สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ระดับการประเมินคุณภาพ
☐ ดีเยี่ยม ☑ ดีมาก
☐ ดี ☐ ปานกลาง

ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด ในระหว่างการเก็บรักษา

ศศิธร วรรณมหินทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ชื่อเรื่อง

ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

ในระหว่างการเก็บรักษา

โดย

ศศิธร วรรณมหินทร์

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธยา พิมพ์พิไล)

วันที่ 27 เดือน ก.พ. พ.ศ. 2555.

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารารัตน์ ชือตอฟ)

วันที่ 27 เดือน ก.พ. พ.ศ. 2555

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จาตุพงศ์ วาฤทธิ์)

วันที่ 27 เดือน ก.พ. พ.ศ. 2555

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(อาจารย์ ดร.ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี)

วันที่ 27 เดือน ก.พ. พ.ศ. 2555

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 27 เดือน ก.พ. พ.ศ. 2555

ชื่อเรื่อง ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดในระหว่างการเก็บรักษา

ชื่อผู้เขียน นางสาวศศิธร วรรณมหินทร์

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธยา พิมพ์พิไล

บทคัดย่อ

ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากข้าวหักหรือปลายข้าวเจ้าที่ได้จากกระบวนการสีข้าว มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระที่สูง และมีความเป็นกรดต่ำ จึงมีข้อจำกัดด้านอายุการเก็บรักษาสั้น หรือมีการเสื่อมเสียได้ง่ายจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าสามารถเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่อุณหภูมิห้องได้เพียง 2 วันเท่านั้น อย่างไรก็ตามด้วยเทคโนโลยีของรังสีอัลตราไวโอเลตที่สามารถลดปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ได้ จึงเป็นแนวคิดในการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นสด จากการศึกษาพบว่าความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตและระยะเวลาที่ใช้มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยการให้รังสีอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ขนาด 15 วัตต์ จำนวน 8 หลอด เป็นเวลา 2 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อแบคทีเรีย ยีสต์และราในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดได้ถึง 2.15 และ 1.76 log cycles ตามลำดับ รังสีอัลตราไวโอเลตส่งผลต่อ DNA ของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีนที่ผนังเซลล์ภายนอก ทำให้เกิดการผิดพลาดในการแปรสัญญาณรหัสพันธุกรรม และเซลล์ตายได้ในที่สุด ในการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตแก่ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเกิดการเสื่อมเสียนั้น พบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุของผลิตภัณฑ์ โดยสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ 7,4 และ 3 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้ความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตและอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ใช้ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก ($p>0.05$) นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดจะมีความเป็นสีขาว (L*) เพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) เนื่องจากการเกิดรีโทรกราเดชันของแป้งข้าวที่เป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น และระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จะพบแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และราในปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย ($p\leq0.05$)การประยุกต์ใช้รังสีอัลตราไวโอเลตควบคู่กับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดได้ อย่างไรก็ตามก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตมี

ลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p>0.05$) โดยก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีความเหนียว และนุ่มมากที่สุด

Title	Effect of Ultraviolet Radiation on Fresh Noodle Quality During Storage
Author	Miss SasithornWannamahin
Degree of	Master of Science in Food Technology
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. SuthayaPhimphilai

ABSTRACT

Fresh noodle is a product from broken rice or broken milled rice with high moisture content and water activity but low acidity. Thus it can only be stored for a shorter time or can be easily spoiled due to microbial contamination. In the initial study, fresh noodles could be stored in 2 days in room temperature. However, ultraviolet radiation technology was found to reduce microbial load in the fresh noodle. In this study, application of UV on the fresh noodle surface was assigned in different intensities and exposure times. Results showed that both factors significantly affected the product quality of noodle ($p \leq 0.05$) with best reduction of total viable count, yeast and mold count at approximately 2.15 and 1.76 log cycles, respectively, under the highest UV intensity (8 lamps of 254 nm in 15 watt each) and maximum exposure time (120 sec.). Ultraviolet radiation was found to directly affect the DNA of microorganism resulting in protein denaturation of cell surface leading to cell mutation and eventual death. In the application of UV to fresh noodle with varying storage temperatures (15, 25 and 35 °C) until spoilage, results showed that storage temperature was an important factor that enabled fresh noodle to be stored at 7, 4 and 3 days respectively, but UV intensity and storage temperatures had non-significant effect on specific noodle qualities: pH and total acidity as lactic acid ($p > 0.05$).In addition, when storage time was increased, fresh noodle obtained higher lightness (L*) ($p \leq 0.05$) due to retrogradation of rice starch. Aside from this, when storage temperature and storage time were increased, the number of bacteria, yeast and mold were also found to be increasing ($p \leq 0.05$). Application of UV with cold storage temperature was also found to extend shelf-life of fresh noodle. However, sensory evaluation of fresh noodle applied with UV indicated that the overall acceptance was not significantly different from the control ($p > 0.05$) with fresh noodle sample stored at 25°C found to be the most elastic and softest.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธยา พิมพ์พิไล ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนให้ความเอาใจใส่และคอยติดตามงานวิจัย รวมถึงช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารารัตน์ ชือตอฟ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จาตุพงศ์ วาฤทธิ์ กรรมการที่ปรึกษา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจินดา ศรีวัฒนะ ประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการดำเนินการทดลองจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และห้างหุ้นส่วนจำกัด อิสริยะผล เชียงใหม่ ที่สนับสนุนวัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ ตลอดจนความร่วมมือในการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ และขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (สกว.-สสว.) ประจำปี 2550 ในการสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้ โดยความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อนริศ คุณแม่เกษร วรรณมหินทร์ ที่ได้ส่งเสริมสนับสนุน ให้กำลังใจ กำลังทรัพย์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนในสาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยสนับสนุน เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือที่ดีตลอดมา

ศศิธร วรรณมหินทร์

กุมภาพันธ์ 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบัญ	(7)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(13)
สารบัญภาพผนวก	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
ข้าว	3
องค์ประกอบทางเคมีของข้าว	3
กระบวนการแปรรูปข้าว	10
กระบวนการผลิตแป้งข้าว	11
การตรวจสอบคุณสมบัติของแป้งข้าว	15
ประโยชน์ของแป้งข้าว	16
ก๋วยเตี๋ยว	17
วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยว	18
กรรมวิธีการผลิตก๋วยเตี๋ยว	19
สมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวสำหรับผลิตก๋วยเตี๋ยว	22
ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของก๋วยเตี๋ยว	23
คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว	25
รังสีอัลตราไวโอเลต	26
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของรังสีอัลตราไวโอเลต	27
กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ของรังสีอัลตราไวโอเลต	28

หน้า

การทดสอบทางประสาทสัมผัสและเครื่องทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส 30

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 33

วัสดุอุปกรณ์ 33

วิธีการทดลอง 35

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 39

การศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด 39

การศึกษาผลของความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตและระยะเวลาที่เหมาะสม ที่มีต่อคุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นสด 40

การศึกษาอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสด 53

การศึกษาคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส และเครื่องทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส 76

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 112

สรุปผลการทดลอง 112

ข้อแนะนำ 113

บรรณานุกรม 114

ภาคผนวก 121

ภาคผนวก ก วัตถุดิบและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 122

ภาคผนวก ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว 125

ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี 129

ภาคผนวก ง การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง texture profile analyzer 134

ภาคผนวก จ แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 137

ภาคผนวก ฉ ประวัติผู้วิจัย 139

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวหัก	12
2	ความหมายของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆ ในเชิงคุณภาพทางกายภาพจากการทำ texture profile analysis และในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส	31
3	องค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด	39
4	ปริมาณความชื้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ	41
5	ปริมาณน้ำอิสระของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ	42
6	ค่าความเป็นกรด-เบสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ	44
7	ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก (ร้อยละ) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ	45
8	ค่าความสว่าง (L*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ	47
9	ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ	48
10	ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ	49
11	การลดลงของปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (log cycles) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ	51
12	ปริมาณยีสต์และรา (log cycles) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ	52
13	การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ จนกระทั่งเกิดการเสื่อมเสีย	54

ตาราง		หน้า
14	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ	56
15	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ	59
16	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก (ร้อยละ) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ	61
17	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ	64
18	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ	66
19	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ	68
20	ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ	72
21	ปริมาณยีสต์และราที่พบในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ	74

ตาราง		หน้า
22	ค่าแรงตัด (cutting) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก	78
23	ค่าแรงตัด (cutting) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก	80
24	ค่าความแข็ง (hardness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก	82
25	ค่าความแข็ง (hardness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก	84
26	ค่าความเหนียวติดกัน (stickiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก	87
27	ค่าความเหนียวติดกัน (stickiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก	89
28	ค่าความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ (adhesiveness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก	91
29	ค่าความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ (adhesiveness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก	93

ตาราง		หน้า
30	ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก	96
31	ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก	98
32	ค่าความหยืดหยุ่น (Springiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก	100
33	ค่าความหยืดหยุ่น (Springiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก	102
34	ค่าความเหนียวเป็นยาง (gumminess) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก	104
35	ค่าความเหนียวเป็นยาง (gumminess) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก	106
36	ค่าการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก	108
37	ค่าการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก	110

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	โครงสร้างของอะมิโลส	5
2	โครงสร้างอะมิโลเพกติน	6
3	การแตกกิ่งทั้ง 3 แบบของอะมิโลเพกติน	7
4	แผนภาพกระบวนการผลิตแป้งสตาร์ชข้าวเจ้า	13
5	ผลิตภัณฑ์จากข้าว	16
6	แผนผังการศึกษาอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสด	38

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	ก๋วยเตี๋ยวเส้นสด	123
2	ตู้สแตนเลสปิดสนิท ภายในบรรจุหลอดอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Chamber)	123
3	หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต (Sylvania, 254 nm, 15 วัตต์)	124
4	แบบฟอร์มการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านและไม่ผ่านการลวกในน้ำเดือด	138

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีการปลูกและบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ข้าวเจ้า หรือ *Oryza sativa* L. สามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลากหลายชนิด ซึ่งรวมถึงเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดต่างๆ เส้นหมี่ ก๋วยจั๊บฯลฯ ซึ่งข้าวที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะเป็นข้าวเจ้าหักหรือข้าวเกรดสองที่ไม่เหมาะต่อการบริโภคโดยตรง มีปริมาณอะมิโลสสูง การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว จัดเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทยที่ช่วยลดของเสียที่เกิดจากการสีข้าวและทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคได้ดังจะเห็นได้จากเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดต่าง ๆ ที่มีวางขายตามท้องตลาดทั่วไป ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวสามารถทำได้ โดยเริ่มจากการนำปลายข้าวเจ้ามาผ่านการโม่แบบเปียก จนได้น้ำแป้งที่มีความข้นหนืดสูง จากนั้นนำมาปรับสภาพน้ำแป้งให้เหมาะสมและนำไปนึ่งให้สุก เมื่อแป้งสุกเย็นตัวลงจะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางหรือที่เรียกว่าแผ่นก๋วยเตี๋ยว แผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะผ่านการหั่นเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวขนาดต่างๆ ตามต้องการ อย่างไรก็ตามผู้ประกอบการที่ผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมักประสบปัญหาอายุการเก็บรักษาที่สั้น และเส้นก๋วยเตี๋ยวมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลให้คุณภาพโดยรวมด้อยลง

ปัจจุบันมีผู้ประกอบการหลายราย ที่เติมวัตถุกันเสียลงในส่วนผสมของแป้ง โดยตรงแต่การใช้วัตถุกันเสียดังกล่าวสามารถใช้ได้ในปริมาณจำกัดที่กฎหมายกำหนดเท่านั้น จึงไม่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ทั้งหมด ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของแนวคิดการนำเทคโนโลยีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ โดยให้ความสำคัญกับรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet, UV) ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนที่ผิวผลิตภัณฑ์

การใช้รังสีอัลตราไวโอเลต เป็นทางเลือกหนึ่งในการลดจำนวนของจุลินทรีย์ที่ผิวอาหารและผลไม้ โดยเฉพาะในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 254 นาโนเมตร เนื่องจากรังสีดังกล่าวมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ มีความปลอดภัยกว่าการใช้สารเคมี และเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับอาหารที่อาจเกิดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนได้ด้วย ทั้งนี้เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตไม่ทำให้อุณหภูมิของอาหารสูงขึ้น แต่การใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากรังสีชนิดนี้มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำ จึงนิยมใช้ฆ่าเชื้อเฉพาะที่ผิวหน้าของอาหาร และในน้ำดื่มเท่านั้น

ดังนั้นเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และวัตถุกันเสียที่เกินมาตรฐาน จึงได้นำเทคโนโลยีของรังสีอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่นดังกล่าว มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวก่อนการบรรจุในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งคาดว่าเทคโนโลยีดังกล่าวจะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวสด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด
2. เพื่อศึกษาผลของระดับรังสีอัลตราไวโอเลต และระยะเวลาการฉายรังสีที่มีต่อคุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นสด
3. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านและไม่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การประยุกต์ใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในระดับที่เหมาะสมจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดโดยยังคงคุณภาพและเนื้อสัมผัสที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค
2. สามารถนำความรู้และเทคโนโลยีที่ได้ไปพัฒนาและประยุกต์ใช้กับการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวของผู้ประกอบการ
3. สามารถลดของเสียที่เกิดจากการคืนสินค้าที่หมดอายุลงได้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ข้าว

ข้าว หมายถึง เมล็ดของพืชพวกหญ้าในวงศ์ Gramineae ใช้เป็นอาหาร นิยมปลูกในประเทศร้อน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ส่วนคำว่า ธัญ (ทัน) หรือ ธัญ-(ทันยะ) หมายถึง ข้าวเปลือก คำว่า ธัญชาติ หมายถึง คำรวมเรียกข้าวต่างๆ เช่น ข้าวเปลือก ข้าวสาลี คำว่า ธัญญาหาร หมายถึง อาหาร คือข้าว และคำว่า ธัญพืช หมายถึง พืชข้าวกล้า ดังนั้นข้าวจึงหมายถึงเมล็ดของธัญพืช หรือข้าวเปลือก เป็นธัญชาติชนิดหนึ่งที่ได้มาจากธัญพืช เมื่อนำข้าวมาประกอบอาหาร เรียกว่า ธัญญาหาร หรือกล่าวได้ว่าข้าวเป็นธัญชาติชนิดหนึ่ง ซึ่งได้มาจากเมล็ดของธัญพืชพวกหญ้าวงศ์แกรมินิอี (Gramineae) มีลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน พืชล้มลุกที่มีอายุเพียงหนึ่งปี (annual grass) มีใบชนิดใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon) มีรากเป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) สามารถเจริญเติบโตได้ในลักษณะภูมิประเทศและภูมิ อากาศที่แตกต่างกันทั้งในเขตร้อน (tropical zone) และเขตอบอุ่น (temperate zone) ตั้งแต่พื้นที่น้ำท่วมสูงไปจนถึงพื้นที่สูงตามไหล่เขา จึงทำให้เกิดความหลากหลายของข้าวชนิดต่างๆ ที่แพร่กระจายไปทั่วโลก อย่างไรก็ตามพบว่ามีเพียง 2 ชนิด ที่มนุษย์ปลูกเพื่อการบริโภค หรือเรียกว่า ข้าวปลูก (cultivated rice) ได้แก่ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* Linn.) และข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima* Steud) นอกเหนือจากข้าวปลูกดังกล่าวแล้วข้าวที่เหลืออีกประมาณ 21 ชนิด จัดเป็นกลุ่มของข้าวป่า (wild rice) (อรอนงค์, 2550)

องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวมีผลมาจากพันธุ์ สภาวะการปลูก การเก็บเกี่ยว และกระบวนการแปรรูปจากข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องและข้าวสาร การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยทั่วไป ใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีโดยประมาณ (proximate analysis) เพื่อให้ทราบองค์ประกอบทางเคมี หรือสารอาหารหลักที่มีในข้าว ซึ่งได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และน้ำหรือความชื้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้าวทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร โดยมีคาร์โบไฮเดรตหรือสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก สตาร์ชประกอบด้วยอะมิโลส และอะมิโลเพกตินในสัดส่วนต่างๆ กันขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว ทำให้ข้าวมีลักษณะในการหุงต้ม และคุณภาพต่างกันไป มีผลต่อคุณค่าทางอาหาร เนื่องจากเป็นแหล่งสะสม

พลังงาน สำหรับโปรตีนในข้าวยังนับว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนหลัก ซึ่งจะช่วยในการเจริญเติบโตของผู้บริโภคในประเทศที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ส่วนไขมันในข้าวจะอยู่เป็นกลุ่มไขมันที่มีรูปร่าง (lipid bodies) หรือหยดกลม (spherosomes) โดยอยู่ร่วมกับเม็ดสตาร์ช และโปรตีนในชั้นแอลิวโรน และคัพภะ ทั้งนี้ไขมันจะมีผลในการเสื่อมเสียขณะเก็บรักษาเมล็ด รวมทั้งเมล็ดที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ นอกจากนี้น้ำหรือความชื้นมีผลต่อคุณภาพข้าวในด้านการเก็บรักษาด้วยเช่นกัน (อรอนงค์, 2550) สำหรับรายละเอียดขององค์ประกอบทางเคมีดังกล่าว มีดังต่อไปนี้

1. คาร์โบไฮเดรต

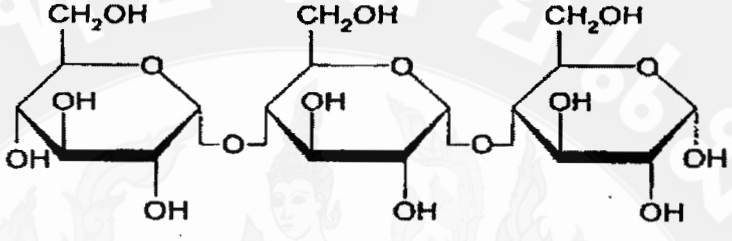
สตาร์ชเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบมากที่สุดในเนื้อเมล็ดของข้าว (ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์) จึงมีผลต่อคุณภาพของข้าวมากที่สุด โดยโมเลกุลของสตาร์ชที่รวมตัวกันเป็นเม็ดสตาร์ช (starch granule) นั้น มีขนาด 3-5 ไมครอน มีรูปร่างลักษณะเป็นเหลี่ยมหลายเหลี่ยม รวมตัวกันอยู่ภายในอะมิโลพลาส หรือคลอโรพลาสของเซลล์จำนวน 20-60 เม็ด สตาร์ช เป็นกลุ่มก้อนกลมหรือยาวรี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกลุ่มเม็ดสตาร์ชในอะมิโลพลาสนี้ประมาณ 7-39 ไมครอน (Champagne, 1996 อ้างโดย อรอนงค์, 2550)

การสกัดสตาร์ชออกจากจากเมล็ดข้าว มักใช้การบดเปียกด้วยน้ำ หรือสารละลายเบสเพื่อสกัดแยกส่วนโปรตีนออก และช่วยไม่ให้เม็ดสตาร์ชเสียหายในขณะบด เมื่อแยกส่วนสตาร์ชออกจากสารละลาย ทำให้แห้ง แล้วบดให้ละเอียด ก็จะได้สตาร์ชจากข้าว ทั้งนี้จะมีสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์แตกต่างกันไปตามชนิดของข้าวที่นำมาใช้ทำสตาร์ช เช่น ความสามารถในการจับกับไอโอดีนของสตาร์ชข้าวเจ้าจะมีมากกว่าสตาร์ชข้าวเหนียว เนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสในสตาร์ชข้าวเจ้ามากกว่า ส่วนความหนืดนั้น สตาร์ชข้าวเหนียวมีช่วงต่างกันมากกว่าสตาร์ชข้าวเจ้า นอกจากนี้สารอาหารอื่นๆ ที่เกาะเกี่ยวสตาร์ชข้าวเหนียวจะน้อยกว่าสตาร์ชข้าวเจ้า แสดงว่าการสกัดสตาร์ชข้าวเหนียวสามารถทำได้บริสุทธิ์กว่าข้าวเจ้า (Juliano, 1985)

โมเลกุลของสตาร์ชประกอบไปด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ลักษณะคือ อะมิโลส และอะมิโลเพกติน ซึ่งโมเลกุลทั้งสองจะจัดเรียงตัวกันแน่นจนเป็นเม็ดสตาร์ช โดยมีโครงสร้างลักษณะเป็นรัศมีจากจุดกลางแบบกึ่งผลึก โดยบางส่วนจะอยู่ร่วมกับส่วนของไขมัน

1.1 อะมิโลส เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น (linear chains) ที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) ชนิดแอลฟา-1, 4 (α - 1, 4) ดังภาพ 1 ส่วนแป้งจากธัญชาติ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะมิโลส สูงประมาณ 28% แป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคูมีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณ 20% แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะมิโลสประมาณ 17% และแป้งข้าวเหนียว

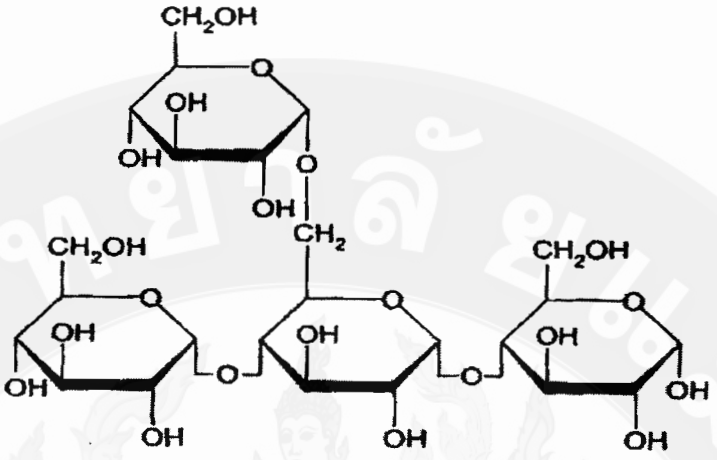
(waxy starch) ไม่มีอะมิโลสเลย ซึ่งอะมิโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลและขนาดโมเลกุลหรือระดับขั้นการเกิดพอลิเมอร์ (degree of polymerization, DP) ที่แตกต่างกันไป แป้งที่มีโมเลกุลของอะมิโลสยาวขึ้น จะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทเกรเดชัน (retrogradation) ลดลง อะมิโลสอาจมีกิ่งก้านอยู่บ้างแต่ไม่มากนัก (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2550)



ภาพ 1 โครงสร้างของอะมิโลส
ที่มา: กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล (2550)

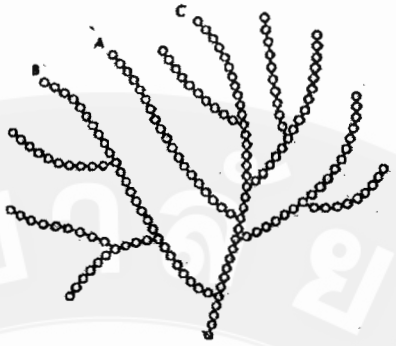
โครงสร้างโมเลกุลของอะมิโลสมีหลายรูป เช่น สายตรง สายพันเป็นเกลียว (helix) เดี่ยวหรือคู่ มีลักษณะเป็นเกลียวม้วน หรือเกลียวที่คลายตัว หรือม้วนอย่างไม่เจาะจง (อรอนงค์, 2550)

1.2 อะมิโลเพกติน ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่จัดเรียงเป็นพอลิเมอร์ที่มีโซ่กิ่งเป็นแขนงมาก ประมาณ 96% เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) ชนิดแอลฟา-1, 4 (∝ - 1, 4) และอีก 4% ในส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมลกุล (DP) อยู่ในช่วง 10-60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิดแอลฟา-1,6 (∝ - 1, 6) ดังภาพ 2



ภาพ 2 โครงสร้างอะมิโลเพกติน
ที่มา: กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล (2550)

โครงสร้างโมเลกุลของอะมิโลเพกตินมีลักษณะเป็นกิ่งก้าน ลักษณะโซ่เกลียวคู่จากสายที่ต่อด้วยน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้น ซึ่งมีคาร์บอนตัวที่หนึ่งเป็นหมู่รีดิวซิงค์ (ภาพ 2) ดังนั้นโมเลกุลของอะมิโลเพกตินแต่ละโมเลกุลจะประกอบด้วยสายแกนหนึ่งสายเท่านั้น (C-chain) สำหรับสายที่มาต่อกับสายแกนนี้จะเป็นสายกิ่งเชื่อม (B-chain) ต่อกับสายอื่นๆ และสายที่มีจุดเชื่อมตำแหน่งเดียว (A-chain) ดังภาพที่ 3 ซึ่งรวมอยู่ในโมเลกุลอะมิโลเพกติน โดยมีสัดส่วนของสายโซ่กิ่งกับสายเชิงเส้นประมาณ 1.0 ทั้งโซ่กิ่งและสายเชิงเส้นประมาณ 22-25 สายรวมกันเป็นกลุ่ม (cluster) ซึ่งแต่ละกลุ่มจะอยู่ในบริเวณผลึก (crystalline regions) ของสตาร์ช ข้าวเหนียวมีอะมิโลเพกตินเกือบ 100% ดังนั้นกลุ่มสายโซ่กิ่งจะรวมเป็นกลุ่มเดี่ยวประมาณ 80-90% และที่เหลือจะเกาะเกี่ยวกัน (อรอนงค์, 2550)



ภาพ 3 การแตกกิ่งทั้ง 3 แบบของอะมิโลเพกติน
ที่มา: Lee (1983) อ้างโดย ปราณี (2549)

เมื่อนำเมล็ดข้าวและแป้งข้าวที่มีองค์ประกอบหลักของสตาร์ชมาผ่านกระบวนการแปรรูป สมบัติหรือการเปลี่ยนแปลงของสตาร์ชเนื่องจากการแปรรูปดังกล่าว จึงมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากข้าวหรือแป้งข้าวนั้นๆ การตรวจวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบสตาร์ชก่อนนำมาแปรรูป จึงเป็นการบ่งบอกถึงคุณภาพของข้าว หรือแป้งข้าวที่นำมาใช้เป็นวัตถุในการแปรรูปว่าเหมาะสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากข้าวนั้นๆ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสตาร์ช หรือเม็ดสตาร์ชในเมล็ดข้าว หรือแป้งข้าวจะเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำและความร้อนซึ่งจำเป็นในการหุงต้ม หรือการทำให้สุก สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสตาร์ชได้เป็นลำดับ ด้วยการนำแป้งข้าวมาผสมน้ำ ขณะที่น้ำยังเย็นอยู่ โดยถ้ามีน้ำในปริมาณที่มากกว่าแป้งในสัดส่วนประมาณ 1-5% (ตัวอย่างเช่น แป้ง 100 กรัม เติมน้ำ 101-105 กรัม) ในระยะแรกจะเห็นว่า ส่วนผสมมีสีขาวขุ่นในลักษณะเป็นแป้งแขวนลอยในน้ำ แต่เมื่อทิ้งไว้ระยะหนึ่งจะพบว่า แป้งตกตะกอนแยกออกจากส่วนน้ำซึ่งคล้ายกับก่อนที่จะผสม แสดงว่าเม็ดสตาร์ชในแป้งไม่ดูดซึมน้ำขณะที่เย็นหรือดูดซึมได้น้อยมาก เมื่อให้ความร้อนแก่ส่วนผสมของน้ำและแป้งหรือเม็ดสตาร์ชจะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยมีการพองตัวและอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนไปทำลายพันธะไฮโดรเจนที่ทำให้ส่วนต่างๆ ของอะมิโลเพกตินเกาะเกี่ยวกันเองในบริเวณอสัณฐาน (amorphous zone) จนกระทั่งโครงสร้างโมเลกุลอะมิโลเพกตินคลายตัวลง สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำในส่วนผสม หรืออุ้มน้ำเข้าไปภายในเม็ดสตาร์ชทำให้เม็ดสตาร์ชพองขึ้นเรื่อยๆ พร้อมกับข้นหนืดขึ้น ซึ่งเรียกว่า การเกิดเจลาทิไนเซชัน (gelatinization) ซึ่งถ้าเป็นระบบที่มีน้ำมาก น้ำจะเข้าไปในบริเวณผลึก (crystalline zone) และทำลายโครงสร้างของเม็ดสตาร์ชพร้อมทั้งให้ความข้นหนืดสูงสุด เพราะน้ำเข้าไปอยู่ในเม็ดสตาร์ชจนไม่มีเหลือเป็นน้ำอิสระในส่วนผสม แต่เมื่อคนส่วนผสมต่อไปเรื่อยๆ

ที่อุณหภูมิสูงอีกระยะหนึ่ง (ประมาณ 20-30 นาที) พบว่าความหนืดลดลง เนื่องจากโครงสร้างของเม็ดสตาร์ชถูกทำลายทำให้โมเลกุลของอะมิโลเพกติน และอะมิโลสกระจัดกระจายออกจากเม็ดสตาร์ช และแขวนลอยในส่วนผสม เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจะเกิดการคืนตัวหรือรีโทรเกรเดชัน (set back หรือ retrogradation) เกิดลักษณะขุ่นกลับคืนและมีความข้นหนืดขึ้นอีกครั้ง และเมื่อตั้งทิ้งไว้อีกซักระยะอาจเห็นน้ำแยกตัวออกจากสตาร์ช ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการทำให้เย็นตัวลงด้วย โดยถ้าทำให้เย็นลงอย่างช้าๆ โอกาสที่น้ำจะแยกตัวออกจากโมเลกุลของสตาร์ช โดยเฉพาะจากโมเลกุลอะมิโลสที่มีสายสั้น เนื่องจากจะทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายนั้นกลับมาเกาะเกี่ยวส่งผลให้เกิดการแยกชั้น หรือตกตะกอน (precipitation) ขึ้น สมบัติของสตาร์ชทั้งส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินมีผลต่อคุณภาพของข้าวหุงสุก โดยมีผลต่อความนุ่ม ร่วน และการพองตัวของเมล็ดข้าว (อรอนงค์, 2550)

โมเลกุลสตาร์ชของข้าวเหนียวเป็นอะมิโลเพกตินทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด ซึ่งเมื่อหุงเป็นข้าวสุกจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวมาก ติดมือ เมื่อปริมาณอะมิโลสเพิ่มขึ้นในสตาร์ชของข้าวเจ้า จะทำให้ข้าวเจ้าที่หุงสุกมีความนุ่มเหนียวลดลงเป็นลำดับ

2. โปรตีน

โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีในข้าวมากเป็นอันดับสองรองจากคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว โดยทั่วไปจะมีปริมาณน้อยกว่าในธัญชาติชนิดอื่น การวิเคราะห์และคำนวณปริมาณโปรตีนในข้าว มักอาศัยวิธีเคลดอล (Kjeldahl) และใช้แฟกเตอร์ 5.95 คูณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โปรตีนที่มีในข้าวนี้จะเกิดขึ้นตามส่วนต่างๆ ของเมล็ด โดยมีมากที่สุดในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด และในส่วนเนื้อเมล็ดด้านนอกจะมีปริมาณโปรตีนมากกว่าในใจกลางเมล็ด

Cagampang *et al.* (1996 อ้างโดย อรอนงค์, 2550) ทำการสกัดโปรตีนจากข้าว 3 พันธุ์ (ซึ่งมีโปรตีนประมาณ 6.8-8.5%) พบว่าประกอบด้วยโปรตีนที่ละลายในน้ำหรือ แอลบิวมิน (albumin) ประมาณ 3.8-8.8% ของโปรตีนทั้งหมด โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ หรือโกลบิวลิน (globulin) ประมาณ 9.6-10 % โปรตีนที่ละลายในแอลกอฮอล์ หรือโพรลามิน (prolamin) หรือ ออริซานิน (oryzanin) ประมาณ 66.1-78.0% และยังมีกลูเทลินเป็นโปรตีนหลักขององค์ประกอบในโปรตีนสะสม (storage protein) เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของกลูเทลินมีกรดอะมิโนหลายชนิดในปริมาณที่สมดุล จึงจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีกว่าโปรตีนในธัญพืชอื่นๆ

โมเลกุลของโปรตีนที่รวมตัวกันเป็นรูปร่างโปรตีน (protein bodies) ซึ่งมีกลูเทลิน เป็นองค์ประกอบหลักอยู่ภายในนั้นจะมี 3 รูปแบบ คือ แบบผลึก (crystalline) แบบรูปร่างกลม ขนาดเล็ก และแบบรูปร่างกลมขนาดใหญ่ ซึ่งโปรตีนที่กระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเมล็ดจะมีโปรตีน รูปร่างกลมขนาดเล็ก ส่วนโปรตีนรูปร่างกลมขนาดใหญ่มีปริมาณน้อยกว่า และจะมีมากในส่วนใจ กลางเมล็ดเท่านั้นโดยในองค์ประกอบของโปรตีนจะเป็นโพรลามินร่วมกับกลูเทลิน สำหรับร่างแห โปรตีน (protein matrix) จะพบน้อยมากหรือไม่พบเลยในเมล็ดของข้าวซึ่งต่างจากธัญชาติอื่น ถ้าพบ ก็จะมีลักษณะเชื่อมโยงเป็นเส้นใยโปรตีน (protein fibrils) ระหว่างโปรตีนที่มีรูปร่าง เนื่องจาก โปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดจะแทรกอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ช และโปรตีนที่เชื่อมโยงกับเม็ดสตาร์ช อาจ มีผลต่อการเกิดเจลาทิไนเซชันของเม็ดสตาร์ช โดยทำให้การพองตัวของเม็ดสตาร์ชไม่เสียรูปร่างได้ ง่าย มีผลต่อลักษณะความอ่อน หรือแข็งของเจลเมื่อเย็นลง ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกที่มี ลักษณะนุ่ม เหนียว หรือร่วน อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถสรุปผลเด่นชัดว่า โปรตีนมีส่วนเกี่ยวข้อง กับคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวโดยตรง จึงจำเป็นต้องทำงานวิจัยในด้านนี้ต่อไป (Hamaker, 1994 อ้างโดย อรอนงค์, 2550)

