4.15 ค่า L a b H และ ΔE ของกุนเชียงสูตรควบคุมกับ กุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่างๆ กัน..... 62

4.16 ผลิตภัณฑ์กุนเชียงสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ..... 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.17 การเปลี่ยนแปลงของค่า water activity (a_w) ของผลิตภัณฑ์กุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน 65

4.18 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์กุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 66

4.19 การเปลี่ยนแปลงค่า L ภายในของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 71

4.20 การเปลี่ยนแปลงค่า L ภายนอกของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 72

4.21 การเปลี่ยนแปลงค่า a ภายในของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 74

4.22 การเปลี่ยนแปลงค่า a ภายนอกของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 75

4.23 การเปลี่ยนแปลงค่า b ภายในของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 77

4.24 การเปลี่ยนแปลงค่า b ภายนอกของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 78

4.25 การเปลี่ยนแปลงค่า H ภายในของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.26 การเปลี่ยนแปลงค่า H ภายนอกของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 81

4.27 การเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายในของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 83

4.28 การเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายนอกของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน..... 84

ก1 ข้าวแดงที่ใช้ในการทดลอง..... 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวแดงเป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักแห้ง (solid substrate fermentation) ด้วยเชื้อรา *Monascus* spp. โดยใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบ ซึ่งเชื้อจะสร้างเส้นใยชอนไชปกคลุมเมล็ดข้าว และสร้างสารสีขึ้น (Blanc *et al.*, 1994)

สารสีธรรมชาติจากเชื้อราโมแนสคัสถูกนำมาใช้เป็นสีผสมอาหารแทนสีสังเคราะห์ที่ผลิตโดยวิธีทางเคมี เพราะมีราคาถูก ความปลอดภัยสูงกว่า อีกทั้งยังไม่พบว่าเป็นสารก่อมะเร็งเหมือนสีผสมอาหารประเภทสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบพวก coal tar dyes จากการทดสอบความเป็นพิษของสารสีที่ได้จากเชื้อราโมแนสคัส พบว่าสารสีไม่มีพิษต่อการฟักตัวของไข่ไก่ และไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมของเม็ดเลือดขาว ไม่พบความผิดปกติใด ๆ ในหนูทดลอง (บุษบา ยงสมิทธ์ และคณะ, 2531; Kaio *et al.*, 1978)

ข้าวแดงที่ได้จะนำมาใช้ในการปรุงแต่งสีของอาหาร และก่อให้เกิดกลิ่นเฉพาะในอาหารหมักดองซึ่งใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายมานานในประเทศแถบเอเชีย ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้มีการใช้สารไนไตรท์เป็นสารเจือปนเพื่อทำให้ไส้กรอกมีสีแดงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ แต่ปริมาณสารไนไตรท์ที่ตกค้างจะเป็นสารตั้งต้นในการเกิดสารไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ประกอบกับในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยมากขึ้น ดังนั้นการใช้สารสีธรรมชาติจากข้าวแดงในการแต่งสีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน และกุนเชียงเพื่อทดแทนไนไตรท์ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งดังกล่าว และศึกษาถึงความคงตัวของสี และผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ จะช่วยให้เป็นแนวทางในการใช้สารสีจากโมแนสคัสได้กว้างขวางมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการใช้ปริมาณข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันและกุนเชียง
2. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันและกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์
3. ศึกษาความคงตัวของสารสีจากข้าวแดงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันและกุนเชียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้สารสีโมแนสคัส (ข้าวแดง) ทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันและกุนเชียง ตลอดจนศึกษาความคงตัวของสารสี และผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทดแทนการใช้ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และใช้สารสีจากธรรมชาติในการปรุงแต่งสีในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ข้าวแดงมีต้นกำเนิดในประเทศจีน ใช้ประโยชน์กันมานาน และแพร่หลายมากในประเทศแถบเอเชีย ได้แก่ จีน ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน ไทย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น เพื่อปรุงแต่งสีของอาหารและก่อให้เกิดกลิ่นเฉพาะในอาหารหมักดอง อาหารที่ใช้สารสีจากข้าวแดง ได้แก่ เต้าหู้ยี้ เหล้า กะปิ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ฯลฯ นอกเหนือจากการปรุงแต่งอาหารแล้ว ข้าวแดงยังเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญในสูตรยาจีนเพื่อใช้ในการรักษาโรค (Wang, 2000)

ข้าวแดงมีชื่อเรียกจากภาษาจีนว่า อังคัก (angkak) ซึ่ง อัง แปลว่าแดง ส่วนคัก แปลว่าเมล็ดที่มีเปลือก นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกอย่างอื่นคือ : ข้าวแดง (red rice) ไชนีสเรดไรส์ (Chinese red rice) แอนคัก (ankak) แอนคา (anka) อังควอก (ang – quac) เบนนิโคจิ (beni – koji) เอกาโคจิ (aka – koji) และ เรดโมลด์ไรส์ (red mold rice) (Hesseltine, 1965) ข้าวแดงที่บดแล้ว บางคนเรียกว่า แป้งแดงหรือทรายแดง

ข้าวแดงจัดว่าเป็นโคจิ (เมล็ดธัญพืชที่มีเชื้อจุลินทรีย์ขึ้นปกคลุม เพื่อใช้เป็นแหล่งของเอนไซม์) เป็นแหล่งของเอนไซม์หลายชนิดที่เชื้อราโมแนสคัสสามารถสร้างได้ เช่น เอนไซม์กลูโคอไมเลส และเอนไซม์โปรติเอส เป็นต้น นอกเหนือจากการเป็นแหล่งเอนไซม์ ข้าวแดงยังเป็นแหล่งของกลิ่น การสร้างกลิ่นของเชื้อรา *Monascus purpureus* เกิดจาก volatile metabolite ประเภท เมทธิลคีโตน

2.1 ลักษณะรูปร่างของเชื้อราโมแนสคัส

เชื้อราโมแนสคัส (*Monascus* spp.) จัดอยู่ในวงศ์ (Family) Monascaceae กลุ่ม (Class) Ascomycetes กลุ่มย่อย (Subclass) Plectomycetidae อันดับ (Order) Eurotiales เส้นใยมีผนังกั้น (septate) มีการสืบพันธุ์แบบมีเพศและไม่มีเพศ เส้นใยมีการแตกกิ่งก้านสาขามากมายและมักเจริญแบบชิดเกาะแน่นบนผิวของอาหารแข็ง เส้นใยเมื่ออายุอ่อนมีสีขาว แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะมีสีแดงหรือแดงม่วง

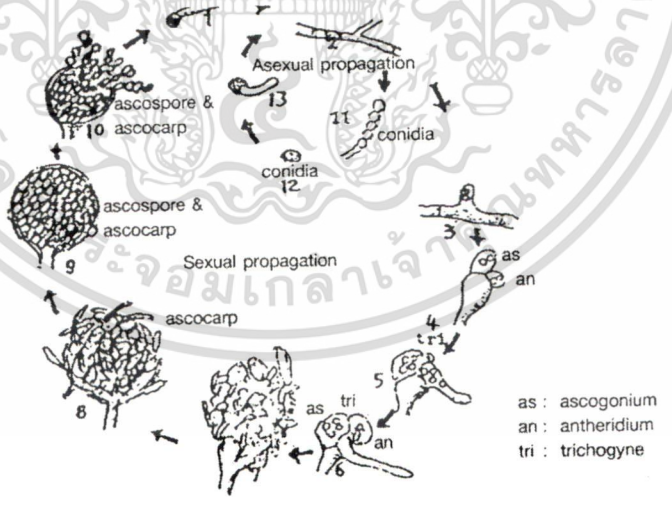
การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของเชื้อรา *Monascus* spp. มีการสร้างเพอริทีเซียม (perithecium) ซึ่งเป็นแอสโคคาร์ป (ascocarp) มีรูปร่างกลม โดยจะเกิดบนก้าน (stalk) ที่มีหรือไม่มีผนังกั้นก็ได้ แอสโคคาร์ปเกิดขึ้นบนเส้นใยซึ่งเป็นแบบโฮโมแทลลิก (homothallic) โดยมีการสร้างโครงสร้างออกมา 2 ชนิดคือ แอนเทอริเดียม (antheridium) และ แอสโคโกเนียม (ascogonium) เกิดการฟิวชัน (fusion) ที่ปลายแอสโคโกเนียมกับส่วนฐานหรือส่วนกลางของแอนเทอริเดียม แล้วจึงจะมี

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิวัฒนาการต่อไปอีกคือ แบ่งเซลล์แบบไมโอซีส ตามมาด้วยไมโตซีสมี daughter nuclei จากการแบ่งตัว มีการขยายผนังเซลล์รวมออกเรียกว่า การสร้างแอสโคคาร์ปขึ้นในที่สุด ภายในเพอริทีเซียมมีแอสโคสปอร์ (ascospores) มากมาย โดยแอสโคสปอร์จำนวน 2 – 8 รวมอยู่ภายในแอสคัส (ascus) แอสโคสปอร์มีลักษณะเป็นรูปไข่ อาจมีสีน้ำตาล สีแดง สีส้ม หรือไม่มีสี เมื่อผนังแอสโคคาร์ปแตกออกก็จะปล่อยแอสโคสปอร์งอกเป็นเส้นใหม่ขึ้น

Wong และคณะ (1981) ได้ศึกษาถึงการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสังเกตจากโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเล็คตรอนของเชื้อรา *M. purpureus* ทำให้ทราบขั้นตอนอย่างละเอียด และพบว่าแอสโคสปอร์ของเชื้อรา *M. purpureus* มีลักษณะเรียบ รูปร่างกลม หรือรี Carels และ Shepherd (1975) ได้ทดลองถึงการพัฒนาการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) ของเชื้อรา *Monascus* spp. ในอาหารเหลว โดยศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์

การสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศ มีการสร้างโคนิเดียเจริญมาจากโคนิดิโอฟอร์ (conidiophore) โคนิเดียมีลักษณะกลมหรือรูปไข่ อาจมีอันเดียวหรือเกิดติดต่อกันเป็นลูกโซ่ โคนิเดียจะไม่มีสี แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะเกิดสีแดงได้บ้าง โคนิดิโอฟอร์มีขนาดสั้นอาจมีผนังกั้น 0 - 1 ด้าน ถ้ามีขนาดยาวจะมีผนังกั้น 2 - 6 ด้าน เป็นสายตรงหรือขดเป็นเกลียว และเปลี่ยนเป็นสีแดง เมื่ออายุแก่ขึ้น การงอกของโคนิเดียจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสูตรอาหาร นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นอีกหลาย ๆ ประการ เช่น อายุสปอร์ ความหนาแน่นของสปอร์ ความเป็นกรดด่าง แสง และอุณหภูมิ



ภาพที่ 2.1 แสดงวัฏจักรชีวิตของเชื้อรา *Monascus* spp.

ที่มา : Iizuka and Lin (1981).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สายพันธุ์ของเชื้อราโมแนสคัส

Monascus spp. เป็นเชื้อราที่พบครั้งแรกแยกได้จากมันฝรั่งต้มในประเทศฝรั่งเศสและแบ่งได้เป็น 2 สายพันธุ์ *M. ruber* และ *M. mucoroides* ต่อมาได้แยกสายพันธุ์สำคัญคือ *M. purpureus* จากข้าวแดงหรืออังคักทำให้รู้จักประโยชน์ของเชื้อนี้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ในปี 1930 ได้มีการแยกเชื้อและจัดจำแนกสปีชีส์อย่างชัดเจนรวมเป็น 5 สปีชีส์ดังนี้ *M. purpureus* *M. barkeri* Dangeard *M. olei* Piedallu *M. mucoroides* และ *M. ruber* van Tieghem

ปัจจุบันมีการรวบรวมเชื้อราโมแนสคัส 25 สายพันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยมีวิธีการจัดแบ่งสายพันธุ์ของเชื้อราโมแนสคัสแตกต่างกัน เช่น อาศัยสมบัติสัณฐานวิทยา และสรีระวิทยาดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.2 ใช้สมบัติสัณฐานวิทยาในการจัดแบ่งสายพันธุ์ (Hawksworth and Pitt, 1983) การใช้สมบัติเอนไซม์วิทยา เช่น การใช้สมบัติเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ (Bridge and Hawksworth, 1985) หรือใช้เอนไซม์โปรตีเอสรูปแบบต่าง ๆ (ตารางที่ 2.3)

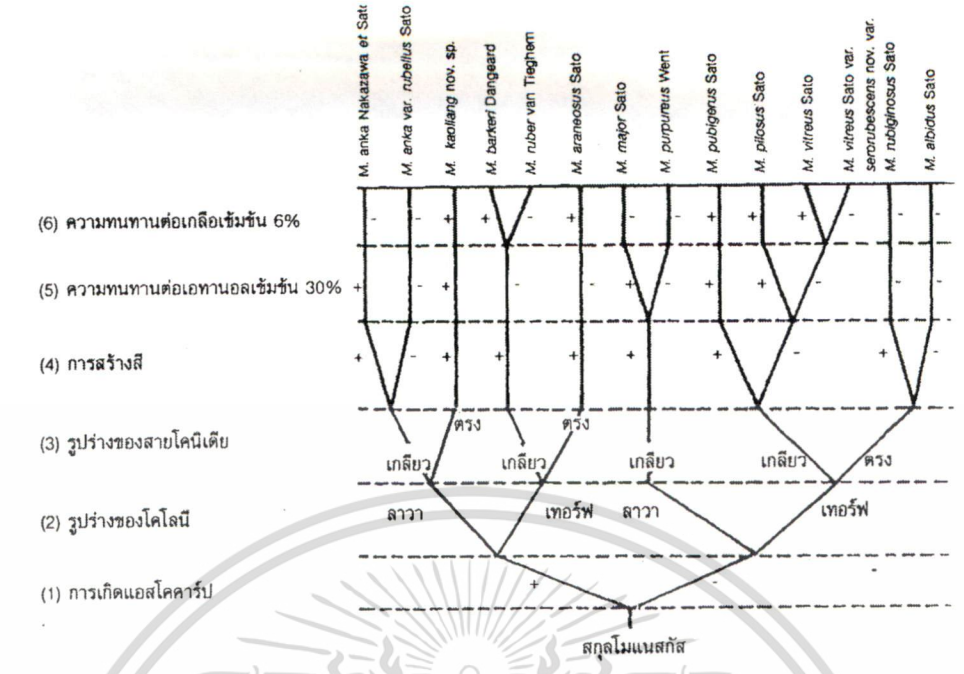
เชื้อราโมแนสคัสทั้ง 4 สายพันธุ์ คือ *M. pilosus* *M. purpureus* *M. ruber* และ *M. floridanus* นอกจากจะแตกต่างกันในด้านลักษณะทางสรีระวิทยาแล้ว ทางด้านเอนไซม์วิทยายังต่างกันอีกด้วย (ตารางที่ 2.2) โดยเชื้อราในกลุ่ม *M. pilosus* พบกิจกรรมเอนไซม์ β - galactosidase และ α - glucosidase ส่วน *M. purpureus* พบเอนไซม์ polypectase และ cystine arylamidase พบเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสใน *M. ruber* (Bridge and Hawksworth, 1985) ส่วน *M. floridanus* เป็นสายพันธุ์เดียวที่พบกิจกรรมเอนไซม์ทริปซิเนส

ตารางที่ 2.1 สายพันธุ์ต่าง ๆ ของเชื้อราโมแนสคัส

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

ที่มา : รวบรวมจาก Iizuka and Lin (1981) ; Hawksworth and Pitt (1983) ; Nishikawa *et al.* (1988) ; Cannon *et al.* (1995).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดสำคัญในการแบ่งสายพันธุ์ของสกุลโมแนสคัส

\+ เกิด, สร้าง ; - ไม่เกิด, ไม่สร้าง

ลาวา (lava) โคโลนีลักษณะผิวหน้าภูเขาไฟ

เทอร์ฟ (turf) โคโลนีลักษณะเรียบแบบสนามหญ้า

ที่มา : Iizuka and Lin (1981).

ตารางที่ 2.2 แสดงกิจกรรมเอนไซม์ที่แตกต่างกันในเชื้อราโมแนสคัสสายพันธุ์ต่าง ๆ

Enzyme Activity	*M. pilosus*	*M. purpureus*	*M. ruber*	*M.floridanus*
Valine arylamidase*	+	+	+	-
Cystine arylamidase*	-	+	-	-
Trypsinase*	-	-	-	+
α - galactosidase*	+	-	+	-
β - galactosidase*	+	-	-	-
α - glucosidase*	+	-	-	-
Polypectase pH 6.0	-	+	-	-
Cellulose hydrolysis	-	-	+	-

* ใช้ API ZYM strip tests ทดสอบกับเชื้อราที่มีอายุ 14 วัน

ที่มา : Bridge and Hawksworth (1985).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของการแบ่งกลุ่มการสร้างเอนไซม์โปรตีเอสแบบต่าง ๆ ของเชื้อราสกุลโมแนสคัสสายพันธุ์ต่าง ๆ

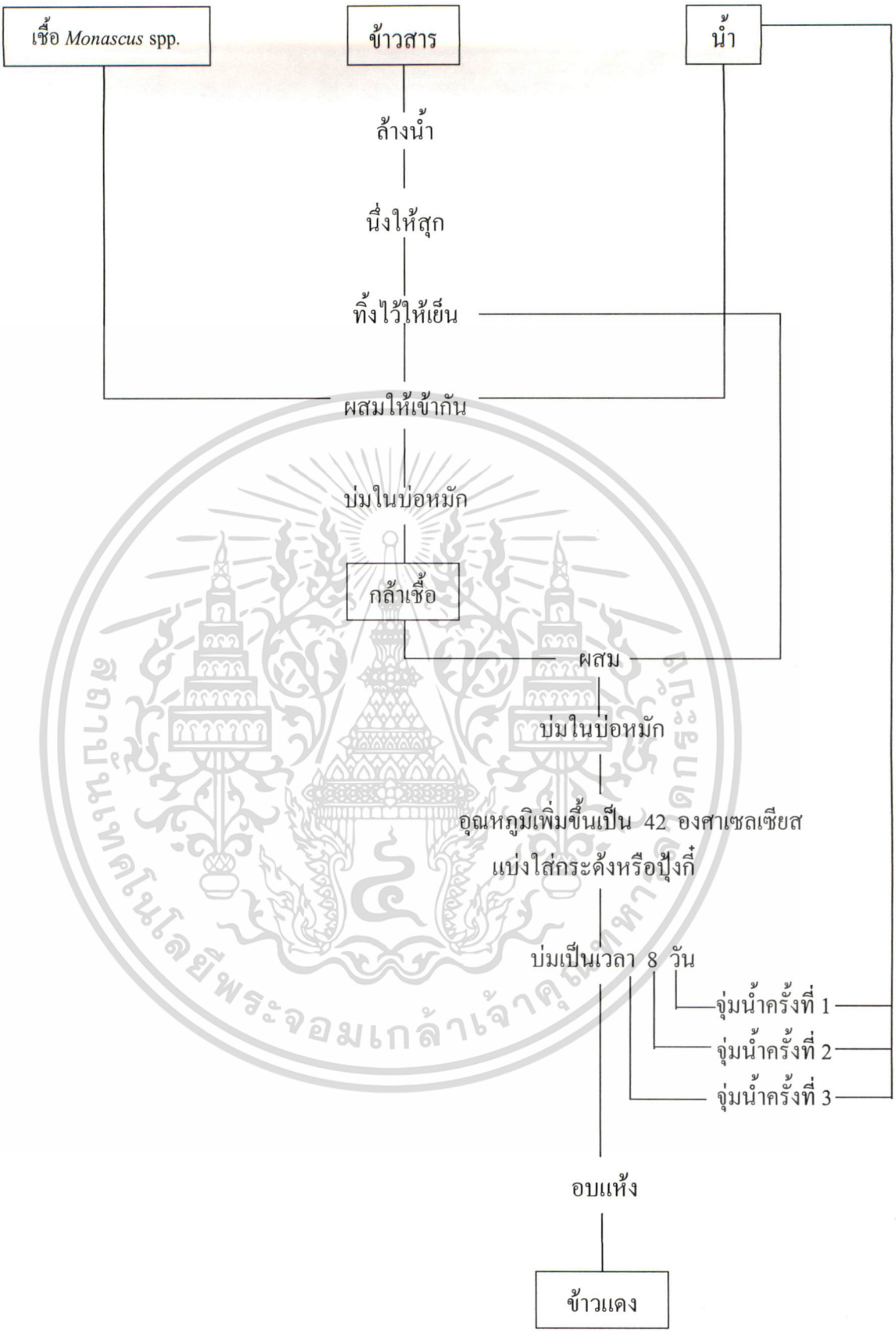
สายพันธุ์	ชนิดเอนไซม์ [1/]			รวมสายพันธุ์
	A	B	C	
M. albidus		1		1
M. albidus var. glaber		1		1
M. anka		2		2
M. anka var. rubellus		1		1
M. araneosus	1	4		5
M. fuliginosus	1			1
M. kaoliang	3	9	3	15
M. major		1		1
M. pilosus	1			1
M. pubigerus	1			1
M. purpureus		1		1
M. vitreus	1			1
M. ruber		2		2
M. rubiginosus		1		1
M. serorubescens		1		1

[1/] A แอซิดโปรติเอส (พีเอช 3) B แอคาไลน์โปรตีเอส (พีเอช 8–9) C ทั้งแบบ A และ B
ที่มา : Nishikawa *et al.* (1988).

2.3 การผลิตข้าวแดง

ข้าวแดง เป็นผลิตภัณฑ์สารสีที่เกิดจากการเลี้ยงเชื้อรา *Monascus* spp. บนข้าวนึ่ง (ภาพที่ 2.3) รู้จักกันมานานในแถบตะวันออก เช่น จีน ประเทศแถบเอเชียใต้ เช่น ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา อินโดนีเซีย เป็นต้น เชื้อราเจริญบนข้าวสามารถสร้างสารสีออกมาจากเซลล์ได้มาก สายพันธุ์ที่นิยมใช้หมักข้าวแดง คือ *M. purpureus* และ *M. anka*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 การผลิตข้าวแดงในระดับอุตสาหกรรม

ที่มา : Su and Huang (1980).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตข้าวแดงในระดับอุตสาหกรรมได้ทำกันมานานในประเทศจีนและไต้หวันโดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังภาพที่ 2.3 ดังนี้

1. การเตรียมกล้าเชื้อ

1.1 แช่ข้าวในน้ำเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง นึ่งให้สุก ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปใส่ในบ่อหมัก

1.2 เพาะเชื้อโดยใช้กล้าเชื้อซึ่งเจริญบนเมล็ดข้าว ใช้ปริมาณประมาณครึ่งหนึ่งของข้าวที่นึ่งไว้ เติมลงในบ่อหมัก

1.3 เติมน้ำลงในบ่อหมักประมาณหนึ่งเท่าโดยน้ำหนักของวัสดุหมักและทำการกวนเป็นครั้งคราว เพื่อลดอุณหภูมิ เมื่อครบ 4 วันข้าวจะเปลี่ยนเป็นสีแดง ข้าวที่หมักได้ส่วนนี้ จะใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับการผลิตขั้นต่อไป โดยมีประสิทธิภาพใช้ในการหมักข้าวแดงได้ถึง 30 เท่าของกล้าเชื้อที่ผลิตตามขั้นตอนนี้

2. การผลิตข้าวแดง

2.1 นึ่งข้าวโดยใช้ความดันไอ 0.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำถึงระดับ 40 องศาเซลเซียส พ่นน้ำประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์บนเมล็ดข้าวนึ่ง แล้วนำไปนึ่งต่ออีก 30 นาที

2.2 เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 36 องศาเซลเซียส ทำการเพาะกล้าเชื้อ

2.3 ในระยะแรกของการหมัก อุณหภูมิจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นถึง 42 องศาเซลเซียส จึงทำการแบ่งข้าว ออกมาใส่ในกระด้ง หรือปุ้งกี๋ แล้วจึงบ่มต่ออีก 8 วัน

2.4 ในระหว่างการบ่ม มีการเพิ่มความชื้นโดยนำกระด้งเชื้อมาจุ่มน้ำแล้วยกขึ้นจนน้ำสะเด็ด ทำเช่นนี้ประมาณ 3 ครั้งตลอดระยะเวลาการบ่ม เพื่อให้เมล็ดข้าวชุ่มชื้นเหมาะสมต่อการเจริญและชอนไชของเส้นใย และป้องกันการเกาะติดระหว่างเมล็ดข้าว หลังจากการบ่ม ข้าวจะเปลี่ยนเป็นสีแดงทั่วทั้งเมล็ดทั้งภายในและภายนอก

กรมวิทยาศาสตร์ (2518) ได้ทดลองทำข้าวแดงในขวดแก้วขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุข้าว 50 กรัม ปิดด้วยจุกสำลีเติมน้ำครั้งแรกไม่เกิน 10 มิลลิลิตร หรือใช้ขวดแก้วขนาด 2,800 มิลลิลิตร ที่บรรจุข้าว 200 กรัม เติมน้ำครั้งแรกไม่เกิน 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อในหม้ออัดความดันใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทำให้เย็นใส่น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เขย่าให้น้ำทั่วเมล็ดข้าว เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรลงในหลอดเชื้อรา แล้วเขย่าให้สปอร์ของเชื้อราลอยอยู่ในน้ำกลั่น เทลงในข้าวที่เตรียมไว้ เคล้าให้ทั่ว นำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25 ถึง 27 องศาเซลเซียส จนกว่าข้าวจะมีสีแดงทั่วกันทุกเมล็ดจึงนำออกมาผึ่งแดดให้แห้ง หรืออบที่อุณหภูมิประมาณ 55 ถึง 60 องศาเซลเซียส ระหว่างการเพาะเชื้อถ้าข้าวแดงแห้งมาก จะทำการพรมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อลงไปหลังจากเพาะเชื้อไปได้ 3 ถึง 5 วัน ข้าวจะเปลี่ยนเป็นข้าวแดงเมื่อบ่มอย่างน้อย 15 วันขึ้นกับสายพันธุ์ข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Johns และ Stuart (1991) ได้ทำข้าวแดงโดยใช้ข้าวพันธุ์ออสเตรเลีย ซึ่งมีลักษณะเมล็ดสั้น สีขาว นำมา 40 กรัม แช่น้ำ 5 ชั่วโมง จากนั้นปรับพีเอชตามต้องการด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริค หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.0 M แล้วบรรจุข้าวในฟลาสก์ ๆ ละ 2 กรัม นำไปฆ่าเชื้อแล้วเติมซัสเปนชัน 2.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

Han และ Mudgett (1992) ผลิตข้าวแดงโดยเตรียมข้าวสาร 120 กรัมแช่ในฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตรในสารละลายที่ประกอบด้วยน้ำกลั่น 68 มิลลิลิตรและซิงส์ซัลเฟต (zinc sulphate) 0.128 โมล ปริมาตร 12 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อแล้วใส่กล้าเชื้อลงในข้าวนึ่งปริมาตร 8 มิลลิลิตรนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสโดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ระหว่าง 90 – 97 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงย้ายไปเลี้ยงในคอลัมน์แก้วที่หล่อด้วยน้ำอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และมีอุปกรณ์ควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตลอดระยะเวลาการบ่ม 7.5 วัน

การผลิตสีแดงจากเชื้อราโมแนสคัส โดยวิธีการหมักแห้งนอกจากจะผลิตจากข้าวแล้ว ยังสามารถผลิตได้จากข้าวโพด ข้าวฟ่าง ขนมปัง ถั่วเหลือง ชานอ้อย ถั่วเขียว มันสำปะหลัง มันเทศ และมันฝรั่ง เป็นต้น และยังสามารถพัฒนาเลี้ยงเชื้อราในอาหารเหลวได้ออกมาในรูปสีผสมอาหารที่สามารถละลายน้ำได้มากขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักเชื้อราโมแนสคัสบนอาหารแข็ง

1. สายพันธุ์ของเชื้อรา

โดยทั่วไปแล้วเชื้อราโมแนสคัส เมื่อเจริญบนเมล็ดข้าวโดยการงอกของเส้นใยทั้งผิวหน้าและแทรกทะลุเข้าไปในเมล็ดข้าวนั้นจะมีการสร้างสารสีได้ภายหลังจากการบ่มไปได้นาน 3 วัน สารสีเหล่านี้เมื่อนำมาสกัดด้วยสารละลายเอธานอล พบว่าสารสีแดงทั่วไปจะมีค่าดูดกลืนแสงสูงสุด 2 จุดคือที่ 420 และ 500 นาโนเมตร บางสายพันธุ์ที่ให้สีข้าวแดงเป็นสีแดงสวย หรือแดงชมพูแก่ จะมีความโด่งที่จุด 500 นาโนเมตร ซึ่งสูงกว่าที่ 420 นาโนเมตร เช่นที่พบในสายพันธุ์ของ *M. purpureus* หรือ *M. anka* แต่บางสายพันธุ์อาจให้สีแดงคล้ำ โดยมีค่าความโด่งที่ 420 สูงกว่าที่ 500 นาโนเมตร หรือค่าความโด่งที่ 370 สูงกว่า 500 นาโนเมตร เป็นต้น

2. พันธุ์ข้าว

Palo และคณะ (1960) ได้ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสร้างสารสีของ *M. purpureus* และพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวแดง คือ ความชื้นไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ พีเอชระหว่าง 3.0 – 7.5 อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และกล่าวว่า ข้าวที่ใช้ในการผลิตข้าวแดงไม่ควรเป็นสายพันธุ์ที่มียางเหนียวโดยเฉพาะข้าวเหนียว หรือข้าวเมล็ดพันธุ์สั้นจาปอนนิก้าไม่เหมาะสมในการทำข้าวแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมวิทยาศาสตร์ (2518) ได้ทดลองผลิตข้าวแดงจากข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกกันในประเทศไทยจำนวน 22 พันธุ์ เป็นข้าวเจ้า 16 พันธุ์ และข้าวเหนียว 6 พันธุ์ คือ กข 1 กข 2 กข 3 กข 4 กข 5 กข 9 เผือกน้ำ ขาวมะลิ เหลืองใหญ่ นางพญา เหลืองปะทิว นางมล – เอส ปืนแก้ว พวงไร่ ดับเบิลยูพี 153 ตะเภาแก้ว ขาวปากหม้อ เล็บมือนาง เหมยนอง หางยี นางฉลอง และข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง เป็นต้น ปรากฏว่าข้าวเจ้าที่ทำข้าวแดงได้มีเพียง 5 พันธุ์เท่านั้นคือ พวงไร่ ขาวมะลิ ดับเบิลยูพี 153 ตะเภาแก้ว และเล็บมือนาง ส่วนพันธุ์อื่น ๆ ไม่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตข้าวแดง เพราะเมล็ดข้าวบางพันธุ์หักง่าย และข้าวแข็งเกินไปเชื้อราไม่สามารถย่อยได้ถึงแกน บางพันธุ์เนื้ออ่อนแต่เมื่อทำเป็นข้าวแดงได้ข้าวแดงที่เหนียว เมื่อบี้ด้วยนิ้วแล้วไม่ยุ่ยออกมาเป็นผง ในจำนวนข้าว 5 พันธุ์ที่ใช้ทำข้าวแดงได้นั้น มีอยู่เพียงพันธุ์เดียวที่เหมาะแก่การนำมาใช้ในการทำเป็นอุตสาหกรรมได้ คือ ข้าวพันธุ์ขาวมะลิ เนื่องจากมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย

3. การให้อากาศ

เชื้อราเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญเติบโต Hesseltine (1965) พบว่าการเขย่าหรือให้อากาศช่วยให้การสร้างสารสีได้ดีและเร็วขึ้น Han และ Mudgett (1992) ได้ศึกษาเพิ่มทำให้ทราบว่า ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความเข้มข้นสูงทำให้การสร้างสารสีและการเจริญลดลง และไม่สามารถสร้างสารสีและเจริญได้เมื่อมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ 1.0 atm ก๊าซออกซิเจนตั้งแต่ 0.2 atm ทำให้การสร้างสารสีและการเจริญเพิ่มขึ้น และเพิ่มสูงสุดเมื่อมีก๊าซออกซิเจนมากกว่า 2.1 atm ความดันออกซิเจนต่อความดันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 0.50 ต่อ 0.02 atm จะมีผลดีต่อการสร้างสารสีแดงมากที่สุด สภาพที่มีก๊าซออกซิเจนคงที่ที่ 0.50 atm และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ ๆ เป็นสภาพที่ให้การผลิตสารสีสูงสุด

4. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการเมแทบอลิซึมเพื่อการเจริญเติบโต อุณหภูมิสูงเกินไปทำให้เชื้อเจริญได้ช้าสร้างสารสีในข้าวแดงได้ไม่ดี จึงมีการลดอุณหภูมิโดยการจุ่มน้ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสร้างสารสีจะอยู่ระหว่าง 27 – 30 องศาเซลเซียส

กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2539) ศึกษาการทำข้าวที่อุณหภูมิ 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียสพบว่า อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม สารสีเริ่มเกิดเร็วและได้ปริมาณสูง ส่วนที่อุณหภูมิอื่น ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสตัวอย่างเริ่มมีสารสีแดงเกิดขึ้นในวันที่ 7 ซึ่งช้ากว่าตัวอย่างที่บ่มที่อุณหภูมิ 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส ที่เริ่มเกิดสารสีขึ้นในวันที่ 5 ของการบ่ม จากการวัดค่าความเข้มสีเห็นว่า ตัวอย่างที่บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารสีเกิดเพิ่มขึ้นในแต่ละวันของการบ่มเชื้อน้อยมาก และเป็นเช่นนี้ตลอดการทดลอง สำหรับตัวอย่างที่บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ปริมาณของสารสีที่เริ่มเกิดจะมากกว่าของตัวอย่างที่บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่ต่อมาปริมาณของสารสีที่ผลิตได้จะน้อยกว่าและความชื้นเริ่มลดลงในวันที่ 13 ของการบ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความชื้น

การผลิตข้าวแดงสามารถผลิตได้ที่ความชื้นเริ่มต้นต่ำ Hesseltine (1965) จึงให้คำแนะนำในการทำข้าวแดงว่า ต้องมีการพ่นน้ำเป็นครั้งคราวไปบนเมล็ดข้าวเพื่อควบคุมความชื้นที่ต่ำแก่เมล็ดข้าวซึ่งจะช่วยให้เชื้อสร้างสารสีบนข้าวได้ดี และการผลิตในระดับอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีการเติมน้ำระหว่างการบ่ม (Su and Huang, 1980) แต่ความชื้นที่เหมาะสมในการสร้างสารสีขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าวด้วยเช่นกัน

6. พีเอช

Carels และ Shepherd (1975) พบว่าพีเอชต่ำมีการสะสมสีส้ม เนื่องจากสีส้ม โมนาสโครูบริน และ รูโบพังทาทิน ที่เชื้อสังเคราะห์ขึ้นไม่สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนได้ แต่พีเอชสูง ๆ ปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้จึงให้สีแดงออกมา จากรายงานของ John และ Stuart (1991) ได้ศึกษาปรับพีเอชของน้ำให้ได้ 3 4 6 และ 7 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมล ก่อนนำไปแช่ข้าวเป็นเวลา 5 ชั่วโมง พบว่าพีเอช 6 เป็นพีเอชที่เหมาะสมในการสร้างสารสีของเชื้อรา *M. purpureus* FRR 2190

