



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ความปลอดภัยของอาหาร)

ปริญญา

ความปลอดภัยของอาหาร

สัตว์บาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การใช้รังสีอุลตราไวโอเลตควบคู่กับกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บ
รักษาน้ำนมแพะ

Using Ultraviolet Irradiation Combined with Pasteurization to Extend Goat Milk's
Shelf Life

นามผู้วิจัย นางสาวจิพร บุญล้อม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิธร นาคทอง, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์สุกัญญา วิชชุกิจ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อามางกูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้รังสีอุลตราไวโอเลตควบคู่กับกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา
น้ำนมแพะ

Using Ultraviolet Irradiation Combined with Pasteurization to Extend Goat Milk's
Shelf Life

โดย

นางสาวจรีพร บุญล้อม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ความปลอดภัยของอาหาร)
พ.ศ. 2555

จิรพร บุญล้อม 2555: การใช้รังสีอัลตราไวโอเลตควบคุมกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาน้ำนมแพะ ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ความปลอดภัยของอาหาร) สาขาความปลอดภัยของอาหาร ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิธร นาคทอง, Ph.D. 101 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะก่อน และหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ และศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์หลังการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต รวมทั้งแนวทางที่เหมาะสมในการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตควบคุมกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ น้ำนมแพะดิบ และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต (UV- C 253.7 nm.) ด้วยอัตราการไหล 0.85 ml/s 1.2 ml/s และ 1.7 ml/s เป็นจำนวน 1 รอบ 2 รอบ และ 3 รอบ น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านและไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน นำมาตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม คุณภาพทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และประเมินความชอบโดยใช้ประสาทสัมผัสด้วยวิธีจัดลำดับ

ผลการทดลองพบว่ารังสีอัลตราไวโอเลตสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะได้ โดยการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับอัตราการไหล และจำนวนรอบที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่สภาวะอัตราการไหลช้าที่สุด และจำนวนรอบมากที่สุด (0.85 ml/s จำนวน 3 รอบ) ให้ผลการลดลงของจุลินทรีย์รวมมากที่สุด เนื่องจากน้ำนมได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตนานกว่าที่อัตราการไหลเร็ว หรือที่จำนวนรอบผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตน้อย อย่างไรก็ตาม ที่สภาวะนี้ ผลลำดับความชอบด้านกลิ่นรสของน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์อยู่ในลำดับที่น้อยที่สุด น้ำนมแพะเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตมีแนวโน้มมีอายุการเก็บรักษานานกว่าน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต องค์ประกอบน้ำนม คุณภาพทางกายภาพ และเคมี มีค่าอยู่ในเกณฑ์ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด แนวทางการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการลดเชื้อจุลินทรีย์ มี 2 แบบด้วยกันคือ ใช้ลดเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นในน้ำนมแพะดิบก่อนทำผลิตภัณฑ์และใช้ลดเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มเติมหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาน้ำนม ในกรณีที่สองนี้ควรพิจารณาควบคุมผลประเมินด้านประสาทสัมผัส ซึ่งพบว่า การผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตด้วยระยะเวลาสั้น คือ ที่อัตราการไหลเร็ว และจำนวนรอบที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตน้อย ให้กลิ่นรสน้ำนมที่ลำดับความชอบมาก นอกจากนี้ การพาสเจอร์ไรส์น้ำนมควบคุมการใช้รังสีอัลตราไวโอเลต น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษานมพาสเจอร์ไรส์ที่สามารถประยุกต์ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและแบบครัวเรือน

Jareeporn Boonlom 2012: Using Ultraviolet Irradiation Combined with Pasteurization to Extend Goat Milk's Shelf Life. Master of Science (Food Safety), Major Field: Food Safety, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Sasitorn Nakthong, Ph.D. 101 pages.

The aim of this study was to use ultraviolet irradiation to reduce microorganisms in goat's milk before and after pasteurization and also to measure shelf life after the irradiation and applications of ultraviolet irradiation combined with pasteurization. Raw and pasteurized goat's milk samples were passed through ultraviolet irradiation (UV- C 253.7 nm.) with flow rates of 0.85 ml/s, 1.2 ml/s and 1.7 ml/s with recirculation for either 1, 2 or 3 times. The pasteurized milks treated with and without the ultraviolet irradiation were then stored at 4°C for 15 days. The milks were tested for their composition, physical; chemical; biological properties as well as acceptability using a sensory ranking test.

The results showed that the ultraviolet irradiation could reduce microorganisms in goat's milk. The reduction of the microorganisms was dependent on flow rate and recirculation. The lowest flow rate and maximum time of recirculation (0.85 ml/s, 3 times of recirculation) yielded the greatest reduction in total microorganisms in both raw and pasteurized goat's milk samples. It may be hypothesized that this was because the milks were exposed to the ultraviolet irradiation for longer than at fast flow rates or less recirculation. However, for the lowest microorganism condition, the sensory acceptability was ranked as least acceptable. Overall, the pasteurized milk samples treated with the ultraviolet irradiation showed a tendency to have a longer shelf life than the untreated milk. Their composition, physical and chemical properties fell within the ranges for fresh milk's standard values, as defined by the Thai industrial standard. Two treatments of ultraviolet irradiation to reduce microorganisms in goat's milk can be proposed. First, it could be used to reduce initial microorganisms in raw goat's milk before processing to products. Second, it could be used as an additional tool to reduce microorganisms in pasteurized milk after the pasteurization to extend the milk's shelf life. In the second case, it should be done with sensory acceptability in mind. Short periods of ultraviolet irradiation exposure or fast flow rate and less recirculation yielded greater acceptability using a ranking test. In conclusion, pasteurization combined with ultraviolet irradiation could be applied in small milk factories or cottage industries to extend pasteurized milk's shelf life.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิธร นาคทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์สุกัญญา วิชชกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดจนแนวทางการดำเนินชีวิต

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนเงินวิจัยเพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสนศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสัตว์ กำแพงแสน และภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำนม ห้องปฏิบัติการภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ และบริการวินิจฉัย คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางจุลินทรีย์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ และให้การช่วยเหลือเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อผดล บุญล้อม และคุณแม่สิริวรรณ รอดประเสริฐ ที่ให้การอบรมสั่งสอน ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด และเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

จรีพร บุญล้อม
มิถุนายน 2555

สารบัญ

หน้า

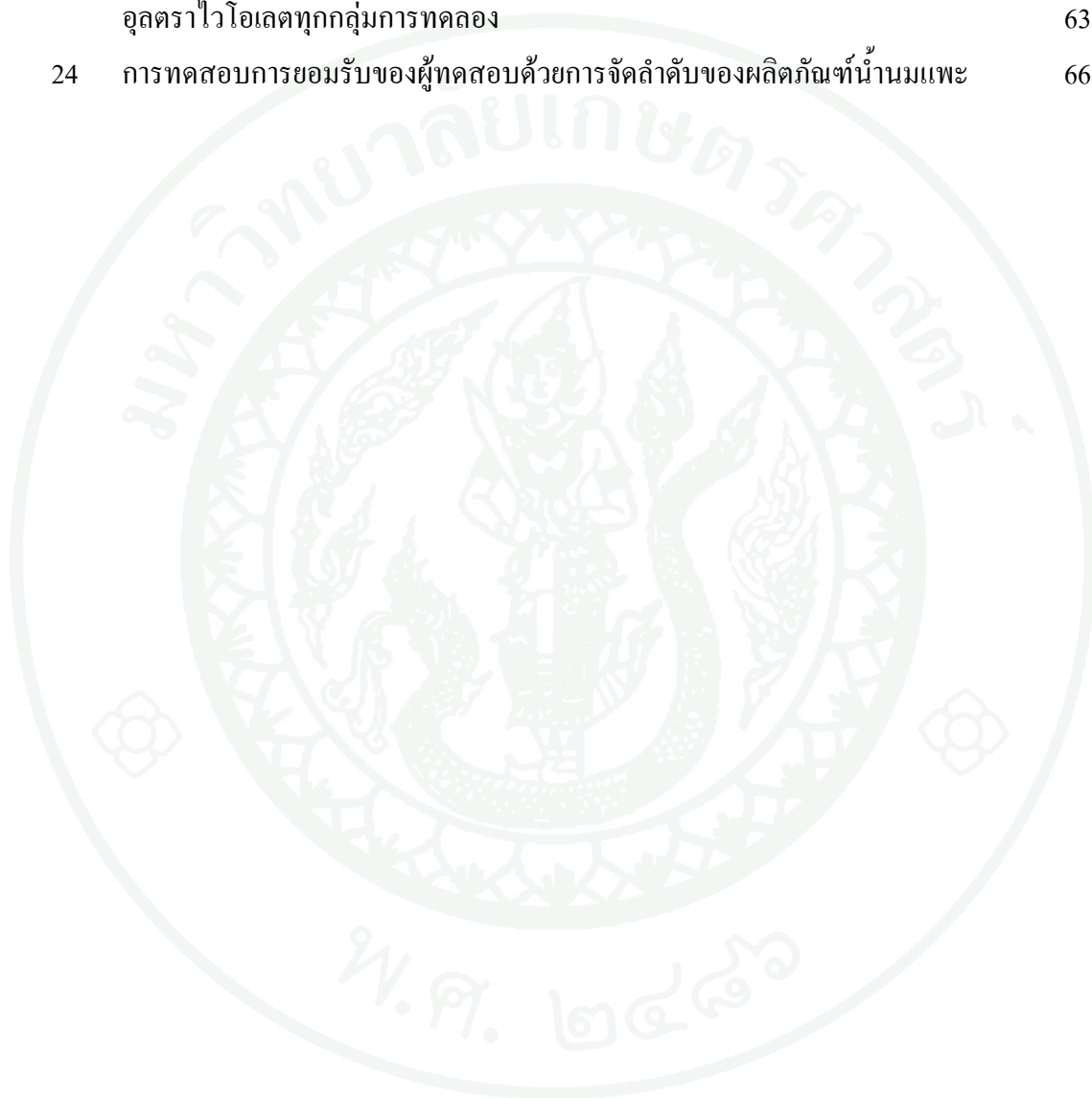
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	39
อุปกรณ์	39
วิธีการ	40
ผลและวิจารณ์	46
สรุปและข้อเสนอแนะ	67
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	69
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก กระบวนการทำนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์	79
ภาคผนวก ข การใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในนํ้านมแพะ	81
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพนํ้านมแพะดิบทางด้านเคมี	83
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพนํ้านมแพะดิบทางจุลินทรีย์	85
ภาคผนวก จ การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส	91
ภาคผนวก ฉ ค่าเปอร์เซ็นต์ R-index	94
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	101

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	การเปรียบเทียบองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำมันมรรดา น้ำมันแพะ และน้ำมันโค
2	การเปรียบเทียบวิตามินที่สำคัญในน้ำมันมรรดา น้ำมันแพะ และน้ำมันโค
3	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอายุการเก็บรักษาน้ำมันพาสเจอร์ไรส์
4	อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมประเภทต่างๆ
5	พลังงานรังสีดวงอาทิตย์
6	ตัวอย่างการประเมินความชอบของผู้บริโภคโดยใช้ประสาทสัมผัสด้วยวิธีจัดลำดับ
7	รูปแบบการทดลองการศึกษาการลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำมันแพะดิบ และน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
8	รูปแบบการทดลองการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์ตลอดอายุการเก็บรักษา
9	ผลการทดลองการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตลดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในน้ำมันแพะดิบ
10	ผลการทดลองการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตในน้ำมันแพะดิบ
11	ผลการทดลองการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตในน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
12	ผลการทดลองการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตลดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
13	ผลการทดลองการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
14	เปอร์เซ็นต์ไขมันของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
15	เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมันของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
16	เปอร์เซ็นต์โปรตีนของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
17	เปอร์เซ็นต์แลคโตสของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
18	จุดเยือกแข็งของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
19	ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
20	ค่าความเป็นกรดของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
21	ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์
22	องค์ประกอบ คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลตทุกกลุ่มการทดลอง

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
23	องค์ประกอบ คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสี อุลตราไวโอเลตทุกกลุ่มการทดลอง	63
24	การทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบด้วยการจัดลำดับของผลิตภัณฑ์น้ำนมแพะ	66



สารบัญตาราง

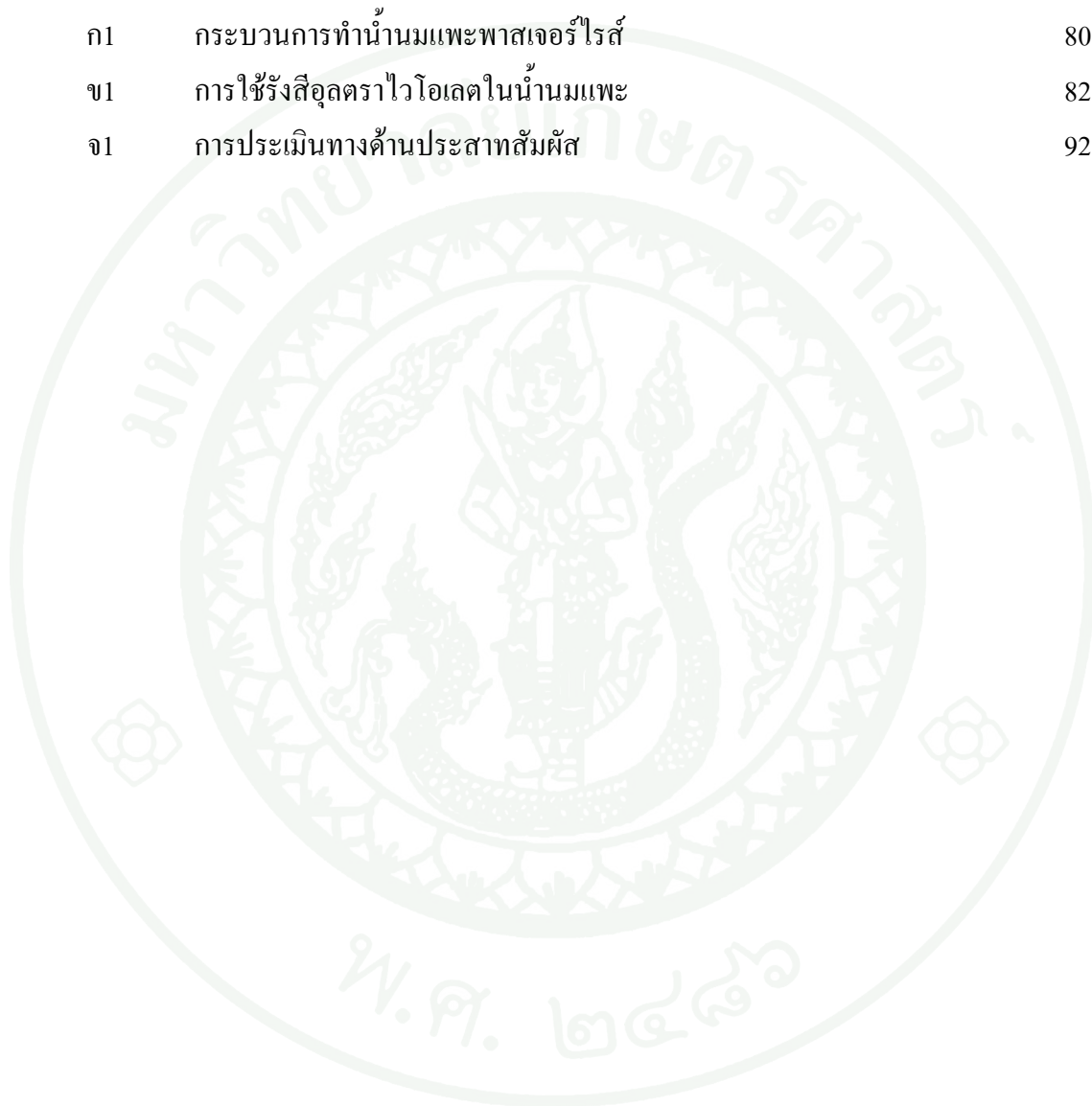
ตารางผนวกที่	หน้า
จ1 การสุ่มเลขรหัส 3 หลัก	93
ฉ1 ค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ที่นัยสำคัญต่างๆ โดยค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าที่เกิน 50 เปอร์เซนต์	95
ฉ2 คำตอบจากผู้ทดสอบความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสผ่านน้ำมพะ' เจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อายุการเก็บรักษา 1 วัน	96
ฉ3 คำตอบจากผู้ทดสอบความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสผ่านน้ำมพะ' เจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อายุการเก็บรักษา 5 วัน	97
ฉ4 คำตอบจากผู้ทดสอบความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสผ่านน้ำมพะ' เจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อายุการเก็บรักษา 10 วัน	98
ฉ5 คำตอบจากผู้ทดสอบความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสผ่านน้ำมพะ' เจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อายุการเก็บรักษา 13 วัน	99
ฉ6 คำตอบจากผู้ทดสอบความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสผ่านน้ำมพะ' เจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อายุการเก็บรักษา 15 วัน	100

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	20
2	สเปกตรัมรังสีอุลตราไวโอเลต	21
3	การแปลงสภาพ DNA	22
4	โครงสร้าง Purine หรือ Pyrimidine	23
5	กระบวนการทำนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์	40
6	ส่วนประกอบของระบบจำลองรังสีอุลตราไวโอเลตที่ใช้ทดสอบนํ้านม	41

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่		หน้า
ก1	กระบวนการทำนํ้านมพะปาสเจอร์ไรส์	80
ข1	การใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในนํ้านมพะ	82
จ1	การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส	92



การใช้รังสีอุลตราไวโอเลตควบคู่กับกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาน้ำนมแพะ

Using Ultraviolet Irradiation Combined with Pasteurization to Extend Goat Milk's Shelf Life

คำนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำนมสำหรับบริโภค การลดจำนวนจุลินทรีย์ และเอนไซม์เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากจุลินทรีย์หลายชนิดก่อให้เกิดโรคหรือเป็นพิษต่อผู้บริโภค และบางชนิดทำให้น้ำนมเน่าเสีย ซึ่งทำให้อายุการเก็บรักษาน้ำนมสั้นลง วิธีการลดเชื้อจุลินทรีย์ และเอนไซม์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ การให้ความร้อนต่อน้ำนมในช่วงเวลาหนึ่ง กระบวนการทางความร้อนเหล่านี้ ได้แก่ พาสเจอร์ไรส์ ซึ่งใช้ความร้อนประมาณ 63-75 องศาเซลเซียส หรือสเตอริไรส์ ซึ่งใช้ความร้อนประมาณ 110-150 องศาเซลเซียส เป็นต้น ถึงแม้การใช้อุณหภูมิสูงสามารถฆ่าเชื้อโรค และทำลายเอนไซม์ได้มากกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ ทว่ามีผลกระทบด้านกลิ่น รสชาติ เช่น กลิ่นและรสของนมต้มสุก การจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคน้ำนม เนื่องจากการเสื่อมสภาพของโปรตีน ซึ่งการเสื่อมสภาพของโปรตีนจะพบเห็นมากในน้ำนมแพะ เนื่องจากน้ำนมแพะมีความคงตัวต่อความร้อนต่ำกว่าน้ำนมโค

ปัจจุบันมีการใช้เทคนิคการยืดอายุกับการผลิตน้ำนม โดยยึดหลักการผลิตน้ำนมให้มีเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าการผลิตด้วยกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ มีรสชาติใกล้เคียงธรรมชาติ และมีอายุการเก็บรักษามากกว่าน้ำนมที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์โดยทั่วไป ซึ่งเทคนิคนี้ใช้หลักการปลอดเชื้อทุกขั้นตอน ตั้งแต่การผลิตจนถึงการบรรจุ ตลอดจนถึงการขนส่งถึงแหล่งขาย หรือผู้บริโภค เทคนิคเหล่านี้ ได้แก่ การลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม โดยใช้เมมเบรนแบบวิธีไมโครฟิวเตรชัน และการใช้รังสีอุลตราไวโอเลต เป็นต้น

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษาการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตควบคู่กับกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เข้ามาเพื่อช่วยลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะ โดยคาดหวังว่า การใช้รังสีอุลตราไวโอเลตจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาในน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะก่อน และหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์
2. ทราบถึงแนวทางที่เหมาะสมในการลดเชื้อจุลินทรีย์ โดยการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตควบคู่กับกระบวนการพาสเจอร์ไรส์
3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ หลังการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตควบคู่กับกระบวนการพาสเจอร์ไรส์

การตรวจเอกสาร

1. นำนมแพะ

นํานม คือ ของเหลวสีขาวที่ประกอบด้วยสารอาหารที่ออกมาจากเต้านมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งนํานมนั้นจะประกอบไปด้วยสารอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับเด็ก หรือสัตว์ที่เกิดใหม่รวมทั้งยังเป็นแหล่งโปรตีน และแคลเซียมคุณภาพดีของคนทุกเพศทุกวัย โดยนํานมที่นิยมบริโภคกันในปัจจุบันนี้ได้แก่ นํานมโค และนํานมแพะ ซึ่งนํานมแพะมีความเชื่อว่ามีลักษณะโครงสร้างอาหารใกล้เคียงกับนํานมมารดา (ดังตารางที่ 1) จึงเหมาะสำหรับเป็นอาหารแก่เด็กที่กำลังเจริญเติบโต ซึ่งในทางเคมีนั้น นํานมแพะจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆ (สมชัย และณิชารัตน์, 2547; มานิตย์ และสมใจ, 2549) ดังนี้

1.1 นํ้า เป็นองค์ประกอบที่มีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุด ประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับของแข็งที่มีทั้งหมดในนํานม

1.2 ไขมันนํานม นํานมแพะทั่วๆไปนั้นมีขนาดเม็ดไขมันที่มีขนาดเล็กกว่านํานมโค ทำให้มีคุณสมบัติในการกระจายตัวได้ดีกว่าแม้จะไม่ผ่านขั้นตอนการโฮโมจิไนซ์ในการแปรรูป และยังไม่มีสาร agglutinin ที่เป็นสารที่ทำให้เกิดการรวมตัวของไขมันนมเป็นชั้นครีม จึงเกิดชั้นครีมช้ากว่านํานมโค (Attaie and Richter, 2000; Jenness and Parkash, 1971; Parkash and Jenness, 1968, Park *et al.*, 2007) การย่อย และดูดซึมเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังประกอบด้วยกรดไขมันสายกลางอยู่ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่างจากนํานมโคที่มีอยู่ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันสายกลางที่ได้รับความสนใจมาก ได้แก่ คาโปรอิก (C6) คาพริลลิก (C8) และคาพริก (C10) เนื่องจากสามารถช่วยรักษาโรคเช่นโรคภาวะดูดซึมสารอาหารบกพร่อง ถ้าใส่เล็กทำงานผิดปกติ เส้นเลือดหัวใจอุดตัน การขาดสารอาหารในทารก และช่วยสลายการสะสมคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด (มานิตย์, 2549) แต่การย่อยสลายของเอนไซม์ไลเปสทำให้กรดไขมัน 3 ชนิดดังกล่าวเป็นอิสระ จึงทำให้นํานมมีกลิ่นที่เรียกว่า “กลิ่นคาวแพะ” (สมชัย และณิชารัตน์, 2547)

1.3 โปรตีน นํานมแพะมีโปรตีนสูงกว่านํานมโค โดยในนํานมแพะมีประมาณ 3.4-3.6 เปอร์เซ็นต์ (Park *et al.*, 2007) ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนชนิดต่างๆ คือ เคซีน (casein) แอลฟาแลคโตอัลบูมิน (alpha-lactoalbumin) เบต้าแลคโตโกลบูลิน (beta-lactoglobulin) และโปรตีนชนิดอื่นๆ

เช่น เอนไซม์ต่างๆ และสารตั้งต้น (precursors) ในการสังเคราะห์โปรตีน หรือกรดอะมิโน (สุวรรณ, 2535) อีกทั้งยังประกอบด้วยกรดอะมิโนอีก 10 ชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาเองได้ (อนุวัตร, 2549) การดื่มน้ำนมแพะยังไม่ทำให้เกิดการแพ้ เนื่องจากมีส่วนประกอบของโปรตีน alpha-S1 casein ในปริมาณน้อยกว่าน้ำนมโค (Park, 1994; Park *et al.*, 2007) เมื่อเข้าสู่กระบวนการย่อยในกระเพาะอาหารจะเกิดเป็นลิมโปรตีน (curd) ที่นิ่มกว่าจากน้ำนมโค จึงทำให้น้ำนมแพะถูกย่อยได้ง่าย และรวดเร็ว (สมชัย และฉัตรรัตน์, 2547; Ceballos *et al.*, 2009)

1.4 น้ำตาลแลคโตส เป็นน้ำตาลที่พบในน้ำนมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ที่เกิดจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวคือ กลูโคส และกาแลคโตส ในน้ำนมแพะจะมีน้ำตาลแลคโตสโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 4.1-4.45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าในน้ำนมโค 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์ (Park *et al.*, 2007) จึงส่งผลทำให้น้ำนมแพะนั้นมีความหวานน้อยกว่า (สมใจ, 2549)

1.5 วิตามิน และแร่ธาตุ ในน้ำนมแพะมีปริมาณวิตามินเอสูงกว่าในน้ำนมโค ซึ่งน้ำนมแพะจะเปลี่ยนคาโรทีน ทั้งหมดให้เป็นวิตามินเอ จึงทำให้น้ำนมแพะมีสีค่อนข้างขาวกว่าน้ำนมโคซึ่งยังมีบางส่วนอยู่ในรูปแคโรทีนอยด์ (มานิตย์, 2549) อีกทั้งระดับของวิตามินบีในน้ำนมแพะมีระดับวิตามินสูงกว่าในน้ำนมโค โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินบี หนึ่ง และวิตามินบี หก แต่วิตามินบี สิบสอง ต่ำกว่าน้ำนมโค และวิตามินซี ทั้งในน้ำนมแพะ และน้ำนมโคมีระดับต่ำ (Stephanie; 2009) ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำนมแพะเปรียบเทียบกับน้ำนมมารดา และน้ำนมโคดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

2. คุณสมบัติทางกายภาพแลพเคมีของน้ำนมแพะดิบ

จากข้อมูลของ Jenness (1980); Ohiokepehai (2003); Bruhn (2007) และมาตรฐานน้ำนมแพะดิบ (มกษ. 6006-2551) ประกอบไปด้วยคุณสมบัติทางกายภาพดังต่อไปนี้

2.1 สีของน้ำนม น้ำนมมีสีแตกต่างกันตั้งแต่สีขาวออกเขียวอ่อนจนเกือบเหลืองทอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ปริมาณไขมัน ของแข็งไม่รวมไขมัน และธรรมชาติของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป โดยส่วนที่เป็นสีขาวนั้นจะเป็นสีของเคซีน ส่วนสีเหลืองที่ปนอยู่ซึ่งอาจเป็นสีขาวเหลืองหรือเหลืองอมขาวนั้นเป็นสีของครีมซึ่งเกิดจากแคโรทีนอยด์ในน้ำนม ถ้าตกตะกอนแยกเอาเคซีนออกไป น้ำใสๆ ที่เหลือจะมีสีเขียวอ่อนซึ่งเป็นสีของแล็กโทเฟลวิน หรือโรโบฟลาวินในน้ำนม