3. ไขมัน

ข้าวมีปริมาณไขมันประมาณ 3% คล้ายคลึงกับธัญชาติชนิดอื่น และมีอยู่ในส่วน ด้านนอกเมล็ดมากกว่าในใจกลางเมล็ด ดังนั้นการขัดสีข้าว จึงทำให้ข้าวสารเจ้ามีปริมาณไขมันอยู่ เพียง 0.3-0.5% (Hoseney, 1986 อ้างโดย อรอนงค์, 2550) ซึ่งเป็นไขมันที่เกาะเกี่ยว (bound lipids) กับสารอื่นประมาณ 0.3-0.4% ส่วนในข้าวเหนียวมีไขมันที่เกี่ยวเกาะนี้น้อยกว่า 0.03% โดยไขมันมี ความสัมพันธ์กับเม็ดสตาร์ช 3 ลักษณะ คือ ไขมันอยู่ชิดกันกับโปรตีน ซึ่งอยู่ที่ผิวของเม็ดสตาร์ช ภายนอก หรืออาจอยู่รวมกับโครงสร้างของอะมิโลเพกตินสายนอก เช่น สาย A หรือ B ส่วนผิวของ เม็ดสตาร์ชในลักษณะที่สองนั้น ไขมันจะอยู่ภายใต้เม็ดสตาร์ชโดยเกาะเกี่ยวกับสตาร์ช และลักษณะ ที่สามจะอยู่ภายในเม็ดสตาร์ชแต่ไม่เกาะเกี่ยวกับสตาร์ช (Morrison, 1988 อ้างโดย อรอนงค์, 2550)

ประเภทของไขมันในข้าวส่วนใหญ่ คือ ไตรกลีเซอไรด์ รองลงมาคือ ฟอสฟอลิพิด (phospholipids) ไกลโคลิพิด (glycolipids) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoids) ทั้งไขมันภายนอกและ ภายในเม็ดสตาร์ชเป็นไขมันประเภทสารประกอบมอโนแอซิล (monoacyl) ซึ่งกลุ่มของ มอโนแอซิลประกอบด้วยไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่า สำหรับไขมันภายนอก และไขมันภายในเม็ดสตาร์ชยังมีไลโซเลซิทิน (lysolecithin) และกรดไขมัน อีกด้วย (Henry and Kelttlewell, 1996 อ้างโดย อรอนงค์, 2550)

4. ปริมาณความชื้น

องค์ประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของเมล็ดข้าวโดยตรงและทางอ้อม คือ ปริมาณความชื้นของข้าว ในการซื้อขายข้าวทั้งข้าวเปลือกและข้าวสาร ใช้ความชื้นเป็นเกณฑ์มาตรฐานสำคัญ เนื่องจากปริมาณความชื้นสามารถบ่งบอกถึงน้ำหนักของเนื้อข้าว และบ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษาข้าว หรือบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการเก็บรักษาให้ข้าวมีคุณภาพดี จากการทดลองพบว่าข้าวที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมเสียเร็วกว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ ระดับความชื้นที่เหมาะสมของข้าวที่ยอมรับว่าปลอดภัยต่อการเก็บรักษา คือ 13% ซึ่งจะเก็บรักษาได้ดีภายในเวลา 6 เดือน และข้าวที่ความชื้น 12% จะเก็บรักษาได้นานขึ้น นอกจากนี้ความชื้นของข้าวยังมีผลต่อคุณภาพการสีของข้าวเปลือก โดยปัจจัยสำคัญจะเริ่มตั้งแต่การเก็บเกี่ยวข้าวที่แก่ ซึ่งความชื้นที่เหมาะสม คือ 22-26% จากนั้นจึงมีการตากข้าวเปลือกเพื่อลดความชื้นลงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา (ความชื้นไม่สูงกว่า 14%) จนถึงเวลาการสีข้าวเปลือกที่มีความชื้นเหมาะสมจะทำให้ได้ข้าวเต็มเมล็ดในปริมาณสูง และมีปริมาณข้าวหักน้อย (Juliano, 1985)

กระบวนการแปรรูปข้าว

การบริโภคข้าวนิยมบริโภคกันในลักษณะข้าวสารที่ขัดสีเปลือกแข็งออกแล้วมาหุงต้มแบบต่างๆ ชาวไทยนิยมข้าวเมล็ดยาวหุงต้มแล้วร่วนเมล็ดไม่ติดกัน ส่วนชาวญี่ปุ่นและเกาหลีนิยมข้าวเมล็ดสั้นหุงต้มแล้วเหนียวติดกัน สำหรับชาวอินเดียและปากีสถานชอบบริโภคข้าวกล้องที่ยังมีสีเปลือกหุ้มเนื้อเป็นสีแดง ม่วงหรือน้ำเงินติดอยู่

กระบวนการแปรรูปข้าวเป็นข้าวสารนี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน

1. การทำความสะอาด เพื่อแยกสิ่งเจือปนอื่นที่ไม่ใช่เมล็ดข้าวเปลือกออกให้หมด โดยการใช้ตะแกรงและเครื่องเขย่าแยกส่วนที่หนักรูปร่างไม่เหมือนเมล็ดขาว เครื่องแยกติดแม่เหล็กเพื่อดูดเศษเหล็กและตะปูรวมทั้งเครื่องเป่าเพื่อแยกส่วนที่เบากว่าเมล็ดข้าว การทำความสะอาดนี้ยังมีความสำคัญต่อการป้องกันการเสียหายของเครื่องกะเทาะเปลือกอีกด้วย

2. การกะเทาะเปลือก เป็นการแยกเปลือกแข็งที่หุ้มเมล็ดอยู่ออกโดยการใช้เครื่องกะเทาะเปลือกซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้งที่ทำด้วยยาง 2 ลูกหมุนเข้าหากันด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากันทำให้เกิดแรงดึงแยกเปลือกออกจากเมล็ดข้าว หรือใช้เครื่องกะเทาะเปลือกที่ทำด้วยแผ่นเหล็กหรือจานเหล็ก 2 แผ่นประกบกัน ด้านในของแผ่นจานบุด้วยหิวหยาบทั้ง 2 แผ่น เมื่อใช้งานแผ่นล่างจะหมุนขณะที่แผ่นบนอยู่กับที่จึงเกิดแรงดึงแยกเปลือกออกจากเมล็ดได้ ในการกะเทาะเปลือกข้าวนี้จะได้

ข้าวเต็มเมล็ดมากถ้าความชื้นของข้าวเปลือกเหมาะสม (ประมาณ 14%) และข้าวที่ได้เรียกว่า ข้าวกล้อง

3. การขัดผิว เนื่องจากผู้บริโภคนิยมข้าวขาวจึงต้องทำการขัดผิวข้าวกล้องให้ขาวด้วยเครื่องขัดผิวซึ่งใช้หลักการหมุนเหวี่ยงเมล็ดข้าวกับผิวเครื่อง ลักษณะคลายกรวยหมุน แล้วแยกรำรอดผ่านตะแกรงไปอีกทาง ควรใช้เครื่องขัดผิว 3-4 ชุดเพื่อลดอัตราการขัดผิวข้าวไม่ให้มากเกินไปจนเกิดหักหรือทำให้เกิดความร้อนเพิ่มมากขึ้นจนทำลายคุณภาพของข้าวข้าวที่ขัดสีดีแล้วนี้เรียกว่าข้าวสาร

4. การคัดขนาดเมล็ดก่อนบรรจุ โดยใช้ตะแกรงขนาดต่างๆเพื่อแยกข้าวสารเต็มเมล็ดออกจากข้าวหักและปลายข้าว ได้ข้าวสารที่มีคุณภาพต่างกันได้แก่ ข้าวสารเจ้า 100% ชั้น1 ข้าวสารเจ้า 100% ชั้น2 ข้าวสารเจ้า 100% ชั้น3 ข้าวสารเจ้า 5% ข้าวสารเจ้า 10% ข้าวสารเจ้า 15% และข้าวสารคละ เป็นต้น

ส่วนการโม่หรือบดแป้งข้าว ทำโดยการบดเปียก เริ่มจากนำข้าวสารมาแช่น้ำจนนิ่มแล้วโม่กับน้ำด้วยเครื่องโม่ละเอียดได้เป็นน้ำแป้ง จึงเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกน้ำออกจากแป้ง นำก้อนแป้งมาให้แห้งบดอีกครั้งจนละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงให้มีขนาดสม่ำเสมอ จึงนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆต่อไป

กระบวนการผลิตแป้งข้าว

ข้าวที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะเป็นข้าวหักหรือข้าวเกรดสองที่ไม่เหมาะต่อการบริโภคโดยตรง ข้าวหักมีองค์ประกอบต่างๆ ดังตาราง 1 แป้งข้าวเจ้ามีการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ มากมาย ใช้เป็นส่วนประกอบของแป้งฝุ่นในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวในการซักรีด (laundry stiffening agent)

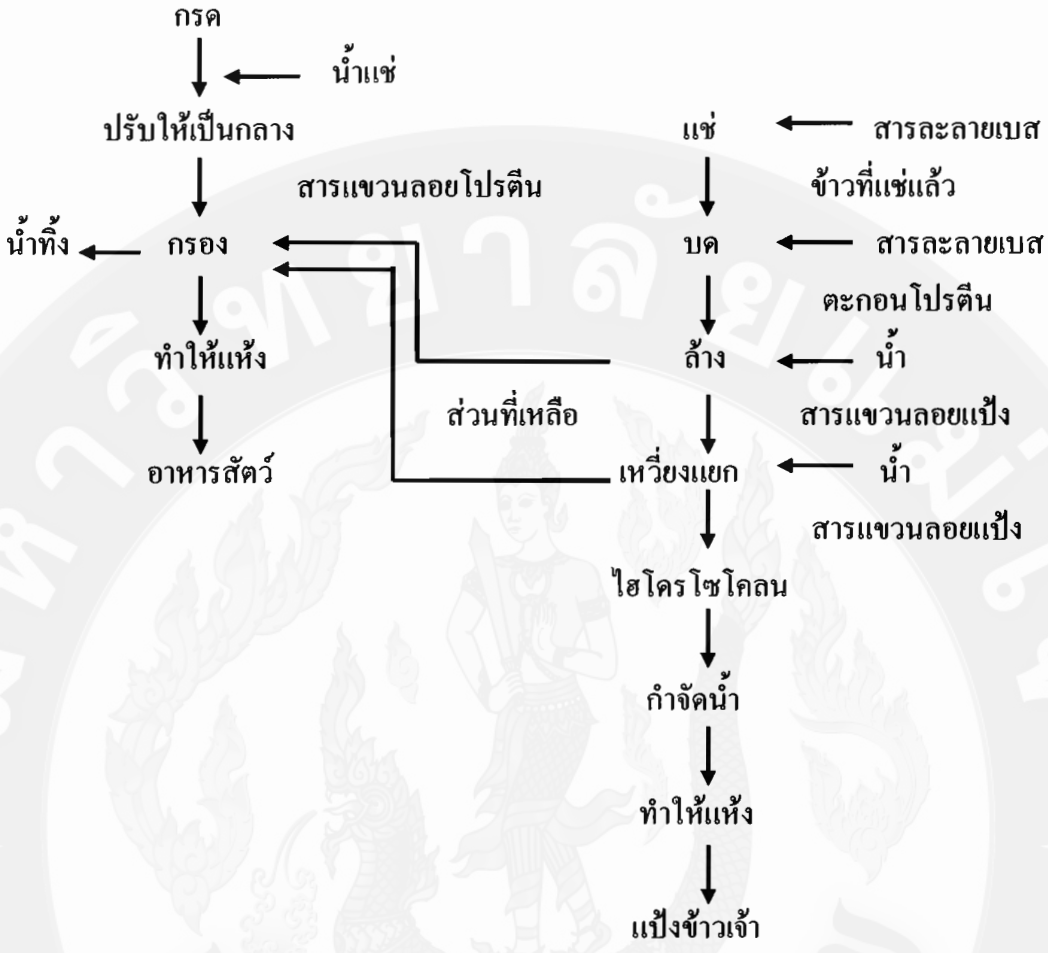
ตาราง 1 องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวหัก

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	12.0
คาร์โบไฮเดรต	79.2
โปรตีน	7.0
ไขมัน	0.4
เถ้า	0.5
ส่วนที่เหลือ	0.9

ที่มา: กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล (2550)

ในการผลิตแป้งข้าวเจ้าในประเทศไทยนั้น ถึงจะเป็นการโม่เปียก แต่โปรตีนและสิ่งแปลกปลอมส่วนใหญ่ยังติดอยู่กับแป้ง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้เป็นประเภทฟลาวร์ (rice flour) และนิยมใช้ข้าวประเภทที่มีอะมิโลสสูง ทั้งนี้เพราะเมื่อนำไปประกอบอาหาร เช่น ทอด จะให้ความกรอบแข็งหรือนำไปนึ่ง เมื่อเย็นลงจะเกิดแผ่นฟิลม์ (เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่) ข้าวหอมมะลิที่บริโภคไม่เหมาะสมใช้ผลิตฟลาวร์ เพราะมีปริมาณอะมิโลสต่ำ ส่วนการผลิตแป้งสตาร์ช (rice starch) คือการสกัดเอาโปรตีนและสิ่งแปลกปลอมในแป้งฟลาวร์ออกจนเกือบหมด

กระบวนการผลิตแป้ง เริ่มจากนำข้าวเปลือกมาล้างทำความสะอาด แยกสิ่งแปลกปลอม (ถ้าเป็นข้าวเปลือก ต้องผ่านการขัดสีก่อน) แช่ในสารละลายเบสพร้อมกับการกวนช้าๆ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อแยกโปรตีนที่ติดอยู่กับเมล็ดข้าวเจ้าออก ปล่อยให้ข้าวตกตะกอน แยกส่วนใสที่มีโปรตีน (steep liquor) ออก ทำซ้ำขั้นตอนนี้จนกระทั่งเมล็ดข้าวนิ่ม แล้วนำเมล็ดข้าวมาบดเปียกด้วยสารละลายเบส ล้างน้ำ และเหวี่ยงแยกโปรตีนส่วนที่ติดอยู่ในสารแขวนลอยแป้งออก นำมาผ่านไฮโดรไซโคลน กำจัดน้ำ แล้วทำให้แห้ง นำแป้งมาทำให้แห้ง ได้ผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้า (Schoch, 1967 อ้างโดย กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2550) (ภาพ 4)



ภาพ 4 แผนภาพกระบวนการผลิตแป้งสตาร์ชข้าวเจ้า
ที่มา: กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล (2550)

สำหรับ steep liquor ที่แยกได้ นำมาปรับสภาพให้เป็นกรด ทำให้โปรตีนตกตะกอน แล้วกรองออก ทำให้แห้ง ใช้เป็นอาหารสัตว์

ในการผลิตแป้งสตาร์ชข้าวเจ้าสามารถทำจากแป้งฟลาวร์ได้ โดยนำแป้งฟลาวร์มาแช่สารละลายเบสอ่อน (0.3% NaOH) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง สามารถละลายโปรตีนออกมาได้ 86% (Wansuksri *et al.*, 1999 อ้างโดย กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล 2550)

ขั้นตอนการโม่แป้ง ทำได้ 3 วิธี คือ

1. การโม่เปียกหรือการโม่น้ำ

วิธีการนี้เป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย เนื่องจากใช้วัตถุดิบเป็นข้าวหักซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว ยังมีสิ่งเจือปนมาก ต้องทำความสะอาดในระบบแห้งด้วยเครื่องแยกชนิดต่างๆ และต้องล้างด้วยน้ำให้สะอาด แช่ข้าวหักจนนิ่มแล้ว จึงทำการโม่ด้วยเครื่องโม่แบบหินจาน ซึ่งใช้ไฟฟ้าในการทำงานของเครื่องโม่ข้าวหัก พร้อมกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้ได้แป้งที่ละเอียดสม่ำเสมอ ต่อจากนั้นจึงผ่านน้ำแป้งเข้าเครื่องแยกน้ำออกจากแป้ง โรงงานขนาดใหญ่นิยมใช้เครื่องกรองด้วยแรงอัดสูง (filter press) จะได้ก้อนแป้งที่แห้งมีความชื้นประมาณ 40% ต้องทำการตีป่นก้อนแป้งให้เป็นผงก่อนจึงผ่านเข้าเครื่องอบแป้งให้แห้ง อาจใช้วิธีเป่าด้วยลมร้อนจนแป้งเป็นผงแห้ง นำมาผ่านเข้าเครื่องบดและร่อนเพื่อให้ได้แป้งที่มีขนาดสม่ำเสมอ โดยทั่วไปจะประมาณ 180 ไมครอน และมีความชื้นไม่เกิน 13%

2. การโม่แบบผสม

การโม่แบบผสมมีขั้นตอนการโม่คล้ายคลึงกับวิธีการโม่เปียกในขั้นตอนการล้างข้าวหัก และแช่ข้าวหักจนนิ่ม ต่อจากนั้นนำข้าวหักขึ้นจากน้ำ แช่ให้สะเด็ดน้ำ แล้วผ่านไปยังเครื่องอบให้ข้าวแห้งระดับหนึ่ง (อาจจะประมาณ 15-17%) ข้าวหักจะผ่านการเข้าบดหรือโม่แบบแห้ง ตามวิธีการโม่แห้งจนได้แป้งแห้งผ่านเข้าเครื่องร่อนแป้งให้มีขนาดสม่ำเสมอ (180 ไมครอน) จะเห็นได้ว่ากรรมวิธีการโม่จะผสมระหว่างโม่เปียกกับโม่แห้งเข้าด้วยกัน จึงเรียกว่า วิธีการโม่แบบผสม (งามชื่น, 2539 อ้างโดย อรอนงค์, 2550)

3. การโม่แห้ง

เป็นการนำข้าวหักที่ผ่านระบบการทำความสะอาดแบบแห้ง แล้วเข้าสู่เครื่องโม่หรือบดแห้งเป็นแป้งผง ร่อนผ่านเครื่องร่อนให้มีขนาดสม่ำเสมอ (180 ไมครอน)

แป้งข้าวที่ผลิตขายทั่วไปจะมี 2 ชนิด คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว ซึ่งขายทั้งในประเทศและต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวให้มีคุณภาพและเป็นแนวทางในการตรวจสอบคุณภาพระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายได้ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2529) กระทรวงอุตสาหกรรม จึงได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า (มอก. 638-2529) โดยกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการ วัตถุเจือปนอาหาร สุขลักษณะ การบรรจุ เครื่องหมาย และฉลาก การคัดตัวอย่าง และเกณฑ์ตัดสินในการทดสอบแป้งข้าวเจ้านี้ มีสาระสำคัญบางประการคือ แป้งข้าวเจ้าต้องเป็นผงละเอียดไม่จับตัวกันเป็นก้อน ส่วนที่ค้างบนตะแกรง 180 ไมโครเมตร ต้องไม่เกิน 2.5% โดยน้ำหนัก ต้องมีสีขาวหรือขาว

นวล มีกลิ่นตามธรรมชาติของแป้งข้าวเจ้า ไม่มีกลิ่นอับ หืน เหม็นเปรี้ยว หรือกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่นๆ ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม และเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเม็ดสตาร์ชข้าวเจ้ามีลักษณะเป็นรูปทรงหลายเหลี่ยมขนาด 2-9 ไมโครเมตร

Yoenyongbuddhagal and Noomhorm (2002) ศึกษาผลการเตรียมวัตถุดิบต่อคุณภาพของเส้นหมี่จากแป้งข้าว พบว่า วิธีการ โม่แห้ง และโม่เปียกของแป้งข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูง มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้ง โดยเส้นหมี่ที่เตรียมจากแป้งโม่แห้ง มีปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียในระหว่างการต้มมากกว่า และมีเนื้อสัมผัสนิ่มกว่าเส้นหมี่ที่เตรียมจากแป้งโม่เปียก และเส้นหมี่จากทางการค้า นอกจากนี้ ขนาดอนุภาคของแป้งข้าว มีอิทธิพลต่อคุณภาพการหุงต้ม (cooking quality) และคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส (textural quality) ของเส้นหมี่ โดย เส้นหมี่ที่เตรียมจากแป้งข้าวที่มีอนุภาคใหญ่ จะสูญเสียปริมาณเนื้อแป้งในระหว่างการต้มมากกว่า และเนื้อสัมผัสไม่ดีเท่ากับเส้นหมี่ที่เตรียมจากแป้งข้าวที่มีอนุภาคเล็กกว่า

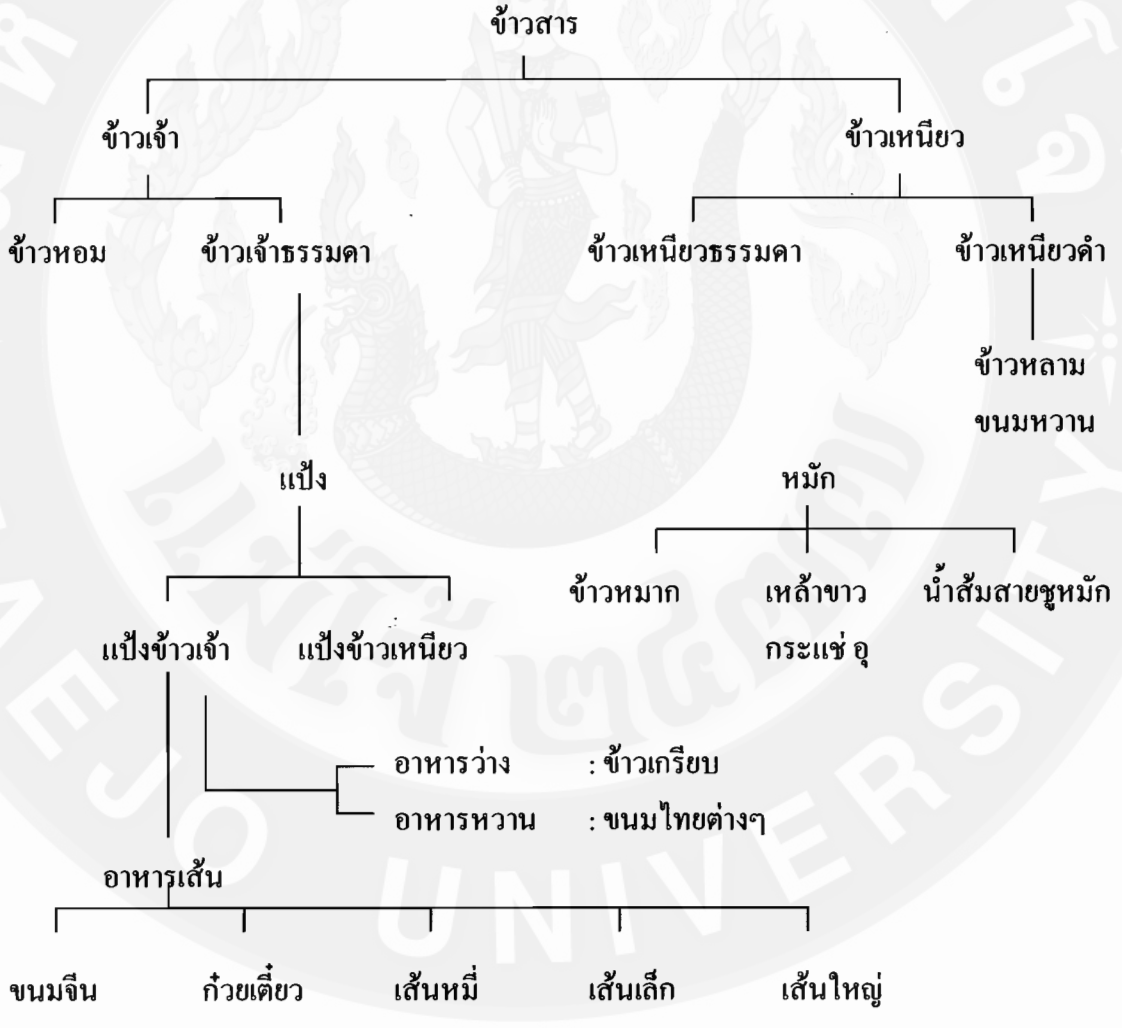
การตรวจสอบคุณสมบัติของแป้งข้าว

เนื่องจากแป้งข้าวทำมาจากข้าวหักหรือปลายข้าว ดังนั้นการตรวจสอบคุณสมบัติของแป้งข้าวจึงคล้ายคลึงกับการตรวจสอบคุณสมบัติของข้าวที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการโม่แป้ง เพื่อใช้ประเมินคุณภาพของแป้งข้าวแต่ละชนิด ซึ่งค่าที่ตรวจวัดได้นี้จะสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการพัฒนาและปรับปรุงการใช้ประโยชน์ของแป้งข้าวให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ต่อไป

คุณสมบัติทางเคมีของแป้งข้าวที่ตรวจสอบได้แก่ โปรตีน ไขมัน สตาร์ช และอัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินในสตาร์ช และเถ้า เป็นต้น สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีเชิงฟิสิกส์ ได้แก่ การวัดอุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนเซชันของแป้งข้าว โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบฐานร้อน การวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ หรือเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว (rapid visco analyzer, RVA) การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำให้สตาร์ชเกิดเจลาทิไนซ์ในขณะที่เพิ่มอุณหภูมิ และสตาร์ชเกิดรีโทรเกรเดชันในขณะที่ลดอุณหภูมิลงด้วยเครื่อง DSC เป็นต้น (Luh, 1991)

ประโยชน์ของแป้งข้าว

ปัจจุบันมีการแปรรูปแป้งข้าวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ ได้มากมาย ทั้งอาหารหลัก เช่น อาหารเส้นต่างๆ ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ เส้นเล็ก เส้นหมี่ และขนมจีน เป็นต้น ส่วนอาหารว่าง เช่น อาหารขบเคี้ยวแบบกรอบพอง ได้แก่ ข้าวเกรียบชนิดต่างๆ หรืออาหารขบเคี้ยวแบบกรอบแต่ไม่พอง ได้แก่ ขนมทองม้วน และกรอบเค็มชนิดต่างๆ อาหารหวาน เช่น ขนมชั้น ขนมบัวลอย ครองแครง และอื่นๆ ดังภาพ 5 นอกจากนี้ยังทำเป็นอาหารเสริม คุณค่าทางอาหาร หรือโภชนาการ เช่น อาหารเช้าจากธัญชาติ อาหารเด็กอ่อน หรืออาหารเด็กเล็ก เป็นต้น (อรอนงค์, 2550)



ภาพ 5 ผลิตภัณฑ์จากข้าว

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร (2546)

ก๋วยเตี๋ยว

ก๋วยเตี๋ยว คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำแป้งข้าวเจ้าที่มีความเข้มข้นเหมาะสม มาให้ความร้อนด้วยไอน้ำ จนเกิดการเจลาทิไนเซชัน ได้ลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ แล้วจึงลดความชื้นส่วนเกินลงจนได้แผ่นแป้งที่มีความคงตัวไม่เหนียวเหนอะหนะ ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ คือ ข้าววัตถุดิบที่นำมาผลิตแป้งข้าวเจ้า (ปราณี, 2549) เนื่องจากในปัจจุบันผู้ผลิตไม่สามารถควบคุมคุณภาพวัตถุดิบให้สม่ำเสมอได้ เพราะข้าวหรือข้าวหักที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตนั้นเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว ซึ่งมักจะรวมพันธุ์ข้าวต่างชนิดเข้าด้วยกัน ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณอะมิโลส ภายในเมล็ดแตกต่างกัน จึงมีผลต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยปริมาณอะมิโลสที่เหมาะสมจะทำให้ได้เส้นที่เหนียวเป็นแผ่นดี

เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ เส้นก๋วยเตี๋ยวไม่หมัก และเส้นก๋วยเตี๋ยวหมัก โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวไม่หมัก ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ เส้นเล็ก เส้นหมี่ และเส้นก๋วยจั๊บ โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่และเส้นหมี่มีสัดส่วนของปริมาณการผลิตสูงที่สุด ส่วนเส้นก๋วยเตี๋ยวหมัก ได้แก่ ขนมจีน

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

1. ก๋วยเตี๋ยวสด เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการนำแผ่นก๋วยเตี๋ยวมาหั่นเป็นเส้น เส้นใหญ่มีขนาดกว้าง 1.5-2.5 เซนติเมตร เส้นเล็กมีขนาดกว้าง 0.4-0.5 เซนติเมตร มีความชื้นประมาณร้อยละ 62-64 อายุการเก็บประมาณ 1-2 วัน

2. ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กกึ่งแห้ง เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการนำเส้นสดมาผึ่งลมเพื่อลดความชื้นลง จนกระทั่งมีความชื้นประมาณร้อยละ 37 แล้วจึงตัดเป็นเส้น อายุการเก็บประมาณ 2-3 วัน

3. ก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้ง เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ทำให้แห้งด้วยการอบลมร้อนหลังจากตัดเป็นเส้นแล้ว ก๋วยเตี๋ยวชนิดนี้มีความชื้นประมาณร้อยละ12 หรือต่ำกว่า สามารถเก็บรักษาได้นานในสภาวะที่เหมาะสม

4. แผ่นก๋วยจั๊บ เป็นก๋วยเตี๋ยวที่นึ่งให้สุกเพียงครึ่งเดียวของความหนาแล้วตัดให้มีขนาด 3.0-3.5 เซนติเมตร มักเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยมีความชื้นประมาณร้อยละ 12 เมื่อนำมาต้มสุกจะม้วนเป็นหลอด

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

1. ข้าวหัก หรือข้าวท่อน

ข้าวเจ้าที่ใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวมีผลต่อคุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยวมาก โดยปกติแล้วข้าวที่ใช้จะเป็นข้าวเจ้าเมล็ดแข็ง มีปริมาณอะมิโลสสูงระหว่างร้อยละ 27-33 (อรอนงค์, 2550) โดยเมล็ดหรือข้าวเปลือกหลังจากที่ได้เก็บเกี่ยวมาแล้วควรเก็บไว้นานประมาณ 4 เดือนขึ้นไป ซึ่งจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 20 จากนั้นนำมาตากแดดผึ่งหรืออบด้วยเครื่องทำแห้ง จนความชื้นเหลือร้อยละ 12 ซึ่งถ้าน้อยกว่านี้เวลาสีข้าวจะทำให้ข้าวหักมาก แต่ถ้าความชื้นสูงกว่านี้จะทำให้เก็บข้าวได้ไม่นานเพราะจะมีราเกิดขึ้นได้ง่าย จากนั้นนำข้าวเปลือกที่ได้มาเข้าเครื่องสี จะได้ข้าวสารขาวและข้าวหัก ซึ่งข้าวหักนี้จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวต่อไป

องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ข้าวเจ้าแต่ละชนิดมีสมบัติต่างกันคือ ปริมาณอะมิโลส ทั้งนี้เนื่องจากข้าวที่มีอะมิโลสสูงขึ้นสามารถดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น แต่ก็มีข้อจำกัดคือข้าวที่มีอะมิโลสในระดับสูงนั้นความคงตัวของเจลไม่ได้แปรผันตามปริมาณอะมิโลส ซึ่งความคงตัวของเจลวัดโดยเครื่องบราเบนเดอร์วิสโคกราฟ พบว่าถ้าแป้งที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะมีผลให้ความคงตัวของเจลสูงขึ้น และข้าวที่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นจะมีความคงตัวของเจลดีขึ้น และควรมีการคืนตัวของแป้งเปียกที่ดี (ปราณี, 2536)

2. น้ำ

น้ำที่ใช้ในการผลิตควรเป็นน้ำสะอาดเหมาะสำหรับการบริโภค ปราศจากสารแขวนลอย มีความกระด้างต่ำ มีคลอรีน 0.2-0.5 ส่วนในล้านส่วน ความเป็นกรด-เบสอยู่ระหว่าง 5.0-7.0 ซึ่งจะให้เจลที่มีความเหนียวสูงสุด ถ้ามีความเป็นกรด-เบสสูงหรือต่ำกว่านี้ เจลจะมีความเหนียวน้อยลงเนื่องจากโมเลกุลแป้งแตกตัว นอกจากนี้น้ำที่ใช้ไม่ควรมีเกลือแคลเซียมหรือแมกนีเซียมมากเกินไป เพราะเกลือทั้งสองนี้มีผลทำให้เม็ดแป้งแตกตัวยาก และถ้ามีเหล็กหรือสารแขวนลอยอยู่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำ (ณรงค์, 2538; วิภา, 2541)

3. วัตถุเจือปนอาหาร

โซเดียมหรือโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวนั้นมีจุดประสงค์เพื่อรักษาหรือฟอกสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมากกว่าเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ ซึ่งซัลเฟอร์มีผลต่อสปอร์เชื้อราและแบคทีเรียมากกว่ายีสต์ ดังนั้นเมื่อใช้ร่วมกับโซเดียมเบนโซเอตซึ่งมีผลต่อยีสต์จึงสามารถป้องกันการเน่าเสียได้ดี โดยทั่วไปซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะระเหยไปกับไอน้ำถึงร้อยละ 90 สำหรับปริมาณที่อนุญาตให้มีได้ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ น้อยกว่า 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับกรดเบนโซอิกหรือโซเดียมเบนโซเอตถือว่าเป็นสารเคมีที่ใช้ได้ผลดี ถ้าอยู่ในรูปของเกลือจะละลาย

น้ำได้ดีกว่าอยู่ในรูปของกรด กรดเบนโซอิกจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย แต่จะทำให้สีอาหารเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วจึงใช้ร่วมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยปริมาณกรดเบนโซอิกหรือโซเดียมเบนโซเอตที่อนุญาตให้ใช้ได้ทั่วไปไม่เกิน 1,000 ส่วนในล้านส่วน (ศรัลยภัคร์, 2551)

