การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา

Physical and Chemical Changes of UHT Milk Product During Storage

สุเพ็ญ ด้วงทอง

Supen Doungthong

Order Key 17800
BIB Key 170914

เลขหมู่ TX379 ส๓๗ ๒๕๔๒ ค.๑
เลขทะเบียน
๒๘ ส.ค. 2543

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2542

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา

ผู้เขียน นางสุเพ็ญ ด้วงทอง

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันทนา เหรียญมงคล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ก้าน จันทร์พรหมมา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา

ผู้เขียน นางสุเพ็ญ ด้วงทอง

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี ตลอดจนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดและรสหวานที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 2 ยี่ห้อ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับคือ 4±2 10±2 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 เดือน พบว่า การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญคือ ค่าสี ความหนืด ปริมาณตะกอน และการแยกชั้นของไขมันในผลิตภัณฑ์ทั้งรสจืดและรสหวานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านอื่น เช่น พีเอช และความคงทนต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์รสจืดและรสหวานมีค่าลดลง เมื่อเวลาในการเก็บรักษาที่ทุกระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ การย่อยสลายของไขมัน และปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราลเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และพบว่าผลิตภัณฑ์รสหวานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าผลิตภัณฑ์รสจืดเนื่องจากองค์ประกอบน้ำตาลที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์รสจืดเกิดการเปลี่ยนสี และกลิ่นรสผิดปกติทำให้การยอมรับรวมลดลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 189 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียสพบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และยังได้รับการยอมรับจนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษาสำหรับผลิตภัณฑ์นมรสหวานพบการเปลี่ยนสี ความรู้สึกสากลิ้น และกลิ่นรสผิดปกติ จนทำให้การยอมรับรวมลดลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 173 วัน ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (4±2 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บได้นานถึง 211 วัน

Thesis Title	**Physical and Chemial Changes of UHT Milk Product During Storage**
Author	**Mrs. Supen Doungthong**
Major Program	**Food Technology**
Academic Year	**1999**

Abstract

Studies on physical and chemical changes as well as organoleptic qualities of two brand of unsweeten and sweeten UHT milk product available in the market during storage at different temperature i.e. 4±2, 10±2, 30±2 and 35±2 °C for 5 months were carried out. The results showed that the major physical changes in color, coagulation and fat separation of both unsweeten and sweeten products were increased when the storage time increased, especially at the high temperature (30±2 and 35±2°C). But the low temperature (4±2 and 10±2 °C) there were slightly changes.Other physical changes, i.e. pH and heat resistance of unsweeten and sweeten products were decreased during storage at every temperature. Chemical changes were slightly occured in products kept at lower temperature 4±2 and 10±2 °C Where as products kept at higher temperature. (30±2 and 35±2°C) continued the increases amount of volatile fatty acid, lipolysis and hydroxymethyl furfural when the storage time increased. There were more changes occured in sweeten products than unsweeten products.

Changes in organoleptic qualities of unsweeten products, such as color and off - flavour resulting in the reduced of overall acceptance were observed when the products were stored at 30±2 and 35±2 °C for 189 days. In case of sweeten product, it was found that changes in color, mouth feel and off-flavour were observed when the products were stored at 10±2 30±2 and 35±2 °C for 173 days whereas products stored at 4±2°C can be stored for 211 days.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์หลายท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล และรองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็น ชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ ช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และสนับสนุนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีเสมอมา และขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก กรรมการผู้แทนคณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันทนา เหรียญมงคล กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเงินทุนเพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณข้าราชการ ตลอดจนเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือความสะดวกในการทำวิจัยตลอดเวลาทำการทดลอง รวมทั้งน้องๆ นักศึกษาปริญญาโทที่ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบชิม และขอขอบคุณ คุณวาสนา มู่สำ คุณใบศรี สร้อยสน ตลอดจนอาจารย์ มงคล เทพรัตน์ที่ให้ ความช่วยเหลือ และแนะนำในการทำข้อมูลการวิจัยเพื่อนำเสนอ

ขอขอบคุณสหกรณ์โคนมหนองโพ จำกัด (ในพระบรมราชูปถัมภ์) บริษัทโฟร์โมสต์ ฟรีสแลนด์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลบางส่วนเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย

สุดท้ายผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคุณอรรถพล ด้วงทอง ที่ช่วยเหลือและสนับสนุนด้านเงินทุน รวมถึงน้องๆ ที่เป็นกำลังใจสำคัญในการศึกษาครั้งนี้

สุเพ็ญ ด้วงทอง

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ .....(3)

Abstract .....(4)

กิตติกรรมประกาศ ..... (5)

สารบาญ ..... (6)

รายการตาราง ..... (7)

รายการภาพ .....(11)

บทที่

1 บทนำ 1

บทนำต้นเรื่อง 1

ตรวจเอกสาร 2

1 นมยูเอชที 2

2 คุณภาพนมยูเอชที 7

3 ผลของการให้ความร้อนต่อคุณลักษณะและองค์ประกอบของนมยูเอชที..... 9

4 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์นมยูเอชที 14
ระหว่างการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์ 20

2 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ 21

3 ผลและวิจารณ์ 24

4 สรุป 65

เอกสารอ้างอิง 68

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์องค์ทางเคมีและกายภาพ 78

ภาคผนวก ข. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 93

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมี..... 94

ประวัติผู้เขียน..... 116

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ผลของการให้ความร้อนต่อการสูญเสียวิตามินชนิดต่างๆในนมยูเอชที 13
2. องค์ประกอบทางเคมีของนมยูเอชทีรสจืดเริ่มต้น 24
   และหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
3. การแยกชั้นของไขมันในนมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่ 34
   อุณหภูมิแตกต่างกัน
4. ค่าความถ่วงจำเพาะของนมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่ 35
   อุณหภูมิแตกต่างกัน
5. คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมยูเอชที 40
   รสจืด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน
6. องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างนมยูเอชทีรสหวานเริ่มต้น 44
   และหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
7. การแยกชั้นของไขมันนมในนมยูเอชทีรสหวาน ระหว่างการเก็บรักษา 52
   ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน
8. ค่าความถ่วงจำเพาะของนมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษา 54
   ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน
9. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมยูเอชทีรสหวาน 61
   ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ค 1 ค่าเฉลี่ยของ ความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด 94
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ แตกต่างกัน

ค 2 ค่าเฉลี่ยสีเขียวถึงสีแดง (a) ของ ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษา.... 95
ที่อุณหภูมิ แตกต่างกัน.....

ค 3 ค่าเฉลี่ยสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b) ของของ ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด.....96
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ แตกต่างกัน

ค 4 ค่าเฉลี่ยของความหนืดของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด.....97
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ค 5 ค่าเฉลี่ยของพีเอชในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด 98
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ค 6 ค่าเฉลี่ยของค่าความคงทนต่อความร้อนในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด 99
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ค 7 ค่าเฉลียของปริมาณตะกอนในผลิตภัณฑ์ 100
นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ค 8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล 101
ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ค 9 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด 102
ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ค 10 ค่าเฉลี่ยของการย่อยสลายไขมันในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่าง..... 103
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ค 11 ค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 104

ค 12 ค่าเฉลี่ยความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชที รสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 105

ค 13 ค่าเฉลี่ยสีเขียวถึงแดง(a) ของนมยูเอชที รสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 106

ค 14 ค่าเฉลี่ยสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน(b) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชที รสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 107

ค 15 ค่าเฉลี่ยของความหนืดของนมยูเอชทีผลิตภัณฑ์รสหวาน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 108

ค 16 ค่าค่าเฉลี่ยของพีเอชของนมยูเอชทีรสหวาน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 109

ค 17 ค่าเฉลี่ยของค่าความคงทนต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์นมยูเอชที รสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 110

ค 18 ค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกอนในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 111

ค 19 ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 112

ค 20 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 113

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ค 21 ค่าเฉลี่ยของการย่อยสลายไขมันในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน.....114
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน
ค 22 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน 115
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรรมวิธีการผลิตนมสเตอริไลซ์แบบยูเอชที	5
2	ค่าความสว่าง(L) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด ยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	27
3	ค่าสีเขียวถึงสีแดง(a) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	27
4	ค่าสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน(b) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	28
5	ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	29
6	ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	30
7	ค่าความคงทนต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	31
8	ปริมาณตะกอนของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	33
9	ปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราลของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด ยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	36
10	ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด ยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	37
11	การย่อยสลายไขมันของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	38
12	ปริมาณกรดอะมิโนอิสระของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ	39

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

13 ค่าความสว่าง(L) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B..... 46
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

14 ค่าสีเขียวถึงสีแดง(a) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B 46
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

15 ค่าสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B.....47
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

16 ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B 48
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

17 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B..... 49
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

18 ค่าความคงทนต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B..... 51
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

19 ปริมาณตะกอนของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B.....53
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

20 ปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราลของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน.....56
ยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

21 ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน.....58
ยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

22 การย่อยสลายไขมันของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B.....59
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

23 ปริมาณกรดอะมิโนอิสระของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน 60
ยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

24 กราฟมาตรมาตรฐานของสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล 88
ที่ความเข้มข้น 6 ระดับกับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 443 นาโนเมตร

25 กราฟมาตรฐานของไกลซินที่ความเข้มข้น 6 ระดับกับค่าดูดกลืนแสง 92
ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ผลิตภัณฑ์นมหรืออาหารนมที่ขายในประเทศไทยมีหลายชนิดเช่น นมสด นมพาสเจอร์ไรซ์ นมเปรี้ยว นมผง เนย และ นมยูเอชทีชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ในปัจจุบันนี้ประชากรมีการศึกษาที่ดีขึ้น จึงหันมาสนใจในเรื่องสุขภาพร่างกายกันมาก ประกอบกับรัฐบาลและเอกชนได้ร่วมมือในการรณรงค์ดื่มนม มีการตื่นตัวในการบริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งนมยูเอชทีซึ่งจัดเป็นนมพร้อมดื่มที่มีอัตราการขยายตัวสูงถึงร้อยละ 20 ต่อปี เพราะเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิสูง เชื้อโรคและสปอร์ทุกชนิดถูกทำลายจึงสามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้อง แต่อย่างไรก็ตามนมยูเอชทีแต่ละชนิดเมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ ภายในโครงสร้างของน้ำนมจนระยะสุดท้ายไม่เป็นที่ยอมรับ (วิไลพร ฉกาจปัญญาไว,2537 ; Mckellar, *et al.*,1981)

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่อุณหภูมิระดับต่างๆพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี เช่น การเกิดตะกอน การเปลี่ยนแปลงของสี การแยกชั้นของไขมัน การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส การย่อยสลายของไขมันและโปรตีน เป็นต้น (Collin,*et al.*, 1993) เมื่อเกิดปรากฏการณ์เช่นนี้ขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพ ปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้แก่ คุณภาพน้ำนมดิบเริ่มต้น กรรมวิธีการแปรรูป การให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ชนิดของภาชนะบรรจุ การขนส่ง ตลอดจนเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (Ramsey and Swartzel,1984)

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่ผลิตจำหน่ายในประเทศไทย เป็นที่นิยมของผู้บริโภคกันมาก เนื่องจากมีความสะดวกในการบริโภค และสามารถเก็บได้นาน แต่พบว่ายังขาดข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอันส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษาภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกันจะเป็นข้อมูลที่ดีในการหาสภาวะในการเก็บรักษาให้เหมาะสมเพื่อยังคงคุณค่าของผลิตภัณฑ์นมยูเอชที

ตรวจเอกสาร

1. นมยูเอชที

1.1 นมยูเอชที หมายถึง นมที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 130-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-8 วินาที และบรรจุในภาชนะที่สะอาดปราศจากเชื้อ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิดังกล่าวสามารถทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดและทำลายสปอร์ของแบคทีเรียจำพวก *Bacillus stearothermophilus, Bacillus subtilis* และ *Clostridium botulinum* ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2524 ; Burton,1988)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 (พ.ศ. 2522) เรื่อง กำหนดนมโคเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิตของนมยูเอชที ได้ระบุว่า นมยูเอชที หมายถึง นมที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 1 วินาที แล้วบรรจุในภาชนะและสภาวะที่ปราศจากเชื้อ ทั้งนี้จะต้องผ่านกรรมวิธีการทำนมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

1.2 ชนิดของผลิตภัณฑ์นมยูเอชที

พงษ์ วนานุวัธ (2523) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์นมสเตอริไลซ์แบบยูเอชที ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคในปัจจุบันมี 4 ชนิด คือ นมสดยูเอชที (Fresh UHT Sterilized Milk) นมคืนรูปธรรมดายูเอชที (Recombined UHT Whole Milk) นมชนิดหวานยูเอชที (UHT Sterilized Sweetened Milk) นมกลิ่นรสต่าง ๆ ยูเอชที (UHT Sterilized Flavoured Milk) เช่น กลิ่นรสช็อกโกแล็ต กลิ่นรสสตรอเบอรี่ เป็นต้น

1.3 ส่วนประกอบของนมยูเอชที ในรายงานนี้จะขอกล่าวถึงผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีเพียง 2 ชนิดคือ

1.3.1 นมยูเอชทีที่ทำจากนมสดโดยตรง นมสดเมื่อมาถึงโรงงานจะมีการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ กลิ่น ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาความคงทนต่อปฏิกิริยาการตกตะกอนของแอลกอฮอล์และการตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำนมเมื่อมาถึงโรงงานไม่ควรเกิน 6 องศาเซลเซียส ส่วนการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่ การวัดค่าพีเอช การวัดความเป็นกรดไม่เกินร้อยละ 0.18 การตรวจหาสารปฏิชีวนะ การวัดจุดเยือกแข็ง การตรวจหาจำนวนผงตะกอน การหาไขมันนม และปริมาณของแข็งในนม การตรวจหาความถ่วงจำเพาะเพื่อตรวจสอบการเติมน้ำ และการตรวจสอบทางจุลินทรีย์ ได้แก่ การหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ นมสดที่ดีควรมีแบคทีเรียไม่สูงกว่า 250,000 โคโลนีต่อกรัม การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์เป็นการตรวจสอบว่านมนั้นสะอาดเพียงใด สามารถแบ่งมาตรฐานไว้ดังนี้ (พงษ์ วนานุวัธ, 2523)

- นมเกรดพิเศษ จุลินทรีย์ในนม มีไม่เกิน 10,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร

- นมธรรมดาทั่วไป เกรดเอ มีจุลินทรีย์ในน้ำนมไม่เกิน 200,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร เกรดบีมีจุลินทรีย์ในน้ำนมไม่เกิน 1,000,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และเกรดซีมีจุลินทรีย์ในน้ำนมเกินกว่า 1,000,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และการตรวจการเปลี่ยนสีเมทิลีนบลู เป็นการตรวจจำนวนจุลินทรีย์โดยดูการเปลี่ยนสีของเมทิลีนบลูในเวลาที่จำกัด นมที่มีจุลินทรีย์มากจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเมทิลีนบลูเร็ว ปกติน้ำนมดิบที่ดีจะเปลี่ยนสีเมทิลีนบลูไม่เร็วกว่า 4.5 ชั่วโมง

นอกจากนี้ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข (2522) ได้กำหนดคุณลักษณะของนมสดที่นำมาแปรรูปเป็นนมยูเอชที คือ ปราศจากเชื้อโรคที่ติดต่อถึงคน ไม่มีนมน้ำเหลืองเจือปน ไม่มีสารที่อาจเป็นพิษในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น สารปฏิชีวนะ สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง มีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.5 ของน้ำหนัก และมีมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.25 ของน้ำหนัก สำหรับนมสดที่มิได้แยกไขมันออก

1.3.2 พงษ์ วนานุวัธ (2523) กล่าวว่า นมยูเอชทีที่ทำจากนมคืนรูปธรรมดา ได้มาจากกระบวนการซึ่งแยกไขมันนมออกจากน้ำนมโดยมีวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิต ได้แก่