วรรณภา ทาบโลกา (2529) ได้ทำการศึกษาพบว่าการเลี้ยงเชื้อรา *Monascus* spp. KB 11304 KB 21035 และ KB 20322 ที่พีเอชเริ่มต้น 7.0 มีการสร้างสารสีสูงสุด และถ้าพีเอชสุดท้ายค่อนไปทางด่างจะให้สีแดง แต่เมื่อเลี้ยงเชื้อ KB 21035 ในสภาพที่เป็นกรดพบการสร้างสีเหลืองดีที่สุด ดังนั้นจึงพบว่าพีเอชที่เหมาะสมในการผลิตข้าวแดงจึงขึ้นอยู่กับสายพันธุ์

2.4 สารสีจากเชื้อราโมแนสคัส

เชื้อรา *Monascus* spp. ผลิตสารสีชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1. โมนาสโคฟลาวิน (monascoflavin) แยกได้เป็นครั้งแรกพร้อมกับสารสีโมนาสโครูบริน จากเชื้อรา *M. purpureus* Wentii เป็นสารสีในกลุ่มสีเหลือง สูตรโมเลกุลคือ $C_{21}H_{26}O_5$ และ น้ำหนักโมเลกุล 358 ซึ่งมีคุณสมบัติทางสเปคโตรสโคปีดังนี้ λ^{MeOH}_{max} 225 228 385 mμ มีจุดหลอมเหลว 143 – 155 องศาเซลเซียส สารสีโมนาสโคฟลาวินเป็นตัวเดียวกันกับสารสีโมนาสซิน (monascin) ซึ่งแยกได้จากเชื้อรา *M. rubiginousus* Sato อยู่ในกลุ่มสีเหลือง

2. อังคักฟลาวิน (ankaflavin) เป็นสารสีในกลุ่มสีเหลือง สูตรโมเลกุลคือ $C_{23}H_{30}O_5$ และน้ำหนักโมเลกุล 386 มีจุดหลอมเหลว 120 – 121 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติทางสเปคโตรสโคปีดังนี้ λ^{dioxan}_{max} 212 228 382 mμ สารสีอังคักฟลาวินมีสูตรโครงสร้างสัมพันธ์กับสารสีโมนาสซิน เช่นเดียวกับสารสีรูโบรพังทาทินที่มีสูตรสัมพันธ์กับสารสีโมนาสโครูบริน

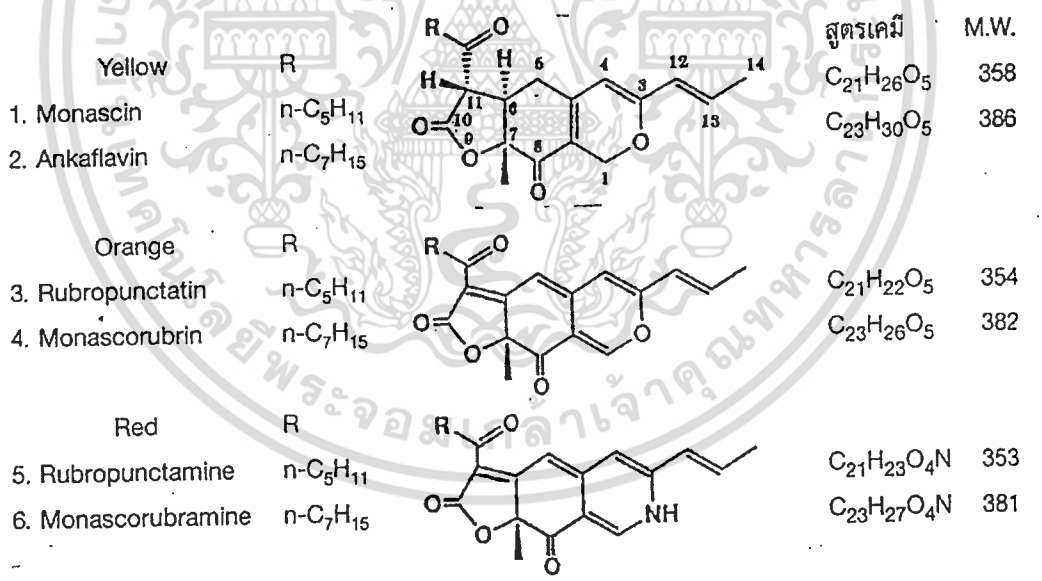
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รูโบรพังทาทิน (robropunctatin) เป็นสารสีในกลุ่มสีส้ม สูตรโมเลกุลคือ $C_{21}H_{22}O_5$ และน้ำหนักโมเลกุล 354 สารสีรูโบรพังทาทินสามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลแอมโมเนียม ในอาหารเลี้ยงเชื้อได้สารรูโบรพังทามีนซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาต่อได้อีกกับสังกะสีและกรดแอซิติก ได้สารอะโปรูโบรพังทามีน (aporubropunctamine) สารนี้มีผลึกรูปเข็มสีแดง มีจุดหลอมเหลว 156 – 157 องศาเซลเซียส

4. โมนาสโครูบริน (monascorubrin) เป็นสารสีในกลุ่มสีส้ม สูตรโมเลกุลคือ $C_{23}H_{26}O_5$ และ น้ำหนักโมเลกุล 382 ซึ่งมีคุณสมบัติทางสเปคโตรสโคปีดังนี้ λ^{BtOH}_{max} 253 302 352 mμ มีจุดหลอมเหลว 134 – 136 องศาเซลเซียส

5. รูโบรพังทามีน (robropunctamine) เป็นสารสีในกลุ่มสีแดง สูตรโมเลกุลคือ $C_{21}H_{23}O_4N$ และ น้ำหนักโมเลกุล 353 สารรูโบรพังทามีนเกิดจากสารรูโบรพังทาทินทำปฏิกิริยากับอนุมูลแอมโมเนียม

6. โมนาสโครูบรามีน (monascorubramine) เป็นสารสีในกลุ่มสีแดง สูตรโมเลกุลคือ $C_{23}H_{27}O_4N$ และ น้ำหนักโมเลกุล 381 มีจุดหลอมเหลว 207 – 208 องศาเซลเซียส สารโมนาสโครูบรามีนเกิดจากสารโมนาสโครูบรินทำปฏิกิริยากับอนุมูลแอมโมเนียม



ภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างเคมีของรงควัตถุที่แยกจาก *Monascus* spp.
ที่มา : บุษบา ยงสมิทธิ์ (2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การสังเคราะห์สารสีจากเชื้อราโมแนสคัส

สารสีที่สร้างโดยเชื้อรา *Monascus* spp. เป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิประเภทโพลีคีไตด์ (polyketide) ในพวกเฮกซาคีไตด์ (hexaketide) เนื่องจากโครงสร้างของสายหลักของสารสีประกอบด้วยกลุ่มคาร์บอน 2 อะตอม (C_2 – units) จำนวน 6 ยูนิต

Turner (1971) ศึกษากระบวนการสังเคราะห์สารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิประเภท โพลีคีไตด์ โดยใช้เทคนิคการติดฉลากสารด้วยสารไอโซโทป (isotopicially labeled compounds) อธิบายว่า โพลีคีไตด์เกิดจากสารแอซิติกผนวกเข้ากับสารมาโลเนต (เกิดจากสารแอซิเตตหนึ่งยูนิตผนวกเข้ากับสารคาร์บอนไดออกไซด์ 1 หน่วย) แล้วเกิดกระบวนการดึงสารคาร์บอนไดออกไซด์ เพิ่มสายโพลีคีไตด์โดยผนวกมาโลเนตทีละยูนิตแล้วดึงคาร์บอนไดออกไซด์ออกเช่นนี้ซ้ำแล้วซ้ำเล่าซึ่งคล้ายกับการสังเคราะห์กรดไขมัน แต่การเกิดสารโพลีคีไตด์ไม่มีกระบวนการรีดักชันของเบตา – ไดคาร์บอนิล (β - dicarbonyl) ในขณะที่การสังเคราะห์กรดไขมันจะมีรีดักชันหลังกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) เสมอ และระบบของเอนไซม์ในวิถีการสังเคราะห์นั้นแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง

สารโพลีคีไตด์แต่ละชนิดแตกต่างกันเนื่องจากต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างเพื่อให้สารตัวกลางเสถียรมากขึ้น กลไกที่เกิดกระบวนการสังเคราะห์ ได้แก่ การประกอบเข้ากับสายที่สร้างอีกส่วนหนึ่งกับสายหลัก การเติมกลุ่มเมทธิล การดึงออกซิเจนออกจากโมเลกุล การนำไปสู่การมีพันธะคู่ และการเพิ่มออกซิเจนเข้าไปในโมเลกุล

สารสีโมนาสโครูบริน และสารสีโมนาสโดฟลาวิน เกิดจาก การผนวกเข้าด้วยกันแบบเส้นตรง (linear condensation) ของสารแอซิติก (สารแอซิติลโคเอ) จากนั้นจึงเกิดกระบวนการเมทธิลเลชัน เกิดการปิดวง (cyclization) และการต่อสายซึ่งเกิดโครงสร้างขึ้นอีกส่วนหนึ่ง (ภาพที่ 2.5)

สายหลักของโพลีเบตาคีไตด์ (β - ketide chain) เกิดจากการต่อกันของยูนิตโครงสร้างกับปลายด้านหนึ่งของสารแอซิติลโคเอซึ่งถือว่าเป็นยูนิตตั้งต้น และพบว่าไม่ได้เกิดจากการผนวก สารแอซิติลโคเอเข้ากับแอซิติลโคเอเอง แต่จะเกิดจากสารแอซิติลโคเอรวมกับสารมาโลนิลโคเอแล้วเกิดการดึงคาร์บอนออกไซด์ออกมา ก่อนที่จะผนวกเป็นสายหลักของโพลีเบตาคีไตด์ ซึ่งใช้วิธีการพิสูจน์โดยการติดฉลากที่คาร์บอนอะตอมด้วยสารไอโซโทป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

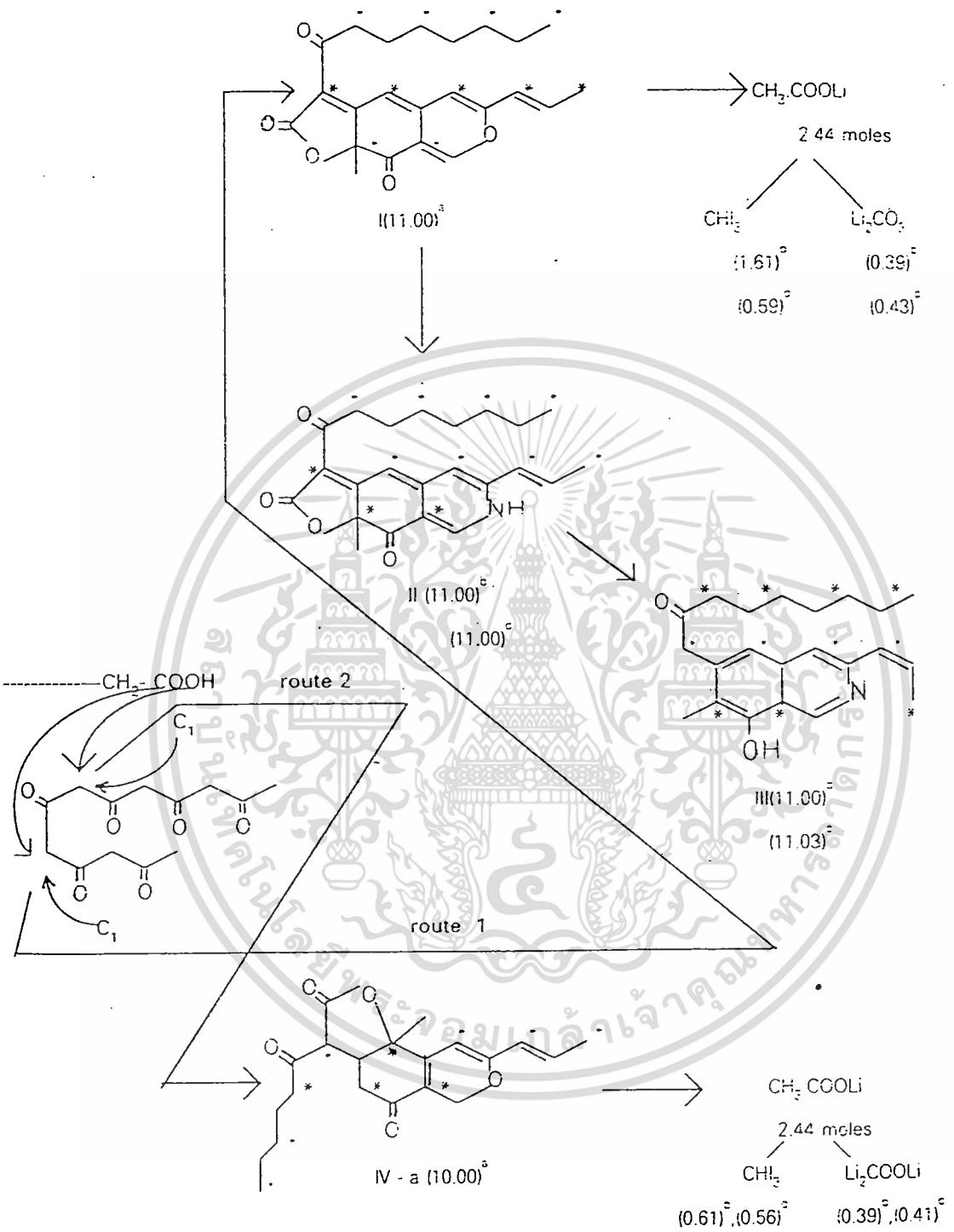


chart 1 Biogenetic Route of Monascorubrin and Monascoflavin,and Relative ^{14}C - Values

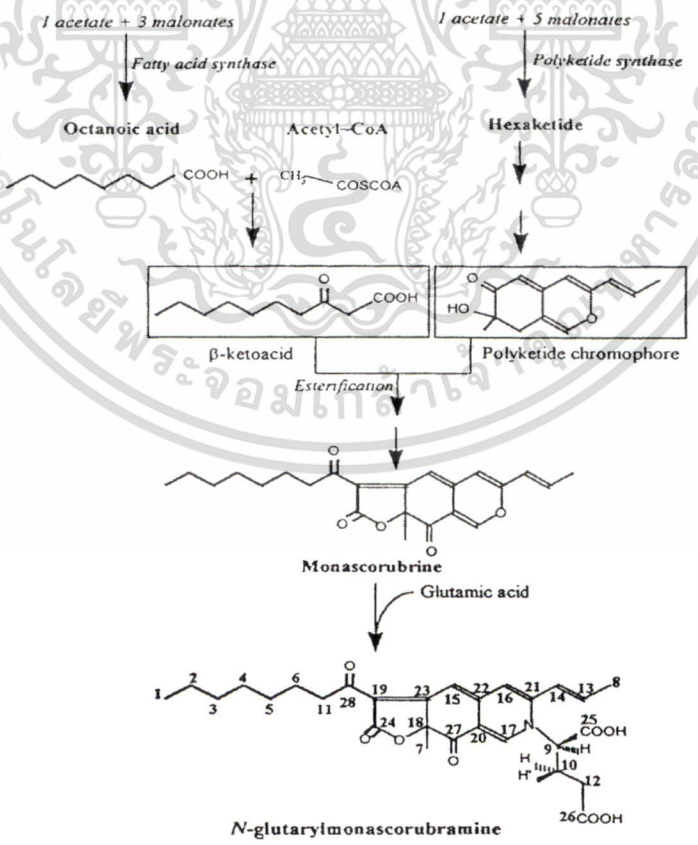
* carbon originating from methyl group ; a . standard ; b: calculated ; c : found

ภาพที่ 2.5 แสดงการสังเคราะห์ Monascorubrin (I) : route 1 และ monascoflavin (IV) : route 2 ที่มา : Turner (1971).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายหลักโพลีคีไทด์เกิดจากวิถี แอซิเตต – มาโลเนต (acetate – malonate pathway) และส่วนของเบตาออกโซแลคโตน (β - oxo - lactone) ของสารสีรูโบรพังทาทินและสารสีโมนาสโครูบริน เกิดจากการผนวกเข้าด้วยกันระหว่างเฮกซาโนเอต (C_6 – units) กับแอซิเตต (C_2 – units) และออกตาโนเอต (C_8 – units) กับแอซิเตต (C_2 – units) ตามลำดับ จึงหมดข้อสงสัยว่าส่วนของคาร์บอน 2 อะตอมที่มาต่อกับเฮกซาโนเอตและออกตาโนเอตเป็นแอซิเตต ไม่ได้เกิดจากการผนวกเข้ากับมาโลเนตแล้วเกิดกระบวนการคาร์บอกซิเลชัน

Hajjai และคณะ (2000) อธิบายถึงการสังเคราะห์สารสีในเส้นใยเชื้อรา (ภาพที่ 2.6) เกิดจากการรวมตัวของอะซิเตต 1 โมลกับมาโลเนต 3 โมลทำให้เกิดกรดไขมันที่มีสายยาวปานกลาง เช่น octanoic acid จากการสังเคราะห์วิถีกรดไขมัน (fatty acid pathway) ซึ่งจะรวมตัวกับอะซิติลโคเอ เป็นสารคีโตแอซิด และเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น กับโครงสร้างโครโมฟอร์ เกิดเป็นสารสีส้มโมนาสโครูบริน หรือเป็นสารรูโบรพังทาทิน และเมื่อเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่นกับ hexanoic acid สารสีส้มจะลดลงเปลี่ยนเป็นสารสีเหลือง เกิดเป็นสารอังคักฟลาวินจากโมนาสโครูบริน ส่วนสารสีแดง โมนาสโครูบรามีน และรูโบรพังทามีน จะเกิดจากปฏิกิริยาอะมิเนชั่น (amination) ของสารสีส้มกับแอมโมเนีย



ภาพที่ 2.6 แสดงการสังเคราะห์สารสีแดง N – glutarylmonascorubramine ของ *M. ruber*
ที่มา : Hajjaj *et al.* (2000).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.6 การแยกสารสีโมแนสคัส

วิธีสกัดสีออกจากเส้นใยจะแตกต่างกันไปทั้งทางด้านการใช้ตัวทำละลายเป็นตัวสกัด และปริมาณความเข้มข้นของตัวทำละลายที่ใช้สกัด Broder และ Koehler (1980) ทดลองใช้เมทานอล คลอโรฟอร์ม เอทานอล และอะซีโตน ในการสกัดสีออกจากเส้นใย พบว่าสารที่สกัดสีได้ดีที่สุด คือ เมทานอล ซึ่งสีที่สกัดได้จะมีค่าดูดกลืนแสงเด่นอยู่ที่ 2 สี ที่ความยาวคลื่น 390 นาโนเมตร (สีเหลือง) และ 500 นาโนเมตร (สีแดง)

Lin (1973) ใช้เอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ในการสกัดสีออกจากเส้นใย นำเอาส่วนใสที่กรองได้ไปวัดค่าสีด้วยสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร Lin และ Iizuka (1982) วัดค่าสีที่ละลายน้ำได้และสีที่ละลายได้ทั้งในน้ำและละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ได้ด้วย นำมาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโมเมตร และ 500 นาโนเมตร

Sweeny และคณะ (1981) ได้ทำการแยกสีบริสุทธิ์ชนิดต่าง ๆ จากข้าวแดง และแบ่งชนิดของสารสีออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย สีแดงคือ รูโบรพังทามีน และโมนาสโครูบรามีน สีส้มคือรูโบรพังทาทิน และโมนาสโครูบริน และสีเหลืองคือ โมนาสซิน และอังคักฟลาวิน (ภาพที่ 2.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50530

ภาพที่ 2.7 แสดงการแยกสารสีจากผงข้าวแดง

ที่มา : Sweeny *et al.* (1981).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ความคงตัวของสารสีโมแนสคัส

สารสีโมแนสคัสจะไวต่อแสง อุณหภูมิสูง และความเป็นกรด ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจึงได้มีการพัฒนาความคงตัวของสารสีเพื่อให้ใช้ได้ดีในกระบวนการแปรรูปอาหาร

Sweeny และคณะ (1981) ศึกษาความคงตัวของสารสีแดงจาก *M. anka* จากแสงแดดในสารละลายที่พีเอช 2.8 และ 6.0 พบว่าสาร 1,4,6-trihydroxynaphthalene สามารถป้องกันการแตกสลายของสารสีจากแสงแดดได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนและตำแหน่งของไฮดรอกซีในวงแหวนแนบทาลีน (naphthalene)

Wong และ Koehler (1983) พบว่าเมื่อนำสารสีจากเชื้อรามาสกัดด้วย aminoacetic acid และ aminobenzoic acid ทำให้สารสีมีความคงตัวต่ออุณหภูมิ พีเอชและแสงอุลตราไวโอเลต ได้ดีขึ้น โดยสามารถคงตัวที่พีเอชเป็นกลางและพีเอชเป็นด่าง และคงตัวต่อแสงอุลตราไวโอเลตได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ หลังจากได้รับแสงนาน 36 ชั่วโมง

วรรณภา ทาบโลกา (2529) พบสีแดงจาก *Monascus* spp. KB 11304 คงตัวตั้งแต่พีเอชเป็นกลางจนถึงด่าง มีความคงตัวที่อุณหภูมิน้ำเดือดนาน 15 นาที และคงตัวต่อการละลายในตัวทำละลายกลีเซอรอลเข้มข้น 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสีเหลืองของเชื้อรา *Monascus* spp. KB 21035 คงตัวที่พีเอช 4-11 คงตัวที่อุณหภูมิน้ำเดือดนานถึง 120 นาที และ 121 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที คงตัวได้ดีในที่มีแสงและอุณหภูมิห้องโดยไม่ลดปริมาณสีเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 3 วัน คงตัวต่อการละลายในตัวทำละลายโซเดียมเบนโซเอท 1.0 เปอร์เซ็นต์ กลีเซอรอล น้ำ และกรดอะซิติกเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.4 แสดงสมบัติของสารสีโมแนสคัส

สมบัติ	สีแดง	สีเหลือง
ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด	420, 500	370, 370
ความคงทนต่อพีเอช	4 – 11	2 – 11
การละลาย	เอทานอล น้ำ เมทานอล	น้ำ เมทานอล อะซีโตน
ความคงตัวต่อความร้อน	ดีพอใช้	ดีกว่าสีแดง
ความคงตัวต่อแสง	พอใช้	ดี
ความปลอดภัย	ดี	ดี

ที่มา : บุษบา ยงสมิทธิ์ (2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lee และ Chen (2000) พบว่าสารสีโมแนสคัสจะมีความคงตัวที่แสงฟลูออเรสเซ็นต์และแสง ยูวี และจะมีการเปลี่ยนแปลงช้า ๆ ที่ในสภาวะแสงแดดตอนกลางวัน ดังตารางที่ 2.5 สารสีโมแนสคัสจะไวต่ออุณหภูมิสูง และอัตราการเปลี่ยนแปลงสีจะขึ้นกับอุณหภูมิ สารโซเดียมไบซัลไฟต์และกรดแอสคอร์บิคจะทำให้เกิดการสลายของสารสีที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แต่กรดซิตริกจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารสี

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของสารสีโมแนสคัส และความคงตัวของสารสีในสภาวะต่าง ๆ

คุณสมบัติ	*Monascus* B683M	China	Japan
Color content (OD units/g)	8,000	8,000	8,000
Water solubility	Soluble in water	Soluble in water	Soluble in water
	at pH 5.0	at pH >5.0	at pH >5.0
Hue (at 0.1 %)	Bright red	Orange red	Bright orange red
Hygroscopy (by observation)	Little	Little	Non
Residual content after exposing to :			
(a) sunlight for 4 h	88.2 %	88.8 %	79.3 %
from 11 am to 3 pm			
(b) fluorescent light	98.2 %	97.8 %	97.2 %
(58 W, 0.64 m) for 4 h			
(c) UV light (30W, 0.54 m)	99.5 %	92.0 %	95.9 %
for 4 h			
(d) 121 $^{\circ}$C for 20 min	70.5 %	60 %	60.3 %
(e) 105 $^{\circ}$C for 20 min	84.0 %	74.2 %	66.9 %
(f) Sodiumbisulfite (0.1% w/v),	90.0 %	85.3 %	88.1 %
pH 7.0, 80 $^{\circ}$C for 1 h			
(g) Ascorbic acid (0.1% w/v),	81.0 %	80.5 %	80.9 %
pH 7.0, 80 $^{\circ}$C for 1 h			
(f) Citric acid (0.1% w/v),	100 %	100 %	100 %
pH 7.0, 80 $^{\circ}$C for 1 h			

ที่มา : Lee and Chen (2000).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การใช้ประโยชน์

ในแถบเอเชียได้มีการใช้เชื้อรา *Monascus* spp. ผลิตอาหารหมัก เช่น ข้าวแดง ไวน์ข้าว (rice wine) สุราเกาเหลียง (kaoliang brandy) และ เต้าหู้ยี้ (tofuyo) ซึ่งก่อให้เกิดสีสัน และกลิ่นเฉพาะ นอกจากนี้ยังใช้ข้าวแดงผสมในตำรับยาจีนเพื่อรักษาโรค (Hesseltine, 1965 ; Lin, 1973 ; Lee, 1995)

ข้าวแดงจะมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินบีอยู่สูง จากผลการวิเคราะห์ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ (2518) พบว่า ในข้าวแดงมีปริมาณแร่ธาตุ และวิตามินอยู่สูงกว่าข้าวสารมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว เห็นได้ว่าข้าวแดงมีปริมาณวิตามินบีสองสูงกว่าข้าวสารถึง 185 เท่า (ตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.6 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในข้าวสารพันธุ์ขาวมะลิและข้าวแดงที่ผลิตได้

รายการ	ข้าวพันธุ์ขาวมะลิ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	ข้าวแดงที่ผลิตได้ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)
แคลเซียม	4.30	18.70
ฟอสฟอรัส	86.70	326.00
วิตามินบี 1	0.12	0.54
วิตามินบี 2	0.04	9.28

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2518)

เชื้อรา *Monascus* spp. บางสายพันธุ์สามารถสร้างสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารปฏิชีวนะที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus* spp. *Bacillus* spp. และ *Pseudomonas* spp. ซึ่งทั้ง 3 สกุลพบว่า เป็นเชื้อสาเหตุที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ และก่อให้เกิดอาหารเน่าเสีย Wong และ Koehler (1981) ได้แยกสารปฏิชีวนะจากเชื้อรา *M. purpureus* $N_{11}S$ แล้วนำมาทดสอบกับเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ด้วยวิธี paper assay disc พบว่าต้องใช้ปริมาณอย่างน้อยที่สุด 1.5 ไมโครกรัมต่อ 6 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวแดงได้ถูกใช้เป็นสารเจือสีในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งเป็นสารสีจากธรรมชาติที่มีความปลอดภัย ราคาถูก โดยใช้ในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ น้ำหวาน น้ำนม นมเปรี้ยว น้ำผลไม้ แยม ขนม ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์ซูริมิ เป็นต้น

นอกจากนั้นข้าวแดงยังใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องยาจีน เนื่องจากมีสารโมนาโคลิน เค (monacolin K) โดยสารนี้สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 3 – hydroxy – 3 – methylglutareyl coenzyme A (HMG – CoA) reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์โคเลสเตอรอล ทำให้มีคุณสมบัติในการลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือดได้ ใช้ในผู้ป่วยที่มีปริมาณไขมันในเลือดสูง และยังพบว่า สารสีโมนาสโครูบริน (monascorubrin) จากเชื้อรา *M. anka* สามารถยับยั้งการส่งเสริมเนื้องอกในหนู . เนื่องจากสารสีสามารถยับยั้งกระบวนการอักเสบ อันเกิดจากสารทีพีเอ (TPA : 12 – O – tetradecanoylphorbol – 13 – acetate) ซึ่งเป็นสารที่ส่งเสริมการเกิดเนื้องอก

สารโมนาโคลิน เค (monacolin K) มีผลต่อปริมาณโคเลสเตอรอล (total cholesterol) ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (low density lipoprotein cholesterol ; LDL – C) และไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง (high density lipoprotein cholesterol ; HDL – C) LDL – C เป็นโคเลสเตอรอลที่ไม่ดี (bad cholesterol) ทำให้เลือดตกตะกอนเป็นลิ่มแล้วเกาะติดที่ผนังเส้นเลือดเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ผนังของเส้นเลือดภายในหนาขึ้น การไหลเวียนของเลือดไม่สะดวกก่อให้เกิดการอุดตันของเส้นเลือด ส่วน HLD – C เป็นโคเลสเตอรอลที่ดี (good cholesterol) เนื่องจากนำโคเลสเตอรอลที่ไม่จำเป็นต่อร่างกายกลับไปสู่ตับ แล้วขับถ่ายออกเรียกกระบวนการนี้ว่า “Reverse Transportation of cholesterol” ถ้าในร่างกายมีระดับ HDL – C ต่ำกว่า 35 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรจะมีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคเส้นเลือดในสมองและหัวใจอุดตัน

Wang และคณะ (2000) ได้ทดลองให้หนูได้รับข้าวแดงเป็นระยะ 6 เดือน หลังจากนั้นจะวัดปริมาณไขมันในเลือด และตับ พบว่าความเข้มข้นของซีรัมไตรกลีเซอไรด์ โคเลสเตอรอล VLDL – C (very low density lipoprotein cholesterol) และ LDL – C จะลดลง ส่วน HDL – C จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากข้าวแดงจะมีสารในกลุ่มโมนาโคลินซึ่งเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ HMG – CoA reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์โคเลสเตอรอล

Moll และ Farr (1976) ทดลองใช้สารสีจาก *M. rubiginosus* เจือสีในผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว โดยเติมสารสีในปริมาณต่าง ๆ กัน 3 ระดับ 0.2 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ และได้นำมาเปรียบเทียบกับนมเปรี้ยวรสธรรมชาติ นมเปรี้ยวที่เติมสารสี 0.2 เปอร์เซ็นต์จะมีสีแดงอ่อน และนมเปรี้ยวที่เติมสารสี 1 เปอร์เซ็นต์จะมีสีแดงเข้ม

Fink – Gremmels และคณะ (1991) ได้สกัดสารสีโมแนสคัสจาก *M. purpureus* DSM 1379 ด้วยเมทานอลแล้วเติมลงในไส้กรอกแฟรงเฟอเตอร์ เพื่อลดปริมาณไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าสารสีสกัดจะทำให้เกิดสีน้ำตาลแดงซึ่งเป็นสีที่ผู้บริโภคต้องการในผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีไนไตรท์ และเมื่อนำไปให้แสงเป็นเวลา 30 นาที และ 2.5 ชั่วโมง สีของไส้กรอกที่เติมสารสีโมแนสคัสจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

Farbe และคณะ (1993) ศึกษาคุณสมบัติของสารสีจาก *M. ruber* ในอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้เอธานอลและกลูตาเมตเป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจน หลังจากการสกัดและการทำให้บริสุทธิ์ก็ได้ตรวจสอบคุณสมบัติของสารสีที่อยู่ในสารละลาย โดยทดสอบความคงตัวของสารสีทั้งในสารละลายและเมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ พบว่าสารสีที่เติมลงในผลิตภัณฑ์จะยังคงอยู่ได้เมื่อเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลานานถึง 3 เดือน จะคงตัวอยู่ระหว่าง 92-98 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสปรากฏว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมสารสีจาก *M. ruber* จะช่วยเพิ่มกลิ่นรส เนื่องจากสารสีรวมตัวกับกลูตาเมต

Lee และคณะ (1995) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารสีเพื่อผลิตเหล้าสาเกโดยทำโปรโต พลาสฟิวชันระหว่างเชื้อรา *M. anka* กับเชื้อรา *Aspergillus oryzae* การเลี้ยงโดยใช้เทคนิคกึ่งการหมักแห้งและหมักเปียก (solid-liquid state culture method)

ทศพร นามโฮ่ง (2544) ศึกษาการใช้ข้าวแดงเพื่อปรับปรุงสีในไส้กรอกอิมัลชั่น โดยเปรียบเทียบด้วยการประเมินผลทางประสาทสัมผัสกับไส้กรอกที่ใช้ผงเพรค 0.3 เปอร์เซ็นต์ พบว่าข้าวแดงบดละเอียดในระดับ 0.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเนื้อ ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด ส่วนการใช้สีที่สกัดจากข้าวแดงบดละเอียด พบว่าไส้กรอกจากสีที่สกัดจากข้าวแดงบดละเอียดในระดับ 0.3 0.6 และ 0.9 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องสี และการยอมรับโดยรวม และเมื่อเก็บไส้กรอกที่ปรับปรุงสีโดยใช้ข้าวแดงบดละเอียด พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี

2.9 ความปลอดภัยของสารสีโมแนสคัส

เชื้อราโมแนสคัสมีประวัติใช้เป็นแหล่งเอนไซม์เพื่อผลิตอาหารหมักพื้นบ้านในประเทศจีนและแถบเอเชียมาเป็นเวลานานหลายร้อยปีแล้ว สีธรรมชาติจากเชื้อราโมแนสคัสถูกนำมาใช้เป็นสีผสมอาหารแทนสีสังเคราะห์ที่ผลิตโดยวิธีทางเคมี เพราะมีราคาถูก ความปลอดภัยสูงกว่า อีกทั้งยังไม่พบว่าเป็นสารก่อมะเร็งเหมือนในสีผสมอาหารประเภทสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบพวก coal tar dyes

บุษบา ยงสมิทธ์ และคณะ (2531) ทดสอบความเป็นพิษของสารสีที่ได้จากเชื้อราโมแนสคัสต่อการฟักตัวของไข่ไก่ (ตารางที่ 2.7) ต่อการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมของเม็ดเลือดขาวและต่อหนู พบว่าสารสีไม่มีพิษต่อการฟักตัวของไข่ไก่ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครโมโซมของเม็ดเลือดขาว และไม่พบความผิดปกติใด ๆ ในหนูทดลอง ซึ่งตรงกับการทดสอบความเป็นพิษของสารสีจากเชื้อราโมแนสคัสในหนูของ Kaio และคณะ (1978)

ตารางที่ 2.7 แสดงเปอร์เซ็นต์การฟักตัวของไข่ไก่ เมื่อฉีดด้วยน้ำสีเหลือง และน้ำสีแดงจาก *M. barkeri* และ *M. kaoliang* ตามลำดับ

ตัวอย่างน้ำสีที่ฉีดไข่	จำนวนไข่ (ฟอง)	จำนวนไข่ที่ฟักเป็นตัวทั้งหมด (ฟอง)	เปอร์เซ็นต์การฟักเป็นตัว
Control			
ไม่ฉีดน้ำกลั่น	10	6	77.5
ฉีดน้ำกลั่น	30	25	83.3
M. barkeri KB10 (35.55 หน่วยต่อมิลลิลิตร)			
สีเหลืองเจือจาง 2 เท่า	10	9	90.00
เจือจาง 5 เท่า	25	21	84.00
M. kaoliang KB9 (67.90 หน่วยต่อมิลลิลิตร)			
สีแดงเจือจาง 2 เท่า	30	23	76.67
เจือจาง 5 เท่า	30	25	83.33

ที่มา : บุษบา ยงสมิทธิ์ และคณะ (2531)