4. น้ำมันที่ใช้เคลือบแผ่นก๋วยเตี๋ยว

น้ำมันที่ใช้ต้องเป็นน้ำมันสำหรับการบริโภค มีคุณภาพดี ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน และไม่ควรเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิสูง โดยปกติโรงงานอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวมักใช้น้ำมันพืช ได้แก่ น้ำมันถั่วลิสง ทั้งนี้น้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วไม่ควรนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตซ้ำอีก (กัลยาณี, ม.ป.ป. อ้างโดย ศรัลยภัคร์, 2551)

กรรมวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

1. การคัดเลือกวัตถุดิบ โดยทั่วไปนิยมใช้ข้าวหักหรือปลายข้าวเจ้าเนื่องจากมีราคาถูก และควรเป็นข้าวสารที่ได้มาจากข้าวเจ้าชนิดเมล็ดแข็ง เนื่องจากข้าวแข็งจะมีปริมาณอะมิโลสสูง ได้แป้งที่มีความคงตัวของเจลสูงและมีการคืนตัวสูง นอกจากนี้ควรเป็นข้าวที่มีสีขาวซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาว ข้าวที่มีคุณสมบัติดังกล่าวมักเป็นข้าวที่มีอายุการเก็บรักษามาแล้วอย่างน้อย 4 เดือน

2. การทำความสะอาด ข้าววัตถุดิบมักมีสิ่งเจือปน และสิ่งสกปรก เช่น กรวด เศษผงต่างๆ จึงจำเป็นต้องทำความสะอาดโดยอาจใช้วิธีการเป่าลมหรือร่อนก่อนการใช้งาน

3. การล้าง และแช่ข้าว เป็นล้างทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่ติดมากับข้าวจนน้ำที่ล้างใส บางโรงงานผสมอะลูมิเนียมซัลเฟต (สารส้ม) ลงในน้ำ ช่วยให้ข้าวขาวและตกตะกอนสิ่งที่ถูกขัดแยกออกมา (ศรัลยภัคร์, 2551) และแช่ข้าวที่ล้างแล้วด้วยน้ำสะอาดเพื่อให้ข้าวอ่อนตัวช่วยให้กระบวนการโม่ข้าวทำได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยทั่วไปจะแช่ข้าวนานประมาณ 2-3 ชั่วโมง

4. การโม่ ใช้วิธีการโม่เปียกโดยผสมน้ำในอัตราส่วนที่พอเหมาะ ด้วยเครื่องโม่แบบหินที่หมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถปรับระยะห่างระหว่างลูกโม่เพื่อให้ได้ความละเอียดของแป้งตามต้องการ ปรับอัตราเร็วของข้าวสารจากกรวยและอัตราเร็วของน้ำลงสู่โม่เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของน้ำแป้งที่เหมาะสม ในการทำก๋วยเตี๋ยวต้องโม่ให้ละเอียด เม็ดแป้งจะแตกละเอียดดูดน้ำได้เร็ว ทำให้อะมิโลสและอะมิโลเพกตินจับตัวกันได้ดี ส่งผลให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีความเหนียว ไม่ขาดง่าย และอาจมีการเติมวัตถุกันเสียเพื่อป้องกันการเน่าเสียของน้ำแป้ง น้ำแป้งที่ได้ควรเก็บไว้สักระยะหนึ่งเพื่อให้น้ำซึมเข้าไปในเม็ดแป้งมากขึ้น และทำการหมักน้ำแป้งเพื่อให้มีค่าความ

เป็นกรด-เบสที่เหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tatsumi *et al.* (2003 อ้างโดย ศรัลยภัคร์, 2551) ที่พบว่าน้ำแป้งหมักที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 27 ชั่วโมง จะมีค่าความเป็นกรด-เบส 4.0 ส่งผลให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความเงาใส เหนียวนุ่ม และยืดหยุ่น ส่วนตัวอย่างควบคุมที่ทำการหมักน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีขาวขุ่น เนื้อแน่น และไม่ยืดหยุ่น

5. การกรอง น้ำแป้งที่ได้ควรผ่านการกรอง เพื่อให้มีความเป็นเนื้อเดียวกัน และแยกสิ่งปลอมปนออกครั้งสุดท้าย

6. การนึ่ง น้ำแป้งที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกดูดไปเก็บไว้ในถังที่มีเครื่องกวนตลอดเวลา เพื่อไม่ให้แป้งตกตะกอน ด้านล่างของถังมีท่อเปิดเพื่อปล่อยน้ำแป้งเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ด้วยลูกกลิ้ง ที่สามารถปรับระยะห่างของลูกกลิ้งเพื่อให้ได้ความหนาบางตามต้องการ มีใบมีดทำหน้าที่ปาดแผ่นฟิล์มออกจากผิวของแท่งเหล็กลูกกลิ้ง น้ำแป้งจะฉาบบนสายพานลำเลียงที่ทำด้วยแผ่นโลหะปลอดสนิมหรือแผ่นผ้าใบ ผ่านเข้าไปในตู้นึ่งมีลักษณะเป็นอุโมงค์ยาวประมาณ 4 เมตร ให้ความร้อนด้วยไอน้ำ ใช้เวลาประมาณ 3 นาที จะได้แผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ถูกนึ่งสุกแล้วมีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตรระหว่างน้ำแป้งเคลื่อนที่ในอุโมงค์ จะมีน้ำมันพืชหยดเป็นระยะเพื่อให้เส้นมันลื่น ไม่ติดสายพาน อย่างไรก็ตามควรเลือกชนิดน้ำมันและปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และอาจเกิดกลิ่นหืนได้

7. การผึ่งลม สำหรับเส้นก๋วยเตี๋ยวสด เมื่อแผ่นก๋วยเตี๋ยวออกจากอุโมงค์นึ่งจะมีสายพานเหล็กเป็นซี่ มารองรับแผ่นก๋วยเตี๋ยว ผึ่งลมโดยใช้พัดลมเป่าให้เส้นเย็นตัวลง จะได้แผ่นก๋วยเตี๋ยวที่มีความชื้นประมาณ 62% ซึ่งค่อนข้างเหนียว นำไปตัดเป็นเส้น หากต้องการทำให้เส้นหมาดควรนำไปผึ่งลมหรือตากหรืออบ เพื่อลดความชื้นประมาณ 1 ชั่วโมง

8. การอบ กรณีต้องการผลิตก๋วยเตี๋ยวอบแห้งหรือก๋วยเตี๋ยวเส้นจันทน์ ควรติดตั้งเตาอบเพิ่มเติม เพื่อลดความชื้นลง จนกระทั่งเหลือปริมาณความชื้นร้อยละ 11-12 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง หากอุณหภูมิสูงกว่านี้ จะทำให้เส้นแห้งแตก และมีลักษณะเป็นปล้องสาน (cracking) ซึ่งเกิดจากการลดความชื้นของแผ่นก๋วยเตี๋ยวอย่างรวดเร็วจนทำให้ผิวแห้ง โดยที่ภายในแผ่นก๋วยเตี๋ยวยังชื้นอยู่

9. การตัดแผ่น เมื่อสายพานแผ่นก๋วยเตี๋ยวสุกเคลื่อนที่ออกจากอุโมงค์ไอน้ำ แผ่นก๋วยเตี๋ยวจะเคลื่อนไปตามสายพาน โดยมีพัดลมคอยเป่าเป็นระยะให้แห้ง จนถึงจุดตัดก๋วยเตี๋ยวแผ่นใหญ่ ตรงจุดนี้จะมีช่องที่จะให้น้ำมันพืชหยดสัมผัสกับแผ่นก๋วยเตี๋ยว เพื่อให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวไม่ติดกันเมื่อซ้อนกันหลังจากที่ทำการตัด อย่างไรก็ตามการตัดจะแตกต่างกันไปตามชนิดของก๋วยเตี๋ยว ดังนี้

9.1 เส้นก๋วยเตี๋ยวสด ก่อนตัดควรนำมาเรียงกันแล้วนำมาเข้าเครื่องตัดเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวสดเพื่อการจำหน่ายภายใน 1 วัน

9.2 เส้นก๋วยเตี๋ยวกึ่งแห้ง จะมีกรรมวิธีแบบเดียวกันกับเส้นก๋วยเตี๋ยวสด จนถึงขั้นตอนที่แผ่นก๋วยเตี๋ยวออกจากอุโมงค์ไอน้ำ จากนั้นจะเคลื่อนเข้าสู่เครื่องอบแห้ง ซึ่งมีลักษณะยาวเหมือนอุโมงค์ โดยสายพานจะพาแผ่นก๋วยเตี๋ยวเคลื่อนที่ไปเป็นชั้นๆ ภายในอุโมงค์เครื่องอบ โดยสายพานอาจจะเคลื่อนที่ไปถึง 7-13 ชั้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องอบที่จะให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวแห้งตามที่ต้องการคือ แผ่นก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะกึ่งแห้ง จากนั้นนำเข้าเครื่องตัดเป็นเส้นจำหน่ายต่อไป ก๋วยเตี๋ยวประเภทนี้สามารถเก็บได้ประมาณ 2-3 วัน

9.3 ก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง (ก๋วยเตี๋ยวจันทน์) มีขั้นตอนเช่นเดียวกับข้อ 9.2 ตัดเป็นเส้นแล้วนำเส้นก๋วยเตี๋ยวใส่ถาดที่เป็นชุด และปล่อยให้เคลื่อนเข้าสู่อุโมงค์อบแห้ง จนกระทั่งได้ก๋วยเตี๋ยวแห้ง (ความชื้นร้อยละ 11-12) สามารถเก็บได้นาน 6-12 เดือน

10. การบรรจุ เส้นก๋วยเตี๋ยวสดหรือเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งควรบรรจุกับโต๊ะที่มีความสูงไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร ไม่ควรบรรจุกับพื้นโรงงานโดยตรง ภาชนะบรรจุที่ใช้โดยเฉพาะกับเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งควรใช้วัสดุที่ความชื้นผ่านเข้าออกไม่ได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เส้นก๋วยเตี๋ยวถูกความชื้นจากภายนอก และทำให้เกิดปัญหาการเสื่อมคุณภาพ ซึ่งภาชนะบรรจุต้องเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องภาชนะบรรจุ

11. การเก็บผลิตภัณฑ์ ควรจัดแยกเป็นสัดส่วน เก็บในที่ที่มีอากาศถ่ายเท ไม่อับชื้น มีแสงสว่างเพียงพอ มีชั้นหรือยกพื้นรองรับ สามารถเก็บเส้นก๋วยเตี๋ยวในสภาวะบรรยากาศและสุญญากาศได้ โดยไม่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ซึ่งการเก็บรักษาเส้นก๋วยเตี๋ยวที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ช้าลง (น้ำฝน, 2548) สาเหตุสำคัญที่ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เกิดจากการปนเปื้อนของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต รวมถึงพนักงานที่เกี่ยวข้องด้วย และต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์อีกครั้งก่อนจำหน่ายสู่ท้องตลาด โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดจะลดลง เกิดจากการสูญเสียความชื้น ส่วนค่าสี b* จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ลักษณะสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดมีสีคล้ำลง และมีสีเหลืองมากขึ้น เนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซ์ให้สารประกอบที่มีสีน้ำตาล (ดรุณี และคณะ, 2551 อ้างโดย ศรัลยภัคร์, 2551) และจากงานวิจัยของ Huang *et al.* (2007) พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเส้นก๋วยเตี๋ยวสดเพิ่มขึ้น จะทำให้มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้น มีอายุการเก็บรักษา 8 วัน เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวสำหรับผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความสัมพันธ์กับสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าว ได้แก่

1. สัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน

Proctor and Goodman (1985) พบว่า อัตราส่วนระหว่างอะมิโลสต่ออะมิโลเพกติน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การเกิดเจลาติไนเซชันของข้าวแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน แป้งข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการนึ่งได้มากกว่าแป้งข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะแข็งและคงตัว ส่วนแป้งข้าวที่มีอะมิโลเพกตินสูงจะดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่า ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีลักษณะนิ่ม เละ ไม่เกาะตัวกัน

2. ความคงตัวของเจล (gel consistency)

ปริมาณอะมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำเส้นก๋วยเตี๋ยวมีคุณภาพแตกต่างกัน Cagampang *et al.* (1973 อ้างโดย อรอนงค์ 2550) ทำการศึกษาหาความแตกต่างของข้าวต่างสายพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกัน โดยวัดจากเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบบราเบนเดอร์ พบว่าข้าวแต่ละสายพันธุ์มีความหนืดที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการคืนตัวของสตาร์ชเมื่อเย็นลงแล้วให้ลักษณะเจลที่มีความแข็ง หรือความคงตัวแตกต่างกัน Varavinit *et al.* (2002 อ้างโดย อรอนงค์ 2550) พบว่า เจลจากแป้งข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำมีความคงตัวต่อการคืนรูปจากการแช่เยือกแข็งได้ดีกว่าเจลจากแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูง การคืนรูปด้วยอุณหภูมิที่สูง จะทำให้ได้ลักษณะเจลที่ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

3. อุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนเซชัน (gelatinization temperature, GT)

อุณหภูมินี้เป็นจุดที่ที่เม็ดแป้งเริ่มพองในน้ำร้อนและเปลี่ยนลักษณะจากทึบแสงเป็นโปร่งแสง อุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนเซชันมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการนึ่งแผ่นก๋วยเตี๋ยว แป้งที่มีอุณหภูมิ GT สูงจะต้องใช้เวลาในการนึ่งนานกว่าแป้งที่มีอุณหภูมิ GT ต่ำ นอกจากนี้แม้ว่าระยะเวลาการนึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ GT แต่ความกว้างและความหนาของเส้นก๋วยเตี๋ยวก็มีผลต่อเวลาการนึ่งด้วยเช่นกัน แป้งที่มีอุณหภูมิ GT เท่ากันแต่มีความหนามากกว่าจะใช้เวลาในการนึ่งนานกว่า

4. ความชื้น

ความชื้นในเมล็ดข้าวมีผลต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว ข้าวที่มีความชื้นต่ำซึ่งส่วนใหญ่เป็นข้าวเก่าเมื่อนำมาผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว จะได้เส้นมีลักษณะแข็งและคงตัวมากกว่าแป้งที่ได้จากข้าวใหม่

5. โปรตีน

Suwansri and Meullenet (2004) พบว่า ความแข็งของข้าวมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีน เนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเม็ดแป้ง ถ้าปริมาณโปรตีนสูงจะทำให้การดูดซึมน้ำของเม็ดแป้งลดน้อย ต้องใช้พลังงานมากในการทำให้เกิดเจลาติไนเซชัน อาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากแป้งข้าวที่มีลักษณะดังกล่าว มีลักษณะแห้ง แข็ง และความเหนียวลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนชนิดออริซานิน (oryzanin) ทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำของสตาร์ชลดลง ทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวร่วนขึ้น (Hamaker, 1994; Ramesh *et al*., 2000 อ้างโดย อรอนงค์ 2550)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของก๋วยเตี๋ยว

1. ชนิดของจุลินทรีย์

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์อาจมาจากสภาพของวัตถุดิบ วิธีการผลิต ระยะเวลา และสภาพการเก็บรักษาอาหาร จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะเหมาะสมกับอาหารที่แตกต่างกันไป เมื่อจุลินทรีย์เจริญเติบโตจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอาหาร เป็นผลทำให้เกิดกลิ่น รส และคุณภาพของอาหารเปลี่ยนแปลงไปจนเกิดการเสื่อมเสียได้

1.1 *Staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ย้อมติดสีม่วง รูปร่างกลมเป็นพวงองุ่น (Staphylococci) ไม่มีสปอร์ เจริญเติบโตได้ทั้งสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobes) ลักษณะโคโลนสีขาว สามารถสร้างสารพิษที่ทนต่อความร้อนสูง เจริญเติบโตได้ดีที่ pH 6.0-7.0 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบได้ตามผิวหนัง และส่วนต่างๆของร่างกาย

1.2 *Bacillus cereus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปท่อน สร้างสปอร์ ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต (aerobes) พบได้ในอากาศ และอาหารประเภทแป้ง สามารถสร้าง exoenzyme ย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตที่ซับซ้อน ทำให้อาหารเน่าเสีย และสร้างสารพิษ enterotoxin ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ (food poisoning)

1.3 *Escherichia coli* อยู่ในกลุ่มของ coliform bacteria เป็นแบคทีเรียชี้วัดคุณภาพน้ำ โดยเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อน สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีออกซิเจน (aerobic) และไม่มีออกซิเจน (anaerobic) จัดเป็นแบคทีเรียจำพวก facultative anaerobes พบในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น ซึ่งเป็นแบคทีเรียประจำถิ่น (normal flora) ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค อาจ

ปนเปื้อนมากับอาหารและน้ำ บางสายพันธุ์สามารถก่อโรคในคน โดยเป็นสาเหตุของโรคทางเดินปัสสาวะอักเสบ และในระบบทางเดินอาหาร

2. อุณหภูมิ

จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกัน และอาจเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งจนถึงมากกว่าจุดเดือด อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์แต่ละกลุ่มจะเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิที่จำกัด

อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้วย เช่น ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าปริมาณน้ำอิสระ เป็นต้น

3. ความเป็นกรด-เบส (pH)

โดยทั่วไปเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ยอมให้อิออน H^+ หรือ OH^- ผ่านเข้าออกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น รวมทั้งภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์มีระบบบัฟเฟอร์ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-เบส จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสภายในเซลล์ของจุลินทรีย์มีค่าใกล้เคียงกับ 7

หากความเป็นกรด-เบสอยู่นอกช่วงที่จุลินทรีย์จะเจริญได้ อาจเกิดผลเสียต่อสิ่งต่างๆ ของเซลล์ คือ เอนไซม์ที่เกี่ยวกับการดูดซึมสารอาหารและแร่ธาตุต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจรวมถึงการเกิดความผิดปกติในการสร้างเอนไซม์ที่ทำงานภายนอกเซลล์และกิจกรรมต่างๆ ตลอดจนกลไกการสร้าง adenosine tri phosphate (ATP) ในแบคทีเรีย ซึ่งเกี่ยวข้องกับผนังเซลล์

แบคทีเรียส่วนใหญ่มีค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในช่วง 6.5-7.5 ยีสต์และราจะเจริญเติบโตได้ดีที่ pH ต่ำและ pH ที่เหมาะสมคือ 5 แต่อาจเจริญได้ที่ pH มากกว่า 7 (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2547)

4. ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

จุลินทรีย์ต้องการน้ำในการเจริญเติบโต หากขาดน้ำจุลินทรีย์ก็ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เซลล์ของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยน้ำในปริมาณมาก เช่น มากกว่าร้อยละ 75 ซึ่งน้ำจำนวนนี้สิ่งมีชีวิตต้องการไว้สำหรับรักษาเซลล์ให้อยู่ในสภาพที่ยังทำงานได้ หากไม่มีน้ำสิ่งมีชีวิตรวมทั้งจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้ โดยปริมาณน้ำอิสระ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความดันไอของสารละลาย (vapor pressure) กับความดันไอของน้ำ (vapor pressure of water) ที่อุณหภูมิเดียวกัน

การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายจะทำให้ความดันไอของสารละลายลดลง ดังนั้นเมื่ออาหารถูกทำให้แห้งอย่างสมบูรณ์ จะไม่มีโมเลกุลของน้ำที่จะทำให้เกิดความดันไอของสารละลาย ค่า a_w จะมีค่าเท่ากับ 0 ในขณะที่น้ำบริสุทธิ์จะมีค่า a_w เท่ากับ 1

สำหรับผลของค่า a_w ต่อจุลินทรีย์นั้น พบว่าจุลินทรีย์มีช่วงของค่า a_w ที่จะเจริญได้ ซึ่งค่า a_w ที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญ ส่วนใหญ่จะเข้าใกล้ 1 ซึ่งเป็นค่าที่สูง และที่จุดนั้นจะมีสารอาหารละลายอยู่ ซึ่งเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ ค่า a_w ต่ำสุดที่จุลินทรีย์จะเจริญได้อยู่ที่ 0.61 ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านั้น ได้แก่ ราต่างๆ หากค่า a_w ลดลงกว่าจุดต่ำสุดที่จุลินทรีย์จะสามารถเจริญได้ จะส่งผลทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ และค่อยๆ ตายลง

ความเสียหายของเซลล์เกิดจากการสูญเสียแรงดันภายในเซลล์ที่ทำให้เซลล์เต่ง เซลล์จะเหี่ยว การเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์หยุดชะงัก เยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย ยังส่งผลไปถึงเอนไซม์ในไซโตพลาสซึมถูกทำลายด้วย

คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว

คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวตามสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 959-2533) กำหนด คือ ต้องมีขนาดใกล้เคียงกัน มีความหนาสม่ำเสมอ โดยมีความหนาเฉลี่ยไม่เกิน 0.7 + 0.2 มิลลิเมตร สีขาวนวลสม่ำเสมอ มีกลิ่นรสตามธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นหืนหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์อื่น สีของเส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีความแตกต่างกันขึ้นกับคุณภาพข้าวที่ใช้ในการผลิต โดยข้าวที่มีโปรตีนสูง จะมีสีคล้ำกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ สีคล้ำของเส้นก๋วยเตี๋ยวอาจเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของกรดอะมิโนกับน้ำตาล ให้สารประกอบสีน้ำตาล (งามชื่น, 2541)

รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Radiation, UV)

รังสีอัลตราไวโอเลตจัดอยู่ในกลุ่มรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiations) มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 100-400 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า รังสีอัลตราไวโอเลตเป็นรังสีชนิด non-ionizing radiation ซึ่งจะไม่ทำให้อะตอมของโมเลกุลสารแตกตัว รังสีอัลตราไวโอเลตสามารถแบ่งได้ตามระดับของความยาวคลื่นเป็น 3 ชนิดคือ

รังสี UV-A มีความยาวคลื่น 315-400 นาโนเมตร

รังสี UV-B มีความยาวคลื่น 280-315 นาโนเมตร

รังสี UV-C มีความยาวคลื่น 100-280 นาโนเมตร โดยที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร มีคุณสมบัติในการทำลายเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

แหล่งของรังสีอัลตราไวโอเลตที่สำคัญ คือ แสงจากดวงอาทิตย์ ในปัจจุบันมีการประดิษฐ์หลอดไฟที่บรรจุด้วยไอปรอทซึ่งมีทั้งความดันต่ำและความดันปานกลาง หลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลตที่บรรจุไอปรอทความดันต่ำจะเปล่งแสงอัลตราไวโอเลตออกมาที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร เรียกว่า germicidal lamp หรือ U.V. lamp นิยมใช้กันมากเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ในห้องผ่าตัด ในโรงพยาบาล ในห้องปฏิบัติการของโรงงานเภสัชกรรม และในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและนม (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2547)

การใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารเริ่มมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1945 ช่วยป้องกันและควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเสีย โดยเฉพาะที่อาศัยอยู่ตามพื้นผิวของอาหาร มีความปลอดภัยกว่าการฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมี นอกจากนี้รังสีอัลตราไวโอเลตสามารถถูกโปรตีนและกรดนิวคลีอิกต่างๆ ที่อยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์ดูดซับไว้ได้ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในโมเลกุลของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก เป็นสาเหตุทำให้เซลล์เกิดการกลายพันธุ์และตายในที่สุด

มีการประยุกต์ใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการยับยั้งการเสื่อมเสียจากเชื้อราในผักผลไม้หลายชนิด อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ใช้ และชนิดของจุลินทรีย์ พบว่าการใช้รังสีอัลตราไวโอเลต (254 นาโนเมตร) ที่ระดับความเข้ม 4350 μW/cm2 เป็นระยะเวลา 15 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ชนิดที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ (aerobic bacteria) ยีสต์ และราบนพื้นผิวเปลือกไข่ (Kuo *et al.*, 1997) นอกจากนี้ การใช้รังสี UV-C 1-4 kJ/m^2 สามารถลดการเจริญเติบโตของ *Monilinia fructicala* (brown rot), *Rhizopus stolonifer* (soft rot) และ *Penicillium digitatum* (green mold) ในมะเขือเทศ พืชตระกูลส้ม มะนาว มะกรูด พีช และมันฝรั่ง ลดลง 20-50%

(Stevens *et al.*, 1997 cited by Perkins-Veazie *et al.*, 2008) และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาสตรอเบอร์รี่ออกไป 4-5 วัน โดยลดปริมาณเชื้อราสีเทาเมื่อผ่านการฉายรังสี UV-C 0.25 kJ/m^2 (Baka *et al.*, 1999) และยังพบว่าการฉายรังสี UV-C ต่อสตรอเบอร์รี่ 4.1 kJ/m^2 มีความแน่นของเนื้อสัมผัส (firmness) มากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสีเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2-4 วัน (Pombo *et al.*, 2009)

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของรังสีอัลตราไวโอเลต

1. เวลาในการให้รังสี (exposure time)

ที่ระดับความเข้มหนึ่งๆ ของรังสีอัลตราไวโอเลต ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการให้รังสีเพิ่มขึ้น เนื่องจากทำให้จุลินทรีย์ได้รับรังสีในปริมาณที่สูงขึ้น ทั้งนี้ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตที่จุลินทรีย์ได้รับ (UV dose) เป็นผลคูณของความเข้มของรังสีกับเวลาเป็นวินาทีในการให้รังสี

2. ความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต (UV intensity)

โดยทั่วไปความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตจะวัดในหน่วยวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (W/cm^2) เมื่อความเข้มของรังสีที่ใช้เพิ่มขึ้น เมื่อใช้ระยะเวลาการฉายรังสีเท่ากัน ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจะเพิ่มขึ้น

3. ความสามารถในการแทรกผ่านวัตถุ (penetration) ของรังสีอัลตราไวโอเลต

รังสีอัลตราไวโอเลตมีความสามารถในการทะลุทะลวงต่ำ การเคลื่อนที่ผ่านวัตถุจึงเป็นไปได้ยาก ถึงแม้วัตถุนั้นจะมีความโปร่งใส เช่น น้ำสะอาด ก็มีผลทำให้ความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตลดลงได้ และสำหรับวัตถุที่มีความทึบแสง รังสีอัลตราไวโอเลตไม่สามารถส่องผ่านได้เลย จึงสามารถใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เฉพาะที่ผิวหน้าของอาหารและในน้ำดื่มเท่านั้น

4. ชนิดของตัวอย่างอาหาร

อาหารแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีที่แตกต่างกัน รวมถึงรูปร่างของอาหาร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของรังสีอัลตราไวโอเลต โดยทั่วไปจุลินทรีย์จะไวต่อรังสีเมื่อแขวนลอยอยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์ มากกว่าอยู่ในอาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ รังสีอัลตราไวโอเลตมีกำลังทะลุผ่านต่ำจึงทำลายจุลินทรีย์ได้เฉพาะที่ผิวหน้าของอาหารและในน้ำดื่มเท่านั้นนอกจากสมบัติในการยอมให้แสงผ่าน หรือการดูดกลืนแสงของตัวอย่างอาหารที่นำมาผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตแล้ว ลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของรังสีอัลตราไวโอเลต โดยการผ่านรังสี

อัลตราไวโอเลตแก่อาหารที่มีพื้นผิวเรียบจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าตัวอย่างอาหารที่มีผิวขรุขระ หรืออาจกล่าวได้ว่าบนพื้นผิวที่ไม่เรียบ อาจมีบริเวณที่รังสีอัลตราไวโอเลตไม่สามารถส่องถึง ทำให้จุลินทรีย์สามารถมีชีวิตรอดจากฉายรังสีได้ อย่างไรก็ตามสามารถใช้เทคโนโลยีอัลตราไวโอเลตนี้ได้กับอาหารบางชนิดเท่านั้น เนื่องจากอาจทำให้เกิดการเหม็นหืน (rancidity) หรือทำให้อาหารมีสีซีดลง

5. ชนิดของจุลินทรีย์

แบคทีเรียแกรมบวกสามารถต้านทานการฉายรังสีได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ โดยทั่วไปแบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์ได้จะต้านทานได้มากกว่าพวกที่ไม่สร้างสปอร์ โดยทั่วไปยีสต์และรามีความไวต่อการฉายรังสีน้อยกว่าแบคทีเรียแกรมบวก

6. จำนวนจุลินทรีย์

จำนวนของจุลินทรียมีผลต่อประสิทธิภาพของการฉายรังสี เช่นเดียวกับกรณีของการใช้ความร้อน และสารเคมีทำลายเชื้อจุลินทรีย์ หากจำนวนเซลล์ยิ่งมากปริมาณความเข้มของการฉายรังสีก็จะให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตลดลง

7. อายุของจุลินทรีย์

แบคทีเรียมีแนวโน้มต้านทานต่อการฉายรังสีในระยะพักตัว (lag phase) ของการเจริญเติบโต เซลล์จะเริ่มไวต่อการฉายรังสีเมื่อเข้าสู่ระยะการแบ่งเซลล์ (log phase) และจะมีความต้านทานต่อการแผ่รังสีต่ำสุดเมื่อเข้าสู่ปลายระยะการแบ่งเซลล์

กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ของรังสีอัลตราไวโอเลต

รังสีอัลตราไวโอเลตจะมีผลต่อโครงสร้างของเซลล์ที่ดูดซับรังสีนี้ไว้ได้ดี เช่น DNA, RNA, โปรตีนและสารอินทรีย์อื่นๆ การดูดซับรังสีจะเกิดได้ดีที่ความยาวคลื่น 250-260 นาโนเมตร ส่วนโปรตีนจะดูดซับได้ดีที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร ซึ่งเป็นการดูดซับของกรดอะมิโนที่มีองค์ประกอบ aromatic ring ได้แก่ ทริพโตแฟน ฟีนิลอะลานีน และไธโรซีน ในจำนวนโครงสร้างที่ดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตไว้นี้พบว่าผลที่เกิดขึ้นกับ DNA จะมีความสำคัญต่อเซลล์มากที่สุด เพราะ DNA เป็นสารพันธุกรรมจึงควบคุมกลไกในการดำเนินชีวิตของเซลล์ DNA เป็นโครงสร้างสองสายพันกันเป็นเกลียว ในแต่ละสายประกอบด้วยฟอสเฟตน้ำตาล deoxyribose และเบสชนิดต่างๆ มายึดเกาะกัน จากนั้นสายทั้งสองของ DNA จะมาเชื่อมต่อกันด้วย hydrogen bond ของเบสแต่ละคู่ กล่าวคือ adenine จับกับ thymine และguanine จับกับ cytodine ซึ่งพันธะนี้

ไฮโดรเจนถูกทำ ลายได้ง่ายด้วยความร้อนหรือสภาพอื่นๆเป็นผลให้สายของ DNA แยกจากกัน จึงเกิดการเสียสภาพของ DNA ได้ (Lado *et.al.*, 2002)

โครงสร้างสำคัญในการดูดรังสีอัลตราไวโอเลตของ DNA ก็คือเบสชนิดต่างๆ นั่นเอง โดยเบส pyrimidine (thyminne และ cytosine) จะมีความไวต่อรังสีนี้มากกว่าเบส purine (adenine และ guanine) ดังนั้นเมื่อเซลล์ได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตจะทำให้เกิดการรวมตัวกันของเบส pyrimidine สองตัวที่อยู่ใกล้ชิดกันในสายเดียวกันด้วย covalent bond เป็น dimer ขึ้นมาสำหรับ dimer ที่เกิดขึ้นเป็นชนิดแรก ได้แก่ thymine dimer แต่อาจพบว่าเกิด dimer ของเบสคู่อื่นๆ เช่น thymine-cytosine และ cytosine dimer ได้อีกด้วย (Adams and Moss, 2000)

ผลจากการรวมกันของเบสใน DNA เป็น dimer นี้ทำ ให้ hydrogen bond ที่ยึดระหว่างสายของ DNA ถูกทำลาย เป็นผลให้ลักษณะเกลียวของ DNA ถูกทำลาย นอกจากนี้การเกิด dimer ยังทำ ให้การยึดเกาะกันของเบสที่เข้าคู่กันในแต่ละลายของ DNA ไม่เกิดขึ้น เป็นผลให้รูปร่างของ DNA เปลี่ยนแปลง DNA จึงไม่สามารถจำลองตัวเองได้ (DNA replication) หรือไม่สามารถจำลอง RNA ขึ้นมาได้ การสังเคราะห์โปรตีนของเซลล์หยุดชะงัก ทำให้กิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ เช่น การสร้างพลังงานและการเจริญเติบถูกยับยั้งในที่สุด (Manzocco *et.al.*, 2011) อย่างไรก็ตามการเกิด dimer ดังกล่าวนี้จะทำให้เซลล์ตายได้ก็ต่อเมื่อไปมีผลทำ ให้ DNA ไม่สามารถจำลองตัวเองได้ หรือทำให้ยีนที่ควบคุมหน้าที่สำคัญของเซลล์ผิดปกติไป

นอกจากนี้ยังพบว่ารังสีอัลตราไวโอเลตมีผลทางอ้อมในการทำลายจุลินทรีย์อีกด้วย โดยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นสั้นๆ จะทำ ให้เกิดการรวมตัวของออกซิเจนเป็นโอโซน หรือทำให้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเกิดการรวมตัวกับน้ำเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือในที่มีออกซิเจนและสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ อยู่ด้วย จะทำให้เกิดเปอร์ออกไซด์ของสารประกอบอินทรีย์ขึ้นมา ซึ่งสารที่ได้เหล่านี้มีสมบัติทำลายจุลินทรีย์ได้ดี

การทดสอบทางประสาทสัมผัสและเครื่องทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส

ลักษณะทางเนื้อสัมผัสในอาหารเป็นผลประกอบกันของสมบัติทางเคมี และกายภาพ ซึ่งรวมไปถึง ขนาดรูปร่าง จำนวน และการจัดเรียงของของโครงสร้างนั้นๆ ซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างธรรมชาติเริ่มต้นของสาร ดังนั้นลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารจึงมีความจำเป็นอย่างมากต่อการยอมรับของผู้บริโภค ในปัจจุบันมีเครื่องมือทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analyzer) โดยใช้หลักการจำลองการใช้ฟันบดอาหาร เพื่อใช้ประเมินและเปรียบเทียบกับผลการทดลองทางประสาทสัมผัส สามารถช่วยยืนยันความแม่นยำและความชัดเจนของข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น