- นมขาดมันเนยซึ่งผลิตจากนมสดที่มีคุณภาพดี มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน 500,000 โคโลนี/กรัม และมาตรฐานของจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่มากกว่า 500,000 โคโลนี/กรัม มีค่าดัชนีปริมาณไนโตรเจนในโปรตีนเวย์ (Whey Potein Nitrogen Index) (WPNI) ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อกรัมของนมผง ซึ่งเป็นปริมาณไนโตรเจนของโปรตีนเวย์ที่ไม่ได้แปลงสภาพ ความเป็นกรด (กรดแลคติก) ไม่มากกว่าร้อยละ 0.1-0.15 ไม่มีโคลิฟอร์มในตัวอย่าง 0.1 กรัม ยีสต์ รา ไม่เกิน 50 โคโลนี/กรัม และปราศจากกลิ่นรสที่น่ารังเกียจ

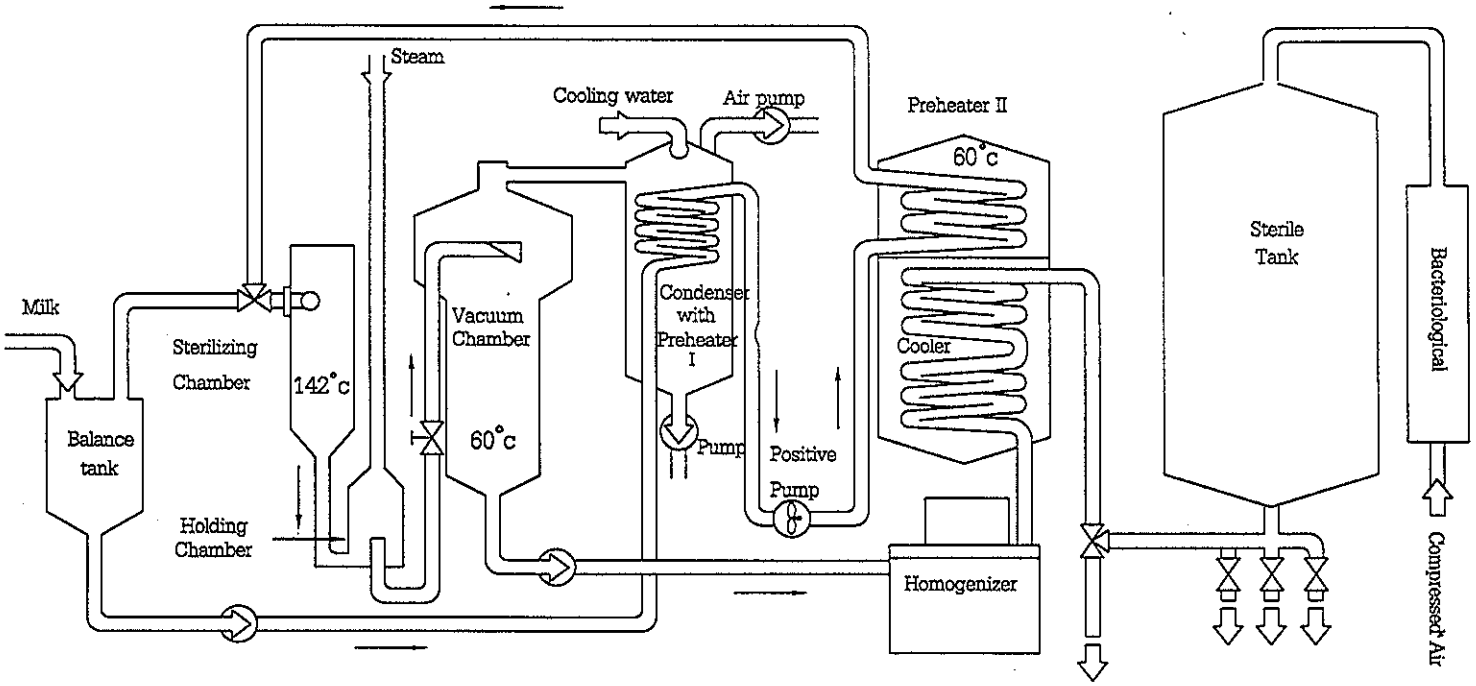
- ไขมันนมประกอบด้วยไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 99.8 ความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 0.2 ค่ากรดไขมันอิสระ (กรดโอลิอิค) ไม่มากกว่าร้อยละ 0.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ของเฟอร์ริกไทโอไซยาเนตไม่มากกว่าร้อยละ 0.2 ทองแดงไม่มากกว่า 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และเหล็กไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

- น้ำ ควรมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (มอก,2521) มีลักษณะพิเศษ คือ มีคลอไรด์ไม่เกิน 70 พีพีเอ็ม ซัลเฟตไม่เกิน 100 พีพีเอ็ม และปราศจากสารไบคาร์บอเนต

- วัตถุดิบอื่น ๆ เพื่อเพิ่มกลิ่นรส เช่น หางนมผงซึ่งทำจากเนยสดที่ไม่ได้แยกน้ำตาลแลคโตสออก เนยสดที่ไม่ได้เติมเกลือ ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันนม โซเดียมซิเตรตและน้ำตาล

1.4 กรรมวิธีการผลิตนมสเตอริไลซ์แบบยูเอชที

เมื่อนำน้ำนมดิบหรือนมคืนรูปที่สเตอริไลซ์เข้าสู่ถังปรับสมดุลย์เพื่อปรับปริมาณไขมันและปริมาณของแข็งให้ได้ตามที่ต้องการ ผ่านถังกรองเพื่อทำความสะอาด โดยกำจัดฝุ่น ผงตะกอน สิ่งสกปรกต่างๆ หลังจากนั้นน้ำนมจะไหลผ่านเข้าไปยังคอนเดนเซอร์ (Condenser) ชุดที่ 1 เพื่อทำให้อุณหภูมิของนมเพิ่มเป็น 60 องศาเซลเซียส แล้วผ่านเข้าไปยังหม้อไอน้ำที่ให้ความร้อนชุดที่ 2 ซึ่งทำให้อุณหภูมิของนมเพิ่มขึ้นเป็น 80 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงผ่านเข้าไปยังถังเพื่อสเตอริไลซ์นมโดยทำให้นมมีอุณหภูมิมากกว่า 142 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 – 4 วินาที นมที่ผ่านการสเตอริไลซ์แล้วจะเก็บในถังสุญญากาศแล้วจึงผ่านเข้าเครื่องโฮโมจีไนซ์ ความดัน 2000 – 3500 ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไขมันนมมีขนาดเล็กลง และกระจายตัวอยู่ทั่วไปในนม จากนั้นจึงผ่านไปยังเครื่องทำความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิลงเหลือ 30 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำไปเก็บในถังบรรจุที่ปราศจากเชื้อ เพื่อรอการบรรจุทันทีด้วยเครื่องบรรจุแบบอัตโนมัติ (ภาพที่ 1) อนึ่งขณะที่ทำการผลิตและบรรจุนมลงกล่องจะมีการกำจัดออกซิเจนในน้ำนมเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์โดยวิธีการบรรจุที่ปราศจากเชื้อ (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2521)



ภาพที่ 1 แผนภูมิกรรมวิธีการผลิตนมสเตอริไลซ์แบบยูเอชที

ที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (2521)

1.5 ระบบให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อแบบยูเอชที

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ (2524) รายงานว่าระบบการให้ความร้อน ในการผลิตนมยูเอชที ทำได้ 2 วิธี คือ การให้ความร้อนแบบทางอ้อมและการให้ความร้อนแบบทางตรง

1.5 1 การให้ความร้อนแบบทางอ้อม

เป็นวิธีการถ่ายเทความร้อนจากของเหลวที่ให้ความร้อนผ่านตัวกลางไปสู่น้ำนม เช่น ใช้เหล็กปลอดสนิมเป็นตัวนำความร้อน โดยแหล่งความร้อนอาจใช้ไอน้ำ หรือน้ำร้อนที่มีแรงดันสูง สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเพลท (Plate) และแบบท่อ (Tubular)

การแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเพลท มักใช้กับการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ เช่น การพาสเจอร์ไรซ์น้ำนม ครีม ไอศกรีม มีข้อเสียคือการให้ความร้อนแบบนี้มักจะเกิดการรวมกลุ่มของตะกอนในน้ำนมเกาะติดกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน จึงทำให้ทำความสะอาดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนได้ยาก ส่วนระบบแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อจะใช้ระบบการฉีดไอน้ำร้อนแลกเปลี่ยนภายในท่อ

1.5.2 การให้ความร้อนแบบทางตรง

เป็นวิธีการพ่นไอน้ำเข้าสู่น้ำนมที่ไหลมาตามท่อซึ่งถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียสก่อนถูกพ่นหรือก่อนถูกผสมกับไอน้ำอิ่มตัวภายใต้ความดันของไอน้ำอิ่มตัวและไอน้ำจะเกิดการควบแน่นรวมตัวอยู่กับน้ำนม นมที่ร้อนถึงอุณหภูมิสเตอริไลซ์จะถูกฉีดผ่านเข้าสู่ถังสุญญากาศทำให้อุณหภูมิของนมลดลงถึงจุดเดือดของน้ำ และมีการกำจัดเอาน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำออกจากน้ำนม ทำให้องค์ประกอบของนมคงที่ ข้อดีในการให้ความร้อนแบบทางตรงนี้คือ ไอน้ำมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการทำลายเชื้อโรคต่างๆ ได้ (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์,2524)

1.6 การบรรจุนมยูเอชทีแบบปราศจากเชื้อ

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ (2524) กล่าวว่า เมื่อให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีที่เหมาะสมแล้วจึงนำน้ำนมมาบรรจุ โดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ ซึ่งมีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้แก่ น้ำนมที่ผ่านการแปรรูปแล้วมีสภาพปลอดเชื้อ ภาชนะบรรจุ สิ่งแวดล้อมขณะบรรจุ และระบบการบรรจุในกล่องสี่เหลี่ยมขนาด 250 มิลลิลิตร หรือขนาด 100 มิลลิลิตร โดยภาชนะบรรจุน้ำนมจะต้องเคลือบด้วยโพลีเอธิลีน และแผ่นอะลูมิเนียมซ้อนกันจำนวนเจ็ดชั้น เพื่อป้องกันการซึมผ่านของอากาศ แสงสว่าง และความชื้นขณะบรรจุ ม้วนกระดาษที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุจะต้องผ่านไปในอ่างที่ประกอบด้วยสารฆ่าเชื้อจำพวกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 15-20 เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในขณะที่ม้วนกระดาษเชื่อมติดกันเป็นท่อที่อุณหภูมิสูงประมาณ 205 องศาเซลเซียส ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ม้วนกระดาษถูกทำให้ระเหยออก

เมื่อแผ่นกระดาษผ่านขดลวดที่นำความร้อน ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจะไหลมาจากท่อเหล็กปลอดสนิมแล้วบรรจุในท่อกระดาษ หลังจากนั้นกระดาษที่บรรจุนมแล้วจะถูกตัดและเชื่อมติดกันตามขวางได้นมบรรจุกล่องแบบกล่องสี่เหลี่ยม (Tetra pak) นอกจากนี้การบรรจุน้ำนมแบบปลอดเชื้อนิยมการนำรังสีอัลตราไวโอเลตมายับยั้งจุลินทรีย์โดยแสดงผลที่ความยาวคลื่นเหมาะสมในช่วง 250 นาโนเมตร ซึ่งมีผลโดยตรงต่อดีเอ็นเอของเซลล์แบคทีเรีย (Burton, 1988) และยังมีรายงานว่าการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับรังสีอัลตราไวโอเลตในการฆ่าเชื้อแก่ภาชนะบรรจุจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้สารชนิดใดชนิดหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว เพราะไม่ต้องให้ความร้อนในปริมาณมากต่อการกระตุ้นของรังสีอัลตราไวโอเลตซึ่งมีผลในการยับยั้งสปอร์ของจุลินทรีย์จำพวก *Bacillus subtilis* อัตราส่วนของสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมคือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 2.5 และรังสีอัลตราไวโอเลต 1.8 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (W/cm^2) ร่วมกับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (Bayliss and Waites, 1982)

2. คุณภาพของนมยูเอชที

2.1 มาตรฐานของนมยูเอชที

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2522) ได้กำหนดว่านมสดที่ผ่านกรรมวิธียูเอชทีต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังนี้คือ ผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียสเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 วินาที แล้วบรรจุในสภาวะที่ปราศจากเชื้อ ทั้งนี้จะต้องการผ่านกรรมวิธีการทำนมสดให้เป็นเนื้อเดียวกัน และนมสดที่ผ่านกรรมวิธียูเอชทีแล้ว ต้องมีมาตรฐานดังต่อไปนี้

(1) มีกลิ่นตามลักษณะของนมชนิดนั้น
(2) มีลักษณะเหลวไม่เป็นเม็ดหรือก้อน
(3) ไม่มีวัตถุกันเสีย
(4) ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค
(5) ไม่มีสารที่เป็นพิษจากเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
(6) ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด อีโคไลด์ (*E. coli*) ในน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร
(7) มีแบคทีเรียไม่เกิน 10 โคโลนี ต่อ 1 มิลลิลิตร

2.2 ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ (2524) และ Metha (1980) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของนมยูเอชที ได้แก่

2.2.1 คุณภาพนมสดที่นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมยูเอชที ควรได้จากแม่โคที่มีสุขภาพสมบูรณ์ จุลินทรีย์เริ่มต้นมีน้อยเพราะถ้าในนมดิบมีจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงจะส่งผลถึงคุณภาพน้ำนมในกระบวนการแปรรูปได้ ค่าพีเอชไม่ควรต่ำกว่า 6.6 และมีการตรวจสอบคุณภาพนมโดยใช้แอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 68 น้ำนมที่มีคุณภาพดีจะไม่ตกตะกอนในแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นดังกล่าว

2.2.2 การทำงานของเครื่องบรรจุนมและอื่น ๆ เช่น ภาชนะบรรจุควรเป็นวัสดุที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้ดี ระบบการทำงานของเครื่องบรรจุ กระดาษที่นำมาทำเป็นกล่องบรรจุ อุณหภูมิและความร้อนที่ใช้ขณะบรรจุไม่ต่ำกว่า 360 องศาเซลเซียส และสิ่งแวดล้อมขณะบรรจุ

2.2.3 ภาชนะที่เก็บน้ำนม ควรมีการสำรวจความเสียหายของภาชนะบรรจุหลังทำการแปรรูป เช่น รั่วหรือเกิดรอยฉีกขาดจากแรงกระแทกเพราะการทำงานของเครื่องจักร หรือบรรจุในภาชนะที่ไม่เหมาะสม เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชที

2.3 การตรวจสอบคุณภาพของนมยูเอชที

เมื่อน้ำนมผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบยูเอชทีแล้ว จำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของนมยูเอชทีก่อนที่จะนำไปจำหน่ายแก่ผู้บริโภค โดยมีการตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ (พงษ์ วนานุวัธ,2523)

2.3.1 ทางประสาทสัมผัส ตรวจสอบสีเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งอาจสังเกตด้วยตาเปล่า ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนและน้ำตาลในน้ำนมได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงจนทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ สำหรับกลิ่นในนมยูเอชทีควรปราศจากกลิ่นผิดปกติ เช่น กลิ่นนมต้ม กลิ่นหืน และกลิ่นอาหารสัตว์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบลักษณะปรากฏต่างๆเช่น การแยกชั้นของไขมันนมและสิ่งแปลกปลอมอื่นๆที่ปนเปื้อนในน้ำนม เช่น เส้นผม ฝุ่นละออง และเศษขยะ เป็นต้น