2.2 รส และกลิ่นของนํ้านม จะมีกลิ่นเฉพาะซึ่งระเหยไปทันทีเมื่อนํ้านมถูกอากาศ ส่วนรสนั้นมีรสหวานเล็กน้อย

2.3 ความหนืด ความหนืดของของเหลว หมายถึง ความต้านทานต่อการไหลซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดของโมเลกุล นํ้านมมีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำ และมีความสำคัญในครีม และนมข้น

2.4 ความเหนียว ความเหนียวเกิดจากเคซีนในนํ้านม จึงได้มีการทำกาวจากเคซีน

2.5 สัมประสิทธิ์ของการขยายตัว นํ้านมจะขยายตัวเมื่อถูกความร้อน และหดตัวเมื่อเย็น

2.6 ความเป็นกรด มีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 6.4 ถึง 6.7

2.7 ความถ่วงจำเพาะไม่ต่ำกว่า 1.028 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

2.8 จุดเยือกแข็ง ไม่สูงกว่า -0.530 องศาเซลเซียส

2.9 จุดเดือด จุดเดือดของนํ้านมมีค่าเท่ากับ 100.7 องศาเซลเซียส

2.10 ดัชนีการหักเหของแสง ดัชนีการหักเหของนํ้านมมีค่าเท่ากับ 1.344-1.384 โดยการเติมนํ้าในนํ้านมจะทำให้ค่าดัชนีลดลง

2.11 การนำไฟฟ้า ในสารละลายนํ้านมมีประจุต่างๆอยู่มากมาย โดยเฉพาะประจุคลอไรด์ประมาณร้อยละ 70 เปอร์เซนต์ ประจุเหล่านี้เป็นไฟฟ้าปกติ การนำไฟฟ้าของนํ้านมมีค่าเท่ากับ 0.005 โมห์ ถ้าสูงตั้งแต่ 0.006 โมห์ขึ้นไป อาจกล่าวได้ว่านํ้านมดังกล่าวมาจากเต้านมของสัตว์ที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ

3. ประโยชน์ของนํ้านมแพะ

จากคุณสมบัติของนํ้านมแพะที่มีขนาดของเม็ดไขมันเฉลี่ยที่เล็กกว่านํ้านมโค (Parkash and Jenness, 1968) และมีค่า pH 6.4-6.7 เมื่อเข้าสู่ร่างกายสามารถย่อย และดูดซึมได้ง่าย อีกทั้งช่วยปรับสภาพของกระเพาะอาหารให้มีความเป็นกลาง ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่จาก

การทดลองของ Rutherford *et al.* (2006) ได้ทดลองเลี้ยงลูกสุกรด้วยน้ำมันพะ เป็นเวลา 52 วันพบว่า ลูกสุกรมีไขมันสะสมตามส่วนต่างๆ ของร่างกายน้อยมากอย่างเห็นได้ชัด และมีความแข็งแรงของ กระดูกเพิ่มขึ้น เพราะไขมันจากน้ำมันพะย่อยง่ายจึงไม่สะสมในร่างกาย อีกทั้งน้ำมันพะมีส่วนช่วย ปรับสมดุลของระบบภูมิคุ้มกันเสริมสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานต่อการเกิดภูมิแพ้ในร่างกาย และกระตุ้นให้ ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันโรคขึ้นจากกรดอะมิโน โปรตีนในน้ำมันพะจะช่วยให้เซลล์เม็ดเลือดขาว ทำงานได้ดีขึ้นประกอบกับวิตามินต่างๆ ที่มีส่วนช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกันให้ร่างกายด้วย (อนุวัตร, 2549) ส่วนผู้ที่ดื่มน้ำมันแล้ว เกิดอาการท้องเสีย ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะขาดน้ำย่อยแลคเตส นอกจากนี้ น้ำมันพะมีสาร Platelet Activating Acetyl Hydrolase ซึ่งสามารถสลายตัวคันเหตุการก่อ ภูมิแพ้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำมันมกราคม น้ำมันพะ และน้ำมันโค (ปริมาณ ในน้ำมัน 100 กรัม)

องค์ประกอบ	น้ำมันมกราคม	น้ำมันพะ	น้ำมันโค
สารอาหาร			
น้ำ (กรัม)	87.5	87	88
น้ำตาลแลคโตส (กรัม)	6.89	4.45	4.66
ไขมัน (กรัม)	4.38	4.14	3.34
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	14	11	14
โปรตีน (กรัม)	1.03	3.56	3.29
แร่ธาตุ (มิลลิกรัม)			
แคลเซียม	32	134	119
ฟอสฟอรัส	14	111	93
เหล็ก	0.03	0.05	0.05
แมกนีเซียม	3	14	13
โพแทสเซียม	51	204	152

ที่มา: คัดแปลงจาก Ensminger *et al.* (1995)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบวิตามินที่สำคัญในน้ำนมมารดา น้ำนมแพะ และน้ำนมโค

วิตามิน(ไมโครกรัม)	น้ำนมมารดา	น้ำนมแพะ	น้ำนมโค
วิตามินเอ	64	56	53
วิตามินดี	0.03	0.03	0.03
วิตามินซี	5.0	1.3	1.0
วิตามินอี	0.3	0.7	0.7
วิตามินบี หนึ่ง	140	480	400
วิตามินบี สอง	36	138	162
กรดแพนโททีนิก	200	300	300
ไบโอติน	0.8	2.0	2.0
ไนอาซิน	200	200	100
กรดโฟลิก	5.2	1.0	5.0
วิตามินบี สิบสอง	0.3	0.1	0.4
วิตามินบี หก	11	46	42

ที่มา: ดัดแปลงจาก Stephanie (2009)

4. จุลินทรีย์ก่อโรคที่สำคัญในน้ำนมแพะดิบ และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์

น้ำนมเป็นอาหารชนิดหนึ่งที่มีสารอาหาร และสภาพเหมาะสมในการเจริญของ เชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งน้ำนมที่ได้จากสัตว์ที่มีสุขภาพดีนั้นจะปราศจากสิ่งปนเปื้อน และเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ (บุญยัติ, 2542) แต่ยังสามารถพบเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ และจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ อาหารสัตว์ ปุ๋ย เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการรีดนม น้ำ คนรีดนม และเต้านมของสัตว์ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถพบเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น น้ำนมดิบไม่มีคุณภาพ อาจได้จากฟาร์มที่มีการจัดการในการรีดน้ำนมไม่ถูกสุขลักษณะ หรือเป็นน้ำนมที่ผลิตจากโรงงาน ที่มีเครื่องมือ และภาชนะบรรจุสกปรก หรือทำการพาสเจอร์ไรส์ไม่ถูกต้องโดยใช้อุณหภูมิ และเวลาไม่เหมาะสม และอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เย็นน้ำนมไม่เหมาะสม เป็นต้น (บุษกร, 2545) ซึ่ง จุลินทรีย์ที่มีต้นกำเนิดอยู่ในน้ำนมดิบ และน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ สามารถจำแนกได้ตามคุณลักษณะของ แกรม แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

4.1 แบคทีเรียในกลุ่มแกรมลบ ได้แก่

4.1.1 ซัลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) เชื้อซัลโมเนลลา เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นท่อน ไม่สร้างสปอร์ สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยแฟลกเจลลาที่อยู่รอบตัว เจริญได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจน อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของซัลโมเนลลาประมาณ 37 องศาเซลเซียส ช่วง pH ในการเติบโตอยู่ระหว่าง 4.1-9.0 ส่วนค่า A_{540} มีค่าเท่ากับ 0.93-0.95 และเชื้อซัลโมเนลลา มีความสามารถในการทนความร้อนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์ และผลจากสิ่งแวดล้อมในการเจริญเติบโต สำหรับการติดเชื้อในมนุษย์นั้นส่วนมากจะได้รับเชื้อปะปนมากับน้ำ นมและอาหาร ซึ่งเป็นพาหะของเชื้อ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เชื้อซัลโมเนลลาเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดอาการท้องร่วงประกอบกับเชื้อมีอัตราการแพร่ระบาดสูง สำหรับอาการของโรค salmonellosis ที่พบได้ทั่วไปคือ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน ปวดศีรษะ ปวดท้อง มีไข้ หนาวสั่น และอ่อนเพลีย ความรุนแรงของอาการที่เกิดขึ้นนั้น จะแตกต่างกันไปตามปริมาณเชื้อที่บริโภคเข้าไป ชนิดของเชื้อที่บริโภค และความต้านทานของผู้บริโภค ถ้าหากเป็นผู้สูงอายุ หรือเด็กทารก จะพบว่าอาการจะหนักกว่าคนในวัยอื่นที่บริโภคเชื้อชนิดเดียวกันเข้าไปในปริมาณที่เท่ากัน (Michael and Dean, 1990) โดยมีการพบการระบาดของ *Salmonella enteric* serotype paratyphi ที่มีสาเหตุจากการบริโภคชีสนมแพะ (Silanikove *et al.*, 2010) และจากการสำรวจของ (Oliveira *et al.*, 2011) คุณภาพน้ำนมแพะดิบทางตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศบราซิล พบว่าน้ำนมแพะดิบมีการปนเปื้อน *Salmonella enterica* จำนวน 2 ตัวอย่าง จากการสำรวจทั้งหมด 96 ตัวอย่าง แต่อย่างไรก็ตามการพาสเจอร์ไรส์สามารถทำลายเชื้อนี้ให้มีจำนวนลดลงให้อยู่ระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

4.1.2 อีโคไล (*Escherichia coli*) และ โคลิฟอร์ม (coliform) เป็นแบคทีเรียที่จัดอยู่ในวงศ์ *Enterobacteriaceae* รูปร่างท่อน แยกได้จากลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่น และแพร่กระจายทั่วไปในธรรมชาติ (สุมาลี, 2535) ไม่สร้างสปอร์ ต้องการอากาศแบบแฟกัลเททิฟแอนแอโรบิก (facultative anaerobic) (บุษกร, 2545) เชื้ออีโคไล สายพันธุ์ O157:H7 โดยเชื้อจะเข้าสู่ร่างกายโดยการปนเปื้อนไปกับอาหาร และน้ำ เชื้อจะใช้เวลาฟักตัว 1-8 วัน แต่โดยทั่วไปประมาณ 3-5 วัน ซึ่งทำให้เกิดเลือดออกในทางเดินอาหารเชื้อจะสร้างสารพิษ ทำให้เกิดอาการอุจจาระร่วง ในรายที่มีอาการรุนแรง จะมีอุจจาระร่วงบ่อยครั้ง อุจจาระเป็นมูกเลือด ปวดท้อง นอกจากนี้ผู้ป่วยอาจมีอาการช็อค เนื่องจากสารพิษของเชื้อจะทำลายเม็ดเลือดแดง จึงเกิดภาวะไตวาย (บัญญัติ, 2542) การปนเปื้อนในน้ำนม นั้น ส่วนใหญ่เกิดระหว่างขั้นตอนการรีดนม โดยเชื้อสามารถโตได้อย่างรวดเร็วในน้ำนม รวมทั้งยังสามารถหมักน้ำตาลแลคโตสแต่จะไม่ค่อยเกิดก๊าซ เว้นแต่มีการตกตะกอนในช่วงต้น โดยเชื้อสามารถปนเปื้อนในน้ำนมจากมูล ภาชนะใส่น้ำนมที่สกปรก และดิน มาตรฐานน้ำนมแพะดิบของ

ประเทศไทย กำหนดให้มีเชื้ออีโคไลได้ไม่เกิน 10^3 cfu/ml (มกษ. 6006-2551) โดยการบริโภคน้ำนมดิบ จึงเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากเชื้อมี แต่ขั้นตอนการพาสเจอร์ไรส์สามารถทำลายเชื้อนี้ได้

4.2 แบคทีเรียในกลุ่มแกรมบวก ได้แก่

4.2.1 บาซิลลัส ซีเรียส (*Bacillus cereus*) เป็นแบคทีเรียจีโนสบาซิลลัส เชื้อรูปท่อน เจริญได้ในสภาพที่มีอากาศ และสร้างสปอร์ ซึ่งสามารถทนความร้อนจากการพาสเจอร์ไรส์ได้ (สุมนหา, 2545) เจริญเติบโตที่อุณหภูมิระหว่าง 30-37 องศาเซลเซียส pH ที่เหมาะสมต่อการเติบโตของเชื้ออยู่ระหว่าง 6-7 และสามารถเติบโตได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน บาซิลลัส ซีเรียสจะสร้างสารพิษเมื่ออยู่ภายใต้สภาพที่มีออกซิเจนน้อย (National Food Institute Thailand, 2547) อาหารที่มีการปนเปื้อนของเชื้อบาซิลลัส ซีเรียสประมาณ 10^6 - 10^7 เซลล์ต่อกรัม นั้น จะทำให้เกิดอาการอาเจียน เกิดโรคทางเดินอาหาร (บุญกร, 2545) ปริมาณเชื้อนี้ในน้ำนมโคดิบนั้น เป็นสาเหตุสำคัญของการปนเปื้อนของน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่มากกว่าการปนเปื้อนข้ามภายหลังการพาสเจอร์ไรส์ สปอร์ของเชื้อชนิดนี้สามารถทนความร้อนในขั้นตอนการพาสเจอร์ไรส์ เป็นเหตุให้น้ำนม และผลิตภัณฑ์นม เน่าเสีย ซึ่งปริมาณเชื้อที่ได้รับแล้วทำให้ผู้บริโภคเกิดโรคคือ 9×10^8 cfu/g (Agata *et al.*, 2002)

4.2.2 สแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) เป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะกลม เรียงตัวเป็นกลุ่มคล้ายพวงอุ้งน ไม่เคลื่อนที่ สามารถสร้างสารพิษ (enterotoxins) เป็นสารพิษที่ชักนำให้เกิดการหลั่งของเหลวภายในลำไส้ หรือทางเดินอาหาร เป็นผลให้เกิดอาการท้องเดิน โดยปริมาณสารพิษที่ก่อให้เกิดโรคนั้นน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม สแตปไฟโลคอคคัส ออเรียสสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำที่ 6.7 องศาเซลเซียส (Angelotti *et al.*, 1961) โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตคือ 35-40 องศาเซลเซียส สแตปไฟโลคอคคัส ออเรียสเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษขึ้นบ่อยที่สุด เนื่องจากเชื้อมีชีวิตอยู่ได้ในอากาศ ผุนละออง น้ำ ขยะ รวมถึงในทางเดินหายใจ ลำคอ เส้นผม และผิวหนังของคนและสัตว์ จึงพบสแตปไฟโลคอคคัส ออเรียสได้ในอาหารที่มีเนื้อ และน้ำนมเป็นส่วนประกอบ (National Food Institute Thailand, 2547) และอาหารที่ผ่านการสัมผัสหรือเคลื่อนย้ายด้วยมือของมนุษย์ รวมทั้งอาหารที่ไม่ได้ทำให้สุกก่อนบริโภค (สุมนหา, 2545) น้ำนมอาจปนเปื้อนเชือดังกล่าวจากเต้านมของแม่โคที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ ซึ่งพบเชื้อมีเจริญในต่อมนมในกรณีที่หัวนมมีแผล เชื้อนี้จะอาศัยอยู่ในเต้านมที่มีการติดเชื้อแล้วแพร่ไปสู่ตัวอื่นๆ โดยผ่านทางเครื่องรีดนม ทางท่อข้างของหัวรีดนม ผ้าเช็ดเต้านม มือคนรีดนม เมื่อมีการติดเชื้อ เชื้อจะทำลายเนื้อเยื่อเต้านมที่ผลิตน้ำนมทำให้เกิดเต้านมอักเสบแบบเรื้อรัง เต้ามมีลักษณะแข็ง มีเนื้อพังผืดแทรกอยู่ในเต้า จับคลำเต้านมไม่นุ่ม สม่ำเสมอ เชื้ออาจพบในรายเต้านมอักเสบแบบไม่แสดง

อาการแล้วพัฒนาเป็นแบบแสดงอาการภายหลัง รวมทั้งการเก็บนํ้านมดิบที่มีเชื้อนี้ปริมาณมากใน อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนั้น เชื้อสามารถสร้างสารพิษเพิ่มขึ้น (Asperger, 1994) โดยการพาสเจอร์ไรส์ สามารถทำลายเชื้อดังกล่าว แต่ไม่สามารถทำลายสารพิษที่ทนความร้อนถึง 143.3 องศาเซลเซียส นาน 9 วินาที (National Food Institute Thailand, 2547) ได้ ทำให้สารพิษยังคงอยู่ และก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคในที่สุด

4.2.3 ลิสทีเรีย โมโนไซโตจีนัส (*Listeria monocytogenes*) เป็นแบคทีเรียรูปแท่ง เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยแฟลกเจลลา ไม่สร้างสปอร์ เชื้อลิสทีเรีย โมโนไซโตจีนัส นี้ทำให้เกิดการติดเชื้อ ถึง 90 เปอร์เซนต์ ลิสทีเรีย โมโนไซโตจีนัสเป็นแบคทีเรียที่มีความสำคัญในผู้หญิงที่ติดเชื้อระหว่างการตั้งครรภ์ จะมีการเป็นไข้ จับสัน ปวดหัว ปัสสาวะไม่มีสี คอหอยอักเสบ ท้องเสีย และแท้งได้ ในทารกที่ได้รับเชื้อจะมีอาการหายใจติดขัด หัวใจเต้นเบา ผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน เนื่องจากขาด อากาศหายใจ อาเจียน ชัก และอุจจาระเป็นเมือก ส่วนผู้ป่วยที่เป็นผู้ใหญ่ จะมีอาการเยื่อหุ้มสมอง อักเสบ เยื่อตาขาวอักเสบ และเยื่อเมือกในช่องจมูกอักเสบ หนาวสั่น มีไข้ คอหอยอักเสบชั้นรุนแรง เม็ดเลือดขาวแตก ตามด้วยนิวเคลียสแยกตัวออกไป ซึ่งส่วนใหญ่จะไม่ค่อยแสดงอาการเพราะมี ภูมิคุ้มกัน (ICMSF, 1994) โดยเชื้อสามารถตรวจพบได้ในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ภายในฟาร์มโคนม (Fedio and Jackson, 1992) แหล่งที่พบมากคือ มูลสัตว์ และยังสามารถปนเปื้อนเข้าสู่ตัวสัตว์ได้จากหญ้าหมัก หรือสารเสริมในอาหารอื่นๆด้วย (Faber and Peterkin, 2000) ซึ่งสามารถตรวจพบเชื้อในผลิตภัณฑ์ นํ้านมเช่น ไอศกรีม และชีสบางชนิด (ADASC, 1999)

ธนพรรณ (2552) การศึกษาคุณภาพนํ้านมแพะดิบของแพะที่เลี้ยงแบบขังคอก และปล่อย แปลงหญ้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย พบว่ามีการตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค คือ อี โคไล โคลิฟอร์ม สแตปไฟโลคอกคัส ออเรียส และบาซิลลัส ซีเรียส ซึ่งเกินมาตรฐานนํ้านมแพะดิบ ของประเทศไทยที่ต้องตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรค แต่ไม่พบเชื้อซัลโมเนลลา และลิสทีเรีย โมโนไซ โตจีนัส

Oliveira *et al.* (2011) ศึกษาคุณภาพนํ้านมแพะดิบทางตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ บราซิล พบว่านํ้านมดิบมีเชื้อกลุ่มสแตปไฟโลคอกคัส เฉลี่ย 1.97×10^6 cfu/ml โดยเป็นเชื้อ สแตปไฟโลคอกคัส ออเรียส เฉลี่ย 1.2×10^4 cfu/ml ตรวจพบเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์มช่วงจำนวน $0-1 \times 10^5$ cfu/ml เป็น 55.2 เปอร์เซนต์ของตัวอย่างทั้งหมดที่สำรวจ แต่ตรวจไม่พบเชื้อ ลิสทีเรีย โมโนไซ โตจีนัส

Muehlherr *et al.* (2003) สํารวจคุณภาพนํ้านมแพะดิบในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ พบว่า นํ้านมแพะดิบมีเชื้อจุลินทรีย์รวมเฉลี่ย $4.69 \log \text{ cfu/ml}$ มีการปนเปื้อนเชื้อสแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส จำนวน 31.7 เปอร์เซ็นต์ จากตัวอย่างทั้งหมด 109 ตัวอย่าง แต่ไม่พบเชื้อกลุ่มแคมฟีโลแบคเตอร์ และซัลโมเนลลา

5 สาเหตุการเสื่อมของนํ้านมพาสเจอร์ไรส์

เนื่องจากนํ้านมพาสเจอร์ไรส์นั้นยังมีจุลินทรีย์อยู่ จุลินทรีย์จึงใช้สารอาหารในนํ้านมเพื่อการเจริญเติบโต แบ่งเซลล์ และขับของเสียออกมา จนถึงจุดหนึ่งที่ทำให้นํ้านมแสดงลักษณะของการเสีย การบริโภคนํ้านมพาสเจอร์ไรส์จึงต้องดูวันที่หมดอายุเป็นสำคัญ และต้องเก็บไว้ในอุณหภูมิที่กำหนดด้วย มิฉะนั้น นํ้านมอาจจะเสียก่อนจะถึงวันหมดอายุได้ (พรเพชร, 2549)

Cousin (1982) ได้ศึกษาการเสื่อมเสียของนํ้านมพาสเจอร์ไรส์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำพบว่า ไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนของแบคทีเรียที่มีอยู่ในนํ้านม แต่ขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียที่ทำให้นํ้านมเกิดการเสื่อมเสียเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ คือจุลินทรีย์กลุ่มทนความเย็นที่สำคัญ ได้แก่ *Pseudomonas spp.* ทำให้มีรสขมตามมา จุลินทรีย์กลุ่มนี้ไม่ทนต่อการพาสเจอร์ไรส์ จุลินทรีย์ที่ทนต่อการพาสเจอร์ไรส์ และสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ โดยจุลินทรีย์ที่สำคัญคือ บาซิลลัส เนื่องจากสามารถสร้างสปอร์ ซึ่งไม่ถูกทำลายโดยการพาสเจอร์ไรส์ ทำให้นํ้านมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้ว ที่เก็บรักษาไว้ระยะเวลานานมีรสขม กลิ่นหืน เกิดกรด และแก๊ส

Bodman (1993) รายงานจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่ให้มิได้สูงสุดในนํ้านมที่ขายในตลาดของสหรัฐอเมริกา สำหรับการบริโภคของมนุษย์ คือ $100,000 \text{ cell/ml}$

Eneroth *et al.* (2001) ศึกษาสุขอนามัยในการผลิตนํ้านมพาสเจอร์ไรส์ พบว่าแบคทีเรีย แกรมลบที่ทนความเย็น ได้แก่ *Pseudomonas Aeromonas* และ *Enterobacteriaceae* ซึ่งจะถูกทำลายได้หมดระหว่างการพาสเจอร์ไรส์ แต่จะมีการปนเปื้อนอีกครั้งที่ขั้นตอนการบรรจุ โดย *Pseudomonas* เป็นตัวหลักที่ตรวจพบในถุงที่ทำการทดสอบ (40 เปอร์เซ็นต์) และผลการตรวจนํ้า และอากาศรอบๆ เครื่องบรรจุจะมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์แกรมลบ กลุ่มทนความเย็นจำนวนมาก และจะเจริญในนํ้านมระหว่างการแช่เย็น และกลุ่มที่สร้างสปอร์ แกรมบวก ได้แก่ บาซิลลัส ซีเรียสพบได้เล็กน้อยในกระบวนการผลิตนํ้านมพาสเจอร์ไรส์ โดยบาซิลลัส ซีเรียส จะมีการปนเปื้อนเริ่มแรกจากสปอร์ที่ทนความร้อนในนํ้านมดิบ และปนเปื้อนหลังจากผ่านการพาสเจอร์ไรส์ และระหว่างขั้นตอนการบรรจุ

6 น้ำนมผ่านขบวนการให้ความร้อน

กระทรวงสาธารณสุข (2545) ได้กำหนดมาตรฐานกรรมวิธีฆ่าเชื้อในน้ำนม ดังต่อไปนี้

น้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ หมายถึง น้ำนมดิบที่ต้องผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ

1. พาสเจอร์ไรส์ หมายความว่า กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส โดยใช้อุณหภูมิและเวลาอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

1.1 อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาทีแล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า หรือ

1.2 อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 15 วินาทีแล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า

2. สเตอริไลส์ หมายความว่า กรรมวิธีฆ่าเชื้อที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาที่เหมาะสม ทั้งนี้จะต้องผ่านกรรมวิธีทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย

3. ยูเอช ที หมายความว่า กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 1 วินาที แล้วบรรจุในภาชนะและในสภาวะที่ปราศจากเชื้อ ทั้งนี้จะต้องผ่านกรรมวิธีทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย

น้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

1) ต้องปราศจากเชื้อโรคอันอาจจะติดต่อคนได้ เช่น เชื้อที่ทำให้เกิดวัณโรค เชื้อที่ทำให้เกิดโรคแท้งติดต่อ เป็นต้น

2) ไม่มีมน้ำเหลืองเจือปน

3) มีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะของน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อชนิดนั้น

4) มีลักษณะเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน

5) ไม่มีสารที่อาจเป็นพิษ สารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ และสารปนเปื้อน ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง สารปฏิชีวนะ แอฟลาทอกซิน เป็นต้น

6) ไม่มีวัตถุกันเสีย

7) ไม่มีวัตถุที่ทำให้ความหวานแทนน้ำตาล

8) มีโปรตีนนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.8 ของน้ำหนัก

9) มีเนื้อมันรวมมันเนยและมันเนย ดังนี้

9.1) เนื้อมันรวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.25 ของน้ำหนัก และมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.2 ของน้ำหนัก สำหรับน้ำนมดิบชนิดเต็มมันเนยที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ

9.2) เนื้อมันรวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.5 ของน้ำหนัก และมันเนยมากกว่าร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก แต่ไม่ถึงร้อยละ 3.2 ของน้ำหนัก สำหรับน้ำนมดิบชนิดพร่องมันเนยที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ

9.3) เนื้อมันรวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.8 ของน้ำหนัก และมันเนยไม่ต่ำกว่าร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก สำหรับน้ำนมดิบชนิดขาดมันเนยที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ

10) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

11) ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด อีโคไล ในน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ 0.1 มิลลิลิตร

12) ตรวจพบแบคทีเรียในน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์ 1 มิลลิลิตร ได้ไม่เกิน 10,000 cfu/ml ณ แหล่งผลิต และไม่เกิน 50,000 cfu/ml ตลอดระยะเวลา เมื่อออกจากแหล่งผลิตจนถึงวันหมดอายุการบริโภคที่ระบุบนฉลาก

13) ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มได้ไม่เกิน 100 cfu/ml ในน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์ 1 มิลลิลิตร ณ แหล่งผลิต

14) ตรวจไม่พบแบคทีเรียในน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีสเตอริไลส์ และน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธียูเอช ที 0.1 มิลลิลิตร

น้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาหลังบรรจุจนถึงผู้บริโภค และระยะเวลาการบริโภคต้องไม่เกิน 10 วัน นับจากวันที่บรรจุในภาชนะบรรจุพร้อมจำหน่าย

7 อายุการเก็บรักษาน้ำนม

อายุการเก็บรักษาน้ำนมอาจนิยามได้ว่า เป็นเวลาที่ผลิตภัณฑ์น้ำนมสามารถอยู่บนชั้นของผู้ค้าปลีก และผู้บริโภคได้ ก่อนที่น้ำนมจะมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ (รุ่งนภา, 2540) น้ำนมเป็นอาหารที่เสี่ยงต่อการเสื่อมเสียมากที่สุด เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการอย่างสมบูรณ์จึงเป็นแหล่งที่ดีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ด้วย อายุการเก็บรักษาจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำนมตั้งแต่เริ่มรีดจากแม่โค ไปจนกระทั่งถึงการผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ และการดูแลในการขนส่ง และการเก็บรักษาก่อนบริโภค (กองควบคุมอาหาร, 2537)

โดยทั่วไปน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ เป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย ถ้ามีการเก็บรักษาอย่างถูกต้องแล้วจะมีอายุการเก็บรักษาอยู่ในช่วงไม่เกิน 14 วัน โดยจะเกิดการเน่าเสีย เนื่องจากปฏิกิริยาทางชีวเคมี เช่น การทำงานของเอนไซม์ หรือเกิดจากการเน่าเสียของเชื้อจุลินทรีย์

อายุการเก็บรักษาน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เก็บในตู้เย็น โดยทั่วไปจะถูกจำกัดโดยการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เป็นกระบวนการฆ่าเชื้อที่ยังมีจุลินทรีย์บางชนิดหลงเหลืออยู่ เช่น จุลินทรีย์พวกที่ทนความร้อนได้ดี ซึ่งมักจะเป็นพวกแบคทีเรีย แกรมบวก แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ที่ทนความร้อน (ลาวัญย์, 2542) จุลินทรีย์เหล่านี้จะเกิดการบาดเจ็บจากการให้ความร้อน ทำให้ช่วง lag phase ที่ยาวก่อนจะเริ่มการเจริญเติบโตในน้ำนม แบคทีเรียเหล่านี้ โดยทั่วไปจะไม่มีผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาคุณภาพของน้ำนม ถ้าเก็บน้ำมนั้นในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด ได้ประกาศว่าสำหรับน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ ต้องระบุอุณหภูมิที่เก็บรักษาไว้ไม่สูงกว่า 10 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่เหมาะสมต้องไม่เกิน 3 วัน นับตั้งแต่วันที่บรรจุในภาชนะบรรจุ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด, 2530)

ตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2548) น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาหลังการบรรจุจนถึงผู้บริโภค อายุการบริโภคต้องไม่เกิน 10 วัน นับจากวันที่บรรจุในภาชนะบรรจุพร้อมจำหน่าย จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาน้ำนมพาสเจอร์ไรส์มาก ตารางที่ 2 แสดงถึงความสัมพันธ์ดังกล่าว ซึ่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ 3 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้อายุการเก็บรักษาลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ (กองควบคุมอาหาร, 2537)

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอายุการเก็บรักษาน้ำนมพาสเจอร์ไรส์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บ (วัน)
0	24
4.4	10
7.2	5
10	2
15.5	1
21.1	0.5
26.6	0.5

ที่มา: กองควบคุมอาหาร (2537)

ตารางที่ 3 เป็นตารางอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำนมประเภทต่างๆ พบว่าน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส จะมีอายุการเก็บรักษาได้ 7 วัน ในขณะที่น้ำนมสเตอริไลส์สามารถเก็บรักษาได้ถึง 12 เดือน

ตารางที่ 4 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมประเภทต่างๆ

ผลิตภัณฑ์นม	อายุการเก็บ
นํ้านมพาสเจอร์ไรส์	7 วัน ที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส
นํ้านมยู เอช ที	6 เดือน โดยไม่ต้องแช่เย็น
นํ้านมสเตอไรไรส์ (กระป๋อง)	12 เดือน
นํ้านมเปรี้ยวพร้อมดื่ม ยู เอช ที	8 เดือน โดยไม่ต้องแช่เย็น
นํ้านมเปรี้ยวพร้อมดื่มพาสเจอร์ไรส์	21 วัน ที่อุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส

ที่มา: นิรัตน์ (2538)

8 การเก็บรักษานํ้านมพาสเจอร์ไรส์

นํ้านมพาสเจอร์ไรส์ เป็นนํ้านมที่ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ไม่สูงและใช้เวลาน้อย การเก็บรักษานํ้านมพาสเจอร์ไรส์ สามารถเก็บได้นานประมาณ 10 วัน ที่อุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส ต้องเก็บไว้ในตู้เย็น และก่อนดื่มควรสังเกตวันหมดอายุ หรือควรบริโภคก่อน (Broens *et al.* 2001)

จากการทดลองของ Kessler and Horak (1984) ได้ทดลองโดยใช้ระดับอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์ตั้งแต่ 58-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5-60 วินาที พบว่าเมื่อใช้ระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 68 องศาเซลเซียส อายุการเก็บของนํ้านมพาสเจอร์ไรส์ไม่เป็นที่น่าพอใจ แต่เมื่อใช้อุณหภูมิ 71 และ 78 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะมีอายุการเก็บมากกว่า 20 วัน การพาสเจอร์ไรส์โดยใช้อุณหภูมิระดับ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที และ 40 วินาที ให้ผลดีเท่าๆ กับที่ระดับอุณหภูมิ 78 องศาเซลเซียส นาน 40 วินาที แต่อายุการเก็บจะสั้นกว่าประมาณ 2-3 วัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิสูงจะไปมีผลให้อัตราการงอกของสปอร์เร็วขึ้น นอกจากนี้ Schroder (1984) พบว่านํ้านมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์นาน 20 วินาทีและเก็บรักษาไว้ที่ 7 องศาเซลเซียสนั้น ถ้าใช้อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์ระดับที่อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียส จะได้นํ้านมที่มีอายุการเก็บที่สั้นกว่าเมื่อผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ระดับอุณหภูมิ 78 และ 72 องศาเซลเซียส และการพาสเจอร์ไรส์ที่ระดับอุณหภูมิ 78 องศาเซลเซียสให้นํ้านมที่มีอายุการเก็บดีกว่าที่ระดับอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส

การผลิตน้ำมันพาสเจอร์ไรส์ที่มีคุณภาพดีนั้น แม้ว่าจะใช้น้ำมันดิบที่มีคุณภาพดี มีกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง มีระบบการบรรจุที่รวดเร็วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิเหมาะสมเพียงใดก็ตาม ถ้าความสะอาดของเครื่องมือเครื่องใช้ และอุปกรณ์การผลิตไม่สะอาดเพียงพอก็ย่อมจะมีผลทำให้อายุการเก็บของน้ำมันพาสเจอร์ไรส์ไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะเครื่องบรรจุซึ่งออกแบบมาให้ทำความสะอาดได้ยาก (Schroder, 1984)

Schmidt *et al.* (1989) ทดลองพาสเจอร์ไรส์น้ำมันที่ระดับอุณหภูมิระหว่าง 72-88 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที และน้ำมันที่พาสเจอร์ไรส์แล้วไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส หรือ 7 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำมันพาสเจอร์ไรส์เกิดกลิ่นบูดหรือกลิ่นที่ผิดปกติ พบว่าอายุการเก็บมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เก็บของน้ำมันพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

เกรียงศักดิ์ และคณะ (2539) โดยทำการศึกษาตัวอย่างน้ำมันพาสเจอร์ไรส์ 16 ตัวอย่าง (รุ่นการผลิต) จากผู้ผลิต 2 กลุ่ม คือ ผู้ผลิตรายเล็ก และผู้ผลิตรายใหญ่ นำตัวอย่างมาเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 7 องศาเซลเซียส และ 10 องศาเซลเซียส แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติในวันที่ 0 3 7 10 14 17 และ 21 โดยพิจารณาจากรสชาติ และจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำมันที่เก็บไว้ระยะเวลาต่างๆ ด้วยวิธีนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์ม จุลินทรีย์ที่เจริญได้ในที่เย็น โดยใช้เกณฑ์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดควรมีน้อยกว่า 5×10^5 โคโลนีต่อมิลลิลิตร เป็นมาตรฐาน พบว่าน้ำมันพาสเจอร์ไรส์จากผู้ผลิตรายย่อยมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผู้ผลิตรายใหญ่ และอายุการเก็บรักษาจะสั้นลงเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น การเก็บรักษาน้ำมันพาสเจอร์ไรส์จากผู้ผลิตรายย่อยไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส และ 10 องศาเซลเซียส น้ำมันมีอายุการเก็บเพียง 3 วัน ส่วนน้ำมันจากผู้ผลิตรายใหญ่หากเก็บรักษาไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บไว้ได้นาน 10 วัน ที่ 7 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน และที่ 10 องศาเซลเซียส นานเพียง 3 วันเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ในห้องปฏิบัติการมีอายุการเก็บนานกว่าน้ำมันที่ผลิตจากโรงงานนม

9 รังสี

รังสี หมายถึง พลังงานที่กำลังเคลื่อนตัวอยู่ เป็นพลังงานที่ถ่ายทอดผ่านจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยมีอำนาจการทะลุทะลวงผ่านสิ่งต่างๆ ซึ่งจะมากหรือน้อยแตกต่างกันไป (Altic *et al.*, 2007) ขึ้นอยู่กับชนิดของรังสี

9.1 ประเภทของรังสีที่ใช้ควบคุมจุลินทรีย์

การใช้รังสีในการควบคุมจุลินทรีย์นั้นยึดหลักว่า รังสีซึ่งมีความยาวคลื่นสั้น จะมีอำนาจทะลุทะลวงสูงจะทำลายจุลินทรีย์ได้ดีกว่ารังสีคลื่นยาวซึ่งมีอำนาจทะลุทะลวงต่ำกว่า สำหรับรังสีที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ (Snowball and Hormsey, 1988)

9.1.1 รังสีเอกซ์เรย์ เป็นรังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูง สามารถส่องผ่านวัสดุต่างๆ และทำลายสิ่งมีชีวิตต่างๆ ได้ดี ในทางจุลชีววิทยาไม่นิยมนำมาใช้ เพราะมีราคาแพงและควบคุมได้ยาก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการผ่าเหล่าได้ดียิ่งอีกด้วย

9.1.2 รังสีแกมมา เป็นรังสีคลื่นสั้นที่ให้พลังงานมาก มีอำนาจทะลุทะลวงสูง ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในวัสดุที่มีความหนาแน่นมาก ๆ หรือในอาหารกระป๋อง

9.1.3 รังสีแคโทด เป็นรังสีที่เกิดขึ้นโดยเพิ่มกระแสไฟฟ้าให้มีกำลังสูงเกิดขึ้นระหว่างขั้วบวกและขั้วลบในหลอดสุญญากาศ ทำให้รังสีแผ่ออกมาได้ นำมาใช้ฆ่าเชื้อในเครื่องมือผ่าตัด ยา และวัสดุอื่นๆ

9.1.4 รังสีอุลตราไวโอเลต เป็นแสงสีม่วงน้ำเงิน มีความยาวคลื่น 13.6-390 nm. เป็นรังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงต่ำไม่สามารถผ่านแก้วหรือวัสดุที่เป็นของแข็งอื่นๆ ได้ แต่สามารถทะลุทะลวงผ่านน้ำใสๆ ได้ลึก 1-2 เซนติเมตร ผ่านน้ำมัน และสารละลายต่างๆ เช่น เซรุ่ม ได้ลึกประมาณ 1-2 มิลลิเมตร และทำลายจุลินทรีย์ได้ดีโดยเฉพาะพื้นผิว สำหรับช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการทำลายจุลินทรีย์ประมาณ 200-290 nm.

10 ประเภทของรังสีแบ่งตามลักษณะการทำลาย

รังสีจะมีผลต่อการทำลายแบคทีเรียเป็นสำคัญ จึงแบ่งรังสีออกได้ 2 ชนิด ตามลักษณะการทำลาย (Altic *et al.*, 2007) คือ

10.1 Ionization radiation เป็นรังสีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา ionization เช่น รังสีเอกซ์เรย์ รังสีแกมมา และรังสีแคโทด เป็นต้น ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อรังสีผ่านเข้าไปในอะตอมของสารใดๆ รังสีจะผลักดันให้อิเล็กตรอน ในอะตอมหลุดกระเด็นออกไป อะตอมนั้นจึงมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก

ส่วนอะตอมที่รับอิเล็กตรอนก็จะมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ดังนั้นอะตอมทั้งสองจึงเกิดแรงยึดเหนี่ยวกันด้วยประจุไฟฟ้าที่เรียกว่า Ionic bond

10.2 รังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นแสงสีม่วงน้ำเงินที่พบในแสงแดดสามารถทำลายแบคทีเรียส่วนแสงสีแดง ส้ม เหลือง ไม่มีประสิทธิภาพในการทำลาย

11 กลไกของรังสีต่อจุลินทรีย์

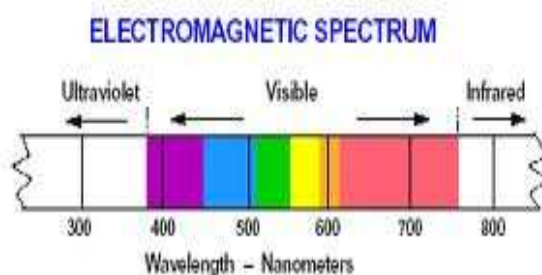
กลไกการเข้าทำลายจุลินทรีย์ของรังสี (Altic *et al.*, 2007) แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

11.1 การเข้าทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์โดยตรง (Target theory) โดยทำลายส่วนของกรดนิวคลีอิก เป็นผลให้เซลล์เกิดการผ่าเหล่า หรือตายได้ รังสีพวกนี้ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเล็ต

11.2 การเข้าทำลายเซลล์ทางอ้อม (Indirect theory) โดยรังสีจะทำให้เซลล์แตกตัวเป็น H^+ และ OH^+ ซึ่งจะมีผลรบกวนการทำงานของเอนไซม์ จึงเกิดการผิดปกติของระบบเมตาบอลิซึม หรืออาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สารพันธุกรรมในที่สุดเซลล์จะตาย รังสีพวกนี้ได้แก่ รังสีเอ็กซ์เรย์ รังสีแกมมา เป็นต้น

12 รังสีอัลตราไวโอเล็ต

รังสีอัลตราไวโอเล็ต เป็นส่วนหนึ่งของรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องถึงพื้นโลก รังสีดวงอาทิตย์ เป็นพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่แผ่รังสีออกจากดวงอาทิตย์ประกอบด้วยสเปกตรัม (Altic *et al.*, 2007; Krishnamurthy *et al.*, 2007; Matak *et al.*, 2007; Keyser *et al.*, 2008) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แถบกว้างๆ ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

มีการศึกษาเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ในบรรยากาศและพบสัดส่วนของพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ที่บรรยากาศต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา และรังสีมีแนวตั้งฉากกับพื้นที่ ที่ระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี เป็นดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 พลังงานรังสีดวงอาทิตย์

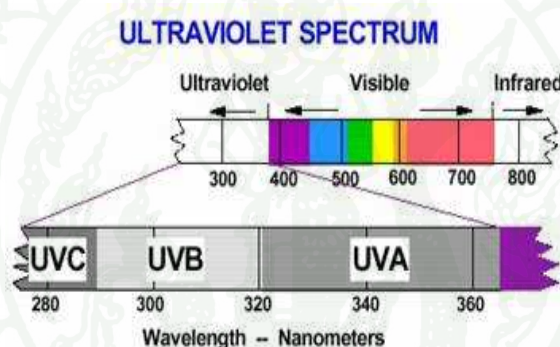
Spectral	Wave length(nm)	Irradiance(W/m ²)	% of Total
Solar constant	All	1370	100
Infrared	>700	677	49.4
Visible	400-700	580	42.3
UV-A	320-400	86	6.3
UV-B	280-320	21	1.5
UV-C & Shorter	<280	6	0.5

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

12.1 ประเภทของรังสีอุลตราไวโอเลต

รังสีอุลตราไวโอเลตเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงต่อจากแสงสีม่วง เป็นรังสีที่ตาคนมองไม่เห็น และไม่สามารถรับรู้ได้เหมือนคลื่นรังสีอินฟราเรด รังสีอุลตราไวโอเลต (Altic *et al.*, 2007; Krishnamurthy *et al.*, 2007; Matak *et al.*, 2007; Keyser *et al.*, 2008) สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- 1) UV-A มีความยาวคลื่น 315-380 nm. เป็นรังสีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน โดยเฉพาะทางด้านเคมี ฟิสิกส์
- 2) UV-B มีความยาวคลื่น 280-315 nm. เป็นรังสีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีคุณประโยชน์ในการรักษาโรคผิวหนังบางชนิดได้ แต่หากสัมผัสนานเกินไปอาจก่อให้เกิดการไหม้ของผิวหนัง และการอักเสบของตาได้
- 3) UV-C มีความยาวคลื่น 100-280 nm. เป็นรังสีรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีคุณประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรคได้ แต่อาจทำอันตรายผิวหนัง และตาได้อย่างรุนแรงหากได้รับรังสีเป็นปริมาณที่มากเกินไปได้ดังภาพที่ 2



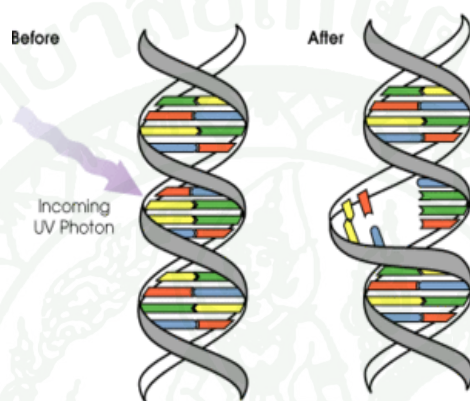
ภาพที่ 2 สเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

12.2 ผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ต

รังสีอัลตราไวโอเล็ตจะมีผลต่อโครงสร้างของเซลล์ที่สามารถดูดซับรังสีนี้ไว้ได้ เช่น DNA RNA โปรตีน และสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ การดูดซับนี้จะเกิดที่ความยาวคลื่น 260 nm. ส่วนโปรตีนจะถูกดูดซับได้ดีที่ความยาวคลื่น 280 nm. ซึ่งเป็นการดูดซับของกรดอะมิโนที่มีองค์ประกอบเป็น aromatic ring ได้แก่ ทริปโตเฟน ฟีนอลอะลานีน และไทโรซีน ในจำนวนโครงสร้างที่ดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ตไว้นี้พบว่าผลที่เกิดขึ้นกับ DNA จะมีความสำคัญต่อเซลล์มากที่สุด เพราะ DNA เป็นสารพันธุกรรมจึงควบคุมกลไกในการดำเนินชีวิตของเซลล์ (Altic *et al.*, 2007)

DNA เป็นโครงสร้างสองสายพันกันเป็นเกลียว ในแต่ละสายประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบสฟอสเฟต และเบสชนิดต่างๆ มาเชื่อมกัน จากนั้นสายทั้งสองของ DNA จะมาเชื่อมต่อกันด้วย hydrogen bond ของเบสแต่ละคู่ กล่าวคือ adenine จับกับ thymine และ guanine จับกับ cytosine ซึ่ง hydrogen bond นี้ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อนหรือสภาพอื่นๆ เป็นผลให้สาย DNA แยกจากกัน จึงเกิดการเสียหายของ DNA ได้การแปลงสภาพ DNA โดยทำให้คู่เบสที่จับกันผิดปกติและเกิดการบิดเบี้ยวของเกลียว dimer ได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การแปลงสภาพ DNA

ที่มา: วิกีพีเดีย (2549)

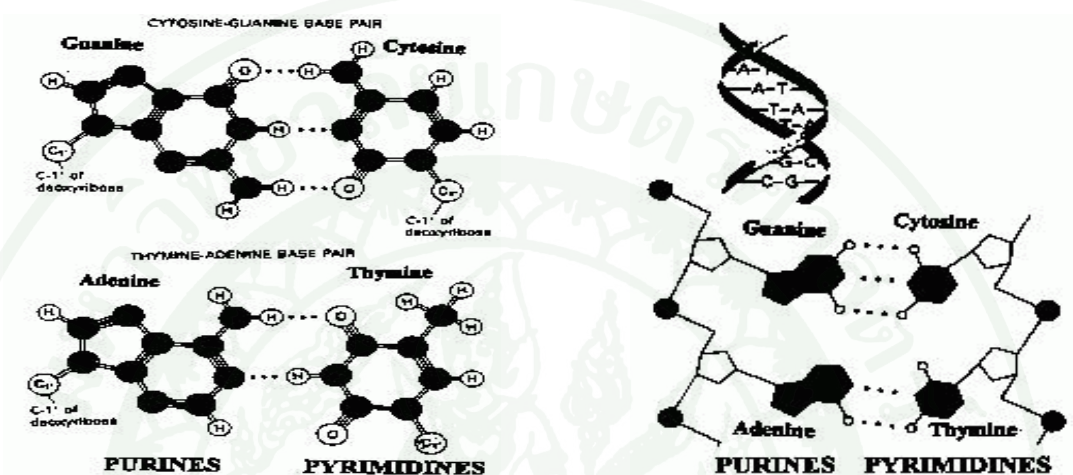
โครงสร้างสำคัญในการดูรังสีอุลตราไวโอเลตของ DNA ก็คือเบสชนิดต่างๆนั่นเอง โดยเบส pyrimidine (thymine และ cytosine) จะมีความไวต่อรังสีนี้มากกว่าเบส purine (adenine และ guanine) ดังนั้นเมื่อเซลล์ได้รับรังสีอุลตราไวโอเลตจะทำให้เกิดการรวมกันของเบส pyrimidine สองตัวที่อยู่ใกล้ชิดกันในสายเดียวกันด้วย covalent bond เป็น dimer เพื่อฟอร์มเป็น cyclobutane ring ในที่สุด สำหรับ dimer ที่เกิดขึ้นเป็นชนิดแรก ได้แก่ thymine dimer แต่อาจพบที่เกิด dimer ของเบสคู่อื่นๆ เช่น thymine-cytosine และ cytosine dimer ได้อีกด้วย ดังภาพที่ 4

ผลจากการรวมกันของเบสใน DNA เป็น dimer นี้ทำให้ hydrogen bond ที่ยึดระหว่างสายของ DNA ไม่เกิดขึ้น เป็นผลทำให้รูปร่างของ DNA จึงไม่สามารถจำลองตัวเอง หรือจำลองเป็น RNA ขึ้นมาได้ สำหรับผลที่เกิดขึ้นตามมาก็คือกิจกรรมต่างๆของเซลล์ เช่น การหายใจ และการเจริญเติบโต จะถูกยับยั้งในที่สุด รังสีอุลตราไวโอเลตมีผลทางอ้อมในการทำลายจุลินทรีย์ โดยรังสีอุลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นสั้นๆ จะทำให้เกิดการรวมตัวของออกซิเจนเป็นโอโซน หรือทำให้ออกซิเจนที่ละลาย

ในน้ำเกิดการรวมตัวกับน้ำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือในที่มียอกซิเจน และสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ อยู่ด้วยจะทำให้เกิดเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบอินทรีย์ขึ้นมาซึ่งสารที่ได้เหล่านี้มีคุณสมบัติทำลายจุลินทรีย์ได้ดี

PURINE/PYRIMIDINE BASE-PAIRINGS

BASE-PAIRINGS IN DNA STRANDS



ภาพที่ 4 โครงสร้าง Purine หรือ Pyrimidine

ที่มา: Best (2008)

12.3 การทนทานของจุลินทรีย์ต่อรังสีอัลตราไวโอเลต

แบคทีเรียที่ทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลตได้นั้นจะเป็นพวกที่ผ่าเหล่าไปมากกว่าจะเป็นพันธุ์ดั้งเดิม จากการวิเคราะห์ในแบคทีเรียบางชนิด จะพบว่าการจับคู่ของเบสเป็น dimer มากมายสำหรับในกรณีอื่นๆ นั้นพบว่าแบคทีเรียที่ผ่าเหล่าส่วนมากจะถูกทำลายด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตได้ง่ายกว่าพันธุ์ดั้งเดิม ซึ่งแบคทีเรียในกรณีหลังนี้จะมีเอนไซม์ที่จะละลายการยึดของ dimer เพื่อให้กลับเข้าสู่สภาพปกติได้ สภาพและระยะการเจริญของเซลล์มีผลต่อการทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต โดยเซลล์ที่มีน้ำน้อยจะทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลตได้ดีกว่าเซลล์ที่มีน้ำมาก แบคทีเรียที่รวมเป็นกลุ่ม หรือสร้างแคปซูล หรือสร้าง Cyst จะทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลตได้ดีกว่าเซลล์ปกติ แบคทีเรียไม่มีรงควัตถุทั้งนี้เพราะว่ารงควัตถุต่างๆ จะดูดซับแสงในช่วงความยาวคลื่นของรังสีอัลตราไวโอเลตเอาไว้ ดังนั้นจึงมีรังสีเป็นส่วนน้อยที่จะไปมีผลต่อ DNA ส่วนสปอร์ของแบคทีเรียจะทนต่อรังสีได้ดีกว่าเซลล์ปกติ 2-5 เท่า สำหรับความทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลตของจุลินทรีย์จะแตกต่างกันไป โดยยีสต์มีความ

ทนทานต่อรังสีอุลตราไวโอเลตได้ดีกว่าแบคทีเรียถึง 2-5 เท่า การตายของจุลินทรีย์โดยรังสีอุลตราไวโอเลต เกิดจากการถูกทำลายที่ DNA เป็นสำคัญ (Altic *et al.*, 2007; Matak *et al.*, 2007)