2.10 อันตรายของไนเตรตและไนไตรท์

ทั้งไนเตรตและไนไตรท์เป็นพิษแก่ร่างกายเมื่อบริโภคในปริมาณมากเกินไป โดยเฉพาะไนไตรท์มีพิษแรงกว่าไนเตรตเพราะเมื่อซึมผ่านลำไส้เข้าสู่กระแสโลหิตแล้วจะไปออกซิไดส์ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงกลายเป็น เมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ซึ่งจะทำให้เม็ดเลือดนั้นหมดสภาพไม่สามารถลำเลียงออกซิเจนได้อีก ความเป็นพิษไนเตรตได้มีรายงานไว้ว่า เด็กดื่มน้ำที่มีไนเตรตเพียง 30 พีพีเอ็ม แล้วเสียชีวิตแสดงว่าไนเตรตมีพิษต่อเด็กมาก โดยเฉพาะทารกที่อายุต่ำกว่า 6 สัปดาห์เพราะในกระเพาะของเด็กมีแบคทีเรียที่รีดิวซ์ไนเตรตให้เป็นไนไตรท์ได้ ประกอบกับเด็กยังไม่สร้างกรดเกลือในกระเพาะที่จะช่วยกำจัดแบคทีเรียดังกล่าวได้แม้ในผู้ใหญ่ที่ได้รับไนเตรตในปริมาณมากเกินไป และมีเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวอยู่ในกระเพาะจะได้รับพิษดังกล่าวได้เช่นกันจึงเป็นข้อพึงระวังการบริโภคผลิตภัณฑ์พวก cured meat ในเด็กอ่อน ปัจจุบันในประเทศอังกฤษได้กำหนดให้ไนเตรตและไนไตรท์เป็นสารเคมีถนอมอาหารชนิดสังเคราะห์ (synthetic chemical perservative) มีกฎหมายควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากพิษอันเนื่องจากไนเตรตและไนไตรท์โดยตรงดังกล่าวแล้ว ยังพบว่าสารประกอบดังกล่าวจะช่วยให้เกิดสารประกอบที่เรียกว่าไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งได้พิสูจน์แล้วว่าสารนี้คือสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (carcinogen) เช่น ไดเอทิลไนโตรซามีน (diethylnitrosamine) เป็นสาเหตุโรคมะเร็งในตับของสัตว์ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบในการผลิตไส้กรอกและกุนเชียง

- เนื้อหมูส่วนสันนอก
- มันแข็ง
- เครื่องเทศ
- เกลือ
- น้ำตาล
- ไส้เทียม (regenerated collagen)
- ข้าวแดง ได้รับความอนุเคราะห์จาก บ. กริฟฟิทท์ ที เอ็น เอฟ จำกัด

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

- Cooked meat medium
- Plate count agar
- Peptone
- Sulphite polymyxin sulphadiazin agar

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมไส้กรอกและกุนเชียง

- เครื่องสับผสม	DITO SAMA	เยอรมันนี
- เครื่องชั่งชนิดหยาบ	Mettler, AE 204	สวิตเซอแลนด์
- เครื่องชั่งชนิดละเอียด	Mettler, AE 3000	สวิตเซอแลนด์
- เครื่องบดเนื้อ	US BERKEL	เยอรมันนี
- เครื่องบรรจุไส้	Handtman	เยอรมันนี
- เครื่องทำแห้งแบบถาด	Tray dryer B.W.S - 3	
- เครื่องบรรจุสุญญากาศ	Vacuum VAMA	เยอรมันนี
- ตู้อบรมควัน	Autotherm	เยอรมันนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สี

- เครื่องวัดสี Minolta, CR – 300

3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่า water activity

- เครื่องวัดค่า water activity Thermoconstanter สวิตเซอแลนด์

3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- จานพลาสติก
- แก้วน้ำพลาสติก

3.2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

- อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- Autoclave
- ตู้บ่มเชื้อ
- ตู้อบลมร้อน
- Stomacher

3.2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาอายุการเก็บรักษา

- ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ Sanyo ไทย

3.3 สถานที่ดำเนินการ

ห้องตัดแต่งเนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การใช้ข้าวแดงในการแต่งสีและทดแทนปริมาณไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน

ศึกษาผลของปริมาณข้าวแดง 4 ระดับ คือ 0.25 % 0.50 % 0.75 % และ 1.00 % ของน้ำหนักเนื้อ โดยใช้ข้าวแดงแทนไนไตรท์ในสูตรควบคุม (ตารางที่ 3.1) และมีขบวนการผลิตดังภาพที่ 3.1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำไส้กรอกมาทำการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

. สี โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta, CR-300)

นำไส้กรอกมาหั่นตามขวางเป็นแผ่นบางขนาด 2 มิลลิเมตร วัดสีของพื้นที่ภาคตัดขวางของไส้กรอก และปอกเปลือกบริเวณผิวด้านนอกของไส้กรอก นำมาแผ่ออกเพื่อวัดสีบริเวณผิวด้านนอกของไส้กรอก

โดยวัดค่า

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

a = redness / greeness (+ = red, - = green)

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

นำมาคำนวณค่า Hue (angle of rotation) และค่าความแตกต่างของสี (total color difference) ΔE

H = 0 degree ⟶ red H = 90 degree ⟶ yellow

H = 180 degree ⟶ green H = 270 degree ⟶ blue

$(\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}\ ;\ Hue = \tan^{-1} b/a)$

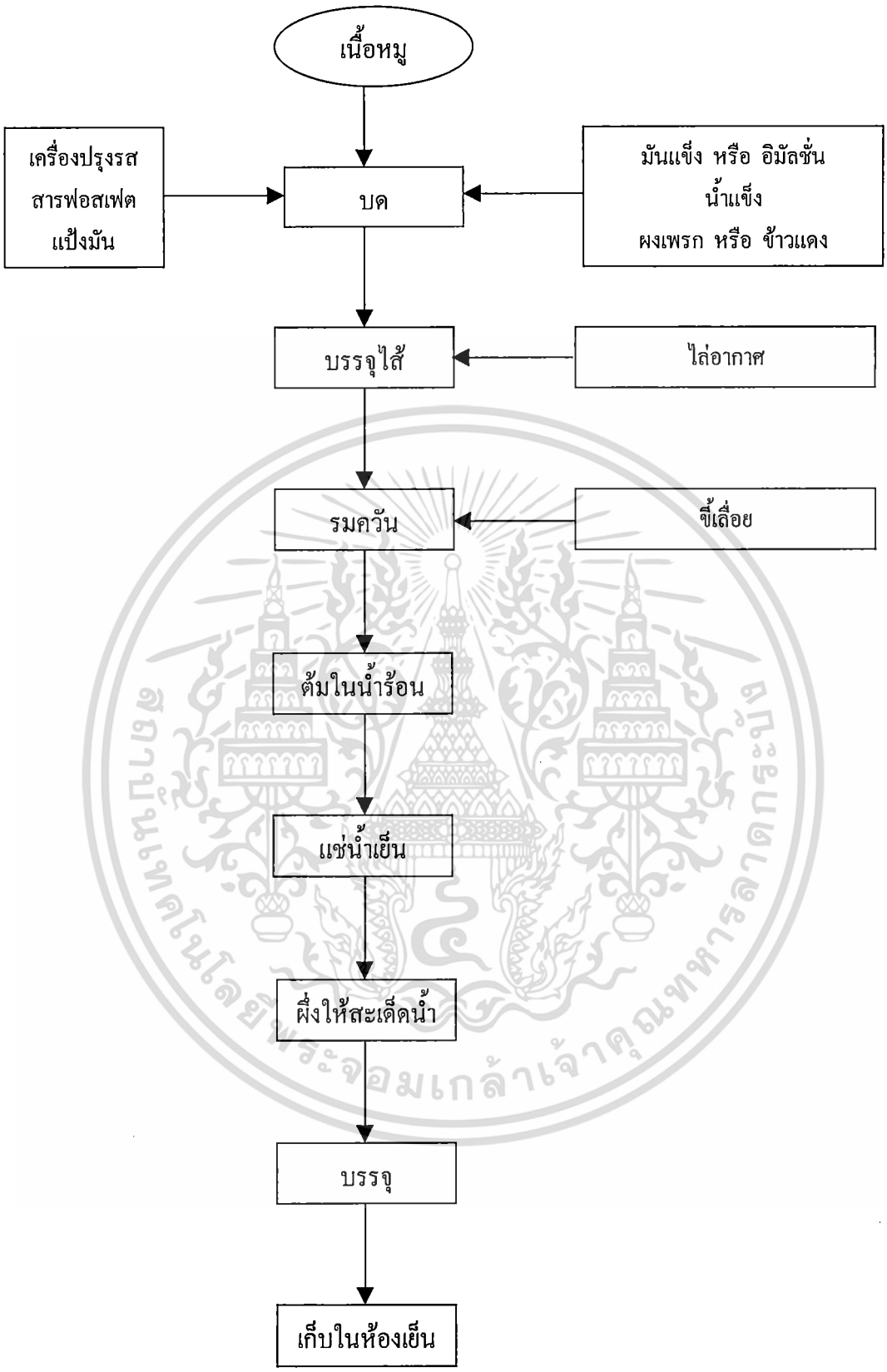
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงสูตรควบคุมไส้กรอกรมควัน

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
เนื้อหมู	5000
มันแข็ง	3000
น้ำแข็ง	2000
เกลือ	107
ผงเพรก	26
ฟอสเฟต (K_7)	53
น้ำตาลทราย	42
ผงชูรส	17
วินเนอร์พรีมิกซ์ *	200
กระเทียมบด	100
หอมหัวใหญ่	183
ปาปริก้า	10
อิริทรอเบท	7

หมายเหตุ : * เป็นเครื่องเทศประกอบด้วย ปาปริก้า พริกไทย ดอกจันทน์ เมล็ดผักชี ขิงผง ผงชูรส น้ำตาลทราย และแป้งมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการผลิตไส้กรอกแบบอิมัลชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำไส้กรอกรมควันไปทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมโดยใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน โดยการให้คะแนนความชอบแบบ 9 – point Hedonic Scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) เวอร์ชั่น 10.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเพื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บ

3.4.2. ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

3.4.2.1 นำไส้กรอกรมควันที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.4.1 บรรจุลงใน ถุงพลาสติกโพลีโพรไพลิน หนาประมาณ 25 – 30 ไมครอน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตชนิด OPP 20/ MPET 12/ LLDPE 30 ไมครอน ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ศึกษาที่สภาวะการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 3 วัน ทำการตรวจสอบคุณภาพ

. คุณภาพทางกายภาพและเคมี

- สี โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta, CR-300)
  โดยวัดค่า L a b นำมาคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ Hue
- Water Activity (a_w)
- ความชื้น

. คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ โดยตรวจเชื้อ

- แอนแอโรบิกแบคทีเรีย (AOAC., 1995)
- *Clostridium perfringens* (AOAC., 1995)

3.4.2.2 นำไส้กรอกรมควันที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.4.1 บรรจุลงใน ถุงพลาสติกโพลีโพรไพลินหนาประมาณ 25 – 30 ไมครอน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตชนิด OPP 20/ MPET 12/ LLDPE 30 ไมครอน ปิดผนึกแบบธรรมดา ศึกษาที่สภาวะการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 3 วัน ทำการตรวจสอบคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

. คุณภาพทางกายภาพและเคมี

- สี โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta, CR-300)

  โดยวัดค่า L a b นำมาคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ Hue

- Water Activity (a_w)
- ความชื้น

. คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ โดยตรวจเชื้อ

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC., 1995)

3.4.3 การใช้ข้าวแดงในการแต่งสีและทดแทนปริมาณไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง

ศึกษาผลของปริมาณข้าวแดง 4 ระดับ คือ 0.25 % 0.50 % 0.75 % และ 1.00 % ของน้ำหนักเนื้อ โดยใช้ข้าวแดงแทนไนไตรท์ในสูตรควบคุมดังตารางที่ 3.2 และมีขบวนการผลิตดังภาพที่ 3.2 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำกุนเชียงมาทำการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

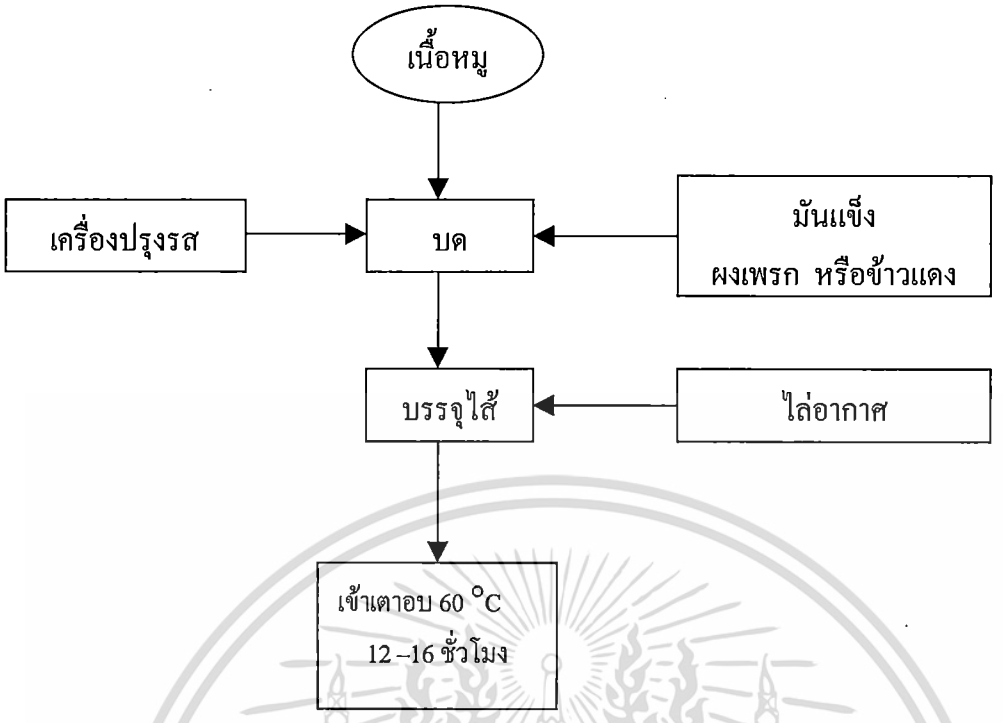
. สี โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta, CR-300)

นำกุนเชียงมาหั่นตามขวางเป็นแผ่นบางขนาด 2 มิลลิเมตร วัดสีของพื้นที่ภาคตัดขวางของกุนเชียง และปอกเปลือกบริเวณผิวด้านนอกของกุนเชียง นำมาแผ่ออกเพื่อวัดสีบริเวณผิวด้านนอกของไส้กรอก โดยวัดค่า L a b และนำมาคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ Hue

ตารางที่ 3.2 แสดงสูตรควบคุมของกุนเชียง

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
เนื้อหมู	3,000
มันแข็ง	750
ผงเพรก	5
ฟอสเฟต	7
โซเดียมแอสคอร์เบท และอิริทรอเบท	20
ผงพะโล้	3
เกลือ	80
น้ำตาลทราย	750
ผงชูรส	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการผลิตกุนเชียง

. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำกุนเชียงไปทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมโดยใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน โดยการให้คะแนนความชอบแบบ 9 – point Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) เวอร์ชั่น 10.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเพื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บ

3.4.4 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์กุนเชียง

3.4.4.1 นำกุนเชียงที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.4.3 บรรจุลงใน ถุงพลาสติกโพลีโพรไพลินหนาประมาณ 25 – 30 ไมครอน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตชนิด OPP 20/ MPET 12/ LLDPE 30 ไมครอน ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ศึกษาที่สภาวะการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 เดือนติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 5 วัน ทำการตรวจสอบคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

. คุณภาพทางกายภาพและเคมี

- สี โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta, CR – 300)
  โดยวัดค่า L a b นำมาคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ Hue
- Water Activity (a_w)
- ความชื้น

. คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ โดยตรวจเชื้อ

- แอนแอโรบิกแบคทีเรีย (AOAC., 1995)
- *Clostridium perfringens* (AOAC., 1995)

3.4.4.2 นำกุนเชียงที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.4.3 บรรจุลงในถุงพลาสติกโพลีโพรไพลินหนาประมาณ 25 – 30 ไมครอน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนตชนิด OPP 20 / MPET 12/ LLDPE 30 ไมครอน ที่เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จำนวน 12 รู ปิดผนึกแบบธรรมดา เก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่ความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศ 55 – 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 เดือน ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 5 วัน ทำการตรวจสอบคุณภาพ

. คุณภาพทางกายภาพและเคมี

- สี โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta, CR – 300)
  โดยวัดค่า L a b นำมาคำนวณค่าความแตกต่างของสี (ΔE) และ Hue
- Water Activity (a_w)
- ความชื้น

. คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ โดยตรวจเชื้อ

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC., 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน

จากการใช้ข้าวแดง 4 ระดับ คือร้อยละ 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 ของน้ำหนักเนื้อทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน และเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไนไตรท์ (สูตรควบคุม) ทำการวัดสีทั้งภายในและภายนอก จากการวัดสีภายในโดยนำไส้กรอกรมควันมาหั่นตามขวางเป็นแผ่นบางขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.1) พบว่าไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมที่ใช้ไนไตรท์มีค่า L ซึ่งแสดงถึงความสว่างมีค่าสูงที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงทั้ง 4 ระดับ และเมื่อเพิ่มปริมาณข้าวแดงมากขึ้นค่าความสว่าง (L) มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง สำหรับค่า a ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง (+ หมายถึงสีแดง - หมายถึงสีเขียว) พบว่าไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมมีค่า a 11.91 ต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ โดยที่เมื่อใช้ปริมาณข้าวแดงเพิ่มขึ้นจะมีค่า a เพิ่มขึ้น สูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 1.00 มีสีแดงเข้มที่สุด และมีค่า a 19.34 ส่วน ค่า b ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีเหลือง (+ หมายถึงสีเหลือง - หมายถึง สีน้ำเงิน) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในทุกตัวอย่างทดลอง ค่า H (Hue) แสดงถึงค่าสีหลัก พบว่าสูตรควบคุมมีค่าสีหลักมากที่สุด 50.95 และเมื่อใช้ปริมาณข้าวแดงเพิ่มขึ้นค่า H จะลดลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดงมีความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น และจากค่า ΔE (total color difference) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่าเมื่อใช้ข้าวแดงเพิ่มขึ้น ΔE จะเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในทุกตัวอย่างทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า L a b H และ ΔE ของสีภายในของไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมกับไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ กัน

ชนิดของไส้กรอก	L	a	b	H	ΔE
สูตรควบคุม	69.32 ^{a} ±0.07	11.91^{a}±00.18	14.68 ^{a}±0.20	50.95 ^{a}±0.32	0^{a}± 0.00
ข้าวแดง 0.25 %	67.68 ^{b}±0.14	12.76 ^{b}±0.04	14.68 ^{a}±0.18	48.99^{b}±0.41	1.87 ^{b}±0.12
ข้าวแดง 0.50 %	63.93 ^{c}±0.56	16.08 ^{c}±0.09	14.63 ^{a}±0.34	42.31^{c}±0.79	6.82 ^{c}±0.57
ข้าวแดง 0.75 %	63.11 ^{c}±0.41	17.62 ^{d}±0.03	14.75 ^{a} ±0.17	39.94 ^{d}±0.32	8.44 ^{d}±0.38
ข้าวแดง 1.00 %	58.52 ^{d}±1.38	19.34 ^{e}±0.44	14.79 ^{a} ±0.32	37.41^{e}±0.73	13.12 ^{e}±1.40

หมายเหตุ

ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05)

จากการวัดสีผิวด้านนอกของไส้กรอกรมควัน โดยปอกเปลือกบริเวณผิวด้านนอกของไส้กรอกรมควัน และแผ่ออก เพื่อให้สะดวกต่อการวัด (ตารางที่ 4.2) พบว่าไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมจะมีค่า L 64.67 สูงที่สุด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) กับไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.25 และพบว่าไส้กรอกรมควันที่ใช้ปริมาณข้าวแดงเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.25 เป็นร้อยละ 0.50 0.75 และ 1.00 นั้นจะมีค่า L ลดลงอย่างต่อเนื่อง แสดงว่าเมื่อใช้ข้าวแดงเพิ่มขึ้นจะทำให้ไส้กรอกรมควันมีสีคล้ำลงเช่นเดียวกับสีภายในของไส้กรอกรมควัน ส่วนค่า a พบว่าไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมมีค่า a 11.40 และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) กับไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.25 เมื่อใช้ข้าวแดงเพิ่มขึ้นค่า a ก็จะเพิ่มขึ้น ส่วนค่า b พบว่าไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมจะมีค่า b 18.45 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) กับไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.25 และเมื่อใช้ปริมาณข้าวแดงเพิ่มขึ้นจะมีค่า b ลดลง ค่าH พบว่าสูตรควบคุมมีค่าสีหลักมากที่สุด 58.30 และเมื่อใช้ปริมาณข้าวแดงเพิ่มขึ้นค่า H จะลดลงเป็น 41.36 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดงมีความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น และค่า ΔE เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าเมื่อใช้ข้าวแดงเพิ่มขึ้น ΔE จะเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ในทุกตัวอย่างทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

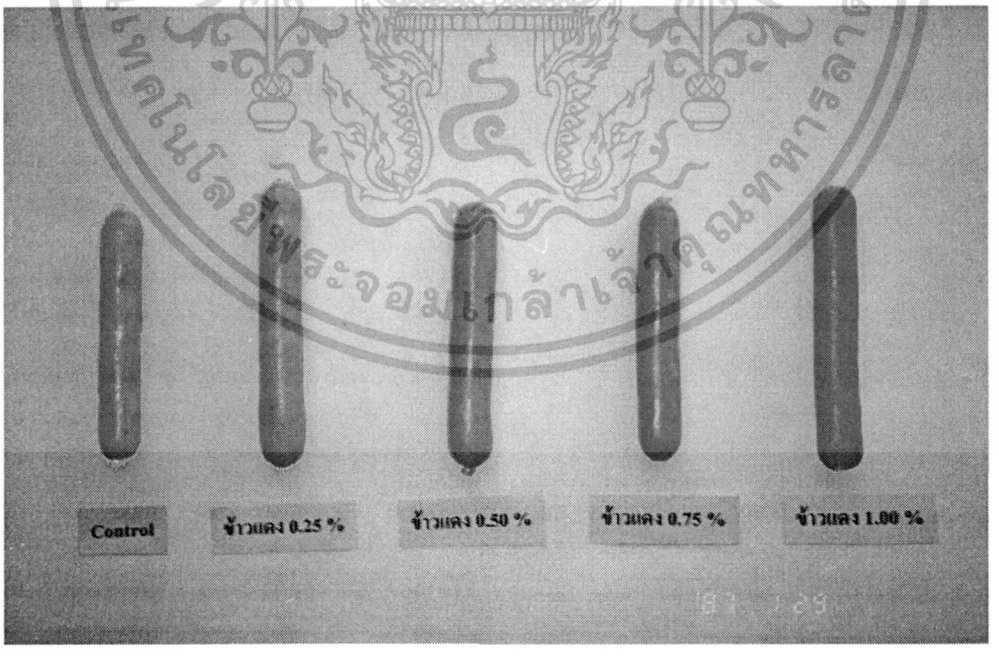
ตารางที่ 4.2 แสดงค่า L a b H และ ΔE ของสีภายนอกของไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมกับไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ กัน

ชนิดของไส้กรอก	L	a	b	H	ΔE
สูตรควบคุม	64.67 $^{a}\pm$0.17	11.40 $^{a}\pm$0.40	18.45 $^{a}\pm$0.14	58.30$^{a}\pm$0.79	0$^{a}\pm$ 0.00
ข้าวแดง 0.25 %	64.14 $^{a}\pm$0.54	11.48 $^{a}\pm$0.10	18.47 $^{a}\pm$0.42	58.13 $^{a}\pm$0.61	0.90 $^{b}\pm$0.21
ข้าวแดง 0.50 %	60.29 $^{b}\pm$0.22	14.70 $^{b}\pm$0.11	17.23 $^{b}\pm$0.14	49.54$^{b}\pm$0.18	5.62 $^{c}\pm$0.23
ข้าวแดง 0.75 %	58.17 $^{c}\pm$0.26	16.55 $^{c}\pm$0.13	16.15 $^{c}\pm$0.30	44.30$^{c}\pm$0.61	8.61 $^{d}\pm$0.29
ข้าวแดง 1.00 %	55.66 $^{d}\pm$0.43	17.21 $^{d}\pm$0.17	15.15 $^{d}\pm$0.22	41.36$^{d}\pm$0.26	11.22 $^{e}\pm$0.59

หมายเหตุ

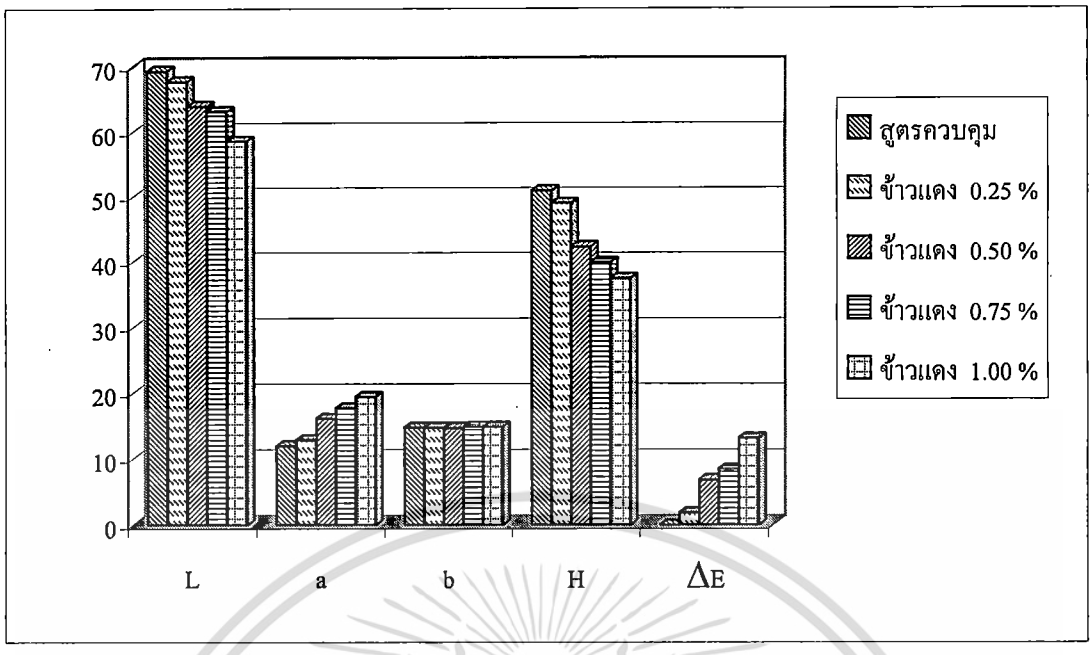
ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการทดลองพบว่า การใช้ข้าวแดงในการทดแทนไนไตรท์จะทำให้ไส้กรอกรมควันมีสีแดงคล้ำ (ภาพที่ 4.1) ซึ่งสีของไส้กรอกรมควันบริเวณภายในและภายนอกจะแตกต่างกัน โดยที่สีภายนอกจะมีความคล้ำมากกว่าสีภายในซึ่งพบได้จากค่า L ที่ต่ำกว่า และมีสีน้ำตาลมากกว่าบริเวณภายในซึ่งพบได้จากค่า b และค่า H (ภาพที่ 4.2) เนื่องจากในขั้นตอนการรมควันทำให้ความชื้นของผิวนอกลดลงต่ำกว่าภายใน ทำให้สีภายนอกมีสีคล้ำและมีสีน้ำตาล

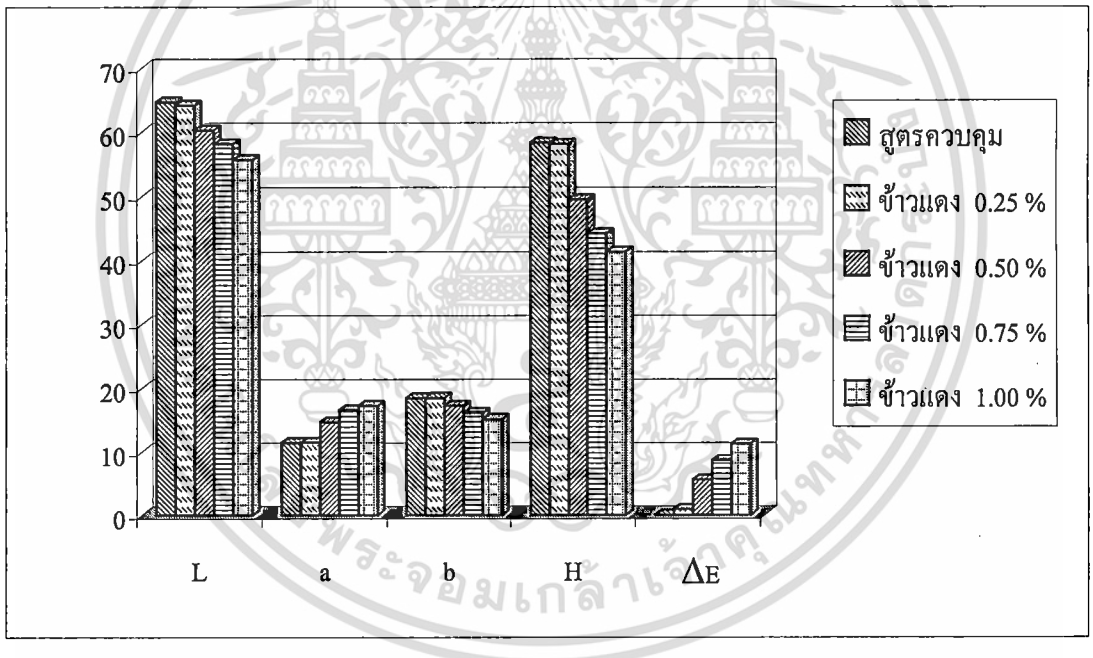


ภาพที่ 4.1 แสดงผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.2 แสดงค่า L a b H และ ΔE ของไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมกับไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่างๆ กัน (ก) : สีภายใน (ข) : สีภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะพิจารณาจาก ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น และการยอมรับโดยรวม โดยมีการให้คะแนนความชอบแบบ 9- point hedonic scale มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 คะแนน คะแนน 9 ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 ไม่ชอบมากที่สุด

จากผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกรมควัน (ตารางที่ 4.3) เมื่อพิจารณาจากคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ พบว่าสูตรควบคุมมีคะแนนการยอมรับเท่ากับสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.25 คือ 5.45 ซึ่งต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 และ 0.75 ทั้งนี้อาจเนื่องจากอิทธิพลทางด้านสี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค และจากคุณลักษณะทางด้านสีพบว่าสูตรควบคุมมีคะแนนการยอมรับ 5.65 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับไส้กรอกรมควันสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.25 และร้อยละ 1.00 โดยที่สูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 จะมีคะแนน 6.50 ซึ่งเป็นคะแนนสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับไส้กรอกรมควันสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.75

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางด้านรสชาติและกลิ่น พบว่าทุกสูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าเมื่อใช้ข้าวแดงแทนไนไตรท์ไม่มีผลทำให้รสชาติและกลิ่นเปลี่ยนแปลงไป และไม่พบการบอกลักษณะบ่งชี้ถึงรสชาติและกลิ่นที่แตกต่างไปจากสูตรควบคุม

ด้านการยอมรับโดยรวม พบว่าสูตรควบคุมจะมีคะแนน 6.25 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.25 สูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 มีคะแนนสูงที่สุดคือ 6.55 และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.75 และ 1.00 จากการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสนี้ พบว่าไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ได้รับการยอมรับมากกว่าสูตรควบคุมในด้านลักษณะปรากฏและสี และปริมาณข้าวแดงที่เหมาะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.50 – 0.75 จึงเลือกข้าวแดงในระดับร้อยละ 0.50 มาใช้ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาเนื่องจากเป็นปริมาณน้อยที่สุด ที่ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกรมควัน

คุณลักษณะ	สูตรควบคุม	ปริมาณข้าวแดง			
		0.25 %	0.50%	0.75 %	1.00 %
ลักษณะปรากฏ	$5.45^{a}\pm1.43$	$5.45^{a}\pm1.19$	$6.25^{b}\pm1.25$	$6.25^{b}\pm1.52$	$6.00^{ab}\pm1.39$
สี	$5.65^{ab}\pm1.53$	$5.25^{a}\pm1.45$	$6.50^{b}\pm1.64$	$6.40^{b}\pm1.39$	$5.40^{a}\pm1.98$
รสชาติ	$6.05^{a}\pm1.23$	$6.00^{a}\pm0.97$	$6.55^{a}\pm0.94$	$6.20^{a}\pm1.51$	$6.65^{a}\pm1.42$
กลิ่น	$6.30^{a}\pm1.26$	$5.95^{a}\pm1.32$	$6.40^{a}\pm1.05$	$6.55^{a}\pm0.94$	$6.65^{a}\pm1.79$
การยอมรับโดยรวม	$6.25^{a}\pm1.41$	$5.75^{ab}\pm1.29$	$6.55^{b}\pm0.94$	$6.50^{b}\pm1.05$	$6.45^{b}\pm1.23$

หมายเหตุ

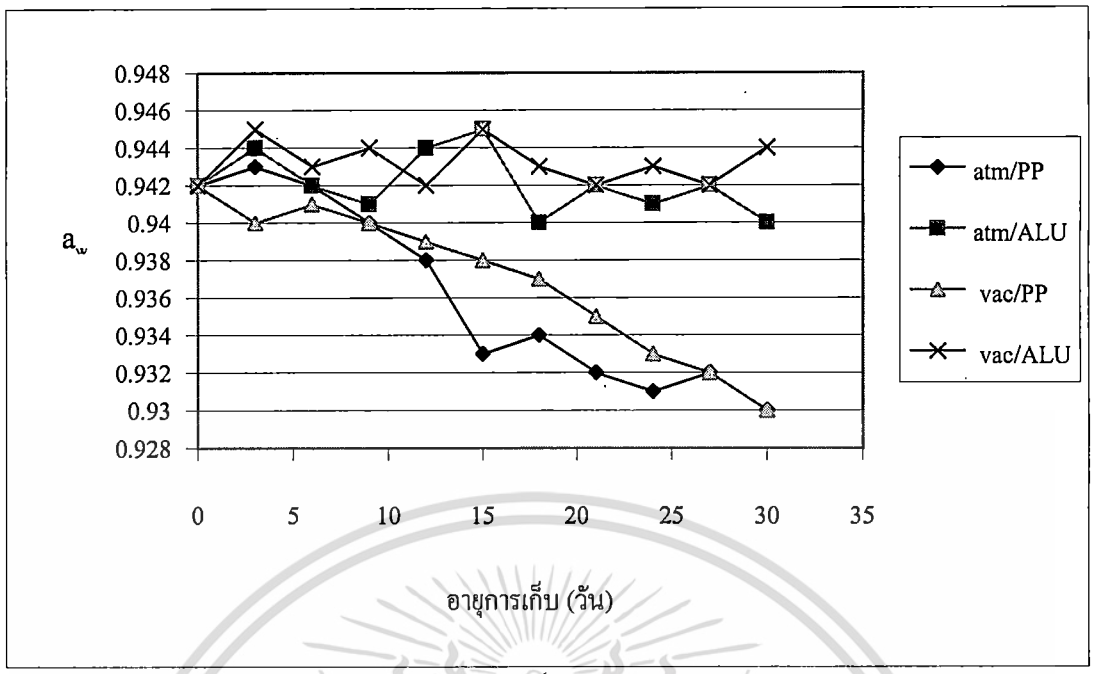
1. ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)
2. ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม 20 คน