2.3.2 ทางเคมี ตรวจหาปริมาณสารที่ให้คุณค่าทางอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน กรดแลคติก วิตามิน และเกลือแร่ต่าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกับเครื่องมือเฉพาะอย่างที่มีความแม่นยำสูง

2.3.3 ทางจุลินทรีย์ ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย โดยการบ่มนมที่บรรจุในภาชนะบรรจุแล้วที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วันหรือ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วันเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของนมยูเอชที การทดสอบความขุ่นด้วยวิธีเอสชาฟเฟ็นเบอร์ก (Aschaffenburg) หลักการคือ ดูการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในตัวอย่างนมที่บ่มในตู้ ถ้าไม่

ปรากฏการเจริญเติบโตแสดงว่าการฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพที่สมบูรณ์ถือว่าใช้ได้ นอกจากนี้ยังมีวิธีการทางอ้อมในการหาความเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทำได้โดยการวัดค่าพีเอช ปริมาณกรด ปฏิกิริยาการตกตะกอนของนมในแอลกอฮอล์ การทดสอบกับเอนไซม์แคทาเลส (Catalase) และการหาความหนืด แต่วิธีนี้จะมีผลต่อเมื่อตัวอย่างนมมีแบคทีเรียมากกว่า 100,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร

การเก็บตัวอย่างนมยูเอชทีเพื่อทดสอบคุณภาพ ควรเก็บตัวอย่างให้มีจำนวนมากพอระหว่างร้อยละ 0.1-1 ของจำนวนนมตัวอย่างที่ผลิตเพื่อจะได้หาข้อบกพร่อง ในทางปฏิบัติข้อบกพร่องที่เกิดเป็นรูเล็กๆและรอยแตกของกล่องนมยูเอชทีต้องน้อยกว่าร้อยละ 0.01 และมีการเก็บนมยูเอชทีตัวอย่างที่ผลิตได้แต่ละรุ่นมาบ่มที่ตู้บ่มเชื้อเป็นเวลา 10-14 วันเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ เช่น ตัวอย่างนมไม่บวม ไม่เกิดกลิ่นเหม็นเน่า ก่อนที่จะส่งออกจำหน่ายในท้องตลาด

3. ผลของการให้ความร้อนต่อคุณลักษณะและองค์ประกอบของนมยูเอชที

3.1 การเกิดสีน้ำตาล

ในกระบวนการให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีที่อุณหภูมิสูงๆ ทำให้กลุ่มสารคาร์บอนิลในน้ำตาลแลคโตส ทำปฏิกิริยาร่วมกับกรดอะมิโนจำพวกไลซิน โปรตีนเคซีน และเวย์ (Burton, 1988 ; Mitall, *et al.*, 1988) ในน้ำนมโดยปฏิกิริยาที่มีชื่อว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทำให้เกิดสารประกอบจำพวกเมลานอยดินที่มีสีน้ำตาล ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้แก่ ค่าพีเอช ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ การให้ความร้อนแก่น้ำนม สารเร่งปฏิกิริยา (Reactant) ปริมาณออกซิเจนในน้ำนม สารปรุงแต่งเพื่อเพิ่มกลิ่นรส อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา

3.2 กลิ่นรส

Burton (1988) พบว่าเมื่อให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อแก่นมยูเอชที จะทำให้เกิดกลิ่นซัลเฟอร์ทันทีหลังการแปรรูป จึงนิยมใส่สารเคมีจำพวก ไอโอเดท โบรเมท โปตัสเซียม และโซเดียม เพื่อกำจัดกลิ่นดังกล่าว นอกจากนี้ในกระบวนการให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีแบบทางตรง พบว่ากลุ่มโปรตีนเคซีนเกิดการรวมตัวส่งผลทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ เช่น กลิ่นไหม้ และกลิ่นนมต้ม มากกว่าการให้ความร้อนแบบทางอ้อม ส่วนสารกลุ่มอื่น ๆ ที่ทำให้กลิ่นรสของนมยูเอชทีเปลี่ยน คือ กลุ่มสารไดเมทิลซัลไฟด์ และกลิ่นอื่น ๆ มักจะเกิดขึ้นในปริมาณเล็กน้อยเช่นเดียวกัน ได้แก่ คีโตน แอลกอฮอล์ แลคโตน และไฮโดรคาร์บอน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นรสในนมยูเอชที ได้แก่ การให้ความร้อนแก่น้ำนม ปริมาณออกซิเจนในน้ำนมขณะให้ความร้อน คุณภาพของนมดิบ อาหารที่ให้แม่โคกิน และกระบวนการโฮโมจีไนซ์ ในขณะที่ให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีจะเกิดกลิ่นระเหยออกมา ได้แก่ กลิ่นอาหารสัตว์ กลิ่นนมต้ม

กลิ่นคาราเมล กลิ่นเหม็นอับ และกลิ่นคาว แต่อย่างไรก็ตามสามารถป้องกันกลิ่นเหล่านี้ได้โดยการกำจัดออกซิเจนให้ออกจากน้ำนม หรือนำน้ำนมมาทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า ส่วนกลิ่นคาวของนมยูเอชทีที่เกิดจากการแปลงสภาพของโปรตีนกลุ่มเบต้าแลคโตโกลบูลินทำปฏิกิริยากับไขมัน สามารถกำจัดได้ โดยนำน้ำนมมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิดังกล่าวข้างต้น (Andersson and Oste, 1995 ; Hill, 1988)

3.3 ความหนืด

Edmondson (1970) รายงานว่ากระบวนการให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีทำให้โปรตีนเคซีนแปลงสภาพมีขนาดอนุภาคขนาดใหญ่ขึ้น มีลักษณะข้นเหนียว เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งนมที่ผ่านกระบวนการโฮโมจีไนซ์ทำให้ไขมันมีขนาดเล็กลง จึงทำให้กลุ่มอนุภาคไขมันนมรวมกับองค์ประกอบอื่นๆ ในน้ำนมมากขึ้นได้ และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดมากขึ้น (วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531) ส่วนปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้นมยูเอชทีมีความหนืดเพิ่มขึ้น ได้แก่ การเติมสารให้ความคงตัว สารอิมัลซิไฟเออร์ องค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำนม ค่าพีเอช การให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อและการกวน (Renner, 1988 ; Edmondson, 1970)

3.4 ความคงทนต่อความร้อน

การวัดค่าความคงทนต่อความร้อนในนมยูเอชทีโดยการทดสอบการตกตะกอนของโปรตีนในน้ำนมในสารที่นำความร้อนจำพวกกลีเซอรอล อุณหภูมิในช่วง 130 – 140 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบค่าความคงทนความร้อนของนมทุก ๆ 2 นาที ทำให้น้ำนมตกตะกอนและรวมกันจึงทำให้โปรตีนในน้ำนมมีขนาดใหญ่ขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อความคงทนต่อความร้อน ได้แก่ องค์ประกอบของน้ำนม ค่าพีเอช กระบวนการโฮโมจีไนซ์ อัตราส่วนระหว่างไขมันและโปรตีนในน้ำนม (Davies and White,1966 อ้างโดย McCrae and Muir,1995) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ จำพวกแคลเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งควรจะกำจัดออกจากนมยูเอชที สามารถทำได้โดยการเติมกรด และใช้เทคนิคทางชีวเคมีวิธีไดอะไลซิสซึ่งจะทำการแยกส่วนใสจากองค์ประกอบของน้ำนมที่ละลายได้ เช่น โปรตีนในเซรั่ม (Serum Protein) เคซีน เกลือชนิดต่างๆในน้ำนมด้วยการหมุนเหวี่ยง จะทำให้ค่าความคงทนต่อความร้อนในนมยูเอชทีเพิ่มขึ้น (Van Boekel, *et al.*, 1989)

3.5 การเกิดตะกอนนม

ตะกอนนมเกิดขึ้นจากของแข็งที่ประกอบด้วยแคลเซียมซิเตรต และแคลเซียมฟอสเฟตรวมกลุ่มกันบริเวณด้านล่างของภาชนะบรรจุไม่สามารถกระจายตัวได้ ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีส่งผลให้โครงสร้างของโปรตีนในน้ำนมถูกทำลายระหว่างการฆ่าเชื้อ (Edmondson,1970) Burton (1988) กล่าวว่าเมื่อให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีจะเกิดการรวมกลุ่มของตะกอนที่เกิดจากโปรตีน

จำพวกเบต้าแลคโตโกลบูลิน ร้อยละ 50-70 แร่ธาตุจำพวกฟอสฟอรัส และแคลเซียมร้อยละ 30-40 เกาะติดกับท่อของระบบการถ่ายเทความร้อน อาจทำให้การส่งผ่านความร้อนเกิดขึ้นได้ช้า ปัจจัยที่ใช้ควบคุมการเกิดตะกอน ได้แก่ ความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ การเพิ่มสารความคงตัวจำพวกคาราจีแนนในอัตราร้อยละ 0.02 ร่วมกับกระบวนการโฮโมจีไนซ์ ในน้ำนมก่อนการแปรรูปเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและป้องกันการแยกชั้นของไขมัน (Edmondson, 1970)

3.6 คุณค่าทางโภชนาการ

ในกระบวนการให้ความร้อนแก่นมยูเอชที อาจทำให้คุณค่าทางโภชนาการของนมลดลงเนื่องจากเกิดการสูญเสียโครงสร้างทางเคมีของสารอาหารจำพวกโปรตีนเคซีน พบว่าเบต้าแลคโตโกลบูลินเกิดการแปลงสภาพสูงถึงร้อยละ 80 กระบวนการให้ความร้อนแบบทางตรงมีผลต่อการแปลงสภาพของโปรตีนน้อยกว่านมที่ได้รับความร้อนแบบทางอ้อม แต่กรดอะมิโนจำพวกเมทไทโอนีน ทริพโทเฟนและไทโรซีนไม่สูญเสีย (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2524 ; Metha, 1980)

Renner และ Dorguth (1980 อ้างโดย Burton,1988) การให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีแบบทางตรงทำให้สูญเสียกรดอะมิโนไลซินร้อยละ 3 ในขณะที่การให้ความร้อนแบบทางอ้อมมีการสูญเสียของกรดดังกล่าวร้อยละ 4 และเขาได้รายงานว่าการให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีซึ่งทำจากนมผง พบการสูญเสียของกรดอะมิโนซิสติอีน ซีสตีน ร้อยละ 34 และไลซิน ร้อยละ 5 นอกจากนี้ Horak and Kessler, (1981 อ้างโดย Morale, *et al.*,1997) กล่าวว่าหลังจากให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีแล้วทำให้ปริมาณ ไลซินมีเหลืออยู่ในน้ำนมเพียงร้อยละ 0.1-1 ส่วนการเปลี่ยนแปลงของไขมันนมในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที ทำให้สูญเสียกรดไขมันที่ระเหยได้เช่น บิวทีริค(Butyric) ลอริค(Lauric) ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเช่น กรดลิโนลีนิค (Linolenic) กรดลิโนเลอิก(Linoleic) และกรดอะราชิโดนิค(Arachidonic) สูญเสียในช่วงร้อยละ 33, 13 และ 7 ตามลำดับ (Pol and Groo,1960 อ้างโดย Burton,1988 ; Fox, 1995) นอกจากนี้กระบวนการให้ความร้อนและการโฮโมจีไนซ์ยังทำให้อนุภาคไขมันในนมยูเอชทีมีขนาดเล็กลง สามารถลดการแยกชั้นของไขมันนมได้ และปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันนม ได้แก่ อุณหภูมิที่ให้ความร้อน ปริมาณออกซิเจน เอนไซม์ในน้ำนม และกระบวนการโฮโมจีไนซ์ (Burton, 1988)

การให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีทั้งแบบทางตรงและแบบทางอ้อม ทำให้วิตามินเอสูญเสียร้อยละ 35 วิตามินดีสูญเสียร้อยละ 6 วิตามินอีสูญเสียน้อยกว่าร้อยละ 10 วิตามินซี วิตามินบีรวมสูญเสียในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ วิตามินบี1 สูญเสียร้อยละ 17 บี2 สูญเสียร้อยละ 3 บี6 สูญเสียร้อยละ 10 และบี12 สูญเสียร้อยละ 4 ระหว่างการแปรรูปของการฆ่าเชื้อแบบทางอ้อม และสูญเสีย

ร้อยละ 13 ในการให้ความร้อนแบบทางตรง (Ford, *et al.*, 1969 อ้างโดย Andersson and Oste, 1995) แต่ถ้าในน้ำนมมีปริมาณออกซิเจนสูงอาจทำให้สูญเสียวิตามินซีสูงร้อยละ 82 ดังนั้นเมื่อให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีควรป้องกันไม่ให้มีออกซิเจนเหลืออยู่ในน้ำนมซึ่ง Roll (1982 อ้างโดย Fennema, 1996) กล่าวถึงผลของการให้ความร้อนต่อการสูญเสียวิตามินในนมยูเอชทีคือวิตามิน เอ ดี อี บี2 กรดแพนโททีนิค (Panthothenic acid) ไบโอติน (Biotin) และกรดนิโคทินิค (Nicotinic) ค่อนข้างทนต่อความร้อนแต่ไม่สามารถตรวจสอบการสูญเสียในระหว่างการสเตอริไลซ์ ส่วนวิตามินบี1 บี6 บี12 กรดโฟลิคและวิตามินซีพบว่าเกิดการสูญเสียในระหว่างการให้ความร้อน การป้องกันการสูญเสียวิตามินเหล่านี้ทำได้โดยการกำจัดออกซิเจนในระหว่างการให้ความร้อนและขณะบรรจุ (ตารางที่ 1) ส่วน Burton (1988) รายงานว่าความร้อนที่ใช้ในการสเตอริไลส์มีผลแต่เพียงเล็กน้อยต่อ วิตามินเอ ดี อี และแคโรทีน

ตารางที่ 1 ผลของการให้ความร้อนต่อการสูญเสียวิตามินชนิดต่างๆของนมยูเอชที

องค์ประกอบ	การพาสเจอร์ไรซ์[ก.]	การสเตอริไลซ์แบบยูเอชที[ข.]	การทำให้แห้งโดยวิธีพ่นฝอย[ค.]	การระเหยน้ำออก[ง.]
วิตามินเอ	0	0	0	0
ไทอามิน	10	10	10	40
ไรโบฟลาวิน	0	0	0	0
กรดนิโคทินิค	0	0	0	5
วิตามินบี 6	0	10	0	40
วิตามินบี 12	10	10	30	80
วิตามินซี	10-25	25	15	60
กรดโฟลิค	10	10	10	25
กรดแพนโททินิค	0	0	0	0
ไบโอติน	0	0	10	10

หมายเหตุ : ค่าที่อยู่ในตารางคือค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการให้ความร้อน

ก. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 71-73°ซ เวลา 15 วินาที

ข. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 130-150°ซ เวลา 1-4 วินาที

ค. ให้ความร้อนแก่นมที่อุณหภูมิ 80-90°ซ เวลา 10-15 วินาทีเข้าสู่กระบวนการโฮโมจีไนซ์ และระเหยน้ำออกโดยการลดความดัน ทำนมให้แห้งโดยการพ่นฝอย ที่อุณหภูมิ 90°ซ เวลา 4-6 วินาที

ง. ให้ความร้อนแก่นมที่อุณหภูมิ 95°ซ เวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำมาทำให้เข้มข้นโดยระเหยน้ำที่อุณหภูมิ 50°ซ ภายใต้การลดความดันและฆ่าเชื้อในกระป๋องภายใต้ความดันอุณหภูมิ 115°ซ เวลา 15 นาที

ที่มา : Roll (1982) อ้างโดย Fennema (1996)

การให้ความร้อนแก่นมยูเอชทีอาจทำให้แร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัสเกิดการรวมตัวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกลือแคลเซียมมีความสามารถในการละลายได้และตกตะกอนร้อยละ 40-50 แต่ Pelet และ Donath (1974 อ้างโดย Metha,1980) รายงานว่าการฆ่าเชื้อนมด้วยระบบยูเอชที จะไม่มีผลกระทบต่อธาตุแคลเซียมและโปตัสเซียม แต่พบว่าเอนไซม์ฟอสฟาเทส