ตาราง 2 ความหมายของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆ ในเชิงคุณภาพทางกายภาพจากการทำ texture profile analysis และในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะ	คุณภาพทางกายภาพ	คุณภาพทางประสาทสัมผัส
ความแข็ง (hardness)	แรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเสียรูป	แรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างระหว่างฟันกรามเพื่อเปลี่ยนรูปร่างตัวอย่าง
ความสามารถเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness)	ขอบเขตของวัสดุที่สามารถรูปร่างก่อนที่จะเกิดการแตกหัก	ความแข็งแกร่งของพันธะภายในที่เกิดขึ้นในชิ้นตัวอย่างแล้วทำให้ตัวอย่างทนต่อแรงที่มากระทำก่อนที่ตัวอย่างจะขาดหรือแยกออกจากกัน
ความยืดหยุ่น (springiness)	อัตราของการคืนรูปของวัสดุหลังจากการถูกกด	ระดับความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิมเมื่อมีการถอนแรงกดออกไปจากตัวอย่าง
ความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ (adhesiveness)	งานที่ใช้ในการเอาชนะแรงระหว่างพื้นผิวของตัวอย่างกับพื้นผิวของวัสดุอื่นที่ตัวอย่างสัมผัสอยู่	แรงที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายตัวอย่างที่ติดอยู่ในปาก (โดยปกติคือเพดานปาก) ในระหว่างกระบวนการเคี้ยว
การทนต่อการเคี้ยว (chewiness)	แรงที่ใช้ในการเคี้ยวหรือบดตัวอย่างจนกระทั่งเสียรูป	ระยะเวลาที่ใช้ในการเคี้ยวบดตัวอย่างอาหารที่เป็นของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้
ความเหนียวเป็นยาง (gumminess)	แรงที่ต้องใช้ในการแยกตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็งจนกระทั่งเสียรูป โดยเป็นตัวอย่างที่มี hardness ต่ำ และมี cohesiveness สูง	พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้

ที่มา: ธัญญาภรณ์ (2550)

Lyon *et al.* (2000) เปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวหุงสุกจากข้าว 6 พันธุ์ ซึ่งมีลักษณะขนาดเมล็ดปานกลางและเมล็ดสั้น ปลูกในสถานที่ต่างกัน โดยการวัดทางประสาทสัมผัสและเครื่องทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (TA.XT2 Texture analyzer) ผลการหาความสัมพันธ์ของค่าวัดจากทั้ง 2 วิธี ปรากฏว่าค่าวัดที่เกี่ยวกับความเหนียว (stickiness) และความเหนียวติดกัน (adhesiveness) มีความสัมพันธ์กันน้อยในกลุ่มผู้ทดสอบชิม และเครื่องมือวัด การทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในลักษณะการกดสองรอบให้ผลของค่าวัดในด้านความแข็งความยืดหยุ่น ความเกาะติดกัน ความเหนียวติดกัน ความเหนียวยึดติด และการเคี้ยวที่แตกต่างกันน้อยกว่าผลจากการทดสอบชิม

Bhattacharya *et al.* (1999) ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าว 11 พันธุ์ ต่อการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่า ปริมาณอะมิโลส เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืด และสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของข้าวแต่ละสายพันธุ์ โดยปริมาณอะมิโลส มีความสัมพันธ์ทางลบกับกำลังการพองตัวของแป้ง แต่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความแข็ง (hardness) ความเหนียวยึดติด (gumminess) การทนต่อการเคี้ยว (chewiness) และความต้านแรงดึง (tensile strength) ซึ่งการวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืด สามารถทำนายคุณภาพของแป้งข้าว เพื่อใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวได้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

วัตถุดิบ

1. ก๋วยเตี๋ยวเส้นสด (หจก. อิสริยะผล, เชียงใหม่)

เครื่องมือ

1. ตู้สเตนเลสที่ปิดสนิท หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต (Sylvania, 254 nm, 15 วัตต์)
2. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (analytical balance: Sartorius, Germany)
3. ตู้อบลมร้อน (hot air oven: Binder, Germany; Termaks, Norway)
4. เตาเผาเถ้า (muffle furnace: Carbolite, England)
5. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (kjeldahl nitrogen equipment: Tecator, Sweden)
6. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (soxhlet apparatus: Tecator, Sweden)
7. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (water activity meter: Aqualab 3TE, U.S.A.)
8. เครื่องวัดสี (colorimeter: Tri-stimulus colorimeter, Japan)
9. เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH meter: Metrohm 744, Switzerland)
10. เครื่องปั่น (blender: Moulinex, China)
11. ตู้ถ่ายเชื้อ (lamina flow: Holten Laminar HB2472, Denmark)
12. ตู้บ่มเชื้อ (incubator: Heraeus B12, Germany)
13. หม้อนึ่งความดัน (autoclave)
14. เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TA.XT plus texture analyzer: Stable Micro system Ltd., UK)
15. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (analytical balance: Sartorius CP 224S, Germany)
16. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (analytical balance: Sartorius BP 610, Germany)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (plate)
2. กระบวกตวง (cylinder)
3. หลอดทดลอง (tube)
4. ขวดดูแรน (duran)
5. ขวดรูปชมพู่ (flask)
6. ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask)
7. บีกเกอร์ (beaker)
8. บิวเรต (burette)
9. ไมโครปิเปต (micropipette)
10. ปิเปตทิป (pipette tip)
11. ปิเปต (pepette)
12. กรวยบุชเนอร์ (buchner funnel)
13. กระดาษกรอง (filter paper)
14. หลอดหยด (dropper)
15. ลูกยาง (rubber)
16. ขวดน้ำกลั่น (wash bottle)
17. กระป๋องอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (moisture can)
18. โถดูดความชื้น (desicator)
19. ครูซิเบิลกระเบื้อง (crucible)
20. แท่งแก้วคนสาร (stirring rod)

สารเคมี

1. Ethanol (commercial grade)
2. Sodium hydroxide (Merck, Cat No. 106498)
3. Boric acid (Merck, Cat No. 100165)
4. Hydrochloric acid (Merck, Cat No. 100317)
5. Bromocresol green (Fisher, Cat No. B/4320/44)

6. Methyl red (Riedel, Cat No. 32654)
7. Sulfuric acid (Merck, Cat No. 100731)
8. Kjeldahl catalyst (Riedel, Cat No. 31816)
9. Petroleum ether (Ajax, Cat No. A361)
10. Glacial acetic acid (Merck, Cat No. 100063)
11. Iodine (Carlo, Cat No. 455959)
12. Phenolphthalein indicator

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Peptone water (Himedia, Cat No. M028)
2. Plate count agar (Difco, Cat No. 247940)
3. Potato dextrose agar (Difco, Cat No. 213400)

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่บรรจุในห่อพลาสติกชนิดโพลิเอทธิลีนถูกรวบรวมจากโรงงานผลิตทันทีที่ผลิตเสร็จและขนส่งมายังห้องปฏิบัติการทันทีเพื่อศึกษาทดลอง ตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวจะถูกสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1995)

2. การศึกษาผลของความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต และระยะเวลาที่เหมาะสมที่มีต่อคุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

ศึกษาผลของความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต และระยะเวลา ที่มีต่อก๋วยเตี๋ยวเส้นสด โดยจะศึกษาผลของ 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 ระดับความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต (จำนวนหลอดอัลตราไวโอเลตและระยะห่างระหว่างก๋วยเตี๋ยวเส้นสดและหลอดไฟ)

ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต (0-120 วินาที)

ตู้สแตนเลสปิดสนิทภายในประกอบด้วย ถาดแหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตด้านบนและด้านล่าง ด้านละ 4 หลอด สามารถปรับระดับได้ ตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นสดวางบนตะแกรงสแตนเลส อยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตทั้ง 2 ด้าน โดยระดับความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ในการทดลอง คือ

UV_1 = UV 4 หลอด (ด้านบน 2 หลอด และด้านล่าง 2 หลอด) ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร

UV_2 = UV 8 หลอด (ด้านบน 4 หลอด และด้านล่าง 4 หลอด) ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร

UV_3 = UV 4 หลอด (ด้านบน 2 หลอด และด้านล่าง 2 หลอด) ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร

UV_4 = UV 8 หลอด (ด้านบน 4 หลอด และด้านล่าง 4 หลอด) ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร

ตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นสดผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มต่างๆ เป็นเวลา 0, 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 วินาที ตัวอย่างที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตจะถูกนำมาตรวจวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE (L* a* b*) (colorimeter: Tri-stimulus colorimeter, Japan) และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (water activity meter: Aqualab 3TE, U.S.A.) สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก (AOAC, 1995) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) (pH meter, metrohm 744) และทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (total viable count) และปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold count) โดยอาศัยการจัดการสิ่งทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design) ทำการทดลองทั้งสิ้น 3 ซ้ำ มีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS)

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

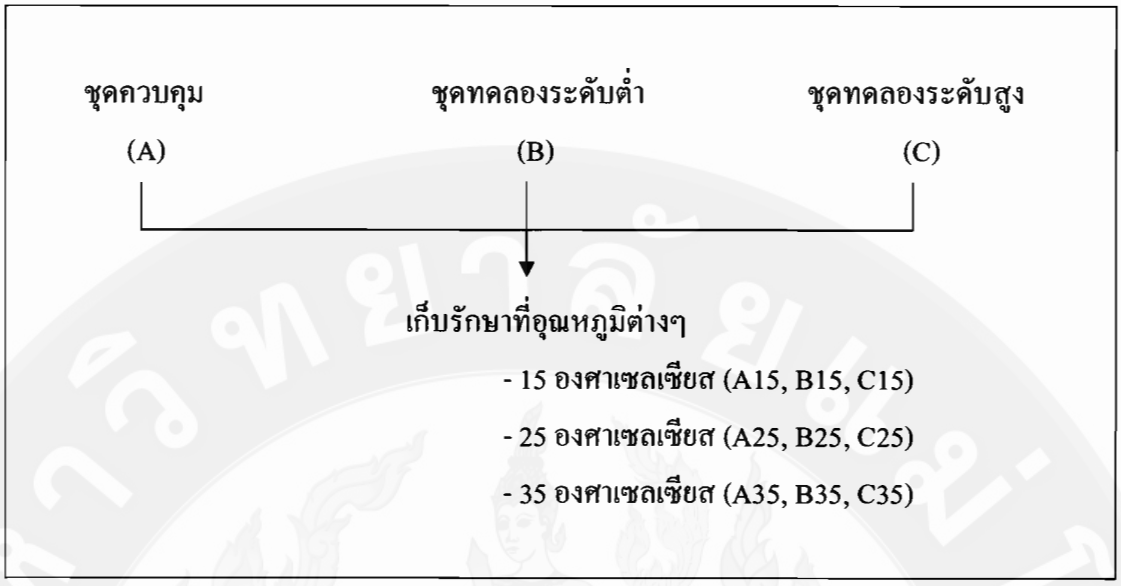
จากสภาวะที่ดีที่สุดในการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ได้จากตอนที่ 2 คือ การฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระยะห่างระหว่างก๋วยเตี๋ยวเส้นสดและหลอดไฟ 10 เซนติเมตร เป็นระยะเวลา 120 วินาที ได้นำมาใช้ในการศึกษาขั้นตอนนี้เปรียบเทียบกับก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงานและไม่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต (ชุดควบคุม) โดยศึกษาปัจจัยด้านอุณหภูมิการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด โดยผันแปรระดับความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตที่ 2 ระดับ คือ ระดับสูง และระดับต่ำ ดังนั้น ตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ศึกษามีดังนี้

A คือ ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงานที่ไม่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต (ชุดควบคุม)

B คือ ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงานที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ในระดับต่ำ (ชุดทดลอง) หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต 4 หลอด ที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ระยะเวลา 120 วินาที

C คือ ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีของโรงงานที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ในระดับสูง (ชุดทดลอง) หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต 8 หลอด ที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ระยะเวลา 120 วินาที

ตัวอย่างทั้งหมดจะถูกเก็บรักษาโดยการห่อด้วยพลาสติกชนิดโพลิเอทธิลีนในรูปแบบเดียวกับที่ใช้ในโรงงาน ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ดังภาพ 6 ตัวอย่างที่ได้จะถูกสุ่มเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE (L* a* b*) (colorimeter: Tri-stimulus colorimeter, Japan) และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (water activity meter: Aqualab 3TE, U.S.A.) สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก (AOAC, 1995) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) (pH meter, metrohm 744) และทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (total viable count) และปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold count) จนกระทั่งก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเกิดการเสื่อมเสีย โดยอาศัยการจัดการสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล in CRD มีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS) นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ Texture profile analysis (TPA) (ภาคผนวก ง) และการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาจากผู้ประกอบการ



ภาพ 6 แผนผังการศึกษาอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด (ตาราง 3) พบว่าประกอบด้วยปริมาณความชื้นร้อยละ 64.22 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.15 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.16 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.82 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 34.32 จะเห็นว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 64 ซึ่งง่ายต่อการเสื่อมเสียโดยเฉพาะเนื่องจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ สำหรับไขมันที่พบนั้นส่วนหนึ่งจะมาจากน้ำมันที่ใช้ในการหล่อลื่นก๋วยเตี๋ยวไม่ให้ติดกับอุปกรณ์การผลิต ส่วนปริมาณโปรตีนนั้นจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสายพันธุ์ข้าวที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต (ฉวีวรรณ และ ภริตา, 2546)

ตาราง 3 องค์ประกอบพื้นฐานทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

องค์ประกอบพื้นฐานทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	64.22 ± 0.78
เถ้า	0.15 ± 0.00
โปรตีน	0.16 ± 0.03
ไขมัน	0.82 ± 0.11
คาร์โบไฮเดรต	34.32 ± 1.36

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

การศึกษาผลของความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต และระยะเวลาที่เหมาะสม ที่มีต่อคุณภาพก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

ในการศึกษาผลของระดับความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต (จำนวนหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต 4 และ 8 หลอด ระยะห่าง 10 และ 15 เซนติเมตร) และระยะเวลาในการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตต่อก๋วยเตี๋ยวเส้นสดได้กำหนดระยะเวลาสูงสุดที่ 120 วินาที เพื่อหลีกเลี่ยงจากเปลี่ยนแปลงสีของก๋วยเตี๋ยวเนื่องจากการให้รังสีนานเกินไป พบว่า ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 64 (ตาราง 4) และปริมาณน้ำอิสระ 0.988 (ตาราง 5) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu *et al.* (2008) ที่พบว่า ปริมาณของน้ำอิสระของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดอยู่ในช่วง 0.97-0.98

ระยะเวลาการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมีปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระสูง จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเสื่อมเสียได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับสุมณฑา (2545) ที่พบว่าปริมาณน้ำอิสระที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.90

Li *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณน้ำอิสระ และการฉายรังสีที่มีต่ออายุการเก็บรักษาของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด โดยทำการเติมกลีเซอรีน 3%, โพรพิลีนไกลคอล 2%, สารประกอบฟอสเฟต 0.4% และเกลือ 3% ลงในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นสด พบว่าปริมาณน้ำอิสระของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมีค่าเท่ากับ 0.900 ซึ่งลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับก๋วยเตี๋ยวเส้นสดชุดควบคุมที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.979

Adams and Moss (2000) กล่าวว่า โดยทั่วไปแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีปริมาณน้ำอิสระสูงกว่า 0.91 ขณะที่ยีสต์และราสามารถเจริญเติบโตได้เมื่อมีปริมาณน้ำอิสระในช่วง 0.85-0.90 จากการทดลองโดยเติมสารเคมีลงในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเพื่อลดปริมาณน้ำอิสระนั้น จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบของแบคทีเรียได้ทั้งหมดและและราได้เพียงบางส่วน ดังนั้นหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานยิ่งขึ้นควรใช้วิธีการลดค่าปริมาณของน้ำร่วมกับวิธีการอื่นๆ อาทิเช่น การฉายรังสี

ตาราง 4 ปริมาณความชื้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการฉายรังสี (วินาที)	ระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต				ผลของระยะเวลาการฉายรังสีโดยเฉลี่ย[ns]
	UV_1	UV_2	UV_3	UV_4	
0	64.50 ± 0.25	63.34 ± 0.11	64.83 ± 0.09	64.26 ± 0.71	64.23 ± 0.66
20	64.08 ± 0.60	64.28 ± 0.60	64.37 ± 1.18	63.69 ± 0.98	64.10 ± 0.80
40	64.35 ± 0.60	64.14 ± 0.77	64.07 ± 0.63	63.84 ± 0.78	64.10 ± 0.62
60	64.12 ± 0.74	64.25 ± 0.42	63.84 ± 1.03	64.16 ± 0.96	64.09 ± 0.72
80	64.25 ± 0.42	64.05 ± 0.82	63.66 ± 0.94	63.81 ± 0.97	63.94 ± 0.74
100	64.08 ± 0.80	63.99 ± 0.74	64.02 ± 0.85	63.85 ± 1.07	63.98 ± 0.75
120	64.19 ± 0.53	64.31 ± 0.75	63.94 ± 0.81	63.68 ± 1.16	64.03 ± 0.76
ผลของระดับความเข้มของรังสี UV โดยเฉลี่ย[ns]	64.22 ± 0.51	64.05 ± 0.62	64.10 ± 0.80	63.90 ± 0.83	64.07 ± 0.70

หมายเหตุ
- UV_1 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร, UV_2 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร
- UV_3 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร, UV_4 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตาราง 5 ปริมาณน้ำอิสระของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการฉายรังสี (วินาที)	ระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต				ผลของระยะเวลาการฉายรังสีโดยเฉลี่ย
	UV_1	UV_2	UV_3	UV_4	
0	0.987 ± 0.00	0.988 ± 0.00	0.986 ± 0.00	0.987 ± 0.00	0.987 ± 0.00^{bc}
20	0.987 ± 0.00	0.987 ± 0.00	0.986 ± 0.00	0.987 ± 0.00	0.987 ± 0.00^{c}
40	0.989 ± 0.00	0.987 ± 0.00	0.988 ± 0.00	0.987 ± 0.00	0.988 ± 0.00^{ab}
60	0.988 ± 0.00	0.988 ± 0.00	0.988 ± 0.00	0.988 ± 0.00	0.988 ± 0.00^{ab}
80	0.988 ± 0.00	0.988 ± 0.00	0.988 ± 0.00	0.988 ± 0.00	0.988 ± 0.00^{a}
100	0.988 ± 0.00	0.988 ± 0.00	0.987 ± 0.00	0.989 ± 0.00	0.988 ± 0.00^{ab}
120	0.987 ± 0.00	0.988 ± 0.00	0.987 ± 0.00	0.989 ± 0.00	0.988 ± 0.00^{abc}
ผลของระดับความเข้มของรังสี UV โดยเฉลี่ย	0.988 ± 0.00^{xy}	0.988 ± 0.00^{x}	0.987 ± 0.00^{y}	0.988 ± 0.00^{xy}	0.988 ± 0.00

หมายเหตุ
- UV_1 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร, UV_2 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร
- UV_3 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร, UV_4 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร
- $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- $^{x-y}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)

จากตาราง 6 และ 7 ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเป็นมีความเป็นกรดเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 5.2-6.1 สอดคล้องกับผลการทดลองของ Li *et al.* (2011) พบว่าเมื่อก๋วยเตี๋ยวเส้นสดชุดควบคุม และชุดทดลองที่ผ่านการเติมสารเคมีในการผลิตที่ไม่ผ่านการฉายรังสีแกรมมามีค่าความเป็นกรด-เบส 6.21 และ 6.48 ตามลำดับ ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านการเติมสารเคมีในกรรมวิธีการผลิตและผ่านการฉายรังสีแกรมมา 2-8 กิโลเกรย์ (kGy) มีค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 6.41-6.45 การเสื่อมเสียของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมาจากการหมักเป็นสาเหตุสำคัญ การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-เบสของอาหารเป็นผลเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอาหารที่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน จุลินทรีย์จะย่อยคาร์โบไฮเดรตและผลิตกรดออกมา ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-เบสลดลง

ระยะเวลาการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติกของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีค่าสูงกว่าชุดที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเล็กน้อย

ตาราง 6 ค่าความเป็นกรด-เบสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการฉายรังสี (วินาที)	ระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต				ผลของระยะเวลาการฉายรังสีโดยเฉลี่ย^{ns}
	UV_1	UV_2	UV_3	UV_4	
0	5.2 ± 0.06	6.1± 0.06	6.0 ± 0.06	6.0 ± 0.15	5.8 ± 0.38
20	5.6 ± 0.67	5.7 ± 0.45	5.9 ± 0.26	5.9 ± 0.42	5.8 ± 0.42
40	5.8 ± 0.40	5.7 ± 0.15	5.9 ± 0.26	5.9 ± 0.45	5.8 ± 0.30
60	5.8 ± 0.51	5.8 ± 0.26	5.9 ± 0.25	5.9 ± 0.30	5.8 ± 0.30
80	5.8 ± 0.45	5.8 ± 0.30	5.9 ± 0.35	5.7 ± 0.47	5.8 ± 0.35
100	5.8 ± 0.23	6.0 ± 0.38	5.8 ± 0.40	5.6 ± 0.50	5.8 ± 0.36
120	5.7 ± 0.55	5.9 ± 0.32	5.9 ± 0.32	5.9 ± 0.32	5.8 ± 0.34
ผลของระดับความเข้มของรังสี UV โดยเฉลี่ย^{ns}	5.7 ± 0.43	5.9 ± 0.28	5.9 ± 0.25	5.8 ± 0.34	5.8 ± 0.34

หมายเหตุ
- UV_1 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร, UV_2 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร
- UV_3 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร, UV_4 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตาราง 7 ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก (ร้อยละ) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการฉายรังสี (วินาที)	ระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต				ผลของระยะเวลาการฉายรังสีโดยเฉลี่ย
	UV_1	UV_2	UV_3	UV_4	
0	0.36 ± 0.22	0.34 ± 0.11	0.39 ± 0.15	0.37 ± 0.15	0.37 ± 0.14[a]
20	0.28 ± 0.14	0.24 ± 0.06	0.21 ± 0.09	0.26 ± 0.13	0.25 ± 0.10[b]
40	0.27 ± 0.04	0.32 ± 0.12	0.23 ± 0.08	0.23 ± 0.07	0.26 ± 0.08[b]
60	0.22 ± 0.04	0.27 ± 0.08	0.26 ± 0.02	0.24 ± 0.07	0.25 ± 0.06[b]
80	0.24 ± 0.06	0.24 ± 0.04	0.25 ± 0.03	0.22 ± 0.04	0.24 ± 0.04[b]
100	0.27 ± 0.08	0.20 ± 0.09	0.23 ± 0.08	0.27 ± 0.07	0.24 ± 0.08[b]
120	0.25 ± 0.05	0.30 ± 0.12	0.21 ± 0.04	0.23 ± 0.07	0.25 ± 0.08[b]
ผลของระดับความเข้มของรังสี UV โดยเฉลี่ย[ns]	0.27 ± 0.10	0.27 ± 0.09	0.26 ± 0.09	0.26 ± 0.09	0.26 ± 0.09

หมายเหตุ
- UV_1 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร, UV_2 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร
- UV_3 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร, UV_4 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
- [a-b] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p\leq0.05$)

ในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด ได้วัดค่าสีในระบบ CIE ที่ประกอบด้วยค่า L* a* และ b* โดยค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0-100 โดยที่ 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว ค่า +a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง ค่า -a* หมายถึง ค่าความเป็นสีเขียว ส่วนค่า +b* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง และค่า -b* หมายถึง ค่าความเป็นสีน้ำเงิน ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดส่วนใหญ่มีความเงาใส (Fu, 2008) ซึ่งจากการวัดค่าสีของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ไม่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต พบว่า มีค่าความสว่างของสี (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 78.23, 2.05 และ 3.19 ตามลำดับ ความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตและระยะเวลาการผ่านรังสีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระยะเวลาต่างๆ มีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 76.67-79.80 (ตาราง 8) ค่าความเป็นสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 0.77-3.25 (ตาราง 9) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 2.55-3.62 (ตาราง 10) โดยสีของก๋วยเตี๋ยวเป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนของข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต หากก๋วยเตี๋ยวเป็นผลผลิตจากข้าวสายพันธุ์ที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำกว่าก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากข้าวสายพันธุ์ที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ ซึ่งสีเหลืองคล้ำ เกิดจากปฏิกิริยา non-enzymatic browning นอกจากนี้ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดจะมีสีเหลืองมากขึ้น หากน้ำที่ใช้ในการผลิตมีคุณสมบัติเป็นด่าง

ตาราง 8 ค่าความสว่าง (L*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการฉายรังสี (วินาที)	ระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต				ผลของระยะเวลาการฉายรังสีโดยเฉลี่ย[ns]
	UV_1	UV_2	UV_3	UV_4	
0	79.66 ± 0.81	78.36 ± 0.90	76.67 ± 0.74	78.23 ± 0.15	78.23 ± 1.41
20	78.77 ± 1.86	78.11 ± 1.18	78.43 ± 1.28	79.80 ± 1.50	78.77 ± 1.42
40	77.62 ± 1.87	78.59 ± 2.07	78.26 ± 2.31	79.31 ± 1.62	78.44 ± 1.81
60	77.94 ± 1.81	78.68 ± 1.04	78.93 ± 1.11	78.63 ± 1.16	78.55 ± 1.19
80	78.14 ± 2.27	78.60 ± 1.94	78.06 ± 1.80	78.86 ± 0.71	78.42 ± 1.56
100	77.93 ± 2.10	78.46 ± 0.43	77.66 ± 0.45	78.69 ± 0.79	78.19 ± 1.08
120	78.15 ± 2.20	77.79 ± 1.66	77.81 ± 0.37	78.85 ± 2.00	78.15 ± 1.52
ผลของระดับความเข้มของรังสี UV โดยเฉลี่ย[ns]	78.32 ± 1.72	78.37 ± 1.23	77.98 ± 1.30	78.91 ± 1.26	78.39 ± 1.41

หมายเหตุ
- UV_1 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร, UV_2 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร
- UV_3 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร, UV_4 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตาราง 9 ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการฉายรังสี (วินาที)	ระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต				ผลของระยะเวลาการฉายรังสีโดยเฉลี่ย^{ns}
	UV_1	UV_2	UV_3	UV_4	
0	0.77 ± 0.23	3.16 ± 0.71	2.21 ± 0.66	2.05 ± 1.20	2.05 ± 1.11
20	2.07 ± 1.17	2.84 ± 1.22	2.57 ± 1.21	1.97 ± 2.21	2.36 ± 1.35
40	2.18 ± 1.70	2.88 ± 1.39	1.74 ± 2.49	2.36 ± 1.38	2.29 ± 1.59
60	2.96 ± 1.32	2.36 ± 1.67	1.68 ± 1.74	2.98 ± 0.44	2.50 ± 1.31
80	2.62 ± 0.75	2.41 ± 1.22	2.58 ± 2.02	2.97 ± 1.37	2.65 ± 1.23
100	1.97 ± 2.42	1.96 ± 0.71	2.63 ± 0.95	3.00 ± 0.89	2.39 ± 1.30
120	2.25 ± 1.72	2.83 ± 1.26	3.25 ± 0.38	2.41 ± 1.14	2.68 ± 1.12
ผลของระดับความเข้มของรังสี UV โดยเฉลี่ย^{ns}	2.12 ± 0.40	2.63 ± 1.08	2.38 ± 1.38	2.53 ± 1.19	2.42 ± 1.27

หมายเหตุ
- UV_1 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร, UV_2 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร
- UV_3 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร, UV_4 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตาราง 10 ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการฉายรังสี (วินาที)	ระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต				ผลของระยะเวลาการฉายรังสีโดยเฉลี่ย[ns]
	UV_1	UV_2	UV_3	UV_4	
0	3.62 ± 0.45	3.39 ± 0.79	2.55 ± 0.62	3.19 ± 0.56	3.19 ± 0.67
20	3.46 ± 0.84	2.80 ± 0.49	3.50 ± 1.06	3.28 ± 1.35	3.26 ± 0.89
40	3.12 ± 0.64	2.86 ± 0.51	3.30 ± 1.68	2.98 ± 1.12	3.07 ± 0.95
60	2.84 ± 0.81	3.13 ± 0.63	3.37 ± 1.24	3.22 ± 0.97	3.14 ± 0.83
80	2.89 ± 0.78	3.27 ± 0.29	3.27 ± 0.38	3.39 ± 0.39	3.20 ± 0.71
100	3.03 ± 0.83	3.16 ± 0.89	2.55 ± 0.59	3.35 ± 1.11	3.02 ± 0.81
120	2.90 ± 0.55	2.86 ± 0.57	2.75 ± 0.56	3.34 ± 0.92	2.96 ± 0.61
ผลของระดับความเข้มของรังสี UV โดยเฉลี่ย[ns]	3.12 ± 0.66	3.07 ± 0.69	3.04 ± 0.91	3.25 ± 0.82	3.12 ± 0.77

หมายเหตุ
- UV_1 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร, UV_2 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร
- UV_3 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร, UV_4 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดโดยเฉลี่ยมีค่า $3.2x10^2$ cfu/g ปริมาณยีสต์และราเริ่มต้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดอยู่ในช่วง $2.0x10^2$-$7.9x10^3$ cfu/g เนื่องจากเส้นก๋วยเตี๋ยวสดมีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระที่สูงเหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และอาจเกิดการปนเปื้อนของอุปกรณ์ในระหว่างกระบวนการผลิต รวมถึงพนักงานที่เกี่ยวข้อง

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต และเพิ่มระยะเวลาในการฉายรังสีส่งผลประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gomez *et al.* (2010) ศึกษาผลของระดับรังสีอัลตราไวโอเลต (UVC) ที่มีต่อคุณภาพของแอปเปิ้ลตัดแต่ง พบว่า รังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้ม 1.1 kJ/m^2 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Listeria innocua* ATCC 33090, *Saccharomyces cerevisiac* KE 162 และ *Escherichia coli* ATCC 11229 ได้ 0.57, 0.60 และ 0.95 log cycles ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต 11.2 kJ/m^2 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 1.9, 1.2 และ 1.0 log cycles ตามลำดับ

พบว่าเมื่อใช้สภาวะความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตและระยะเวลามากที่สุด (UV 8 หลอด ระยะห่าง 10 เซนติเมตร และระยะเวลา 120 วินาที) จะพบการลดลงที่ดีที่สุดของจำนวนแบคทีเรีย ยีสต์และราคือประมาณ 2.15 และ 1.76 log cycles ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตาราง 11 และ 12 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตได้ทำลายโครงสร้างผนังเซลล์ภายนอกและเข้าสู่ DNA ของเซลล์จุลินทรีย์ เกิดการดัดแปลงโครงสร้าง DNA ทำให้เกิดการผิดพลาดในการแปรสัญญาณรหัสพันธุกรรมและเซลล์ตายในที่สุด (เนตรนภิส, 2546) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bhat *et al.* (2011) ที่พบว่ารังสีอัลตราไวโอเลตมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมากกว่ายีสต์และราในน้ำผลไม้ อย่างไรก็ตามอาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างและผนังเซลล์ของยีสต์และรามีความหนามากกว่าแบคทีเรีย ทำให้มีความต้านทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลตสูงกว่า

ตาราง 11 การลดลงของปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (log cycles) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการฉายรังสี (วินาที)	ระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต				ผลของระยะเวลาการฉายรังสีโดยเฉลี่ย
	UV_1	UV_2	UV_3	UV_4	
20	0.29 ± 0.15	0.94 ± 1.20	0.10 ± 0.18	0.11 ± 0.12	0.36 ± 0.64^{c}
40	0.52 ± 0.38	1.19 ± 0.97	0.16 ± 0.20	0.33 ± 0.34	0.55 ± 0.63^{bc}
60	0.31 ± 0.10	1.41 ± 0.80	0.37 ± 0.15	0.29 ± 0.28	0.60 ± 0.62^{bc}
80	0.33 ± 0.46	1.25 ± 0.91	0.40 ± 0.10	0.57 ± 0.31	0.66 ± 0.60^{bc}
100	1.02 ± 0.65	1.73 ± 0.50	0.54 ± 0.23	0.42 ± 0.20	0.93 ± 0.66^{ab}
120	1.20 ± 1.20	2.15 ± 0.50	0.70 ± 0.37	1.24 ± 0.93	1.33 ± 0.89^{a}
ผลของระดับความเข้มของรังสี UV โดยเฉลี่ย	0.63 ± 0.64^{y}	1.45 ± 0.82^{x}	0.38 ± 0.28^{y}	0.50 ± 0.53^{y}	0.74 ± 0.73

หมายเหตุ
- UV_1 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร, UV_2 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร
- UV_3 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร, UV_4 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร
- $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- $^{x-y}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)

ตาราง 12 ปริมาณยีสต์และรา (log cycles) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการฉายรังสี (วินาที)	ระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต				ผลของระยะเวลาการฉายรังสีโดยเฉลี่ย
	UV_1	UV_2	UV_3	UV_4	
20	0.40 ± 0.56	0.38 ± 0.55	0.60 ± 0.52	0.58 ± 0.71	0.49 ± 0.51^{b}
40	0.47 ± 0.58	0.53 ± 0.57	1.13 ± 0.00	0.88 ± 1.06	0.68 ± 0.68^{ab}
60	0.84 ± 1.09	0.73 ± 0.57	0.68 ± 0.79	0.64 ± 0.64	0.73 ± 0.67^{ab}
80	0.75 ± 0.40	0.93 ± 0.61	0.72 ± 0.84	0.65 ± 0.83	0.77 ± 0.57^{ab}
100	0.85 ± 0.81	1.59 ± 0.71	1.25 ± 1.60	0.70 ± 0.14	1.09 ± 0.90^{ab}
120	1.20 ± 1.10	1.76 ± 1.59	0.90 ± 0.78	1.18 ± 1.65	1.26 ± 1.18^{a}
ผลของระดับความเข้มของรังสี UV โดยเฉลี่ย^{ns}	0.75 ± 0.73	0.98 ± 0.89	0.87 ± 0.83	0.77 ± 0.83	0.84 ± 0.81