4.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน

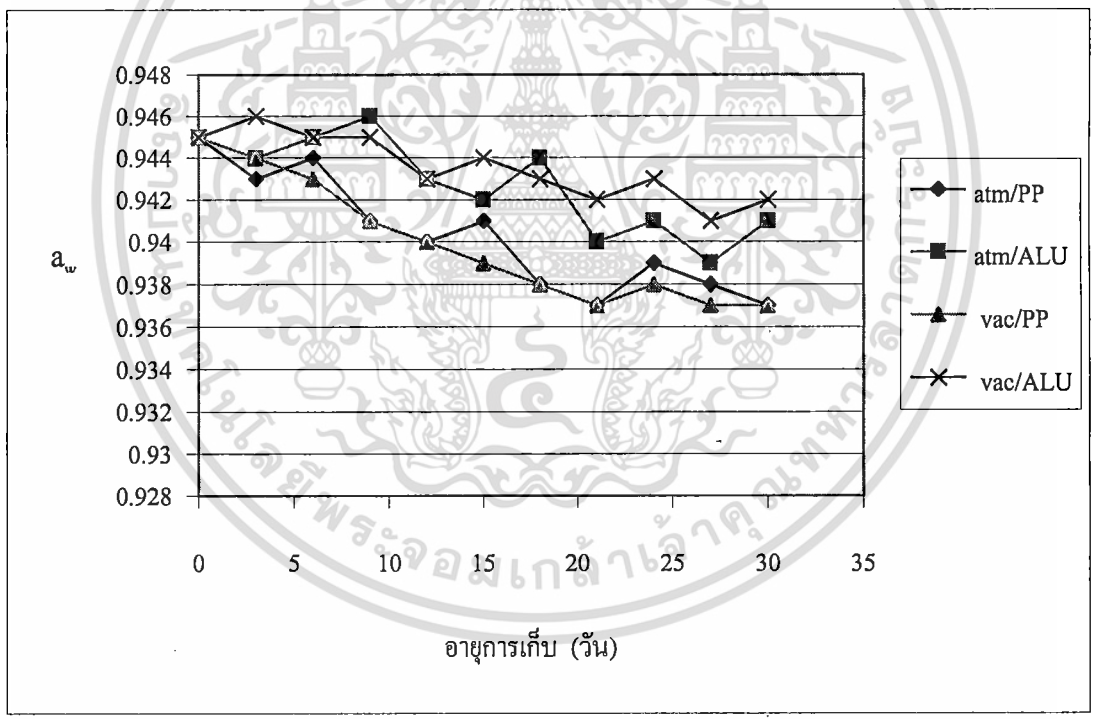
4.2.1 ความชื้น และWater activity (a_w)

เนื่องจากค่า a_w และความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ จากภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ของไส้กรอกรมควันสูตรควบคุมและไส้กรอกรมควันสูตรที่ใช้ข้าวแดง เมื่อเก็บรักษาในอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลิน (PP) จะมีแนวโน้มของค่า a_w ลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) โดยผลิตภัณฑ์จะมีการเปลี่ยนแปลงค่า a_w เพียงเล็กน้อย และมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ทั้งนี้เนื่องจากถุงอะลูมิเนียมฟอยด์มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ และอากาศน้อยกว่าถุงโพลีโพรไพลิน จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลินมีการสูญเสียความชื้นมากกว่าในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w จะมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้น (ภาพที่ 4.4) เมื่อค่า a_w ลดลงความชื้นของไส้กรอกรมควันก็จะลดลงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

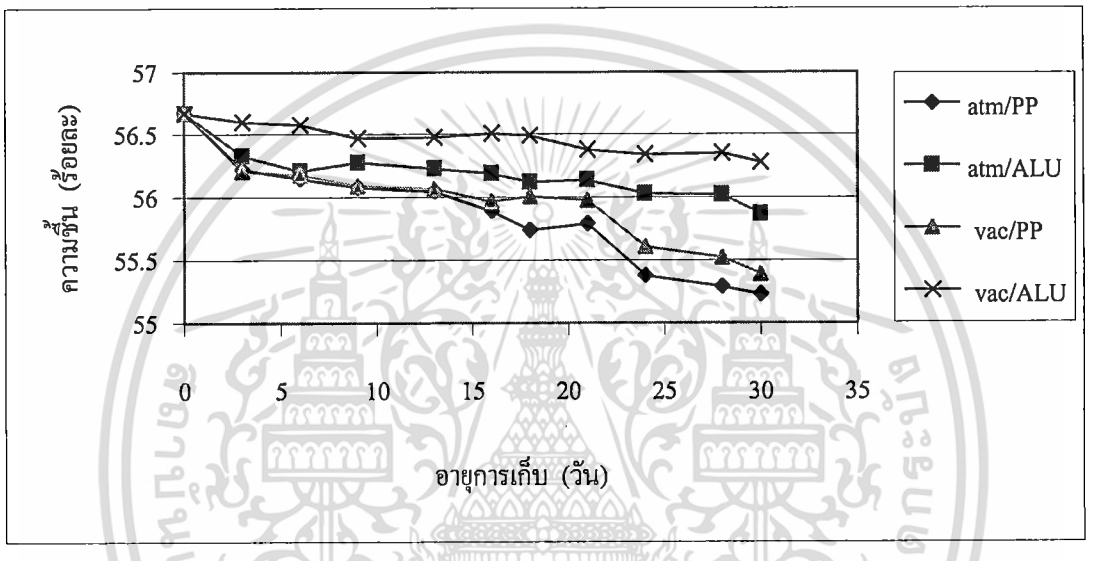


(ข)

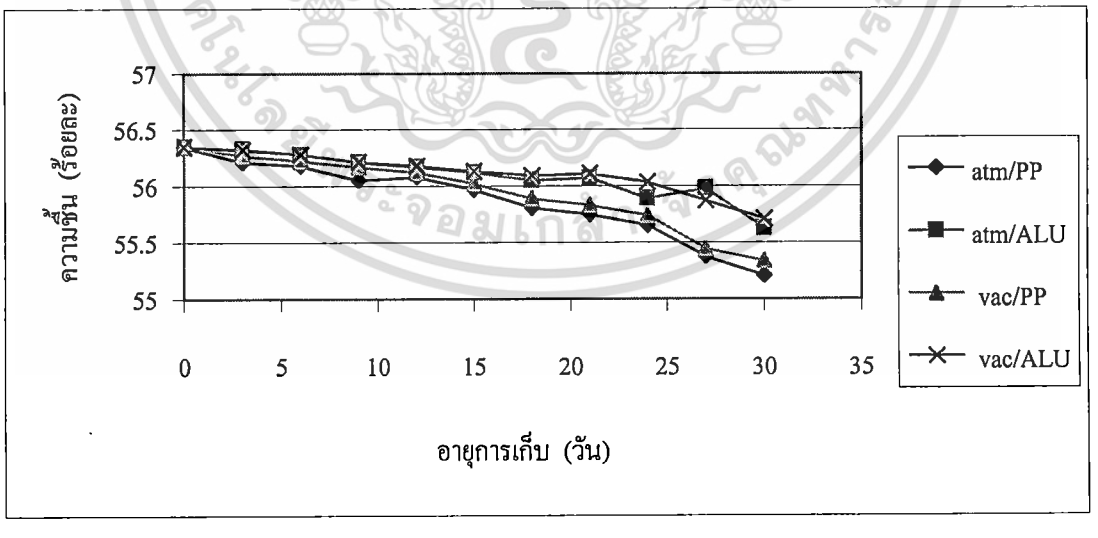
ภาพที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า water activity (a_w) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน (ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนความชื้นของไส้กรอกรมควันสูตรควบคุม และไส้กรอกรมควันที่ใช้ข้าวแดงเมื่อเก็บรักษาในอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติและบรรจุสุญญากาศ พบว่าจะผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลินจะมีแนวโน้มของความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์โดยจะมีการสูญเสียความชื้นเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าถุงโพลีโพรไพลินมีการสูญเสียความชื้นในระหว่างการเก็บรักษามากกว่าถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์มีความชุ่มฉ่ำของเนื้อสัมผัสของไส้กรอกมากกว่าที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลิน



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน

(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา

4.2.2.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count)

การศึกษาอายุการเก็บรักษาไส้กรอกรมควันที่บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ ในถุงโพลีโพรไพลินและถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในไส้กรอกรมควันสูตรควบคุม ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลินและถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็น 6.863 และ 6.845 logโคโลนีต่อกรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน ซึ่งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะน้อยกว่าในไส้กรอกรมควันสูตรที่ใช้ข้าวแดงบรรจุในถุงโพลีโพรไพลิน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วันเป็น 6.892 และ 6.881 logโคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) โดยพบว่าสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากสารไนไตรท์มีคุณสมบัติในการช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536) และจากการสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ การเกิดเมือก และกลิ่นที่ผิดปกติ พบว่าวันที่ 24 ผลิตภัณฑ์เริ่มเกิดเมือกบางๆ และมีกลิ่นผิดปกติ อย่างไรก็ตามข้าวแดงมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (Wong and Kolehler, 1981) แต่จากการทดลองได้ใช้ข้าวแดงในปริมาณเพียงเล็กน้อย จึงมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้เพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (logโคโลนีต่อกรัม)

อายุการเก็บรักษา	ควบคุม		ข้าวแดง 0.50 %	
(วัน)	PP	ALU	PP	ALU
0	$^{a}0^{a}$	$^{a}0^{a}$	$^{a}0^{a}$	$^{a}0^{a}$
3	$^{b}2.322^{b}$	$^{b}2.278^{a}$	$^{b}2.342^{c}$	$^{b}2.362^{d}$
6	$^{c}3.278^{b}$	$^{c}3.255^{a}$	$^{c}3.322^{c}$	$^{c}3.342^{d}$
9	$^{d}3.998^{a}$	$^{d}3.415^{a}$	$^{d}3.447^{c}$	$^{d}3.431^{b}$
12	$^{e}3.851^{b}$	$^{c}3.838^{a}$	$^{c}3.875^{c}$	$^{c}3.863^{c}$
15	$^{e}3.954^{a}$	$^{e}3.949^{a}$	$^{e}3.982^{b}$	$^{e}3.977^{b}$
18	$^{f}4.633^{a}$	$^{f}4.653^{b}$	$^{f}4.681^{c}$	$^{f}4.672^{c}$
21	$^{g}4.763^{a}$	$^{g}4.771^{a}$	$^{g}4.778^{b}$	$^{g}4.785^{b}$
24	$^{h}5.322^{a}$	$^{h}5.398^{b}$	$^{h}5.431^{c}$	$^{h}5.415^{c}$
27	$^{i}6.176^{b}$	$^{i}6.114^{a}$	$^{i}6.255^{c}$	$^{i}6.204^{d}$
30	$^{j}6.863^{b}$	$^{j}6.845^{a}$	$^{j}6.892^{c}$	$^{j}6.881^{c}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 ปริมาณแอนแอโรบิกแบคทีเรีย (anaerobic bacteria)

การบรรจุที่สภาวะสุญญากาศ ในถุงโพลีโพรไพลีน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.5) พบว่าการเพิ่มปริมาณแอนโอบิกแบคทีเรีย มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะมีแอนโอบิกแบคทีเรียเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในไส้กรอกรมควันสูตรควบคุม ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ จะมีแอนโอบิกแบคทีเรีย เพิ่มขึ้นในวันที่ 30 เป็น 6.255 และ 6.230 logโคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งจะน้อยกว่าในไส้กรอกรมควันสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ซึ่งมีแอนโอบิกแบคทีเรีย เพิ่มขึ้นในวันที่ 30 เป็น 6.342 และ 6.322 logโคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ โดยที่สูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 จะมีปริมาณแอนโอบิกแบคทีเรียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากสารไนไตรท์จะมีผลยับยั้งต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และป้องกันการงอกของ สปอร์ของแอนโอบิกแบคทีเรีย ซึ่งจุลินทรีย์ที่ทำให้ไส้กรอกบรรจุสุญญากาศเน่าเสียคือแบคทีเรียแกรมบวกในกลุ่มแบคทีเรียแลคติกเช่น *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp., *Micrococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Pediococcus* spp. (Korkeala and Bjorkroth, 1997)

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณแอนแอโรบิกแบคทีเรียของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน บรรจุในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (log โคโลนีต่อกรัม)

อายุการเก็บรักษา	ควบคุม		ข้าวแดง 0.50 %	
(วัน)	PP	ALU	PP	ALU
0	$^{a}0^{a}$	$^{a}0^{a}$	$^{a}0^{a}$	$^{a}0^{a}$
3	$^{b}2.079^{a}$	$^{b}2.041^{a}$	$^{b}2.176^{b}$	$^{b}2.114^{b}$
6	$^{c}2.820^{a}$	$^{c}2.799^{a}$	$^{c}2.832^{b}$	$^{c}2.839^{b}$
9	$^{c}2.973^{a}$	$^{d}2.977^{a}$	$^{d}2.987^{b}$	$^{d}2.982^{b}$
12	$^{d}3.447^{b}$	$^{e}3.398^{a}$	$^{e}3.531^{d}$	$^{e}3.505^{c}$
15	$^{e}3.954^{a}$	$^{f}3.949^{a}$	$^{f}3.982^{b}$	$^{f}3.978^{b}$
18	$^{f}4.114^{b}$	$^{g}4.041^{a}$	$^{g}4.230^{c}$	$^{g}4.204^{c}$
21	$^{g}4.544^{b}$	$^{h}4.491^{a}$	$^{h}4.580$	$^{h}4.531$
24	$^{h}4.623$	$^{h}4.591$	$^{i}4.708^{c}$	$^{i}4.716^{c}$
27	$^{i}5.857^{a}$	$^{i}5.851^{a}$	$^{j}5.886^{b}$	$^{j}5.875^{b}$
30	$^{j}6.255^{b}$	$^{j}6.230^{a}$	$^{k}6.342^{d}$	$^{k}6.322^{c}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 *Clostridium perfingens*

การบรรจุที่สภาวะสุญญากาศ ในถุงโพลีโพรไพลีน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทั้งในไส้กรอกรมควันสูตรควบคุม และไส้กรอกรมควันสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 ไม่พบการเจริญของ *Clostridium perfingens* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติจริง การให้ความร้อนอีกครั้งก่อนการบริโภคเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากไส้กรอกรมควันเป็นแหล่งอาหารที่ดี มีความชื้นและ a_w สูง โอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ในระหว่างการจำหน่าย หรือก่อนถึงมือผู้บริโภค ยังคงมีอยู่ในระดับสูง

4.2.3 การศึกษาความคงตัวของสีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน

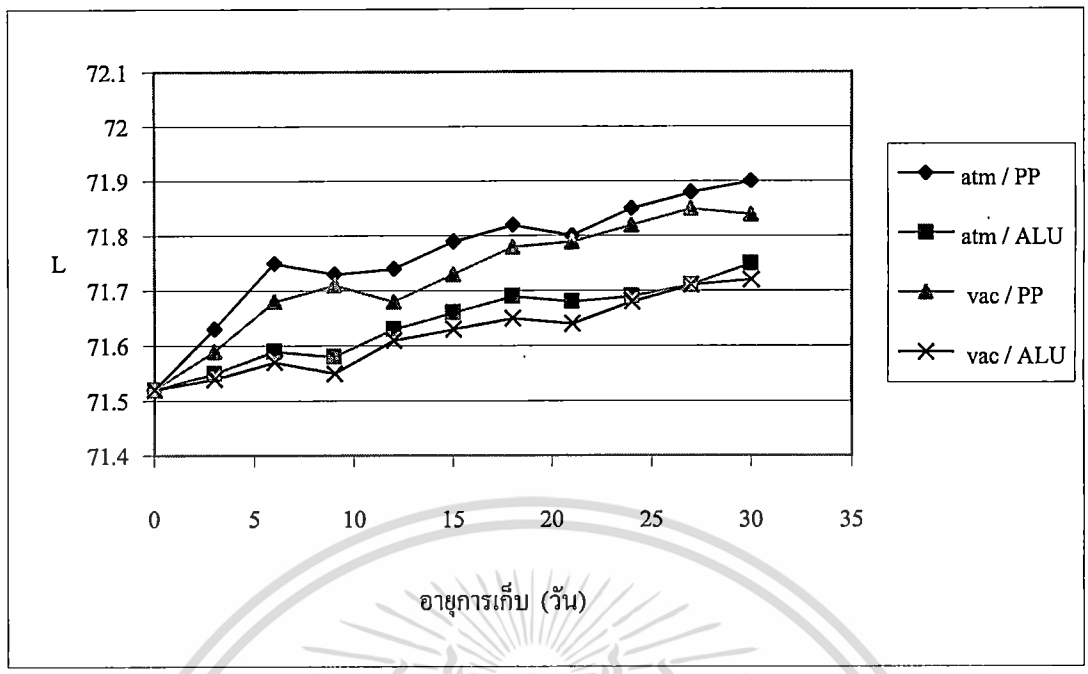
จากการนำไส้กรอกรมควันสูตรควบคุม และสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 บรรจุลงในถุงพลาสติกโพลีโพรไพลีน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต ปิดผนึกแบบสุญญากาศ และแบบธรรมดา ศึกษาสภาวะการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 เดือนติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 3 วัน

จากภาพที่ 4.5 และ 4.6 แสดงถึงค่า L ซึ่งเป็นค่าแสดงความสว่างของสีภายในและภายนอกของไส้กรอกรมควันตามลำดับ จากการเปลี่ยนแปลงค่า L ภายในของผลิตภัณฑ์ควบคุม และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดง พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกัน เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มของค่า L ของสีภายในเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติจะมีค่า L ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสุญญากาศ

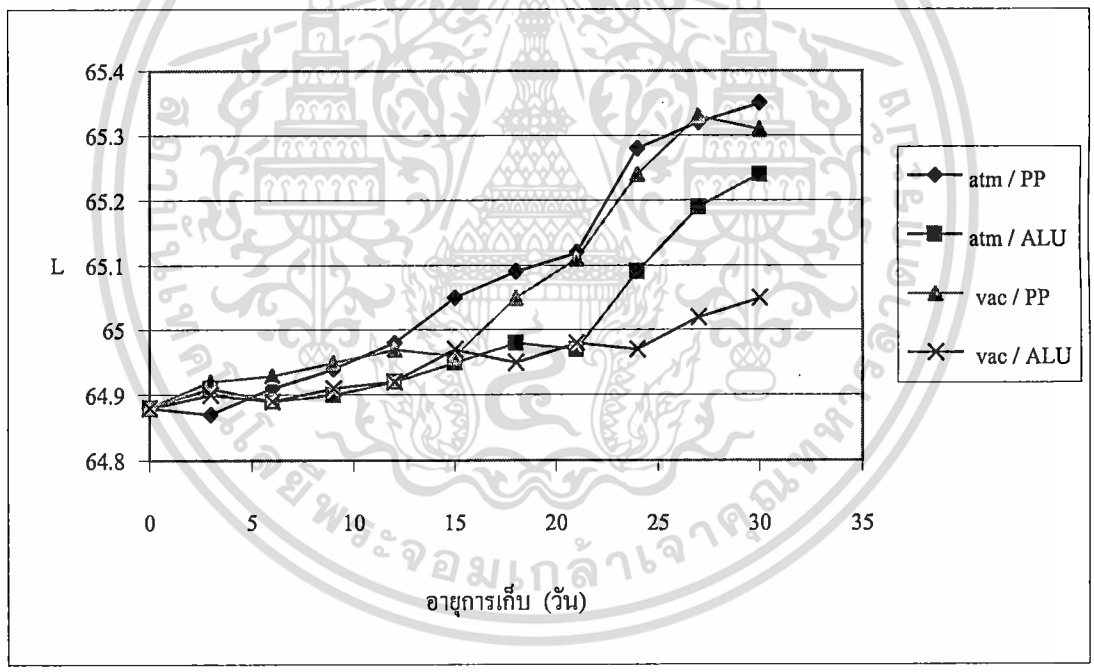
ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า L ภายในมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งพบได้ทั้งในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ใช้ข้าวแดง

จากการเปลี่ยนแปลงค่า L ภายนอกจะมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าบริเวณภายใน ดังแสดงชัดเจนในภาพที่ 4.6 พบว่าภาชนะบรรจุมีอิทธิพลต่อค่า L ภายในและภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ จ1และจ2) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนจะมีค่า L มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากช่วงคลื่นแสงสีเขียว และสีน้ำเงินที่มองเห็นด้วยตาเปล่าของแสงที่เปิดส่องในตู้ และแสงอุลตราไวโอเลทจะเร่งการสลายตัวของสารไนโตรโซไมโอโกลบิน (nitrosomyoglobin) ซึ่งถุงโพลีโพรไพลีนมีลักษณะใสจึงทำให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับแสงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดลง และผิวภายนอกของผลิตภัณฑ์มีโอกาสสัมผัสกับแสงได้มากจึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าสีภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



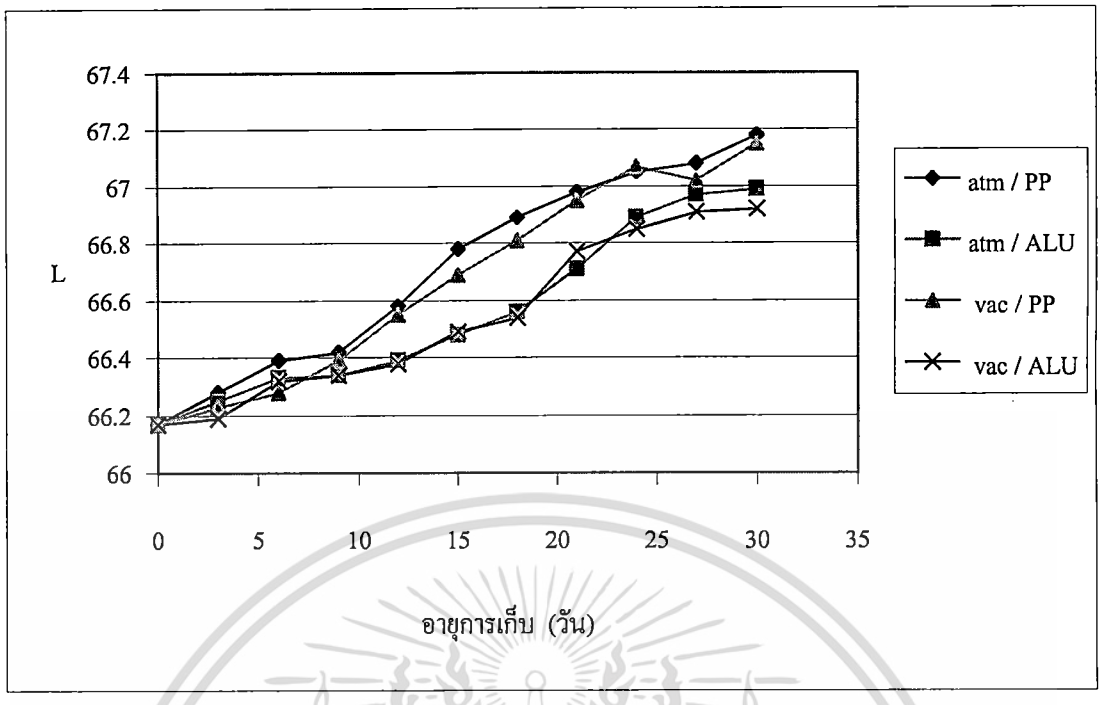
(ก)



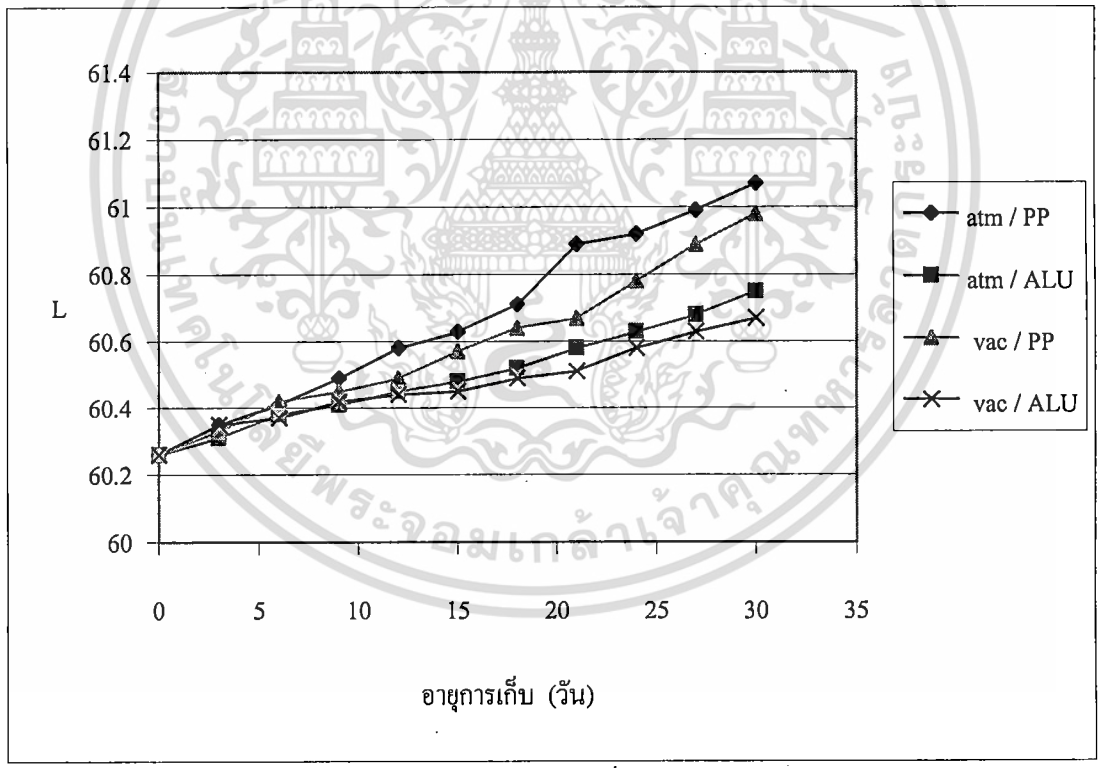
(ข)

ภาพที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า L ภายในของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

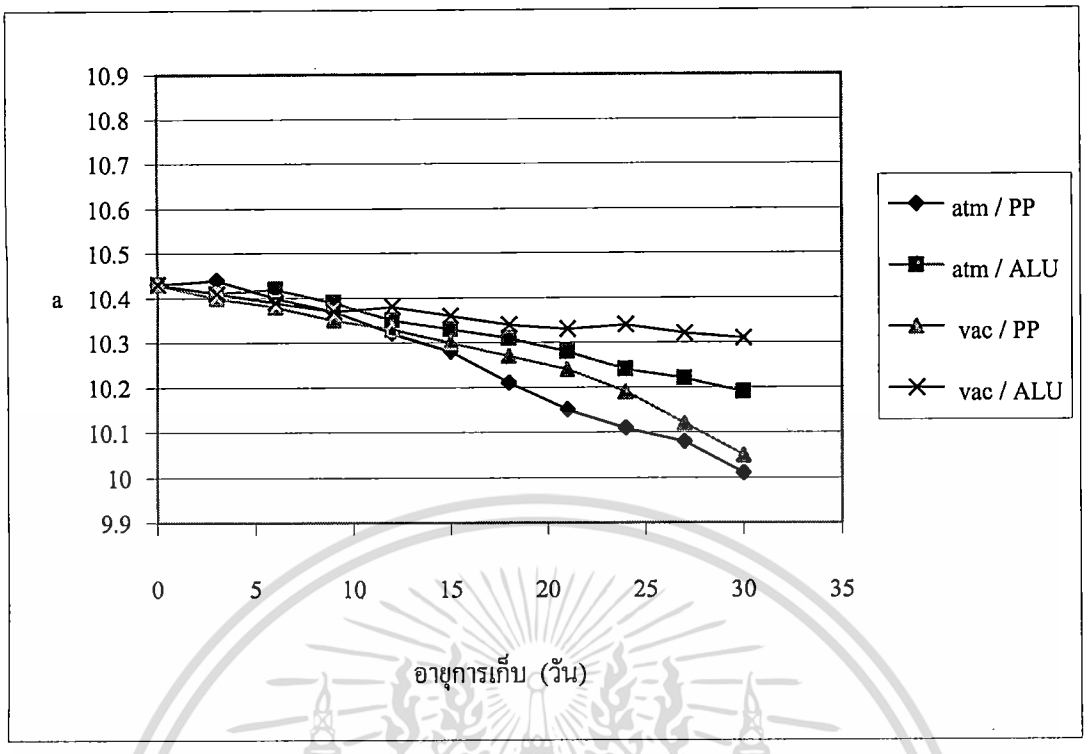
ภาพที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า L ภายนอกของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

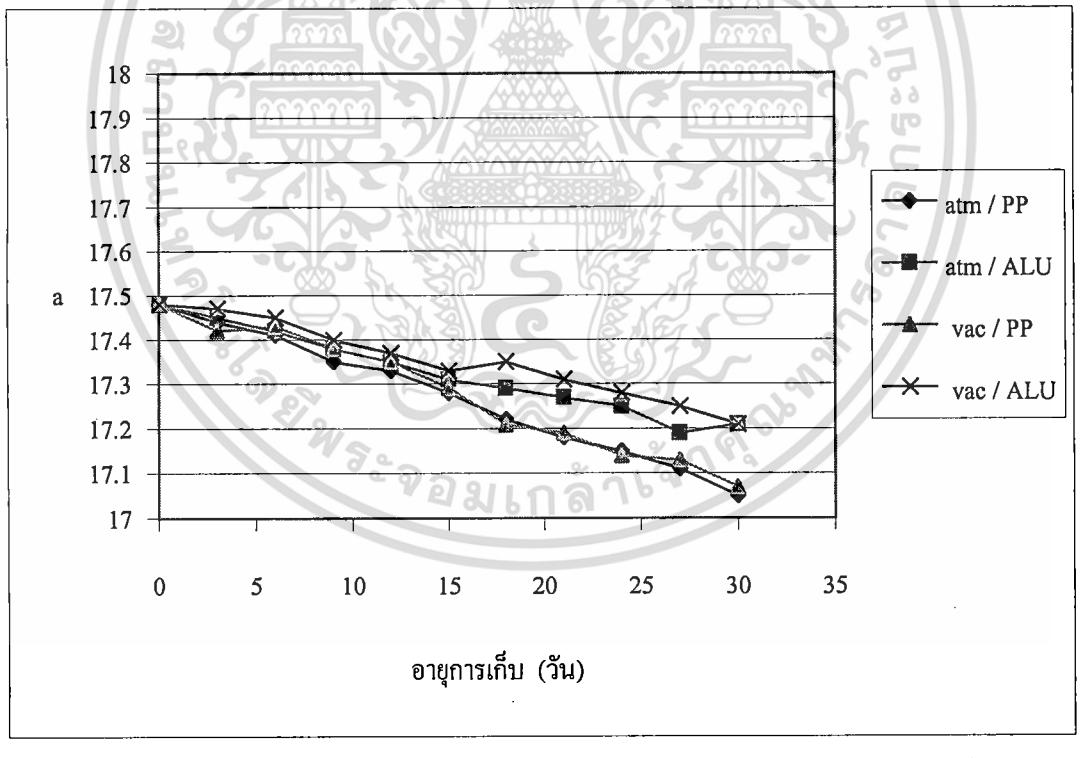
จากภาพที่ 4.7 และ 4.8 แสดงค่า a ซึ่งหมายถึง ความเข้มของสีแดงของสีภายในและภายนอกตามลำดับ การลดลงของค่า a แสดงว่าสีแดงลดลง พบว่าสีภายนอกมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงมากกว่าภายใน เนื่องจากบริเวณภายนอกสัมผัสกับแสง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้สารสีของผลิตภัณฑ์สูตรควบคุม ซึ่งก็คือสารไนโตรฮีโมโครมเกิดการสลายตัว และในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดง สารสีโมนาสโครูบรามีน และรูโบรพังทามีน ซึ่งเป็นสารสีแดงเกิดการสลายตัวไปเช่นกัน

จากการวัดค่า a ภายในและภายนอก พบว่าภาชนะบรรจุมีผลต่อค่า a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ จ1 และจ2) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนจะมีค่า a ลดลงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ เนื่องจากถุงอะลูมิเนียมฟอยด์จะป้องกันแสงจากภายนอกทำให้สีสลายตัวได้น้อยกว่าบรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน ซึ่งพบได้ทั้งในผลิตภัณฑ์ควบคุมและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

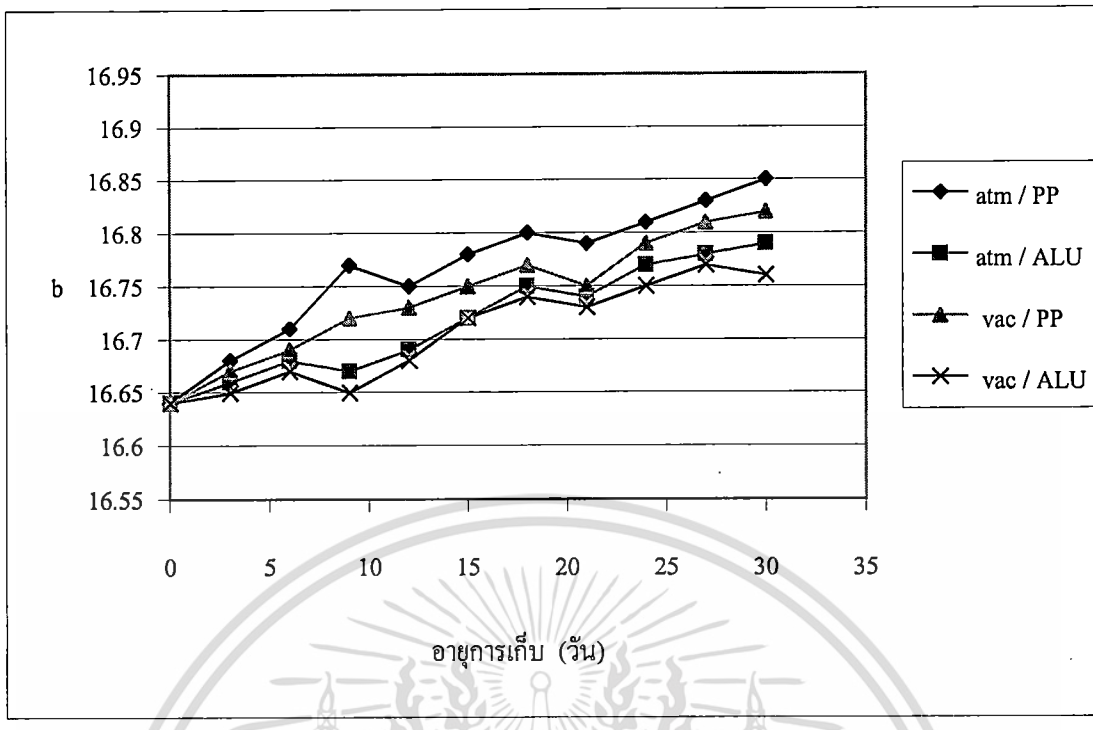
ภาพที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า a ภายในของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