(Phosphatase) เปอร์ออกซิเดส และโปรตีเอส ถูกทำลายได้เกือบสมบูรณ์ในการฆ่าเชื้อที่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส

4. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา

4.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

4.1.1 โปรตีนและการย่อยสลายของโปรตีน

Malatje (1986, อ้างโดย Renner, 1988) ศึกษาการเก็บนมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือนพบว่ากรดอะมิโนจำพวกไลซินสูญเสียร้อยละ 10 กรดอะมิโนชนิดนี้สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำตาลแลคโตสทำให้เกิดสีน้ำตาล และมีกลิ่นรสเปลี่ยนแปลง เช่น เกิดรสขม และกลิ่นนมต้ม นอกจากนี้ Andrew (1975) รายงานว่า เมื่อเก็บนมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทำให้โปรตีนเคซีนในนมรวมกลุ่มเกิดขึ้นร้อยละ 50 แต่ในขณะที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส โปรตีนเกิดการรวมกลุ่มร้อยละ 41 ตลอดระยะเวลา 6 เดือน

Collin และคณะ (1993) ศึกษาการเก็บนมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 20 องศาเซลเซียส 30 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 139 วัน พบว่าอัตราการย่อยสลายโปรตีนในนมเพิ่มขึ้น 1.48 เท่า 2.45 เท่า และ 1.95 เท่าตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเนสที่เหลือจากการฆ่าเชื้อ สามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 37 - 45 องศาเซลเซียส และค่าพีเอชค่อนข้างเป็นกลาง (Suhren,1983 อ้างโดย Collin, *et al.*, 1993) หรืออาจเกิดจากแบคทีเรียพวกซึ่งเจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ทนความร้อนได้ และสามารถย่อยสลายโปรตีนได้เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนเพิ่มขึ้น ส่วน Reddy และคณะ (1991) ศึกษาการเก็บนมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 20-22 องศาเซลเซียส และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าโปรตีนเกิดการแปลงสภาพมากที่สุดที่อุณหภูมิการเก็บ 37 องศาเซลเซียส หลังจากเก็บรักษา 6 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mckenna และ Singh (1991) พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีการย่อยสลายของโปรตีนนมสูงสุด ตลอดระยะเวลา 6 เดือน การย่อยสลายโปรตีนของนมยูเอชทีขึ้นอยู่กับความร้อนที่ใช้ฆ่าเชื้อ เอนไซม์ในน้ำนม อุณหภูมินมดิบ ระยะเวลา และอุณหภูมิในการเก็บรักษา

4.1.2 การย่อยสลายของไขมันและปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้

Renner (1988) ศึกษาการเก็บนมยูเอชทีที่อุณหภูมิต่าง ๆ 3 ระดับ คือ 4 20 และ 38 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีค่ากรดไขมันร้อยละ 0.4 ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์เริ่มมีกลิ่นรสเปลี่ยน ในขณะที่เก็บที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส มีค่ากรดไขมันเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.9 แสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจทำให้คุณภาพการยอบรับทางประสาทสัมผัสเปลี่ยนแปลงได้

Collin และคณะ (1993) ศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางนมยูเอชที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 20 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าไขมันนมถูกย่อยสลายที่อุณภูมิ 40 องศาเซลเซียส มากกว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น 1.75 เท่า แต่การเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระเพียง 1.45 เท่า ส่วน Singh และ Patil (1989) กล่าวว่าการนำนมยูเอชทีมาเก็บที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13-26 วัน ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดและปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ เกิดการย่อยสลายไขมัน ทำให้เกิดการสร้างกลิ่นรสผิดปกติ เช่น อะซีตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) กรดโปรไปโอนิก (Propionic) กรดบิวทิริค กรดคาโปรอิค (Caproic) และกรดคาปริลิก (Caprylic) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและมีสายโซ่สั้น พบในผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

Schmidt และ Renner (1978, อ้างโดย Adhikari and Singhal, 1992) และ Bucky และคณะ (1987) ศึกษาการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เวลา 5 วินาที พบว่า สามารถลดอัตราการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ในช่วงน้อยกว่าร้อยละ 10 ของระบบการฆ่าเชื้อแบบทางอ้อม ปัจจัยที่ส่งเสริมเกิดการเปลี่ยนแปลงของไขมันได้แก่ กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในน้ำนม อุณหภูมิและระยะเวลาที่เก็บรักษา กระบวนการโฮโมจีไนซ์ ปริมาณออกซิเจน ความชื้น อุณหภูมิและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ (Deeth and Fitzgerall, 1983 ; Shipe, *et al.*, 1978)

4.1.3 ปริมาณสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราล

สารไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราล จัดเป็นสารประกอบอย่างหนึ่งที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลกับหมู่อะมิโนอิสระ นำไปสู่การเกิดเม็ดสีน้ำตาลของเมลานอยดิน เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด หรือเนื่องจากการได้รับความร้อนค่อนข้างสูงซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลา (Zadow, 1970) ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราล คือน้ำตาลในน้ำนม ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ และอุณหภูมิที่เก็บรักษา (Fink and Kessler, 1986)

Fink และ Kessler (1986) ศึกษาการเก็บผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่อุณหภูมิต่างๆ 3 ระดับ คือ 4, 20 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่อุณหภูมิการเก็บ 35 องศาเซลเซียส และยังทำให้กลิ่นรสเปลี่ยน เช่นเกิดกลิ่นไหม้และมีรสขม ในขณะเก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 20 องศาเซลเซียส ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารดังกล่าว ส่วน Morales และคณะ (1997) ศึกษาการเก็บผลิตภัณฑ์นมที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน พบว่า ปริมาณสาร ไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราลเพิ่มขึ้นมากหลังจากการเก็บรักษา 60 วัน

โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนในน้ำนมเกิดการแปลงสภาพและเกิดการตกตะกอน และมีสีเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นสารตั้งต้นที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราลได้แก่ ปริมาณการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ ของแข็งในน้ำนม ค่าพีเอช ปริมาณออกซิเจน สารประกอบต่าง ๆ ที่เพิ่มเข้าไป ตลอดจนอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา (Edmondson, 1970)

4.1.4 เอนไซม์

เอนไซม์ไลเปสในน้ำนมจัดเป็นเอนไซม์ที่ยังคงเหลือจากกระบวนการให้ความร้อนแก่นมยูเอชที หรือผลิตจากแบคทีเรียชื่อ *Pseudomonas fluoresens* 22 F สามารถทำลายเชื้อชนิดนี้ได้ที่อุณหภูมิสูง 150 องศาเซลเซียส เวลา 4.8 นาที Renner (1988) ได้ทดสอบปริมาณของเอนไซม์ไลเปสที่เหลือจากการฆ่าเชื้อในนมยูเอชทีซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 20 และ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าเอนไซม์ชนิดนี้มีผลทำให้ไขมันนมเกิดการย่อยสลาย ทำให้มีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.9 ส่งผลต่อการเกิดกลิ่นผิดปกติ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ ปริมาณกรดไขมันอิสระไม่เปลี่ยนแปลง การยับยั้งจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ไลเปสทำได้ 2 ระยะคือ ระยะแรกนำน้ำนมมาทำให้ร้อน ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง และระยะที่ 2 นำมาให้ความร้อนที่ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 5 นาที และยังส่งผลให้ลดปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้น้อยกว่าร้อยละ 10 (Bucky, *et al.*, 1987)

นอกจากนี้ในกระบวนการให้ความร้อนแก่นมยูเอชที พบว่า เอนไซม์โปรตีเอสที่ยังคงเหลือและทนทานต่อความร้อนที่อุณหภูมิสูงไม่สามารถทำลายได้หมด หรือเป็นเอนไซม์ที่ผลิตจากแบคทีเรียจำพวกไซโครโตรปิค (psychrotrophic) ที่สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เก็บนมสดเพื่อจะนำไปแปรรูปเป็นนมยูเอชที นมอาจเสื่อมเสียเร็ว และทำให้นมมีกลิ่นรสเปลี่ยนแปลง เกิดเจลและมีปริมาณไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในนมสดมีจุลินทรีย์ดังกล่าวมีมากกว่า 5,000,000 โคโลนี/มิลลิกรัม

4.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

4.2.1 กลิ่นรส

Renner (1988) ศึกษาการเก็บนมยูเอชที ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 4 ระดับคือ 4 20 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน และให้ผู้บริโภคทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้บริโภคไม่ยอมรับนมยูเอชที ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 สัปดาห์ และอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ทั้งนี้เนื่องจากเกิดกลิ่นเหม็นอับและมีกลิ่นไหม้

Wadsworth และ Bassette (1985) ศึกษาการเก็บนมยูเอชทีซึ่งบรรจุในกล่องที่ทำด้วยกระดาษเคลือบไขมันและโพลีเอทิลีน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 22 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส 5 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เกิดขึ้นทันทีทันใดหลังจากการแปรรูป ซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟท์ คาร์บอนไดซัลไฟท์ และรสชาติคล้ายกะหล่ำปลีต้ม ระยะที่ 2 เมื่อเก็บเป็นเวลา 2-3 วัน ไฮโดรเจนซัลไฟท์มีกลิ่นอ่อนลง รสชาติคล้ายกะหล่ำปลีต้มมีน้อยลง มีกลิ่นไหม้เล็กน้อย ระยะที่ 3 ช่วงเวลา 5-12 วัน เป็นระยะที่มีกลิ่นครีมคล้ายๆ กับนมพาสเจอร์ไรซ์ ระยะที่ 4 ช่วงเวลา 12-18 วัน เริ่มมีกลิ่นไหม้เล็กน้อย และระยะที่ 5 ช่วงเวลา 19 วัน มีกลิ่นหืนเกิดขึ้นเนื่องจากมีอายุการเก็บที่นานขึ้น นอกจากนี้ Wadsworth และ Bassette (1985) ศึกษาปริมาณออกซิเจนซึ่งเก็บนมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 27 และ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือน พบว่านมยูเอชทีซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีปริมาณออกซิเจนหลงเหลือในปริมาณสูง จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันนมได้ และเกิดสารกลิ่นรสที่ระเหยได้ จำพวก อะซีตัลดีไฮด์ โพรพานัล (Propanal) เอ็น-เพนทานัล (N-pentanal) และเอ็น-เฮ็กซานัล(N-hexanal) ซึ่งมีกลิ่นอับ (Stale) ส่วนนมยูเอชทีที่เก็บที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส พบสารจำพวกอะลิฟาติกอัลดีไฮด์ ในปริมาณเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิในการเก็บ ปริมาณออกซิเจนของนมยูเอชทีหลังจากการให้ความร้อน ปริมาณออกซิเจนในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บ แสงสว่าง ภาชนะบรรจุ สารระเหยจำพวกอัลดีไฮด์ที่เกิดจากการย่อยสลายของกรดไขมันอิสระในน้ำนม (Burton, 1988 ; Leong, *et al.*, 1992)

4.2.2 การเกิดตะกอน

Collin และคณะ (1993) รายงานว่าตะกอนส่วนใหญ่เกิดเนื่องมาจากการรวมกันของอนุภาคไขมันและโปรตีน ในระหว่างกระบวนการโฮโมจีไนซ์ในนมยูเอชที อาจส่งผลทำให้นมมีความทนต่อความร้อนลดลงและอาจมีความหนืดเพิ่มขึ้น Celestino และคณะ (1997) ศึกษาการเก็บนมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 3 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 เดือน พบว่าปริมาณตะกอนที่พบมากในนมยูเอชทีซึ่งทำจากนมผงที่เก็บไว้นานและมีผลการเปลี่ยนแปลงของตะกอนเพียงเล็กน้อยเมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น

นมยูเอชทีขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่อุณหภูมิที่เก็บรักษา การอุ่นนมให้ร้อนก่อนทำการแปรรูป ปริมาณของสารแฮ็กซาเมทตาฟอสเฟต กระบวนการโฮโมจีไนซ์ และกรรมวิธีการให้ความร้อน (Mckenna and Singh,1991 ; Ramsey and Swartzel,1984) การควบคุมและการป้องกันการเกิดตะกอนของนมยูเอชทีสามารถทำได้คือ ลดปริมาณการใช้ส่วนผสมต่าง ๆ ในน้ำนม ให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อแก่นมไม่สูงเกินไป และเติมสารคงตัวจำพวกอัลจิเนต และคาราจีแนน (Edmondson, 1970)

4.2.3 ความหนืด

Venkatachalam และคณะ (1993) ศึกษาการเก็บนมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 4 องศาเซลเซียส 20 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง คือเกิดเป็นเจลทุกอุณหภูมิของการเก็บ หลัง 19 สัปดาห์ และถ้าค่าความหนืดในนมยูเอชทีมีค่ามากกว่า 100 เซนติพอยส์ ทำให้น้ำนมยูเอชทีเกิดเป็นเจลได้ และนอกจากนี้ Reddy และคณะ (1992) รายงานว่า การเก็บนมยูเอชทีที่ผ่านการกรองและแยกไขมันออกจากนม กับนมยูเอชทีที่ไม่ผ่านการกรองที่อุณหภูมิ 4 20 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่า นมยูเอชที ทั้งสองแบบซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดมากที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 10 ของการเก็บรักษา Manji และคณะ (1986) ศึกษาการเก็บผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 4 , 22-25 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 สัปดาห์ พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงความหนืดค่อนข้างน้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4 หรือ 22-25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องการย่อยสลายของโปรตีนมักจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงทำให้โปรตีนเกิดการแปลงสภาพและเกิดการแตกตัวของกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์ทำให้โมเลกุลของโปรตีนมีขนาดใหญ่ขึ้นจึงทำให้มีความหนืดน้อยในผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิสูง (Samel, *et al.*, 1971) ปัจจัยที่สามารถป้องกันและควบคุมความหนืด ได้แก่การควบคุมกระบวนการโฮโมจีไนซ์ การอุ่นให้ความร้อนแก่นมก่อนที่จะแปรรูปด้วยระบบยูเอชที การปรับค่าพีเอช ความสมดุลของเกลือ และการเพิ่มปริมาณการกวนให้เหมาะสม

4.2.4 การแยกชั้นของไขมันนม

ผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านการโฮโมจีไนซ์และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เกิดการแยกชั้นของไขมันน้อยกว่านมพาสเจอร์ไรซ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการที่จะลดการแยกชั้นของไขมันควรนำน้ำนมเข้าสู่กระบวนการโฮโมจีไนซ์ด้วยความดันในระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังพบว่าการแยกชั้นของไขมันนมเกิดขึ้นมากเนื่องจากมีการกวนหรือผสมนมในระยะเวลาสั้นเกินไป ส่วนน้ำนมที่มีความไม่คงตัวจะมีการกระจายของกลุ่มไขมันในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอนุภาค

ของไขมันนมบริเวณผิวหน้าที่สัมผัสกับภาชนะบรรจุ Van Boekel และ Folkerts (1991 อ้างโดย Celestino, *et al.*, 1997) รายงานว่าการโฮโมจีไนซ์ทำให้ไขมันรวมเป็นเนื้อเดียวกันและแยกจากโปรตีนจำพวกเคซีน โดยเฉพาะหลังจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 135 องศาเซลเซียส การจับกลุ่มกันของโปรตีนอิสระกับอนุภาคไขมันจะทำให้การแยกชั้นของไขมันเกิดขึ้นได้มาก ซึ่งพบว่าการแยกชั้นของไขมันนมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมากกว่าเก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส อาจทำให้นมมีความข้นมันและมีความหนืดเพิ่มขึ้น