หมายเหตุ
- UV_1 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร, UV_2 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 10 เซนติเมตร
- UV_3 = UV 4 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร, UV_4 = UV 8 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดไฟ 15 เซนติเมตร
- $^{a-b}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การศึกษาอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

จากการศึกษาผลของระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต และระยะเวลาที่เหมาะสมต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดในตอนที่ 2 พบว่าระยะห่างของหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตและก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ 10 เซนติเมตร ระยะเวลา 120 วินาที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์สูงสุด โดยไม่ทำให้คุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเปลี่ยนแปลง จึงทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด โดยใช้สภาวะความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (UV 4 หลอด ระยะห่าง 10 เซนติเมตร) และระดับสูง (UV 8 หลอด ระยะห่าง 10 เซนติเมตร) และระยะเวลา 120 วินาที ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเกิดการเสื่อมเสีย โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ผลิตจากโรงงานที่ไม่ผ่านการฉายรังสี จากการประเมินลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้วิจัย (ตาราง 13) พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดได้นานถึง 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดได้ 5 วัน และที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดได้เพียง 3 วัน เท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับ Cai (1998) และ วิภา (2541) ที่พบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสดจะมีอายุการเก็บรักษา 1-2 วันที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดทั้ง 3 ตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่าชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะมีการเสื่อมเสียก่อนชุดทดลองที่ผ่านการฉายรังสีในระดับต่ำและระดับสูงตามลำดับ ปัจจัยหลักที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสด คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษาและการได้รับรังสีอัลตราไวโอเลต การเสื่อมเสียของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นิ่มขึ้น และมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายแป้งของแบคทีเรีย ก่อนพบสปอร์ราบริเวณผิวหน้า และบริเวณรอยพับของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มักพบสปอร์ราที่ผิวของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด ลักษณะสปอร์ราที่ปรากฏในช่วงแรกมักเป็นสปอร์สีขาว แล้วจึงพัฒนาเป็นสีเขียวหรือเหลือง ส่วนก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จะมีลักษณะแข็งกระด้าง เปราะ หักง่าย

ตาราง 13 การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ จนกระทั่งเกิดการเสื่อมเสีย

ทรีทเมนต์	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)							
		0	1	2	3	4	5	6	7
ชุดควบคุม	15	/	/	/	/	/	/	/	/
	25	/	/	/	O	X , O			
	35	/	/	X	X , O				
UV ระดับต่ำ	15	/	/	/	/	/	/	/	/
	25	/	/	/	/	/	X , O		
	35	/	/	/	X	X , O			
UV ระดับสูง	15	/	/	/	/	/	/	/	/
	25	/	/	/	/	/	/	O	
	35	/	/	/	/	X , O	X , O		

จากการศึกษาพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นร้อยละ 62.57-64.77 ($p \leq 0.05$) ดังตาราง 14 มีความเงาใส แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นก็จะเกิดรีโทรเกรเดชันมากขึ้น และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาปริมาณความชื้นไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งปริมาณความชื้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ลดลง เกิดจากการสูญเสียความชื้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (ดรุณี และคณะ, 2551 อ้างโดย ศรัลยภัคร์, 2551) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ตลอดอายุการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 0.99 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมีปริมาณน้ำอิสระที่สูง เป็นปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu *et al.* (2008) ที่พบว่า ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นมาก เนื่องจากมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำในปริมาณสูง และปริมาณของน้ำอิสระของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดอยู่ในช่วง 0.97-0.98

ตาราง 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	64.14 ± 0.37	63.97 ± 0.66	64.03 ± 0.68	64.36 ± 0.49	64.33 ± 0.29	64.37 ± 0.18	64.30 ± 0.23	64.60 ± 0.46	64.30 ± 0.42
	25	64.48 ± 0.48	64.56 ± 0.27	63.53 ± 1.47	63.76 ± 0.22	64.06 ± 0.15				64.08 ± 0.73
	35	64.67 ± 0.21	64.77 ± 0.39	63.62 ± 2.15	63.65 ± 0.40					64.17 ± 1.11
	ค่าเฉลี่ย	64.43 ± 0.40	64.43 ± 0.54	63.82 ± 1.40	63.92 ± 0.47	64.20 ± 0.25	64.37 ± 0.18	64.30 ± 0.23	64.60 ± 0.46	64.20 ± 0.71
UV ระดับต่ำ	15	64.39 ± 0.30	64.34 ± 0.47	63.81 ± 0.80	63.95 ± 0.46	64.30 ± 0.05	64.13 ± 0.25	64.07 ± 0.44	64.57 ± 0.17	64.19 ± 0.43
	25	64.06 ± 0.55	64.20 ± 0.24	63.74 ± 0.76	63.80 ± 0.35	64.27 ± 0.34	64.32 ± 0.33			64.06 ± 0.45
	35	64.43 ± 0.11	64.07 ± 0.38	62.57 ± 2.80	63.79 ± 0.24	64.29 ± 0.20				63.83 ± 1.28
	ค่าเฉลี่ย	64.29 ± 0.36	64.20 ± 0.34	63.37 ± 1.62	63.84 ± 0.32	64.29 ± 0.20	64.23 ± 0.28	64.07 ± 0.44	64.57 ± 0.17	64.06 ± 0.75
UV ระดับสูง	15	64.29 ± 0.20	64.20 ± 0.34	63.75 ± 1.04	63.99 ± 0.67	64.21 ± 0.28	64.37 ± 0.09	63.77 ± 0.77	64.34 ± 0.06	64.12 ± 0.51
	25	64.41 ± 0.33	64.41 ± 0.52	63.34 ± 1.02	64.06 ± 0.19	64.17 ± 0.09	64.25 ± 0.16	64.26 ± 0.32		64.13 ± 0.53
	35	64.07 ± 0.16	63.93 ± 0.28	63.27 ± 1.57	63.46 ± 0.26	64.13 ± 0.24	64.28 ± 0.13			63.86 ± 0.68
	ค่าเฉลี่ย	64.26 ± 0.26	64.18 ± 0.40	63.45 ± 1.09	63.84 ± 0.47	64.17 ± 0.19	64.30 ± 0.12	64.02 ± 0.59	64.34 ± 0.06	64.05 ± 0.57

ตาราง 14 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของ	15	64.27 ± 0.28	64.17 ± 0.47	63.96 ± 0.78	64.10 ± 0.51	64.28 ± 0.21	64.29 ± 0.20	64.05 ± 0.51	64.50 ± 0.28	64.20 ± 0.45[a]
ระยะเวลา	25	64.32 ± 0.45	64.39 ± 0.35	63.54 ± 0.99	63.87 ± 0.27	64.17 ± 0.21	64.29 ± 0.24	64.26 ± 0.32		64.09 ± 0.56[ab]
การเก็บ	35	64.39 ± 0.30	64.25 ± 0.49	63.15 ± 1.99	63.63 ± 0.30	64.21 ± 0.21	64.28 ± 0.13			63.93 ± 1.01[b]
รักษา โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	64.33 ± 0.34[xy]	64.27 ± 0.43[xy]	63.55 ± 1.35[z]	63.87 ± 0.41y[z]	64.22 ± 0.21[xy]	64.28 ± 0.19[xy]	64.10 ± 0.47[xy]	64.50 ± 0.28[x]	64.10 ± 0.68

หมายเหตุ
- [a-b] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [x-z] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ระดับการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-เบสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด ($p>0.05$) (ตาราง 15) ค่าความเป็นกรด-เบสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดชุดควบคุมและชุดทดลองที่ทำการเก็บรักษาใน 3 อุณหภูมิ อยู่ในช่วง 4.9-5.3 ตลอดอายุการเก็บรักษา ($p>0.05$) อาหารทั่วไปมีค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ในช่วง 6.5-7.5 ยีสต์และราส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 5 (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2547) และที่ค่าความเป็นกรด-เบสในช่วง 5.0-6.0 เป็นช่วงที่แล็กติกแอซิดแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีที่สุด (สุมณฑา, 2545)

ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติกของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ระดับการฉายรังสีและอุณหภูมิในการเก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (ตาราง 16) โดยมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติกอยู่ในช่วง 0.27-0.43 ซึ่งปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติกนี้จะแปรผกผันกับค่าความเป็นกรด-เบส คือ ความเป็นกรด-เบสมีค่าลดลง ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาเดียวกัน ($p>0.05$) โดยตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติกสูงกว่าชุดที่ผ่านการฉายรังสี (ตาราง 16) ทั้งนี้คาดว่ารังสีสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดได้บางส่วน ($p>0.05$) และที่อุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติกของทุกตัวอย่างมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สนับสนุนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สร้างกรด (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Li *et al.* (2011) ที่พบว่าหลังทำการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการฉายรังสีแกมมา มีค่าความเป็นกรด-เบสลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยชุดทดลองที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะมีการลดลงของค่าความเป็นกรด-เบสมากกว่าชุดที่ผ่านการฉายรังสีเล็กน้อย

ตาราง 15 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ชุดควบคุม	15	5.0 ± 0.06	5.0 ± 0.00	4.9 ± 0.12	4.9 ± 0.06	5.2 ± 0.26	5.0 ± 0.12	5.2 ± 0.17	5.2 ± 0.26	5.1 ± 0.18
	25	5.2 ± 0.25	5.1 ± 0.00	5.0 ± 0.10	4.9 ± 0.06	5.2 ± 0.23				5.1 ± 0.19
	35	5.0 ± 0.06	5.0 ± 0.06	5.0 ± 0.06	5.1 ± 0.21					5.0 ± 0.10
	ค่าเฉลี่ย	5.1 ± 0.18	5.0 ± 0.05	5.0 ± 0.09	5.0 ± 0.13	5.2 ± 0.22	5.0 ± 0.12	5.2 ± 0.17	5.2 ± 0.26	5.0 ± 0.16
UV ระดับต่ำ	15	5.0 ± 0.10	5.1 ± 0.17	5.0 ± 0.15	5.0 ± 0.15	5.1 ± 0.06	5.0 ± 0.06	5.2 ± 0.30	5.2 ± 0.26	5.1 ± 0.17
	25	5.2 ± 0.21	5.1 ± 0.15	5.0 ± 0.17	5.0 ± 0.15	5.3 ± 0.29	5.2 ± 0.36			5.1 ± 0.22
	35	5.0 ± 0.10	5.1 ± 0.12	5.0 ± 0.15	5.1 ± 0.15	5.2 ± 0.32				5.1 ± 0.18
	ค่าเฉลี่ย	5.1 ± 0.15	5.1 ± 0.13	5.0 ± 0.14	5.1 ± 0.14	5.2 ± 0.24	5.1 ± 0.25	5.2 ± 0.30	5.2 ± 0.26	5.1 ± 0.19
UV ระดับสูง	15	5.0 ± 0.00	5.0 ± 0.15	5.0 ± 0.15	5.1 ± 0.06	5.1 ± 0.00	5.0 ± 0.06	5.3 ± 0.31	5.2 ± 1.73	5.1 ± 0.15
	25	5.3 ± 0.26	5.1 ± 0.15	5.1 ± 0.12	5.1 ± 0.12	5.1 ± 0.06	5.2 ± 0.32	5.2 ± 0.21		5.1 ± 0.19
	35	5.0 ± 0.06	5.1 ± 0.15	5.0 ± 0.12	5.1 ± 0.10	5.0 ± 0.15	5.1 ± 0.17			5.1 ± 0.12
	ค่าเฉลี่ย	5.1 ± 0.20	5.1 ± 0.14	5.0 ± 0.11	5.1 ± 0.08	5.1 ± 0.09	5.1 ± 0.20	5.2 ± 0.24	5.2 ± 1.73	5.1 ± 0.16

ตาราง 15 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ผลของ	15	5.0 ± 0.06	5.0 ± 0.12	5.0 ± 0.13	5.0 ± 0.11	5.1 ± 0.15	5.0 ± 0.08	5.2 ± 0.23	5.2 ± 0.21	5.1 ± 0.16
ระยะเวลา	25	5.2 ± 0.22	5.1 ± 0.11	5.0 ± 0.12	5.0 ± 0.12	5.2 ± 0.21	5.2 ± 0.31	5.2 ± 0.21		5.1 ± 0.20
การเก็บ	35	5.0 ± 0.07	5.1 ± 0.11	5.0 ± 0.10	5.1 ± 0.14	5.1 ± 0.25	5.1 ± 0.17			5.1 ± 0.14
รักษา	ค่าเฉลี่ย	5.1 ± 0.17^{yz}	5.1 ± 0.11^{yz}	5.0 ± 0.11^{z}	5.0 ± 0.13^{yz}	5.2 ± 0.19^{xy}	5.1 ± 0.21^{xyz}	5.2 ± 0.22^{x}	5.2 ± 0.21^{x}	5.1 ± 0.17
โดยเฉลี่ย										

หมายเหตุ
- $^{x-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 16 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก (ร้อยละ) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ชุดควบคุม	15	0.37 ± 0.02	0.39 ± 0.15	0.39 ± 0.05	0.42 ± 0.10	0.28 ± 0.08	0.34 ± 0.09	0.31 ± 0.07	0.29 ± 0.04	0.35 ± 0.08
	25	0.32 ± 0.15	0.43 ± 0.17	0.37 ± 0.07	0.34 ± 0.03	0.32 ± 0.08				0.36 ± 0.10
	35	0.35 ± 0.02	0.39 ± 0.14	0.37 ± 0.06	0.37 ± 0.06					0.37 ± 0.07
	ค่าเฉลี่ย	0.35 ± 0.08	0.40 ± 0.13	0.38 ± 0.05	0.38 ± 0.07	0.30 ± 0.08	0.34 ± 0.09	0.31 ± 0.07	0.29 ± 0.04	0.36 ± 0.09
UV ระดับต่ำ	15	0.40 ± 0.04	0.35 ± 0.12	0.37 ± 0.10	0.35 ± 0.05	0.32 ± 0.08	0.34 ± 0.03	0.32 ± 0.09	0.27 ± 0.06	0.34 ± 0.07
	25	0.33 ± 0.10	0.35 ± 0.11	0.36 ± 0.06	0.35 ± 0.10	0.31 ± 0.11	0.40 ± 0.24			0.35 ± 0.11
	35	0.35 ± 0.04	0.41 ± 0.10	0.38 ± 0.05	0.31 ± 0.07	0.33 ± 0.09				0.35 ± 0.07
	ค่าเฉลี่ย	0.36 ± 0.07	0.37 ± 0.10	0.37 ± 0.07	0.33 ± 0.07	0.32 ± 0.08	0.37 ± 0.16	0.32 ± 0.09	0.27 ± 0.06	0.35 ± 0.09
UV ระดับสูง	15	0.36 ± 0.03	0.38 ± 0.09	0.38 ± 0.09	0.31 ± 0.09	0.30 ± 0.09	0.31 ± 0.04	0.27 ± 0.06	0.27 ± 0.05	0.32 ± 0.07
	25	0.31 ± 0.13	0.35 ± 0.02	0.34 ± 0.05	0.30 ± 0.08	0.34 ± 0.11	0.35 ± 0.13	0.32 ± 0.09		0.33 ± 0.08
	35	0.40 ± 0.04	0.39 ± 0.09	0.39 ± 0.09	0.30 ± 0.10	0.29 ± 0.07	0.30 ± 0.06			0.34 ± 0.08
	ค่าเฉลี่ย	0.36 ± 0.08	0.37 ± 0.07	0.37 ± 0.07	0.30 ± 0.08	0.31 ± 0.09	0.32 ± 0.08	0.30 ± 0.07	0.27 ± 0.05	0.33 ± 0.08

ตาราง 16 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ผลของ	15	0.34 ± 0.03	0.37 ± 0.11	0.38 ± 0.07	0.36 ± 0.09	0.30 ± 0.08	0.33 ± 0.05	0.30 ± 0.07	0.28 ± 0.04	0.34 ± 0.08
ระยะเวลา	25	0.32 ± 0.11	0.38 ± 0.11	0.36 ± 0.05	0.33 ± 0.07	0.32 ± 0.09	0.37 ± 0.17	0.32 ± 0.09		0.34 ± 0.10
การเก็บ	35	0.37 ± 0.04	0.40 ± 0.10	0.38 ± 0.06	0.33 ± 0.07	0.31 ± 0.07	0.30 ± 0.06			0.35 ± 0.07
รักษา	ค่าเฉลี่ย	0.35 ± 0.07^{xy}	0.38 ± 0.10^{x}	0.37 ± 0.06^{x}	0.34 ± 0.08^{xy}	0.31 ± 0.08^{yz}	0.34 ± 0.11^{xy}	0.30 ± 0.07^{yz}	0.28 ± 0.04^{z}	0.34 ± 0.08
โดยเฉลี่ย										

หมายเหตุ
- $^{x-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ทำการศึกษามีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 69.22-73.32 (ตาราง 17) ค่าความเป็นสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 0.59-2.26 (ตาราง 18) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) (ตาราง 19) อยู่ในช่วง -2.71 - -5.90 ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าการให้รังสีอัลตราไวเลตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ในวันที่ 3 ค่าสี L* ของชุดควบคุมที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส (72.05) มีค่าสูงกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 71.05 และ 70.68 ตามลำดับ ($p\leq0.05$) (ตาราง 17) อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าสี L* ของตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นสด จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือมีความขาวมากขึ้น ($p\leq0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๋วยเตี๋ยวนั้นเกิดรีโทรเกรเดชันเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น การเกิดรีโทรเกรเดชันเป็นปรากฏการณ์โดยทั่วไปของแป้งเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งเม็ดแป้งที่เกิดการเจลาทิไนซ์แล้วนั้นจะปลดปล่อยน้ำบางส่วนออกจากโมเลกุล และเกิดโครงสร้างแบบผลึกของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ส่งผลให้เม็ดแป้งมีสีขาวขุ่นหรือทึบแสงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยเร่งปรากฏการณ์ดังกล่าวให้เกิดเร็วขึ้นได้ (Zobel and Kulp, 1996)

ตาราง 17 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

ทรีทเมนต์	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ชุดควบคุม	15	70.73 ± 0.96	72.00 ± 0.47	71.99 ± 1.02	72.05 ± 0.37	72.68 ± 1.85	72.54 ± 1.07	73.00 ± 1.46	72.92 ± 0.68	72.24 ± 1.15
	25	70.85 ± 2.68	70.33 ± 0.34	70.54 ± 0.78	71.05 ± 0.71	71.18 ± 0.49				70.79 ± 1.16
	35	69.73 ± 0.31	70.71 ± 1.80	69.67 ± 0.13	70.68 ± 0.59					70.20 ± 0.97
	ค่าเฉลี่ย	70.44 ± 1.53	71.01 ± 1.21	70.73 ± 0.12	71.26 ± 0.79	71.93 ± 1.46	72.54 ± 1.07	73.00 ± 1.46	72.92 ± 0.68	71.33 ± 1.41[m]
UV ระดับต่ำ	15	69.65 ± 0.38	70.31 ± 0.42	71.60 ± 0.19	72.30 ± 1.18	72.10 ± 0.37	72.04 ± 0.71	73.32 ± 2.29	73.08 ± 1.31	71.80 ± 1.55
	25	70.18 ± 2.03	69.76 ± 0.47	71.02 ± 0.95	70.53 ± 0.46	70.85 ± 0.26	71.31 ± 0.30			70.61 ± 0.98
	35	69.22 ± 0.96	69.85 ± 0.39	69.81 ± 0.15	70.74 ± 0.70	70.45 ± 0.85				70.02 ± 0.80
	ค่าเฉลี่ย	69.68 ± 1.21	69.97 ± 0.45	70.81 ± 1.10	71.19 ± 1.11	71.13 ± 0.88	71.68 ± 0.63	73.32 ± 2.29	73.08 ± 1.31	70.95 ± 1.42[n]
UV ระดับสูง	15	69.58 ± 0.45	69.98 ± 0.66	71.28 ± 0.98	71.95 ± 1.06	72.29 ± 1.17	71.59 ± 0.26	73.01 ± 2.08	72.98 ± 1.54	71.58 ± 1.56
	25	69.90 ± 1.70	69.61 ± 0.64	71.00 ± 1.14	70.30 ± 0.60	71.82 ± 1.49	71.08 ± 0.47	71.30 ± 0.60		70.71 ± 1.16
	35	69.87 ± 0.07	69.92 ± 0.83	69.81 ± 0.40	70.49 ± 0.85	71.38 ± 0.97	70.71 ± 0.60			70.36 ± 0.82
	ค่าเฉลี่ย	69.78 ± 0.89	69.84 ± 0.64	70.70 ± 1.03	70.91 ± 1.08	71.83 ± 1.14	71.12 ± 0.55	72.16 ± 1.66	72.98 ± 1.54	70.95 ± 1.34[n]

ตาราง 17 (ต่อ)

ทรีทเมนต์	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของ	15	69.99 ± 0.79	70.76 ± 1.04	71.62 ± 0.98	72.10 ± 0.83	72.36 ± 1.14	72.06 ± 0.77	73.11 ± 1.72	72.99 ± 1.07	71.87 ± 1.44^{a}
ระยะเวลา	25	70.31 ± 1.93	69.90 ± 0.55	70.85 ± 0.87	70.62 ± 0.62	71.28 ± 0.90	71.20 ± 0.38	71.30 ± 0.61		70.70 ± 1.08^{b}
การเก็บ	35	69.61 ± 0.59	70.16 ± 1.09	69.77 ± 0.23	70.64 ± 0.63	70.92 ± 0.96	70.71 ± 0.60			70.20 ± 0.85^{c}
รักษา โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	69.97 ± 1.24^{z}	70.27 ± 0.96^{yz}	70.75 ± 1.07^{xy}	71.12 ± 0.97^{vx}	71.59 ± 1.15^{v}	71.54 ± 0.82^{v}	72.66 ± 1.70^{w}	72.99 ± 1.07^{w}	71.06 ± 1.39

หมายเหตุ
- $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- $^{m-n}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- $^{w-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 18 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

ทรีทเมนต์ [ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) [ns]								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	1.39 ± 0.99	2.26 ± 1.44	1.80 ± 0.32	1.09 ± 0.08	2.10 ± 0.85	1.81 ± 0.41	1.22 ± 0.84	1.66 ± 0.30	1.67 ± 0.76
	25	1.38 ± 1.29	1.58 ± 1.74	1.06 ± 0.21	1.14 ± 0.39	1.15 ± 0.89				1.26 ± 0.92
	35	0.66 ± 0.37	1.72 ± 2.10	1.09 ± 0.40	1.35 ± 1.42					1.21 ± 1.17
	ค่าเฉลี่ย	1.14 ± 0.91	1.85 ± 1.57	1.32 ± 0.45	1.20 ± 0.74	1.63 ± 0.94	1.81 ± 0.41	1.22 ± 0.84	1.66 ± 0.30	1.44 ± 0.92
UV ระดับต่ำ	15	0.60 ± 0.11	1.73 ± 1.88	1.63 ± 0.51	1.20 ± 0.32	1.44 ± 0.94	1.29 ± 0.83	1.03 ± 0.82	1.68 ± 0.34	1.33 ± 0.82
	25	1.68 ± 1.50	1.58 ± 1.73	1.21 ± 0.46	1.03 ± 0.10	1.21 ± 0.55	1.55 ± 0.45			1.38 ± 0.87
	35	1.15 ± 0.38	1.67 ± 1.38	0.77 ± 0.32	1.09 ± 0.77	1.18 ± 0.83				1.17 ± 0.76
	ค่าเฉลี่ย	1.14 ± 0.90	1.66 ± 1.45	1.20 ± 0.53	1.11 ± 0.45	1.28 ± 0.69	1.42 ± 0.61	1.03 ± 0.82	1.68 ± 0.34	1.30 ± 0.81
UV ระดับสูง	15	0.67 ± 0.33	1.86 ± 1.37	2.11 ± 0.48	1.48 ± 0.16	2.02 ± 1.23	1.86 ± 0.50	1.18 ± 0.75	1.68 ± 0.40	1.61 ± 0.79
	25	1.38 ± 0.87	1.49 ± 1.45	1.31 ± 0.57	1.86 ± 0.68	1.77 ± 1.24	1.51 ± 0.34	1.25 ± 0.48		1.51 ± 0.77
	35	0.74 ± 0.95	1.27 ± 1.31	0.81 ± 0.42	0.89 ± 0.63	1.10 ± 0.44	0.59 ± 0.14			0.90 ± 0.67
	ค่าเฉลี่ย	0.93 ± 0.74	1.54 ± 1.22	1.41 ± 0.71	1.41 ± 0.63	1.63 ± 0.99	1.32 ± 0.65	1.22 ± 0.56	1.68 ± 0.40	1.37 ± 0.80

ตาราง 18 (ต่อ)

ทรีทเมนต์ [ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน) [ns]								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ผลของ	15	0.89 ± 0.65	1.95 ± 1.39	1.84 ± 0.44	1.26 ± 0.25	1.85 ± 0.94	1.65 ± 0.59	1.14 ± 0.70	1.67 ± 0.31	1.53 ± 0.79[a]
ระยะเวลา	25	1.48 ± 1.09	1.55 ± 1.43	1.19 ± 0.40	1.34 ± 0.55	1.38 ± 0.86	1.53 ± 0.36	1.25 ± 0.48		1.40 ± 0.84[a]
การเก็บ	35	0.85 ± 0.59	1.55 ± 1.43	0.89 ± 0.36	1.11 ± 0.89	1.14 ± 0.59	0.59 ± 0.14			1.07 ± 0.85[b]
รักษา										
โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	1.07 ± 0.83	1.68 ± 1.37	1.31 ± 0.56	1.24 ± 0.60	1.50 ± 0.85	1.43 ± 0.60	1.17 ± 0.63	1.67 ± 0.31	1.37 ± 0.84

หมายเหตุ
- [a-b] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 19 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

ทรีทเมนต์ [ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ชุดควบคุม	15	-4.38 ± 0.12	-4.35 ± 0.61	-3.81 ± 0.31	-3.38 ± 0.29	-3.58 ± 0.63	-3.50 ± 1.22	-3.45 ± 0.41	-3.32 ± 0.76	-3.72 ± 0.67
	25	-5.90 ± 3.40	-4.91 ± 0.45	-4.26 ± 0.43	-4.64 ± 0.44	-4.22 ± 0.55				-4.79 ± 1.48
	35	-4.50 ± 0.05	-4.35 ± 0.10	-4.15 ± 0.30	-4.53 ± 0.35					-4.38 ± 0.26
	ค่าเฉลี่ย	-4.93 ± 1.85	-4.54 ± 0.47	-4.08 ± 0.37	-4.18 ± 0.68	-3.90 ± 0.64	-3.50 ± 1.22	-3.45 ± 0.41	-3.32 ± 0.76	-4.19 ± 1.02
UV ระดับต่ำ	15	-4.58 ± 0.18	-4.93 ± 1.26	-3.43 ± 0.85	-2.98 ± 0.84	-3.34 ± 0.48	-3.16 ± 1.16	-2.54 ± 0.49	-3.29 ± 0.45	-3.53 ± 1.02
	25	-5.29 ± 2.34	-5.03 ± 1.16	-3.98 ± 0.43	-4.44 ± 0.38	-3.96 ± 0.46	-3.76 ± 0.66			-4.41 ± 1.12
	35	-4.70 ± 0.68	-4.88 ± 0.95	-4.18 ± 0.26	-4.22 ± 0.72	-4.42 ± 0.22				-4.48 ± 0.60
	ค่าเฉลี่ย	-4.85 ± 1.27	-4.95 ± 0.98	-3.86 ± 0.60	-3.88 ± 0.90	-3.91 ± 0.59	-3.46 ± 0.90	-2.54 ± 0.49	-3.29 ± 0.45	-4.06 ± 1.05
UV ระดับสูง	15	-4.53 ± 0.11	-4.59 ± 1.65	-3.61 ± 0.48	-3.37 ± 0.43	-3.34 ± 0.07	-3.49 ± 0.92	-2.71 ± 0.11	-2.89 ± 0.77	-3.57 ± 0.91
	25	-5.11 ± 2.29	-4.69 ± 0.87	-4.00 ± 0.33	-4.52 ± 0.30	-3.91 ± 0.59	-3.91 ± 0.77	-3.57 ± 0.75		-4.24 ± 1.02
	35	-4.53 ± 0.27	-4.77 ± 1.03	-3.86 ± 0.87	-3.89 ± 0.61	-3.71 ± 0.34	-3.67 ± 1.15			-4.07 ± 0.79
	ค่าเฉลี่ย	-4.72 ± 1.19	-4.68 ± 1.07	-3.82 ± 0.55	-3.93 ± 0.64	-3.65 ± 0.42	-3.69 ± 0.85	-3.14 ± 0.67	-2.89 ± 0.77	-3.94 ± 0.95

ตาราง 19 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของ	15	-4.50 ± 0.15	-4.62 ± 1.11	-3.62 ± 0.54	-3.24 ± 0.53	-3.42 ± 0.42	-3.38 ± 0.97	-2.90 ± 0.53	-3.17 ± 0.62	-3.61 ± 0.87[a]
ระยะเวลา	25	-5.43 ± 2.39	-4.87 ± 0.77	-4.08 ± 0.37	-4.54 ± 0.34	-4.03 ± 0.48	-3.84 ± 0.65	-3.57 ± 0.75		-4.45 ± 1.19[b]
การเก็บ	35	-4.57 ± 0.38	-4.67 ± 0.74	-4.06 ± 0.50	-4.21 ± 0.57	-4.07 ± 0.47	-3.67 ± 1.15			-4.29 ± 0.64[b]
รักษา โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	-4.83 ± 1.41[z]	-4.72 ± 0.86[z]	-3.92 ± 0.51[y]	-4.00 ± 0.73[y]	-3.81 ± 0.53[y]	-3.58 ± 0.88[xy]	-3.07 ± 0.63[x]	-3.17 ± 0.62[x]	-4.05 ± 1.01

หมายเหตุ
- [a-b] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [x-z] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาจากการทดลองพบว่า ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเริ่มต้นอยู่ในช่วง 2.4-3.49 x10^2 cfu/g ปริมาณยีสต์และราของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเริ่มต้น 2.85-3.60 x10^2 cfu/g

Ghaffar *et al.* (2009) และ Lacroix *et al.* (2004) ได้พิจารณาการเสื่อมเสียของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด โดยกำหนดจุดเริ่มต้นของการเสื่อมเสีย คือปริมาณจุลินทรีย์อยู่ที่ระดับ 10^6 cfu/g

Lopez-Rubira *et al.* (2005) กล่าวว่าจุดวิกฤตสำหรับการเสื่อมเสียของจุลินทรีย์ คือ 10^7 cfu/g สำหรับ mesophilic count และ 10^5 cfu/g สำหรับยีสต์

ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรามีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ชุดควบคุมมีการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดจะสูงขึ้นหลังจากเก็บรักษาวันที่ 2 (ตาราง 20 และ 21) การวิเคราะห์ตัวอย่างจะสิ้นสุดการเก็บรักษาเมื่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าสูงกว่า 10^6 cfu/g ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้วิจัยที่พบว่า ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมักมีลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ อาทิเช่น ปรากฏสปอร์ราที่ผิวของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด กลิ่นเห็นเปรี้ยว หรือลักษณะเนื้อสัมผัสที่นิ่ม เละ

ทั้งนี้เนื่องจากก๋วยเตี๋ยวมีค่าความเป็นกรด-เบสสูง และมีความชื้นสูง จึงเอื้อต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ชุดควบคุมที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตจะมีการเสื่อมเสียเร็วกว่าชุดทดลองที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gomez *et al.* (2010) ทำศึกษาผลของระดับรังสีอัลตราไวโอเลต (UVC) ที่มีต่อคุณภาพของแอปเปิ้ลตัดแต่ง พบว่า แอปเปิ้ลตัดแต่งที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าแอปเปิ้ลตัดแต่งที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต (11.2 kJ/m^2) โดยปริมาณ aerobic mesophilic ของแอปเปิ้ลตัดแต่งที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสีเริ่มต้น 57 และ 0.3 cfu/g ตามลำดับ ปริมาณยีสต์และราของแอปเปิ้ลตัดแต่งที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสีเริ่มต้น 315 และ 5 cfu/g ตามลำดับ เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7 วัน ปริมาณ aerobic mesophilic ของแอปเปิ้ลตัดแต่งที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสี 1073 และ 72 cfu/g ตามลำดับ ปริมาณยีสต์และราของแอปเปิ้ลตัดแต่งที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสี 14,738 และ 407 cfu/g ตามลำดับ Guan *et al.* (2012) รายงานว่า UV-C สามารถลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด 0.63-0.89 log cfu/g ในเห็ดที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้ม 0.45-3.15 kJ/m^2 เมื่อทำการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่อุณหภูมิต่ำ (15 องศาเซลเซียส) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศา

เซลเซียส และการประยุกต์ใช้รังสีอัลตราไวโอเลตสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) Xu *et al.* (2008) รายงานว่า ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในอาหาร ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็วจากจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรีย ยีสต์ และรา หากไม่ได้ทำการเก็บรักษาภายใต้สภาวะการแช่เย็น ดังนั้นในการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดให้มีความปลอดภัยในการบริโภคควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และจะปลอดภัยมากยิ่งขึ้นหากมีการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นก่อน ซึ่งเทคโนโลยีนี้จัดเป็น Hurdle Technology ที่เห็นผลได้กับก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่บริโภคกันในชีวิตประจำวันของผู้บริโภคคนไทย โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดได้นานขึ้น 1-2 วัน