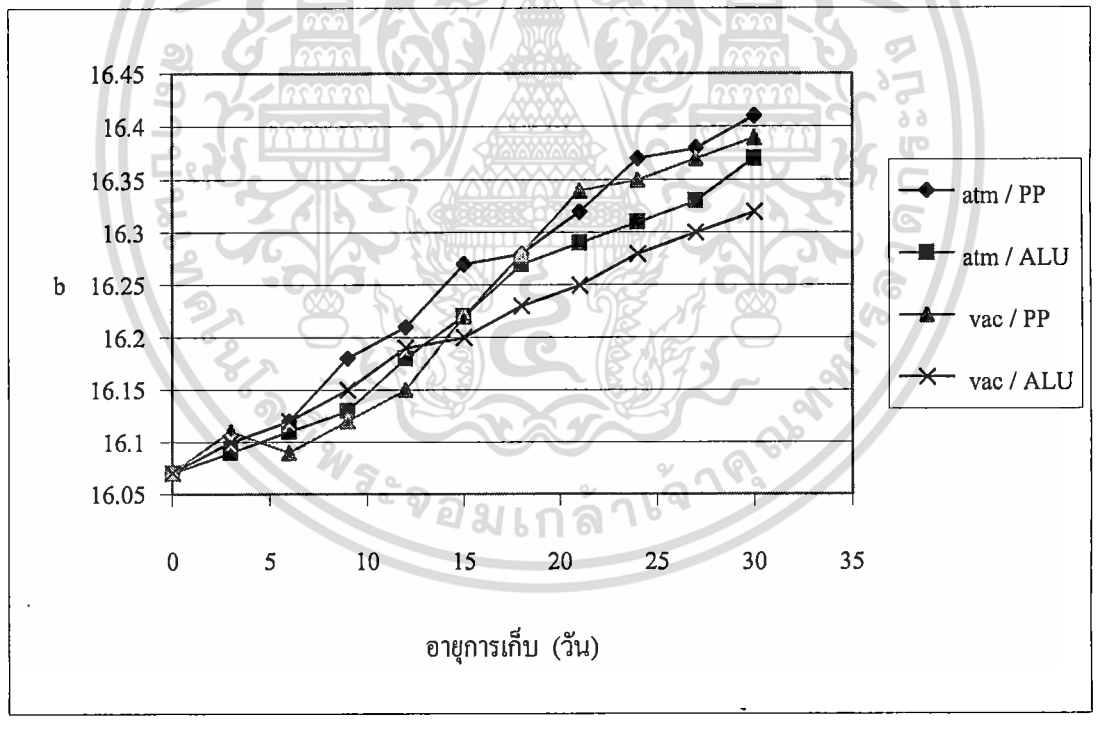
จากภาพที่ 4.9 และ 4.10 แสดงค่า b ซึ่งหมายถึงความเข้มของสีเหลืองของสีภายในและภายนอกตามลำดับ มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกันคือเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่า b จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากสีแดงสลายตัวไป ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่า a ที่ลดลง โดยที่การเปลี่ยนแปลงค่า b ของสีภายในของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในทุกสภาวะในการบรรจุ โดยพบทั้งในผลิตภัณฑ์ควบคุมและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดง ทั้งนี้เนื่องจาก สารสีโมนาสโคฟลาวิน และอังคักฟลาวิน ซึ่งเป็นสารสีในกลุ่มเหลือง และสารสีรูโบรพังทาทิน และโมนาสโครูบริน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มสีส้ม จะมีความคงตัวต่อแสง และความร้อนได้ดีกว่าสารสีแดง (บุษบา ยงสมิทธิ์, 2531)

จากการวัดค่า b ของสีภายนอก พบว่าบริเวณภายนอกจะมีค่า b เพิ่มขึ้นมากกว่าบริเวณภายในดังแสดงชัดเจนในภาพที่ 4.10 โดยสภาพการบรรจุ และภาชนะบรรจุมีอิทธิพลต่อค่า b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ จ1และจ2) ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาพบรรยากาศปกติจะมีค่า b มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนจะมีค่า b มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



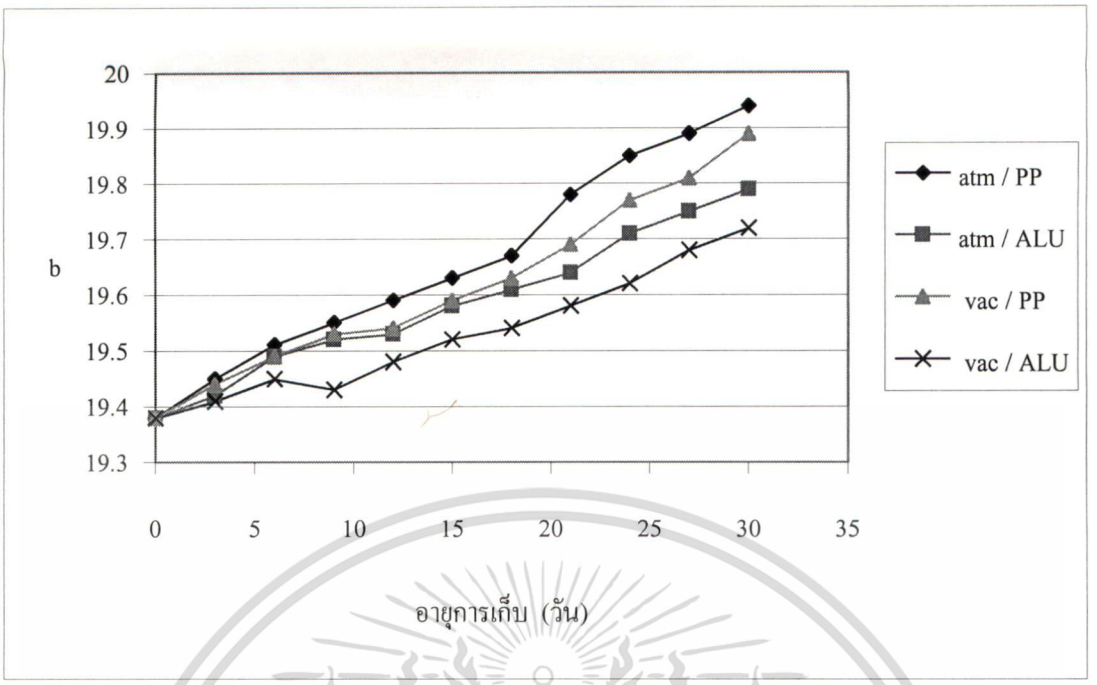
(ก)



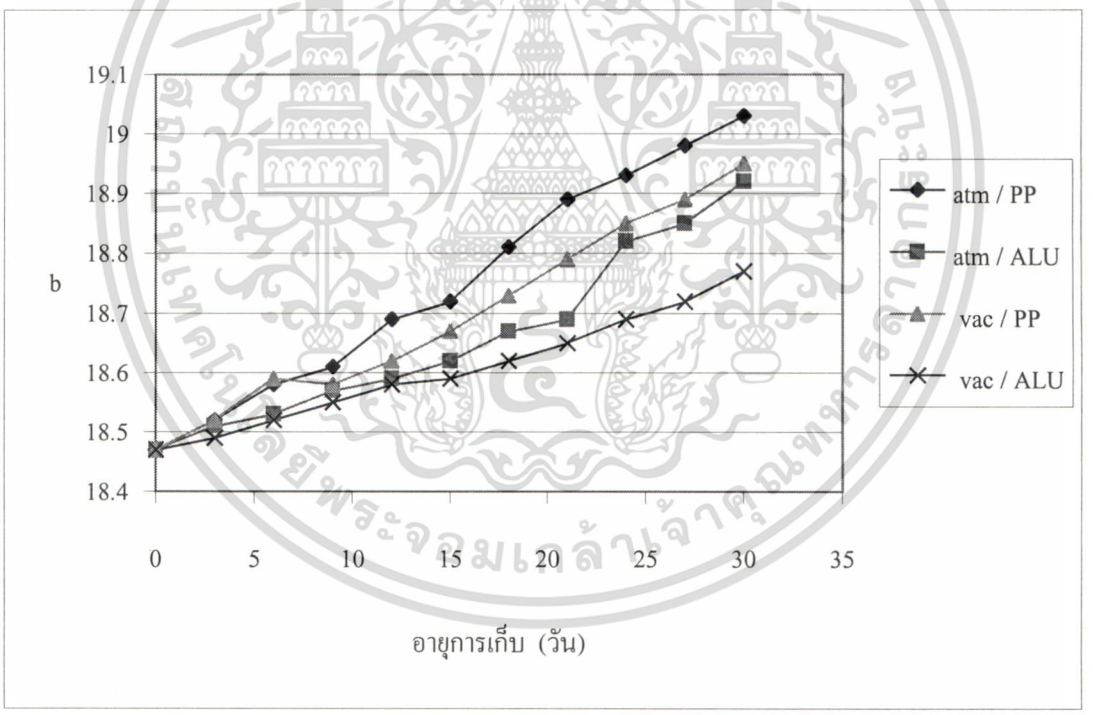
(ข)

ภาพที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า b ภายในของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า b ภายนอกของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

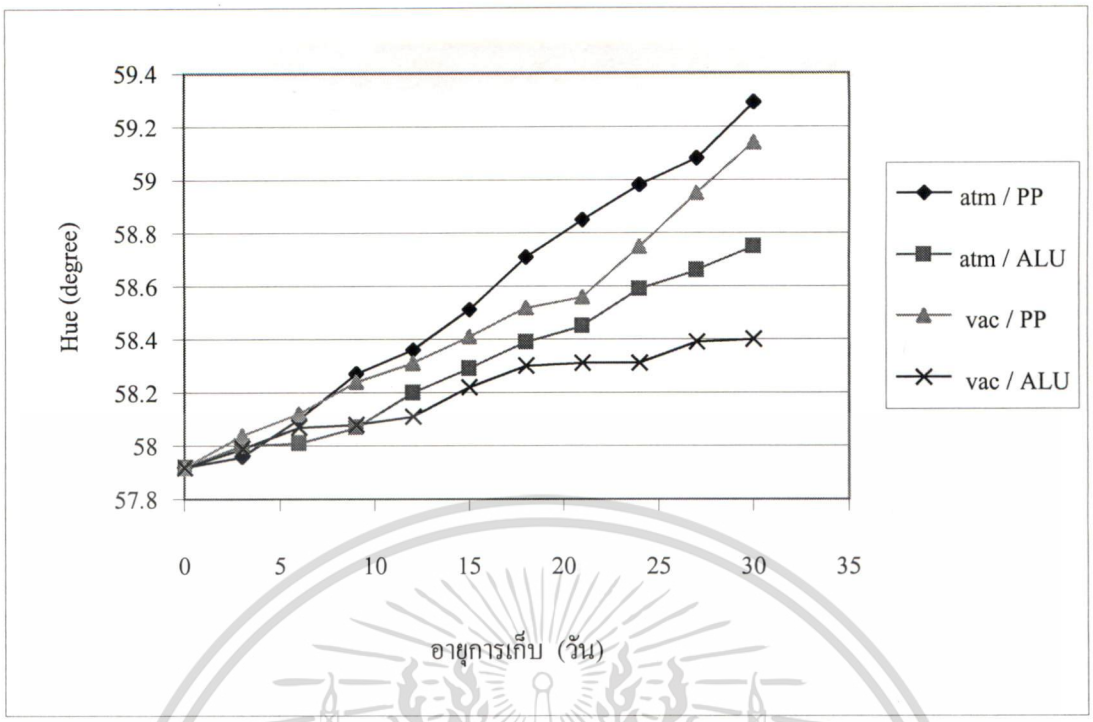
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.11 และ 4.12 แสดงค่า H ซึ่งหมายถึง ค่าสีหลักของสีภายในและภายนอก ตามลำดับ ซึ่งคำนวณจากค่า a และค่า b พบว่าการเปลี่ยนแปลงภายนอกจะมากกว่าการเปลี่ยนแปลงภายใน แต่มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกัน คือเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่า H จะเพิ่มขึ้น แสดงว่าผลิตภัณฑ์จะมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น และมีสีแดงลดลง ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่า b ที่เพิ่มขึ้น และค่า a ที่ลดลง

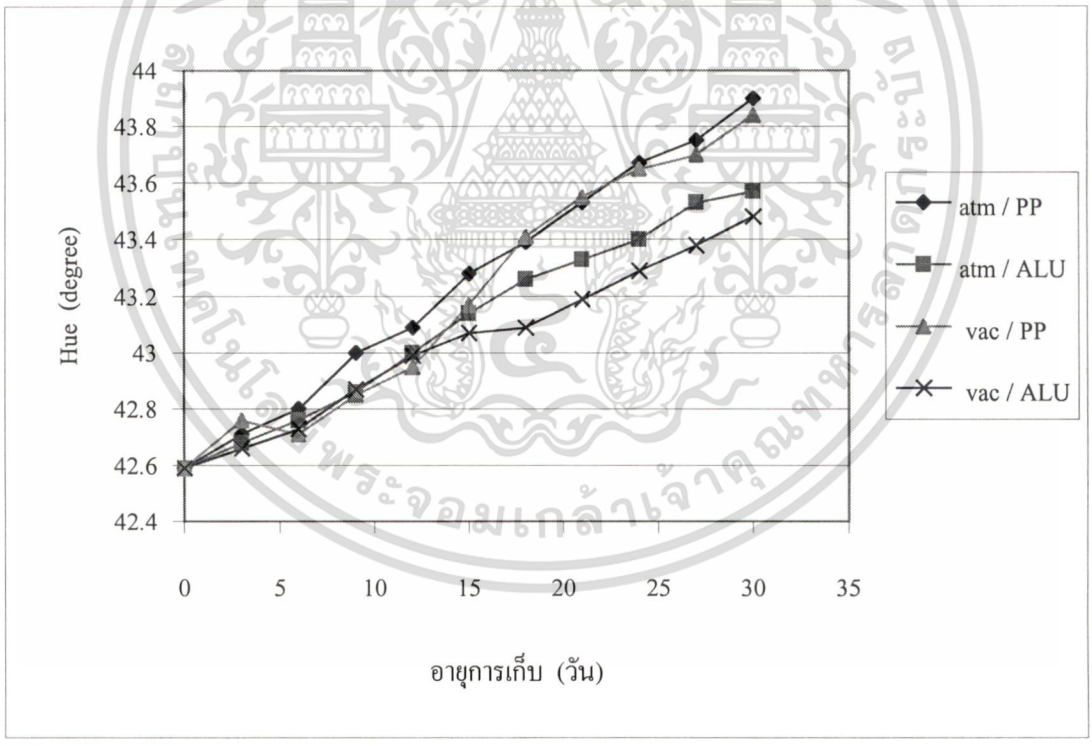
จากค่า H ของสีภายใน พบว่าสภาพการบรรจุและภาชนะบรรจุมีอิทธิพลต่อค่า H อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ จ1 และ จ2) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนจะมีค่า H เปลี่ยนแปลงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติจะมีค่า H สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสภาวะสุญญากาศ ซึ่งพบได้ทั้งในผลิตภัณฑ์ควบคุมและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดง

ในทำนองเดียวกันค่า H ของสีภายนอก พบว่าปัจจัยที่ใช้ในการบรรจุ ได้แก่ สภาพการบรรจุและภาชนะบรรจุมีอิทธิพลต่อค่า H อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง ที่จ1 และ จ2) เช่นเดียวกับสีภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



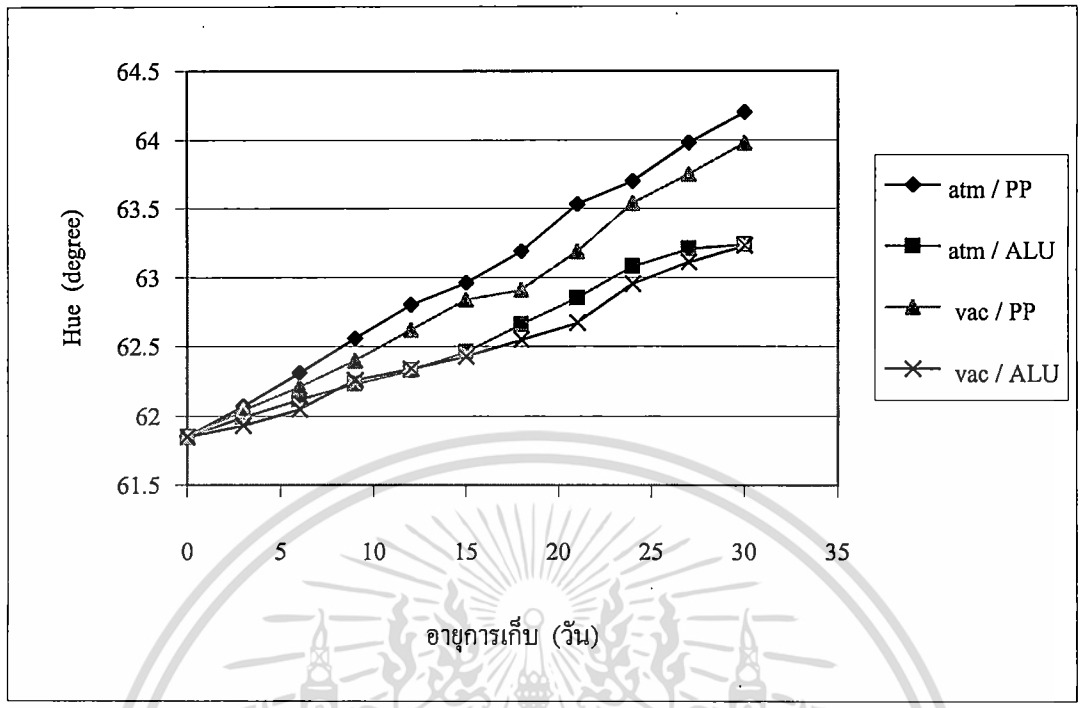
(ก)



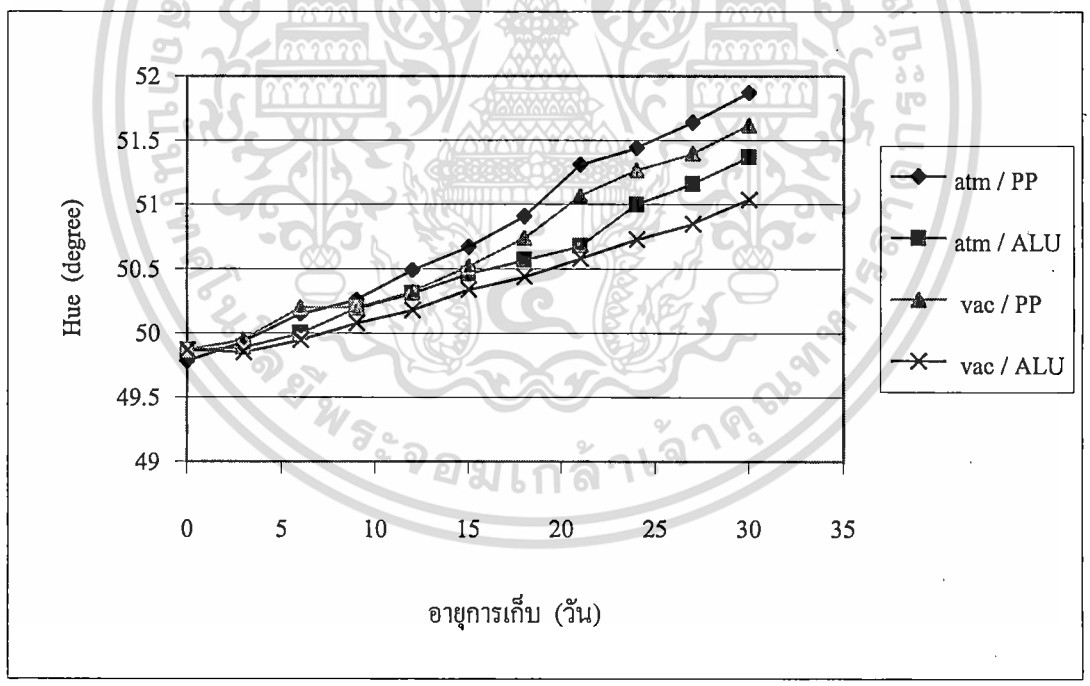
(ข)

ภาพที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า H ภายในของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า H ภายนอกของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

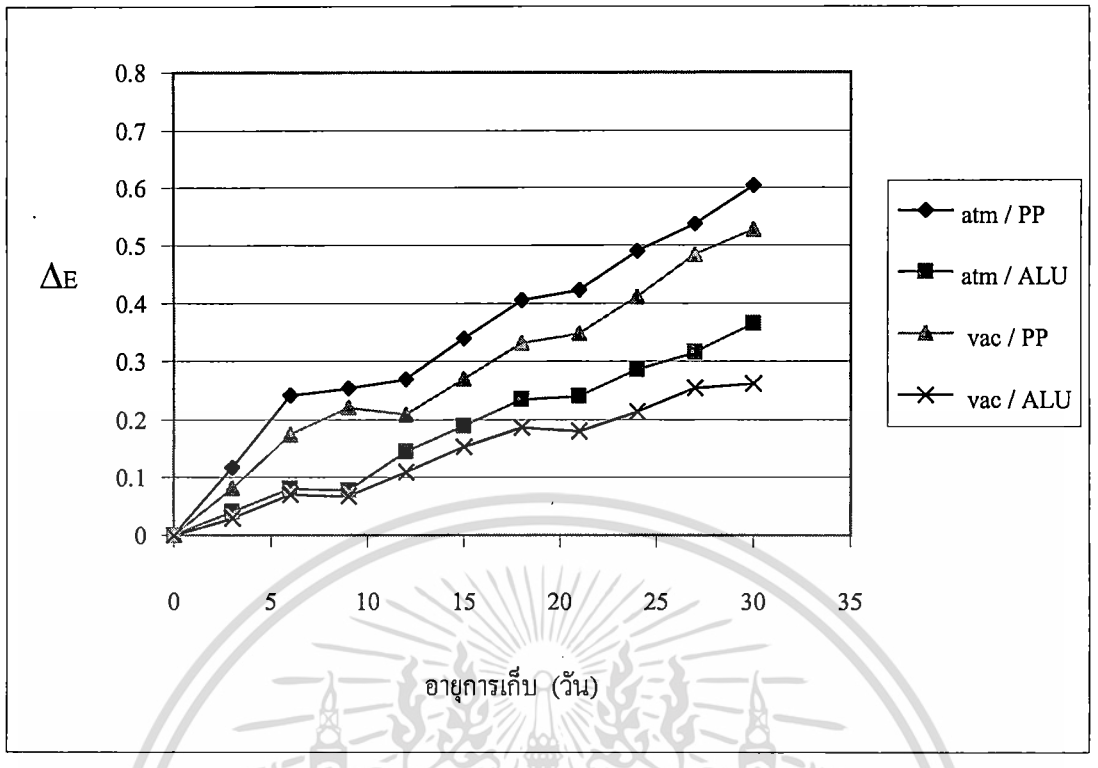
ค่า ΔE แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของสีทั้งหมด โดยคิดคำนวณจากค่า L a และ b จากภาพที่ 4.13 และ 4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายในและภายนอกตามลำดับ พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายนอกจะมากกว่าภายใน เนื่องจากบริเวณภายนอกจะสัมผัสกับแสง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนแปลงของสี และปัจจัยที่ใช้ในการบรรจุ ได้แก่ สภาพการบรรจุและภาชนะบรรจุมีอิทธิพลต่อค่า ΔE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ จ1และ จ2)

กลไกในการเกิดสีของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไนไตรท์ (ผลิตภัณฑ์ควบคุม) เมื่อสารไนไตรท์ถูกรีดิวซ์เป็นสารไนตริกออกไซด์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้นับว่าเป็นกุญแจสำคัญของปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับสีของผลิตภัณฑ์เนื้อ เนื่องจากสารไนตริกออกไซด์ไปทำปฏิริยากับไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งเป็นฮีมรงควัตถุ (heam pigment) ในเนื้อเกิดเป็นสารไนโตรโซไมโอโกลบินให้สารสีแดงสด เมื่อนำผลิตภัณฑ์นั้นไปผ่านความร้อนจะได้สารไนโตรโซฮีโมโครม (nitrosohemo-chrome) ซึ่งเป็นสารสีชมพูที่คงตัว (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536 ; สายสนม ประดิษฐดวง, 2540) แต่เมื่อเกิดการแตกตัวของไนตริกออกไซด์ออกจากฮีมโดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเกิดการออกซิเดชั่นของไนตริกออกไซด์ โดยออกซิเจนจากบรรยากาศ สีของผลิตภัณฑ์จะกลายเป็นสีน้ำตาล (เมทไมโอโกลบิน) เมื่อมีการวางผลิตภัณฑ์ไว้รอจำหน่ายในตู้ที่ใช้แสงไฟค่อนข้างแรงและปล่อยให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสอากาศโดยเปิดถุงหรือไม่ได้ห่อไว้ สีของเนื้อจะซีดจางลงได้ (ชัยณรงค์ ดันธพนิต, 2529)

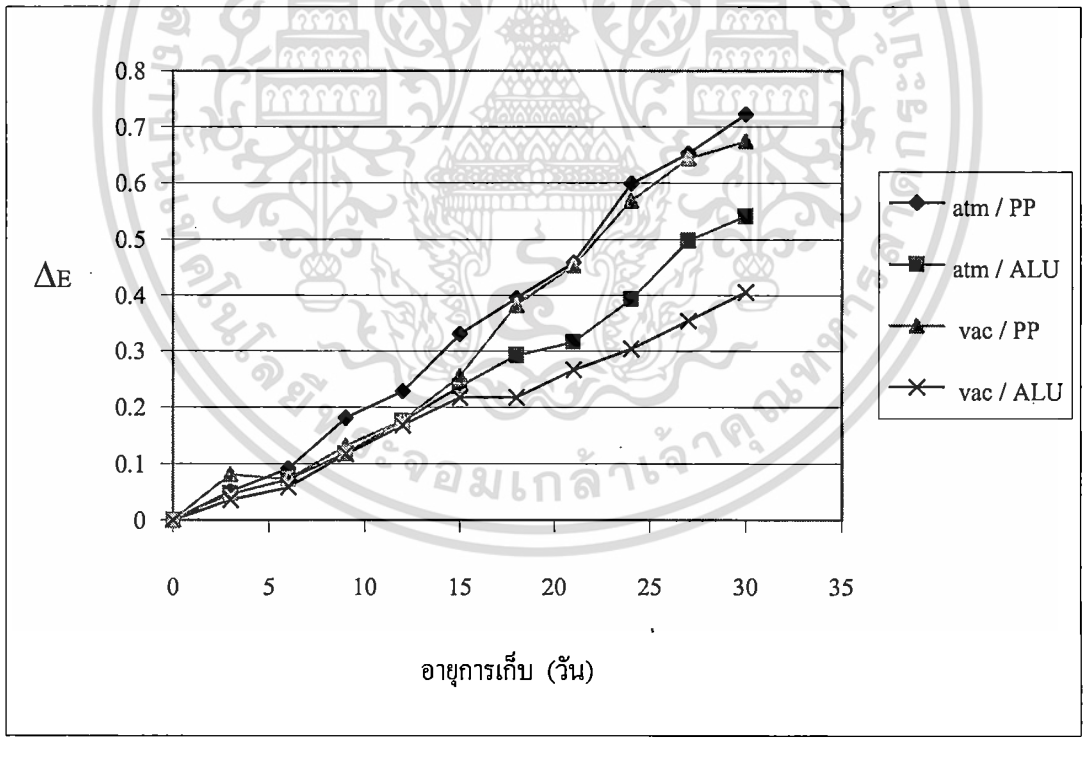
ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดง จะเกิดเนื่องจากแสง และอุณหภูมิสูง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Fabre และคณะ (1993) ซึ่งพบว่าสารสีโมแนสคัสจะไวต่อแสง อุณหภูมิสูง และ พีเอชต่ำ

การเปลี่ยนแปลงของสีของผลิตภัณฑ์ในสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ และบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์จะมีการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

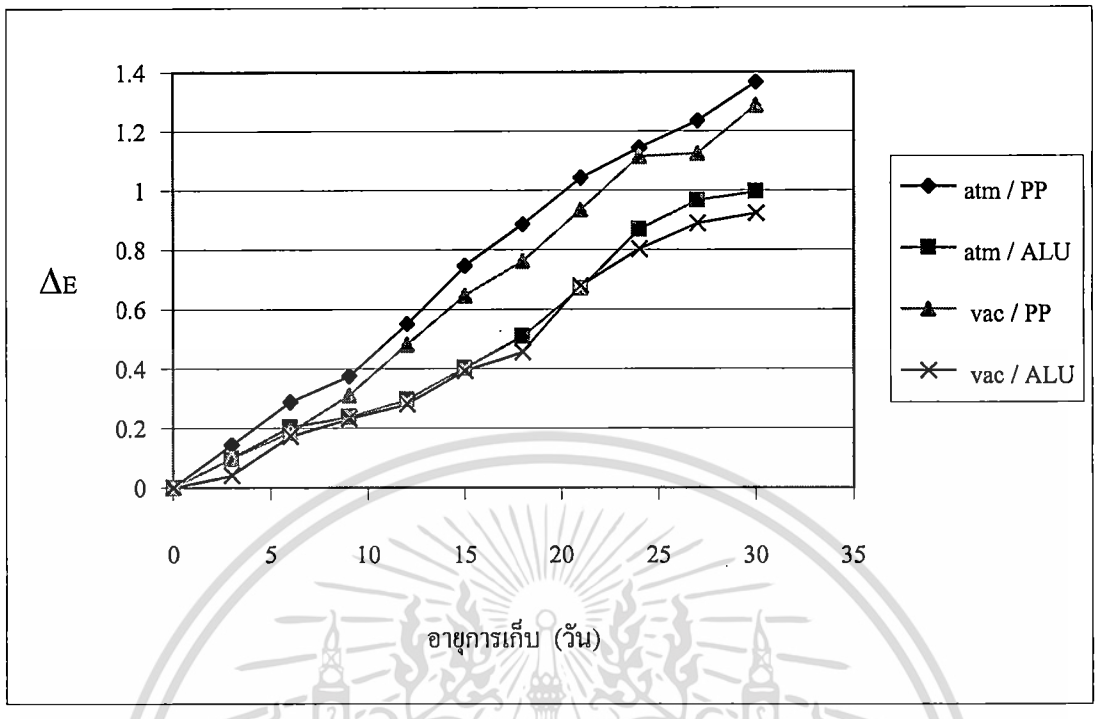


(ข)

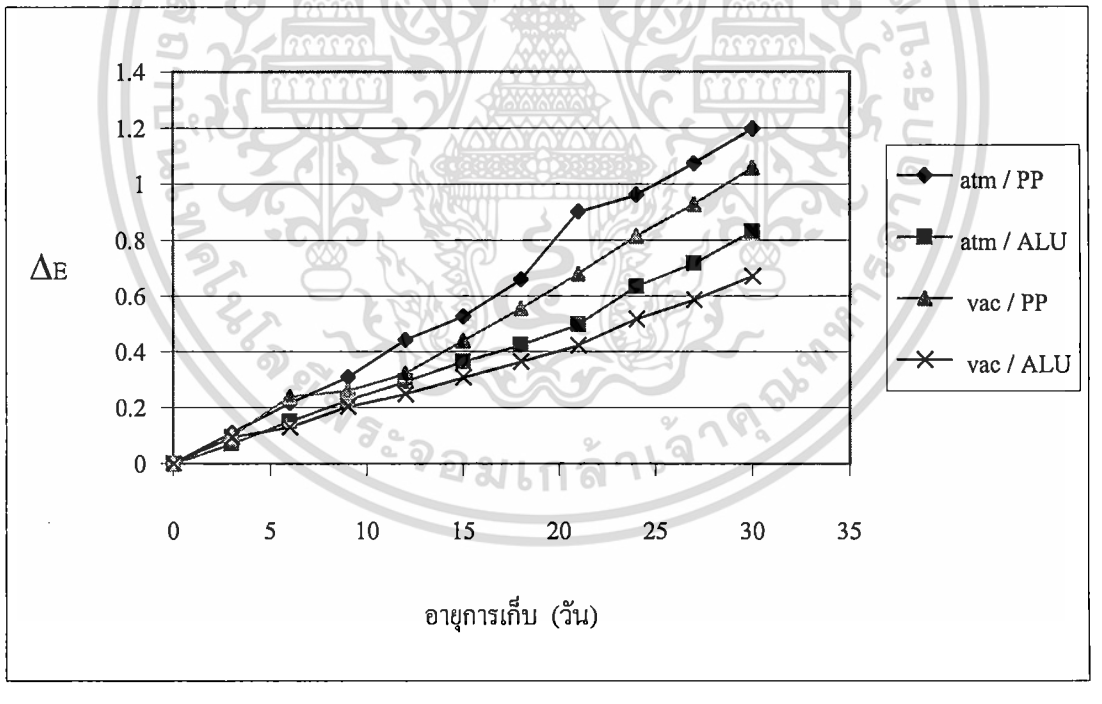
ภาพที่ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายในของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน

(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50 ($\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายนอกของไส้กรอกรมควัน ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และสุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน

(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50 ($\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง

จากการใช้ข้าวแดง 4 ระดับ คือร้อยละ 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 ของน้ำหนักเนื้อทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง และเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไนไตรท์ (สูตรควบคุม) ทำการวัดสีทั้งภายในและภายนอก เมื่อนำกุนเชียงมาหั่นตามขวางเป็นแผ่นบางขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตร วัดสีภายในของกุนเชียง (ตารางที่ 4.6) พบว่ากุนเชียงสูตรควบคุมที่ใช้ไนไตรท์มีค่า L ซึ่งแสดงถึงความสว่างมีค่าสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.25 ส่วนกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.25 ถึง 1.00 จะมีค่า L ลดลงตามลำดับ ส่วนค่า a ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง พบว่ากุนเชียงสูตรควบคุมมีค่า a 7.93 ซึ่งต่ำที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงทั้ง 4 ระดับ โดยกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงเพิ่มขึ้น จะมีค่า a สูงขึ้น ส่วนค่า b ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีเหลืองพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในทุกตัวอย่างทดลอง ค่า H (Hue) แสดงถึงค่าสีหลัก พบว่าสูตรควบคุมมีค่าสีหลัก 25.00 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.25 และ 0.50 และเมื่อใช้ปริมาณข้าวแดงเพิ่มขึ้นค่า H จะลดลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดงมีความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น และจากค่า ΔE (total color difference) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่าเมื่อใช้ข้าวแดงเพิ่มขึ้น ΔE จะเพิ่มขึ้นด้วย นั่นคือมีสีแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า L a b H และ ΔE ของสีภายในของกุนเชียงสูตรควบคุมกับกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ กัน

ชนิดของกุนเชียง	L	a	b	H	ΔE
สูตรควบคุม	$40.24^{a} \pm 0.62$	$7.93^{a} \pm 0.51$	$4.40^{a} \pm 1.05$	$25.00^{a} \pm 0.45$	$0^{a} \pm 0.00$
ข้าวแดง 0.25 %	$39.18^{ab} \pm 1.05$	$9.03^{b} \pm 0.62$	$4.43^{a} \pm 0.85$	$27.41^{a} \pm 1.98$	$1.84^{b} \pm 0.88$
ข้าวแดง 0.50 %	$38.14^{b} \pm 0.74$	$9.36^{bc} \pm 0.55$	$4.88^{a} \pm 0.75$	$25.60^{ab} \pm 1.70$	$2.78^{b} \pm 1.31$
ข้าวแดง 0.75 %	$35.94^{c} \pm 0.80$	$10.18^{cd} \pm 0.74$	$4.59^{a} \pm 0.60$	$24.18^{b} \pm 1.47$	$4.95^{c} \pm 0.52$
ข้าวแดง 1.00 %	$34.97^{c} \pm 0.63$	$10.64^{d} \pm 0.09$	$4.58^{a} \pm 0.23$	$23.30^{b} \pm 1.18$	$5.97^{c} \pm 0.39$