12.4 การใช้แสงรังสีอุลตราไวโอเลตในการลดเชื้อจุลินทรีย์

รังสีอุลตราไวโอเลตมีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้ดี แม้จะมีข้อจำกัดหลายประการก็ตามจึงได้มีการประดิษฐ์เครื่องอุปกรณ์เกี่ยวกับรังสีอุลตราไวโอเลตที่ใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในทางการแพทย์ที่เรียกว่า germicidal lamp ซึ่งใช้รังสีอุลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นประมาณ 250-265 nm. นำไปฆ่าเชื้อในห้องสำหรับผ่าตัด เป็นต้น เพราะนอกจากสะดวกในการใช้แล้วยังสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายต่ำกว่าอีกหลายๆวิธี ด้วยเหตุที่รังสีเป็นอันตรายต่อมนุษย์จึงต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง มิฉะนั้นอาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้ได้ แต่ไม่นิยมใช้ฆ่าเชื้อที่ปะปนอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้เพราะรังสีจะทำให้เกิดปฏิกิริยาของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พบในอาหารเลี้ยงเชื้อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น และระยะเวลาที่ได้รับรังสีแต่สามารถแก้ไขความเป็นพิษเนื่องจากสาเหตุนี้ได้ด้วยการเติมเอนไซม์ catalase ลงไป (บัญญัติ, 2525) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 297 (กระทรวงสาธารณสุข, 2549) การใช้รังสีอาหาร หมายความว่า การใช้รังสีอาหารเพื่อฆ่าเชื้อในอาหารกระป๋อง ขวดนม และภาชนะต่างๆ เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพื่อทำลาย และยับยั้งการแพร่พันธุ์ของแมลง หรืออื่นๆ ทั้งนี้การใช้รังสีอาหารต้องมีปริมาณรังสีดูดกลืนต่ำสุด และมีปริมาณรังสีดูดกลืนสูงสุดอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค สามารถคงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร โดยไม่ทำลายโครงสร้าง คุณสมบัติเชิงหน้าที่ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหาร

Altic *et al.* (2007) ได้อธิบายถึงการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตในการฆ่าเชื้อของน้ำดื่ม และระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำ รังสีอุลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 280 nm. (UV- C) มีความสามารถในการฆ่าแบคทีเรียได้มากที่สุด โดยการรวมตัวกันเป็น thymine dimmers ใน DNA และ RNA ทำให้เกิดการยับยั้งการจำลอง และการแตกตัวของกรดนิวคลีอิก เทคโนโลยีจากรังสีอุลตราไวโอเลตทำให้เกิดกระบวนการถนอมอาหารโดยไม่ใช้ความร้อน แต่อาจมีข้อจำกัดบางประการในการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตในการยับยั้งแบคทีเรีย และไวรัสในอาหารประเภทของเหลว เช่น น้ำผลไม้ และน้ำนม ดังนั้นจึงมีการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตยับยั้งเชื้อ *M. avium* subsp. *Paratuberculosis* ในน้ำนมครบส่วน และน้ำนมพร่องมันเนย โดยใช้ Laboratory scale uv machine และมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ *M. avium* subsp. *Paratuberculosis* ในน้ำนม (0.5-1.0 log₁₀ reduction per 1000 mJ/ml) และในการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตในแอปเปิ้ลไซเดอร์ พบว่ามีจำนวนของอีโคไล

0157:H7 และ *Cryptosporidium parvum* bacteria ลดลง $5\log_{10}$ reduction หลังผ่านการใช้รังสีอุลตราไวโอเลต โดยเพิ่มความเข้มแสง ($15.8 \pm 1.6 \text{ mJ/cm}^2$) น้ำนม 15 KJ/liter มีแบคทีเรียลดลง $3\log_{10}$ reduction ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ในน้ำนมโคดิบ โดยเฉพาะโคลิฟอร์มมีเกณฑ์การลดลงที่ดีมาก และสปอร์ฟอเมอร์มีเกณฑ์ลดลงพอประมาณ

Krishnamurthy *et al.* (2007) รายงานการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตเป็นเทคโนโลยีใหม่สามารถใช้ยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำนม โดยใช้ระยะเวลาสั้น ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตแบบกระตุ้นในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (สแตปไฟโลคอคคัส) ของน้ำนมที่ไหลต่อเนื่อง การใช้รังสีอุลตราไวโอเลตแบบกระตุ้นทำให้ DNA ของแบคทีเรียเสียหายโดยเกิดการรวมตัวเป็นรูปแบบของ thymine dimer แล้วทำให้ตายในที่สุด จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าน้ำนมผ่านรังสีอุลตราไวโอเลตแบบต่อเนื่องที่ระยะห่างเท่ากับ 5 8 และ 11 เซนติเมตร อัตราการไหล 20 30 และ 40 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านการใช้รังสีอุลตราไวโอเลต 3 รอบ ค่า $\log_{10}$ reduction จาก 0.55 ถึง 7.26 $\log_{10}$ CFU/ml ซึ่งการยับยั้งที่สมบูรณ์ คือจุลินทรีย์ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ จากข้อมูลบอกได้ว่าการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตแบบกระตุ้นมีศักยภาพที่ยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในน้ำนม ดังนั้นการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตแบบกระตุ้นจึงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์มากกว่าการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตแบบต่อเนื่อง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการใช้รังสีอุลตราไวโอเลต แบบกระตุ้นเป็นเวลา 60 วินาทีที่ระยะห่างเท่ากับ 31 เซนติเมตร จากตัวอย่างถึงแหล่งกำเนิด (ประมาณ 4J/m^2) มีการลดลง 6-7 $\log_{10}$ reduction ของแบคทีเรียในวุ้นแก้วเหลืองที่มักพบ *Staphylococcus epidermidis* *Pseudomonas aeruginosa* *Serratia marcescens* อีโคไล สแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส และสามารถลดจุลินทรีย์ได้ 0.09-4.89 $\log_{10}$ CFU/g บนเมล็ด alfalfa (หญ้าประเภทมีฝักมักใช้เลี้ยงสัตว์) ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของเมล็ด และระยะเวลาที่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต

Matak *et al.* (2007) รายงานถึงการพาสเจอร์ไร้น้ำนมโดยใช้ความร้อนมีประสิทธิภาพในการลดจุลินทรีย์ก่อโรค และควบคุมการทำงานของไลเปส และเนื่องจากรังสีอุลตราไวโอเลต มีประสิทธิภาพในการลดจุลินทรีย์ก่อโรค (ลิสทีเรีย โมโนไซโตเจเนส) ในน้ำนมแพะ การยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยการใช้รังสีอุลตราไวโอเลต เมื่อรังสีอุลตราไวโอเลตดูดซึมทำให้เกิดการแทนที่ของโปรตีน และกรดนิวคลีอิกในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ และไม่แตกตัวอีกจนกระทั่งจุลินทรีย์ตาย ดังนั้นจึงมีการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตควบคู่กับกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานขนาดเล็ก และครัวเรือน สามารถสรุปได้ว่าการใช้รังสีอุลตราไวโอเลต และแสงที่มองเห็นได้มีความยาวคลื่นระหว่าง 280 nm. และ 700 nm. ทำให้สามารถลดเชื้อในน้ำนมได้มากกว่า $5\log_{10}$ reduction ($P < 0.001$) โดยให้การไหลของน้ำนมผ่านการใช้รังสีอุลตราไวโอเลต

จนกระทั่งเป็นการไหลแบบปั่นป่วน อัตราการไหลที่จุดนี้ทำให้น้ำนั้นมีความเข้มของแสงรังสีอุลตราไวโอเลต

13 หลอดไฟอุลตราไวโอเลต

หลอดไฟอุลตราไวโอเลต ให้รังสีคลื่นสั้น UV-C 253.7 nm. ใช้ประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรคในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำ และบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมบรรจุหีบห่อ และในห้องปลอดเชื้อ (อุดม, 2547)

13.1 ประเภทหลอดอุลตราไวโอเลต

13.1.1 Tubular UVGI ทั้งแบบ Standard และ High-output

13.1.2 Compact Single-ended UVGI หลอดทั้งสองประเภท เป็นหลอดแบบ Low-pressure Mercury-vapour Discharge Technology

13.1.3 High Intensity Discharge Tube เป็นหลอดแบบ Medium-pressure Mercury-vapour มีพลังงานมากกว่า

13.2 ลักษณะใช้งานฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดหลอดไฟอุลตราไวโอเลต

13.2.1 การฆ่าเชื้อโรคในอากาศ มีดังนี้

1) ติดหลอดรังสีอุลตราไวโอเลตไว้บนเพดาน รังสีกระจายทั่วไป ใช้ในเวลาปลอดคน

2) การใช้รังสีสู่อากาศด้านบนของห้อง โดยใช้โคมหันขึ้น ไม่ส่องลงมาสู่ผู้คน

3) การใช้รังสีสู่อากาศที่พื้นห้อง ด้วยโคมชนิดหันลง เพื่อใช้รังสีสู่อากาศที่พื้น

- 4) ในท่ออากาศ หรือท่อลม เหมาะสำหรับสถานที่ที่มีระบบปรับอากาศ
- 5) หม่าเชื้อโรคที่พื้นผิวของวัตถุใช้กับการผลิตอาหาร และยา ทั้งโดยตรง หรือภาชนะบรรจุ
- 6) หม่าเชื้อโรคในของเหลว ใช้ในการผลิตน้ำดื่ม น้ำผลไม้ น้ำเลี้ยงปลา และน้ำในสระว่ายน้ำ

13.3 การใช้หลอดอุลตราไวโอเลตในการฆ่าเชื้อโรค

การฆ่าเชื้อโรคด้วยการใช้รังสี UV-C ขึ้นกับสององค์ประกอบหลัก คือ

13.3.1 ความลึกในการแทรกซึมของรังสี UV-C ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมาก เนื่องจากรังสีอุลตราไวโอเลตมีขีดจำกัดในการแทรกซึมผ่านวัตถุ (ยกเว้นน้ำ และของเหลวบางชนิด) เพราะผิวชั้นนอกของวัตถุจะดูดซับรังสีเอาไว้

13.3.2 อันตรายจากรังสีต่างๆ ผู้ที่รับการใช้รังสีไม่ควรได้รับรังสีมากเกินไปแต่อย่างใดก็ดี การใช้รังสี UV-C ซึ่งได้จากหลอดฆ่าเชื้อโรคนั้น ก็มีข้อควรสังเกต ดังนี้

- 1) UV-C ต้องถูกเชื้อโรคโดยตรงเท่านั้น ถ้าเชื้อโรคซ่อนอยู่ในเงาของวัตถุ เชื้อโรคนั้นจะไม่ตาย
- 2) UV-C จะต้องถูกเชื้อโรคเป็นระยะเวลานานพอ (นานแค่ไหนขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อโรค) จึงจะสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ ซึ่งเชื้อโรคบางชนิดทนต่อรังสี UV-C ได้นานมาก
- 3) UV-C ถูกดูดซึมได้ง่าย จึงควรใช้ในที่อากาศแห้ง เพราะจะมีประสิทธิภาพที่สุด และใช้ขนาดได้น้อยที่สุด ถ้าใช้ในอากาศชื้นมาก ต้องใช้ขนาดได้สเป็นสองเท่า ถ้าใช้น้ำดื่มธรรมดาจากน้ำก๊อก อาจต้องใช้ขนาดมากถึงสิบเท่า
- 4) การใช้หลอด UV-C ควรระวังไม่ให้ถูกตา และผิวหนังของคนโดยตรง (ถ้าสะท้อนจากผนังก็ต้องคอยระวังไม่ให้นานเกินไป)

13.4 ประโยชน์ของหลอดไฟอุลตราไวโอเลต

13.4.1 การเร่งปฏิกิริยาเคมีด้วยแสง

1) การทำให้อยู่ตัวหรือแข็งตัวโดยวิธีโพลีเมอไรเซชัน ทำให้หมึก สี แล็คเกอร์ นั้นแห้งภายในระยะเวลาสั้นๆ จึงทำให้ผลิตสินค้าได้รวดเร็วขึ้น และมีต้นทุนถูกลงได้

2) การทำเพลา

13.4.2 การตรวจและวิเคราะห์ชิ้นงาน เช่น

- 1) การตรวจดูเส้นด้าย และความเรียบร้อยในการทอผ้า
- 2) ตรวจผลิตภัณฑ์เคมีว่าเป็นชนิดใด
- 3) ใช้วิเคราะห์แร่ธาตุต่างๆ
- 4) ตรวจลายเซ็น ตรวจธนบัตร ตรวจบัตรเครดิต
- 5) การออกแบบแสง ให้เกิดความแปลกตา หรือสวยงาม
- 6) วิเคราะห์ลายนิ้วมือ หรือ การเคลือบพื้นผิววัตถุ
- 7) ตรวจหาเชื้อราในผลิตภัณฑ์อาหาร เพราะเชื้อราบางชนิดมองเห็นได้ชัดในรังสีอุลตราไวโอเลต

13.4.3 รักษาโรคผิวหนัง และโรคผิวหนังเรื้อรัง

13.4.4 การถ่ายภาพเอกซเรย์ ถ่ายพิมพ์เขียว

13.4.5 การฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดให้แสง UV-C ที่มีความยาวคลื่น 253.7 nm. มี

ผลในการฆ่าเชื้อโรคได้ โดยมีผลข้างเคียงน้อยกว่าการใช้ยาและสารเคมี จึงมักใช้ใน

- 1) โรงพยาบาล คลินิก และห้องผ่าตัด
- 2) อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ยา และเวชภัณฑ์
- 3) อุตสาหกรรมการบรรจุ
- 4) อุตสาหกรรมการผลิตน้ำ และงานบำบัดน้ำเสีย เช่น Drinking

Water Aquarium Swimming Pool และ Supplementing Chlorination

14 การทำความสะอาดเครื่องมืออุตสาหกรรมอาหาร

เครื่องมือทุกชิ้นที่สัมผัสกับอาหาร อาจเป็นแหล่งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนลงไปในอาหารก็ได้โดยที่จุลินทรีย์นั้นไม่เพียงติดอยู่กับเครื่องมือชิ้นนั้น แต่มันอาจสามารถเพิ่มจำนวนมาได้ถ้าเครื่องมือชิ้นนั้นผ่านการทำความสะอาดที่ไม่ดีพอ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่เครื่องมือแต่ละชิ้นต้องผ่านการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพก่อน และหลังการปฏิบัติงาน (วรารุติ, 2538) ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการทำความสะอาด และสารฆ่าเชื้อดังนี้

14.1 การทำความสะอาด

จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารพบว่า การทำความสะอาดเครื่องมือที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแปรรูปจัดเป็นการปฏิบัติที่ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ลงมาในการทำความสะอาด นอกจากใช้น้ำแล้วยังใช้สารที่ใช้ทำความสะอาด ซึ่งเรียกว่า detergents (หรือบางทีเรียกว่าผงซักฟอก) โดยสารนี้มีคุณสมบัติในการละลายเกลือแร่ ทำให้สารที่แขวนลอยกระจายตัวหรือทำให้เกิดการละลายของสารมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุง wetting ability ของสารละลายที่ใช้ในการทำความสะอาดซึ่งทำให้เกิดฟองน้อยลง และยังสามารถผสมกับไขมันให้กลมกลืนกันจนกลายเป็นเมือกขาว ได้สาร detergents ที่ใช้พอจะแบ่งออกได้ 3 กลุ่ม

14.1.1 มีฤทธิ์เป็นด่าง ได้แก่ น้ำด่าง lye soda ash sodium metasilicate trisodium phosphate และ polyphosphate เป็นต้น

14.1.2 มีฤทธิ์เป็นกรด ได้แก่ กรดอินทรีย์ เช่น hydroxyacetic acid tartaric acid levulinic acid กรดคลอโรไดนิค และกรดซิตริก เป็นต้น

14.1.3 Wetting agents แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้

- 1) กลุ่มที่มีประจุลบ (anionic, HaR) เช่น hydrocarbon sulfonates
- 2) กลุ่มที่มีประจุบวก (cationic, RCI) เช่น สารประกอบ quaternary ammonium
- 3) กลุ่มที่ไม่มีประจุ (nonionic) เช่น polyether และ alcohol เป็นต้น

การทำความสะอาดในโรงงานอาหารนิยมใช้ในระบบทำความสะอาดภายใต้สภาพความดันสูง โดยอาศัยการพ่น หรือนัดน้ำภายใต้ความดัน 300-1000 psi

14.2 สารฆ่าเชื้อ

ชนิดของ sanitizing รวมถึงความเข้มข้นที่ใช้ อุณหภูมิของ sanitizing และวิธีการที่ใช้สารนี้จะขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ที่ต้องการจะทำลาย ประกอบกับสภาพแวดล้อมในระหว่างการใช้ และชนิดของเครื่องมือที่ใช้ และต้องการทำให้ปราศจากเชื้อปนเปื้อน (สุเมธนา, 2547)

ชนิดของ sanitizing ที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ น้ำร้อน ไอน้ำร้อนภายใต้สภาพความดันสูง สารฮาโลเจน เช่น คลอรีนหรือไฮโปคลอไรต์ และสารประกอบ quaternary ammonium เป็นต้น สำหรับรายละเอียดของ sanitizing พอที่จะกล่าวถึงโดยสังเขปได้ดังนี้ ในกรณีของไอน้ำร้อนภายใต้สภาพความดันสูง เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการประยุกต์ใช้ความร้อนเพื่อทำหน้าที่เป็น sanitizing แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดอยู่กับระบบปิด ซึ่งสามารถทนต่อสภาพที่มีความดันได้เท่านั้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้น้ำร้อนโดยตรงแต่มีปัญหาตรงอุณหภูมิของน้ำร้อนลดลงระหว่างปฏิบัติการ เมื่อพิจารณาในแง่ของจุลินทรีย์จะพบว่าจุลินทรีย์ทุกชนิดรวมถึงสปอร์จะถูกทำลายทั้งหมด เมื่อใช้ไอน้ำภายใต้สภาพความดันสูง แต่ถ้าใช้ความร้อนนั้น อาจมีสปอร์ของแบคทีเรียที่สามารถต้านทานต่อความร้อนได้สูงรอดชีวิตได้ (วรารุณี, 2538)

คลอรีน ไอโอดีน และสารประกอบของธาตุทั้งสอง ได้แก่ hypochlorites, chloramines และ iodophores เป็นต้น เป็นสารซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์สูง ถ้าใช้ในความเข้มข้นที่เหมาะสม และใช้เวลาเพียงพอ ดังเช่นในสภาพที่มีสารอินทรีย์สูง จำเป็นที่ต้องใช้สารนี้ในความเข้มข้นที่สูงกว่าปกติ นอกจากนี้แล้ว ตามปกติสปอร์ของแบคทีเรียที่มีความสามารถที่ต้านทานต่อสารเหล่านี้ได้ ปกติแล้วคลอรีนถูกใช้ในการทำลายแบคทีเรียที่ไม่ต้องการซึ่งปนเปื้อนอยู่ในน้ำ และใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้ล้างทำความสะอาดวัตถุดิบ เครื่องมือ และน้ำหล่อเย็น สำหรับความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้คลอรีนในวัตถุประสงค์ดังกล่าว ที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ส่วนในกรณีของ hypochlorites ควรใช้สภาพที่เป็นกรด เพราะเป็นสภาพที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (วราวุฒิ, 2538)

สารประกอบ quaternary ammonium มีผลต่อการทำลายแบคทีเรียแกรมบวกมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ สารประกอบนี้มีผลตกค้างโดยติดอยู่กับผิวของเครื่องมือ และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่รอดชีวิต หรือปนเปื้อนเข้ามาอีก แต่ก่อนที่เครื่องมือจะถูกนำไปใช้กับอาหารนั้นจำเป็นต้องล้างสารประกอบนี้ให้หมด เพราะถ้าถูกตรวจพบในผลิตภัณฑ์อาหารจะทำให้ผลิตภัณฑ์ถูกปฏิเสธทั้งหมดได้ สำหรับสภาพที่เหมาะสมต่อการทำงานของสารประกอบนี้จะต้องใช้ในสภาพที่เป็นด่าง ในกรณีของการใช้ detergents ที่มีสภาพเป็นด่างผสมกับสารประกอบ quaternary ammonium เพื่อใช้ในการทำความสะอาด และฆ่าเชื้อเครื่องมือได้เช่นกัน ในอุตสาหกรรมอาหารบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมนม มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอย่างถาวร ดังนั้นในการทำความสะอาด และฆ่าเชื้อจึงต้องใช้วิธีพิเศษที่เรียกว่า cleaner-in-place system (CIP) ซึ่งเป็นระบบที่ควบคุมโดยอัตโนมัติ สำหรับตัวอย่างที่จะกล่าวถึงการใช้ระบบ CIP ในการทำความสะอาดท่อส่งน้ำนมสามารถทำได้ ดังนี้ เริ่มต้นด้วยการล้างท่อน้ำอุ่น จากนั้นจึงผ่านสารละลาย detergents ร้อน (71 องศาเซลเซียส) เข้าไป ตามด้วยการล้างน้ำแล้วจึงผ่าน sanitizing agent เช่น น้ำร้อน (77 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า) สารละลายคลอรีน (200 ส่วนในล้านส่วน) เป็นขั้นตอนสุดท้ายตามปกติแล้ว การใช้ sanitizing agent มักผ่านเข้าไปตามท่อน้ำก่อนที่มีการใช้ท่อในการผลิต ผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ (วราวุฒิ, 2538)

CIP ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นม คือ กระบวนการผลิตเป็นระบบผลิตแบบปิด หรือแบบปลอดเชื้อ ตลอดจนมีการขนถ่ายแบบอัตโนมัติ ดังนั้นรูปแบบการทำความสะอาดต้องเป็นระบบปิดด้วย นิยมเรียกกันว่า CIP การทำ CIP เป็นระบบการล้างแบบอาศัยการวนกลับของสารเคมีที่ใช้ในการล้างด้วยระบบปิด โดยอาศัยแรงดันของน้ำ หรือสารเคมีที่ใช้ในการล้าง โดยที่ไม่ต้องมีการแยกถอดส่วนประกอบของเครื่องจักรออกเป็นส่วนๆ จุดมุ่งหมายของการทำ CIP หรือการทำ

ความสะอาดอุปกรณ์การผลิตในระบบปิดให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะการจัดตั้งตักค้างที่ติดค้างอยู่ตามผนังอุปกรณ์ เช่น ด้านในผิวถัง หรือผิวด้านในของท่อ และสามารถลดจำนวนของเชื้อแบคทีเรียลงสิ่งตกค้าง โดยมากเป็นองค์ประกอบที่มาจากตัวผลิตภัณฑ์เอง (น้ำมัน) ส่วนมากเป็นสารจำพวกน้ำตาล โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และเกลือชนิดต่างๆ ดังนั้น CIP ทำเพื่อเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวของสิ่งสกปรกต่างๆ ที่ยึดเกาะกับพื้นผิว ปัจจัยสำคัญ 4 ประการ สำหรับระบบการล้างที่ทำให้เกิดการล้างอย่างมีประสิทธิภาพ (วราวุฒิ, 2538)

- 1) อุณหภูมิ หน่วยที่ทำหน้าที่ในการส่งสารเคมีหมุนวนในระบบการล้างต้องได้รับการออกแบบให้มีการควบคุมอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอตลอดกระบวนการล้างทั้งขาส่งไป และรับกลับ
- 2) เวลา ต้องมีการคำนวณระยะเวลาที่ใช้อย่างเหมาะสม และแม่นยำในแต่ละอุปกรณ์ที่ทำการล้างทั้งนี้ ความยากง่ายในการเอาชนะแรงยึดเหนี่ยว และความใกล้เคียง มีผลต่อระยะเวลาการเดินทางของสารเคมี
- 3) ความเข้มข้นของสารเคมี หรือน้ำยาทำความสะอาดต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการล้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่เราทำการผลิต
- 4) ความเร็ว เป็นปัจจัยที่สำคัญตัวหนึ่งที่ต้องออกแบบให้เกิดพลังงานจลน์อย่างเหมาะสมในการเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวของสิ่งสกปรก ในระบบมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดรูปร่าง ของอุปกรณ์ต่างๆ ความเร็วของสารทำความสะอาดก็จะต่างกันด้วย

14.2.1 กรด ต่าง ที่นิยมใช้ในงาน CIP เช่น กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก และกรดซัลฟิวริก ในแต่ละขั้นตอนในการทำ CIP มีดังนี้

- 1) รวบรวมผลิตภัณฑ์ที่ค้างอยู่ตามอุปกรณ์
- 2) ทำความสะอาดขั้นต้นด้วยน้ำ
- 3) ทำความสะอาดด้วยสารเคมี

4) ล้างสารเคมีด้วยน้ำ

5) ฆ่าเชื้อด้วยสารเคมี หรือความร้อน

14.2.2 การวัดความสะอาดของพื้นผิววัสดุสามารถทำความสะอาดให้ครบ
ทั้ง 3 ลักษณะความสะอาดด้วยกัน

1) ความสะอาดทางกายภาพ หมายถึง ความสะอาดที่สังเกตได้ด้วย
ตาเปล่าว่าเกลี้ยง ปราศจากสิ่งตกค้าง

2) ความสะอาดทางเคมี หมายถึง ความสะอาดปราศจากสารเคมี
ตกค้างรวมถึงสารเคมีที่ใช้ในการล้าง

3) ความสะอาดทางชีวภาพ หมายถึง ความสะอาดพื้นผิวที่ปราศจาก
จุลินทรีย์

15 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์อาหารเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคจะต้องเลือกซื้อรับประทาน การที่ผลิตภัณฑ์นั้นจะ
สามารถทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อในครั้งถัดไปจำเป็นต้องตอบสนองต่อปัจจัยด้านประสาท
สัมผัสของผู้บริโภคซึ่งประกอบด้วย การมองเห็น การดม การชิม การได้ยิน และการสัมผัส การ
ประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส เป็นวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์
อาหารด้วยประสาทสัมผัสทั้งห้าก่อนที่จะนำผลการประเมินมาประมวลผลตามวิธีทางสถิติ การใช้
ประสาทสัมผัสของมนุษย์เป็นอุปกรณ์ทดสอบเป็นการใช้ทางลัดของการวิเคราะห์คุณภาพอาหาร โดย
ไม่ใช้วัสดุอุปกรณ์เคมี ส่วนการยอมรับคำตัดสินใจหรือไม่ เป็นเรื่องที่ต้องอยู่ภายในกรอบของ
หลักการออกแบบการทดสอบด้วยอุปกรณ์วัตถุเรียกว่า Objective Test ในการทดสอบคุณภาพอาหาร
เรียกผู้ชิม หรือผู้ทดสอบว่า panel หรือ panelist (ไพโรจน์, 2545; ธงชัย, 2548; ปราณี, 2547; วราวุฒิ,
2547)

15.1 คุณลักษณะเชิงประสาทสัมผัส

15.1.1 ลักษณะทางกายภาพ คือ ลักษณะปรากฏที่เห็นได้ด้วยตา และอาจรับรู้โดยอาศัยประสาทสัมผัสอื่นร่วมได้ จำแนกเป็น

- 1) สี จัดเป็นปัจจัยทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดการสนใจของผู้บริโภค ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีสีบ่งบอกความขึ้นอยู่แล้ว
- 2) ขนาดและรูปร่างผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นต้องถึงขนาดและรูปร่าง โดยต้องให้เหมาะสมต่อความต้องการของผู้บริโภค ทั้งนี้ขนาดจัดเป็นปริมาณเปรียบเทียบ
- 3) ขนาดของอาหาร ขนาดรูปร่าง บอกถึงลักษณะรูปทรงของอาหาร พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์อาหารมีพื้นผิวแตกต่างกัน เช่นเรียบ ขรุขระ มันวาว และแห้ง