4.2.5 ความคงทนต่อความร้อน

Reddy และคณะ (1992) ศึกษาค่าความคงทนต่อความร้อน ของนมยูเอชทีที่ผ่านการกรองแยกไขมันออก กับนมยูเอชทีที่ทำจากนมดิบและเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ 3 ระดับ คือ 4 20 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่านมที่ผ่านการกรองและแยกไขมันแล้วมีค่าความคงทนต่อความร้อนมากกว่านมที่ไม่ได้แยกไขมันออก (นมดิบ) ทั้งนี้เนื่องจากค่าพีเอชของนมยูเอชทีที่ผ่านการกรองมีค่าอยู่ในช่วง 6.75 โดยพบว่าถ้าผลิตภัณฑ์มีค่าพีเอชต่ำจะทำให้ค่าความคงทนต่อความร้อนลดลง ซึ่งพบมากในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ดังนั้นถ้ามีการแยกไขมันออกจากนมยูเอชทีแล้วจะทำให้มีค่าความคงทนต่อความร้อนในผลิตภัณฑ์สูงขึ้น

4.2.6 พีเอช

Celestino และคณะ (1997) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 3 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าพีเอช ลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Reddy และคณะ (1992) ที่ศึกษาการเก็บนมยูเอชทีที่ผ่านการกรองกับนมที่ไม่ได้ผ่านการกรองที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 4 20 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ การลดลงของค่าพีเอชขึ้นอยู่กับปริมาณการย่อยของโปรตีนเคซีนในนมยูเอชที การเปลี่ยนแปลงความสมดุลของสารแคลเซียมและฟอสเฟตในน้ำนม และการทำปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างน้ำตาลแลคโตสกับโปรตีนในน้ำนม (Andrew, *et al.*, 1977 ; Hansen and Melo,1977)

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าพีเอชของนม ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา
2. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่ระยะการเก็บที่อุณหภูมิต่างๆ

Central Library
Prince of Songkhla University

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1. ผลิตภัณฑ์นมยูเอชที รสหวาน และรสจืด 2 ยี่ห้อ คือ ยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร
2 วัสดุเครื่องแก้วและสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางกายภาพ
   1.1 เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Juki รุ่น JP 7100 F
   1.2 เครื่องหมุนเหวี่ยง ยี่ห้อ *Hettich* รุ่น Universal 16
   1.3 ห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
   1.4 เครื่องมือวัดความหนืด ยี่ห้อ Brookfield รุ่น DV II^+
   1.5 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV 1201
   1.6 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Memmert รุ่น WB 29
2. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางเคมี
   2.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BP 210 S
   2.2 เตาเผา ยี่ห้อ Fisher Scientific รุ่น 550
   2.3 พีเอชมิเตอร์ ยี่ห้อ Denver รุ่น 15
   2.4 ชุดเครื่องมือหาปริมาณโปรตีนยี่ห้อ Velp รุ่น DK 6
   2.5 ชุดเครื่องมือหาปริมาณไขมันนมแบบเกอร์เบอร์
   2.6 ตู้อบไฟฟ้า ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM 500
3. อุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้แก่
   3.1 ตู้ที่ปรับอุณหภูมิได้ 35 ± 2 องศาเซลเซียส
   3.2 ตู้เย็นอุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส
   3.3 ห้องเก็บนมที่อุณหภูมิปกติ
4. อุปกรณ์สำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีการ

1. สุ่มตัวอย่างนมยูเอชที 2 ยี่ห้อ คือ ยี่ห้อ A และ B ทั้งรสหวานและรสจืด ปริมาตร 250 มิลลิลิตรต่อกล่อง จากศูนย์ขายส่งนมอำเภอหาดใหญ่จำนวน 2 ชุด ในแต่ละชุดจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกำหนดวันหมดอายุใกล้เคียงกัน และระยะเวลาการสุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ชุด ห่างกันประมาณ 2 สัปดาห์

2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีเริ่มต้นและสิ้นสุดการเก็บรักษา (เฉพาะผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้อง) ได้แก่ โปรตีน น้ำตาลรีดิวซ์ (คำนวณในรูปของน้ำตาลแลคโตส) เถ้า ปริมาณกรดทั้งหมด (คำนวณในรูปของเปอร์เซ็นต์กรดแลกติก) ปริมาณของแข็งทั้งหมด และปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1990)

3. นำตัวอย่างนมยูเอชทีเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 4±2 10±2 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 เดือน

4. วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมยูเอชทีที่ระยะเวลาการเก็บ 0, 1, 2, 3, 4, 5 เดือน โดยการวิเคราะห์ค่าดังต่อไปนี้

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีได้แก่

- ความหนืด (Venkatchalam, *et al.*, 1993)
- ค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช
- ความคงทนต่อความร้อน (Mitall, *et al.*, 1988)
- การแยกชั้นของไขมันนม (จากการทดลองปฏิบัติโดยการวัดปริมาณไขมันที่แยกชั้น)
- ค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้แลคโตมิเตอร์ (Lactometer)
- การย่อยสลายของโปรตีน (ในรูปของกรดอะมิโนอิสระ ดัดแปลงจาก Mckellar, 1981)
- ค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี Juki
- ปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้ ทั้งหมด(ดัดแปลงจาก Adhikari and Singhal, 1992)
- การตกตะกอนของน้ำนม (ดัดแปลงจาก Sharma and Prasad, 1990)
- การย่อยสลายของไขมัน (ในรูปของกรดไขมันอิสระ Collin, *et al.*, 1993)
- ปริมาณของสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราล (Morales, *et al.*, 1997)

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) และจัดชุดการทดลองแบบแฟกทอเรียล รวมชุดการทดลอง 12 ชุด

สุรพล อุปดิสสกุล, 2526) เพื่อประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างเก็บที่อุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ สี ความข้นมัน ความรู้สึกสากลิ้น กลิ่นผิดปกติ และการยอมรับรวม ซึ่งจะใช้แบบทดสอบชิมแบบ QDA(Quantitative Descriptive Analysis) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) ระดับคะแนนตั้งแต่ 0-10

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี ของผลิตภัณฑ์นมรสจืดและรสหวานทั้ง 2 ยี่ห้อ ในระยะเวลา และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

การทดลองเก็บรักษานมยูเอชทีได้แยกเก็บตัวอย่างรสจืดและรสหวานของทั้ง 2 ยี่ห้อ ดังนั้นการรายงานจึงแยกเป็นตัวอย่างรสจืดและรสหวานออกจากกัน ดังนี้คือ

1. นมยูเอชทีรสจืด

1.1. องค์ประกอบทางเคมีของนมยูเอชทีรสจืดเริ่มต้นและหลังการเก็บรักษา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างนมยูเอชทีรสจืดทั้ง 2 ยี่ห้อพบว่ามีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 2) ปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีน และปริมาณของแข็งทั้งหมดของผลิตภัณฑ์นมทั้ง 2 ยี่ห้อ ลดลงเพียงเล็กน้อย จากเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา เนื่องจากปริมาณไขมันเกิดการออกซิเดชันและมีการเปลี่ยนรูปเป็นกรดไขมันอิสระหรือกรดไขมันที่ระเหยได้ หรืออาจจะทำปฏิกิริยากันระหว่างเอสเทอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และออกซิเจน ทำให้ได้สารประกอบคาร์บอนิลที่มีกลิ่นรสผิดปกติ สำหรับโปรตีนได้แก่ เบต้า-แลคโตโกลบูลิน อาจเกิดการแปลงสภาพหรือเกิดการย่อยสลายของโปรตีน (ให้อยู่ในรูปของกรดอะมิโนอิสระ) (Fox,1982 ;Mckellar, 1981) ส่วนนอกจากนี้ยังพบว่าน้ำตาลแลคโตสและกรดแลคติคมีการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้นน้อยมาก ซึ่งเกิดจากน้ำตาลแลคโตสสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนในน้ำนมได้ ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์นมมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากการสลายตัวของกรดอินทรีย์จำพวก กรดแลคติก กรดฟอร์มิก เป็นต้น (Renner,1988)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมี*ของนมยูเอชทีรสจืดเริ่มต้นและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

องค์ประกอบทางเคมี	เริ่มต้น		หลังการเก็บรักษา	
(ร้อยละ)	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
เถ้า	0.71±0.01	0.73±0.00	0.71±0.01	0.63±0.03
ไขมัน	4.10±0.87	3.77±0.66	3.63±0.05	3.33±0.05
โปรตีน	3.41±0.00	3.05±0.02	2.98±0.06	2.85±0.01
น้ำตาลรีดิวซ์ (คำนวณในรูปของน้ำตาลแลคโตส)	3.24±0.02	3.26±0.05	3.92±0.02	3.94±0.09
ความเป็นกรด (คำนวณในรูปของกรดแลคติก)	0.23±0.02	0.23±0.01	0.26±0.00	0.24±0.25
ของแข็งทั้งหมด	13.13±0.12	12.540.66	11.99±0.06	11.56±0.04

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลองจำนวน 3 ซ้ำโดยคำนวณจากน้ำหนักเปียก

1.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษา

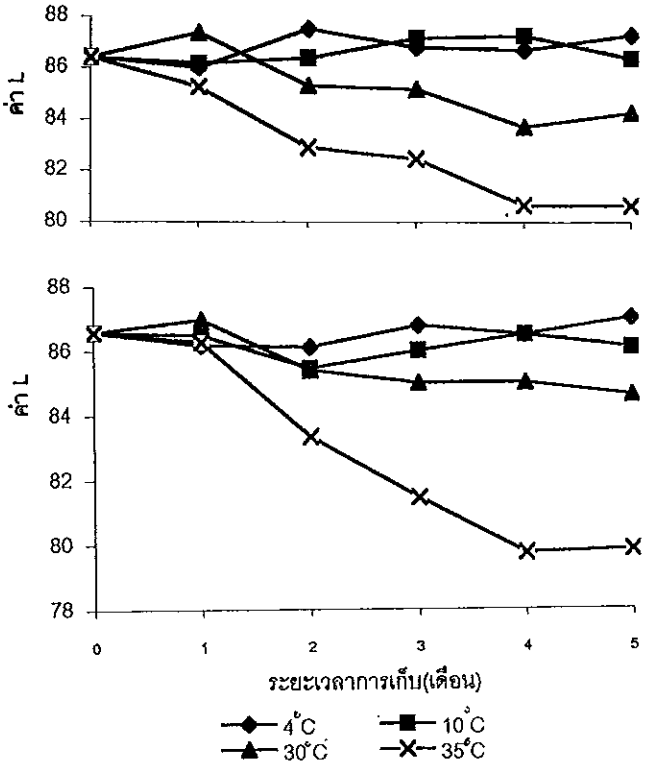
1.2.1 ค่าสี จากผลการทดลองพบว่าค่า L (ค่าความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีค่าลดลง เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2, ตารางผนวกที่ ค1) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 4 และ 5 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล อันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโนอิสระ จึงทำให้ค่าความสว่างลดลง ตัวอย่างมีสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น (Renner,1988)

ส่วนค่า a เป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดงในตัวอย่างนมทั้ง 2 ยี่ห้อ ที่พบในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ มีค่าเป็นลบแสดงความเป็นสีเขียวในช่วง 4 เดือนแรกของการเก็บรักษา แต่ในเดือนที่ 5 พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ยี่ห้อ ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส มีค่า a เพิ่มขึ้น ทำให้แนวโน้มการเกิดสีแดงในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3, ตารางผนวกที่ ค2)

สำหรับค่า b เป็นค่าที่บอกความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน โดยค่า b มีค่าเป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างมีสีเหลืองเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาตัวอย่างนมยี่ห้อ A มีสีเหลืองน้อยกว่าตัวอย่างนมยี่ห้อ B เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ส่วนผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส

และ 4±2 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย(ภาพที่ 4, ตารางผนวกที่ ค3) เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์นมอาจถูกยับยั้งได้เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Renner, 1988) ลักษณะปรากฏและสีของน้ำนมขึ้นอยู่กับอนุภาคของไขมันนม การกระจายตัวของโปรตีน และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในน้ำนม (Hostettler, 1972 อ้างโดย Metha,1980) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอาหารที่ให้สัตว์กิน องค์ประกอบของเลือดและน้ำหนองของโคนม หรืออาจเกิดจากจุลินทรีย์เข้าไปปนเปื้อนและสร้างเม็ดสีเป็นกลุ่มๆ รวมกันคล้ายวงแหวนในน้ำนม

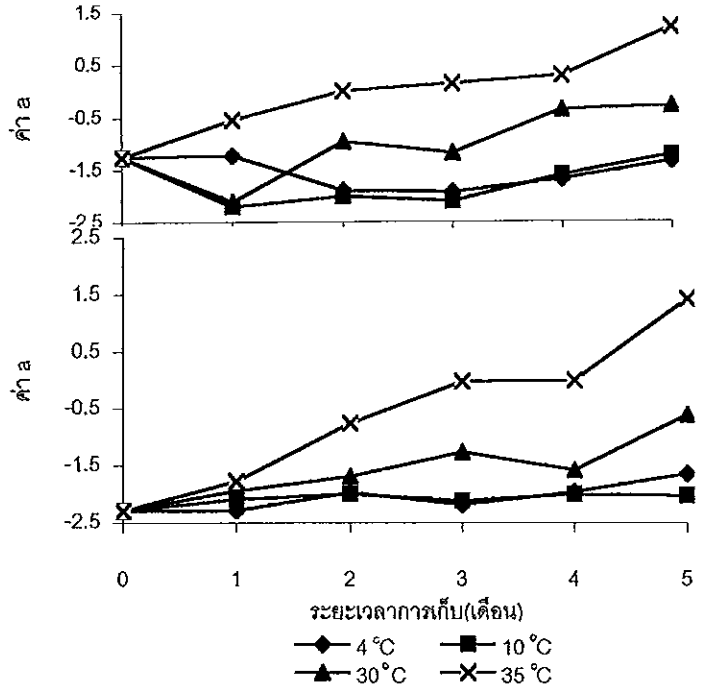
เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานทำให้น้ำนมมีสีคล้ำหรือสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะเมื่อเก็บที่อุณหภูมิสูง ซึ่งอาจเกิดจากการแปรสภาพขององค์ประกอบจากกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และเม็ดสีจำพวกสีน้ำตาลในน้ำนม (Adhikari and Singhal, 1991) Reddy และคณะ (1991) พบว่าเมื่อผลิตภัณฑ์นมมีค่าความสว่าง (L value) ของนมยูเอชทีลดลง เนื่องจากการทำปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลแลคโตสและกรดอะมิโนไลซิน จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นมมีสีน้ำตาล ทั้งอาจเนื่องจากการแปลงสภาพของโปรตีนในน้ำนมที่ละลายน้ำได้ทำให้เพิ่มปริมาณของอนุภาคโปรตีน และถ้าในผลิตภัณฑ์นมมีการแยกชั้นของปริมาณไขมันสูงอาจส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าสี ทำให้มีค่าสีเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมเมื่อได้รับความร้อนสามารถรวมกับอนุภาคโปรตีน มีผลต่อการทำปฏิกิริยากันทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลในระหว่างเก็บรักษาได้ นอกจากนี้ในผลการทดลองยังพบว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นมที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลงมากกว่าผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ธาตุแคลเซียมในน้ำนมมีการกระจายตัวมาก จึงทำให้นมมีความทึบแสงอันส่งผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มากความสว่างลดลง (Andrew, 1986 ; Reddy, *et al*, 1991) ส่วนปัจจัยอื่น ๆที่เกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนค่าสี ได้แก่ อาหารที่ให้แม่โคกินถ้ามีปริมาณแคโรทีนสูงจะมีผลต่อน้ำนมคือทำให้น้ำนมที่ได้อาจจะมีสีเหลืองด้วย และสารชนิดต่างๆที่เติมเป็นส่วนผสมของน้ำนม เช่น สารที่ทำให้เกิดความคงตัว จำพวก คาราจีแนน (Jenners and Patton,1959)