หมายเหตุ

ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวัดสีผิวด้านนอกของกุนเชียง โดยปอกเปลือกบริเวณผิวด้านนอกของกุนเชียง และแผ่ออกเพื่อให้สะดวกต่อการวัด (ตารางที่ 4.7) พบว่าค่า L ของกุนเชียงบริเวณภายในและภายนอกจะแตกต่างกัน โดยสีภายนอกจะมีความคล้ำมากกว่าสีภายในซึ่งพบได้จากค่า L ที่ต่ำกว่า (ภาพที่ 4.15) เนื่องจากในขั้นตอนการอบกุนเชียงทำให้ความชื้นของผิวนอกลดลงต่ำกว่าภายใน ทำให้สีภายนอกมีสีคล้ำ การใช้ข้าวแดงในการทดแทนไนไตรท์จะทำให้กุนเชียงมีสีแดงคล้ำ และพบว่าเมื่อใช้ปริมาณข้าวแดงเพิ่มขึ้นจะมีค่า L ลดลง แสดงว่าเมื่อใช้ข้าวแดงเพิ่มขึ้นจะทำให้กุนเชียงมีสีคล้ำลงเช่นเดียวกับสีกุนเชียงภายใน ส่วนค่า a พบว่ากุนเชียงสูตรควบคุมมีค่า a ต่ำที่สุดและเมื่อใช้ข้าวแดงเพิ่มขึ้นค่า a ก็จะเพิ่มขึ้น ส่วนค่า b พบว่ากุนเชียงสูตรควบคุมจะมีค่า b ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.75 และ 1.00 ค่า H แสดงถึงค่าสีหลัก พบว่าสูตรควบคุมมีค่าสีหลัก 33.68 ซึ่งสูงที่สุด และเมื่อใช้ปริมาณข้าวแดงเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 1.00 ค่า H จะลดลงเป็น 22.78 การใช้ปริมาณข้าวแดงเพิ่มขึ้นค่าจะทำให้ H ลดลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดงมีความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น และค่า ΔE เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าเมื่อใช้ข้าวแดงเพิ่มขึ้น ΔE จะเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในทุกตัวอย่างทดลอง

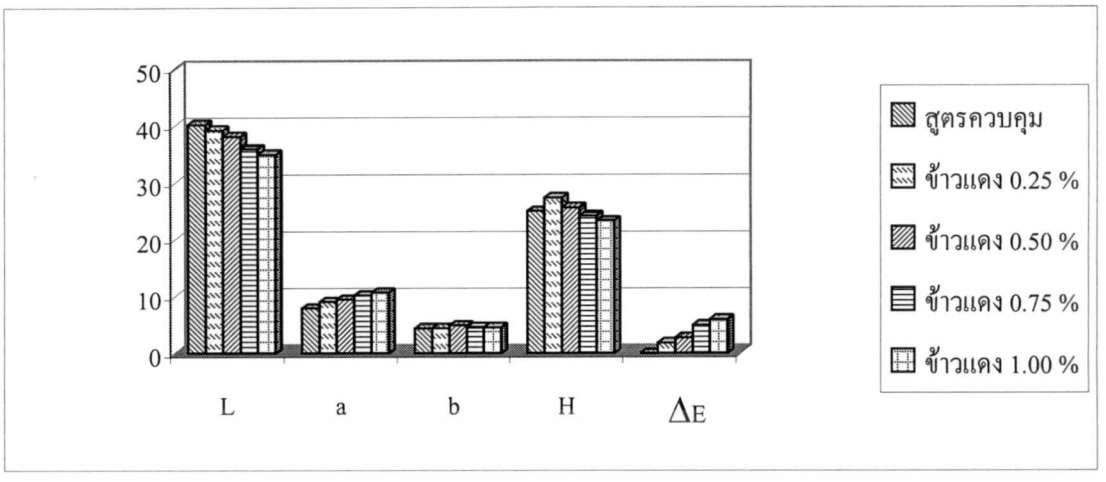
ตารางที่ 4.7 แสดงค่า L a b H และ ΔE ของสีภายนอกของกุนเชียงสูตรควบคุมกับกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่าง ๆ กัน

ชนิดของกุนเชียง	L	a	b	H	ΔE
สูตรควบคุม	$38.03^{a} \pm 0.49$	$8.67^{a} \pm 0.16$	$5.78^{a} \pm 0.37$	$33.68^{a} \pm 1.31$	$0^{a} \pm 0.00$
ข้าวแดง 0.25 %	$33.58^{b} \pm 0.53$	$10.32^{b} \pm 0.13$	$6.79^{b} \pm 0.47$	$33.30^{a} \pm 1.80$	$4.94^{b} \pm 0.38$
ข้าวแดง 0.50 %	$33.31^{b} \pm 0.42$	$11.51^{c} \pm 0.14$	$6.67^{b} \pm 0.61$	$30.05^{b} \pm 2.09$	$5.82^{c} \pm 0.05$
ข้าวแดง 0.75 %	$30.44^{c} \pm 0.10$	$12.27^{d} \pm 0.18$	$5.80^{a} \pm 0.35$	$25.30^{c} \pm 1.62$	$8.41^{d} \pm 0.40$
ข้าวแดง 1.00 %	$30.05^{c} \pm 0.27$	$12.87^{e} \pm 0.19$	$5.41^{a} \pm 0.06$	$22.78^{c} \pm 0.19$	$9.09^{e} \pm 0.11$

หมายเหตุ

ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

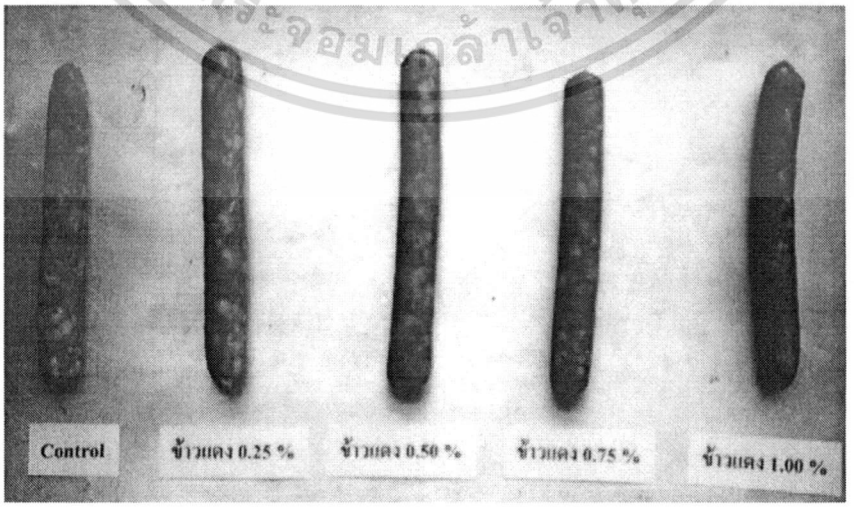
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.15 แสดงค่า L a b H และ ΔE ของกุนเชียงสูตรควบคุมกับกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่างๆ กัน (ก) : สีภายใน ; (ข) : สีภายนอก



ภาพที่ 4.16 แสดงผลิตภัณฑ์กุนเชียงสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงในระดับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของกุนเชียง (ตารางที่ 4.8) เมื่อพิจารณาจากคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ พบว่าสูตรควบคุมมีคะแนนต่ำที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสูตรที่ใช้ข้าวแดงในทุกระดับ ส่วนสูตรที่ใช้ข้าวแดงทั้ง 4 ระดับไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากอิทธิพลทางด้านสี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ จากคุณลักษณะทางด้านสีพบว่าสูตรควบคุมมีคะแนนต่ำที่สุด โดยสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 มีคะแนนมากที่สุดซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.75 และร้อยละ1.00

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางด้านรสชาติ พบว่าทุกสูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าเมื่อใช้ข้าวแดงแทนไนไตรท์ไม่มีผลทำให้รสชาติเปลี่ยนแปลงไป

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางด้านกลิ่น พบว่าสูตรควบคุมมีคะแนนต่ำที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสูตรที่ใช้ข้าวแดงในทุกระดับ อย่างไรก็ตามไม่พบการบอกลักษณะบ่งชี้ถึงกลิ่นที่แตกต่างไปจากสูตรควบคุมในแบบสอบถาม (ภาคผนวก ก) การที่คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นของสูตรควบคุมต่ำกว่านั้นอาจเนื่องจากอิทธิพลทางด้านสีและลักษณะปรากฏจึงทำให้ผู้บริโภคเกิดอคติต่อผลิตภัณฑ์ได้

ด้านการยอมรับโดยรวม พบว่าสูตรควบคุมจะมีคะแนนต่ำที่สุดซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.25 แต่จะมีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 0.75 และ 1.00 จากการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสนี้ พบว่ากุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ได้รับการยอมรับมากกว่าสูตรควบคุม และปริมาณข้าวแดงที่เหมาะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.50 – 1.00 จึงเลือกข้าวแดงในระดับร้อยละ 0.50 มาใช้ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาเนื่องจากเป็นปริมาณน้อยที่สุด ที่ผู้ชิมให้การยอมรับ อาจจะเป็นไปได้ที่ปัจจุบันมีการใช้ข้าวแดงเพื่อแต่งสีในผลิตภัณฑ์กุนเชียงอยู่แล้ว จึงทำให้ผู้บริโภคคุ้นเคยจึงทำให้คะแนนการยอมรับสูงกว่าสูตรควบคุม อย่างไรก็ตามการศึกษาความคงตัวของสี และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม จะได้จากการทดลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงคะแนนเฉลี่ยการทดสอบในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุนเชียง

คุณลักษณะ	สูตรควบคุม	ปริมาณข้าวแดง			
		0.25 %	0.50%	0.75 %	1.00 %
ลักษณะปรากฏ	$5.13^{a}\pm1.50$	$6.29^{b}\pm1.48$	$6.88^{b}\pm1.12$	$6.92^{b}\pm1.04$	$6.78^{b}\pm0.86$
สี	$5.02^{a}\pm1.62$	$6.20^{b}\pm1.68$	$7.03^{c}\pm1.19$	$6.93^{c}\pm0.93$	$6.77^{bc}\pm1.18$
รสชาติ	$6.73^{a}\pm0.91$	$6.75^{a}\pm1.17$	$7.08^{a}\pm0.81$	$6.95^{a}\pm0.93$	$7.02^{a}\pm0.90$
กลิ่น	$6.22^{a}\pm1.44$	$6.63^{b}\pm1.29$	$6.93^{b}\pm0.99$	$6.83^{b}\pm1.15$	$7.00^{b}\pm0.95$
การยอมรับโดยรวม	$6.05^{a}\pm1.44$	$6.52^{ab}\pm1.35$	$7.10^{c}\pm1.03$	$7.02^{bc}\pm0.91$	$7.13^{c}\pm0.87$

หมายเหตุ

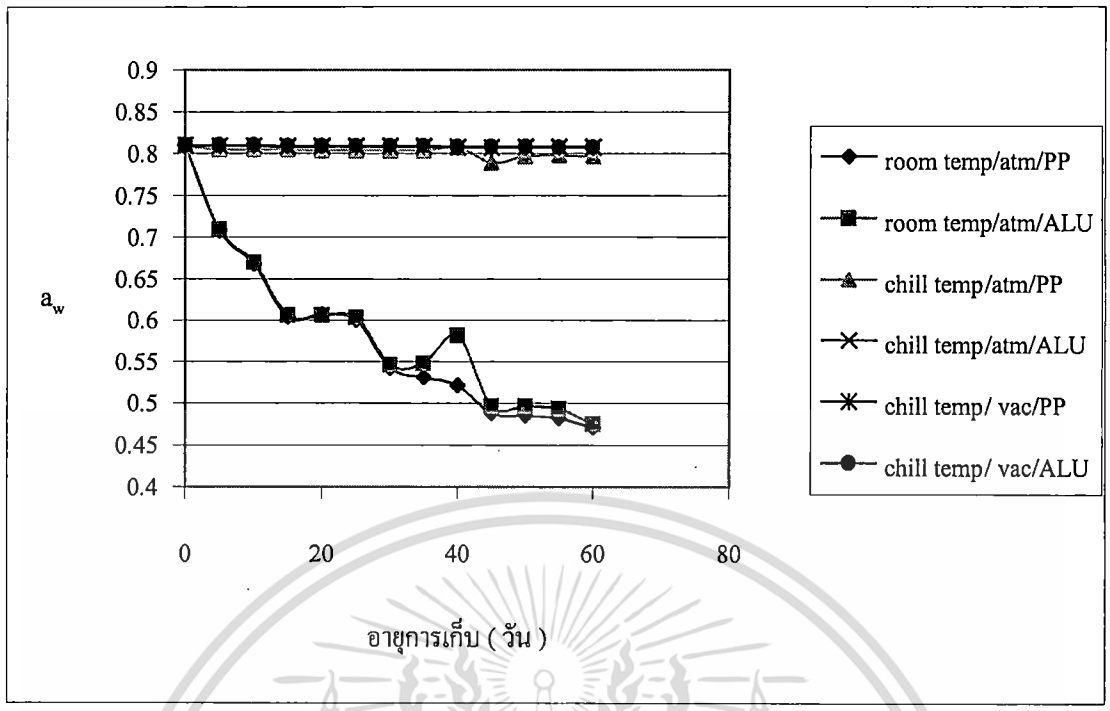
1. ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)
2. ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม 20 คน

4.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กุนเชียง

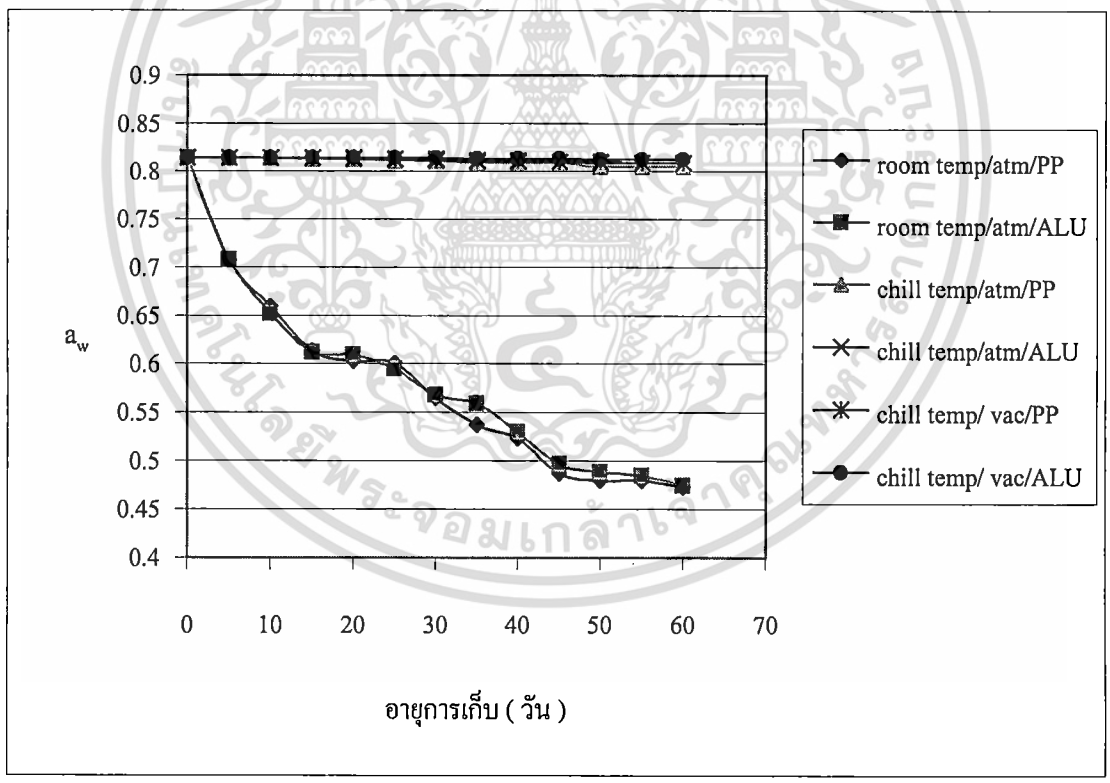
4.4.1 Water activity (a_w) และความชื้น

เนื่องจากค่า a_w และความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ จากภาพที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ของกุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงที่อุณหภูมิห้อง โดยระหว่างการเก็บรักษา (ช่วงเดือนธันวาคม – มกราคม) วัดความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศได้ร้อยละ 55 – 60 พบว่าจะมีการลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งบรรจุในถุงโพลีโพรไพลิน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) เนื่องจากถุงที่บรรจุผลิตภัณฑ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ทำการเจาะรูที่ถุงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียความชื้นให้กับบรรยากาศ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ และบรรจุสุญญากาศในถุงโพลีโพรไพลินและถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ค่า a_w จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่า ความชื้นจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับค่า a_w (ภาพที่ 4.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

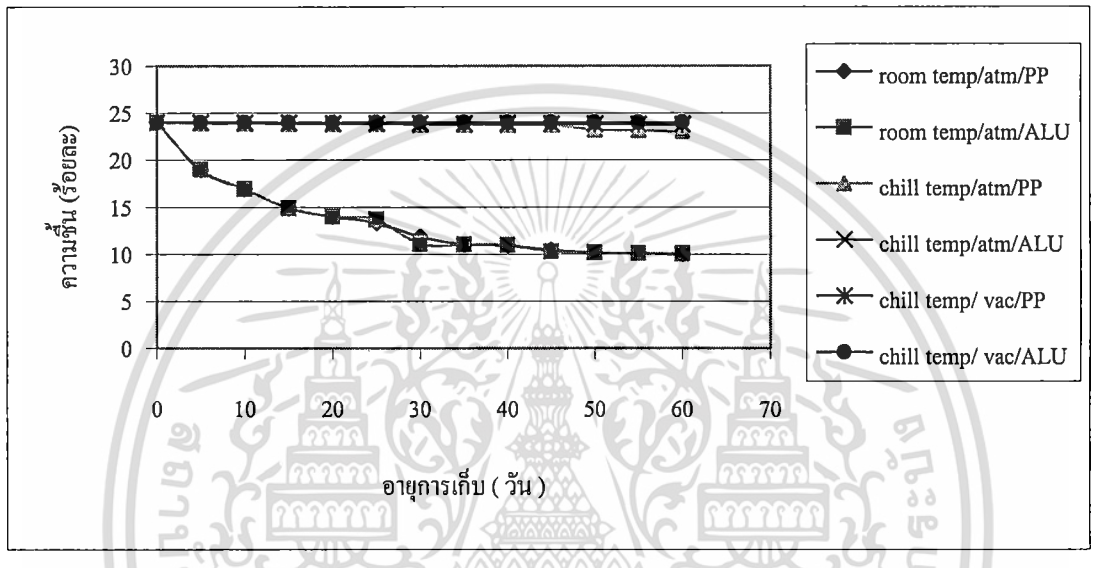


(ข)

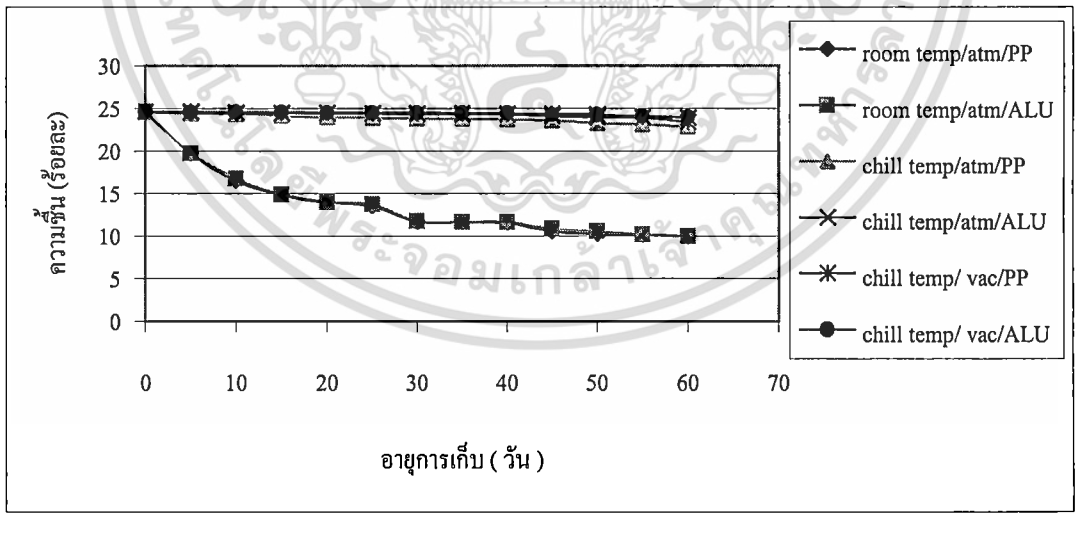
ภาพที่ 4.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า water activity (a_w) ของผลิตภัณฑ์กุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน (ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นของกุนเชียงสูตรควบคุม และกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 55 – 60 (ภาพที่ 4.18) พบว่าจะมีการลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งบรรจุในถุงโพลีโพรไพลิน (PP) และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) เนื่องจากในบรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจึงมีการถ่ายเทความชื้นจากผลิตภัณฑ์สู่บรรยากาศ ส่วนที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ และบรรจุสุญญากาศในถุงโพลีโพรไพลินและถุงอะลูมิเนียมฟอยด์จะมีการสูญเสียความชื้นเพียงเล็กน้อย



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์กุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา

4.4.2.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count)

การศึกษาอายุการเก็บของกุนเชียงที่บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติในถุงโพลีโพรไพลินและถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ผลการตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุนเชียงสูตรควบคุม และกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 เริ่มต้น 3.845 และ 3.857 logโคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งจะมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์เหมือนกัน (ตารางที่ 4.9) โดยที่อุณหภูมิห้องบรรจุในถุงโพลีโพรไพลินและถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะลดลง เนื่องจากค่า a_w และความชื้นของผลิตภัณฑ์จะมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามแม้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีความคงตัวทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ แต่ลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากมีลักษณะแห้งแข้ง สีดำคล้ำ จึงทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง

ส่วนที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส กุนเชียงสูตรควบคุมที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลินและถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นจาก 3.845 logโคโลนีต่อกรัมเป็น 3.929 และ 3.919 logโคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ส่วนกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลิน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นจาก 3.857 logโคโลนีต่อกรัมเป็น 3.934 และ 3.929 logโคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าลักษณะการเพิ่มและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของทั้ง 2 ตัวอย่างมีความใกล้เคียงกัน โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ในทุกสภาวะการบรรจุไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหารที่ได้กำหนดไว้ซึ่งต้องมีจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 100,000 โคโลนีต่อกรัม และเนื่องจากผลิตภัณฑ์กุนเชียงเป็นอาหารประเภทกึ่งแห้ง (Intermidiate moisture foods) คือมีค่า a_w ระหว่าง 0.60 – 0.85 จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวทางด้านจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กุนเชียง บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส (logโคโลนีต่อกรัม)

ระยะเวลา (วัน)	ควบคุม				ข้าวแดง 0.50 %			
	อุณหภูมิห้อง		อุณหภูมิ 8 °C		อุณหภูมิห้อง		อุณหภูมิ 8 °C	
	PP	ALU	PP	ALU	PP	ALU	PP	ALU
0	$^{a}3.845^{a}$	3.845^{a}	$^{ns}3.845^{a}$	$^{ns}3.845^{a}$	$^{a}3.857^{b}$	$^{a}3.857^{b}$	$^{ns}3.857^{b}$	$^{ns}3.857^{b}$
5	$^{a}3.851^{a}$	$^{a}3.845^{a}$	$^{ns}3.863^{b}$	$^{ns}3.857^{a}$	$^{a}3.857^{a}$	$^{a}3.863^{b}$	$^{ns}3.869^{b}$	$^{ns}3.869^{b}$
10	$^{a}3.813^{a}$	$^{a}3.806^{a}$	$^{ns}3.869^{b}$	$^{ns}3.869^{b}$	$^{a}3.833^{c}$	$^{a}3.799^{d}$	$^{ns}3.875^{d}$	$^{ns}3.875^{d}$
15	$^{b}3.579^{c}$	$^{b}3.505^{a}$	$^{ns}3.875^{d}$	$^{ns}3.875^{d}$	$^{b}3.568^{c}$	$^{b}3.531^{b}$	$^{ns}3.881^{e}$	$^{ns}3.881^{e}$
20	$^{c}3.176^{a}$	$^{c}3.114^{a}$	$^{ns}3.881^{c}$	$^{ns}3.881^{c}$	$^{c}3.230^{b}$	$^{c}3.176^{b}$	$^{ns}3.886^{c}$	$^{ns}3.887^{c}$
25	$^{c}3.114^{b}$	$^{c}3.079^{a}$	$^{ns}3.886^{c}$	$^{ns}3.886^{c}$	$^{c}3.114^{a}$	$^{c}3.079^{b}$	$^{ns}3.908^{d}$	$^{ns}3.908^{d}$
30	$^{c}3.079^{b}$	$^{c}3.041^{a}$	$^{ns}3.892^{c}$	$^{ns}3.898^{c}$	$^{d}3.079^{b}$	$^{c}3.041^{a}$	$^{ns}3.914^{d}$	$^{ns}3.914^{d}$
35	$^{d}2.991^{b}$	$^{d}2.959^{a}$	$^{ns}3.903^{c}$	$^{ns}3.903^{c}$	$^{e}2.996^{b}$	$^{d}2.964^{a}$	$^{ns}3.919^{d}$	$^{ns}3.919^{d}$
40	$^{d}2.94^{b}$	$^{d}2.919^{a}$	$^{ns}3.914^{d}$	$^{ns}3.908^{d}$	$^{c}2.964^{c}$	$^{d}2.968^{c}$	$^{ns}3.924^{e}$	$^{ns}3.924^{e}$
45	$^{e}2.708^{a}$	$^{e}2.690^{a}$	$^{ns}3.924^{c}$	$^{ns}3.914^{c}$	$^{f}2.740^{b}$	$^{e}2.716^{ab}$	$^{ns}3.924^{c}$	$^{ns}3.924^{c}$
50	$^{f}2.580^{b}$	$^{f}2.568^{a}$	$^{ns}3.924^{d}$	$^{ns}3.919^{c}$	$^{g}2.580^{b}$	$^{f}2.580^{b}$	$^{ns}3.929^{d}$	$^{ns}3.929^{d}$
55	$^{f}2.544^{ab}$	$^{f}2.531^{a}$	$^{ns}3.929^{d}$	$^{ns}3.913^{d}$	$^{g}2.556^{b}$	$^{f}2.591^{c}$	$^{ns}3.929^{d}$	$^{ns}3.934^{e}$
60	$^{f}2.491^{a}$	$^{f}2.505^{a}$	$^{ns}3.929^{d}$	$^{ns}3.913^{d}$	$^{g}2.544^{c}$	$^{f}2.531^{b}$	$^{ns}3.934^{e}$	$^{ns}3.929^{d}$

4.4.4.2 ปริมาณแอนแอโรบิกแบคทีเรีย (anaerobic bacteria)

การบรรจุที่สภาวะสุญญากาศ ในถุงโพลีโพรไพลีน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.10) พบว่ากุนเชียงสูตรควบคุมจะมีแอนแอโรบิกแบคทีเรียเริ่มต้น 2.301 logโคโลนีต่อกรัม ซึ่งเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณแอนแอโรบิกแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเป็น 2.431 logโคโลนีต่อกรัม และกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 จะมีแอนแอโรบิกแบคทีเรียเริ่มต้น 2.322 logโคโลนีต่อกรัม เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นแอนแอโรบิกแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นเป็น 2.491 logโคโลนีต่อกรัม ซึ่งแนวโน้มของปริมาณแอนแอโรบิกแบคทีเรียจะมากกว่าผลิตภัณฑ์ควบคุม และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากสารไนไตรท์จะมีผลยับยั้งต่อเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และป้องกันการงอกของสปอร์ของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ควบคุมมีปริมาณแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณแอนโอบิกแบคทีเรียของผลิตภัณฑ์กุนเชียง บรรจุในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส (logโคโลนีต่อกรัม)

ระยะเวลา	ควบคุม		ข้าวแดง 0.50 %	
(วัน)	PP	ALU	PP	ALU
0	$^{ns}2.301^{a}$	$^{ns}2.301^{a}$	$^{ns}2.322^{b}$	$^{ns}2.322^{b}$
5	$^{ns}2.301^{a}$	$^{ns}2.301^{a}$	$^{ns}2.322^{b}$	$^{ns}2.342^{c}$
10	$^{ns}2.342^{a}$	$^{ns}2.322^{b}$	$^{ns}2.342^{a}$	$^{ns}2.362^{c}$
15	$^{ns}2.301^{a}$	$^{ns}2.342^{b}$	$^{ns}2.342^{b}$	$^{ns}2.380^{c}$
20	$^{ns}2.362^{a}$	$^{ns}2.362^{a}$	$^{ns}2.322^{b}$	$^{ns}2.342^{c}$
25	$^{ns}2.362^{a}$	$^{ns}2.322^{c}$	$^{ns}2.362^{a}$	$^{ns}2.342^{b}$
30	$^{ns}2.342^{a}$	$^{ns}2.342^{a}$	$^{ns}2.398^{b}$	$^{ns}2.398^{b}$
35	$^{ns}2.362^{a}$	$^{ns}2.362^{a}$	$^{ns}2.415^{c}$	$^{ns}2.398^{b}$
40	$^{ns}2.380^{a}$	$^{ns}2.380^{a}$	$^{ns}2.415^{c}$	$^{ns}2.398^{b}$
45	$^{ns}2.415^{a}$	$^{ns}2.398^{b}$	$^{ns}2.431^{a}$	$^{ns}2.415^{a}$
50	$^{ns}2.398^{b}$	$^{ns}2.362^{a}$	$^{ns}2.447^{c}$	$^{ns}2.431^{c}$
55	$^{ns}2.415^{b}$	$^{ns}2.398^{c}$	$^{ns}2.477^{a}$	$^{ns}2.447^{a}$
60	$^{ns}2.431^{c}$	$^{ns}2.431^{c}$	$^{ns}2.491^{a}$	$^{ns}2.477^{b}$

4.4.4.3 *Clostridium perfingens*

การบรรจุที่สภาวะสุญญากาศ ในถุงโพลีโพรไพลีน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ในกุนเชียงสูตรควบคุม และกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 ไม่พบการเจริญของ *Clostridium perfingens* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติจริงกุนเชียงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสดจะต้องให้ความร้อนอีกครั้งก่อนการบริโภค ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนจาก จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษจึงต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การศึกษาความคงตัวของสารสีในผลิตภัณฑ์กุนเชียง

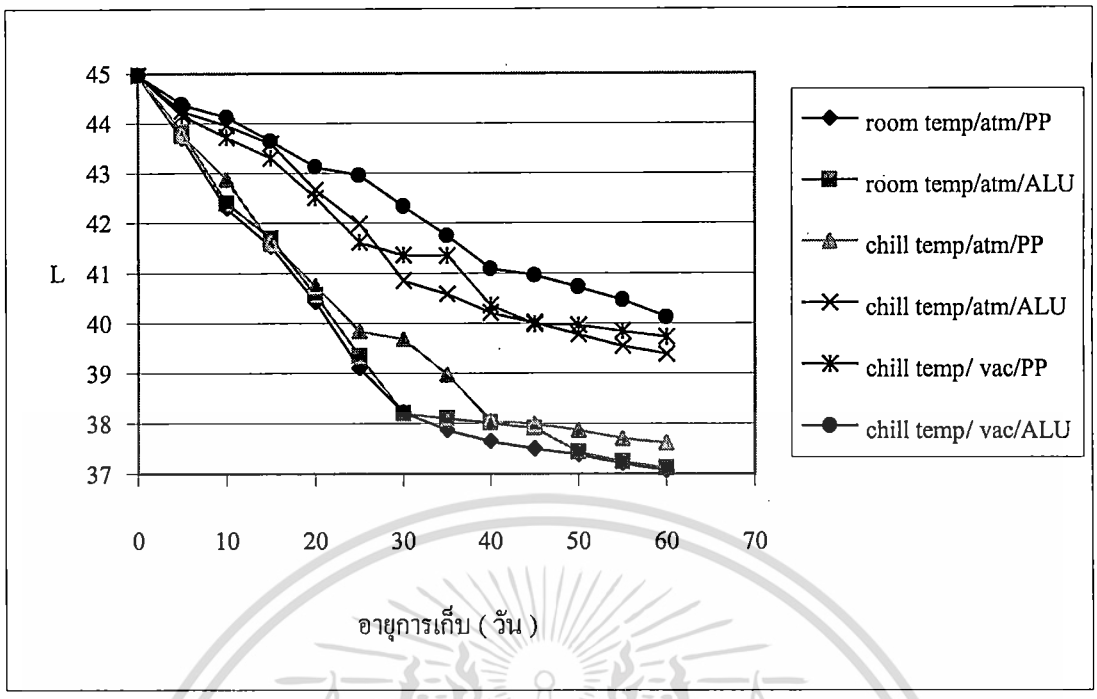
จากการนำกุนเชียงสูตรควบคุม และสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 บรรจุลงในถุงพลาสติกโพลีโพรไพลิน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต ปิดผนึกแบบสุญญากาศ และแบบธรรมดา ศึกษาสภาวะการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8 ± 1 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 เดือนติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 5 วัน

จากภาพที่ 4.19 และ 4.20 แสดงถึงค่า L ซึ่งเป็นค่าแสดงความสว่างของสีภายในและภายนอกของกุนเชียงตามลำดับ พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า L ของสีภายในของกุนเชียงที่เก็บอุณหภูมิห้องจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกุนเชียงที่เก็บในอุณหภูมิตู้เย็น ซึ่งเห็นได้ชัดเจนจากภาพที่ 4.19 โดยพบทั้งในผลิตภัณฑ์ควบคุม และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.5 และในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลิน และถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิห้องจะมีการเจาะรูที่ถุง เพื่อให้มีการระบายอากาศ จึงทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์แห้งแข็ง มีสีดำคล้ำส่งผลให้ค่า L ลดลงอย่างมาก