ตาราง 20 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

ทรีทเมนต์	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ชุดควบคุม	15	2.88 ± 0.30	4.15 ± 1.41	4.48 ± 1.07	4.52 ± 2.13	4.92 ± 1.55	5.63 ± 1.21	7.10 ± 0.56	6.72 ± 0.57	5.05 ± 1.68
	25	3.49 ± 0.32	4.52 ± 0.40	5.63 ± 0.55	4.17 ± 0.97	6.39 ± 1.32				5.04 ± 1.14
	35	2.69 ± 0.59	4.53 ± 0.58	5.91 ± 0.61	6.55 ± 0.48					4.92 ± 1.62
	ค่าเฉลี่ย	3.02 ± 0.52	4.40 ± 0.81	5.34 ± 0.94	5.42 ± 1.49	5.66 ± 1.32	5.63 ± 1.21	7.10 ± 0.56	6.72 ± 0.57	5.02 ± 1.50[a]
UV ระดับต่ำ	15	2.87 ± 0.81	3.79 ± 0.82	4.68 ± 0.68	4.13 ± 1.94	4.60 ± 1.84	5.88 ± 0.21	6.38 ± 0.21	5.87 ± 1.23	4.78 ± 1.49
	25	2.79 ± 0.15	3.92 ± 1.00	4.72 ± 0.64	4.70 ± 0.77	5.54 ± 0.99	6.03 ± 0.76			4.62 ± 1.27
	35	2.40 ± 0.36	3.88 ± 0.53	4.84 ± 0.83	5.50 ± 0.88	6.82 ± 0.30				4.69 ± 1.63
	ค่าเฉลี่ย	2.69 ± 0.50	3.86 ± 0.70	4.75 ± 0.63	4.78 ± 1.28	5.66 ± 1.43	5.95 ± 0.50	6.38 ± 0.21	5.87 ± 1.23	4.70 ± 1.43[ab]
UV ระดับสูง	15	2.82 ± 0.75	3.50 ± 0.26	4.56 ± 0.69	4.12 ± 2.07	4.42 ± 1.59	5.88 ± 0.66	5.60 ± 0.31	5.50 ± 0.66	4.55 ± 1.35
	25	2.70 ± 0.17	3.68 ± 0.27	4.61 ± 0.59	4.53 ± 0.64	5.86 ± 0.82	4.92 ± 0.78	5.54 ± 1.06		4.55 ± 1.17
	35	2.67 ± 0.14	3.10 ± 1.03	4.84 ± 0.69	5.25 ± 1.00	6.24 ± 0.30	5.92 ± 1.00			4.67 ± 1.53
	ค่าเฉลี่ย	2.73 ± 0.40	3.43 ± 0.60	4.67 ± 0.58	4.63 ± 1.29	5.51 ± 1.23	5.57 ± 0.87	5.57 ± 0.70	5.50 ± 0.66	4.58 ± 1.33[b]

ตาราง 20 (ต่อ)

ทรีทเมนต์	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ผลของ	15	2.86 ± 0.58	3.82 ± 0.87	4.57 ± 0.73	4.26 ± 1.78	4.65 ± 1.46	5.80 ± 0.71	6.36 ± 0.73	6.03 ± 0.93	4.79 ± 1.51
ระยะเวลา	25	2.99 ± 0.42	4.04 ± 0.67	4.98 ± 0.71	4.80 ± 0.76	5.93 ± 0.79	5.47 ± 0.92	5.54 ± 1.06		4.71 ± 1.19
การเก็บ	35	2.59 ± 0.38	3.84 ± 0.89	5.20 ± 0.82	5.77 ± 0.93	6.53 ± 0.42	5.92 ± 1.00			4.74 ± 1.55
รักษา	ค่าเฉลี่ย	2.81 ± 0.48^{z}	3.90 ± 0.79^{y}	4.92 ± 0.77^{x}	4.94 ± 1.35^{x}	5.60 ± 1.27^{w}	5.71 ± 0.80^{w}	6.15 ± 0.86^{w}	6.03 ± 0.93^{w}	4.75 ± 1.42
โดยเฉลี่ย										

หมายเหตุ
- $^{a-b}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- $^{w-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 21 ปริมาณยีสต์และราที่พบในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

ทรีทเมนต์	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	2.99 ± 0.44	4.57 ± 1.28	4.19 ± 1.14	4.60 ± 0.69	5.50 ± 0.60	5.62 ± 0.22	5.84 ± 0.43	6.01 ± 0.52	4.91 ± 1.16
	25	3.87 ± 0.07	4.62 ± 1.05	5.35 ± 0.98	5.21 ± 0.81	5.43 ± 0.22				4.90 ± 0.87
	35	3.31 ± 0.48	5.12 ± 0.15	5.43 ± 0.83	6.24 ± 0.15					5.02 ± 1.19
	ค่าเฉลี่ย	3.39 ± 0.51	4.77 ± 0.87	4.99 ± 1.05	5.35 ± 0.90	5.47 ± 0.41	5.62 ± 0.22	5.84 ± 0.43	6.01 ± 0.52	4.93 ± 1.07[m]
UV ระดับต่ำ	15	3.15 ± 0.23	3.85 ± 0.59	3.69 ± 0.85	4.09 ± 0.95	4.75 ± 0.50	5.16 ± 0.29	5.33 ± 0.65	5.58 ± 0.55	4.45 ± 0.99
	25	3.51 ± 0.37	4.05 ± 0.98	4.30 ± 1.05	4.85 ± 0.77	5.00 ± 0.32	5.93 ± 0.39			4.61 ± 0.99
	35	2.85 ± 0.17	4.55 ± 0.62	5.16 ± 0.92	5.86 ± 0.33	6.17 ± 0.24				4.92 ± 1.30
	ค่าเฉลี่ย	3.17 ± 0.37	4.15 ± 0.72	4.38 ± 1.04	4.93 ± 0.99	5.31 ± 0.73	5.54 ± 0.52	5.33 ± 0.65	5.58 ± 0.55	4.62 ± 1.08[n]
UV ระดับสูง	15	3.60 ± 0.45	3.39 ± 0.86	3.42 ± 0.93	4.13 ± 0.44	4.80 ± 0.45	4.96 ± 0.54	4.95 ± 0.85	5.14 ± 0.81	4.30 ± 0.92
	25	3.06 ± 0.62	4.18 ± 0.13	4.41 ± 1.17	4.60 ± 0.58	5.33 ± 0.50	5.47 ± 0.66	5.42 ± 0.84		4.64 ± 1.02
	35	2.95 ± 0.81	4.62 ± 0.73	5.04 ± 0.90	5.53 ± 0.11	6.17 ± 0.33	6.00 ± 0.40			5.05 ± 1.23
	ค่าเฉลี่ย	3.20 ± 0.64	4.06 ± 0.78	4.29 ± 1.13	4.75 ± 0.72	5.43 ± 0.71	5.48 ± 0.66	5.19 ± 0.80	5.14 ± 0.81	4.63 ± 1.07[n]

ตาราง 21 (ต่อ)

ทรีทเมนต์	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ผลของ	15	3.25 ± 0.43	3.94 ± 0.97	3.77 ± 0.91	4.27 ± 0.67	5.01 ± 0.58	5.25 ± 0.44	5.37 ± 0.69	5.57 ± 0.67	4.55 ± 1.05^{b}
ระยะเวลา	25	3.48 ± 0.51	4.28 ± 0.77	4.68 ± 1.05	4.89 ± 0.69	5.25 ± 0.37	5.70 ± 0.55	5.42 ± 0.84		4.70 ± 0.96^{b}
การเก็บ	35	3.04 ± 0.52	4.76 ± 0.56	5.21 ± 0.79	5.88 ± 0.36	6.17 ± 0.26	6.00 ± 0.40			5.00 ± 1.22^{a}
รักษา โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	3.25 ± 0.51^{z}	4.33 ± 0.83^{y}	4.55 ± 1.08^{y}	5.01 ± 0.88^{x}	5.39 ± 0.63^{wx}	5.52 ± 0.54^{w}	5.38 ± 0.69^{wx}	5.57 ± 0.67^{w}	4.72 ± 1.08

หมายเหตุ

- $^{a-b}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- $^{m-n}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- $^{w-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

การศึกษาคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส และเครื่องทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส

จากการเปรียบเทียบลักษณะทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด โดยผู้ประกอบการ พบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นที่ได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตมีลักษณะทางประสาทสัมผัสและการยอมรับไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p>0.05$) และพบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาจะมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดทั้ง 3 ตัวอย่าง คือ เมื่อนำมาลวกในน้ำเดือด ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จะมีเนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จะมีความนุ่มมาก และเปื่อยยุ่ย ขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีความนุ่มมากที่สุด และมีลักษณะเป็นที่พึงพอใจสำหรับผู้ประกอบการมากที่สุด

Yadav *et al.* (2011) พบว่า ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เตรียมจากสตาร์ชถั่วแระ ผสมกับสตาร์ชแป้งข้าวในอัตราส่วน 70:30 ทำให้ได้ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่มีคุณภาพที่ดี โดยมีความเงาใส ความลื่น ความสามารถเกาะรวมตัวกัน และการยอมรับรวมดีกว่าการก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เตรียมจากสตาร์ชแป้งข้าวเพียงชนิดเดียว

จากการทดลองวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ไม่ผ่านการลวก และผ่านการลวกในน้ำเดือด เป็นเวลา 7 วินาที ด้วยเครื่องทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analyzer) พบว่า อุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงตัดของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ไม่ผ่านการลวก (ตาราง 22) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตมีค่าแรงตัด (cutting force) ที่สูงกว่าตัวอย่างชุดควบคุมจากโรงงานที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตเล็กน้อย จากตาราง 24 พบว่า อุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง (hardness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ยังไม่ผ่านการลวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ยังไม่ผ่านการลวก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (15 องศาเซลเซียส) มีค่าแรงตัดและค่าความแข็งที่สูงกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าความแข็งของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ยังไม่ผ่านการลวกจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อย่างไรก็ตามระดับการให้รังสีอัลตราไวโอเลตและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่ส่งผลกระทบต่อค่าแรงตัดและความแข็งของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านการลวกแล้ว ($p>0.05$) (ตาราง 23 และ 25) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Huang and Lai (2010) ที่พบว่า เมื่อทำการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดเป็นระยะเวลา 5 วัน ค่าแรงตัดของก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้ง สตาร์ช์ข้าวมีค่าเพิ่ม

สูงขึ้น เนื่องจากการเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ชหลังเกิดการเจลาทิไนเซชั่นแล้ว และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดนานขึ้น เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของอะมิโลเพกตินและอะมิโลส สูญเสียความสามารถในการเก็บกักน้ำ แล้วเกิดเป็นโครงสร้างแบบผลึก ซึ่งมีผลทำให้ความแน่นแข็ง (firmness) หรือความแข็ง (rigidity) เพิ่มขึ้น

ตาราง 22 ค่าแรงตัด (cutting) ของก้วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก

ทรีทเมนต์	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	6.55 ± 0.28	6.08 ± 1.30	6.01 ± 0.78	6.72 ± 1.16	6.48 ± 0.97	6.77 ± 0.81	6.58 ± 1.18	7.39 ± 0.75	6.57 ± 0.89
	25	6.39 ± 0.62	6.37 ± 0.87	5.95 ± 0.44	6.88 ± 0.73	5.77 ± 0.82				6.27 ± 0.72
	35	6.23 ± 0.10	5.80 ± 1.03	5.79 ± 0.96	5.76 ± 0.59					5.79 ± 0.65
	ค่าเฉลี่ย	6.39 ± 0.37	6.09 ± 0.97	5.92 ± 0.66	6.46 ± 0.91	5.87 ± 0.81	6.77 ± 0.81	6.58 ± 1.18	7.39 ± 0.75	6.27 ± 0.84^{n}
UV ระดับต่ำ	15	6.43 ± 0.22	6.03 ± 1.19	6.61 ± 1.21	7.26 ± 0.83	6.94 ± 0.72	7.91 ± 1.25	7.29 ± 1.05	8.06 ± 0.78	7.07 ± 1.05
	25	6.18 ± 0.29	6.29 ± 0.84	5.91 ± 0.70	6.40 ± 0.68	6.34 ± 0.44	6.74 ± 0.95			6.31 ± 0.63
	35	6.24 ± 0.21	6.10 ± 0.65	5.56 ± 1.40	5.82 ± 0.68	5.52 ± 0.21				5.85 ± 0.71
	ค่าเฉลี่ย	6.28 ± 0.24	6.14 ± 0.81	6.03 ± 1.09	6.49 ± 0.89	6.27 ± 0.75	7.33 ± 1.18	7.29 ± 1.05	8.06 ± 0.78	6.51 ± 0.98^{mn}
UV ระดับสูง	15	6.26 ± 0.54	6.24 ± 1.59	6.50 ± 1.07	7.11 ± 1.59	7.20 ± 0.64	7.74 ± 1.49	7.99 ± 1.17	8.52 ± 1.19	7.19 ± 1.30
	25	6.24 ± 0.08	6.32 ± 0.92	6.06 ± 0.66	6.54 ± 0.69	6.09 ± 0.23	6.98 ± 1.21	6.93 ± 1.12		6.45 ± 0.76
	35	6.14 ± 0.24	6.05 ± 0.72	6.09 ± 1.00	6.09 ± 0.63	5.52 ± 0.36	5.79 ± 0.47			5.95 ± 0.57
	ค่าเฉลี่ย	6.21 ± 0.30	6.20 ± 0.99	6.22 ± 0.93	6.58 ± 1.02	6.27 ± 0.83	6.83 ± 1.30	7.46 ± 1.18	8.52 ± 1.19	6.59 ± 1.08^{m}

ตาราง 22 (ต่อ)

ทรีทเมนต์	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเฉลี่ย	15	6.41 ± 0.35	6.12 ± 1.19	6.37 ± 0.94	7.03 ± 1.10	6.87 ± 0.75	7.47 ± 1.18	7.29 ± 1.15	7.99 ± 0.94	6.94 ± 1.11^{a}
	25	6.27 ± 0.36	6.33 ± 0.76	5.97 ± 0.53	6.61 ± 0.64	6.07 ± 0.54	6.86 ± 0.98	6.93 ± 1.12		6.36 ± 0.70^{b}
	35	6.20 ± 0.17	5.98 ± 0.72	5.81 ± 1.01	5.89 ± 0.57	5.47 ± 0.25	5.79 ± 0.47			5.87 ± 0.63^{c}
	ค่าเฉลี่ย	6.30 ± 0.31^{z}	6.14 ± 0.89^{z}	6.05 ± 0.85^{z}	6.51 ± 0.91^{yz}	6.14 ± 0.79^{z}	6.99 ± 1.16^{xy}	7.20 ± 1.11^{x}	7.99 ± 0.94^{w}	6.46 ± 0.98

หมายเหตุ
- $^{a-c}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- $^{m-n}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- $^{w-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 23 ค่าแรงตัด (cutting) ของก้วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก

ทรีทเมนต์ ns	อุณหภูมิ ns	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	2.90 ± 0.48	3.07 ± 0.71	2.41 ± 0.40	2.50 ± 0.66	2.32 ± 0.32	2.27 ± 0.28	2.18 ± 0.25	2.04 ± 0.05	2.46 ± 0.50
	25	2.66 ± 0.77	2.70 ± 0.69	2.53 ± 0.24	2.47 ± 0.10	2.07 ± 0.46				2.49 ± 0.49
	35	2.63 ± 0.73	2.84 ± 0.96	2.61 ± 0.51	2.40 ± 0.57					2.62 ± 0.63
	ค่าเฉลี่ย	2.73 ± 0.60	2.87 ± 0.71	2.51 ± 0.36	2.45 ± 0.44	2.20 ± 0.38	2.27 ± 0.28	2.18 ± 0.25	2.04 ± 0.05	2.51 ± 0.52
UV ระดับต่ำ	15	2.53 ± 0.07	2.58 ± 0.85	2.49 ± 0.31	2.46 ± 0.53	2.43 ± 0.39	2.32 ± 0.35	2.01 ± 0.38	1.97 ± 0.20	2.35 ± 0.43
	25	2.48 ± 0.22	2.91 ± 0.81	2.34 ± 0.34	2.55 ± 0.52	2.15 ± 0.43	2.02 ± 0.09			2.40 ± 0.48
	35	2.47 ± 0.26	2.48 ± 0.48	2.46 ± 0.29	2.34 ± 0.39	2.25 ± 0.56				2.40 ± 0.36
	ค่าเฉลี่ย	2.49 ± 0.18	2.66 ± 0.66	2.43 ± 0.28	2.44 ± 0.41	2.28 ± 0.42	2.17 ± 0.28	2.01 ± 0.38	1.97 ± 0.20	2.38 ± 0.42
UV ระดับสูง	15	2.66 ± 0.34	2.59 ± 0.37	2.38 ± 0.56	2.34 ± 0.41	2.23 ± 0.47	2.34 ± 0.55	2.13 ± 0.59	1.96 ± 0.27	2.33 ± 0.44
	25	2.52 ± 0.29	2.64 ± 0.46	2.33 ± 0.28	2.36 ± 0.28	2.38 ± 0.54	2.37 ± 0.32	2.09 ± 0.39		2.39 ± 0.35
	35	2.50 ± 0.33	2.68 ± 0.53	2.58 ± 0.15	2.57 ± 0.53	2.53 ± 0.56	2.19 ± 0.44			2.51 ± 0.41
	ค่าเฉลี่ย	2.56 ± 0.29	2.64 ± 0.40	2.43 ± 0.34	2.42 ± 0.38	2.38 ± 0.47	2.30 ± 0.40	2.11 ± 0.45	1.96 ± 0.27	2.40 ± 0.40

ตาราง 23 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของ	15	2.70 ± 0.34	2.75 ± 0.63	2.42 ± 0.38	2.43 ± 0.48	2.33 ± 0.35	2.31 ± 0.36	2.11 ± 0.38	1.99 ± 0.17	2.38 ± 0.46
ระยะเวลา	25	2.55 ± 0.43	2.75 ± 0.59	2.40 ± 0.27	2.45 ± 0.27	2.20 ± 0.43	2.20 ± 0.28	2.09 ± 0.39		2.42 ± 0.43
การเก็บ	35	2.53 ± 0.43	2.67 ± 0.62	2.55 ± 0.31	2.43 ± 0.44	2.39 ± 0.52	2.19 ± 0.44			2.50 ± 0.46
รักษา										
โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	2.59 ± 0.40^{w}	2.72 ± 0.59^{w}	2.46 ± 0.32^{wx}	2.44 ± 0.39^{wx}	2.30 ± 0.42^{xy}	2.25 ± 0.33^{xyz}	2.10 ± 0.36^{yz}	1.99 ± 0.17^{z}	2.42 ± 0.45

หมายเหตุ
- $^{w-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 24 ค่าความแข็ง (hardness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	90.81 ± 18.75	187.63 ± 48.47	249.67 ± 26.43	235.19 ± 14.56	262.99 ± 18.97	274.82 ± 18.05	297.01 ± 15.78	307.27 ± 31.05	238.17 ± 70.66
	25	88.92 ± 12.75	116.55 ± 16.82	152.08 ± 16.56	178.56 ± 13.45	182.07 ± 11.34				143.63 ± 39.23
	35	84.86 ± 14.49	93.09 ± 4.88	104.11 ± 20.57	109.07 ± 14.89					97.78 ± 16.03
	ค่าเฉลี่ย	88.20 ± 13.71	132.42 ± 49.82	168.62 ± 66.90	174.27 ± 56.09	222.53 ± 46.47	274.82 ± 18.05	297.01 ± 15.78	307.27 ± 31.05	177.33 ± 80.13
UV ระดับต่ำ	15	79.48 ± 12.83	155.87 ± 56.20	242.56 ± 32.36	255.69 ± 8.10	247.12 ± 38.82	280.18 ± 8.43	322.55 ± 43.29	277.77 ± 32.07	232.65 ± 79.55
	25	75.79 ± 8.21	113.04 ± 10.02	144.74 ± 22.52	178.47 ± 14.59	190.38 ± 30.06	202.53 ± 12.43			150.82 ± 48.62
	35	75.47 ± 13.84	90.57 ± 2.53	108.18 ± 6.02	107.34 ± 13.71	128.10 ± 9.70				101.93 ± 20.32
	ค่าเฉลี่ย	76.91 ± 10.47	119.83 ± 40.52	165.16 ± 63.39	180.50 ± 65.16	188.53 ± 57.31	241.35 ± 43.58	322.55 ± 43.29	277.77 ± 32.07	172.41 ± 80.35
UV ระดับสูง	15	84.79 ± 15.00	170.36 ± 49.57	238.39 ± 15.77	250.44 ± 16.78	246.49 ± 51.15	269.13 ± 20.78	292.26 ± 32.18	280.73 ± 40.70	229.07 ± 71.64
	25	82.90 ± 11.42	110.99 ± 9.98	148.60 ± 6.34	164.91 ± 13.72	188.52 ± 19.16	205.78 ± 7.44	217.40 ± 1.97		159.87 ± 47.90
	35	82.64 ± 12.14	95.74 ± 3.17	108.55 ± 4.53	111.49 ± 10.14	125.79 ± 10.15	139.03 ± 12.88			110.54 ± 20.63
	ค่าเฉลี่ย	83.44 ± 11.26	125.70 ± 42.52	165.18 ± 58.25	175.61 ± 61.87	186.93 ± 59.20	204.64 ± 57.77	254.83 ± 45.79	280.73 ± 40.70	172.14 ± 71.89

ตาราง 24 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเฉลี่ย	15	85.02 ± 14.47	171.29 ± 46.70	243.54 ± 22.87	247.11 ± 14.99	252.20 ± 34.44	274.71 ± 15.17	303.94 ± 31.44	288.59 ± 33.32	233.30 ± 73.10[a]
	25	82.54 ± 11.07	113.53 ± 11.25	148.47 ± 14.68	173.98 ± 13.85	188.52 ± 19.08	204.15 ± 9.33	217.40 ± 1.97		152.35 ± 45.55[b]
	35	80.99 ± 12.46	93.13 ± 3.88	106.95 ± 11.16	109.30 ± 11.46	125.79 ± 8.97	139.03 ± 12.88			104.27 ± 19.74[c]
	ค่าเฉลี่ย	82.85 ± 12.36[z]	125.98 ± 43.04[y]	166.32 ± 60.50[x]	176.80 ± 58.82[x]	186.93 ± 55.39[w]	228.58 ± 53.90[v]	282.30 ± 47.45[u]	288.59 ± 33.32[u]	173.78 ± 76.84

หมายเหตุ
- [a-c] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [u-z] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 25 ค่าความแข็ง (hardness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก

ทรีทเมนต์ ns	อุณหภูมิ ns	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	49.45 ± 15.80	63.78 ± 1.93	54.52 ± 6.82	60.29 ± 7.26	54.41 ± 9.88	53.11 ± 4.27	57.33 ± 9.22	54.29 ± 6.50	55.90 ± 8.37
	25	46.10 ± 15.30	56.57 ± 2.97	54.56 ± 7.21	59.05 ± 11.40	49.62 ± 6.86				53.18 ± 9.55
	35	44.82 ± 9.30	62.44 ± 6.37	50.17 ± 4.86	51.89 ± 3.80					52.33 ± 8.64
	ค่าเฉลี่ย	46.79 ± 12.12	60.93 ± 4.93	53.08 ± 5.94	57.08 ± 8.04	52.02 ± 8.04	53.11 ± 4.27	57.33 ± 9.22	54.29 ± 6.50	54.26 ± 8.76
UV ระดับต่ำ	15	47.07 ± 13.11	54.55 ± 5.07	53.54 ± 4.81	55.93 ± 8.97	55.20 ± 7.47	47.92 ± 2.06	56.12 ± 12.84	44.54 ± 5.52	51.86 ± 8.23
	25	46.95 ± 16.71	56.95 ± 3.18	54.91 ± 7.90	54.87 ± 13.28	50.94 ± 7.66	53.30 ± 5.94			52.99 ± 9.19
	35	46.82 ± 14.90	56.86 ± 3.15	53.94 ± 6.90	54.33 ± 1.21	49.97 ± 5.65				52.39 ± 7.63
	ค่าเฉลี่ย	46.95 ± 12.97	56.12 ± 3.58	54.13 ± 5.80	55.04 ± 8.07	52.04 ± 6.51	50.61 ± 4.95	56.12 ± 12.84	44.54 ± 5.52	52.35 ± 8.26
UV ระดับสูง	15	47.44 ± 13.14	61.44 ± 4.42	53.27 ± 4.54	59.92 ± 12.34	51.90 ± 6.63	49.51 ± 1.31	59.26 ± 11.71	49.98 ± 8.03	54.09 ± 8.92
	25	46.12 ± 12.89	60.67 ± 3.72	50.76 ± 3.94	53.11 ± 3.21	50.52 ± 8.49	58.46 ± 8.03	56.29 ± 5.04		53.70 ± 7.74
	35	45.82 ± 11.36	52.29 ± 6.81	60.27 ± 9.74	54.30 ± 0.87	52.80 ± 1.68	54.71 ± 6.75			53.37 ± 7.54
	ค่าเฉลี่ย	46.46 ± 10.84	58.13 ± 6.27	54.77 ± 7.14	55.78 ± 7.13	51.74 ± 5.54	54.23 ± 6.57	57.78 ± 8.23	49.98 ± 8.03	53.75 ± 8.03

ตาราง 25 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ [ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของ	15	47.98 ± 12.24	59.92 ± 5.43	53.78 ± 4.78	58.71 ± 8.70	53.84 ± 7.18	50.18 ± 3.37	57.57 ± 9.93	49.60 ± 7.23	53.95 ± 8.55
ระยะเวลา	25	46.39 ± 13.04	58.06 ± 3.47	53.41 ± 6.04	55.67 ± 9.28	50.36 ± 6.69	55.88 ± 6.92	56.29 ± 5.04		53.32 ± 8.60
การเก็บ	35	45.82 ± 10.49	57.20 ± 6.61	54.80 ± 7.82	53.51 ± 2.37	51.39 ± 4.04	54.71 ± 6.75			52.76 ± 7.70
รักษา โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	46.73 ± 11.54^{z}	58.39 ± 5.25^{w}	53.99 ± 6.12^{wxy}	55.97 ± 7.50^{wx}	51.92 ± 6.29^{xyz}	52.84 ± 5.69^{xy}	57.25 ± 8.76^{wx}	49.60 ± 7.23^{yz}	53.44 ± 8.32

หมายเหตุ
- $^{w-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

อุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนียวติดกัน (stickiness) (ภาพ 26) และค่าความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ (adhesiveness) (ภาพ 28) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ไม่ผ่านการลวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ไม่ผ่านการลวกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าความเหนียวติดกันสูงกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Cai (1998) ที่พบว่า ก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการฉายรังสีในระดับต่ำ ก๋วยเตี๋ยวที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (37 องศาเซลเซียส) จะมีลักษณะนิ่ม เหนียวติดกัน ในช่วงปลายของอายุการเก็บรักษา เป็นผลเนื่องมาจากการเสื่อมเสียของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามระดับการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่ส่งผลต่อค่าความเหนียวติดกัน และความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านการลวกไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ตาราง 27 และ 29)

ตาราง 26 ค่าความเหนียวติดกัน (stickiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก

ทรีทเมนต์ ns	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	-4.63 ± 1.61	-5.44 ± 0.89	-6.34 ± 1.61	-5.42 ± 0.87	-4.94 ± 0.00	-4.82 ± 2.32	-5.33 ± 1.90	-6.76 ± 0.07	-5.45 ± 1.43
	25	-4.61 ± 2.25	-4.92 ± 0.80	-6.30 ± 1.27	-6.81 ± 1.04	-7.85 ± 2.51				-6.05 ± 1.95
	35	-3.76 ± 1.01	-4.88 ± 0.26	-4.33 ± 0.56	-4.55 ± 0.75					-4.34 ± 0.75
	ค่าเฉลี่ย	-4.34 ± 1.53	-5.10 ± 0.70	-5.66 ± 1.45	-5.44 ± 1.18	-7.12 ± 2.51	-4.82 ± 2.32	-5.33 ± 1.90	-6.76 ± 0.07	-5.36 ± 1.59
UV ระดับต่ำ	15	-4.78 ± 0.78	-5.33 ± 0.21	-5.81 ± 2.49	-5.31 ± 0.00	-5.68 ± 0.38	-6.46 ± 0.83	-6.33 ± 3.39	-2.27 ± 0.81	-5.34 ± 1.87
	25	-4.78 ± 1.14	-4.40 ± 0.32	-6.10 ± 0.67	-5.77 ± 0.54	-7.64 ± 2.26	-8.97 ± 4.28			-6.12 ± 2.10
	35	-4.81 ± 0.57	-3.90 ± 0.30	-4.28 ± 0.57	-5.09 ± 0.86	-6.90 ± 2.36				-5.00 ± 1.47
	ค่าเฉลี่ย	-4.79 ± 0.75	-4.45 ± 0.64	-5.34 ± 1.38	-5.41 ± 0.68	-6.87 ± 1.93	-7.46 ± 2.61	-6.33 ± 1.39	-2.27 ± 0.81	-5.50 ± 1.87
UV ระดับสูง	15	-4.70 ± 0.56	-5.66 ± 0.91	-6.77 ± 0.89	-5.38 ± 1.51	-7.67 ± 0.51	-4.44 ± 4.05	-5.00 ± 4.72	-1.85 ± 1.29	-5.33 ± 2.52
	25	-4.66 ± 0.86	-4.67 ± 0.07	-5.46 ± 0.54	-7.49 ± 0.22	-8.10 ± 1.12	-5.57 ± 5.52	-7.16 ± 2.06		-6.11 ± 2.43
	35	-4.49 ± 1.36	-4.98 ± 0.43	-4.37 ± 0.26	-5.17 ± 1.38	-6.81 ± 1.25	-6.91 ± 2.40			-5.45 ± 1.57
	ค่าเฉลี่ย	-4.62 ± 0.86	-5.16 ± 0.69	-5.53 ± 1.17	-5.83 ± 1.50	-7.53 ± 1.04	-5.64 ± 3.78	-5.86 ± 3.69	-1.85 ± 1.29	-5.61 ± 2.23

ตาราง 26 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเฉลี่ย	15	-4.70 ± 0.94	-5.49 ± 0.70	-6.37 ± 1.42	-5.39 ± 1.01	-6.55 ± 1.31	-5.24 ± 2.55	-5.55 ± 3.11	-3.63 ± 2.53	-5.37 ± 1.98[b]
	25	-4.68 ± 1.33	-4.67 ± 0.52	-5.95 ± 0.85	-6.55 ± 0.95	-7.86 ± 1.79	-6.93 ± 4.82	-7.16 ± 2.06		-6.10 ± 2.14[a]
	35	-4.35 ± 1.01	-4.55 ± 0.61	-4.33 ± 0.42	-4.94 ± 0.94	-6.86 ± 1.69	-6.91 ± 2.40			-5.02 ± 1.42[b]
	ค่าเฉลี่ย	-4.58 ± 1.08[yz]	-4.90 ± 0.73[xyz]	-5.52 ± 1.29[xy]	-5.57 ± 1.15[xy]	-7.20 ± 1.67[w]	-6.03 ± 3.24[wx]	-5.84 ± 2.93[xy]	-3.63 ± 2.53[z]	-5.50 ± 1.93

หมายเหตุ

- [a-b] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [w-z] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 27 ค่าความเหนียวติดกัน (stickiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก

ทรีทเมนต์ ns	อุณหภูมิ ns	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	-1.64 ± 0.26	-2.36 ± 0.61	-1.98 ± 0.60	-2.06 ± 0.25	-1.90 ± 0.40	-2.14 ± 1.07	-2.02 ± 0.52	-1.64 ± 0.20	-1.97 ± 0.52
	25	-1.88 ± 0.83	-1.68 ± 0.08	-1.72 ± 0.30	-1.66 ± 0.09	-1.57 ± 0.36				-1.69 ± 0.31
	35	-1.56 ± 0.71	-1.88 ± 0.49	-1.54 ± 0.21	-1.47 ± 0.17					-1.62 ± 0.38
	ค่าเฉลี่ย	-1.69 ± 0.49	-1.97 ± 0.50	-1.75 ± 0.40	-1.73 ± 0.31	-1.74 ± 0.38	-2.14 ± 1.07	-2.02 ± 0.52	-1.64 ± 0.20	-1.81 ± 0.46
UV ระดับต่ำ	15	-1.40 ± 0.21	-1.72 ± 0.25	-1.90 ± 0.47	-1.79 ± 0.26	-1.91 ± 0.29	-1.50 ± 0.26	-2.37 ± 1.51	-1.97 ± 0.92	-1.82 ± 0.63
	25	-1.63 ± 0.56	-1.82 ± 0.33	-2.05 ± 0.47	-1.89 ± 1.05	-2.11 ± 0.98	-1.43 ± 0.21			-1.82 ± 0.62
	35	-1.60 ± 0.46	-1.53 ± 0.38	-1.78 ± 0.21	-1.61 ± 0.46	-1.50 ± 0.43				-1.60 ± 0.35
	ค่าเฉลี่ย	-1.54 ± 0.39	-1.69 ± 0.31	-1.91 ± 0.37	-1.77 ± 0.60	-1.84 ± 0.62	-1.46 ± 0.21	-2.37 ± 1.51	-1.97 ± 0.92	-1.76 ± 0.57
UV ระดับสูง	15	-1.73 ± 0.39	-2.22 ± 0.52	-1.65 ± 0.36	-1.87 ± 0.09	-1.60 ± 0.24	-1.58 ± 0.25	-2.28 ± 0.83	-1.56 ± 0.46	-1.81 ± 0.46
	25	-1.89 ± 0.18	-1.54 ± 0.50	-1.67 ± 0.34	-1.86 ± 0.19	-1.50 ± 0.24	-2.11 ± 0.78	-2.04 ± 0.45		-1.80 ± 0.43
	35	-1.60 ± 0.54	-1.78 ± 0.40	-1.67 ± 0.26	-1.54 ± 0.24	-1.65 ± 0.40	-2.45 ± 0.98			-1.78 ± 0.55
	ค่าเฉลี่ย	-1.72 ± 0.38	-1.85 ± 0.51	1.66 ± 0.28	-1.76 ± 0.23	-1.58 ± 0.27	-2.04 ± 0.74	-2.16 ± 0.61	-1.56 ± 0.46	-1.80 ± 0.47