A

B

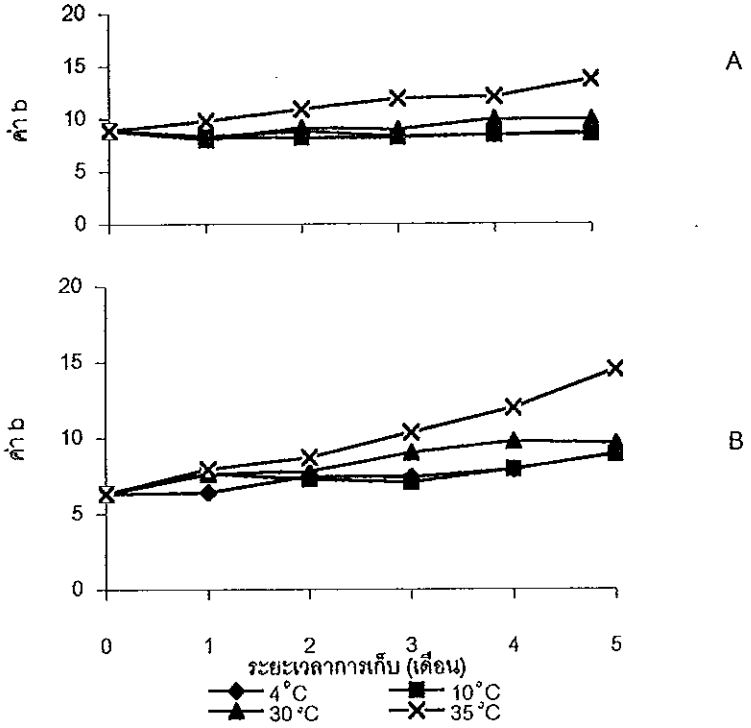
ภาพที่ 2 ค่าความสว่าง(L) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ



A

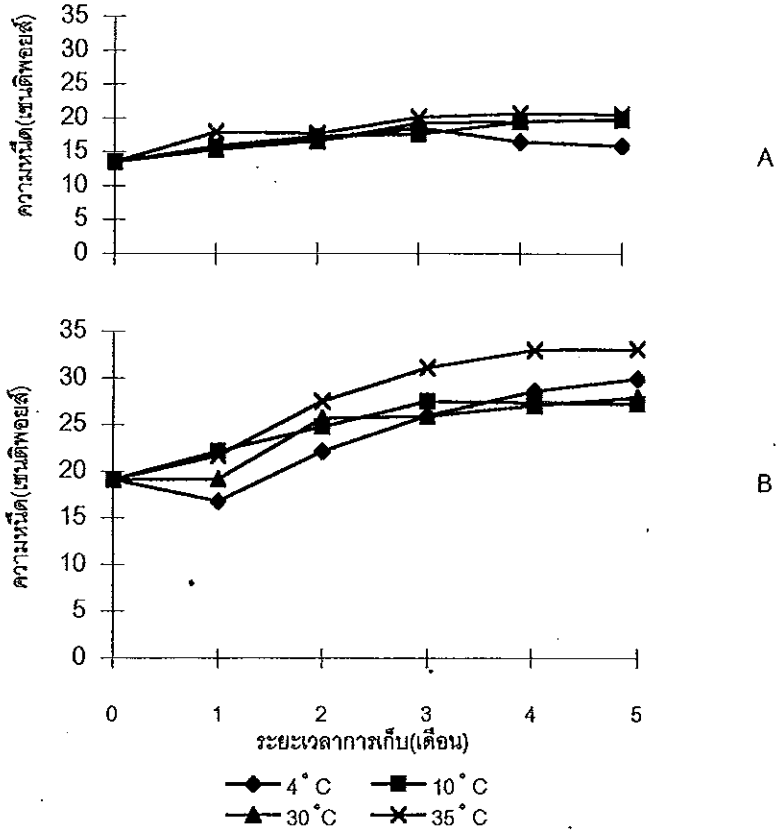
B

ภาพที่ 3 ค่าสีเขียวถึงสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ



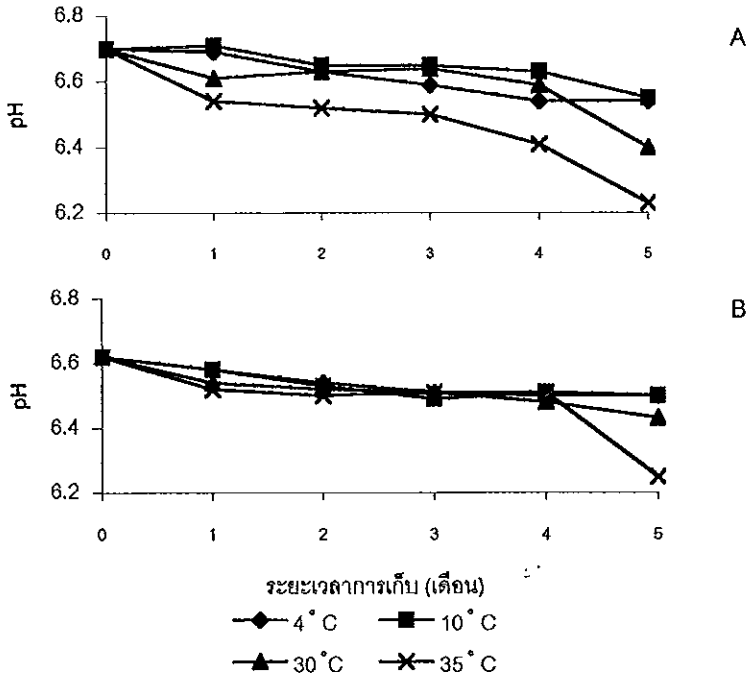
ภาพที่ 4ค่าสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และB ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

1.2.2 ความหนืด ค่าความหนืดในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตั้งแต่เดือนที่ 3 ตัวอย่างนมยูเอชทีซึ่งเก็บที่อุณหภูมิต่ำมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดน้อยกว่าการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูง ($P<0.05$) (ตารางผนวกที่ ค4) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์นมยี่ห้อ B มีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 19-33 เซ็นติพอยด์ ซึ่งมีค่าความหนืดมากกว่านมยี่ห้อ A ซึ่งอยู่ในช่วง 13-18 เซ็นติพอยด์ (ภาพที่ 5) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณภาพของน้ำนมแต่ละยี่ห้อ เช่น ค่าพีเอช มีค่าค่อนข้างน้อย ประมาณ 6.7 นมสดที่นำมาผลิตอาจจะเป็นนมที่ไม่ได้รีดจากแม่โคมาใหม่ๆ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการแปรรูป ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่ผ่านกรรมวิธีโฮโมจีไนซ์ ทำให้ไขมันมีการกระจายตัวเพิ่มมากขึ้น จึงอาจทำให้มีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปในกระบวนการผลิตนมยูเอชทีมีความคล้ายคลึงกันในแต่ละบริษัท แต่อาจต่างกันในเรื่องขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมเริ่มต้น และระยะเวลาในการเก็บ ส่วนปัจจัยอื่นที่มีผลต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์ได้แก่ อุณหภูมิที่เก็บรักษา ซึ่งพบว่าถ้าเก็บที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง ในช่วง 37-45 องศาเซลเซียส กิจกรรมของเอนไซม์ที่หลงเหลือจากการฆ่าเชื้อและทนทานต่อความร้อนสามารถทำงานได้ดี ส่งผลให้เอนไซม์สามารถย่อยโปรตีนในน้ำนมทำให้น้ำนมเกิดการแปลงสภาพ และเกิดการรวมกลุ่มกันของโปรตีนที่มีความคงตัว ส่งผลต่อการเพิ่มความหนืดในผลิตภัณฑ์ (Suhren, 1983)



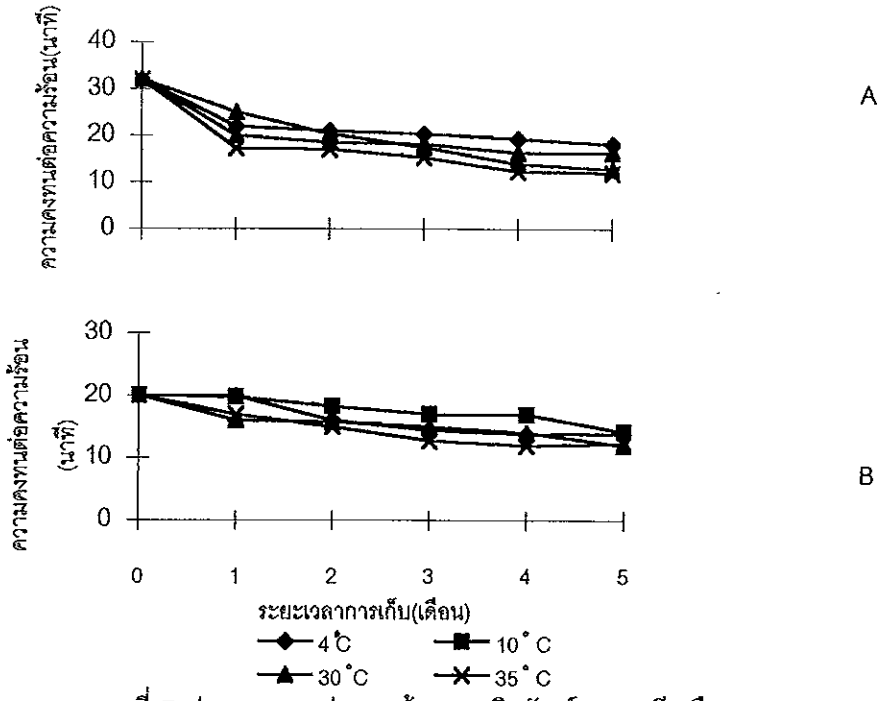
ภาพที่ 5 ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และB ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

1.2.3 ค่าพีเอช เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าพีเอชของนมยูเอชทีรสจืดมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 6,ตารางผนวกที่ ค5) และผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีทั้ง 2 ยี่ห้อ เก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงมากกว่าผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Reddy และคณะ (1992) ที่รายงานว่า การนำผลิตภัณฑ์นมยูเอชเก็บที่อุณหภูมิต่างๆ 3 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิตู้เย็น และอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์นมที่เก็บที่ 37 องศาเซลเซียส มีค่าพีเอชลดลงมากที่สุด รองลงไปคือ อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น อาจจะมีสาเหตุมาจากการสูญเสียหมู่แอมโมเนียของไลซินในน้ำนมเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นมที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้เกิดการผลิตกรดอินทรีย์จำพวกกรดฟอร์มิกจากน้ำตาลแลคโตส ส่วนสาเหตุอื่นๆ ที่ทำให้ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงได้แก่ เกิดการย่อยสลายของโปรตีนเคซีน และแร่ธาตุจำพวกแคลเซียม-ฟอสฟอรัสเกิดการตกตะกอนเปลี่ยนรูปเป็นแคลเซียมฟอสเฟตสามารถปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนออกมาได้ ส่งผลทำให้ค่าพีเอชลดลง (Darling, 1980 ; Fox and Morrissey, 1977)



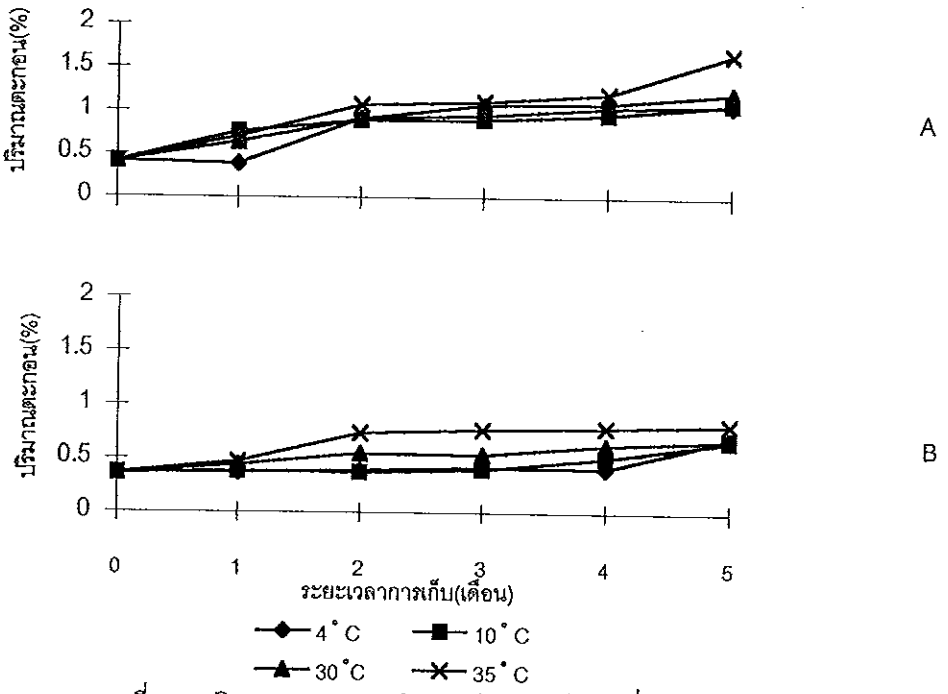
ภาพที่ 6 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

1.2.4 ความคงทนต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด 2 ยี่ห้อ มีค่าลดลงทุกอุณหภูมิของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) (ภาพที่ 7,ตารางผนวกที่ ค6) โดยพบว่ายี่ห้อ A มีค่าความคงทนความร้อนที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ในช่วง 32 นาที และยี่ห้อ B มีค่าในช่วงเวลา 20 นาที ส่วนอุณหภูมิการเก็บรักษาที่มีผลต่อค่าความคงทนความร้อน คือ อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส เพราะค่าความคงทนต่อความร้อนในผลิตภัณฑ์นมลดลงใกล้เคียงกับตัวอย่างซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส แต่ในการทดลองครั้งนี้พบว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน มีแนวโน้มของค่าความคงทนต่อความร้อนลดลงตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 5 ทั้งนี้เนื่องมาจากโปรตีนในน้ำนมจำพวกเบต้าแลคโตโกลบูลินและคัพพาเคซีนเมื่อได้รับความร้อนเกิดจับพันธะกัน แต่ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่อยู่ในช่วง 6.5-7.0 จะมีค่าความคงทนต่อความร้อนมากเพราะค่าพีเอชมีค่าความเป็นกรดลดลง สำหรับน้ำนมที่ผ่านกรรมวิธีการโฮโมจีไนซ์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ไขมันมีอนุภาคเล็กลงทำให้ค่าความคงทนต่อความร้อนลดลงเช่นเดียวกัน (Fox and Morrissey, 1977 ; Fox, 1982)



ภาพที่ 7 ค่าความคงทนต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด ยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