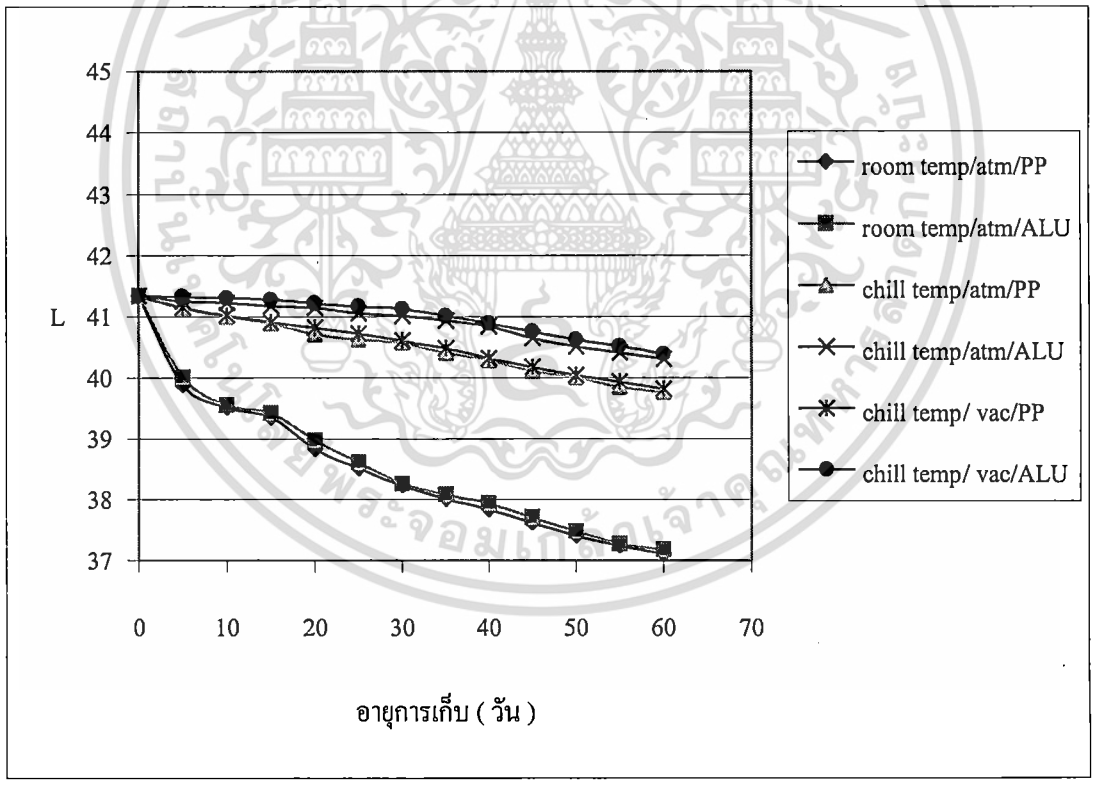
ส่วนผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่เก็บในอุณหภูมิตู้เย็น จะมีการเปลี่ยนแปลงค่า L เพียงเล็กน้อยและมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน ไม่ว่าจะบรรจุในถุงโพลีโพรไพลิน หรือถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ หรือเก็บในสภาวะบรรยากาศปกติ หรือสุญญากาศ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า L ของสีภายนอก พบว่าสภาพการบรรจุและภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยที่จะมีอิทธิพลต่อค่า L อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ จ3 และ จ4) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาพบรรยากาศปกติจะมีค่า L สูงกว่า หรือมีความสว่างมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลินจะมีค่า L สูงกว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า L มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

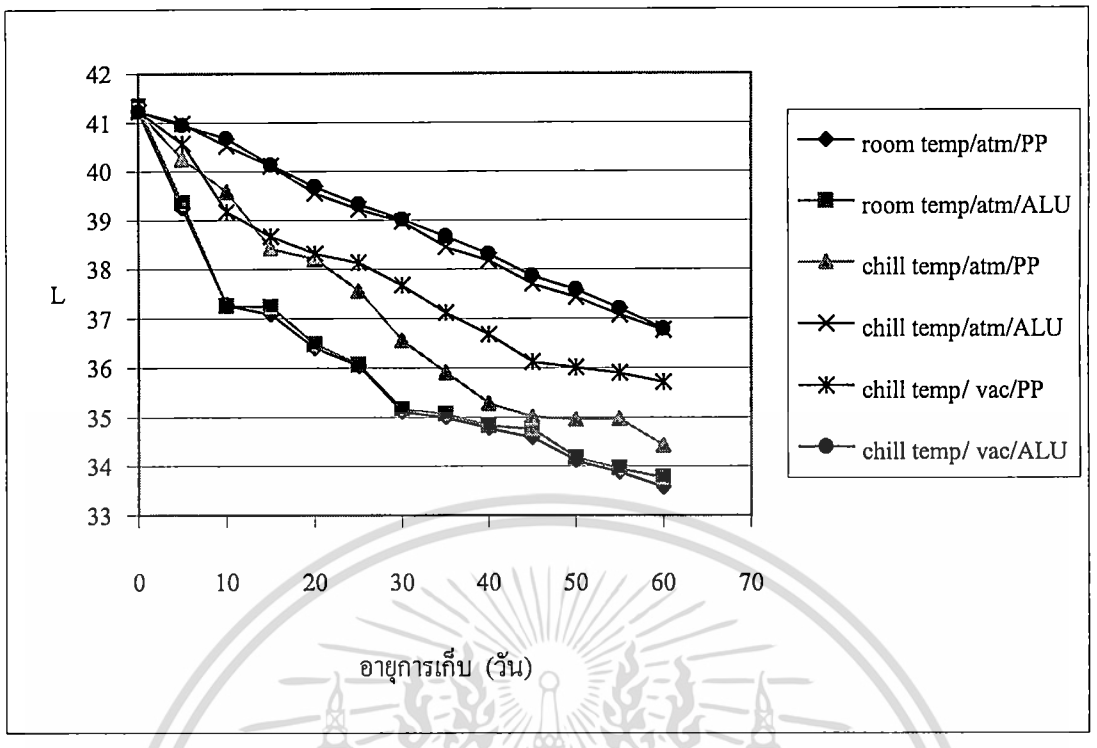


(ข)

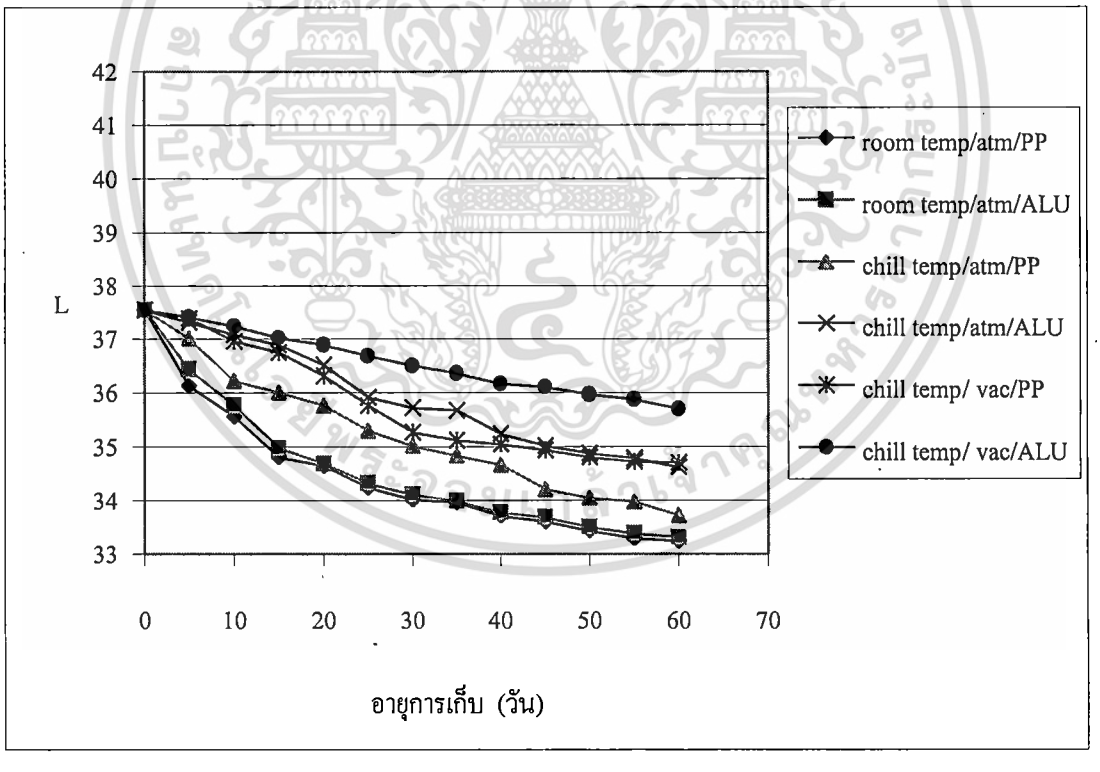
ภาพที่ 4.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า L ภายในของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน

(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.20 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า L ภายนอกของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

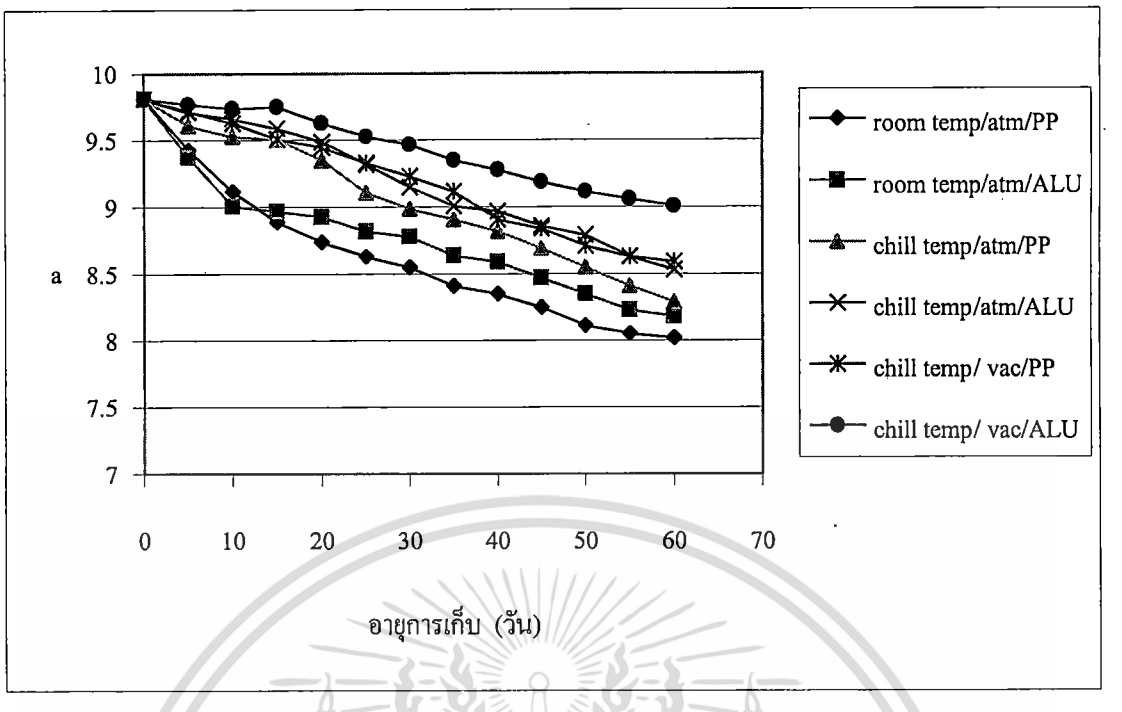
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวัดค่า a ภายในกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.5 (ภาพที่ 4.21) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่า a ของกุนเชียงที่เก็บที่อุณหภูมิห้องอย่างมาก เมื่อเทียบกับกุนเชียงที่เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น ซึ่งไม่พบเหตุการณ์เช่นนี้ในผลิตภัณฑ์กุนเชียงสูตรควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากข้าวแดงที่ทดแทนในกุนเชียงนั้นมีการสลายตัว ไม่คงตัวที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้ค่าสีแดงลดลง ในขณะที่สีแดงของกุนเชียงสูตรควบคุมมีการลดลงตามสภาวะการบรรจุ โดยไม่มีผลเนื่องจากสารไนไตรท์ที่ใช้ทำให้สีมีความคงตัว อย่างไรก็ตาม พบว่ากุนเชียงที่เก็บที่อุณหภูมิห้องมีแนวโน้มเป็นสีน้ำตาลเข้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยส่งผลให้ค่า a ลดลงได้เช่นกัน

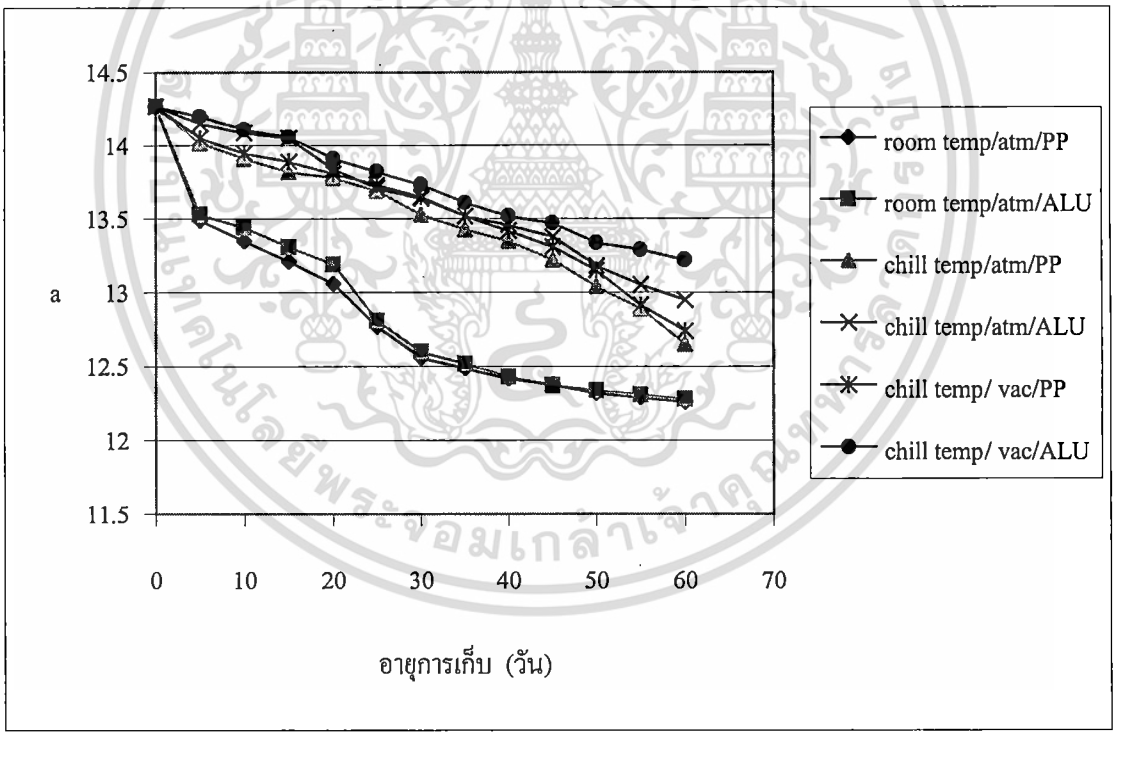
ดังนั้นการเก็บกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ จึงไม่ควรเก็บที่อุณหภูมิห้อง หรือที่อุณหภูมิสูง แต่ควรเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น

อย่างไรก็ตาม จากการวัดค่า a ของสีภายนอก (ภาพที่ 4.22) พบว่าสภาพการบรรจุ และภาชนะบรรจุมีอิทธิพลต่อค่า a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ จ3 และ จ4) ซึ่งพบทั้งในกุนเชียงสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดง เนื่องจากผิวภายนอกสัมผัสกับแสง และอากาศ ดังนั้นภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันแสง ป้องกันการซึมผ่านของอากาศ ดังเช่นถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ จึงสามารถป้องกันการลดลงของสีแดง (ค่า a) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



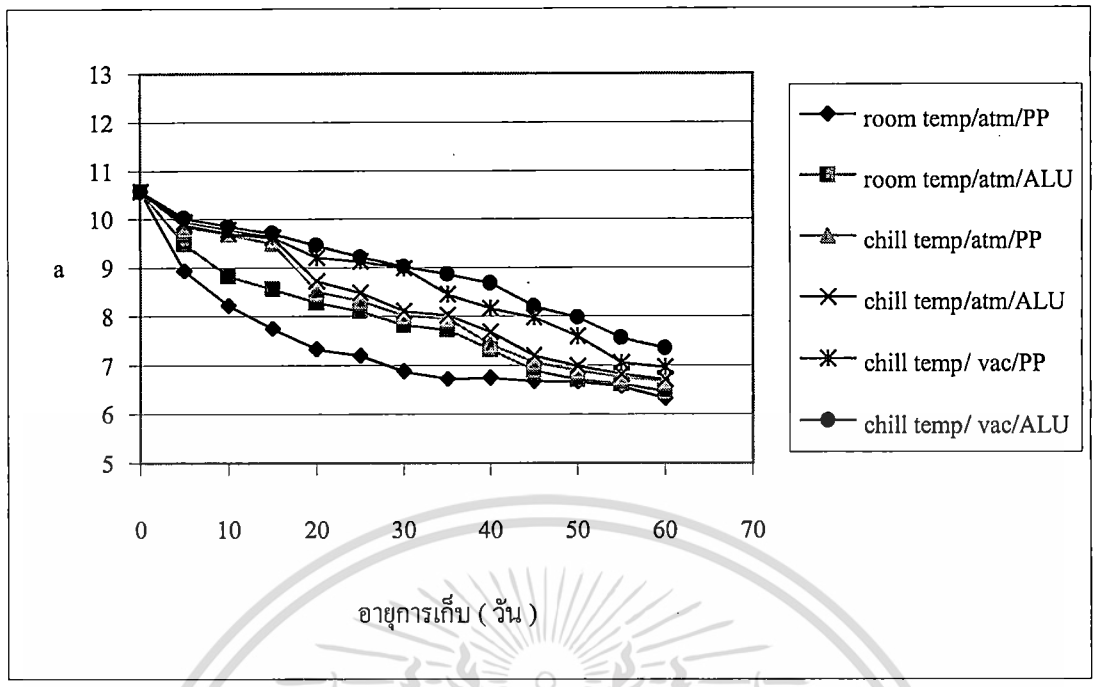
(ก)



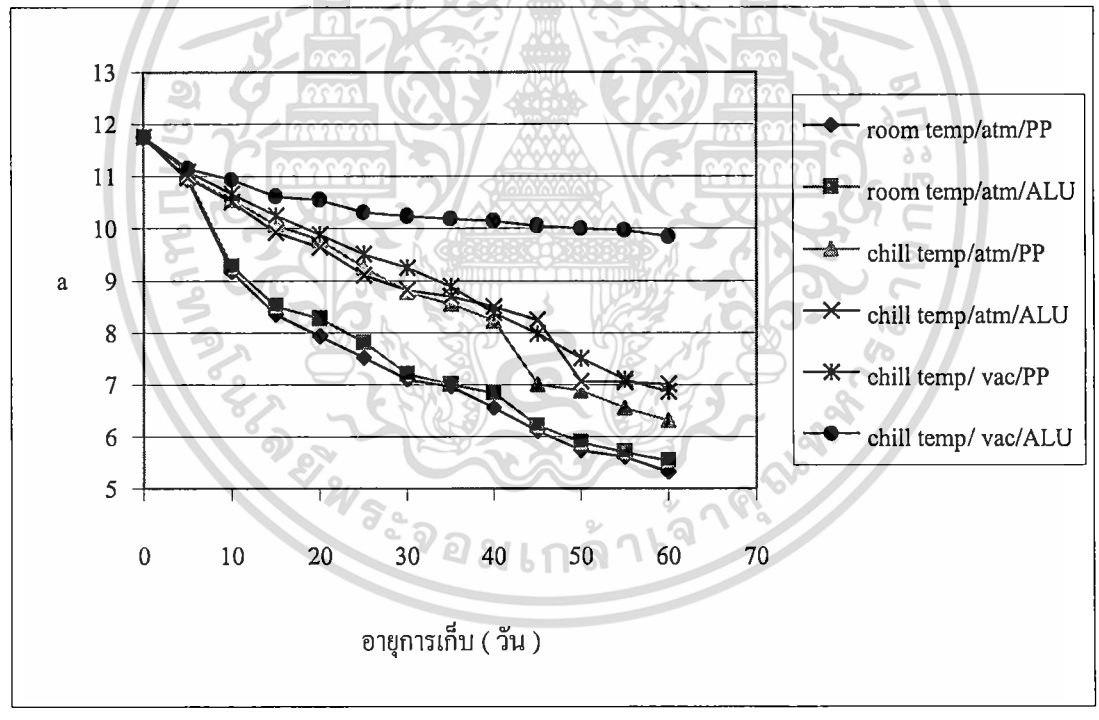
(ข)

ภาพที่ 4.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า a ภายในของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า a ภายนอกของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

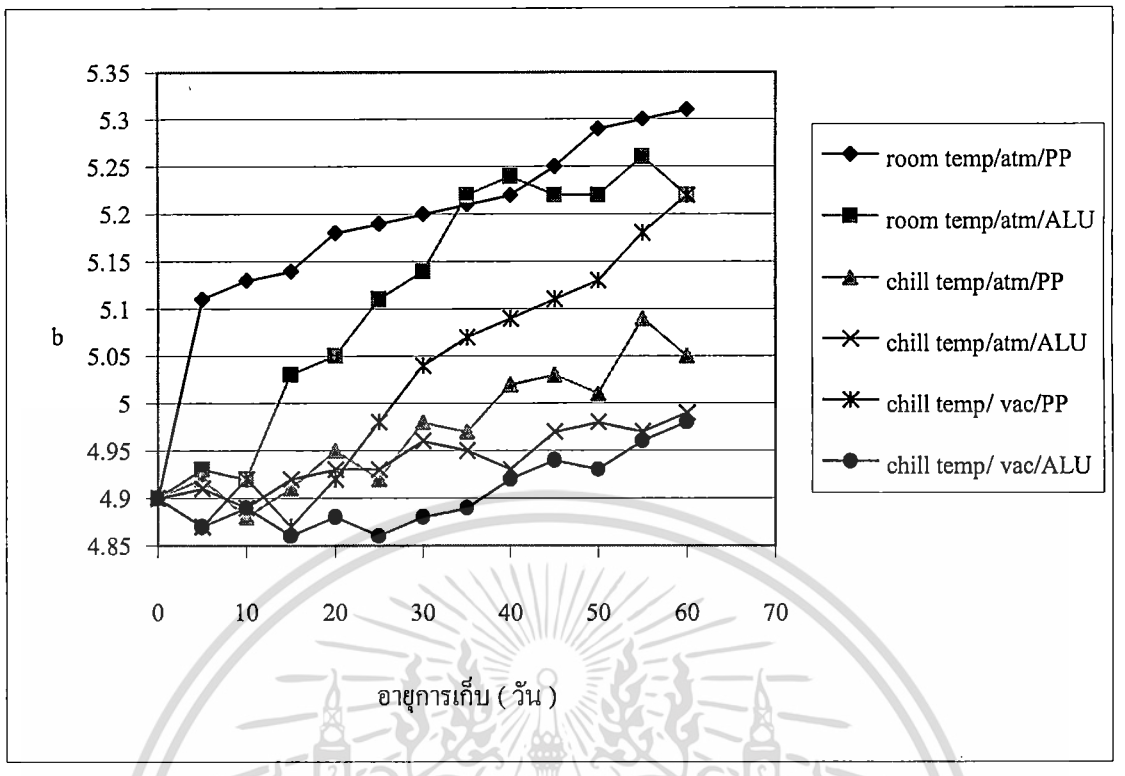
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวัดค่า b ของสีภายในกุนเชียง (ภาพที่4.23) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น ทั้งในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ใช้ข้าวแดง ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีแดงลดลง ซึ่งส่งผลให้ค่า b เพิ่มขึ้น และกลไกที่สีแดงในข้าวแดงมีความคงตัวน้อยกว่าสีเหลือง สีแดงจึงสลายตัวไป จึงทำให้สีเหลืองเพิ่มขึ้น

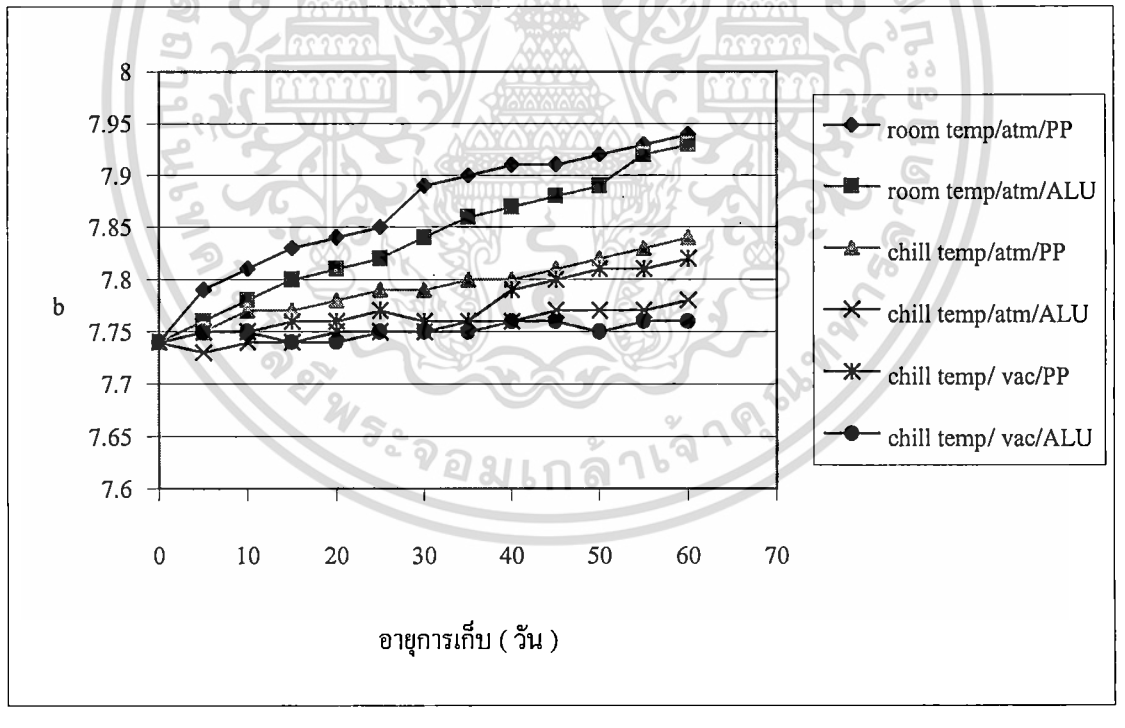
อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าสภาพการบรรจุยังมีผลต่อค่า b ภายในของกุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ จ3 และ จ4)

เมื่อพิจารณาค่า b ภายนอกของกุนเชียงทั้งสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีค่าลดลงเมื่อเวลาระยะเวลาในเก็บนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสีน้ำตามเข้ม เนื่องจากความชื้นที่ต่ำ จากถุงที่เจาะรู จึงส่งผลให้ค่า b ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่การเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น ไม่มีการสูญเสียความชื้น จึงทำให้ค่า b มีค่าคงที่ในตัวอย่างที่ใช้ข้าวแดง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

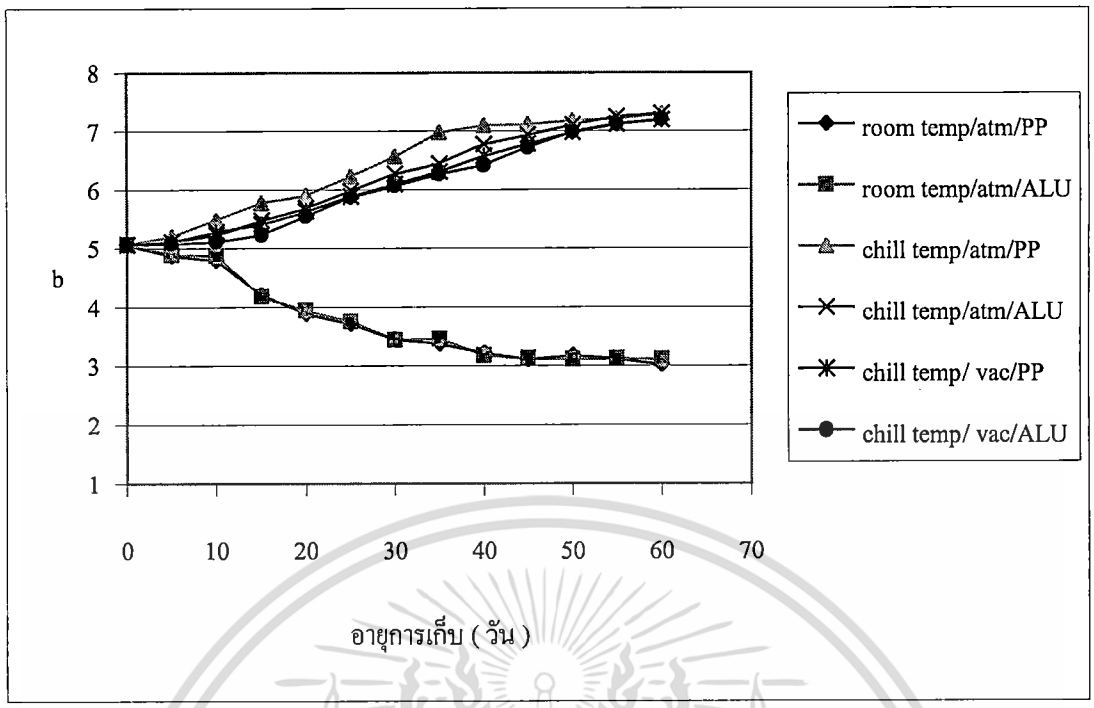


(ข)

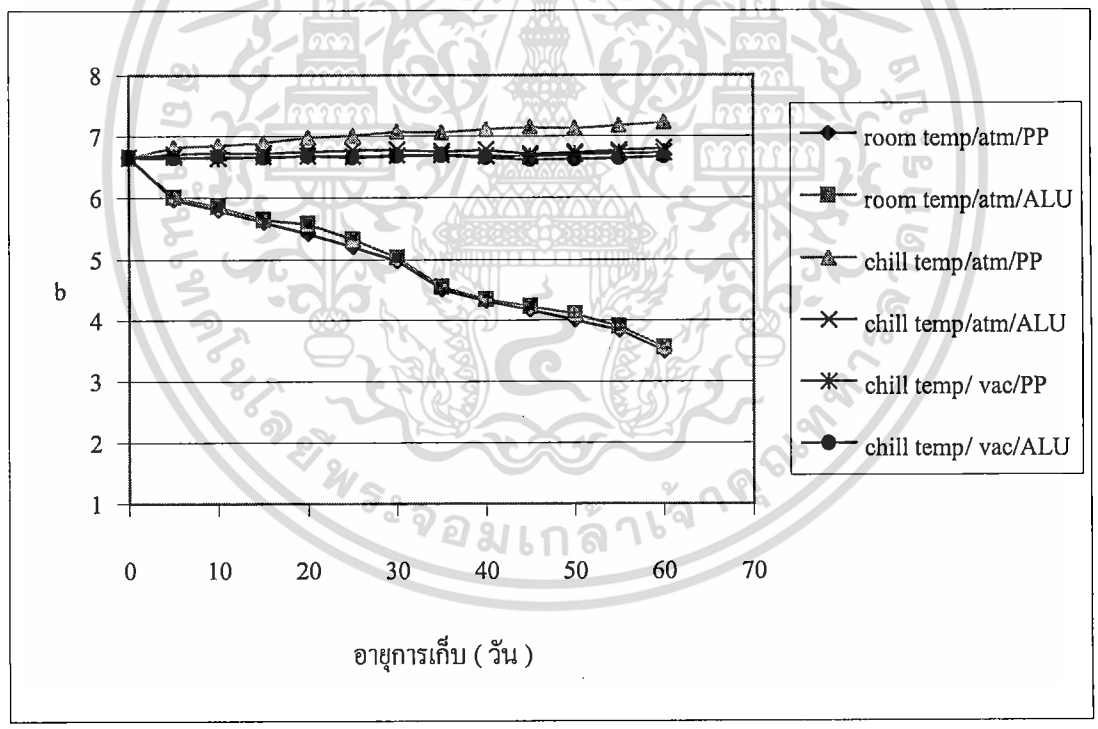
ภาพที่ 4.23 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า b ภายในของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน

(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

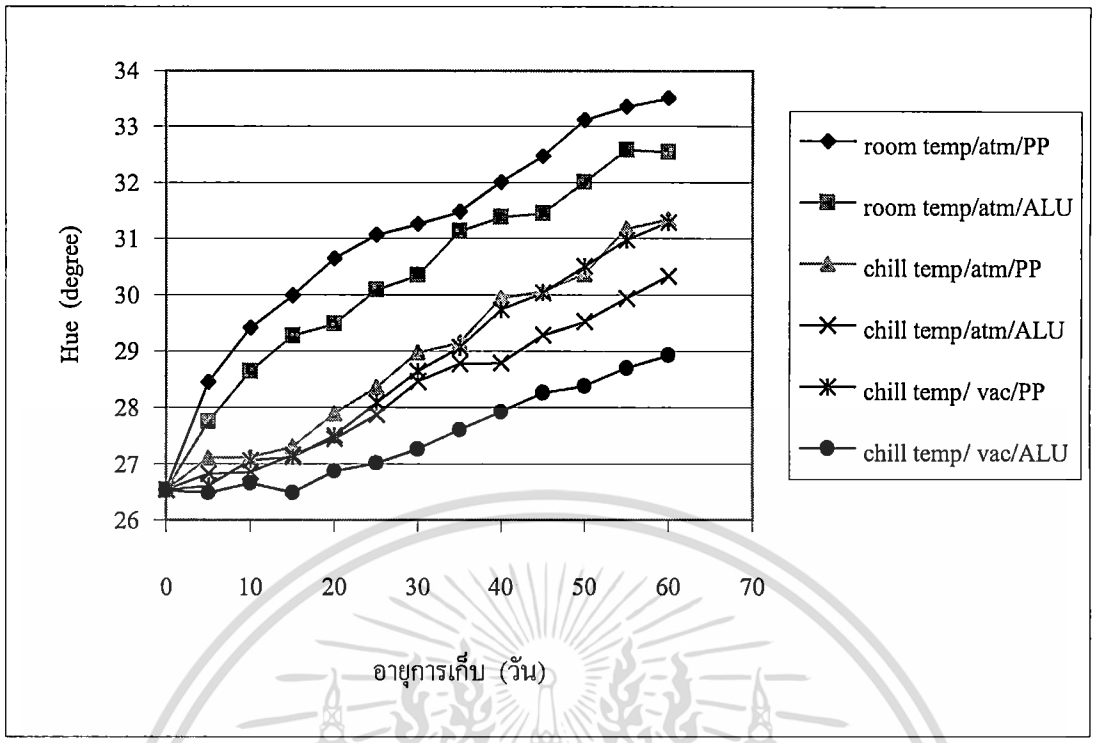
ภาพที่ 4.24 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า b ภายนอกของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