ตาราง 27 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ [ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของ	15	-1.59 ± 0.30	-2.10 ± 0.51	-1.85 ± 0.45	-1.91 ± 0.22	-1.80 ± 0.31	-1.74 ± 0.64	-2.22 ± 0.91	-1.72 ± 0.56	-1.87 ± 0.54
ระยะเวลา	25	-1.77 ± 0.49	-1.68 ± 0.33	-1.81 ± 0.37	-1.81 ± 0.54	-1.73 ± 0.61	-1.77 ± 0.63	-2.04 ± 0.45		-1.78 ± 0.47
การเก็บ	35	-1.59 ± 0.46	-1.73 ± 0.40	-1.66 ± 0.22	-1.54 ± 0.28	-1.57 ± 0.38	-2.45 ± 0.98			-1.68 ± 0.45
รักษา										
โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	-1.64 ± 0.41^{y}	-1.84 ± 0.44^{xy}	-1.77 ± 0.36^{y}	-1.75 ± 0.39^{y}	-1.72 ± 0.45^{y}	-1.87 ± 0.70^{xy}	-2.18 ± 0.81^{x}	-1.72 ± 0.56^{y}	-1.79 ± 0.50

หมายเหตุ

- $^{x-y}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 28 ค่าความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ (adhesiveness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก

ทรีทเมนต์ [ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	-0.99 ± 0.36	-0.70 ± 0.23	-0.57 ± 0.16	-0.43 ± 0.12	-0.37 ± 0.32	-0.40 ± 0.14	-0.42 ± 0.10	-0.38 ± 0.21	-0.53 ± 0.28
	25	-0.95 ± 0.45	-0.77 ± 0.12	-0.87 ± 0.26	-1.08 ± 0.59	-1.11 ± 0.47				-0.95 ± 0.37
	35	-0.71 ± 0.37	-0.81 ± 0.28	-0.79 ± 0.11	-0.10 ± 0.34					-0.83 ± 0.27
	ค่าเฉลี่ย	-0.88 ± 0.36	-0.76 ± 0.20	-0.74 ± 0.21	-0.83 ± 0.46	-0.74 ± 0.54	-0.40 ± 0.14	-0.42 ± 0.10	-0.38 ± 0.21	-0.73 ± 0.36
UV ระดับต่ำ	15	-0.97 ± 0.30	-0.57 ± 0.26	-0.52 ± 0.22	-0.41 ± 0.32	-0.34 ± 0.18	-0.56 ± 0.07	-0.54 ± 0.24	-0.19 ± 0.07	-0.51 ± 0.29
	25	-0.90 ± 0.32	-0.73 ± 0.11	0.81 ± 0.21	-0.74 ± 0.20	-1.01 ± 0.37	-1.10 ± 0.66			-0.87 ± 0.29
	35	-0.97 ± 0.12	-0.84 ± 0.06	-0.84 ± 0.16	-1.02 ± 0.36	-1.22 ± 0.00				-0.94 ± 0.21
	ค่าเฉลี่ย	-0.95 ± 0.23	-0.71 ± 0.18	-0.72 ± 0.23	-0.72 ± 0.37	-0.75 ± 0.46	-0.78 ± 0.44	-0.54 ± 0.24	-0.19 ± 0.07	-0.72 ± 0.33
UV ระดับสูง	15	-0.81 ± 0.31	-0.63 ± 0.36	-0.62 ± 0.04	-0.46 ± 0.10	-0.60 ± 0.07	-0.33 ± 0.18	-0.35 ± 0.22	-0.39 ± 0.34	-0.52 ± 0.25
	25	-0.87 ± 0.29	-0.60 ± 0.24	-0.77 ± 0.09	-0.95 ± 0.23	-1.03 ± 0.19	-0.84 ± 0.98	-1.19 ± 0.79		-0.89 ± 0.46
	35	-0.85 ± 0.34	-0.96 ± 0.01	-0.79 ± 0.06	-1.05 ± 0.39	-1.11 ± 0.22	-1.21 ± 0.21			-0.97 ± 0.25
	ค่าเฉลี่ย	-0.85 ± 0.27	-0.73 ± 0.28	-0.73 ± 0.10	-0.82 ± 0.36	-0.89 ± 0.27	-0.74 ± 0.65	-0.77 ± 0.69	-0.39 ± 0.34	-0.77 ± 0.39

ตาราง 28 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเฉลี่ย	15	-0.92 ± 0.29	-0.63 ± 0.26	-0.57 ± 0.14	-0.43 ± 0.18	-0.44 ± 0.22	-0.43 ± 0.16	-0.44 ± 0.19	-0.32 ± 0.22	-0.52 ± 0.27[b]
	25	-0.91 ± 0.31	-0.70 ± 0.16	-0.82 ± 0.18	-0.92 ± 0.36	-1.05 ± 0.32	-0.94 ± 0.78	-1.19 ± 0.79		-0.90 ± 0.38[a]
	35	-0.84 ± 0.28	-0.87 ± 0.16	-0.81 ± 0.10	-1.02 ± 0.32	-1.14 ± 0.17	-1.21 ± 0.21			-0.92 ± 0.25[a]
	ค่าเฉลี่ย	-0.89 ± 0.29[x]	-0.73 ± 0.22[xy]	-0.73 ± 0.18[xy]	-0.79 ± 0.39[xy]	-0.80 ± 0.41[xy]	-0.69 ± 0.52[xy]	-0.63 ± 0.50[y]	-0.32 ± 0.22[z]	-0.74 ± 0.36

หมายเหตุ
- [a-b] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [x-z] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 29 ค่าความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ (adhesiveness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	-0.22 ± 0.02	-0.42 ± 0.20	-0.41 ± 0.23	-0.37 ± 0.12	-0.31 ± 0.12	-0.26 ± 0.09	-0.42 ± 0.17	-0.27 ± 0.05	-0.34 ± 0.14
	25	-0.19 ± 0.03	-0.32 ± 0.06	-0.31 ± 0.11	-0.33 ± 0.03	-0.29 ± 0.11				-0.29 ± 0.08
	35	-0.22 ± 0.04	-0.38 ± 0.12	-0.26 ± 0.60	-0.26 ± 0.03					-0.28 ± 0.08
	ค่าเฉลี่ย	-0.21 ± 0.03	-0.37 ± 0.13	-0.33 ± 0.14	-0.32 ± 0.08	-0.30 ± 0.10	-0.26 ± 0.09	-0.42 ± 0.17	-0.27 ± 0.05	-0.31 ± 0.12
UV ระดับต่ำ	15	-0.26 ± 0.09	-0.28 ± 0.10	-0.33 ± 0.17	-0.31 ± 0.12	-0.28 ± 0.06	-0.26 ± 0.06	-0.29 ± 0.18	-0.26 ± 0.06	-0.28 ± 0.09
	25	-0.27 ± 0.16	-0.35 ± 0.10	-0.39 ± 0.18	-0.35 ± 0.30	-0.24 ± 0.08	-0.27 ± 0.06			-0.32 ± 0.15
	35	-0.27 ± 0.03	-0.32 ± 0.10	-0.31 ± 0.06	-0.36 ± 0.18	-0.26 ± 0.10				-0.31 ± 0.10
	ค่าเฉลี่ย	-0.26 ± 0.10	-0.32 ± 0.09	-0.34 ± 0.13	-0.34 ± 0.19	-0.26 ± 0.07	-0.27 ± 0.05	-0.29 ± 0.18	-0.26 ± 0.06	-0.30 ± 0.12
UV ระดับสูง	15	-0.22 ± 0.13	-0.44 ± 0.14	-0.29 ± 0.14	-0.35 ± 0.10	-0.25 ± 0.10	-0.32 ± 0.16	-0.45 ± 0.41	-0.31 ± 0.09	-0.33 ± 0.15
	25	-0.21 ± 0.08	-0.30 ± 0.03	-0.30 ± 0.19	-0.37 ± 0.09	-0.25 ± 0.11	-0.32 ± 0.16	-0.36 ± 0.17		-0.30 ± 0.11
	35	-0.19 ± 0.08	-0.31 ± 0.17	-0.31 ± 0.11	-0.30 ± 0.06	-0.28 ± 0.08	-0.29 ± 0.09			-0.28 ± 0.10
	ค่าเฉลี่ย	-0.21 ± 0.08	-0.35 ± 0.13	-0.30 ± 0.13	-0.34 ± 0.08	-0.26 ± 0.09	-0.31 ± 0.12	-0.41 ± 0.26	-0.31 ± 0.09	-0.30 ± 0.13

ตาราง 29 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ [ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของ	15	-0.23 ± 0.07	-0.38 ± 0.15	-0.34 ± 0.17	-0.34 ± 0.10	-0.28 ± 0.09	-0.28 ± 0.10	-0.39 ± 0.22	-0.28 ± 0.06	-0.32 ± 0.13
ระยะเวลา	25	-0.22 ± 0.10	-0.32 ± 0.06	-0.33 ± 0.15	-0.35 ± 0.16	-0.26 ± 0.09	-0.29 ± 0.09	-0.36 ± 0.17		-0.30 ± 0.12
การเก็บ	35	-0.22 ± 0.06	-0.34 ± 0.12	-0.29 ± 0.07	-0.31 ± 0.11	-0.27 ± 0.08	-0.290.09			-0.29 ± 0.09
รักษา										
โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	-0.23 ± 0.07^{z}	-0.35 ± 0.11^{xy}	-0.32 ± 0.13^{xy}	-0.33 ± 0.12^{xy}	-0.27 ± 0.08^{yz}	-0.29 ± 0.09^{yz}	-0.38 ± 0.20^{x}	-0.28 ± 0.06y^{z}	-0.30 ± 0.12

หมายเหตุ
- $^{x-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความความสามารถเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) (ตาราง 30) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) (ตาราง 32) ค่าความเหนียวเป็นยาง (gumminess) (ตาราง 34) และค่าการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) (ตาราง 36) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ไม่ผ่านการลวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ยังไม่ผ่านการลวกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และยังไม่ผ่านการลวกมีค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน ค่าความเหนียวเป็นยาง ค่าการทนต่อการเคี้ยว และค่าความยืดหยุ่นสูงกว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ระดับการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่ส่งผลต่อความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน ค่าความเหนียวเป็นยาง และค่าการทนต่อการเคี้ยว ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านการลวกแล้ว ($p > 0.05$)

อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อความยืดหยุ่นของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านการลวกแล้ว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสมีค่าความยืดหยุ่นของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 องศาเซลเซียส

Sandhu *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากสตาร์ชมันฝรั่งและสตาร์ชแป้งข้าว พบว่า ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันของการเกิดเจลจากสตาร์ชแป้งข้าว ต่ำกว่าการเกิดเจลของสตาร์ชมันฝรั่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.471 และ 0.724 ตามลำดับ เจลที่เตรียมจากสตาร์ชมันฝรั่งมีค่าทนต่อการเคี้ยว (7.89) สูงกว่าเจลที่เตรียมจากสตาร์ชแป้งข้าว (2.55) เนื่องจากสตาร์ชมันฝรั่งมีระดับการเกิดพอลิเมอร์ของสัดส่วนอะมิโลสสูงกว่า ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของเจลมีลักษณะเหนียวเป็นยาง (gummy) และเกาะติด (cohesive side)

ตาราง 30 ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก

ทรีทเมนต์ [ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	0.94 ± 0.03	0.94 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.95 ± 0.01
	25	0.94 ± 0.03	0.93 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.02				0.93 ± 0.02
	35	0.94 ± 0.03	0.93 ± 0.02	0.91 ± 0.01	0.92 ± 0.02					0.93 ± 0.02
	ค่าเฉลี่ย	0.94 ± 0.02	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.96 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.94 ± 0.02
UV ระดับต่ำ	15	0.94 ± 0.01	0.94 ± 0.02	0.95 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.95 ± 0.01
	25	0.93 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.93 ± 0.01			0.93 ± 0.01
	35	0.94 ± 0.01	0.94 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.94 ± 0.04				0.94 ± 0.02
	ค่าเฉลี่ย	0.94 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.94 ± 0.01	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.03	0.94 ± 0.02	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.94 ± 0.02
UV ระดับสูง	15	0.94 ± 0.03	0.94 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.95 ± 0.02	0.96 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.95 ± 0.01
	25	0.94 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.93 ± 0.01	0.94 ± 0.01	0.94 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.02		0.93 ± 0.01
	35	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.00	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.93 ± 0.02			0.93 ± 0.02
	ค่าเฉลี่ย	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.95 ± 0.01	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.96 ± 0.01	0.94 ± 0.02

ตาราง 30 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเฉลี่ย	15	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.95 ± 0.01[a]
	25	0.94 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.02		0.93 ± 0.01[b]
	35	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.94 ± 0.03	0.93 ± 0.02			0.93 ± 0.02[b]
	ค่าเฉลี่ย	0.94 ± 0.02[xyz]	0.93 ± 0.01[yz]	0.93 ± 0.02[z]	0.94 ± 0.02[yz]	0.94 ± 0.02[wxy]	0.94 ± 0.02[xyz]	0.95 ± 0.02[wx]	0.96 ± 0.01[w]	0.94 ± 0.02

หมายเหตุ
- [a-b] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [w-z] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 31 ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	0.91 ± 0.01	0.90 ± 0.02	0.89 ± 0.01	0.89 ± 0.02	0.87 ± 0.02	0.87 ± 0.02	0.87 ± 0.04	0.86 ± 0.02	0.88 ± 0.02
	25	0.91 ± 0.00	0.90 ± 0.03	0.89 ± 0.01	0.83 ± 0.05	0.86 ± 0.03				0.88 ± 0.04
	35	0.90 ± 0.01	0.88 ± 0.01	0.88 ± 0.01	0.86 ± 0.02					0.88 ± 0.02
	ค่าเฉลี่ย	0.91 ± 0.01	0.89 ± 0.02	0.89 ± 0.01	0.86 ± 0.04	0.87 ± 0.02	0.87 ± 0.02	0.87 ± 0.04	0.86 ± 0.02	0.88 ± 0.03
UV ระดับต่ำ	15	0.90 ± 0.02	0.90 ± 0.03	0.90 ± 0.01	0.88 ± 0.02	0.89 ± 0.01	0.86 ± 0.03	0.88 ± 0.04	0.89 ± 0.05	0.89 ± 0.03
	25	0.91 ± 0.01	0.88 ± 0.02	0.91 ± 0.01	0.87 ± 0.01	0.88 ± 0.02	0.86 ± 0.04			0.88 ± 0.02
	35	0.91 ± 0.03	0.89 ± 0.03	0.89 ± 0.01	0.85 ± 0.02	0.87 ± 0.02				0.88 ± 0.03
	ค่าเฉลี่ย	0.90 ± 0.02	0.89 ± 0.02	0.90 ± 0.01	0.87 ± 0.02	0.88 ± 0.02	0.86 ± 0.03	0.88 ± 0.04	0.89 ± 0.05	0.89 ± 0.03
UV ระดับสูง	15	0.91 ± 0.01	0.90 ± 0.03	0.90 ± 0.01	0.87 ± 0.04	0.89 ± 0.02	0.88 ± 0.03	0.86 ± 0.04	0.85 ± 0.04	0.88 ± 0.03
	25	0.91 ± 0.01	0.89 ± 0.02	0.90 ± 0.01	0.87 ± 0.03	0.87 ± 0.02	0.88 ± 0.02	0.86 ± 0.03		0.88 ± 0.02
	35	0.89 ± 0.03	0.90 ± 0.01	0.87 ± 0.02	0.88 ± 0.02	0.88 ± 0.03	0.91 ± 0.03			0.89 ± 0.02
	ค่าเฉลี่ย	0.90 ± 0.02	0.90 ± 0.02	0.89 ± 0.02	0.87 ± 0.03	0.88 ± 0.02	0.89 ± 0.03	0.86 ± 0.03	0.85 ± 0.04	0.88 ± 0.03

ตาราง 31 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของ	15	0.91 ± 0.01	0.90 ± 0.02	0.90 ± 0.01	0.88 ± 0.03	0.89 ± 0.02	0.87 ± 0.02	0.87 ± 0.04	0.86 ± 0.04	0.88 ± 0.03
ระยะเวลา	25	0.91 ± 0.01	0.89 ± 0.02	0.90 ± 0.01	0.86 ± 0.03	0.87 ± 0.02	0.87 ± 0.03	0.86 ± 0.03		0.88 ± 0.03
การเก็บ	35	0.90 ± 0.02	0.89 ± 0.02	0.88 ± 0.02	0.86 ± 0.02	0.88 ± 0.02	0.91 ± 0.03			0.88 ± 0.02
รักษา										
โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	0.90 ± 0.01^{x}	0.89 ± 0.02^{x}	0.89 ± 0.01^{xy}	0.87 ± 0.03^{z}	0.88 ± 0.02^{yz}	0.88 ± 0.03^{yz}	0.87 ± 0.03^{z}	0.86 ± 0.04^{z}	0.88 ± 0.03

หมายเหตุ
- $^{x-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 32 ค่าความหยืดหยุ่น (Springiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก

ทรีทเมนต์ ns	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์ โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	0.92 ± 0.06	0.96 ± 0.04	0.99 ± 0.02	1.00 ± 0.02	1.01 ± 0.02	1.01 ± 0.04	1.02 ± 0.04	0.98 ± 0.04	0.99 ± 0.04
	25	0.91 ± 0.08	0.93 ± 0.06	0.95 ± 0.05	1.00 ± 0.04	0.99 ± 0.02				0.96 ± 0.06
	35	0.92 ± 0.07	0.91 ± 0.01	0.92 ± 0.06	0.95 ± 0.09					0.92 ± 0.06
	ค่าเฉลี่ย	0.90 ± 0.06	0.93 ± 0.04	0.95 ± 0.05	0.99 ± 0.06	1.00 ± 0.02	1.01 ± 0.04	1.02 ± 0.04	0.98 ± 0.04	0.96 ± 0.06
UV ระดับต่ำ	15	0.94 ± 0.06	0.99 ± 0.02	0.96 ± 0.02	1.01 ± 0.03	0.98 ± 0.09	0.97 ± 0.03	0.96 ± 0.05	0.98 ± 0.03	0.97 ± 0.05
	25	0.96 ± 0.06	0.97 ± 0.10	0.98 ± 0.02	0.97 ± 0.02	0.97 ± 0.06	1.00 ± 0.01			0.98 ± 0.05
	35	0.96 ± 0.05	0.92 ± 0.07	0.90 ± 0.03	0.92 ± 0.02	0.93 ± 0.06				0.93 ± 0.05
	ค่าเฉลี่ย	0.95 ± 0.06	0.96 ± 0.07	0.95 ± 0.04	0.97 ± 0.04	0.96 ± 0.06	0.98 ± 0.03	0.96 ± 0.05	0.98 ± 0.03	0.96 ± 0.05
UV ระดับสูง	15	0.93 ± 0.06	0.99 ± 0.07	0.96 ± 0.03	0.98 ± 0.03	0.97 ± 0.05	1.01 ± 0.02	1.00 ± 0.04	1.00 ± 0.00	0.98 ± 0.04
	25	0.85 ± 0.06	0.95 ± 0.07	0.96 ± 0.03	1.01 ± 0.03	0.96 ± 0.06	1.02 ± 0.08	0.99 ± 0.01		0.96 ± 0.07
	35	0.94 ± 0.06	0.96 ± 0.06	0.92 ± 0.04	0.92 ± 0.05	0.94 ± 0.05	0.92 ± 0.04			0.93 ± 0.04
	ค่าเฉลี่ย	0.91 ± 0.07	0.97 ± 0.06	0.95 ± 0.03	0.97 ± 0.05	0.95 ± 0.05	0.98 ± 0.07	1.00 ± 0.03	1.00 ± 0.00	0.96 ± 0.06

ตาราง 32 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์
		0	1	2	3	4	5	6	7	โดยเฉลี่ย
ผลของ	15	0.93 ± 0.05	0.98 ± 0.04	0.97 ± 0.02	1.00 ± 0.03	0.99 ± 0.06	1.00 ± 0.03	0.99 ± 0.05	0.99 ± 0.03	0.98 ± 0.04[a]
ระยะเวลา	25	0.90 ± 0.07	0.95 ± 0.07	0.96 ± 0.03	1.00 ± 0.04	0.97 ± 0.04	1.01 ± 0.05	0.99 ± 0.01		0.97 ± 0.06[a]
การเก็บ	35	0.94 ± 0.06	0.93 ± 0.05	0.91 ± 0.04	0.93 ± 0.05	0.94 ± 0.05	0.92 ± 0.04			0.93 ± 0.05[b]
รักษา										
โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	0.92 ± 0.06[z]	0.95 ± 0.06[xyz]	0.95 ± 0.04[yz]	0.98 ± 0.05[wxy]	0.97 ± 0.05[wxy]	0.99 ± 0.05[wx]	0.99 ± 0.04[w]	0.99 ± 0.03[wx]	0.96 ± 0.05

หมายเหตุ

- [a-b] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [w-y] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 33 ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก

ทรีทเมนต์ ns	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.92 ± 0.03	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.91 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.01
	25	0.91 ± 0.00	0.93 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01				0.92 ± 0.01
	35	0.95 ± 0.04	0.92 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.00					0.93 ± 0.02
	ค่าเฉลี่ย	0.93 ± 0.03	0.93 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.91 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.02
UV ระดับต่ำ	15	0.93 ± 0.01	0.95 ± 0.03	0.94 ± 0.02	0.92 ± 0.02	0.93 ± 0.01	0.92 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.95 ± 0.04	0.93 ± 0.02
	25	0.94 ± 0.02	0.91 ± 0.01	0.94 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.93 ± 0.01			0.93 ± 0.02
	35	0.93 ± 0.00	0.93 ± 0.03	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.03	0.93 ± 0.01				0.93 ± 0.02
	ค่าเฉลี่ย	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.03	0.94 ± 0.02	0.92 ± 0.02	0.93 ± 0.01	0.92 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.95 ± 0.04	0.93 ± 0.02
UV ระดับสูง	15	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.90 ± 0.05	0.91 ± 0.01	0.92 ± 0.02
	25	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.92 ± 0.03	0.91 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.91 ± 0.02		0.92 ± 0.02
	35	0.96 ± 0.04	0.94 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.95 ± 0.05			0.94 ± 0.03
	ค่าเฉลี่ย	0.94 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.03	0.90 ± 0.03	0.91 ± 0.01	0.92 ± 0.02

ตาราง 33 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเฉลี่ย	15	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.91 ± 0.03	0.93 ± 0.03	0.92 ± 0.02[b]
	25	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.91 ± 0.02		0.92 ± 0.02[b]
	35	0.95 ± 0.03	0.93 ± 0.02	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.02	0.93 ± 0.01	0.95 ± 0.05			0.93 ± 0.02[a]
	ค่าเฉลี่ย	0.94 ± 0.02[x]	0.93 ± 0.02[x]	0.93 ± 0.02[x]	0.92 ± 0.01[xy]	0.93 ± 0.01[x]	0.93 ± 0.02[x]	0.91 ± 0.03[x]	0.93 ± 0.03[y]	0.93 ± 0.02

หมายเหตุ
- [a-b] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [x-y] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($n=3$)

ตาราง 34 ค่าความเหนียวเป็นยาง (gumminess) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	85.88 ± 19.90	176.02 ± 43.88	235.86 ± 25.90	224.00 ± 15.18	249.67 ± 15.94	263.07 ± 14.77	283.74 ± 17.58	294.28 ± 31.51	226.56 ± 68.04
	25	83.86 ± 13.58	108.33 ± 14.21	142.18 ± 17.30	165.54 ± 14.97	169.76 ± 12.93				133.93 ± 36.54
	35	80.06 ± 13.96	86.35 ± 6.12	95.51 ± 19.57	101.03 ± 15.25					90.74 ± 15.02
	ค่าเฉลี่ย	83.27 ± 14.16	123.57 ± 46.68	157.85 ± 64.58	163.52 ± 54.86	209.72 ± 45.65	263.07 ± 14.77	283.74 ± 17.58	294.28 ± 31.51	167.36 ± 77.33
UV ระดับต่ำ	15	74.92 ± 12.66	145.76 ± 50.95	230.02 ± 33.31	242.75 ± 9.03	236.42 ± 35.42	268.12 ± 6.89	308.15 ± 42.57	265.74 ± 30.61	221.48 ± 76.56
	25	70.47 ± 8.32	103.79 ± 8.23	135.46 ± 21.44	166.06 ± 12.96	177.89 ± 29.20	187.88 ± 13.13			140.26 ± 45.57
	35	71.17 ± 12.84	85.25 ± 2.35	100.20 ± 6.30	99.52 ± 13.11	120.91 ± 6.46				95.41 ± 18.88
	ค่าเฉลี่ย	72.19 ± 10.14	111.60 ± 37.26	155.23 ± 61.50	169.44 ± 62.91	178.41 ± 55.13	228.00 ± 44.94	308.15 ± 42.57	265.74 ± 30.61	162.66 ± 77.35
UV ระดับสูง	15	79.90 ± 15.97	159.55 ± 45.48	226.56 ± 16.55	238.33 ± 17.37	234.80 ± 45.33	257.61 ± 19.03	280.26 ± 33.47	268.50 ± 38.22	218.20 ± 69.00
	25	77.91 ± 11.36	103.15 ± 7.64	138.35 ± 6.11	155.10 ± 11.84	176.94 ± 19.57	190.44 ± 8.07	202.14 ± 4.67		149.15 ± 44.47
	35	78.05 ± 12.81	89.89 ± 2.85	99.77 ± 3.69	103.61 ± 11.42	119.10 ± 8.75	129.43 ± 12.15			103.31 ± 19.35
	ค่าเฉลี่ย	78.64 ± 11.75	117.53 ± 39.50	154.89 ± 57.01	165.68 ± 60.07	176.94 ± 56.02	192.49 ± 56.80	241.20 ± 47.83	268.50 ± 38.22	162.35 ± 69.18

ตาราง 34 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเฉลี่ย	15	80.25 ± 15.01	160.44 ± 42.66	230.82 ± 23.02	235.02 ± 15.02	240.30 ± 30.67	262.93 ± 13.33	290.72 ± 31.36	276.17 ± 32.15	222.08 ± 70.38[a]
	25	77.41 ± 11.38	105.09 ± 9.38	138.66 ± 14.41	162.23 ± 12.72	174.86 ± 19.12	189.16 ± 9.85	202.14 ± 4.67		141.96 ± 42.48[b]
	35	76.43 ± 12.13	87.16 ± 4.14	98.49 ± 10.68	101.38 ± 11.70	120.00 ± 6.95	129.43 ± 12.15			97.32 ± 18.50[c]
	ค่าเฉลี่ย	78.03 ± 12.54[z]	117.56 ± 40.03[y]	155.99 ± 58.72[x]	166.21 ± 57.10[x]	185.69 ± 52.94[w]	216.09 ± 53.59[v]	268.57 ± 48.21[u]	276.17 ± 32.15[u]	163.95 ± 74.02

หมายเหตุ

- [a-c] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [u-z] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($n=3$)

ตาราง 35 ค่าความเหนียวเป็นยาง (gumminess) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	44.95 ± 14.07	57.61 ± 2.35	48.67 ± 6.43	53.54 ± 6.66	47.61 ± 7.94	46.05 ± 3.13	49.49 ± 6.08	46.69 ± 6.45	49.33 ± 7.40
	25	41.87 ± 13.83	50.71 ± 2.54	48.54 ± 6.29	48.37 ± 6.53	42.69 ± 4.84				46.43 ± 7.52
	35	40.26 ± 8.47	54.86 ± 5.67	44.14 ± 4.74	44.73 ± 3.22					46.00 ± 7.53
	ค่าเฉลี่ย	42.36 ± 10.93	54.39 ± 4.48	47.12 ± 5.55	48.88 ± 6.25	45.15 ± 6.47	46.05 ± 3.13	49.49 ± 6.08	46.69 ± 6.45	47.69 ± 7.48
UV ระดับต่ำ	15	42.05 ± 11.05	49.04 ± 2.96	48.22 ± 4.41	49.17 ± 8.13	49.35 ± 6.65	41.43 ± 3.15	49.45 ± 12.12	39.35 ± 2.65	46.01 ± 7.32
	25	42.52 ± 15.17	50.40 ± 2.23	49.64 ± 7.85	47.65 ± 11.81	44.62 ± 5.81	45.97 ± 6.14			46.80 ± 8.23
	35	42.79 ± 14.68	50.75 ± 1.11	48.16 ± 6.74	46.08 ± 0.72	43.64 ± 4.17				46.28 ± 7.01
	ค่าเฉลี่ย	42.45 ± 11.92	50.06 ± 2.09	48.67 ± 5.67	47.64 ± 7.30	45.87 ± 5.55	43.70 ± 5.02	49.45 ± 12.12	39.35 ± 2.65	46.33 ± 7.41
UV ระดับสูง	15	43.16 ± 11.57	55.08 ± 2.44	47.94 ± 4.80	51.59 ± 7.90	46.23 ± 5.52	43.46 ± 0.44	50.69 ± 10.25	42.72 ± 8.71	47.61 ± 7.53
	25	41.84 ± 11.57	54.22 ± 4.35	45.39 ± 4.10	46.41 ± 2.41	43.76 ± 7.21	51.38 ± 6.16	48.40 ± 3.50		47.34 ± 6.68
	35	40.86 ± 9.88	46.80 ± 5.91	52.43 ± 7.69	47.85 ± 0.43	46.61 ± 2.82	49.68 ± 7.48			47.37 ± 6.57
	ค่าเฉลี่ย	41.95 ± 9.61	52.03 ± 5.52	48.59 ± 5.85	48.62 ± 4.74	45.53 ± 4.94	48.17 ± 6.05	49.55 ± 6.97	42.72 ± 8.71	47.45 ± 6.88

ตาราง 35 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของ	15	43.39 ± 10.73	53.91 ± 4.42	48.27 ± 4.59	51.44 ± 6.84	47.73 ± 6.02	43.65 ± 3.00	49.88 ± 8.52	42.92 ± 6.42	47.65 ± 7.44
ระยะเวลา	25	42.08 ± 11.78	51.78 ± 3.31	47.86 ± 5.76	47.48 ± 6.91	43.69 ± 5.29	48.67 ± 6.25	48.40 ± 3.50		46.90 ± 7.32
การเก็บ	35	41.30 ± 9.87	50.80 ± 5.41	48.24 ± 6.68	46.22 ± 2.14	45.12 ± 3.58	49.68 ± 7.48			46.64 ± 6.85
รักษา										
โดยเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	42.26 ± 10.44^{z}	52.16 ± 4.49^{x}	48.12 ± 5.52^{xy}	48.38 ± 5.97^{xy}	45.56 ± 5.33^{yz}	46.33 ± 5.48^{yz}	49.51 ± 7.45^{xy}	42.92 ± 6.42^{z}	47.15 ± 7.22

หมายเหตุ
- $^{x-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 36 ค่าการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ ก่อนลวก

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	41.91 ± 12.60	53.60 ± 1.70	44.55 ± 6.02	49.29 ± 5.86	43.72 ± 7.24	42.63 ± 2.91	45.20 ± 5.32	43.28 ± 6.87	45.52 ± 6.81
	25	38.12 ± 12.62	46.97 ± 2.63	44.76 ± 5.56	44.23 ± 5.98	39.27 ± 3.88				42.67 ± 6.91
	35	38.07 ± 6.75	50.48 ± 4.89	40.66 ± 4.06	41.57 ± 3.14					42.70 ± 6.42
	ค่าเฉลี่ย	39.37 ± 9.72	50.35 ± 4.09	43.32 ± 4.99	45.03 ± 5.61	41.50 ± 5.74	42.63 ± 2.91	45.20 ± 5.32	43.28 ± 6.87	44.02 ± 6.77
UV ระดับต่ำ	15	39.24 ± 10.17	46.39 ± 1.90	45.44 ± 3.97	45.17 ± 7.49	45.71 ± 5.99	38.03 ± 3.64	45.70 ± 10.68	37.23 ± 1.54	42.86 ± 6.64
	25	39.73 ± 13.94	46.08 ± 1.48	46.57 ± 7.89	44.05 ± 10.68	42.03 ± 6.12	42.62 ± 5.39			43.51 ± 7.59
	35	39.75 ± 13.71	47.00 ± 2.45	44.95 ± 6.80	42.58 ± 0.74	40.48 ± 4.06				42.95 ± 6.68
	ค่าเฉลี่ย	39.57 ± 11.02	46.49 ± 1.76	45.65 ± 5.62	43.93 ± 6.63	42.74 ± 5.28	40.33 ± 4.82	45.70 ± 10.68	37.23 ± 1.54	43.09 ± 6.85
UV ระดับสูง	15	40.12 ± 10.57	50.59 ± 2.62	43.96 ± 3.38	47.69 ± 7.00	42.72 ± 4.68	39.91 ± 0.63	45.49 ± 9.75	38.81 ± 7.58	43.66 ± 6.80
	25	39.06 ± 10.80	50.13 ± 4.13	41.70 ± 3.33	42.17 ± 2.22	40.60 ± 6.64	47.05 ± 5.30	43.94 ± 2.39		43.52 ± 6.02
	35	39.11 ± 8.67	44.26 ± 6.49	48.22 ± 6.78	44.54 ± 0.82	43.39 ± 3.27	47.05 ± 6.44			44.43 ± 5.86
	ค่าเฉลี่ย	39.43 ± 8.73	48.33 ± 5.08	44.63 ± 5.03	44.80 ± 4.41	42.24 ± 4.56	44.67 ± 5.50	44.72 ± 6.41	38.81 ± 7.58	43.83 ± 6.20