1.2.5 การเกิดตะกอน ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมยูเอชที อาจเกิดตะกอนเนื่องจากการรวมตัวของโปรตีนนมในการเก็บที่อุณหภูมิสูง Hostettler และ Imhoff (1963 อ้างโดย Burton,1988) จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดทั้ง 2 ยี่ห้อมีปริมาณตะกอนเกิดขึ้นเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ A มีค่าเพิ่มขึ้นมากว่ายี่ห้อ B โดยเฉพาะในเดือนที่ 4-5 (ภาพที่ 8, ตารางผนวกที่ 7) ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้โครงสร้างของโปรตีนจำพวก เซรั่มโปรตีนเกิดการแปลงสภาพเมื่อได้รับความร้อนและทำปฏิกิริยากับคัพพาเคซีน มีลักษณะเป็นชั้นบางๆ สามารถรวมกันกับแคลเซียมฟอสเฟตโดยจะรวมกลุ่มกันเป็นปริมาณตะกอนอยู่บริเวณด้านล่างของภาชนะบรรจุ ส่วนผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งสนับสนุนการทดลองของ Zadow และคณะ (1978) ที่พบว่าปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้นมักจะเกิดในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่ทำจากนมสดมีค่าพีเอชค่อนข้างต่ำ อยู่ในช่วง 6.5-7 โดยทำให้เคซีนตกตะกอนรวมกลุ่มกันที่ด้านล่างของภาชนะบรรจุได้เร็วกว่านมยูเอชทีที่ทำมาจากนมสดที่มีค่าพีเอชค่อนข้างสูง ช่วง 6.8-7 นอกจากนี้ Dalgleish (1992) ได้กล่าวว่า ตะกอนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง หรืออุณหภูมิต่ำกว่าเกิดจากโปรตีนเคซีน มีลักษณะไม่กระจายตัวได้ ซึ่งการหาปริมาณตะกอนในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีสามารถหาได้อย่างละเอียดโดยนำน้ำนมมาหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เพื่อให้ปริมาณตะกอนของนมตกลงมาข้างล่างให้มากที่สุด ตะกอนเหล่านี้จัดได้ว่าเป็นอนุภาคของโปรตีนที่มีขนาดเล็กมากไม่สามารถนับปริมาณได้ (Singh and Fox, 1987)



ภาพที่ 8 ปริมาณตะกอนของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

1.2.6 การแยกชั้นของไขมัน ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดทั้ง 2 ยี่ห้อเมื่อเก็บที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่ามีการแยกชั้นของไขมันที่สามารถตรวจสอบได้หลังจากเก็บไว้ เป็นเวลาตั้งแต่ 3 เดือน เป็นต้นไป(ตารางที่ 3) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส และ 35±2 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิระดับนี้อนุภาคไขมันของผลิตภัณฑ์นมสามารถรวมกลุ่มกันบริเวณผิวหน้าของกล่องนมได้ดี และสอดคล้องกับการทดลองของ Dunkley และ Stevenson (1987) ที่พบว่าการเก็บผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส มักจะมีการแยกชั้นของไขมันเป็นแผ่นบางๆ ยากที่จะให้เป็นเนื้อเดียวกันตั้งแต่เดือนที่ 4 เป็นต้นไป โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ramsey และ Swartzel (1984) ที่พบว่าปริมาณการแยกชั้นมักพบบริเวณส่วนบนของกล่องและด้านข้าง การป้องกันการแยกชั้นของไขมันนม ควรทำให้น้ำนมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยการโฮโมจีไนซ์ก่อนการแปรรูป

ตารางที่ 3 การแยกชั้นของไขมันในนมยูเอชทีรสจืด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	ยี่ห้อ	ปริมาณการแยกชั้นของไขมัน (มิลลิลิตร)ที่อุณหภูมิ			
		4±2°ซ	10±2°ซ	30±2°ซ	35±2°ซ
0	A	nd	nd	nd	nd
1	A	nd	nd	nd	nd
2	A	nd	nd	nd	nd
3	A	nd	nd	6.6	8
4	A	nd	nd	7.2	8.2
5	A	nd	nd	7.5	8.3
0	B	nd	nd	nd	nd
1	B	nd	nd	nd	nd
2	B	nd	nd	nd	5.8
3	B	nd	nd	8.1	8.7
4	B	nd	nd	8.2	8.2
5	B	nd	nd	8.4	8.5

หมายเหตุ : nd = non detected

1.2.7 ค่าความถ่วงจำเพาะ เป็นการตรวจดูว่ามีการผสมน้ำและสิ่งอื่นลงในน้ำนมหรือไม่ ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดทั้ง 2 ยี่ห้อนี้มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันทุกอุณหภูมิของการเก็บรักษา(ตารางที่ 4) เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน ทั้งนี้เนื่องมาจากคุณภาพของน้ำนมดิบเริ่มต้น และความถ่วงจำเพาะของน้ำนมขึ้นอยู่กับไขมันที่แขวนลอยในน้ำนม ปริมาณโปรตีน น้ำตาล แลคโตส ตลอดจนสารอินทรีย์ชนิดต่างๆที่ละลายในน้ำนม นอกจากนี้ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำนมแปรผันตามอุณหภูมิมากกว่าความถ่วงจำเพาะในช่วงเดียวกัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของน้ำ (วรรณา ตั้งเจริญชัย, 2538)

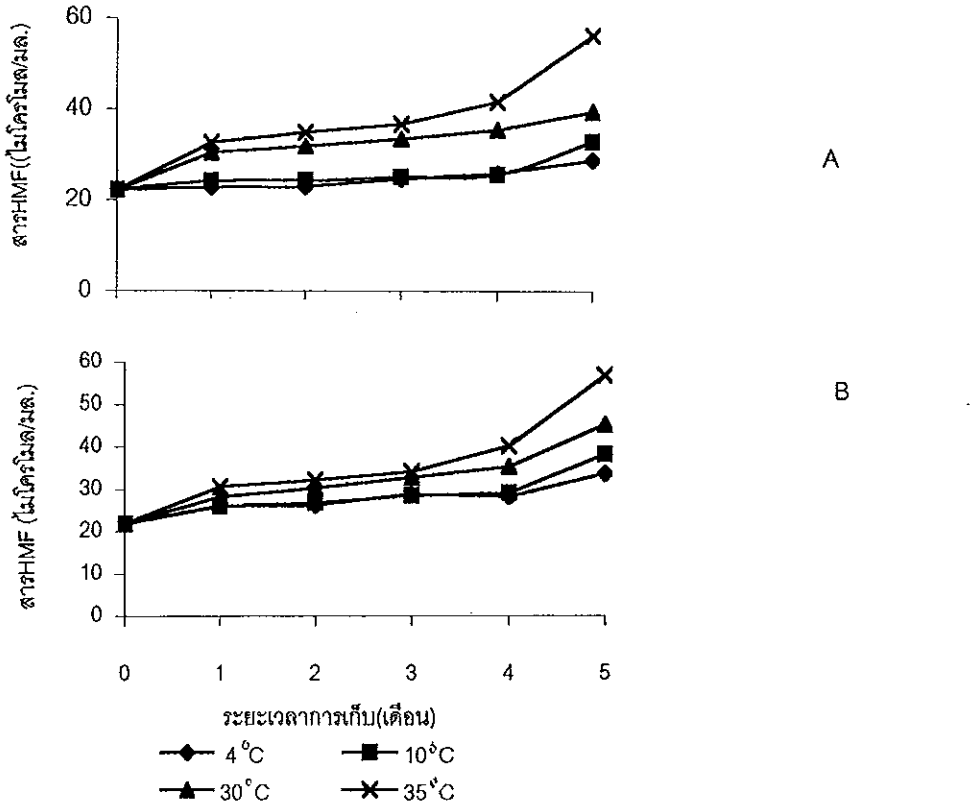
ตารางที่ 4 ค่าความถ่วงจำเพาะของนมยูเอชทีรสจืด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	ยี่ห้อ	ค่าความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (°ซ)			
		4±2 °ซ	10±2°ซ	30±2°ซ	35±2°ซ
0	A	1.030	1.030	1.030	1.030
1	A	1.035	1.035	1.034	1.035
2	A	1.035	1.035	1.035	1.035
3	A	1.028	1.028	1.027	1.029
4	A	1.028	1.028	1.025	1.026
5	A	1.028	1.028	1.026	1.026
0	B	1.031	1.031	1.031	1.031
1	B	1.034	1.034	1.032	1.032
2	B	1.032	1.032	1.032	1.032
3	B	1.029	1.029	1.030	1.031
4	B	1.028	1.028	1.026	1.026
5	B	1.028	1.028	1.026	1.026

1.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษา

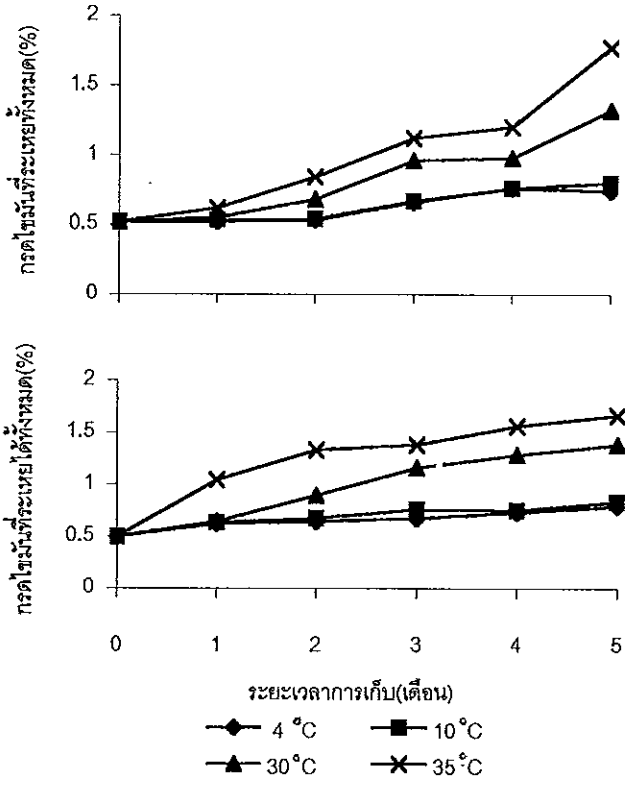
1.3.1 ปริมาณสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราล ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานมีปริมาณสารชนิดนี้เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 9, ตารางผนวกที่ ค8)โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์เก็บที่อุณหภูมิสูง (35±2 องศาเซลเซียส) และทำให้กรดอะมิโนอิสระจำพวกไลซินในน้ำนมทำปฏิกริยากับหมู่อัลดีไฮด์ของน้ำตาลแลคโตสจึงทำให้ผลิตภัณฑ์นมมีสีน้ำตาล (Hodge, 1953 อ้างโดย Morale, *et al.*,1996) จากผลการทดลองเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีทั้ง 2 ยี่ห้อที่อุณหภูมิ 4 ระดับ พบว่า ผลิตภัณฑ์นมยี่ห้อ A และB มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราล ซึ่งมีสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นปริมาณใกล้เคียงกันในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราลได้สำคัญ ได้แก่ ค่าพีเอชในน้ำนมเริ่มต้นมีค่าน้อยอาจส่งผลต่อการเกิดปริมาณสารดังกล่าว การควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ เพราะสามารถลดปริมาณน้ำตาลแลคโตสในผลิตภัณฑ์ ทำให้ลดการเกิดปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาล นอกจากนี้การเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำในระยะเวลาสั้น สามารถลดการเกิดปริมาณสารดังกล่าวได้



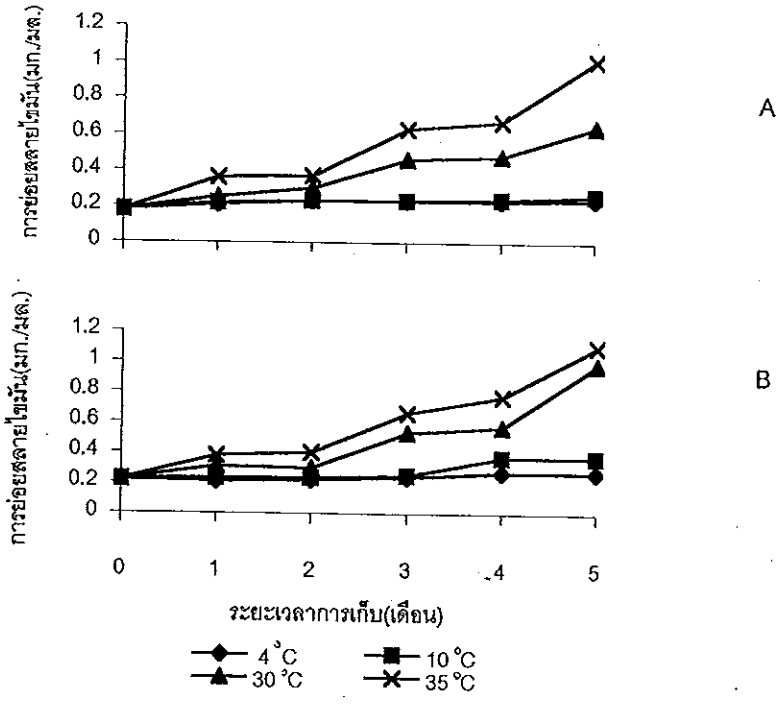
ภาพที่ 9 ปริมาณสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราลของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และB ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

1.3.2 ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด จากผลการทดลองพบว่า กรดไขมันที่ระเหยได้ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดทั้ง 2 ยี่ห้อ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนหลังจากเดือนที่ 2 ของการเก็บรักษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 10, ตารางผนวกที่ ค 9) ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการย่อยสลายไขมันนมของสารประกอบ *n*-alkanal, *n*-alka-2-enal และ alka-2-one ทำให้กรดไขมันอิสระที่มีสายโซ่สั้น (C-4) และ (C-6) ถูกย่อยสลายทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ (Gillis, *et al.*,1985 ; Kinsella,1969 อ้างโดย Adhikari and Singhal, 1992) และนอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำผลิตภัณฑ์นมเก็บที่อุณหภูมิสูงพบว่าปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิต่ำในช่วงเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sur และ Joshi (1989) ที่ทดลองเก็บผลิตภัณฑ์นมที่อุณหภูมิ 22 และ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 เดือนซึ่งได้พบว่า ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่ 37 องศาเซลเซียสมากกว่า อุณหภูมิที่ 22 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้มีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น และเกิดกลิ่นรสผิดปกติ



ภาพที่ 10 ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์นมยูเอชที รสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

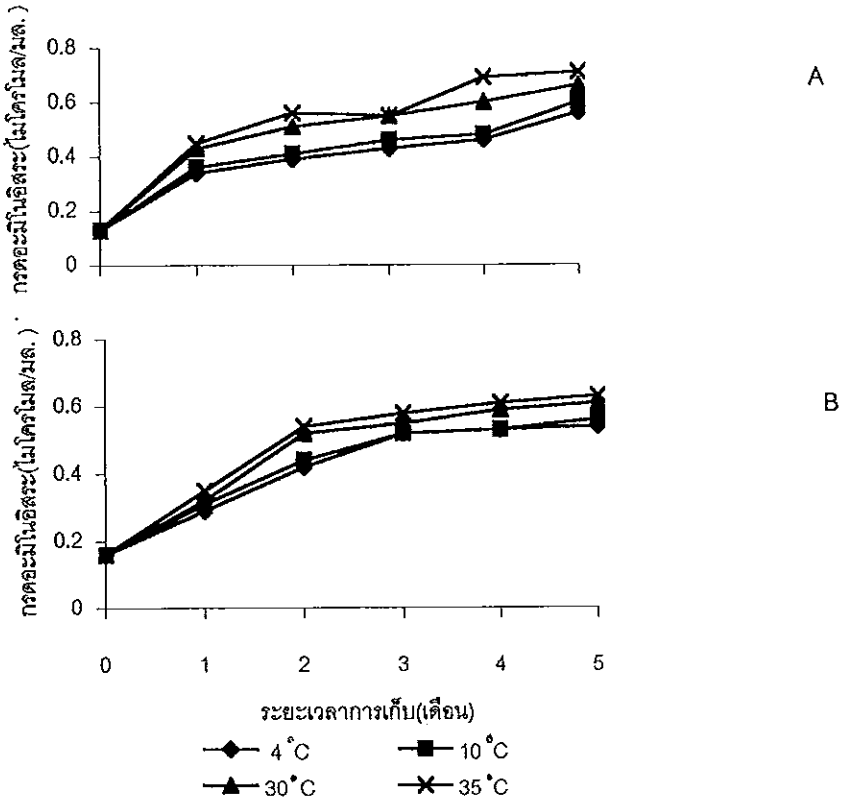
1.3.3 การย่อยสลายของไขมัน (ในรูปของกรดไขมันอิสระ) พบว่าผลิตภัณฑ์นมทั้ง 2 ยี่ห้อ มีการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันอิสระมากในเดือนที่ 3 โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ที่อาจเกิดจาก กรดลอริค กรดคาปริกซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่ผิดปกติ ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสฝาดและขม(Joshi and Thakar,1994) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีการเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย (ภาพที่ 11, ตารางผนวกที่ ค10) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Choi และ Jeon (1993)ทำการศึกษาเก็บผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 23 และ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 สัปดาห์ และพบว่ากรดไขมันอิสระที่มีสายโซ่สั้นจำพวกกรดคาปริกเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 และ กรดลอริค ร้อยละ 45 โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่ 35 องศาเซลเซียส และนอกจากนี้ Collin และคณะ (1993)ได้กล่าวว่าเมื่อผู้บริโภคมีการประเมินกลิ่นรสผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่เก็บที่อุณหภูมิ 20 30 และ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 136 วัน และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสผู้บริโภคไม่ยอมรับเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืน เมื่อนำมาวิเคราะห์โดยวิธีทางเคมีพบว่า มีค่ากรดไขมันอิสระสูงถึงร้อยละ 1.8