15.1.2 กลิ่น โดยอาศัยประสาทสัมผัสด้านการดม โดยปกติผู้ชิมจะได้กลิ่นของผลิตภัณฑ์ เมื่อสารที่ให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์ระเหยเข้าสู่โพรงจมูก และรับรู้โดยประสาทการรับกลิ่น ความแรงของกลิ่นขึ้นกับปริมาณสารให้กลิ่นที่หลุดจากเนื้อผลิตภัณฑ์

15.1.3 เนื้อสัมผัส โดยอาศัยประสาทด้านการสัมผัส โดยการรับรู้สีกด้วยการสัมผัสด้วยมือโดยตรง หรือประสาทสัมผัสภายในช่องปากตัวอย่างของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่จำเพาะ เช่น ค่าคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสทางด้านความกรอบ (ค่าแรงสูงสุดที่ตัวอย่างเริ่มหักออกจากกัน) ความรู้สึกภายในปาก เมื่อทำการขบเคี้ยวไปในปากแล้ววัตถุนั้นมีการแตกหักได้หลายครั้ง แสดงว่าวัตถุนั้นมีความกรอบ สามารถจะเปรียบเทียบได้จากความรู้สึก ถ้าแตกหักมากแสดงว่าวัตถุนั้น กรอบ แต่ถ้าวัตถุนั้นแตกหักได้น้อย หรือไม่แตกหักแสดงว่าวัตถุนั้นมีค่าความแข็งน้อย

15.1.4 กลิ่นรส โดยอาศัยประสาทสัมผัสด้านการชิม กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์นี้เป็นความรู้โดยรวมที่เกิดขึ้นภายในปากของผู้บริโภค เมื่ออาหารถูกเคี้ยวบดในปาก และสัมผัสน้ำลายซึ่งช่วยละลายหรือเจือจางสารให้รสได้สัมผัสกับต่อมรับรสที่อยู่บนลิ้น ขณะที่ลิ้นเคลื่อนไหวจะทำให้อาหารสัมผัสกับต่อมรับรสได้อย่างสม่ำเสมอ การรับรสของต่อมรับรสขึ้นกับปัจจัยสภาพแวดล้อมในการชิมของผู้บริโภค และการเจ็บป่วยเป็นสำคัญ

15.1.5 เสี่ยง โดยอาศัยประสาทสัมผัสด้านการได้ยิน เช่น เสียงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเคี้ยวอาหาร ซึ่งแสดงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เช่น ความกรอบ หรือความแข็งของผลิตภัณฑ์

15.2 การทดสอบหาความแตกต่าง

เป็นการตรวจสอบด้วยวิธีการด้านประสาทสัมผัสเพื่อประเมินว่าผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด หรือมากกว่ามีความแตกต่างในเชิงคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสตามที่กำหนดหรือไม่ สามารถแบ่งตามประเภทของการทดสอบหาความแตกต่างได้ดังต่อไปนี้

15.2.1 การทดสอบหาความแตกต่างตามคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส แบ่งออกเป็น

15.2.1.1 การทดสอบความแตกต่างโดยรวม

15.2.1.2 การทดสอบความแตกต่างในคุณลักษณะโดยเฉพาะ เช่น การทดสอบหาความแตกต่างด้านกลิ่น สี รสชาติ (หวาน เค็ม ขม เปรี้ยว) ความกรอบ และความเหนียว

15.2.2 การทดสอบหาความแตกต่างตามกระบวนการวิธีการในการทดสอบ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

15.2.2.1 การทดสอบแบบเปรียบเทียบคู่ เป็นการทดสอบเปรียบเทียบ 2 ตัวอย่างว่า เหมือนกัน หรือ แตกต่างกัน และผู้ทดสอบชอบชิมตัวอย่างใดมากกว่ากันโดยคุณลักษณะที่ใช้ในการตัดสินการเปรียบเทียบคู่เป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก เสียเวลาน้อย ประหยัดค่าใช้จ่าย เพราะใช้เครื่องมือน้อย และสามารถทำการทดสอบได้บ่อยครั้ง แต่ต้องมีการสุ่มตัวอย่างที่ดี และต้องมีการนำเข้าที่ชัดเจน

15.2.2.2 การทดสอบแบบคู่อิ-ทริโอ เมื่อวิธีการเปรียบเทียบตัวอย่าง 2 ตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน ทั้งนี้เพื่อเลือกตัวอย่างที่เหมือนกับตัวอย่างมาตรฐาน จะเลือกใช้วิธีนี้เมื่อไม่สามารถกำหนดลักษณะที่จะพิจารณาได้ ในการทำการทดสอบแต่ละครั้งต้องมีการสุ่มนำเสนอตัวอย่างที่ดี

15.2.2.3 การทดสอบแบบไตรแองเกิล เป็นการทดสอบที่นำเสนอตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง (มี 3 รหัส) พร้อมกันโดยที่ภายในตัวอย่างนั้นมี 2 ตัวอย่างที่เหมือนกัน ในการทดสอบจึงให้ผู้ชิมเลือกตัวอย่างคู่ที่เหมือนกัน หรือเลือกตัวอย่างที่แตกต่างจากอีก 2 ตัวอย่าง วิธีนี้ให้ผลตอบแทนที่ดี เพราะมี 3 ตัวอย่าง จึงนิยมใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาแต่ละรุ่นว่ามีสมบัติเหมือน หรือแตกต่างจากเดิมหรือไม่ จำนวนผู้ทดสอบ 20-40 คน สำหรับตัวอย่างที่มีความแตกต่างมาก แต่ถ้าตัวอย่างมีความแตกต่างเล็กน้อย ต้องใช้ผู้ทดสอบจำนวนมากขึ้น 50-100 คน เพื่อหลีกเลี่ยงการคาดเดา และกลุ่มผู้ทดสอบควรเป็นผู้ทดสอบที่ผ่านการอบรมให้เข้าใจวิธีทดสอบ

15.2.2.4 การทดสอบแบบให้คะแนน นิยมใช้ในโรงงานโดยใช้ในการชิมตัวอย่างที่สุ่มมาจากสายการผลิตเพื่อตรวจติดตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิต ก่อนที่จะปล่อยผลิตภัณฑ์ออกจากโรงงาน ในการทดสอบเกณฑ์ในการให้คะแนนนั้น ทางโรงงานจะเป็นผู้ตั้งเกณฑ์ในการให้คะแนน ตามลำดับคุณภาพที่โรงงานยอมรับ

15.2.2.5 การทดสอบแบบจัดลำดับ ได้อธิบายว่า การทดสอบนี้เหมาะในกรณีที่มีตัวอย่างที่ต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างตั้งแต่ 3 ตัวอย่างขึ้นไป ผู้ทดสอบจะประเมินตัวอย่างที่ได้รับตามลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้ดำเนินการทดสอบต้องการศึกษา โดยผู้ทดสอบจะทำการเรียงลำดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัส

การทดสอบแบบจัดลำดับสามารถนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า R-index (O' Mahony, 2001) หลักการนี้โดยเลียนแบบการวิเคราะห์เพื่อแยกแยะสัญญาณ (Signal) ออกจากตัวรบกวน (Noise) ในทางไฟฟ้า ซึ่งตัวอย่างการนำเทคนิค R-index มาใช้วิเคราะห์ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในอาหาร 7 ตัวอย่าง แสดงข้อมูลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการประเมินความชอบของผู้ทดสอบโดยใช้ประสาทสัมผัสด้วยวิธีจัดลำดับ

ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7
ตัวอย่าง							
P	a*	b	c	d	e	f	g
A	h	i	j	k	l	m	n
B	o	p	q	r	s	t	u
C	v	w	x	y	z	aa	bb
D	cc	dd	ee	ff	gg	hh	ii
E	jj	kk	ll	mm	nn	oo	pp
F	qq	rr	ss	tt	uu	vv	ww

หมายเหตุ a > h > o > v > cc > jj > qq

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กในตาราง คือ จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกตัวอย่างอาหารที่ลำดับความชอบต่างๆ

ที่มา: ดัดแปลงจาก O' Mahony (2001)

โดย P, A, B, C, D, E และ F เท่ากับ ตัวอย่างอาหาร

ลำดับที่ 1 เท่ากับ ชอบมากที่สุด

ลำดับที่ 7 เท่ากับ ชอบน้อยที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบผลความชอบระหว่างตัวอย่าง P และ A จะได้ว่าตัวอย่าง P ซึ่งมีคะแนนความชอบนำตัวอย่าง A เป็นตัวสัญญาณ (Signal) และตัวอย่าง A เป็นตัวรบกวน (Noise) ค่า R-index ระหว่างตัวอย่าง P และ A สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$R = \frac{a(i+j+k+l+m+n) + b(j+k+l+m+n) + c(k+l+m+n) + d(l+m+n) + e(m+n) + fn + 0.5(ah+bi+cj+dk+el+fm+gn)}{N_1 N_2} \quad (1)$$

$$N_1 = a + b + c + d + e + f + g \quad (2)$$

$$N_2 = h + i + j + k + l + m + n \quad (3)$$

โดย N_1 = จำนวนสัญญาณทั้งหมด

N_2 = จำนวนตัวรบกวนทั้งหมด

นำค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ในตารางภาคผนวกที่ ค1 ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ในตาราง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุ

- 1.1 นํ้านมแพะดิบ จากฟาร์มแพะนมปลอดโรคของเกษตรกร ในจังหวัดราชบุรี (TT GARDEN AND GOAT FARM ตำบลทุ่งหลวง อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี)
- 1.2 อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (3M Petrifilm Aerobic Count Plate, บริษัท 3เอ็ม ประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ ประเทศไทย)
- 1.3 ฟีนอล์ฟทาลิน (lab chem., Asia Pacific specialty chemical limited, Austria)
- 1.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

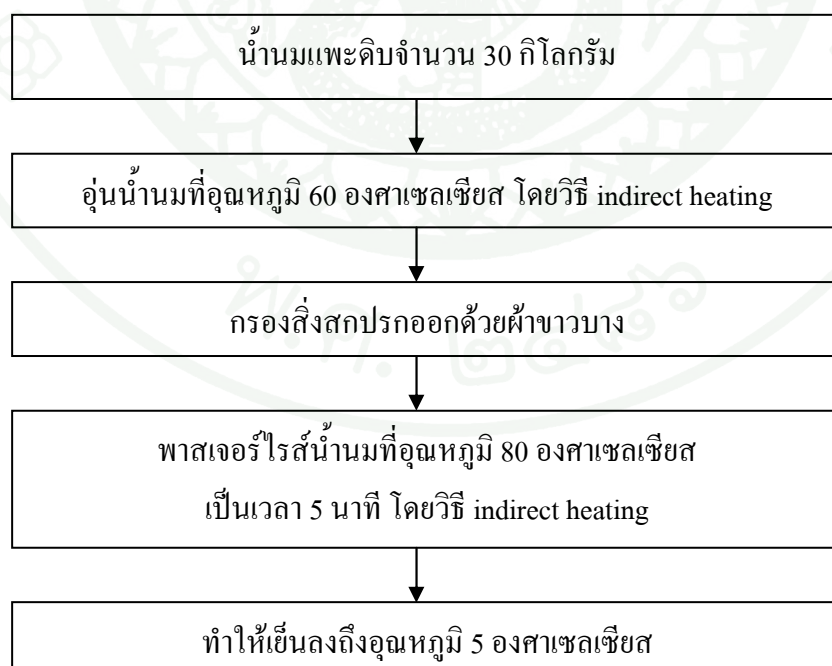
- 2.1 ระบบจำลองรังสีอุลตราไวโอเลต
- 2.2 เครื่องวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบนํ้านม (Lactoscan 90, Chaicharee Holding CO., LTD, Europe)
- 2.3 เครื่องวิเคราะห์ความเป็นกรด-เบส (เครื่อง pH meter รุ่น C830)
- 2.4 เครื่อง pump (Masterflex model 7518-00, Cole-Parmer Instrument Company, Barrington, USA)
- 2.5 เครื่อง Autoclave (Model HA-300MII, Hirayama Manufacturing Corporations, Tokyo, Japan)
- 2.6 ตู้บ่ม (GALLENKAMP, บริษัท ไทยโพนเมติก จำกัด กรุงเทพฯ ประเทศไทย)
- 2.7 ตู้อบลมร้อน (WTC binder, Tuttlingen, Germany)
- 2.8 เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า (Sartorius MC1 model LC4200S, บริษัท ไฮแอนดิฟิคโปรโมชัน จำกัด)

- 2.9 เทอร์โมมิเตอร์ (EBRO TTX 100)
- 2.10 แลคโตมิเตอร์
- 2.11 กระบอกใส่น้ำนม
- 2.12 ปีเปตขนาด 1 มิลลิลิตร 5 มิลลิลิตร และ 10 มิลลิลิตร
- 2.13 แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์
- 2.14 ขวดปลอดเชื้อขนาด 1000 มิลลิลิตร
- 2.15 ถ้วยตรวจซึม

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างน้ำนมแพะ สำหรับการทดลอง

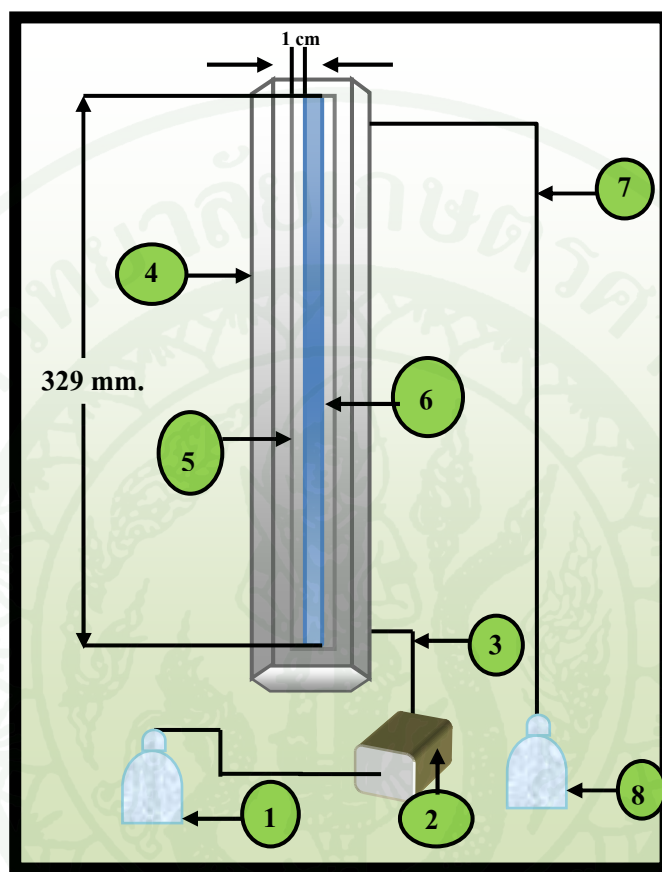
- 1.1 ใช้น้ำนมแพะดิบเหลวจากเกษตรกร จำนวน 30 กิโลกรัม เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง
- 1.2 ขั้นตอนการทำน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กระบวนการทำน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ (ภาพผนวกที่ ก 1)

2. ระบบจำลองรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ทดสอบน้ำมัน

ระบบจำลองรังสีอัลตราไวโอเลต มีส่วนประกอบ แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ส่วนประกอบของระบบจำลองรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ทดสอบน้ำมัน

หมายเลขในรูปแสดงส่วนประกอบดังต่อไปนี้

- | | | |
|--|--|--|
| 1 = ขวดบรรจุน้ำมันก่อนผ่าน
รังสีอัลตราไวโอเลต | 4 = ฝาพลาสติกปิดระบบรังสีอัลตรา
ไวโอเลต | 7 = ท่อยางซิลิโคน |
| 2 = ปั๊ม (Pump) | 5 = หลอดแก้วให้น้ำมันไหลผ่าน | 8 = ขวดบรรจุน้ำมันหลังผ่าน
รังสีอัลตราไวโอเลต |
| 3 = ท่อยางซิลิโคน | 6 = หลอดไฟรังสีอัลตราไวโอเลต
- UV-C 253.7 nm.
- หลอดไฟยาว 329 มิลลิเมตร
- เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร | |

3. การทดลองได้แบ่งการตรวจคุณภาพออกเป็น

น้ำนมแพะดิบ และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ มาแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ไม่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต และส่วนที่ 2 ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต จากนั้นนำไปทดลอง ตามรูปแบบดังตารางที่ 7 โดยทำความสะอาดระบบก่อนเริ่มทำการทดลอง หลังทำการทดลอง และระหว่างชุดการทดลอง โดยใช้กรด ต่าง และน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เป็นเวลา 5 นาที และเริ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมในแต่ละชุดการทดลองหลังจากน้ำนมไหลผ่านระบบไปแล้วประมาณ 200 มิลลิลิตร

3.1 การตรวจคุณภาพน้ำนมแพะดิบ

1) การตรวจคุณภาพน้ำนมทางชีวภาพ

น้ำนมแพะดิบทุกชุดการทดลอง ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการตรวจนับจุลินทรีย์รวม และตรวจนับจุลินทรีย์ก่อโรคที่สำคัญในน้ำนมแพะดิบ คือ อีโคไล โคลิฟอร์ม ชัลโมเนลลา บาซิลลัส ซีเรียส และสแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส ตามวิธีของ APHA (1992) และ Marshall (1993) โดยตรวจในวันแรกของการทดลอง เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องรังสีอุลตราไวโอเลตในการลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะดิบ

3.2 การตรวจคุณภาพน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต

1) การตรวจคุณภาพน้ำนมทางชีวภาพ

น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ทุกชุดการทดลอง ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน ทำการตรวจนับจุลินทรีย์รวม โดยตรวจในวันที่ 1 3 5 7 9 11 13 และ 15 ของการเก็บรักษา และตรวจนับจุลินทรีย์ก่อโรคที่สำคัญในน้ำนมแพะดิบ คือ อีโคไล โคลิฟอร์ม ชัลโมเนลลา บาซิลลัส ซีเรียส และสแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส ตามวิธีของ APHA (1992) และ Marshall (1993) โดยตรวจในวันแรกของการทดลอง

ตารางที่ 7 รูปแบบการทดลองการศึกษาลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะดิบ และน้ำนมแพะ
พาสเจอร์ไรส์

ตัวอย่างน้ำนมแพะ	ชุดการทดลอง	อัตราการไหล มิลลิลิตรต่อวินาที	จำนวนรอบที่ผ่าน รังสีอุลตราไวโอเลต
ดิบ	ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต	-	-
		0.85	1
			2
			3
		1.2	1
			2
			3
		1.7	1
			2
			3
		-	-
		0.85	1
พาสเจอร์ไรส์	ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต		2
			3
		1.2	1
			2
			3
		1.7	1
			2
			3
			3

2) การตรวจคุณภาพน้ำมันทางกายภาพ-เคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ-เคมีของน้ำมันแพะดิบ ด้วยเครื่อง Lacto Scan 90 ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ของแข็งทั้งหมด ไม่รวมไขมัน น้ำตาลแลคโตส จุดเยือกแข็ง เป็นต้น ความเป็นกรดของน้ำมัน ความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน ตามวิธีของ ธนพรรณ (2552) โดยตรวจในวันที่ 1 3 5 7 9 11 13 และ 15 ของการเก็บรักษา

3) การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส

การประเมินทางประสาทสัมผัสในน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์ ทำโดยวิธีการจัดลำดับความชอบในกลุ่มรสโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน (Semi-trained Panelist) ดังตารางที่ 8 จำนวน 10 คน เนื่องจากกลุ่มคนเหล่านี้มีความคุ้นเคยกับกลิ่นรสของน้ำมันแพะ สามารถแยกความแตกต่างได้ โดยตัวอย่างที่ใช้มีทั้งหมด 7 ตัวอย่าง มีการกำหนดเลขรหัส 3 หลัก (ภาคผนวกที่ 1) ในการบ่งบอกตัวอย่าง จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ โดยเทคนิค R-index (O' Mahony, 2001) โดยตรวจในวันที่ 1 5 10 13 และ 15 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 8 รูปแบบการทดลองการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันแพะพาสเจอร์ไรส์ตลอดอายุการเก็บรักษา

ตัวอย่าง น้ำมันแพะ	ชุดการทดลอง	อัตราการไหล มิลลิลิตรต่อวินาที	จำนวนรอบที่ผ่าน รังสีอัลตราไวโอเลต
พาสเจอร์ไรส์	ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	-	-
	ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	0.85	1
			3
		1.2	1
			3
		1.7	1
			3

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (คุณภาพทางกายภาพ-เคมี) นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ด้วยวิธีการทดลองแบบ 11×8 Factorial in CRD ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R 2.9.2 ซึ่งมีแบบแผนจำลองทางสถิติดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

โดยที่ $i = 1, 2, \dots, 11$
 $j = 1, 2, \dots, 8$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตของทริทเมนต์คอมบินชันของอัตราการใช้ไคที่ i เวลาในการเก็บรักษาที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

A_i = อิทธิพลของอัตราการใช้ไคที่ i

B_j = อิทธิพลของเวลาในการเก็บรักษาที่ j

AB_{ij} = อิทธิพลร่วมของน้ำมันพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลตรูปแบบต่างๆ และการเก็บรักษา

ε_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ผลและวิจารณ์

1. การตรวจคุณภาพน้ำนมแพะดิบ

ระบบจำลองนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับระบบรังสีอุลตราไวโอเลตในเครื่องกรองน้ำ โดยให้น้ำนมถูกดันขึ้นในแนวตั้งผ่านหลอดรังสีอุลตราไวโอเลตอย่างช้าๆ จากการทดลองเบื้องต้น พบว่าอัตราการไหลที่ 0.85-1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที เป็นอัตราการไหลที่เหมาะสมต่อขนาดของระบบจำลอง และให้ประสิทธิภาพที่ดีในการลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะ

1) คุณภาพน้ำนมทางชีวภาพ

ผลการทดลองได้ว่าจุลินทรีย์ที่ก่อโรค อีโคไล โคลิฟอร์ม ซัลโมเนลลา บาซิลลัส ซีเรียส และสแตปไฟโลคอกคัส ออเรียส การทดลองได้ว่าในน้ำนมแพะดิบทุกชุดการทดลอง มีปริมาณไม่เกินจากที่สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกษ.6006-2551) ได้กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 9 อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อน้ำนมแพะผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดนั้นดูได้จากผลการตรวจนับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวม ซึ่งผลการตรวจเชื้อจุลินทรีย์รวมในแต่ละชุดการทดลอง แสดงในตารางที่ 10

จากตารางที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลของน้ำนมแพะดิบ จะได้ว่าหากใช้อัตราการไหลต่ำที่ 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมจะลดลงมากกว่าในกรณีที่ใช้อัตราการไหลที่ 1.2 และ 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ซึ่งอธิบายได้ว่าการไหลต่ำ น้ำนมไหลอย่างช้าๆทำให้น้ำนมผ่านรังสีอุลตราไวโอเลตได้นานกว่าที่อัตราการไหลสูง มีผลทำให้เกิดการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์รวมได้มากกว่าที่อัตราการไหลสูง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ (Krishnamurthy *et al.* 2007) ที่ทำทดลองโดยใช้น้ำนมโค ในการผ่านรังสีอุลตราไวโอเลตแบบต่อเนื่องที่ระยะห่างเท่ากับ 5 8 และ 11 เซนติเมตร ที่อัตราการไหลของน้ำนม 20 30 และ 40 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต 1 2 และ 3 รอบ ผลโดยรวมที่อัตราการไหลของน้ำนม 20 มิลลิลิตรต่อวินาที สามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์รวมได้ $0.55-7.26 \log_{10} \text{ cfu/ml}$

ตารางที่ 9 ผลการทดลองการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตลดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในน้ำนมแพะดิบ

ตัวอย่าง น้ำนม	ชุดการทดลอง	อัตราการไหล มิลลิลิตรต่อวินาที	จำนวนรอบที่ผ่าน รังสีอุลตราไวโอเลต	จุลินทรีย์ก่อโรค (cfu/ml)				
				<i>E.coli</i>	Coliform	<i>Salmonella spp.</i>	<i>B.cereus</i>	<i>S.aureus</i>
แพะดิบ	ผ่านรังสีอุลตรา	0.85	1	nd*	46	nd	nd	nd
	ไวโอเลต		2	27	53	nd	nd	29
			3	34	46	nd	nd	nd
		1.2	1	nd	32	nd	nd	nd
			2	nd	24	nd	nd	nd
			3	30	11	nd	nd	42
		1.7	1	32	42	nd	nd	12
			2	nd	39	nd	nd	nd
			3	nd	30	nd	nd	nd
ค่ามาตรฐาน มกษ. 6006-2551				<10 ³	<10 ³	ต้องไม่พบ	ไม่ได้กำหนดไว้	ไม่ได้กำหนดไว้

หมายเหตุ *nd (not detected) หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะดิบ

ตารางที่ 10 ผลการทดลองการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในน้ำนมแพะดิบ

กลุ่มการทดลอง น้ำนมแพะดิบ	อัตราการไหล มิลลิลิตรต่อวินาที	จำนวนรอบที่ผ่าน รังสีอัลตราไวโอเลต	จำนวนจุลินทรีย์รวม (cfu/ml)
ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	-	-	$3.20 \times 10^3^{**}$
ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	0.85	1	2.50×10^3
		2	1.60×10^3
		3	1.50×10^3
	1.2	1	2.80×10^3
		2	2.40×10^3
		3	2.30×10^3
	1.7	1	2.30×10^3
		2	2.60×10^3
		3	2.60×10^3
*ค่ามาตรฐานจำนวนจุลินทรีย์	-	-	$< 2.0 \times 10^5$

หมายเหตุ *ตาม มกษ.6006-2551

**ค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์รวม

ที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนรอบของการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตมากขึ้น มีผลให้จำนวนเชื้อจุลินทรีย์รวมในน้ำนมลดลง ในขณะที่ ที่อัตราการไหล 1.2 และ 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที เมื่อเพิ่มจำนวนรอบมากขึ้นไม่แสดงผลการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์รวมจึงเป็นไปได้ว่า ที่อัตราการไหลนี้เป็นการไหลเร็ว ทำให้น้ำนมผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างรวดเร็ว ใช้เวลาน้อย ทำให้รังสีอัลตราไวโอเลตส่องทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ไม่ทั่วถึง ส่งผลให้การลดเชื้อจุลินทรีย์รวมได้น้อยกว่าที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ถึงแม้ว่ามีการเพิ่มจำนวนรอบของการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (Krishnamurthy *et al.* 2007) โดยการทดลองใช้น้ำนมโค 12 และ 30 มิลลิลิตร ระยะห่างของรังสีอัลตราไวโอเลต กับน้ำนม 8 และ 10.5 เซนติเมตร ใช้เวลา 3 นาที พบว่าอัตราการไหล ระยะห่างของรังสีอัลตราไวโอเลตกับน้ำนม และจำนวนรอบของการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต มีผลต่อปริมาณการลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวม เมื่อจำนวนรอบมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลง