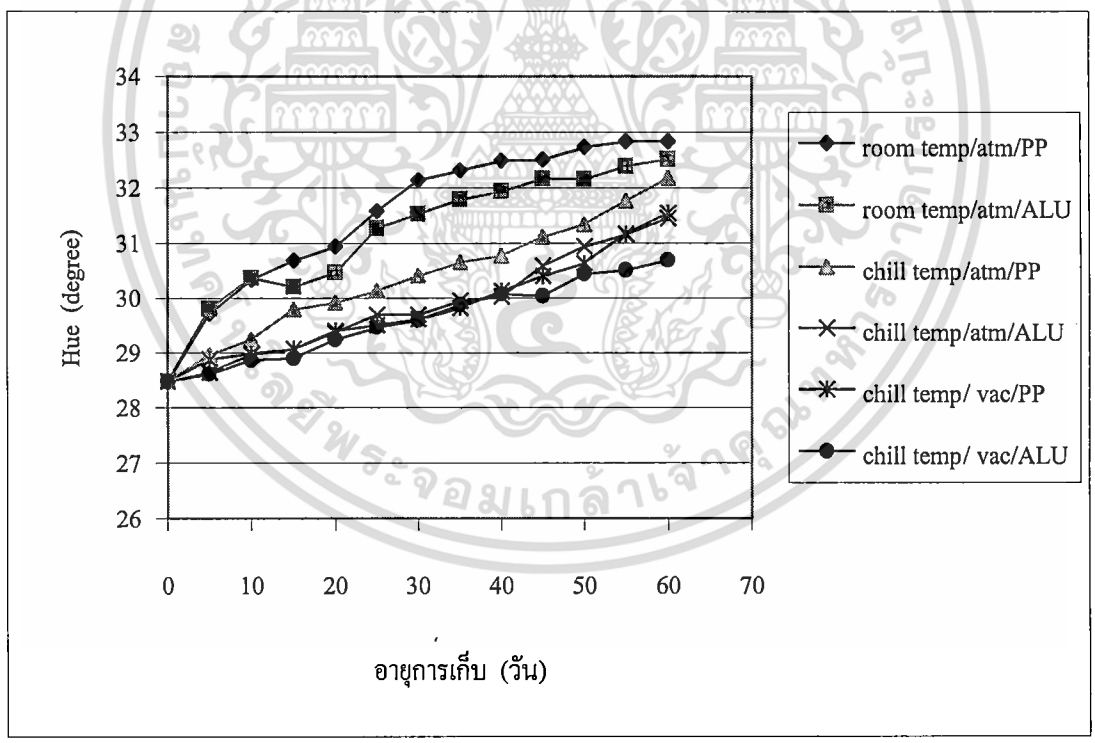
จากการคำนวณค่า H ของสีภายใน พบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น ตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.5 จะมีค่า H เพิ่มขึ้น แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความเป็นสีแดงลดลง ซึ่งสภาพการบรรจุ และภาชนะบรรจุมีผลต่อค่า H อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ จ3 และ จ4) กล่าวคือ ภาชนะบรรจุอะลูมิเนียมฟอยด์ และสภาวะการเก็บสุญญากาศจะทำให้ค่า H ของผลิตภัณฑ์แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง โพลีโพรไพลีน

จากค่า H ภายนอกพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น ทั้งในกุนเชียงสูตรควบคุม และกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดง ยกเว้นกุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ในสภาวะสุญญากาศ โดยพบว่ากุนเชียงที่เก็บสภาวะดังกล่าวมีค่า H ค่อนข้างคงที่เช่นเดียวกับกุนเชียงที่เก็บที่อุณหภูมิห้องของทั้งสูตรควบคุม และสูตรที่ใช้ข้าวแดง อย่างไรก็ตามพบว่าถึงแม้ค่าสีหลัก (H) ของสีภายนอกของตัวอย่างมีเท่ากัน แต่มีค่า L ที่ต่างกัน ก็ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่ต่างกัน โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยส์สภาวะสุญญากาศ จะมีสีแดงสดใส ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง จะมีสีน้ำตาลเข้มคล้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

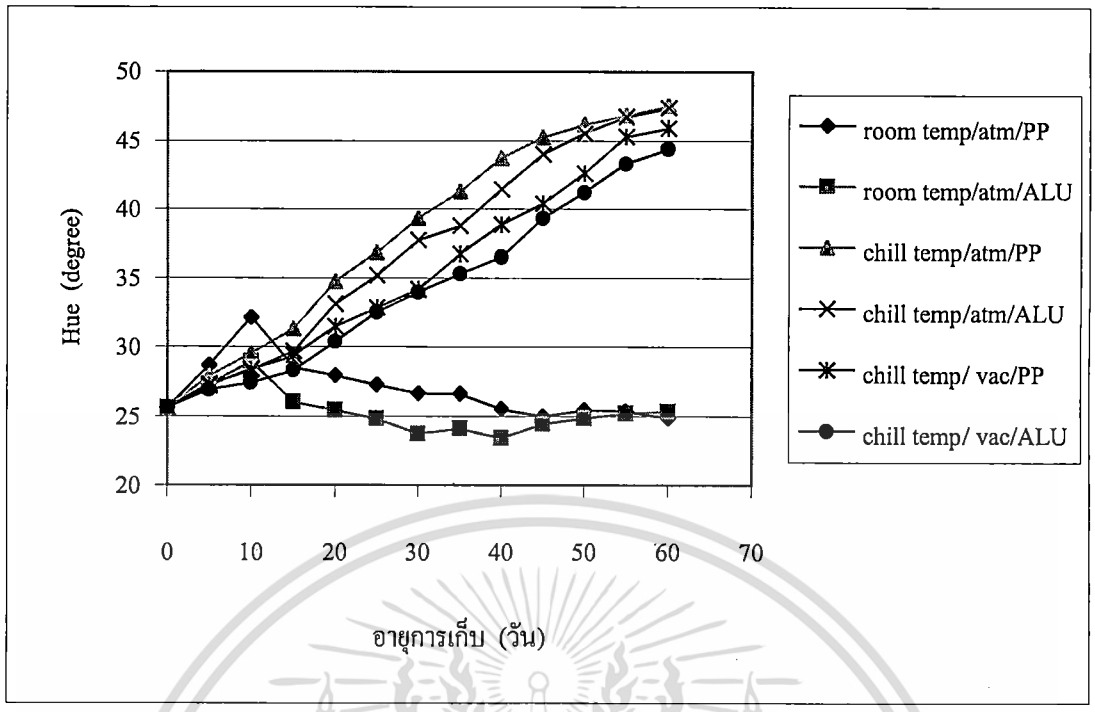


(ข)

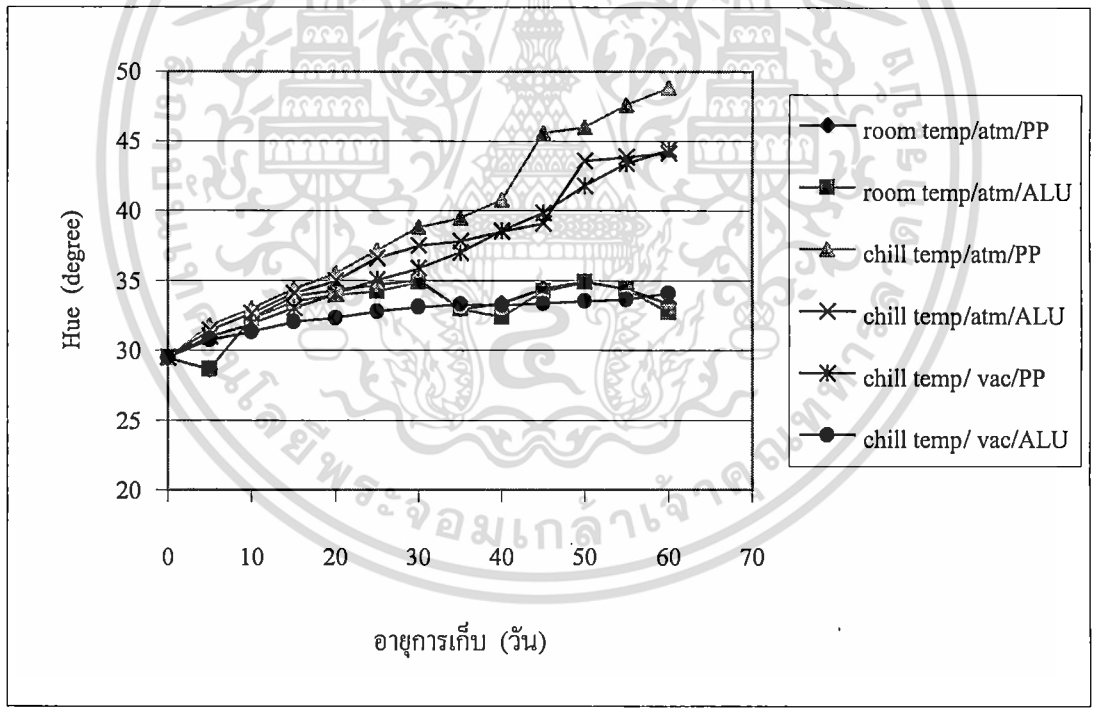
ภาพที่ 4.25 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า H ภายในของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน

(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.26 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า H ภายนอกของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน
(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50

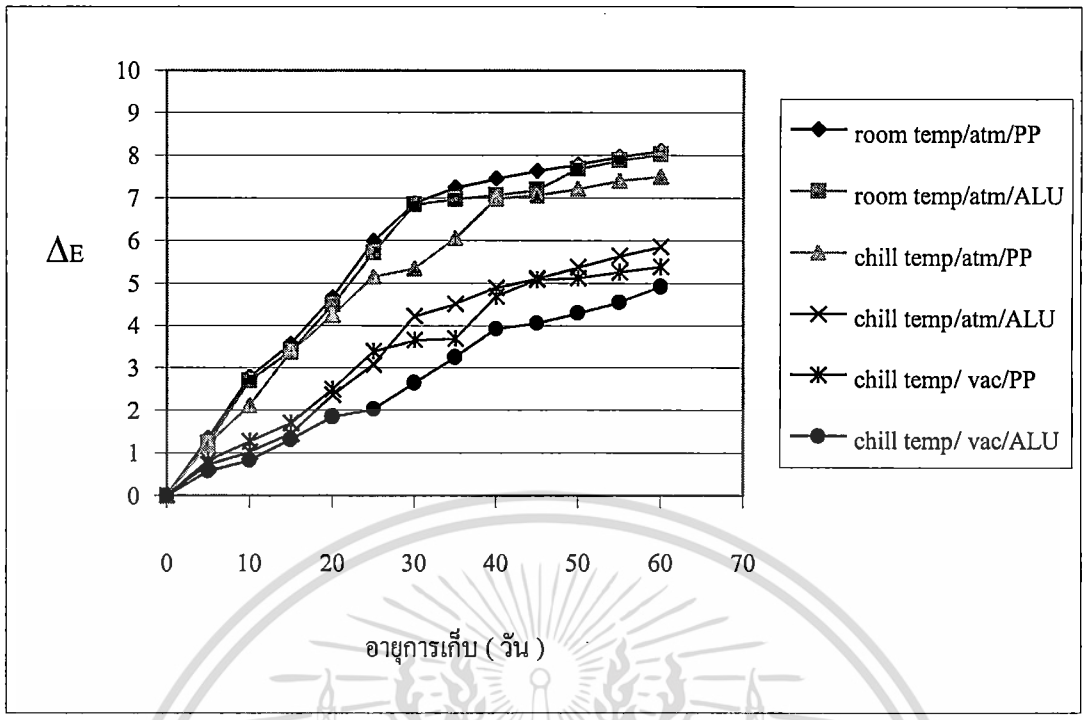
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า ΔE แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของสีทั้งหมด โดยคิดคำนวณจากค่า L a และ b จากภาพที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายในของกุนเชียงสูตรควบคุมจะมากกว่ากุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงในทุกสภาวะของการบรรจุ แสดงว่ามีกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงจะมีความคงตัวของสีมากกว่าสูตรควบคุม

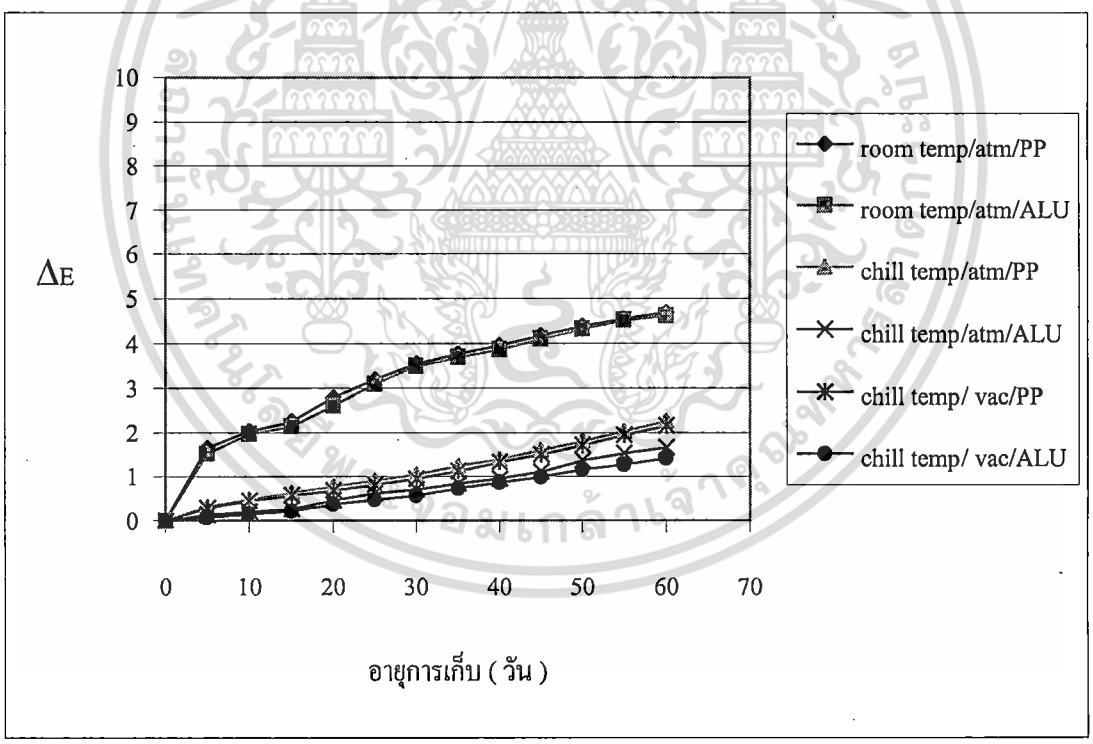
กุนเชียงที่ใช้ข้าวแดง และเก็บที่อุณหภูมิห้องจะมีค่า ΔE เพิ่มขึ้นมากกว่ากุนเชียงที่เก็บที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส แสดงว่าการเก็บกุนเชียงที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยกว่า

การเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายนอก (ภาพที่ 4.28) ของกุนเชียงสูตรควบคุมและกุนเชียงสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 จะมีแนวโน้มเหมือนกัน โดยกุนเชียงที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์สุญญากาศ อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

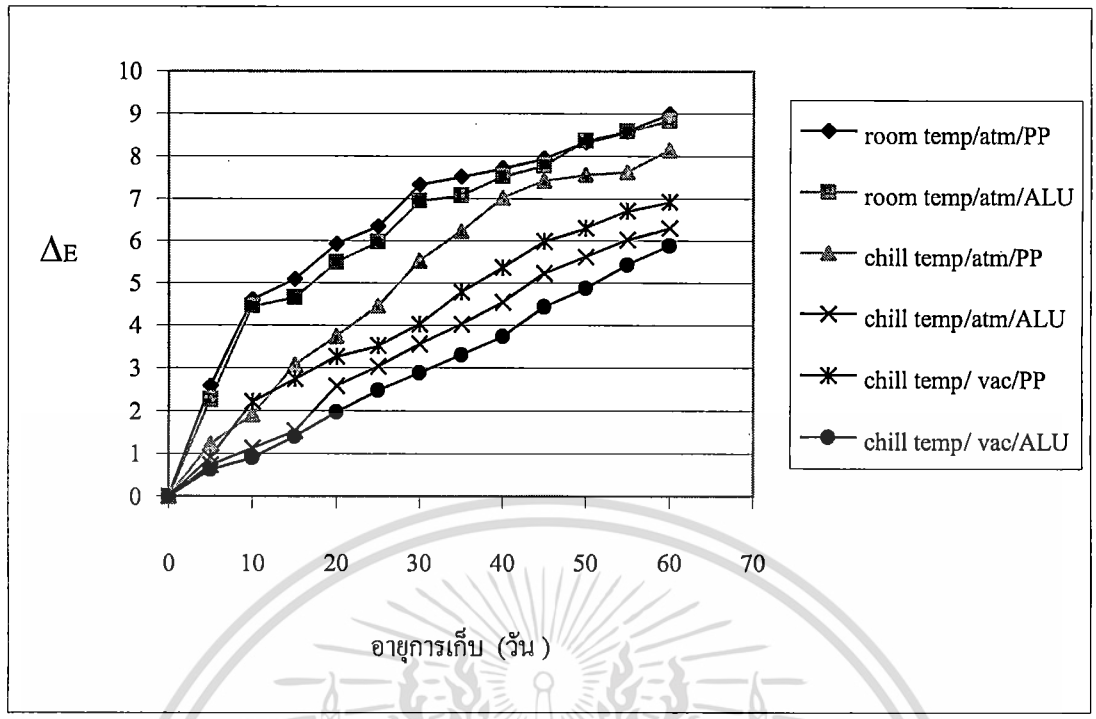


(ข)

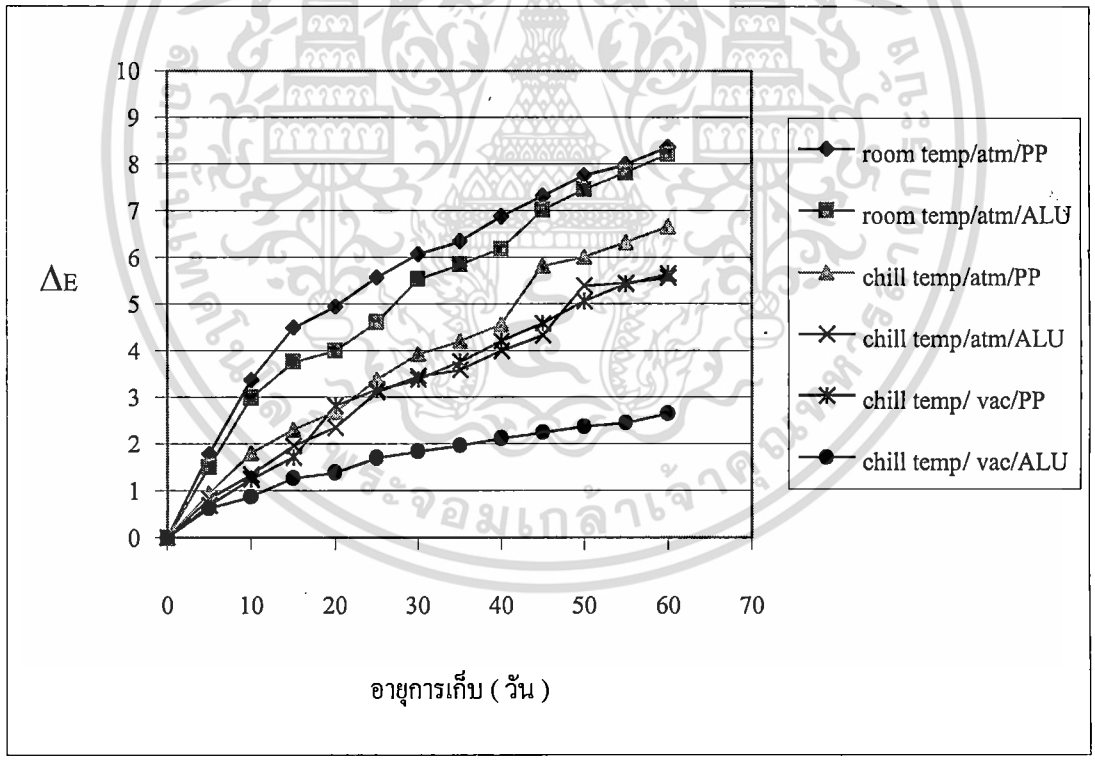
ภาพที่ 4.27 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายในของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน

(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50 ($\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.28 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ภายนอกของกุนเชียง ที่บรรจุในถุงโพลีโพรไพลีน (PP) และ ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) ในสภาวะบรรยากาศปกติ (atm) และ สุญญากาศ (vac) ที่อุณหภูมิห้อง และ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน

(ก) : สูตรควบคุม ; (ข) : ข้าวแดงร้อยละ 0.50 ($\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

1. ปริมาณข้าวแดงที่เหมาะสมในการทดแทนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันและกุนเชียง คือ ร้อยละ 0.50 ของน้ำหนักเนื้อ และการใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ไม่มีผลทำให้กลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป

2. การศึกษาอายุการเก็บของไส้กรอกรมควัน พบว่าทั้งสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 เก็บได้ 24 วัน โดยสูตรควบคุมมีแนวโน้มการเพิ่มของเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าในสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 และที่สภาวะบรรจุสุญญากาศไม่พบเชื้อ *Clostridium perfringens* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

3. การศึกษาอายุการเก็บของกุนเชียง พบว่าทั้งสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 มีแนวโน้มการเพิ่มของเชื้อจุลินทรีย์ใกล้เคียงกัน และไม่พบการเสื่อมเสียในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน โดยที่สภาวะบรรจุสุญญากาศไม่พบเชื้อ *Clostridium perfringens* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

4. การศึกษาความคงตัวของสารสีในไส้กรอกรมควัน พบว่าทั้งสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่า L, a, b, H และ ΔE ใกล้เคียงกัน เมื่อบรรจุในสภาวะที่เหมือนกัน โดยพบว่าการเก็บไส้กรอกรมควันที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส บรรจุสภาวะสุญญากาศ ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ สารสีจะมีความคงตัวมากที่สุด

5. การศึกษาความคงตัวของสารสีในกุนเชียงสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ 0.50 พบว่าทุกสภาวะการบรรจุ ยกเว้นกุนเชียงที่เก็บที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส บรรจุสภาวะสุญญากาศ ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่า L, a, b, H และ ΔE ใกล้เคียงกัน เมื่อบรรจุในสภาวะเดียวกัน แต่พบว่ากุนเชียงที่ใช้ข้าวแดงมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีหลัก (H) น้อยกว่ากุนเชียงที่ใช้ไนไตรท์ เมื่อบรรจุสภาวะสุญญากาศ ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ เก็บที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นั่นคือที่สภาวะดังกล่าว สารสีจากข้าวแดงมีความคงตัวมากกว่าสารไนไตรท์ในกุนเชียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. จากตรวจเชื้อ *Clostridium perfringens* ไม่พบการเจริญของเชื้อชนิดนี้ ซึ่งไม่สามารถบอกได้ว่าข้าวแดงมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Clostridium perfringens* ดังนั้นควรทำการเติมเชื้อชนิดนี้ลงไปในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวแดงทดแทนไนไตรท์ แล้วตรวจหาในระหว่างการเก็บรักษาว่าข้าวแดงมีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อชนิดดังกล่าวนี้หรือไม่

2. ควรทำผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมทั้งสารไนไตรท์ และข้าวแดง เปรียบเทียบในด้านการยอมรับของผู้บริโภค และการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2518. การศึกษาทดลองผลิตข้าวแดงระดับห้องปฏิบัติการ. รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2539. การศึกษาทดลองผลิตข้าวแดงขั้นอุตสาหกรรมนำทาง. รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์**. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ทศพร นามโฮง. 2544. การใช้ข้าวแดงเพื่อปรับปรุงสีในไส้กรอกอิมัลชั่น. คณะวิชาเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. อยุธยา.

บุษบา ยงสมิทธิ์. 2542. **จุลชีววิทยาการหมักวิตามินและสารสี**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุษบา ยงสมิทธิ์ วิเชียร ยงมานิต สนทนา แสงจันทร์ และชุลี ชัยศรีสุข. 2531. การผลิตสีผสมอาหารจากมันสำปะหลังเพื่ออุตสาหกรรมหมัก. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรรณภา ทาบโลกา. 2529. "ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตสีของโมแนสคัสที่เจริญบนอาหารแป้งมันสำปะหลังในสภาพหมักเปียก." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายสนม ประดิษฐดวง. 2540. "การถนอมรักษาอาหารด้วยสารเคมี." หน้า 198-199 ใน **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC. Official Method of Analysis. 1995. 16th ed. The Association of Analysis Chemists. Arlington, Virginia.

Blanc, P.J., Loret, M.O., Santerre, A.L., Pareilleux, A., Prome, D., Prome, J.C., Laussac, J.P. and Goma, G. 1994. "Pigments of *Monascus*." **J. Food Sci.** 59 : 862-865.

Bridge, P.D and Hawksworth, D.L. 1985. "Biochemical tests as an aid to the identification of *Monascus* species." **Letters in Applied Microbiology**. 1 : 25-29.

Broder, C.U. and Koehler, P.E. 1980. "Pigment produced by *Monascus purpureus* with regard to quality." **J. Food Sci.** 45 : 579-583.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cannon, P.F., Abdullah, S.K. and Abbas, B.A. 1995. "Two new species of *Monascus* form Irag with a key to known species of the Genus." **Mycol. Res.** 99(6) : 659-662.

Carel, M. and Shepherd, D. 1975. "Sexual reproduction cycle of *Monascus* spp. in submerged shaker culture." **J. Bact.** 122(1) : 288-294.

Endo, A. 1979. "Monacolin K, a new hypocholesterolemic agent produced by à *Monascus* species." **J. Antibiot.** 32 : 852-854.

Fabre, C.E., Santerre, A.L., Loret, M.O., Baberian, R., Pareilleux, A., Goma, G., and Blanc, P.J. 1993. "Production and food application of the red pigments of *Monascus ruber*." **J. Food Sci.** 58 : 1099-1110.

Fink – Gremmels, J., Dresel, J. and Leistner, L. 1991. "Use of *Monascus* extracts as an alternative to nitrite in meat products." **Fleischwirtsch.** 71 : 1187-1186.

Hajjaj, H., Klaebe, A., Goma, G., Blanc, P.J., Barbier, E. and Francois, J. 2000. "Medium – chain fatty acids affect citrinin production in the filamentous fungus Monascus ruber." **App. and Environ. Micro.** 66(3) : 1120-1125.

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." **J. Bot.** 31 : 51-61.

Hesseltine, C.W. 1965. "A millienium of fungi, food and fermentation." **Mycologia.** 57 : 179-181.

Iizuka, H. and Lin, C.F. 1981. **Advances in Biotechnology** Vol. 2. Toronto : Pergamon Pres.

Johns, M.R. and Stuart, D.M. 1991. "Production of pigment by *Monascus purpureus* in solid culture." **J. Industrial Microbiology.** 8 : 23-28.

Kaio, K., Seihachiro, N., Yoshiyuki, N. and Sadao, M. 1978. "Toxicity of *Monascus* pigment." **Niigata Igakkal Zasshi.** 92(12) : 815-820.

Korkeala, J.H. and Bjorkroth, K.J. 1997. "Microbiological spoilage and contamination of vacuum – packaged cooked sausage." **J. of Food Protection.** 60(6) : 724-731.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lee, Y.K., Chen, D.C., Chauvatcharin, S., Seki, T. and Yoshida, T. 1995. "Production of *Monascus* pigment by a solid – liquid state culture method." **J. Ferment. Bioeng.** 79(5) : 516-518.

Lee, Y.K. and Chen, D.C. 2000. **Application of *Monascus* pigments as food colorant.** Department of Microbiology National University of Singapore.

Lin, C.F. 1973. "Isolation and culture condition of *Monascus* spp. for the production of pigment in submerged culture." **J. Ferment. Technol.** 51(6) : 407-414.

Moll, H.R. and Farr, D.R. **Red pigment and process.** US. patent no. 3993789, November 1976.

Nishikawa, J., Watanabe, Y., Kashimura, J., Aso, K. and Iizuka, H. 1988. "Characterization of extracellular proteinases of the genus *Monascus* by their pH-activity profile." **J. Gen. Appl. Microbiol.** 34 : 467-473.

Palo, M.A., Vidal – Adeva and Maceda, L. 1960. "Study on ang – kak and its production." **J. Sci. Soc.** 89: 1 – 22.

Su, Y.C. and Huang, J.H. 1980. "Fermentative production of anka – pigments (*Monascus* pigment)." **Proc. Natl. Sci. Counc. ROC.** 4(2) : 201-215.

Sweeny, J.G., Estrada – Valdes, M.C., Iacobucci, A., Sato, H. and Sakamura, S. 1981. "Photoprotection of the red pigments of *Monascus anka* in aqueous media by 1,4,6 – trihydroxynapthalene." **J. Agric. Food Chem.** 29 :1189-1193.

Turner, W.B. 1971. **Fungal Metabolites.** London : Acadamic Press.

Wang, I.K., Lin – Shiau, S.Y., Chen, P.C. and Lin, J.K. 2000. "Hypertriglyceridemic effect of anka (a fermented rice product of *Monascus* spp.) in rat." **J. Agric. Food Chem.** 48 : 3183-3189.

Wong, H.C. and Koehler, P.E. 1983. "Production and isolation of an antibiotic from *Monascus Purpureus* and its relationship to pigments production." **J. Food Sci.** 46 : 589-592.

Wong, H.C. and Koehler, P.E. 1983. "Production of red water soluble *Monascus* pigments production." **J. Food Sci.** 48 : 1200-1203.

Wong, H.C., Lin, Y.C. and Koehler, P.E. 1981. "Regulation of growth and pigmentation of *Monascus purpureus* by carbon and nitrogen concentration." **Mycologia.** 73 : 649-654

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ข้าวแดง

ตารางที่ ก1 ความชื้นและคุณสมบัติทางด้านสีของข้าวแดงที่ใช้ในการทดลอง

คุณสมบัติ		ค่าที่ได้
ความชื้น (%)		9.24
สี	L	45.33±0.14
	a	23.03±0.14
	b	10.64±0.11

ตารางที่ ก2 การกระจายตัวของขนาดอนุภาคของข้าวแดงที่ใช้ในการทดลอง

ขนาดของอนุภาค (μm)	อนุภาคที่ติดบนตะแกรง (%)
>180	3.85
180 - 150	7.50
150 - 125	12.35
125 - 106	65.75
106 - 90	8.10
<90	2.35

ภาพที่ ก1 แสดงข้าวแดงที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

กรุณาให้คะแนนคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์

<u>คำแนะนำ</u>

1. การชิมระหว่างตัวอย่างผู้ชิมต้องล้างตัวอย่างเดิมออกจากปากด้วยน้ำสะอาดที่เตรียมให้ก่อนการชิมตัวอย่างใหม่เสมอ
2. การให้คะแนนจะเป็นการให้คะแนนความชอบแบบ 9 – point Hedonic Scale โดย

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

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง				
	.....	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....	.....
การยอมรับโดยรวม	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์

ค1. ความชื้น (AOAC., 1995)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมในอะลูมิเนียมแคนที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 – 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น

การคำนวณ

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

ค2. Water Activity (Thermoconstanter)

2.1 หมุนปุ่มสีเหลืองของเครื่อง thermoconstanter ในตำแหน่งที่ (1)

2.2 นำตลับพลาสติก (sample cup) มาใส่สารตัวอย่างให้ได้ปริมาตรประมาณ 80 – 90 เปอร์เซ็นต์

2.3 นำตลับตัวอย่างมาใส่ไว้ใน Measuring Chamber

2.4 ปิดฝาให้เรียบร้อย

2.5 ตั้งอุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการควบคุมตัวอย่างให้ได้ 25 องศาเซลเซียส ก็ให้ตั้งปุ่มสีดำตรงขวามือให้ได้หมายเลข 190 เป็นต้น

2.6 จากนั้นรอจนกระทั่งอ่านอุณหภูมิได้ตามที่ตั้งไว้ และ Relative Humidity ของอากาศที่วัดได้อยู่ในสภาวะที่สมดุลย์ (Equilibrium) กับสารตัวอย่าง สภาวะนี้เราเรียกว่า Equilibrium Relative Humidity (ERH) เมื่อหารด้วย 100 ก็จะได้ค่า a_w (water activity) ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค3. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC., 1995)

3.1 สุ่มตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกที่ปราศจากเชื้อ เทสารละลายเปปโตน 0.1 เปอร์เซ็นต์ (พีเอช 7.0±0.1) 225 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1 : 10

3.2 นำไปตีป่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องตีป่นอาหารเป็นเวลา 1 นาที

3.3 ปีเปตตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายเปปโตน 9 มิลลิลิตร จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม 3 ระดับ

3.4 หลอมอาหารเลี้ยงเชื้อให้ละลายแล้วตั้งทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิประมาณ 45 – 50 องศาเซลเซียส

3.5 ใช้ปีเปตดูดตัวอย่างอาหารแต่ละความเจือจาง ใส่ในจานเพาะเชื้อที่อบฆ่าเชื้อแล้ว จานละ 1 มิลลิลิตร แต่ละระดับความเจือจางทำ 3 ซ้ำ และใช้ระดับความเจือจาง 3 ระดับ โดยเรียงจานซ้อนกัน 4 ใบ ดูดตัวอย่างอาหารใส่จานใบล่างสุดก่อนแล้วไล่ขึ้นมาจนถึงใบบนสุด

3.6 เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15 – 20 มิลลิลิตร โดยเริ่มจากจานใบล่างสุดก่อนเช่นเดียวกัน เขย่าจานที่ซ้อนกันอยู่ทั้ง 4 ใบพร้อม ๆ กันโดยหมุนไปทางขวา 3 – 4 ครั้ง หมุนไปทางซ้าย 3 – 4 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้วุ้นแข็งตัว

3.7 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 – 48 ชั่วโมง โดยกลับจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.8 นับจำนวนโคโลนีทั้งหมดที่เจริญบนผิวหน้าอาหารและที่เจริญฝังในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี

3.9 รายงานผลการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัมของตัวอย่างอาหาร โดยคูณจำนวนที่นับกับระดับความเจือจาง

ค4. การตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ (AOAC., 1995)

ดำเนินการตรวจสอบเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่จะทำการเพาะเชื้อในโถบ่มไร้อากาศ (anaerobic jar) ร่วมกับ Gas Pak

ค5. การตรวจหาเชื้อ *Clostridium perfringens* (AOAC., 1995)

5.1 เตรียมตัวอย่างอาหารให้เจือจางตามที่ต้องการ 3 ระดับคือ 10^{-1} 10^{-2} และ 10^{-3}

5.2 ใช้ปีเปตดูดตัวอย่างอาหารแต่ละความเจือจางใส่ลงในหลอด cooked meat (CM) โดยใส่ตัวอย่างอาหารหลอดละ 1 มิลลิลิตร ระดับความเจือจางละ 3 หลอด

5.3 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 18 – 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ใช้ลูบจุ่มเชื้อจากหลอด CM medium โดยพยายามเขี่ยเชื้อจากก้นหลอดของ CM medium นำมาถ่ายเพาะเชื้อบน SPS agar

5.5 คว่ำจานเพาะเชื้อนำจานเพาะเชื้อทั้งหมดไปใส่ไว้ใน anaerobic jar เพื่อขจัดออกซิเจน

5.6 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 18 – 24 ชั่วโมง

5.7 ตรวจนับจำนวนโคโลนีของเชื้อที่ให้ลักษณะโคโลนีสีดำ นำมาทดสอบยืนยัน

5.8 ถ่ายเชื้อลง fluid thioglycollate บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.8.1 stap ลง motility – nitrate บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง *C. perfringens* ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นการเจริญจะเกิดเฉพาะตามรอยแทงของเข็มเขี่ยเชื้อเท่านั้น ทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ ไนไตรท์จะทำปฏิกิริยากับน้ำยาทดสอบให้สีแดง ในกรณีที่การทดสอบครั้งแรกได้ผลลบ ให้บ่มหลอดเชื้ออีกหนึ่งหลอดต่อ 24 ชั่วโมง แล้วทดสอบซ้ำ

5.8.2 stap ลง lactose gelatin medium บ่มที่ 35 – 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง *C. perfringens* สามารถเฟอร์เมนท์แลคโตส เกิดฟองก๊าซ และมีกรดเกิดขึ้น ทำให้อาหารเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลือง และมีเอนไซม์ย่อยเจลาตินได้ โดยแช่หลอดในน้ำแข็งประมาณ 30 วินาที เจลาตินที่ถูกย่อยสลายแล้วจะไม่จับตัวเป็นก้อนแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้