ตาราง 36 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเฉลี่ย	15	40.43 ± 9.74	50.19 ± 3.63	44.65 ± 4.03	47.38 ± 6.17	44.05 ± 5.41	40.19 ± 3.09	45.46 ± 7.71	39.77 ± 5.84	44.02 ± 6.75[a]
	25	38.97 ± 10.86	47.72 ± 3.15	44.34 ± 5.53	43.48 ± 6.30	40.63 ± 5.06	44.84 ± 5.36	43.94 ± 2.39		43.28 ± 6.70[b]
	35	38.98 ± 8.82	47.25 ± 5.03	44.61 ± 6.16	42.90 ± 2.12	41.93 ± 3.66	47.05 ± 6.44			43.47 ± 6.20[c]
	ค่าเฉลี่ย	39.46 ± 9.48[z]	48.39 ± 4.08[y]	44.54 ± 5.11[x]	44.59 ± 5.42[xw]	42.24 ± 4.93[w]	42.88 ± 5.10[v]	45.08 ± 6.69[u]	39.77 ± 5.84[u]	43.64 ± 6.56

หมายเหตุ

- [a-c] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [u-z] อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- [ns] ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

ตาราง 37 ค่าการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) ของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับความเข้มและเก็บรักษาในอุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ หลังลวก

ทรีทเมนต์ ns	อุณหภูมิ ns	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ชุดควบคุม	15	41.91 ± 12.60	53.60 ± 1.70	44.55 ± 6.02	49.29 ± 5.86	43.72 ± 7.24	42.63 ± 2.91	45.20 ± 5.32	43.28 ± 6.87	45.52 ± 6.81
	25	38.12 ± 12.62	46.97 ± 2.63	44.76 ± 5.56	44.23 ± 5.98	39.27 ± 3.88				42.67 ± 6.91
	35	38.07 ± 6.75	50.48 ± 4.89	40.66 ± 4.06	41.57 ± 3.14					42.70 ± 6.42
	ค่าเฉลี่ย	39.37 ± 9.72	50.35 ± 4.09	43.32 ± 4.99	45.03 ± 5.61	41.50 ± 5.74	42.63 ± 2.91	45.20 ± 5.32	43.28 ± 6.87	44.02 ± 6.77
UV ระดับต่ำ	15	39.24 ± 10.17	46.39 ± 1.90	45.44 ± 3.97	45.17 ± 7.49	45.71 ± 5.99	38.03 ± 3.64	45.70 ± 10.68	37.23 ± 1.54	42.86 ± 6.64
	25	39.73 ± 13.94	46.08 ± 1.48	46.57 ± 7.89	44.05 ± 10.68	42.03 ± 6.12	42.62 ± 5.39			43.51 ± 7.59
	35	39.75 ± 13.71	47.00 ± 2.45	44.95 ± 6.80	42.58 ± 0.74	40.48 ± 4.06				42.95 ± 6.68
	ค่าเฉลี่ย	39.57 ± 11.02	46.49 ± 1.76	45.65 ± 5.62	43.93 ± 6.63	42.74 ± 5.28	40.33 ± 4.82	45.70 ± 10.68	37.23 ± 1.54	43.09 ± 6.85
UV ระดับสูง	15	40.12 ± 10.57	50.59 ± 2.62	43.96 ± 3.38	47.69 ± 7.00	42.72 ± 4.68	39.91 ± 0.63	45.49 ± 9.75	38.81 ± 7.58	43.66 ± 6.80
	25	39.06 ± 10.80	50.13 ± 4.13	41.70 ± 3.33	42.17 ± 2.22	40.60 ± 6.64	47.05 ± 5.30	43.94 ± 2.39		43.52 ± 6.02
	35	39.11 ± 8.67	44.26 ± 6.49	48.22 ± 6.78	44.54 ± 0.82	43.39 ± 3.27	47.05 ± 6.44			44.43 ± 5.86
	ค่าเฉลี่ย	39.43 ± 8.73	48.33 ± 5.08	44.63 ± 5.03	44.80 ± 4.41	42.24 ± 4.56	44.67 ± 5.50	44.72 ± 6.41	38.81 ± 7.58	43.83 ± 6.20

ตาราง 37 (ต่อ)

ทรีทเมนต์[ns]	อุณหภูมิ[ns]	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)								ผลของทรีทเมนต์โดยเฉลี่ย
		0	1	2	3	4	5	6	7	
ผลของ	15	40.43 ± 9.74	50.19 ± 3.63	44.65 ± 4.03	47.38 ± 6.17	44.05 ± 5.41	40.19 ± 3.09	45.46 ± 7.71	39.77 ± 5.84	44.02 ± 6.75
ระยะเวลา	25	38.97 ± 10.86	47.72 ± 3.15	44.34 ± 5.53	43.48 ± 6.30	40.63 ± 5.06	44.84 ± 5.36	43.94 ± 2.39		43.28 ± 6.70
การเก็บ	35	38.98 ± 8.82	47.25 ± 5.03	44.61 ± 6.16	42.90 ± 2.12	41.93 ± 3.66	47.05 ± 6.44			43.47 ± 6.20
รักษา	ค่าเฉลี่ย	39.46 ± 9.48^{z}	48.39 ± 4.08^{x}	44.54 ± 5.11^{xy}	44.59 ± 5.42^{xy}	42.24 ± 4.93^{yz}	42.88 ± 5.10^{yz}	45.08 ± 6.69^{xy}	39.77 ± 5.84^{z}	43.64 ± 6.56
โดยเฉลี่ย										

หมายเหตุ
- $^{x-z}$ อักษรกำกับที่มีความแตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- ^{ns} ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ค่าของข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการทดลอง

1. ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดพบว่าประกอบด้วยปริมาณความชื้นร้อยละ 64.22 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.15 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.16 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.82 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 34.32

2. ความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต (จำนวนหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต 4 และ 8 หลอด ระยะห่าง 10 และ 15 เซนติเมตร) และ ระยะเวลาในการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต (0-120 วินาที) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้สภาวะความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตและระยะเวลาการให้รังสีมากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เป็นไปได้ดียิ่งขึ้น

3. จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด โดยใช้ระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลตที่ระดับสูง (หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต 8 หลอด ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ระยะเวลาการฉายรังสี 120 วินาที) และระดับต่ำ ระดับสูง (หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต 4 หลอด ระยะห่าง 10 เซนติเมตร ระยะเวลาการฉายรังสี 120 วินาที) ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเกิดการเสื่อมเสีย พบว่า ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดจะยังคงมีปริมาณความชื้นร้อยละ 63-64 มีความเงาใส ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ที่วัดได้ระหว่างการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 0.99 ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระ ค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก โดยมีค่าความสว่าง (L*) ในช่วง 69.22-73.32 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น นอกจากนี้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้ค่าสี L* ของตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวเส้นสด มีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งข้าว การให้รังสีอัลตราไวเลตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

4. ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราในก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้รังสี

อัลตราไวโอเลตร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้เพิ่มขึ้น 1-2 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

5. จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด พบว่าก๋วยเตี๋ยวที่ได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตมีลักษณะทางประสาทสัมผัสและการยอมรับไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษาส่งผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด โดยอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นสดมีความนุ่มมากที่สุด และมีลักษณะเป็นที่พึงพอใจสำหรับผู้ประกอบการมากที่สุด จากการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดด้วยเครื่อง texture profile analyzer พบว่า อุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ไม่ผ่านการลวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างในลักษณะดังกล่าวเมื่อก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ศึกษาทั้งหมดผ่านการลวกน้ำร้อนแล้ว ($p>0.05$)

ข้อแนะนำ

ผู้ประกอบการควรควบคุมกระบวนการผลิตและให้ความรู้เกี่ยวกับการทำงานที่ถูกต้องแก่พนักงาน เช่นการให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการอาหาร การดูแลลักษณะส่วนบุคคล เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร และแนะนำให้ผู้จำหน่ายรายย่อยเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวเส้นสดขณะรอจำหน่ายไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

บรรณานุกรม

กัลยาณี ดีประเสริฐวงศ์. ม.ป.ป. ความรู้เรื่องก๋วยเตี๋ยว. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. อ้างโดย ศรัลยภัคร์ ชำนาญ. 2551. **ผลของวัตถุกันเสีย เวลา และอุณหภูมิการเตรียมน้ำแป้งที่มีต่อคุณภาพการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวสด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 124 น.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 303 น.

งามชื่น คงเสรี. 2539. คุณภาพข้าว และผลิตภัณฑ์. น. 241-259. ใน การสัมมนาวิชาการครบ รอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2541. **ข้าวที่เหมาะสำหรับการแปรรูปก๋วยเตี๋ยวและการตรวจสอบคุณภาพ. ปทุมธานี.** ปทุมธานี: ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 19 น.

ฉวีวรรณ สีงาม และ ภริตา ชุ่มจิต. 2546. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้องเสริมผัก.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันราชภัฏเพชรบุรี. 39 น.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. **ธัญชาติและพืชหัว.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 235 น.

ดรุณี มูลโรจน์, นคร สานิชวรรณ และ สมพร เจี๊ยมกลิ่น. 2551. ผลของกระบวนการผลิตที่มีต่ออายุการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยว. อุตรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. อ้างโดย ศรัลยภัคร์ ชำนาญ. 2551. **ผลของวัตถุกันเสีย เวลา และอุณหภูมิการเตรียมน้ำแป้งที่มีต่อคุณภาพการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวสด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 124 น.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2550. การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม** 3: 6-13.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ. 2547. **จุลชีววิทยาทั่วไป.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 735 น.

นวพร ล้ำเลิศกุล. 2549. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** เชียงใหม่: พิทักษ์การพิมพ์. 509 น.

น้ำฝน ลำดับวงศ์. 2548. **อิทธิพลของพันธุ์ข้าวและกระบวนการให้ความร้อนต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 684 น.

เนตรนภิส วัฒนสุชาติ. 2546. คลื่นรังสี UV มีประโยชน์ต่อเทคโนโลยีอาหารอย่างไร. **วารสารอาหาร** 33(1): 15-22.

ปราณี วราสวัสดิ์. 2536. **เอกสารประกอบการสอน วิชาทอ 475 เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ธัญพืช.** เชียงใหม่: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะธุรกิจการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. 331 น.

_____. 2549. **เคมีอาหาร.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 271 น.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2546. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 528 น.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2541. **คุณสมบัติของข้าวและการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่.** กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 189 น.

ศรัลยภัคร์ ชำนาญ. 2551. **ผลของวัตถุกันเสีย เวลา และอุณหภูมิการเตรียมน้ำแป้งที่มีต่อคุณภาพการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวสด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 124 น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2529. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า.** มอก. 638-2529.

_____. 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยว.** มอก. 959-2533.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 454 น.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 366 น.

Adams, M. R. and M. O. Moss. 2000. **Food microbiology**. Cambridge: Royal Society of Chemistry. 479 p.

AOAC. 1995. **Official Methods of Analysis.** 16th ed. Washington, D.C. USA: Association of Official Analytical Chemists.

Baka, M., J. Mercier, R. Corcuff, F. Castalgne and J. Arul. 1999. Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. Journal of Food Science 64: 1068-1072. Cited by P. Perkins-Veazie, J. K. Collins and L. Howard. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. **Posthavest Biology and Technology** 47: 280-285.

Bhat, R., S. B. Ameran, H. C. Voon, A. A. Karim and L. M. Tze. 2011. Quality attributes of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) juice treated with ultraviolet radiation. **Food Chemistry** 127: 641-644.

Bhattacharya, M., S. Y. Zee and H. Corke. 1999. Physicochemical properties related to quality of rice noodles. **Cereal Chemistry** 76(6): 861-867.

Cagampang, G. B., C. M. Perez and B. O. Juliano. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Cagampang, G. B., L. T. Cruz, S. G. Espirtu, R. G. Santiago and B. O. Juliano. 1996. Studies on the extraction and composition of rice proteins. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Cai Jianming. 1998. Preservation of fresh noodles by irradiation. **Radiation Physics and Chemistry** 52: 35-38.

Champagne, E. T. 1996. Rice starch: composition and characteristics. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Diffey B. L. 2002. Sources and measurement of ultraviolet radiation. **Methods** 28: 4-13.

Fu, B. X. 2008. Asian noodles: history, classification, raw materials and processing. **Food Research International** 41: 888-902.

Ghaffar, S., A. S. Abdulamir, F. A. Bakar, R. Karim and Saari. 2009. Microbial growth, sensory characteristic and pH as potential spoilage indicators of Chiness yellow wet noodles from commercial processing plants. **American Journal of Applied Sciences** 6(6): 1059-1066.

Gomez, P. L., S. M. Alzamora, M. A. Castro and D. M. Salvatori. 2010. Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior. **Journal of Food Engineering** 98: 60-70.

Guan, W., X. Fan and R. Yan. 2012. Effects of UV-C treatment on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, microbial loads, and quality of button mushrooms. **Postharvest Biology and Technology** 64: 119-125.

Hamaker, B. R. 1994. The influence of rice protein on rice quality. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Henry, R. J. and P. S. Kelttlewell. 1996. Cereal Grain Quality. London: Chapman&Hall. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Hormdok, R. and A. Noomhorm. 2007. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. **LWT** 40: 1723-1731.

Hoseney, R. C. 1986. Principles of Cereal Science and Technology. St. Paul, Minnesota: The American Association of Chemists, Inc. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Huang, J. R., C. Y. Huang, Y. W. Huang and R. H. Chen. 2007. Shelf-life of fresh noodles as affected by chitosan and its maillard reaction products. **LWT** 40: 1287-1291.

Huang, Y. C. and H. M. Lai. 2010. Noodle quality affected by different cereal starches. **Journal of Food Engineering** 97: 135-143.

Juliano, B. O. 1985. **Rice: Chemistry and Technology**. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists. 774 p.

Kanthamoon, W. no date. **Food irradiation.** [Online]. Available http://202.44.47.77/tam/SubjectsbyWASAN/673352%20FoodProcessingII/Food%20irradiation.pdf (30 January 2008).

Kuo, F. L., S.C. Ricke and J. B. Carey. 1997. Shell egg sanitation: UV radiation and egg rotation to effectively reduce populations of aerobes, yeasts and molds. **Journal Food Protection** 60: 694-697.

Lacroix, B., M. Ouattara, L. Saucier, M. Giroux and W. Smoragiewicz. 2004. Effect of gamma irradiation in presence of ascorbic acid on microbial composition and TBARS concentration of ground beef coated with an edible active coating. **Radiation Physics and Chemistry** 71: 71-75.

Lado, B. H. and A.E. Yousef. 2002. Alternative food-preservation technologies: efficacy and mechanisms. **Microbes and Infection** 4: 433-440.

Lee, F. A. 1983. Basic Food Chemistry. 2nd ed. Westport: The AVI Pub. Co. Inc. อ้างโดย ปราณี วราสวัสดิ์. 2549. **เคมีอาหาร.** เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Li, M., K. Zhu, X. Guo, W. Peng and H. Zhou. 2011. Effect of water activity (a_w) and irradiation on the shelf-life of fresh noodles. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 12(4): 526-530.

Liu, J., C. Stevens, V. A. Khan, J. Y. Lu, C. L. Wilson, O. Adeyeye, M. K. Kabwe, P. L. Pusey, E. Chaltuz, T. Sultana and S. Droby. 1992. Appication of ultraviolet-c light on storage rots and ripening of tomatoes. **Journal of Food Protection** 56(10): 868-872.

Lopez-Rubira, V., A. Conesa, A. Allende and F. Artes. 2005. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. **Postharvest Biology and Technology** 37: 174-185.

Luh, B.S. 1991. **Rice: Utilization**. 2nd Edition. New York: Van Nostrand Reinhold. 413 p.

Lyon, B. G., E. T. Champagne, B. T. Vinyard and W. R. Windham. 2000. Sensory and instrumental relationships of cooked rice from selected cultivars and postharvest handling practices. **Cereal Chemistry** 77(1): 64-69.

Manzocco, L., S. D. Pieve and M. Maifreni. 2011. Impact of UV-C light on safety and quality of fresh-cut melon. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 12: 13-17.

Morrison, W. R. 1988. Lipid In V. Pomeranz. Ed. Wheat: Chemistry and Technology. St. Paul, Minnesota: The American Association of Cereal Chemists, Inc. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Pombo, M. A., M. C. Dotto, G. A. Martinez and P. M. Civello. 2009. UV-C irradiation delays strawberry fruit softening and modifies the expression of genes involved in cell wall degradation. **Postharvest Biology and Technology** 51: 141-148.

Proctor A. and D. E. Goodman. 1985. Physicochemical Differences Between Milled Whole Rice and Milled Broken Rice. **Journal of Food Science** 50: 922-925.

Remesh, M., K. R. Bhattacharya and J. R. Mitchell. 2000. Developments in understanding the basis of cooked-rice texture. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Sandhu, K. S., M. Kaur and Mukesh. 2010. Studies on noodle quality of potato and rice starches and their blends in relation to their physicochemical, pasting and gel textural properties. **LWT – Food Science and Technology** 43: 1289-1293.

Schoch, T. J. 1967. Properties and uses of rice starch. pp. 79-86. In R. L. Whistler, J. N. BeMiller and E. F. Paschall (Eds.). Starch: Chemistry and Technology. 2nd ed. Florida: Academic Press Inc. อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Stevens, C., V. A. Khan, J. Y. Lu, C. L. Wilson, L. P. Pusey, E. C. K. Igwegbe, K. Kabwe, Y. Mafolo, J. Liu, E. Chalutz and S. Droby, 1997. Integration of ultraviolet (UV-C) light with yeast treatment for control of postharvest storage rots of fruits and vegetables. Biology. Control 10: 98-103. Cited by P. Perkins-Veazie, J. K. Collins amd L. Howard. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. **Posthavest Biology and Technology** 47: 280-285.

Suwansri, S. and J. F. Meullenet. 2004. Physicochemical characterization and consumer acceptance by Asian consumers of aromatic Jasmine rice. **Journal of Food Science** 69(1): 30-37.

Tatsumi, E., M. Saito, Z. Lu, L. Li and W. Min. 2003. Influence of natural fermentation on the physico-chemical characteristics of rice noodle. อ้างโดย ศรัลยภัคร์ ชำนาญ. 2551. **ผลของวัตถุกันเสีย เวลา และอุณหภูมิการเตรียมน้ำแป้งที่มีต่อคุณภาพการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวสด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Tran, M. T. T. and M. Farid. 2004. Ultraviolet treatment of orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 5: 495-502.

Varavinit, S., S. Shobsngob, W. Varanganond, P. Chinachoti and O. Naivikul. 2002. Freezing and thawing conditions affect the gel stability of different varieties of rice flour. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. **ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Wansuksri, R., S. Chotineeranat, K. Piyachomkwan and K. Sriroth. 1999. Protein in rice flour and its effect on rice starch hydrolysis. In The 5th Asia-Pacific Biochemical Engineering Conference 1999 and The 11th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology , 15-18 November 1999, Arcadia Hotel & Resort, Phuket, Thailand. อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปียะจอมขวัญ. 2550. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Wambura, P. and M. Verghese. 2011. Effect of pulsed ultraviolet light on quality of sliced ham. **LWT – Food Science and Technology** 44: 2173-2179.

Xu, Y., H. Clifford, C. Wolf-Hall and F. Manthey. 2008. Fungistatic activity of flaxseed in potato dextrose agar and a fresh noodle system. **International Journal of Food Microbiology** 121: 262–267.

Yadav, B. S., R. B. Yadav and M. Kumar. 2011. Suitability of pigeon pea and rice starches and their blends for noodle making. **LWT – Food Science and Technology** 44: 1415-1421.

Yoenyongbuddhagal, S. and A. Noomhorm. 2002. Effect of raw material preparation on rice vermicelli quality. **Starch/Stärke** 54: 534-539.

Zobel, H. F. and K. Kulp. 1996. The staling mechanism. pp. 1-24. In R. E. Hebeda and H. F. Zobel, ed. **Baked Good Freshness: Technology, Evaluation, and Inhibition of Staling.** New York: Marcel Dekker, Inc.

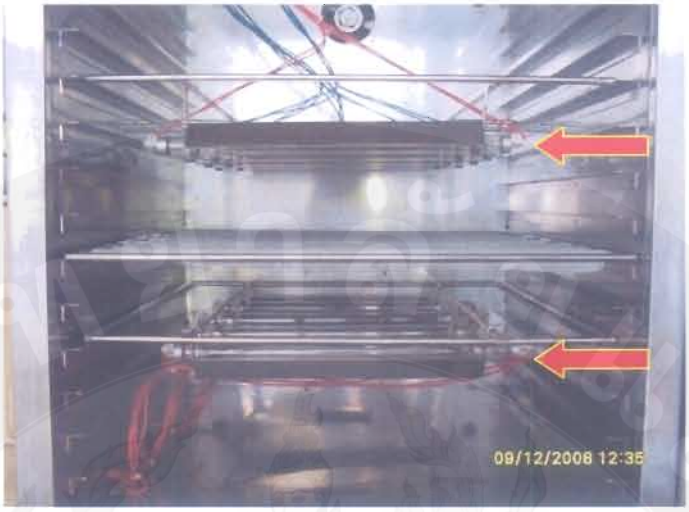
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วัตถุดิบ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผนวก 1 ก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

ภาพผนวก 2 ตู้สแตนเลสปิดสนิท ภายในบรรจุหลอดอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Chamber)



ภาพผนวก 3 หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต (Sylvania, 254 nm, 15 วัตต์)

ภาคผนวก ข

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยว

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยว (มอก. 959-2533)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการ วัตถุเจือปนอาหาร สุขลักษณะ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน และการทดสอบก๋วยเตี๋ยว

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ก๋วยเตี๋ยว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเจ้าที่นำมาโม่หรือแป้งข้าวเจ้า ซึ่งอาจมีแป้งชนิดอื่นผสมอยู่ด้วยก็ได้ ทำให้เป็นแผ่นบาง นึ่งให้สุก ทำให้แห้ง

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ก๋วยเตี๋ยวในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีขนาดเส้นใกล้เคียงกัน

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2 ความหนา

ต้องมีความหนาสม่ำเสมอ โดยมีความหนาเฉลี่ยไม่เกิน 0.7 มิลลิเมตร และความหนาที่วัดได้จากแต่ละตำแหน่งจะต่างจากความหนาเฉลี่ยได้ไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.1

3.3 สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อ

ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมตามข้อ 9.2.2 แล้วต้องเป็นดังนี้

3.3.1 สี

ต้องมีสีขาวนวลสม่ำเสมอ

3.3.2 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสตามธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นหืน หรือกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์อื่น

3.3.3 ลักษณะเนื้อ

นิ่มและเหนียว ไม่เกาะติดกัน

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 9.2.3 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และต้องไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.4 ข้อบกพร่องที่ยอมให้มีได้

ก๋วยเตี๋ยวในภาชนะบรรจุเดียวกันที่ชักตัวอย่างจากโรงงานที่ทำ จะมีเส้นหักได้ไม่เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนักสุทธิ การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3

3.5 ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ 12 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 14.004

3.6 อะฟลาทอกซิน (aflatoxin)

ต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 26.032 ถึงข้อ 26.036

4. วัตถุเจือปนอาหาร

วัตถุเจือปนอาหารให้ใช้ได้ตามชนิด และปริมาณที่กำหนดดังต่อไปนี้

4.1 โซเดียม หรือโพแตสเซียมเมตาไฮโดรเจนซัลไฟต์ หรือโซเดียม หรือโพแตสเซียมไฮโดรเจนซัลไฟต์ หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่เหมาะสม แต่ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือในก๋วยเตี๋ยวต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 20.123 ถึงข้อ 20.125

5. สุขลักษณะ

5.1 สุขลักษณะให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดสุขลักษณะของอาหารมาตรฐานเลขที่ มอก. 34

5.2 จุลินทรีย์ที่อาจมีในก๋วยเตี๋ยว ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้

5.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน $1x10^3$ โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 46.015

5.2.2 รา ไม่เกิน 10 โคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 46.011

5.2.3 โคลิฟอร์ม (coliform) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) น้อยกว่า 3 ต่อกรัมของตัวอย่าง 1 กรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 46.016

5.2.4 คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (*Clostridium perfringens*) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.01 กรัม การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 46.092 ถึงข้อ 46.097

6. การบรรจุ

6.1 ให้บรรจุก๋วยเตี๋ยวในภาชนะที่สะอาด แห้ง ผนึกเรียบร้อย และสามารถป้องกันการปนเปื้อนได้

6.2 น้ำหนักสุทธิของแป้งแผ่นต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่ภาชนะบรรจุก๋วยเตี๋ยวทุกภาชนะบรรจุ อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

7.1.1 คำว่า "ก๋วยเตี๋ยว"

7.1.2 น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม

7.1.3 เดือน ปีที่ทำ

7.1.4 ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

7.1.5 ประเทศที่ทำ

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC, 1995)

นำตัวอย่างมาบดละเอียดแล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2-5 กรัม ใส่ในจานอะลูมิเนียมที่ผ่านการอบแห้งแล้ว จากนั้นอบตัวอย่างในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณความชื้นจากค่าความแตกต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบและคิดเทียบกับน้ำหนักตัวอย่าง 100 กรัม

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 1995)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใส่ในครูซิเบิ้ลกระเบื้องที่ผ่านการอบแห้งแล้ว จากนั้นนำไปเผาบนเตาให้ความร้อนจนหมดควันดำ ก่อนนำไปเผาต่อในเตาเผาเถ้าที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง หรือเผาข้ามคืนจนได้เถ้าที่มีสีขาว และทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักคิดคำนวณเทียบกับน้ำหนักตัวอย่าง 100 กรัม

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 1995)

ชั่งตัวอย่างที่หาความชื้นแล้วประมาณ 1-3 กรัม ลงบนกระดาษกรองแล้วห่อให้มิดชิด ใส่ลงในทิมเบิล และเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายลงในถ้วยสกัดไขมันประมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วนำมาสกัดไขมันด้วยเครื่อง Soxtex System HT (Tecator, Sweden) จากนั้นนำถ้วยสกัดไขมันที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1995)

ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 1 กรัม ในกรณีที่เป็นตัวอย่างอาหารเปียก ถ้าเป็นตัวอย่างอาหารแห้งจะใช้ตัวอย่างประมาณ 0.3 กรัม ใส่ลงไปในหลอดย่อย และใส่ตัวเร่งปฏิกิริยาหรือ Kjeldahl catalyst ลงไป 1 เม็ด เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไป 5 มิลลิลิตร แล้วย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายใส จากนั้นนำมากลั่นด้วยเครื่อง Kjeltec System รุ่น 1026 (Tecator, Sweden) โดยใช้ระบบอัตโนมัติ (น้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร และด่าง 20 มิลลิลิตร) ซึ่งใช้สารละลายกรดบอริคเข้มข้นร้อยละ 4 จำนวน 25 มิลลิลิตร เพื่อดักจับก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้น แล้วนำมาไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนเป็นสารละลายสีม่วงอมน้ำเงิน

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14.007}{W \times 10}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)} \times 5.95$$

โดยที่ a = ปริมาตรของสารละลายกรดที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร

b = ปริมาตรของสารละลายกรดที่ใช้ไตเตรตกับ blank เป็นมิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเป็นนอร์มอล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

10 = ค่าคงที่ที่แปลงจากหน่วยกรัมเป็นร้อยละ

14.007 = น้ำหนักมวลโมเลกุลของไนโตรเจน

5.95 = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนปริมาณไนโตรเจนเป็นโปรตีน สำหรับเมล็ดข้าว

6.25 = ค่าคงที่สำหรับการเปลี่ยนปริมาณไนโตรเจนเป็นโปรตีน สำหรับตัวอย่างอาหาร หรือตัวอย่างอื่นๆ ที่ไม่ระบุเฉพาะ

การวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

การวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqualab 3TE, U.S.A.) ทำการอุ่นเครื่อง 30 นาที และ calibrate เครื่องก่อนใช้งาน นำตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวมาตัดให้มีขนาดเท่ากับที่ใส่ตัวอย่าง หลังจากนั้นนำใส่เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ หมุนปุ่มไปที่ load รอจนกระทั่งเครื่องอ่านค่าที่ได้จากตัวอย่าง

การวัดค่าความเป็นกรด-เบส (AOAC, 1995)

ตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวสดนำมาหั่นให้ละเอียดประมาณ 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียด นำมากรองโดยใช้กระดาษกรอง และปั๊มสุญญากาศ แล้วจึงนำน้ำตัวอย่างที่ได้มาทำการวัด ซึ่งก่อนการวิเคราะห์ควรปรับเทียบเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH meter: Metrohm 744, Switzerland) ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ หลังจากนั้นจึงวัดค่าความเป็นกรด-เบสของตัวอย่าง

ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแล็กติก (AOAC, 1995)

ชั่งตัวอย่างน้ำแป้ง 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ หยดฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด และทำการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.01 นอร์มอล จนกระทั่งน้ำแป้งเปลี่ยนเป็นสีชมพูคงที่นาน 30 วินาที บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต แล้วจึงนำมาคำนวณให้อยู่ในรูปของกรดแล็กติก

การวัดค่าสี

ก่อนการวิเคราะห์ควรอุ่นเครื่องวัดสี (Tri-stimulus colorimeter รุ่น JC801) ประมาณ 100 นาที หลังจากนั้นเลือกแท่นรองให้สัมพันธ์กับขนาดของวัตถุที่จะวัด วางบนช่องแสงผ่าน แล้วปรับมาตรฐานเครื่องวัดสีด้วย standard white plate ก่อนการวัดค่าสีของตัวอย่าง ซึ่งการวัดค่าสีระบบ CIE ประกอบด้วยตัวแปรของค่าสี 3 ตัวคือ

1. ค่าสี L* หมายถึง ค่าความสว่างของสี ซึ่งมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

2. ค่าสี a* หมายถึง ค่าความเป็นสีเขียวและสีแดง เมื่อ a* มีค่าบวก จะแสดงถึงความเป็นสีแดง และเมื่อ a* มีค่าลบ จะแสดงถึงความเป็นสีเขียว

3. ค่าสี b* หมายถึง ค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลือง เมื่อ b* มีค่าบวก จะแสดงถึงความเป็นสีเหลือง และเมื่อ b* มีค่าลบ จะแสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

การหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด (total plate count) ทำโดยการสุ่มเส้นก๋วยเตี๋ยว 25 กรัม ทำการเจือจางตัวอย่างแบบอนุกรม ด้วย peptone water 225 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการ pour plate โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA บ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่างอาหาร 1 กรัม

ปริมาณยีสต์และรา

การหาปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold) ทำโดยการสุ่มเส้นก๋วยเตี๋ยว 25 กรัม ทำการเจือจางตัวอย่างแบบอนุกรม ด้วย peptone water 225 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการ spread plate โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่างอาหาร 1 กรัม

ภาคผนวก ง

การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture profile analyzer

การเตรียมตัวอย่าง

ตัดเส้นก๋วยเตี๋ยวสดขนาดกว้าง 1.5 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว สำหรับการวัดค่าแรงตัด และตัดเส้นก๋วยเตี๋ยวสดด้วยโพรบวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว สำหรับการวัดค่า Texture profile analysis

ส่วนการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสหลังลวก ทำโดยนำตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวมาลวกในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 8 วินาที โดยทำการเขย่าตะกร้อลวกก๋วยเตี๋ยวขณะลวก ย้ายตัวอย่างมาแช่ในน้ำอุ่น 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 นาที ทำการสะเด็ดน้ำและพักตัวอย่าง 30 วินาที จึงนำตัวอย่างที่ผ่านการลวกมาวัดค่าแรงตัด และวัดค่า Texture profile analysis

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture profile analyzer

ก่อนการวิเคราะห์ควรปรับเทียบเครื่องวัดค่าน้ำหนักของเครื่อง (TA.XT plus texture analyzer: Stable Micro system Ltd., UK) ด้วยตุ้มน้ำหนัก 2000 กรัม และทำการปรับเทียบความสูง หลังจากนั้นจึงวัดค่าแรงตัดของตัวอย่าง

การตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับการวัดค่า Texture profile analysis

Probe	P/100
Test mode	compression
Pre-Test speed	2 mm/sec
Test speed	2 mm/sec
Post-Test speed	2 mm/sec
Target mode	1 = strain
Strain	50%
Count	2
Trigger type	0 = auto (Force)
Trigger force	5 g
Advances option	0 = on

การตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับการวัดค่าแรงตัด

Noodle compression	
Probe	HDP/BSK
Test mode	compression
Pre-Test speed	2 mm/sec
Test speed	2 mm/sec
Post-Test speed	2 mm/sec
Target mode	0 = distance
Distance	10 mm
Count	1
Trigger type	0 = auto (Force)
Trigger force	5 g
Break mode	0 = off
Stop plot at	2 = start position
Tare mode	0 = auto
Advances option	0 = on
Control oven	0 = disable

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อ-สกุล ผู้ทดสอบ..... **วันที่ทำการทดสอบ.....**

กรุณาทำเครื่องหมาย I ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ลักษณะของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด

ก) ก่อนลวก

1. สี

สีเหลือง **สีขาว**

ข) หลังลวก

1. สี

สีขาวขุ่นที่สุด **สีขาวใสที่สุด**

2. ความเหนียว

ไม่เหนียวที่สุด **เหนียวที่สุด**

3. ความนุ่ม

ไม่นุ่มที่สุด **นุ่มที่สุด**

ความชอบรวม

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

ไม่ชอบมากที่สุด ไม่ชอบมาก ไม่ชอบปานกลาง ไม่ชอบเล็กน้อย เฉยๆ ชอบเล็กน้อย ชอบปานกลาง ชอบมาก ชอบมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ (ถ้ามี)

.....

.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือค่ะ

ภาพผนวก 4 แบบฟอร์มการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นสดที่ผ่านและไม่ผ่านการลวกในน้ำเดือด

ภาคผนวก ฉ

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวศศิธร วรรณมหินทร์
วันเดือนปีเกิด	11 พฤษภาคม 2528
ภูมิลำเนา	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2545 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมารีย์วิทยา จังหวัดนครราชสีมา
	พ.ศ. 2550 วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยแม่โจ้