2. การตรวจคุณภาพน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์

2.1 คุณภาพน้ำนมทางชีวภาพ

เนื่องจากช่วงที่ทำการทดลองนี้ (2555) ประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ งานวิจัยนี้จึงใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด (น้ำนมโค) (มอก.738-2530) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบแทน

ผลการทดลองได้ว่าจุลินทรีย์ที่ก่อโรค อีโคไล โคลิฟอร์ม ซัลโมเนลลา บาซิลลัส ซีเรียส และสแตปไฟโลคอกคัส ออเรียส การทดลองได้ว่าในน้ำนมแพะดิบทุกชุดการทดลอง มีปริมาณไม่เกินจากที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด ได้กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 12 อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อน้ำนมแพะผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดนั้นดูได้จากผลการตรวจนับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวม ซึ่งผลการตรวจเชื้อจุลินทรีย์รวมในแต่ละชุดการทดลอง แสดงในตารางที่ 11

จากตารางที่ 11 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลของน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ ที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลงมากที่สุด เหตุผลอธิบายได้เช่นเดียวกับน้ำนมแพะดิบ คือ การไหลช้า ที่อัตราการไหลต่ำ จำนวนรอบของการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต มีผลต่อการลดเชื้อจุลินทรีย์ในทุกอัตราการไหล โดยเมื่อเพิ่มจำนวนรอบของการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตมากขึ้น จะมีผลให้เชื้อจุลินทรีย์รวมลดลง ผลการทดลองสอดคล้องกับ (Krishnamurthy *et al.* 2007) ที่ได้ว่าจำนวนรอบที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตมีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์รวม อย่างไรก็ตามที่อัตราการไหล ทุกอัตราการไหล น้ำนมที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 2 และ 3 รอบ ให้ผลการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

รังสีอัลตราไวโอเลต มีผลต่อโครงสร้างของเซลล์ที่สามารถดูดซับรังสีนี้ไว้ได้ เช่น DNA RNA โปรตีน และสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ การดูดซับนี้จะเกิดที่ความยาวคลื่น 260 nm. ส่วนโปรตีนจะถูกดูดซับได้ดีที่ความยาวคลื่น 280 nm. ซึ่งเป็นการดูดซับของกรดอะมิโนที่มีวงอะโรมาติกเป็น aromatic ring ได้แก่ ทริฟโตเฟน ฟีนิลอะลานีน และไฮสทีดีน ในจำนวนโครงสร้างที่ดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตนี้พบว่า ผลที่เกิดขึ้นกับ DNA จะมีความสำคัญต่อเซลล์มากที่สุด เพราะ DNA เป็นสารพันธุกรรมจึงควบคุมกลไกในการดำเนินชีวิตของเซลล์ ผลจากการรวมกันของเบสใน DNA เป็น dimer นี้ทำให้ hydrogen bond ที่ยึดระหว่างสายของ DNA ไม่เกิดขึ้น

เป็นผลทำให้รูปร่างของ DNA จึงไม่สามารถจำลองตัวเองหรือจำลองเป็น RNA ขึ้นมาได้ สำหรับผลที่เกิดขึ้นตามมาก็คือกิจกรรมต่างๆของเซลล์ เช่น การหายใจ และการเจริญเติบโตจะถูกยับยั้งในที่สุด รังสีอัลตราไวโอเลตมีผลทางอ้อมในการทำลายจุลินทรีย์ โดยรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นสั้นๆ จะทำให้เกิดการรวมตัวของออกซิเจนเป็นโอโซน หรือทำให้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเกิดการรวมตัวกับน้ำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือในที่ที่มีออกซิเจน และสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ อยู่ด้วยจะทำให้เกิดเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบอินทรีย์ขึ้นมา ซึ่งสารที่ได้เหล่านี้มีคุณสมบัติทำลายจุลินทรีย์ได้ดี (Altic *et al.*, 2007; Matak *et al.*, 2007)

เนื่องจากน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นน้อย เมื่อผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ จุลินทรีย์รวมลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเพิ่มจำนวนรอบของการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตมากขึ้น ถึงแม้ความสามารถในการลดเชื้อของระบบจำลองยังคงเดิม แต่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้นน้อยลง ส่งผลให้การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์รวมไม่แตกต่างอย่างชัดเจน

เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 13 อย่างไรก็ตาม ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ยังไม่เกินจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด กำหนดไว้

ระบบจำลองรังสีอัลตราไวโอเลต ได้ถูกทดสอบเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีการปนเปื้อนข้ามสู่ น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ระหว่างการทดลอง โดยการผ่านน้ำนมเข้าสู่ระบบ โดยไม่เปิดรังสีอัลตราไวโอเลต ดังผลการทดลองในตารางที่ 13

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมของน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต โดยไม่เปิดรังสีอัลตราไวโอเลต และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมในอัตราเดียวกัน

ช่วงการเก็บรักษาที่ 15 วัน น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต มีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมน้อยกว่าน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต และเพิ่มจำนวนรอบของการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต มีผลทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมลดลงมากขึ้น

จากปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมของวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ในตารางที่ 13 จะเห็นได้ว่าน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมมากกว่าน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 4-42 เท่า จึงคาดการณ์ได้ว่ามีแนวโน้มมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

โดยรวมในขั้นตอนนี้ระบบการจำลองรังสีอัลตราไวโอเลต สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะดิบ และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ได้

ตารางที่ 11 ผลการทดลองการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์

กลุ่มการทดลอง น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์	อัตราการไหล มิลลิลิตรต่อวินาที	จำนวนรอบที่ผ่าน รังสีอัลตราไวโอเลต	จำนวนจุลินทรีย์รวม (cfu/ml)
ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	-	-	24**
ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	0.85	1	12
		2	3
		3	1
	1.2	1	13
		2	7
		3	5
	1.7	1	15
		2	7
		3	5
*ค่ามาตรฐานจำนวนจุลินทรีย์	-	-	$< 5.0 \times 10^4$

หมายเหตุ *ตาม มอก.738-2530

**ค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์รวม

ตารางที่ 12 ผลการทดลองการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตลดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์

ตัวอย่าง น้ำนมแพะ	ชุดการ ทดลอง	อัตราการไหล มิลลิลิตรต่อ วินาที	จำนวนรอบที่ผ่าน รังสีอุลตราไวโอเลต	จำนวนจุลินทรีย์ก่อโรค (cfu/ml)				
				<i>E.coli</i>	Coliform	<i>Salmonella spp.</i>	<i>B.cereus</i>	<i>S.aureus</i>
พาสเจอร์ไรส์	ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต	0.85	1	nd*	nd	nd	nd	nd
			2	nd	nd	nd	nd	nd
			3	nd	nd	nd	nd	nd
		1.2	1	nd	nd	nd	nd	nd
			2	nd	nd	nd	nd	nd
			3	nd	nd	nd	nd	nd
		1.7	1	nd	nd	nd	nd	nd
			2	nd	nd	nd	nd	nd
			3	nd	nd	nd	nd	nd
ค่ามาตรฐาน มอก. 738-2530				ไม่พบใน 0.1 มล.	≤ 100 หน่วย ผลิต 1 มล.	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ

หมายเหตุ *nd (not detected) หมายถึง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์

ตารางที่ 13 ผลการทดลองการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์

ชุดการทดลอง น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์	อัตราการใช้ มิลลิเมตรต่อ วินาที	จำนวนรอบที่ไหล ผ่านรังสีอัลตรา ไวโอเลต	จำนวนจุลินทรีย์รวม (cfu/ml)							
			วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 9	วันที่ 11	วันที่ 13	วันที่ 15
ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	-	-	23	24	27	30	33	40	64	85
ผ่านระบบจำลองโดยไม่เปิด รังสีอัลตราไวโอเลต	-	-	23	26	28	31	34	40	62	84
ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	0.85	1	14	16	18	19	19	19	19	21
		2	5	5	6	7	7	7	8	8
		3	1	1	2	2	2	2	2	2
	1.2	1	12	16	18	19	19	19	20	21
		2	7	13	13	14	14	15	15	17
		3	5	6	8	8	8	9	9	10
	1.7	1	14	15	17	17	18	18	19	22
		2	9	12	12	13	13	14	15	18
		3	6	6	6	7	8	8	8	9
*ค่ามาตรฐานจำนวนจุลินทรีย์รวม		-	< 5.0×10 ⁴							

2.1 คุณภาพน้ำมันทางกายภาพ-เคมี

จากตารางที่ 14 ผลการทดลองอธิบายได้ว่า น้ำมันพะพาสะเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ มีเปอร์เซ็นต์ไขมันของน้ำมันมากที่สุด เท่ากับ 4.31 และน้ำมันพะพาสะเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ มีเปอร์เซ็นต์ไขมันของน้ำมันน้อยที่สุด เท่ากับ 3.82 ซึ่งเปอร์เซ็นต์ไขมันนั้นเป็นองค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงจากปัจจัย เช่น อาหาร สายพันธุ์แพะ ช่วงการให้น้ำมัน ฤดูกาล และช่วงการรีดน้ำมัน (Ljutovac *et al.*, 2008) ซึ่งบุษกร (2554) ได้อธิบายว่าอาหารที่มีไขมันจะมีกลิ่นหืน เนื่องจากสาร antioxidant ที่มีในอาหารตามธรรมชาติถูกรังสีทำลาย ทำให้เกิดคาร์บอนิล และเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามทุกชุดการทดลองมีค่าสูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสดกำหนดไว้

ตารางที่ 14 เปอร์เซนต์ไขมันของน้ำมันพะพาสะเจอร์ไรส์

กลุ่มการทดลอง น้ำมันพะพาสะเจอร์ไรส์	อัตราการไหล มิลลิลิตรต่อวินาที	จำนวนรอบที่ผ่าน รังสีอัลตราไวโอเลต	เปอร์เซนต์ ไขมัน
น้ำมันพะพาสะเจอร์ไรส์	-	-	4.23±0.154 ^b
ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	0.85	1	4.11±0.154 ^{de}
		2	4.23±0.154 ^b
		3	4.31±0.154 ^a
	1.2	1	3.82±0.154 ^h
		2	3.88±0.154 ^g
		3	4.18±0.154 ^c
	1.7	1	3.96±0.154 ^f
		2	4.09±0.154 ^c
		3	4.18±0.154 ^c
*ค่ามาตรฐานมอก. 738-2530	-	-	ไม่น้อยกว่า 3.20

หมายเหตุ^{abcdefgh} อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean ± standard error)

* มาตรฐาน คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสดปี 2530

ตารางที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมันของน้ำมันพะพาสเจอร์ไรส์

กลุ่มการทดลอง น้ำมันพะพาสเจอร์ไรส์	อัตราการไหล มิลลิลิตรต่อวินาที	จำนวนรอบที่ผ่าน รังสีอัลตราไวโอเลต	เปอร์เซ็นต์ ของแข็งไม่รวมไขมัน
น้ำมันพะพาสเจอร์ไรส์	-	-	8.53±0.047 ^b
ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	0.85	1	8.41±0.047 ^c
		2	8.50±0.047 ^c
		3	8.48±0.047 ^{cd}
	1.2	1	8.49±0.047 ^{cd}
		2	8.49±0.047 ^{cd}
		3	8.42±0.047 ^c
	1.7	1	8.50±0.047 ^c
		2	8.46±0.047 ^d
		3	8.42±0.047 ^c
*ค่ามาตรฐานมอก. 738-2530	-	-	ไม่น้อยกว่า 8.5

หมายเหตุ^{abcde} อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean $\pm$ standard error)

*มาตรฐาน คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมสดปี 2530

เนื้อมันทั้งหมดคือ ของแข็งทั้งหมดในน้ำมัน ซึ่งประกอบด้วย ไขมัน โปรตีน แลคโตส แร่ธาตุ และวิตามิน (จิระชัย, 2549) โดยน้ำมันพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมันมากที่สุด เท่ากับ 8.53 และน้ำมันพะพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ ที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ และที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมันน้อยที่สุด เท่ากับ 8.42 ตามลำดับ บางกลุ่มการทดลองมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมสด อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของความร้อนที่สูงกับน้ำมัน ทำให้อุณหภูมิประกอบ และคุณภาพทางกายภาพของน้ำมันลดลง ความร้อนมีผลทำให้แอลฟา แลคโตโกลบูลิน และเบต้า แลคโตอัลบูมิน เกิดการสลายตัวได้ง่าย จึงทำให้มีผลกระทบต่อกรดของของแข็งไม่รวมไขมัน และของแข็งทั้งหมดด้วย

ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์โปรตีนของน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์

กลุ่มการทดลอง	อัตราการไหล	จำนวนรอบที่ผ่าน	เปอร์เซ็นต์โปรตีน
น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์	มิลลิลิตรต่อวินาที	รังสีอุลตราไวโอเลต	โปรตีน
น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์	-	-	3.82±0.025 ^{ab}
ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต	0.85	1	3.75±0.025 ^h
		2	3.80±0.025 ^{cd}
		3	3.81±0.025 ^{bc}
	1.2	1	3.77±0.025 ^{gef}
		2	3.77±0.025 ^{gf}
		3	3.77±0.025 ^{gf}
	1.7	1	3.79±0.025 ^{de}
		2	3.78±0.025 ^{ef}
		3	3.76±0.025 ^{gh}
*ค่ามาตรฐานมอก. 738-2530	-	-	ไม่น้อยกว่า 2.8

หมายเหตุ^{abcdefgh} อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean ± standard error)

*มาตรฐาน คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสดปี 2530

โปรตีนและสารที่มีในโคโรเจนเป็นองค์ประกอบ เป็นสารที่ได้รับผลกระทบจากการฉายรังสีมากที่สุด โดยรังสีทำให้โปรตีนเกิดสารต่างๆที่มีกลิ่นเหม็นรุนแรง ๆ ได้แก่ แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ รวมทั้งมีสารอื่นๆเกิดขึ้น เช่น ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ เอไมด์ และคาร์บอนิล เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่ากรดอะมิโนที่ได้รับผลกระทบจากรังสีมากที่สุด (บุษกร, 2545) โดยน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนมากที่สุด เท่ากับ 3.83 และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต 1 รอบ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนน้อยที่สุด เท่ากับ 3.75 อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อโปรตีนในน้ำนมถูกความร้อนทำให้น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต มีการลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต อย่างไรก็ตามทุกกลุ่มการทดลองมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสดกำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่า 2.8

ตารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์แลกโตสของนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์

กลุ่มการทดลอง	อัตราการไหล	จำนวนรอบที่ผ่าน	เปอร์เซ็นต์แลกโตส
นํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์	มิลลิลิตรต่อวินาที	รังสีอุตราไวโอเลต	แลกโตส
นํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์	-	-	4.00±0.024 ^b
ผ่านรังสีอุตราไวโอเลต	0.85	1	3.96±0.024 ^d
		2	3.99±0.024 ^c
		3	3.98±0.024 ^c
	1.2	1	4.01±0.024 ^{ab}
		2	4.01±0.024 ^{ab}
		3	3.95±0.024 ^c
	1.7	1	4.01±0.024 ^{ab}
		2	3.98±0.024 ^c
		3	3.96±0.024 ^{de}
*ค่ามาตรฐานมอก. 738-2530	-	-	ไม่ได้กำหนดไว้

หมายเหตุ^{abcde} อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean $\pm$ standard error)

*มาตรฐาน คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสดปี 2530

สำหรับนํ้าตาลแลกโตสเป็นองค์ประกอบที่มีความผันแปรน้อยมาก เนื่องจากมีผลต่อความดันออสโมซิสของนํ้านมและเลือด ซึ่งนํ้าตาลแลกโตสนั้นสังเคราะห์มาจากนํ้าตาลกลูโคสที่อยู่ในกระแสเลือดที่ได้จากอาหารชั้นที่ถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเป็นกรดโปรปิโอนิกและคาร์โบไฮเดรตที่ถูกย่อยที่ลำไส้เล็ก (จิระชัย, 2549) ค่าเปอร์เซ็นต์แลกโตสของนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอุตราไวโอเลตมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 4.02 และนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอุตราไวโอเลต 3 รอบ มีเปอร์เซ็นต์แลกโตสน้อยที่สุดเท่ากับ 3.95 และสำหรับนํ้าตาลแลกโตสมีปริมาณลดลง ในระหว่างการให้ความร้อนจากรังสีอุตราไวโอเลต โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนไลซีน เกิดปฏิกิริยามัลลาร์ด ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของนํ้านม ทำให้มีสีนํ้าตาล เกิดกลิ่นสุก (Walstra et al., 1999)

ตารางที่ 18 จุดเยือกแข็งของน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์

กลุ่มการทดลอง	อัตราการไหล	จำนวนรอบที่ผ่าน	จุดเยือกแข็ง
น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์	มิลลิลิตรต่อวินาที	รังสีอุลตราไวโอเลต	(องศาเซลเซียส)
น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์	-	-	-0.513±0.002 ^d
ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต	0.85	1	-0.506±0.002 ^a
		2	-0.510±0.002 ^c
		3	-0.510±0.002 ^c
	1.2	1	-0.510±0.002 ^c
		2	-0.510±0.002 ^c
		3	-0.506±0.002 ^a
	1.7	1	-0.510±0.002 ^c
		2	-0.509±0.002 ^b
		3	-0.506±0.002 ^a
*ค่ามาตรฐานมอก. 738-2530	-	-	ไม่ได้กำหนดไว้

หมายเหตุ^{abcd} อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean $\pm$ standard error)

*มาตรฐาน คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสดปี 2530

จุดเยือกแข็งของน้ำนมแพะเป็นสิ่งบ่งชี้การปลอมปนน้ำในน้ำนมเช่นเดียวกับค่าความถ่วงจำเพาะและดัชนีแปรตามเปอร์เซ็นต์ไขมันน้ำนมทั้งหมด น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 1.2 และ 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต 2 รอบ และที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต 1 รอบ มีจุดเยือกแข็ง มากที่สุดเท่ากับ -0.506 และ -0.507 ตามลำดับ และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต มีจุดเยือกแข็ง น้อยที่สุดเท่ากับ -0.514 โดยน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ดังกล่าวไม่มีมาตรฐานจุดเยือกแข็งกำหนดไว้ ซึ่งงานทดลองของชนพรรณ (2552) น้ำนมแพะดิบที่เลี้ยงแบบปล่อยขังคอกและแปลงหญ้ามีจุดเยือกแข็ง -0.533 และ -0.539 องศาเซลเซียส รวมทั้งการรายงานของ Park *et al.* (2007) น้ำนมแพะดิบมีจุดเยือกแข็งอยู่ระหว่าง -0.540 ถึง -0.573 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 19 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์

กลุ่มการทดลอง	อัตราการใช้	จำนวนรอบที่ผ่าน	ค่าความ
น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์	มิลลิลิตรต่อวินาที	รังสีอัลตราไวโอเลต	ถ่วงจำเพาะ
น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์	-	-	1.028
ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	0.85	1	1.028
		2	1.028
		3	1.028
	1.2	1	1.028
		2	1.028
		3	1.028
	1.7	1	1.028
		2	1.028
		3	1.028
*ค่ามาตรฐานมอก. 738-2530	-	-	ไม่ได้กำหนดไว้

หมายเหตุ มาตรฐาน คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสดปี 2530

ความถ่วงจำเพาะคือ อัตราส่วนความหนาแน่นของวัตถุต่อความหนาแน่นของน้ำในน้ำนมอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความถ่วงจำเพาะคือ แลคโตมิเตอร์ ความถ่วงจำเพาะของน้ำนมมีความผันแปรตามเปอร์เซ็นต์ไขมันทั้งหมด และยังเป็นตัวชี้วัดการปลอมปนน้ำในน้ำนมอีกด้วย โดยหากมีการปลอมปนน้ำค่าความถ่วงจำเพาะจะมีค่าใกล้เคียง 1 ซึ่งเป็นค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ จากการทดลองพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะ น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ทุกกลุ่มการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะที่พบในการทดลองสูงกว่ามาตรฐานนมแพะดิบที่กำหนดให้มีค่ามากกว่า 1.028 จากการรายงานของ Park *et al.* (2007) ความถ่วงจำเพาะของน้ำนมแพะดิบอยู่ในช่วง 1.029-1.039 และการทดลองของรัตนกร (2552) พบว่าความถ่วงจำเพาะของน้ำนมแพะดิบในภาคตะวันตกของประเทศไทยมีค่าอยู่ที่ 1.037-1.044

ตารางที่ 20 ค่าความเป็นกรดของนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์

กลุ่มการทดลอง	อัตราการไหล	จำนวนรอบที่ผ่าน	ค่าความ
นํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์	มิลลิลิตรต่อวินาที	รังสีอัลตราไวโอเลต	เป็นกรด
นํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์	-	-	0.24±0.005 ^a
ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	0.85	1	0.23±0.005 ^{ab}
		2	0.23±0.005 ^{ab}
		3	0.24±0.005 ^a
	1.2	1	0.24±0.005 ^a
		2	0.23±0.005 ^b
		3	0.24±0.005 ^{ab}
	1.7	1	0.23±0.005 ^{ab}
		2	0.23±0.005 ^{ab}
		3	0.24±0.005 ^{ab}
*ค่ามาตรฐานมอก. 738-2530	-	-	ไม่ได้กำหนดไว้

หมายเหตุ ^{ab} อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean ± standard error)

*มาตรฐาน คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสดปี 2530

ค่าความเป็นกรดนํ้านม เป็นดัชนีหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบนํ้านมเพื่อนำมาแปรรูป โดยนํ้านมแพะปกติมีค่าความเป็นกรด เท่ากับ 0.23-0.25 เปอร์เซ็นต์ หากจุลินทรีย์ประเภทสร้างกรด เข้าสู่ นํ้านมจะเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสเป็นกรดแลคติก ทำให้ค่าความเป็นกรดสูงขึ้น จากผลการทดลอง พบว่านํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ มีค่าความเป็นกรดมากที่สุด เท่ากับ 0.24 ตามลำดับ และนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 2 รอบ มีค่าความเป็นกรดน้อยที่สุด เท่ากับ 2.23 ทั้งนี้ เนื่องมาจากการโดยความร้อนที่สูง ซึ่งความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยทำให้คาร์บอน ไดออกไซด์ และออกซิเจนในนํ้านมลดลง ในขณะที่นํ้านมถูกให้ความร้อน แต่การหายไปของออกซิเจน จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นปฏิกิริยาแบบย้อนกลับได้ แต่ต้องใช้เวลาในการกลับสู่สภาพปกติ ส่งผลให้ ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง (Walstra *et al.*, 1999)

ตารางที่ 21 ค่าความเป็นกรด-ด่างของนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์

กลุ่มการทดลอง	อัตราการไหล	จำนวนรอบที่ผ่าน	ค่าความ
นํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์	มิลลิลิตรต่อวินาที	รังสีอุลตราไวโอเลต	เป็นกรด-ด่าง
นํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์	-	-	6.54±0.024 ^h
ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต	0.85	1	6.56±0.024 ^f
		2	6.57±0.024 ^c
		3	6.58±0.024 ^c
	1.2	1	6.55±0.024 ^g
		2	6.59±0.024 ^c
		3	6.61±0.024 ^a
	1.7	1	6.57±0.024 ^c
		2	6.58±0.024 ^d
		3	6.60±0.024 ^b
*ค่ามาตรฐานมอก. 738-2530	-	-	ไม่ได้กำหนดไว้

หมายเหตุ ^{abcdefghi} อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean ± standard error)

*มาตรฐาน คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสดปี 2530

นํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต 3 รอบ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง มากที่สุด เท่ากับ 6.61 และนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลตมีค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยที่สุดเท่ากับ 6.53 ซึ่งจากการรายงานของ Walstra *et al.* (1999) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าลดลง และค่าความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นในนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์ ทั้งนี้เนื่องมาจากการโดนความร้อนที่สูงขึ้น ซึ่งความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยทำให้คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนในนํ้านมลดลง ในขณะที่นํ้านมถูกให้ความร้อน แต่การหายไปของออกซิเจน จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นปฏิกิริยาแบบย้อนกลับได้ แต่ต้องใช้เวลาในการกลับสู่สภาพปกติ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง

ตารางที่ 22 องค์ประกอบคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของนํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลตทุกกลุ่มการทดลอง

ชุดการทดลอง นํ้านมแพะพาสเจอร์ไรส์	อายุการ เก็บรักษา	องค์ประกอบนํ้านม							
		F	SNF	P	L	fP	SP	pH	TA
ไม่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต	1	4.34±0.203	8.46±0.043	3.79±0.023	3.96±0.024	-0.508±0.002	1.028	6.71±0.058	0.23±0.005
	3	4.29±0.203	8.48±0.043	3.80±0.023	3.97±0.024	-0.509±0.002	1.028	6.57±0.058	0.23±0.005
	5	4.21±0.203	8.50±0.043	3.80±0.023	3.99±0.024	-0.510±0.002	1.028	6.52±0.058	0.23±0.005
	7	4.17±0.203	8.45±0.043	3.78±0.023	3.98±0.024	-0.509±0.002	1.028	6.55±0.058	0.23±0.005
	9	4.20±0.203	8.49±0.043	3.79±0.023	3.99±0.024	-0.510±0.002	1.028	6.57±0.058	0.23±0.005
	11	3.92±0.203	8.53±0.043	3.80±0.023	4.03±0.024	-0.512±0.002	1.028	6.54±0.058	0.24±0.005
	13	3.79±0.203	8.51±0.043	3.78±0.023	4.02±0.024	-0.512±0.002	1.028	6.55±0.058	0.24±0.005
	15	3.90±0.203	8.39±0.043	3.73±0.023	3.97±0.024	-0.505±0.002	1.028	6.56±0.058	0.24±0.005

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean ± standard error)

P = Protein SP = Specific gravity SNF = Solids Not Fat fP = freezing point TA = Total acidity F = Fat L = Lactose pH = ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ตารางที่ 23 องค์ประกอบคุณภาพทางกายภาพ-เคมีของน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตทุกกลุ่มการทดลอง

ชุดการทดลอง น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์	อายุการ เก็บรักษา	องค์ประกอบน้ำนม							
		F	SNF	P	L	fP	SP	pH	TA
ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต	1	4.34±0.136	8.46±0.104	3.79±0.058	3.96±0.036	-0.508±0.005	1.028	6.71±0.058	0.23±0.005
	3	4.29±0.136	8.48±0.104	3.80±0.058	3.97±0.036	-0.509±0.005	1.028	6.57±0.058	0.23±0.005
	5	4.21±0.136	8.50±0.104	3.80±0.058	3.99±0.036	-0.510±0.005	1.028	6.52±0.058	0.23±0.005
	7	4.17±0.136	8.45±0.104	3.78±0.058	3.98±0.036	-0.509±0.005	1.028	6.55±0.058	0.23±0.005
	9	4.20±0.136	8.49±0.104	3.79±0.058	3.99±0.036	-0.510±0.005	1.028	6.57±0.058	0.23±0.005
	11	3.92±0.136	8.53±0.104	3.80±0.058	4.03±0.036	-0.512±0.005	1.028	6.54±0.058	0.24±0.005
	13	3.79±0.136	8.51±0.104	3.78±0.058	4.02±0.036	-0.512±0.005	1.028	6.55±0.058	0.24±0.005
	15	3.90±0.136	8.39±0.104	3.73±0.058	3.97±0.036	-0.505±0.005	1.028	6.56±0.058	0.24±0.005

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean ± standard error)

P = Protein SP = Specific gravity SNF = Solids Not Fat fP = freezing point TA = Total acidity F = Fat L = Lactose pH = ค่าความเป็นกรด-ด่าง

จากตารางที่ 22 และ 23 องค์ประกอบทางกายภาพ-เคมีของน้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต และที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ทุกกลุ่มการทดลอง ซึ่งทำการวิเคราะห์ในวันที่ 1 3 5 7 9 11 13 และ 15 ของการทดลอง พบว่าองค์ประกอบทางกายภาพ-เคมี คือ ไขมัน ของแข็งไม่รวม ไขมัน เปอร์เซ็นต์โปรตีน แลคโตส ค่าความเป็นกรด จุดเยือกแข็ง และความเป็นกรด-ด่าง ตลอดอายุ การเก็บรักษา มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสดกำหนดไว้

2.2 การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสต่อน้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต และน้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต มีการจัดลำดับความชอบ ดังตารางที่ 24 จะเห็นได้ว่าโดยรวมที่ทุกอายุการเก็บรักษา ผู้ทดสอบจัดลำดับความชอบให้น้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นอันดับ 1 น้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ เป็นอันดับ 2 น้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ เป็นอันดับ 3 ส่วนในลำดับที่ 6 และ 7 เป็นน้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ และ 3 รอบ ตามลำดับ

ผลการจัดลำดับถูกนำไปคำนวณค่า R-index โดยค่า R-index เป็นค่าบอกถึงความชอบระหว่างคู่ตัวอย่างที่มีลำดับติดกัน ว่าผู้ทดสอบมีความชอบในตัวอย่างคู่หนึ่งต่างกันมากน้อยเพียงใด เมื่อพิจารณาทางสถิติ โดยใช้ตารางภาคผนวกที่ 1 โดยใช้ 2-tailed test ที่ระดับนัยสำคัญอยู่ที่ 77.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่า R-index ระหว่างคู่ตัวอย่างที่มีลำดับติดกัน ส่วนใหญ่ให้ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยเฉพาะที่ลำดับต้น และลำดับท้าย

จากการสอบถามผู้ทดสอบ พบว่าผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างระหว่างตัวอย่างน้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต และน้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ให้ความเห็นว่า น้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต มีกลิ่นของน้ำมันที่แรงกว่า มีความข้นหนืดมากกว่า มีกลิ่นที่ค่อนข้างไหม้ หรือมีกลิ่นที่ฉุนกว่า น้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งความเห็นนี้สอดคล้องกับผลการจัดลำดับในตารางที่ 24 เมื่อพิจารณาจากอัตราการไหลของน้ำมันพะสาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต โดยรวมที่อัตราการไหลเร็ว 1.2 และ 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที จะถูกจัดลำดับความชอบในลำดับต้นมากกว่าที่อัตราการไหลช้า 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที เมื่อพิจารณาจากจำนวนรอบที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต โดยรวมจำนวนรอบที่

เพิ่มขึ้นจะถูกจัดลำดับความชอบในลำดับสุดท้าย แสดงว่าอัตราการไหลของน้ำมัน และจำนวนรอบที่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต มีผลต่อกลิ่นรสของน้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างนั้นยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบยอมรับได้ การไหลเร็วทำให้น้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์มีการเปลี่ยนแปลงทางกลิ่นรสค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรไหลช้า เนื่องจากได้รับอิทธิพลของรังสีอุลตราไวโอเลตในเวลาสั้นหรือน้อยกว่า การเพิ่มขึ้นของจำนวนในการผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต ทำให้น้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์ได้รับอิทธิพลของรังสีอุลตราไวโอเลตในเวลานานกว่าจึงส่งผลให้น้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์มีการเปลี่ยนแปลงในทางกลิ่นรส

กลิ่นฉุนที่เกิดขึ้น เนื่องมาจากที่โปรตีน และสารที่มีในโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เป็นสารที่ได้รับผลกระทบจากการใช้รังสีอุลตราไวโอเลต กลิ่นนี้ ได้แก่ แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ รวมทั้งมีสารอื่นๆเกิดขึ้น เช่น ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ เอมีน และคาร์บอนิล เป็นต้น ทั้งนี้ยังพบว่ากรดอะมิโนได้รับผลกระทบจากการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตมากที่สุด (บุญกร, 2545)

ความชื้นหนืดที่เพิ่มขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากการที่น้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต ได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านรังสีอุลตราไวโอเลต ในขณะที่การใช้รังสีอุลตราไวโอเลตมีความร้อนเกิดขึ้น เมื่อน้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์ผ่านระบบจำลองรังสีอุลตราไวโอเลตในอัตราการไหลช้า หรือจำนวนรอบเพิ่มขึ้น น้ำมันจะได้รับความร้อนมากขึ้น ส่งผลให้น้ำมันมีความชื้นหนืดมากขึ้น

ถึงแม้ว่าผู้ทดสอบจะให้ความเห็นว่า ความแตกต่างของน้ำมันพะพาทั้ง 7 ตัวอย่าง อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ การพิจารณาภาวะการใช้รังสีอุลตราไวโอเลตในน้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์ที่เหมาะสมควรอยู่ในลำดับความชอบ 3 ลำดับแรก เพื่อลดความแปรปรวนของความแตกต่างทางด้านกลิ่นรสของน้ำมันพะพา

ตารางที่ 24 การทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบด้วยการจัดลำดับของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าว

อายุการเก็บรักษา	ตัวอย่างการทดสอบเรียงลำดับความชอบจากมากไปหาน้อย									
วันที่ 1	P**	100*	64	29	100	100	80			
		E	F	C	D	A	B			
วันที่ 5	P	70	100	100	70	100	90			
		E	C	D	F	A	B			
วันที่ 10	P	93	43	100	50	100	80			
		E	C	D	F	A	B			
วันที่ 13	P	85	55	100	70	100	50			
		E	C	F	D	A	B			
วันที่ 15	P	71.5	94	69	70.5	82	69			
		E	C	F	D	A	B			

หมายเหตุ * ค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ระหว่างคู่ตัวอย่าง ($p < 0.05$ ค่า R-index ≥ 77.35 เปอร์เซ็นต์)

** อักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงน้ำมันมะพร้าวสายเจอร์ไรส์ที่สภาวะการทดลองดังนี้

P คือ ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

A คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

B คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

C คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

D คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

E คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

F คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

สรุปและข้อเสนอแนะ

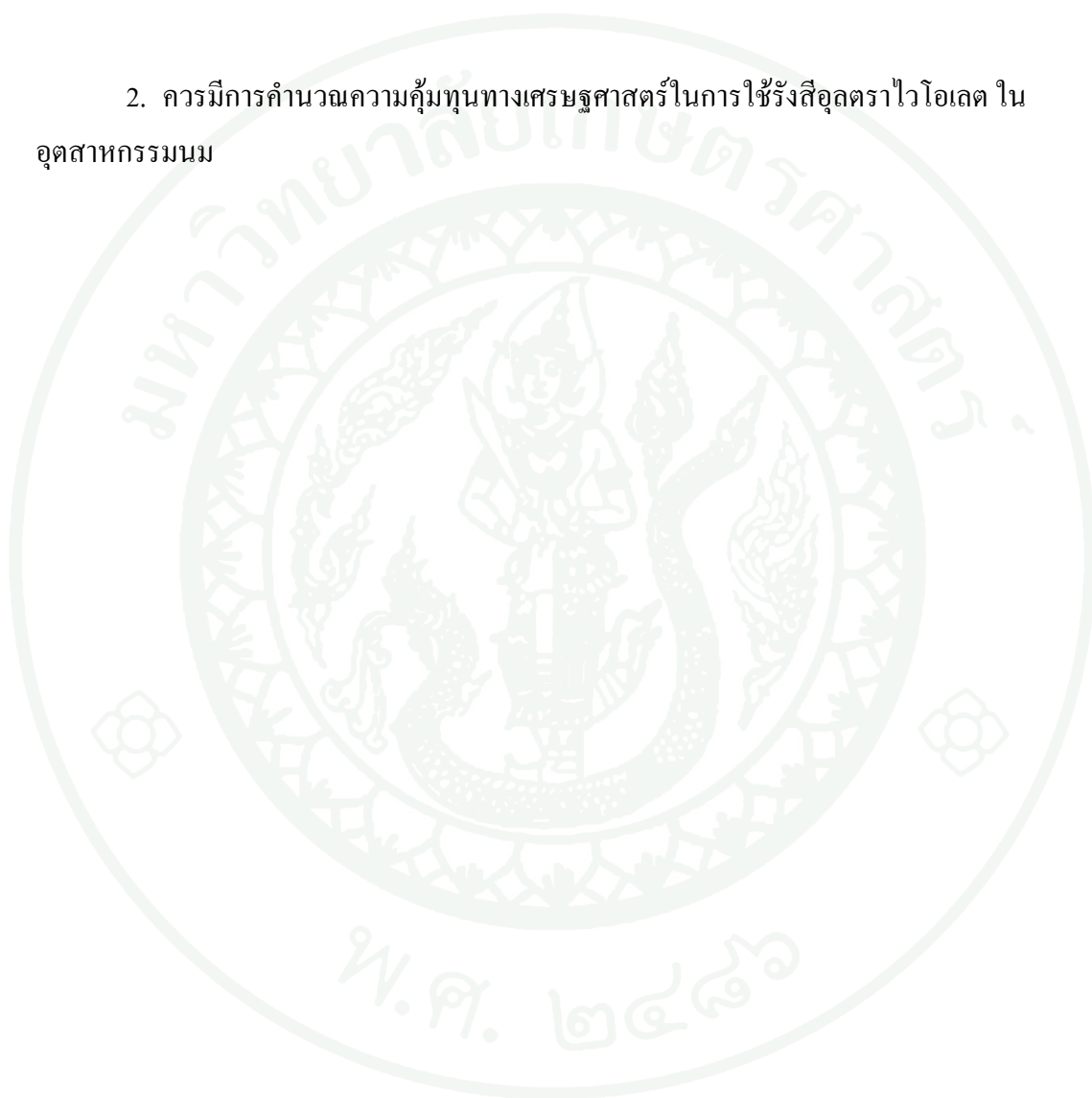
สรุป

1. อัตราการไหลของน้ำนมแพะดิบที่ 0.85 มิลลิเมตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ ให้ผลการลดเชื้อจุลินทรีย์ได้ 23,500 cfu/ml (1.2 log cfu/ml) และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ ที่ 0.85 มิลลิเมตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ ให้ผลการลดเชื้อจุลินทรีย์ได้ 23 cfu/ml (1.36 log cfu/ml) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าที่อัตราการไหลช้า มีผลทำให้น้ำนมมีเวลาผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตมากกว่าจึงลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากกว่าที่อัตราการไหลเร็ว และเมื่อเพิ่มจำนวนรอบของรังสีอัลตราไวโอเลตมากขึ้น มีผลให้จุลินทรีย์ในน้ำนมลดลง และการเก็บรักษาน้ำนมแพะที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต และน้ำนมแพะที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตลอดอายุการเก็บรักษาพบว่าไขมัน ของแข็งไม่รวมไขมัน โปรตีน แลคโตส จุลเยื่อแข็ง และฟิเอช มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด (นมโค) กำหนดไว้
2. รังสีอัลตราไวโอเลตสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมแพะดิบ และน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ได้ โดยการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับอัตราการไหล และจำนวนรอบที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิเมตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ ให้ผลการลดลงของจุลินทรีย์รวมมากที่สุด เนื่องจากน้ำนมที่ได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตนานกว่าที่อัตราการไหลเร็ว หรือที่จำนวนรอบผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตน้อย
3. น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต มีแนวโน้มมีอายุการเก็บรักษาได้ถึง 15 วัน นานกว่าน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งแนวทางการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการลดเชื้อจุลินทรีย์ สามารถใช้ลดเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นในน้ำนมแพะดิบก่อนทำผลิตภัณฑ์ และหลังกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ ทั้งนี้ควรพิจารณาควบคู่กับผลประโยชน์ด้านประสาทสัมผัส ซึ่งพบว่าการผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต ที่อัตราการไหลเร็ว และจำนวนรอบที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตน้อย ให้ลำดับความชอบที่สูง ทั้งนี้การพาสเจอร์ไรส์น้ำนมควบคู่กับการใช้รังสีอัลตราไวโอเลต เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ในโรงงานอุตสาหกรรมนมขนาดเล็ก และแบบครัวเรือน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรพัฒนาระบบจำลองรังสีอุลตราไวโอเลต ให้สะดวกต่อการใช้งาน เช่น เพิ่มขนาดของท่อที่ใช้ในการปั้มน้ำนม ถึงบรรจุน้ำนมใหญ่ขึ้น และการทำความสะอาด เช่น อุปกรณ์ในติดตั้งและรื้อถอนง่ายต่อการนำออกมาทำความสะอาด

2. ควรมีการคำนวณความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้รังสีอุลตราไวโอเลต ในอุตสาหกรรมนม



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2550. รังสีอัลตราไวโอเล็ต (ออนไลน์) สืบค้นจาก :

<http://ozone.tmd.go.th/uvbasic.htm>, 26 กรกฎาคม 2553.

กระทรวงสาธารณสุข ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2545. เรื่อง นมโค. นมโค. ฉบับ 265.

กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2545. เรื่อง ผลิตภัณฑ์ของนม. ผลิตภัณฑ์ของนม. ฉบับ 267.

กระทรวงสาธารณสุข ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2549. เรื่อง อาหารฉายรังสี. อาหารฉายรังสี. ฉบับ 297.

กองควบคุมอาหาร. 2537. อายุการเก็บรักษา ของ อาหารที่พร้อมบริโภคบางชนิด. งานวิจัยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ สายธนู, เขียวภา เจริญถิ่นจันทร์ และธงชัย เฉลิมชัยกิจ. 2539. อายุของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ในประเทศไทย. ประชุมวิชาการ “โคนมและผลิตภัณฑ์” เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฉลองสิริราชสมบัติครบ 50 ปี. 5-7 มิถุนายน 2539. กรุงเทพฯ. 81-81 น.

จีระชัย กาญจนพุดพิพงศ์. 2549. การจัดการฝูงโคนม. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

ธงชัย สุวรรณสิขณัน. 2548. เทคนิคการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชนพรรณ นิลกำเนิด. 2552. การศึกษาองค์ประกอบและคุณภาพในน้ำนมแพะดิบของแพะที่เลี้ยงแบบขังคอกและปล่อยแปลงหญ้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

นิรัตน์ เตียวสุวรรณ. 2538. **นมพร้อมดื่ม**. เอกสาร เผยแพร่. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กรุงเทพฯ.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2525. **จุลชีววิทยาทั่วไป**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2542. **จุลชีววิทยาทั่วไป**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, บางแสน.

บุษกร อุดรภิชาดิ. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

ประกาย จิตรกร. 2526. **นมและผลิตภัณฑ์นม**. สมาคมสัตว์บาลแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 453 น.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2547. **หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส**. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ปรีชา วิบูลย์เศรษฐ. 2529. **จุลชีววิทยาทาง อาหาร**. ศูนย์วิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย.

ไพโรจน์ วิริยะจารี. 2545. **การประเมินทางประสาทสัมผัส**. ภาควิชาเทคโนโลยีพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พรเพชร ศักดิ์ศิริชัยศิลป์. 2549. **การศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส และสภาพความเสี่ยงของน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ในโรงงานต้นแบบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรเพ็ญ นวลนีก และเพ็ญพิชญ์ คงสมบุญ. 2552. **การศึกษาการใช้แสง UV เพื่อลดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม**. โครงการวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาตรฐานสินค้าอาหารและเกษตรแห่งชาติ. 2551. **นํ้านมแพะดิบ**. สำนักงานมาตรฐานสินค้า

เกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (มกอช). 6006 – 2551. ประกาศ
ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 125 ตอนพิเศษ 139. วันที่ 18
สิงหาคม พุทธศักราช 2551.

มานิตย์ วาสุเทพรังสรรค์. 2549. **สัตว์บก: นํ้านมแพะ** ผลิตอย่างไร ถึงโดนใจผู้บริโภค. ปีที่ 14
ฉบับที่ 158. กลุ่มวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเชียงใหม่ กรมปศุสัตว์.

รุ่งนภา วิไลฐอุดรการ. 2540. **เอกสารคำสอนการประเมินอายุการเก็บรักษาของอาหาร**. ภาควิชาพัฒนา
ผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัตนกร แสนคำพล. 2552. **การศึกษาคุณภาพของนมแพะดิบและนมแพะพาสเจอร์ไรส์ตามวิธีการ
ของเกษตรในพื้นที่เขตภาคกลางและภาคตะวันตกของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

ลาวัณย์ ไกรเดช. 2542. **จุลินทรีย์ในนํ้านมและผลิตภัณฑ์นม**. ภาควิชาจุลชีววิทยา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2538. **ปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพนมและผลิตภัณฑ์นม**. ภาควิชา
อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง. 51 น.

วราวุฒิ ครุสง. 2538. **จุลินทรีย์ในกระบวนการอาหารแปรรูปอาหาร**. ภาควิชาจุลชีววิทยา.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วราวุฒิ ครุสง. 2547. **การประกันคุณภาพในอุตสาหกรรมอาหาร**. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

วิกิพีเดีย. 2549. **DNA UV mutation (online)**.

Available source:http://th.wikipedia.org/wiki/DNA_UV_mutation. 26 กรกฎาคม 2553.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2530. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด.**
กระทรวงอุตสาหกรรม. มอก. 738-2530. **สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร**
แห่งชาติ. มาตรฐานเกษตรและอาหารแห่งชาติน้ำนมดิบ. มกอช. 6003-2548.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2548. **คำชี้แจงเกี่ยวกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่**
265) พ.ศ. 2545 เรื่องนมโค.

สมใจ ศรีละออกุล. 2549. **เทคโนโลยีนํ้านมและผลิตภัณฑ์.** คณะเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัย
ราชภัฏจันทรเกษม. 108 น.

สมชัย สวาสดิพันธ์ และณิชารัตน์ สวาสดิพันธ์. 2547. **เกษตรกรรมธรรมชาติ: ประสบการณ์การ**
ดื่มนมแพะ. ฉบับที่ 7/2547.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, นนทบุรี.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2547. **การสุขาภิบาลอาหาร.** โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ. 386
น.

สุวรรณ กิจภรณ์. 2535. **ผลิตภัณฑ์จากนํ้านม.** ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 93 น.

อุดม สิทธิการุณ. 2547. **หลอดไฟพิเศษในการฆ่าเชื้อโรค.** TIEA_25-07-2003.

อนุวัตร ลิ้มสุวรรณ. 2549. **นมมีความสำคัญอย่างไร.** ข้อมูลของสถาบันวิจัยโภชนาการ
มหาวิทยาลัยมหิดล. แหล่งที่มา: [http://www.sudipan.net/phpBB2/viewtopic.php?t.](http://www.sudipan.net/phpBB2/viewtopic.php?t.21)
21 สิงหาคม 2553.

ADASC. 1999. **Australian Manual for Control of Listeria in the Dairy Industry.** Australian
Dairy Authorities Standard Committee, July 1999.

- Agata, N., Ohta, M. and Yokoyama, K. 2002. Production of *Bacillus cereus* emetic toxin (cereulide) in various of food. **International Journal of Food Microbiology** 73: 23-27.
- Altic, L. C., Rowe, M.T. and Grant, I.R. 2007. **UV light inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *Paratuberculosis* in milk as assessed by FASTPlaque TB phage assay and culture.** Applied and Environmental Microbiology. 73(11): 3728-3733.
- Angelotti, R., M. J. Foter and K. H. Lewis. 1961. Time-temperature Effects on *Salmonella* and *Staphylococci* in Foods. **AM. J. Public Health** 51: 76-88.
- APHA. 1992. **Standard Methods for the Examination of Dairy Products.** New York. 448 p.
- Asperger, H. 1994. ***Staphylococcus aureus*. In: Monograph on the significance of Pathogenic Microorganisms in Raw Milk.** International Dairy Federation, Brussels. pp. 24-42.
- (eds). **The Microbiology of food.** Chapman & Hall, London.
- Attaie, R. and R. L. Richter. 2000. Size distribution of fat globules in goat milk. **J. Dairy Sci.**83: 940-944.
- Best, Ben. 2008. **Meachanisms of aging (online).** Available source: <http://www.benbest.com/lifeext/aging.html>, September 13 2010.
- Bodman, G.R. 1993. Bacteria in milk Sources and Control. **Herd Management.** 6 p.
- Available Source: <http://www.ianr.unl.edu/pubs/dairygl170.htm>, July 14 2010.
- Broens, E., A. Masolijn, F. Martens, A. Smith, P. Dawson, S. Richardson and M. Pfaffli. 2001. **Rapid Method for the Detection of Post-Pasterization Contamination in Pasteurized Milk.** Cambridge Research and Technology Transfer Ltd, Cambridge. UK.
- Bruhn, J. C.2007. Dairy goat milk composition. <http://drinc.ucdavis.edu>. 1st October, 2007.

- Ceballos L. S., E. R. Morales, G. de la T. Adarve, J. D. Castro, L. P. Martínez, M. Remedios and S. Sampelayo. 2009. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. **Journal of Food Composition and Analysis** 22: 322–329.
- Cochara, W.G., Cox, G.M., 1957. **Experimental Design**. John Wiley & Sons, New York.
- Cousin, M.A. 1982. Presence and activity of psychrotrophic microorganisms in milk and dairy product: A review. **J. Food Prot.** 45: 172-207.
- Early, R. 1998. **The Technology of Dairy Productions**. Second Edition. Blackie Academic & Professional, Italy. 82 p.
- Eneroth, B. Svensson, G. Molin, and A. Christiansson. 2001. Contamination of pasteurized milk by *Bacillus cereus* in the filling machine. **J. Dairy Res.** 68: 189-196.
- Ensminger A. H, M. E. Ensminger, J. E. Konlande and J. R. K. Robson. 1995. **The concise encyclopedia of Foods and nutrition**. CRC press Inc. USA. 693 p.
- Faber, J. and P. I Peterkin. 2000. *Listeria* In: Lund, B. M., Baird-Parker, A. C. and Gould, G (eds). **The Microbiology of food**. Chapman & Hall, London.
- Fedio, W. M. and H. Jackson. 1992. On the origin of *Listeria monocytogenes* in raw bulk tank milk. **International Dairy Journal** 2: 197-108.
- Fox, P.F., and P.L.H. McSweeney. 1998. **Dairy Chemistry and Biochemistry**. Blackie Academic & Professional, An imprint of Chapman & Hall, London.
- ICMSF. 1994. Choice of sampling plan and criteria for *Listeria monocytogenes*. International Commission on Microbiological Specifications of Foods. **International Journal of Food Microbiology** 22: 89-96

Janness, R. 1980. Composition and characteristics of goat milk: review 1968-1979. *J. Dairy Sci.*, 63: 1605-1630.

Jeness, R., and S. Parkash. 1971. Lack of a fat globule clustering agent in goats' milk. *J. Dairy Sci.* 54: 123-126.

Kessler, H.G. and Horak, F.P. 1984. **Effect of heat treatment and storage conditions on the kepping quality of pasteurized milk.** Available Source:
<http://www.fao.org/agris/search/display.do?f=/1985/v11108/XE844V250.xml;XE844V25>
 August 23, 2010.

Keyser, M., I. A. Müller, F. P. Cilliers, W. Nel, and P. A. Gouws. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganism in fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 9: 348-354.

Krishnamurthy, K., Demirci, A. and Irudayaraj, J.M. 2007. **Inactivation of Staphylococcus aureus in milk using flow-through pulsed UV-light treatment system.** *Journal of Food Science*. 72(7): 233-239.

Ljutovac, K. R., G. Lagriffoul, P. Paccard, I. Guillet, Y. Chilliard. 2008. Composition of goat and sheep milk products. **Small Ruminant Research** 79: 57-72.

Marshall, R.T. 1993. *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*. 16th ed.
 Washington, DC: **American Public Health Association (APHA)**.

Matak, K. E., Sumner, S. S., Duncan, S. E., Hovingh, E., Worobo, R. W. and Hackney, C. R. 2007. **Effect of ultraviolet irradiation on chemical and sensory properties of goat milk.** 2007. 90: 3178-3186.

Muehlherr, J. E., C. Zweifel, S. Corti, J. E. Blanco and R. Stephan. 2003. Microbiological Quality of Raw Goat's and Ewe's Bulk-Tank Milk in Switzerland. **J. Dairy Sci.** 86: 3849–3856.

National Food Institute Thailand. 2547. *ภัยในอาหาร*. สถาบันอาหาร, กรุงเทพฯ.

Ohiokpehai, O. 2003. Processed Food products and Nutrient Composition of Goat Milk. **Pakistan Journal of Nutrition**. 2: 68-71.

Oliveira, C.J.B., E.R. Hisrich, J.F.P. Moura, P.E.N. Givisiez, R.G.Costa and W.A. Gebreyes. 2011. On farm risk factors associated with goat milk quality in Northeast Brazil. **Small Ruminant Research** 98: 64–69.

O'Mahony, M. A. 2001. Manual of Lecture notes for food sensory science: food Science & Technology 107:FST 107. **University of California**, Davis, USA

Parkash, S., and R. Jenness. 1968. The composition and characteristics of goats' milk: A review. **J. Dairy Sci.** Abstr. 30 (2): 67–87.

Park, Y.W. 1994. Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. **Small Rumin. Res.** 14: 151.

Park, Y.W., M. Juarez, M. Ramos and G.F.W. Haenlein. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Rumin Res.** 68: 88-113.

Rutherford, S. M., Darragh A. J., Hendriks W. H., Prosser C. G., and Lowry. D. 2006. Mineral Retention in Three-Week-Old Piglets Fed Goat and Cow Milk Infant Formulas. **J. Dairy Sci.** 89: 4520–4526.

- Schmidt, D., S J. Cromic and T. W. Dommett. 1989. Effect of pasteurization and storage conditions on the shelf life and sensory quality of aseptically packaged milk. Australian **J. Dairy Tech.** 44(1): 19-24
- Schroder, M. J. A. 1984. Origins and levels of post pasteurization contamination of milk in dairy and their effects on keeping quality. **J. Dairy Res.** 51: 59-67.
- Snowball M. R. and Hornsey I. S. 1998. Purifications of water supplies using ultraviolet light. In: R. K. Robinson(ed.), **Developments in Food Microbiology Applied Science Publishers**, 3: 171-191.
- Stephanie Clark. 2009 “**Comparing Milk : Human, Cow, Goat & Commercial Infant Formula.**”Associate Professor, Food Science Dept. of Food Services and Human Nutrition Washington State University Available Source: <http://www.saanendoah.com/compare.html>, August 23, 2010.
- Waltra, P., T. J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema, M. A. J. S. van Boekel. 1999. **Dairy Technology Principles of Milk Properties and Processes.** Marcel Dekker Inc., New York.

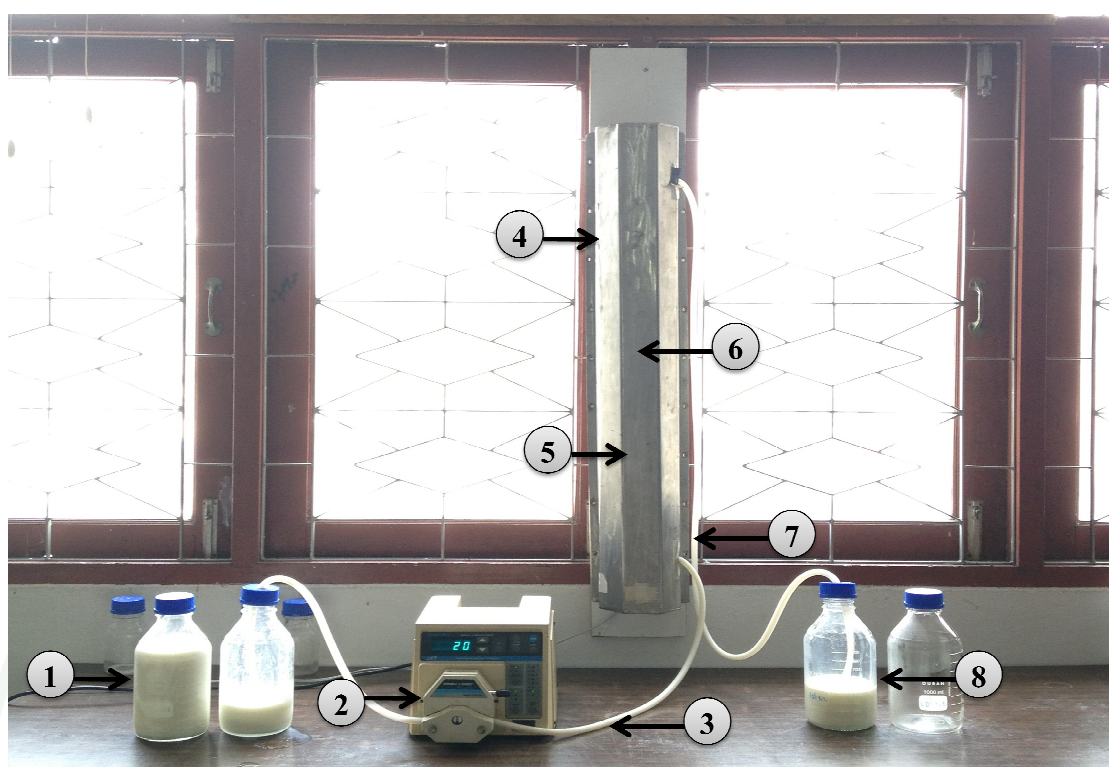






ภาพผนวกที่ 1 การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที (Indirect heating)
ทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส





หมายเลขในรูปแสดงส่วนประกอบดังต่อไปนี้

- | | | |
|--|--|--|
| 1. = ขวดบรรจุน้ำนมก่อน
ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต | 4. = ฝาสแตนเลสปิดระบบรังสี
อัลตราไวโอเลต | 7. = ท่อยางซิลิโคน |
| 2. = ปั๊ม (Pump) | 5. = หลอดแก้วใต้น้ำนมไหล
ผ่านอยู่ในฝาสแตนเลส | 8. = ขวดบรรจุน้ำนมหลัง
ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต |
| 3. ท่อยางซิลิโคน | 6. = หลอดไฟรังสีอัลตราไวโอ
เลตอยู่ในฝาสแตนเลส | |

ภาพผนวกที่ 1 การใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในน้ำนมแพะ



การทดสอบความเป็นกรดของน้ำนมแพะ

1. คนตัวอย่างน้ำนมแพะให้เข้ากันดี
2. ดูดตัวอย่างน้ำนมแพะด้วยปิเปต จำนวน 17.6 มิลลิลิตร ใส่ขวดปริมาตร (flask)
3. ดูดน้ำกลั่นจำนวน 17.6 มิลลิลิตร ผสมลงในขวดปริมาตร
4. ดูดฟีนอลทาลีน จำนวน 0.5 มิลลิลิตร เติมลงในขวดปริมาตรและเขย่าให้เข้ากันดี
5. ทำการไตเตรทกับ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จนเปลี่ยนเป็นสีชมพูคงอยู่นาน 30 วินาที
6. คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์กรดในน้ำนมและบันทึกผล

การทดสอบความถ่วงจำเพาะของน้ำนมแพะ

1. คนตัวอย่างน้ำนมแพะให้เข้ากันดี
2. ทำนมให้เย็นที่อุณหภูมิ 60 องศาฟาเรนไฮต์
3. เทตัวอย่างน้ำนมแพะลงในกระบอกตวง (cylinder)
4. หย่อนແລກໂຕມີເຕຣ້ລຽງໃນນ້ຳນົມ ຮອຈນຶ່ງແລ້ວຈຶ່ງອ່ານຄ່າ
5. คำนวณค่าความถ่วงจำเพาะและบันทึกผลการทดลอง



การวิเคราะห์คุณภาพน้ำนมแพะดิบทางด้านจุลินทรีย์

การเตรียม Dilution

1. ชั่ง Maximum Recovery Dilution (MRD)
2. ผสมกับน้ำกลั่น ตั้งไฟให้ละลาย
3. คือดสารละลาย (MRD) ใส่หลอดทดลอง 9 มิลลิลิตร
4. ปิดฝาหลอดทดลอง
5. มาเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

การทำ Dilution

1. เขย่าตัวอย่างน้ำนมแพะดิบให้เข้ากัน
2. ใช้ pipettes คูดน้ำนมแพะดิบ 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดสารละลาย MRD ที่เตรียมไว้ ได้ Dilution นม 10^{-1}
3. ใช้ pipettes คูด Dilution นม 10^{-1} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดสารละลาย MRD ที่เตรียมไว้ ได้ Dilution นม 10^{-2}
4. ใช้ pipettes คูด Dilution นม 10^{-2} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดสารละลาย MRD ที่เตรียมไว้ ได้ Dilution นม 10^{-3}
5. ใช้ pipettes คูด Dilution นม 10^{-3} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดสารละลาย MRD ที่เตรียมไว้ ได้ Dilution นม 10^{-4}
6. ใช้ pipettes คูด Dilution นม 10^{-4} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดสารละลาย MRD ที่เตรียมไว้ ได้ Dilution นม 10^{-5}

การตรวจหาเชื้อ Total plate count

1. ใช้ pipettes ดูด Dilution นมที่ 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} และ 10^{-5} จำนวน 1 มิลลิลิตรใส่ในจานเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว
2. เติมน้ำอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count Agar ที่เตรียมไว้แล้วประมาณ 15 มิลลิลิตร
3. เขย่าจานเลี้ยงเชื้อเบาๆ แล้วตั้งทิ้งไว้เพื่อให้วุ้นแข็งตัวประมาณ 15 นาที
4. อบเพาะเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง
5. ตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์จากจานเพาะเชื้อที่มีเชื้อ 30-300 โคโลนี บันทึกผลและรายงานผลเป็นโคโลนีต่อมิลลิลิตร (cfu/ml)

การวิเคราะห์หาเชื้อ Coliform bacteria และเชื้อ *E. coli*

1. ใช้ pipettes ดูด Dilution นมที่ 10^{-0} , 10^{-1} , 10^{-2} และ 10^{-3} จำนวน 1 มิลลิลิตรใส่ในจานเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว
2. เติมน้ำอาหารเลี้ยงเชื้อ Coliform Agar (Chromocult[®]) ที่เตรียมไว้แล้วประมาณ 15 มิลลิลิตร
3. เขย่าจานเลี้ยงเชื้อเบาๆ แล้วตั้งทิ้งไว้เพื่อให้วุ้นแข็งตัวประมาณ 15 นาที
4. บ่มเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
5. ตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ โดยเชื้อ Coliform bacteria มีโคโลนีสีม่วงแดงและเชื้อ *E. coli* มีสีน้ำเงิน ดังภาพที่
6. บันทึกผลและรายงานผลเป็นโคโลนีต่อมิลลิลิตร (cfu/ml)
7. ยืนยันผลว่าเป็นเชื้อ *E. coli* โดยเจียโคโลนีสีน้ำเงินใส่ Tryptone water ปริมาณ 10 ml แล้วนำไปเข้าตู้อบที่ 45 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง แล้วเติม Kovac's reagent 4-5 หยด เขย่าให้เข้ากัน สังเกตวงแหวนสีชมพูในกรณีที่เป็นเชื้อ *E. coli* ภายใน 1 นาที

การตรวจหาเชื้อ *S. aureus*

1. ใช้ pipettes ดูด Dilution นมที่ 10^{-0} , 10^{-1} , 10^{-2} และ 10^{-3} จำนวน 0.1 มิลลิลิตรใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Baird-Parker medium (BP)
2. ใช้แท่งแก้วปราศจากเชื้อเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วจานเลี้ยงเชื้อ
3. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
4. ตรวจสอบลักษณะโคโลนี เมื่อครบ 24 ชั่วโมง เลือกโคโลนีที่มีสีดำขอบขาวและแหว่งใส รอบโคโลนีมีบริเวณใส (Clear zone) เลือกจานที่มีเชื้อ 20-200 โคโลนี และนับจำนวนโคโลนีที่มีลักษณะดังกล่าว
5. ถ่ายโคโลนีที่คาดว่าจะเป็ *S. aureus* ลงในอาหาร Brain heart infusion (BHI) broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
6. ดูดตัวอย่างจากข้อ 5 จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองแล้วเติม Coagulate plasma จำนวน 0.3 มิลลิลิตร
7. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง จึงตรวจผลการแข็งตัวของ plasma
8. บันทึกข้อมูลและคำนวณจำนวนเชื้อ

การตรวจหาเชื้อ *B. cereus*

1. ใช้ pipettes ดูด Dilution นมที่ 10^{-0} , 10^{-1} , 10^{-2} และ 10^{-3} จำนวน 0.1 มิลลิลิตรใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ Mannitol-egg yolk-polymyxin (MYP) agar
2. ใช้แท่งแก้วปราศจากเชื้อเกลี่ยให้เชื้อกระจายทั่วจานเลี้ยงเชื้อ
3. บ่มเชื้อที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
4. ตรวจสอบเชื้อที่มีลักษณะโคโลนีสีชมพู รอบๆ โคโลนีจะขุ่น บันทึกผลและคำนวณจำนวนเชื้อหน่วยเป็นโคโลนีต่อมิลลิลิตร

การตรวจหาเชื้อ *Salmonella* spp.

1. เติมน้ำนมแพะดิบปริมาณ 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในอาหาร Lactose broth จำนวน 225 มิลลิลิตร
2. บ่มเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. คูดตัวอย่างจาก Lactose broth มาเลี้ยงเชื้อต่อในอาหารต่อไปนี้

3.1 ใช้ pipettes คูดตัวอย่างจากข้อ 3 จำนวน 100 ไมโครลิตร ใส่ในอาหาร Rappaport-Vassilidis broth (RV broth) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.2 ใช้ pipettes คูดตัวอย่างจากข้อ 3 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในอาหาร Tetrathionate broth base (TT broth) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. เชื้อเชื้อจาก RV broth และ TT broth มา streak บนอาหารดังนี้

4.1 (Modified) Brilliant green agar (BPLS)

4.2 Xylose lysine deoxycholate agar for microbiology (XLD agar)

5. บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6. *Salmonella* spp. ที่ขึ้นใน BPLS agar โคโลนีสีชมพู และ XLD agar โคโลนีสีดำ

7. บันทึกผลการทดลอง โดยรายงานว่าตรวจพบหรือไม่พบในตัวอย่างน้ำนม 25 มิลลิลิตร

การตรวจหาเชื้อ *Listeria monocytogenes*

1. เติมน้ำนมแพะดิบปริมาณ 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในอาหาร Buffer Listeria Enrichment broth (BLEB) จำนวน 225 มิลลิลิตร

2. บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3. เชื้อเชื้อจาก BLEB ลงในจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร Listeria Selective agar (LSA)

4. บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5. ตรวจสอบและบันทึกผล โดยเชื้อ *Listeria monocytogenes* โคโลนีมีสีเขียวเข้มอมเทาจนถึง
ดำ อาหารเลี้ยงเชื้อรอบๆโคโลนีเปลี่ยนเป็นสีดำ





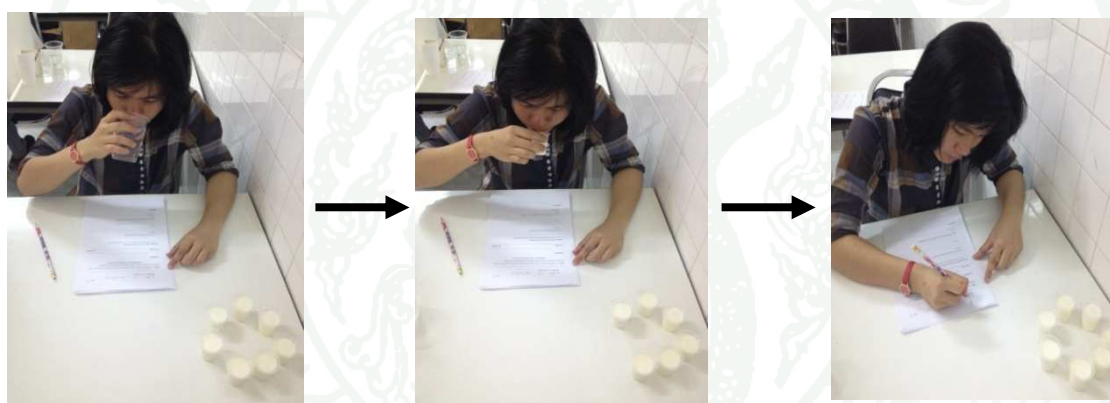
ภาคผนวก จ
การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส



(a)



(b)



(c)

ภาพผนวกที่ 1 การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสในน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์ :

- (a) วิธีการทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบด้วยการจัดลำดับ (Ranking test)
- (b) เลขรหัส 3 หลัก
- (c) ผู้ทดสอบได้รับน้ำนมแพะ 7 ตัวอย่าง โดยให้พิจารณากลิ่นรสโดยรวม จากนั้นเรียงลำดับความชอบต่อตัวอย่างดังกล่าวจากชอบมากที่สุดไปยังชอบน้อยที่สุดลงในแบบประเมินในทิศทางจากซ้ายไปขวา

ตารางผนวกที่ จ1 การสุ่มเลขรหัส 3 หลัก

862 245 458 396 522 498 298 665 635 665 113 917 365 332 896 314 688 468 663 712 585 351 847 539 881
 223 398 183 765 138 369 163 743 593 252 581 355 542 691 537 222 746 636 478 638 949 797 295 529 664
 756 954 266 174 496 133 759 488 854 187 228 824 881 549 759 169 122 919 946 293 874 289 452 594 555
 544 537 522 459 984 585 946 127 711 549 445 793 734 855 121 885 595 152 237 574 611 145 784 779 629
 681 829 614 547 869 742 822 554 448 813 976 688 959 714 912 646 873 397 159 155 136 463 363 168 442
 199 113 941 933 375 651 414 891 129 938 862 572 698 128 363 478 214 841 314 437 792 874 926 377 685
 918 481 797 621 743 827 377 916 966 426 657 246 423 277 685 533 937 223 582 946 323 626 519 449 128
 335 662 875 282 617 274 635 379 287 791 334 139 117 963 448 957 451 585 821 829 267 512 638 532 232
 477 776 339 818 251 916 581 232 372 374 799 461 276 486 274 791 369 774 795 681 458 938 717 241 418
 653 489 538 216 446 849 914 337 993 459 325 614 771 244 429 874 557 119 122 417 882 714 769 536 733
 749 824 721 967 287 556 628 843 725 731 553 253 183 653 988 431 788 426 875 838 457 927 475 348 162
 522 967 259 532 618 624 396 562 134 563 932 441 843 787 231 958 232 537 439 956 531 345 352 661 469
 475 172 986 859 925 932 282 924 842 642 797 565 399 896 596 282 441 784 258 684 625 662 291 312 748
 894 333 612 728 869 487 741 259 476 127 286 736 257 168 847 316 969 692 786 549 949 559 526 942 671
 116 218 464 191 132 218 573 786 258 296 471 372 618 935 353 747 123 863 644 161 793 196 847 284 777
 381 641 393 375 354 193 165 615 587 384 119 187 965 572 112 695 615 941 361 375 376 871 633 354 939
 968 755 847 643 773 765 439 478 611 978 868 898 546 319 775 169 896 275 513 222 114 233 184 116 158
 742 421 226 286 522 618 471 218 397 745 461 477 478 535 957 674 132 228 442 225 444 171 151 583 615
 859 878 392 311 659 772 935 447 834 117 658 161 754 654 176 883 855 195 637 751 586 948 513 977 525
 964 593 137 574 288 994 582 961 746 336 983 782 611 988 833 265 969 584 564 683 197 214 316 193 871
 177 636 674 897 167 157 856 524 662 598 145 926 362 777 415 931 131 317 195 137 959 536 985 883 818
 228 755 915 955 946 233 647 653 425 674 719 543 549 826 669 429 576 773 756 392 632 725 879 154 449
 591 214 851 669 394 349 299 492 179 261 332 294 896 299 782 397 791 659 921 569 811 683 762 919 333
 636 167 789 438 413 565 118 889 253 452 577 859 125 141 241 746 444 841 313 446 225 362 248 448 524
 415 982 543 743 835 826 364 776 988 923 224 615 283 462 328 512 228 466 278 874 373 499 437 951 982
 383 349468 122 771 481 723 335 511 889 896 338 937 313 594 158 687 932 889 918 768 857 694 455 999
 975 973 235 811 761 226 637 382 741 767 894 371 128 972 161 911 427 164 461 991 792 256 194 451 434
 257 752 667 227 813 488 598 198 979 388 921 926 715 349 644 846 879 242 695 222 633 695 526 695 693
 723 395 174 453 276 732 323 866 583 826 562 817 397 556 786 358 755 996 249 676 431 614 485 788 493

ที่มา: ดัดแปลงจาก Cochara (1957)



ตารางผนวกที่ ๑1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ที่นัยสำคัญต่างๆ โดยค่าที่แสดงในตารางเป็นค่า
ที่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์

R - Index: Percentage Critical Values expressed as Differences from Chance (50%)								
Significance		1- tailed	0.200	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
level		2- tailed	0.400	0.200	0.100	0.050	0.020	0.010
0.001	0.002							
Sample size	N	%	%	%	%	%	%	%
5	19.39	26.98	31.76	35.00	37.91	39.49	41.98	
6	17.61	24.86	29.63	32.96	36.05	37.76	40.51	
7	16.25	23.18	27.87	31.24	34.43	36.23	39.18	
8	15.16	21.80	26.40	29.76	33.02	34.88	37.98	
9	14.26	20.64	25.14	28.48	31.76	33.67	36.88	
10	13.51	19.64	24.04	27.35	30.64	32.57	35.88	
11	12.86	18.78	23.07	26.34	29.63	31.58	34.95	
12	12.30	18.02	22.22	25.44	28.71	30.67	34.08	
13	11.80	17.35	21.45	24.62	27.88	29.83	33.28	
14	11.37	16.75	20.75	23.88	27.11	29.07	32.54	
15	10.97	16.20	20.12	23.20	26.40	28.35	31.84	
16	10.62	15.71	19.55	22.58	25.75	27.69	31.18	
17	10.29	15.26	19.02	22.00	25.14	27.07	30.57	
18	10.00	14.84	18.53	21.47	24.57	26.49	29.99	
19	9.73	14.46	18.07	20.97	24.04	25.95	29.44	
20	9.48	14.10	17.65	20.50	23.54	25.44	28.92	
21	9.25	13.77	17.26	20.07	23.07	24.96	28.42	
22	9.03	13.47	16.89	19.66	22.63	24.50	27.95	
23	8.83	13.18	16.55	19.28	22.22	24.07	27.51	
24	8.64	12.91	16.22	18.92	21.82	23.66	27.08	
25	8.47	12.65	15.91	18.57	21.45	23.27	26.68	
26	8.30	12.41	15.62	18.25	21.09	22.90	26.29	
27	8.14	12.19	15.35	17.94	20.75	22.54	25.91	
28	7.99	11.97	15.09	17.65	20.43	22.21	25.56	
29	7.85	11.77	14.84	17.37	20.12	21.88	25.21	
30	7.72	11.58	14.61	17.10	19.83	21.57	24.89	
31	7.59	11.39	14.38	16.85	19.55	21.28	24.57	
32	7.47	11.22	14.17	16.60	19.28	20.99	24.26	
33	7.36	11.05	13.96	16.37	19.02	20.72	23.97	
34	7.25	10.89	13.76	16.15	18.77	20.46	23.69	
35	7.14	10.73	13.57	15.93	18.53	20.20	23.41	
36	7.04	10.59	13.39	15.72	18.30	19.96	23.15	
37	6.95	10.44	13.22	15.53	18.08	19.72	22.89	
38	6.85	10.31	13.05	15.33	17.86	19.50	22.65	
39	6.76	10.18	12.89	15.15	17.65	19.28	22.41	
40	6.68	10.05	12.74	14.97	17.45	19.07	22.18	
45	6.29	9.48	12.03	14.17	16.55	18.10	21.11	
50	5.97	9.00	11.44	13.48	15.77	17.27	20.19	
55	5.69	8.59	10.92	12.89	15.09	16.54	19.38	
60	5.45	8.23	10.47	12.36	14.49	15.90	18.66	
65	5.23	7.91	10.07	11.90	13.96	15.32	18.02	
70	5.04	7.62	9.71	11.48	13.48	14.81	17.43	
75	4.87	7.37	9.39	11.11	13.05	14.34	16.90	
80	4.71	7.14	9.10	10.77	12.66	13.92	16.42	
85	4.57	6.92	8.83	10.46	12.30	13.53	15.97	
90	4.44	6.73	8.59	10.17	11.97	13.17	15.56	
95	4.32	6.55	8.36	9.91	11.67	12.84	15.18	
100	4.21	6.39	8.16	9.66	11.38	12.53	14.83	

adapted from J. Bi and M. O' Mahony J. Sensory Studies 1995, 10 341-347

ที่มา: O' Mahony (2001)

ตารางผนวกที่ ๓2 คำตอบจากผู้ทดสอบความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำมันพะพาสา
เจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต (ตารางที่ 6) ที่อายุการเก็บรักษา 1 วัน

ลำดับที่ ตัวอย่าง	1	2	3	4	5	6	7
P*	10	0	0	0	0	0	0
E	0	6	0	4	0	0	0
F	0	0	8	2	0	0	0
C	0	4	5	1	0	0	0
D	0	0	0	0	10	0	0
A	0	0	0	0	0	8	2
B	0	0	0	0	0	2	8

หมายเหตุ *อักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงน้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์ที่สภาวะการทดลองดังนี้

P คือ ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

A คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

B คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

C คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

D คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

E คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

F คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

ตารางผนวกที่ ๓ คำตอบจากผู้ทดสอบความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำมันพะพาสา
เจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต (ตารางที่ 6) ที่อายุการเก็บรักษา 5 วัน

ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7
ตัวอย่าง							
P*	7	3	0	0	0	0	0
E	3	7	0	0	0	0	0
C	0	0	10	0	0	0	0
D	0	0	0	7	3	0	0
F	0	0	0	3	7	0	0
A	0	0	0	0	0	9	1
B	0	0	0	0	0	1	9

หมายเหตุ *อักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงน้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์ที่สภาวะการทดลองดังนี้

P คือ ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

A คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

B คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

C คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

D คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

E คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

F คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

ตารางผนวกที่ ๓4 คำตอบจากผู้ทดสอบความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำมันพะพาสา
เจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต (ตารางที่ 6) ที่อายุการเก็บรักษา 10 วัน

ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7
ตัวอย่าง							
P*	9	1	0	0	0	0	0
E	1	3	6	0	0	0	0
C	0	6	4	0	0	0	0
D	0	0	0	5	5	0	0
F	0	0	0	5	5	0	0
A	0	0	0	0	0	8	2
B	0	0	0	0	0	2	8

หมายเหตุ *อักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงน้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์ที่สภาวะการทดลองดังนี้

P คือ ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

A คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

B คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

C คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

D คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

E คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

F คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

ตารางผนวกที่ ๕ คำตอบจากผู้ทดสอบความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำมันพะพาสา
เจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต (ตารางที่ 6) ที่อายุการเก็บรักษา 13 วัน

ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7
ตัวอย่าง							
P*	8	2	0	0	0	0	0
E	2	3	5	0	0	0	0
C	0	5	5	0	0	0	0
F	0	0	0	7	3	0	0
D	0	0	0	3	7	0	0
A	0	0	0	0	0	5	5
B	0	0	0	0	0	5	5

หมายเหตุ *อักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงน้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์ที่สภาวะการทดลองดังนี้

P คือ ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

A คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

B คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

C คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

D คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

E คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

F คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

ตารางผนวกที่ ๓6 คำตอบจากผู้ทดสอบความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำมันพะพาสา
เจอร์ไรส์ที่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต (ตารางที่ 6) ที่อายุการเก็บรักษา 15 วัน

ลำดับที่ ตัวอย่าง	1	2	3	4	5	6	7
P*	7	3	0	0	0	0	0
E	3	6	1	0	0	0	0
C	0	1	4	5	0	0	0
F	0	0	3	4	3	0	0
D	0	0	2	1	5	1	1
A	0	0	0	0	2	5	3
B	0	0	0	0	0	4	6

หมายเหตุ *อักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงน้ำมันพะพาสาเจอร์ไรส์ที่สภาวะการทดลองดังนี้

P คือ ที่ไม่ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต

A คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

B คือ ผ่านที่อัตราการไหล 0.85 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

C คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

D คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

E คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 1 รอบ

F คือ ผ่านที่อัตราการไหล 1.7 มิลลิลิตรต่อวินาที ผ่านรังสีอัลตราไวโอเลต 3 รอบ

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นางสาวจรีพร บุญล้อม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรสงคราม
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร) มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