ภาพที่ 11 การย่อยสลายไขมันของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด ยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

1.3.4 การย่อยสลายของโปรตีน ตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากในช่วงเดือนแรกถึงเดือนที่ 2 ของผลิตภัณฑ์นมทั้ง 2 ยี่ห้อ ที่เก็บอุณหภูมิทั้ง 4 ระดับแต่ผลิตภัณฑ์นมที่เก็บอุณหภูมิ 30 ±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมากกว่า (ภาพที่ 12, ตารางผนวกที่ ค11) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนที่ 4 และปริมาณกรดอะมิโนอิสระในช่วง 0.55-0.71 ไมโครโมล/มิลลิลิตร โดยค่านี้จะไปมีผลต่อคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส ซึ่งพบว่ามีรสขม และเกิดกลิ่นผิดปกติ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลและการยอมรับรวมลดลง การย่อยสลายของโปรตีนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาคุณภาพนมสดก่อนที่จะนำมาแปรรูป เอนไซม์โปรติเอสในผลิตภัณฑ์ซึ่งยังหลงเหลือหลังจากการฆ่าเชื้อโดยการใช้ความร้อนแบบยูเอชที และค่าพีเอชของน้ำนมเริ่มต้น (Manji, *et al.*, 1986)

นอกจากนี้ยังมีรายงานผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส อาจทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนในน้ำนมจำพวกเซรั่มโปรตีน และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้น (Renner,1988; Andrew, *et al.*, 1977)



ภาพที่ 12 ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

1.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด 2 ยี่ห้อ ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ 4 ระดับ โดยประเมินคุณภาพด้านสี ความข้นมัน ความรู้สึกสากลิ้น กลิ่นผิดปกติ และการยอมรับรวม และผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีพรรณาเชิงปริมาณดังแสดงในตารางที่ 5 โดยใช้สเกล 0-10 และมีรายละเอียดคือ สี 0 หมายถึงสีขาว 10 หมายถึงสีเหลืองอ่อนปนน้ำตาล ความข้นมัน 0 หมายถึงน้อย 10 หมายถึงมาก ความรู้สึกสากลิ้น 0 หมายถึงน้อย 10 หมายถึง มากกลิ่นรสผิดปกติ 0 หมายถึงกลิ่นรสน้อย 10 หมายถึงกลิ่นรสมาก การยอมรับรวม 0 หมายถึง การยอมรับน้อย 10 หมายถึง การยอมรับมาก

ตารางที่ 5 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันโดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด

ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ยี่ห้อ	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส*				
			ค่าสี	ความข้นมัน	ความรู้สึกสากลิ้น	กลิ่นรสผิดปกติ	การยอมรับรวม
0	-	A	1.14^{a}	4.12^{a}	0.42^{a}	0.17^{a}	6.65^{a}
		B	1.11^{a}	4.10^{a}	0.44^{a}	0.18^{a}	6.81^{a}
39	4±2	A	1.12^{a}	4.14^{b}	0.59^{ab}	0.55^{a}	5.92^{a}
		B	1.44^{a}	4.17^{b}	0.57^{b}	0.65^{a}	6.33^{a}
	10±2	A	1.18^{a}	4.17^{b}	0.55^{b}	0.50^{a}	6.23^{a}
		B	1.21^{a}	4.64^{ab}	0.64^{b}	0.70^{a}	5.89^{a}
	30±2	A	1.30^{a}	4.60^{ab}	0.57^{ab}	0.82^{a}	6.46^{a}
		B	1.73^{a}	4.62^{ab}	0.59^{b}	0.82^{a}	6.46^{a}
	35±2	A	1.43^{a}	5.00^{a}	0.75^{a}	0.73^{a}	5.66^{a}
		B	1.68^{a}	4.97^{a}	0.89^{a}	0.88^{a}	6.15^{a}
88	4±2	A	1.92^{b}	4.91^{a}	0.54^{b}	0.62^{b}	6.69^{a}
		B	1.36^{b}	5.24^{a}	0.59^{b}	0.52^{b}	6.26^{a}
	10±2	A	1.44^{b}	5.43^{a}	0.55^{b}	0.51^{b}	6.30^{ab}
		B	1.29^{b}	5.46^{a}	0.60^{b}	0.60^{ab}	6.32^{a}
	30±2	A	3.03^{a}	5.71^{a}	0.77^{a}	0.91^{a}	5.8^{bc}
		B	2.13^{b}	5.57^{a}	0.72^{b}	0.98^{a}	5.59^{b}
	35±2	A	3.23^{a}	5.90^{a}	0.91^{a}	1.08^{a}	5.44^{c}
		B	3.13^{a}	6.08^{a}	0.97^{a}	0.95^{a}	5.50^{b}

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ระยะเวลาในการเก็บรักษา(วัน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ยี่ห้อ	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส*				
			ค่าสี	ความข้นมัน	ความรู้สึกสากลิ้น	กลิ่นรสผิดปกติ	การยอมรับรวม
152	4±2	A	3.39^{b}	6.15^{a}	0.50^{b}	0.52^{b}	5.87^{a}
		B	3.32^{b}	6.09^{a}	0.61^{b}	0.68^{b}	6.07^{a}
	10±2	A	3.33^{b}	5.97^{ab}	0.59^{ab}	0.63^{b}	5.89^{ab}
		B	3.36^{b}	6.09^{a}	0.77^{ab}	0.66^{b}	6.15^{a}
	30±2	A	3.95^{b}	6.25^{a}	0.53^{b}	0.75^{b}	5.75^{ab}
		B	3.72^{b}	6.26^{a}	0.58^{b}	0.82^{b}	5.65^{a}
	35±2	A	6.09^{a}	6.37^{a}	0.90^{a}	2.20^{a}	5.05^{b}
		B	6.15^{a}	6.40^{a}	1.03^{a}	2.00^{a}	4.57^{b}
189	4±2	A	3.32^{b}	6.03^{b}	0.60^{b}	0.77^{b}	5.87^{a}
		B	3.10^{c}	6.20^{b}	0.73^{b}	0.82^{a}	5.97^{a}
	10±2	A	3.29^{b}	6.29^{ab}	0.72^{b}	0.96^{b}	5.52^{ab}
		B	2.94^{c}	6.57^{ab}	0.77^{b}	0.89^{b}	5.16^{ab}
	30±2	A	6.71^{b}	6.48^{ab}	0.92^{ab}	1.81^{b}	4.47^{b}
		B	3.71^{b}	6.59^{ab}	0.97^{b}	1.23^{b}	4.55^{b}
	35±2	A	6.91^{a}	6.62^{a}	1.25^{a}	2.20^{a}	3.15^{c}
		B	5.99^{a}	6.74^{a}	1.39^{a}	2.25^{a}	3.07^{c}

*ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 10 คน และทำการทดสอบ 2 ซ้ำ

ในระยะเวลาเดียวกันค่าที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ค่าสี ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดทั้ง 2 ยี่ห้อ มีคะแนนค่าสีเริ่มต้นที่ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน มีแนวโน้มของคะแนนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการเก็บเพิ่มขึ้น หมายถึงตัวอย่างมีสีคล้ำเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ35±2 องศาเซลเซียส มีคะแนนค่าสีสูงกว่าผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 และ10±2 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระยะเวลาการเก็บ 88, 152 และ 189 วันตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของค่าสีเนื่องปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง

ความข้นมัน เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดทั้ง 2 ยี่ห้อ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน มีแนวโน้มของคะแนนความข้นมันเพิ่มขึ้นในทุก ๆ อุณหภูมิ ตั้งแต่ช่วงวันแรกจนถึง 189 วันของการเก็บรักษา ($P<0.05$) ความข้นมันในผลิตภัณฑ์นมอาจเกิดจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของน้ำนม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณไขมัน โปรตีน เมื่อน้ำนมได้รับความร้อน โปรตีนจะแปลงสภาพทำให้นมตกตะกอน จึงทำให้ปริมาณของแข็งในน้ำนมเพิ่มมากขึ้น จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิสูงจะมีความข้นมันมากกว่าผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากมีการกระจายตัวปริมาณไขมันบริเวณผิวหน้าของน้ำนมเกิดขึ้นมากการเพิ่มขึ้นของความข้นมันส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นม เช่น ค่าสี พบว่า อาจทำให้มีค่าสี และความหนืดเพิ่มขึ้น ตลอดจนการแยกชั้นของไขมัน มีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย แล้วอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ถ้าผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 2 ทำให้น้ำนมมีสีค่อนข้างแดงมีความข้นมันมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lance และคณะ (1995) ที่กล่าวว่าเมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นในน้ำนมทำให้มีลักษณะปรากฏเปลี่ยนแปลง ที่สำคัญคือสีในน้ำนมมีค่า L a และ b ลดลง

ความรู้สึกสากลิ้น ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดทั้ง 2 ยี่ห้อ มีคะแนนความรู้สึกสากลิ้นที่ไม่แตกต่างกันในช่วงแรกของการเก็บรักษา แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 39-189 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์นมทั้ง 2 ยี่ห้อ ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะการเก็บเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) เพราะว่าการเก็บผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่อุณหภูมิต่ำปริมาณการแยกชั้นของไขมันนมหรือการสลายตัวขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ส่วนผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมาก อาจเนื่องจากการเก็บที่อุณหภูมิสูงโปรตีนเคซีนและไขมันในน้ำนมเกิดการย่อยสลายและอาจรวมตัวกันเป็นกลุ่มๆ ทำให้ลักษณะของน้ำนมเปลี่ยนแปลง เมื่อนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคไม่ชอบลักษณะของผลิตภัณฑ์นมที่มีไขมันมากเหมือนกับการบริโภคนมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (Celestino, *et al.*, 1997)

กลิ่นผิดปกติ ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดทั้ง 2 ยี่ห้อ เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันตั้งแต่วันแรกถึง 39 วัน พบว่าไม่เกิดกลิ่นผิดปกติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเก็บเป็นเวลา 189 วัน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นโดยค่าคะแนนเพิ่มขึ้นจาก 0.52 เป็น 2.25 ($P<0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 และอุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ทำให้แนวโน้มการยอมรับของผู้บริโภคลดลงมาก เนื่องจากนมที่เก็บอุณหภูมิดังกล่าวมีกลิ่นผิดปกติ เช่น กลิ่นนมต้ม กลิ่นออกซิไดซ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fink และ Kessler (1986) ที่กล่าวว่า

การเก็บผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการกระตุ้นการออกซิเดชันของไขมันในน้ำนมทำให้เกิดการแตกตัวของอนุมูลอิสระของกรดไขมันที่มีสายโซ่สั้นส่งผลต่อการเกิดกลิ่นรสผิดปกติ เช่น เกิดกลิ่นหืน กลิ่นนมต้ม นอกจากนี้มีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้แก่ อุณหภูมิที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิสูง อาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเกิดการย่อยสลายไขมันเป็นกรดไขมันอิสระมาก ปริมาณออกซิเจนเริ่มต้นควรจะมีน้อยในน้ำนมก่อนที่จะแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เอนไซม์ในน้ำนมที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีเอสและไลเปสควรจะกำจัดได้โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง เพราะเอนไซม์เหล่านี้สามารถหลงเหลืออยู่ได้ จึงส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์นมในระหว่างการเก็บรักษา (Thomas, *et al.*, 1975)

การยอมรับรวม การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดที่อุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่าช่วงวันแรกและเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 39 วัน มีคะแนนการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างกันทุกอุณหภูมิของการเก็บ ($P>0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาผ่านไปมีค่าคะแนนการยอมรับรวมลดลงเมื่ออุณหภูมิของการเก็บเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ยี่ห้อ ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีการแยกชั้นของไขมันในน้ำนมค่อนข้างสูง และมีความข้นมันมาก เกิดสีเหลืองเข้มจนถึงสีน้ำตาลอ่อน เมื่อนำมาทดสอบดมกลิ่นพบว่าเริ่มมีกลิ่นหืนและกลิ่นนมต้ม ทำให้คะแนนการยอมรับรวมลดลง การยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์นมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่สำคัญ ได้แก่ คุณภาพนมดิบเริ่มต้นควรปราศจากการปนเปื้อนจากแบคทีเรียที่ทำให้แม่โคนมเป็นโรค เช่น Streptococci, *Brucella abortus* โดยทำให้นมเย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังการรีดนมแล้ว ควรยับยั้งแบคทีเรียซึ่งเจริญที่อุณหภูมิต่ำโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 63-65 องศาเซลเซียส เวลา 10-15 วินาที และทำให้เย็นลงสามารถเก็บได้นาน 2-3 วัน ก่อนจะนำน้ำนมผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100-150 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายสปอร์ของแบคทีเรียจำพวก *Bacillus subtilis* และ *Bacillus stearothermophilus* ส่วนภาชนะบรรจุน้ำนมควรทำจากวัสดุที่สามารถป้องกันอากาศไม่ให้เข้าสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ได้ อุณหภูมิที่เก็บรักษา ถ้าเก็บที่อุณหภูมิสูงทำให้ถูกกระตุ้นการสร้างกลิ่นเหม็นอับ และยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสขมเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นเวลานาน ลักษณะทางกายภาพ ที่เปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดได้แก่ สี และการแยกชั้นของไขมัน นอกจากนี้ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่อาจซึมผ่านเข้าไปในขณะบรรจุและขณะให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์นมยูเอชที (Hill,1988 ; Shipe, *et al.*,1978)

2. นมยูเอชทีรสหวาน

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของนมยูเอชทีรสหวานเริ่มต้นและหลังการเก็บรักษา

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้นของตัวอย่างนมยูเอชทีรสหวานทั้ง 2 ยี่ห้อพบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 6) ปริมาณไขมัน เถ้า โปรตีน น้ำตาลแลคโตส และของแข็งทั้งหมดของยี่ห้อ A และ B แนวโน้มลดลงค่อนข้างมากเนื่องจากมีสลายตัวขององค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆในน้ำนม เช่นเกิดการแปลงสภาพของโปรตีนจำพวกเคซีนกับโปรตีนเวย์ ทำให้โปรตีนเปลี่ยนเป็นอนุภาคของเคซีนที่มีขนาดเล็ก ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณตะกอนจากเริ่มต้นของการเก็บถึงระยะสุดท้าย และยังพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไขมันในน้ำนม เกิดการย่อยสลายของไขมัน และเปลี่ยนรูปเป็นกรดไขมันอิสระหรือกรดไขมันที่ระเหยได้ หรืออาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันนม ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ ส่วนน้ำตาลแลคโตสมีค่าลดลงเพราะอาจทำปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างโปรตีนซึ่งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์นมมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Labuza and Saltmarch, 1981) ส่วน กรดแลคติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 2 ยี่ห้อ เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นทำให้มีการสร้างกรดขึ้นในผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าพีเอชลดลง

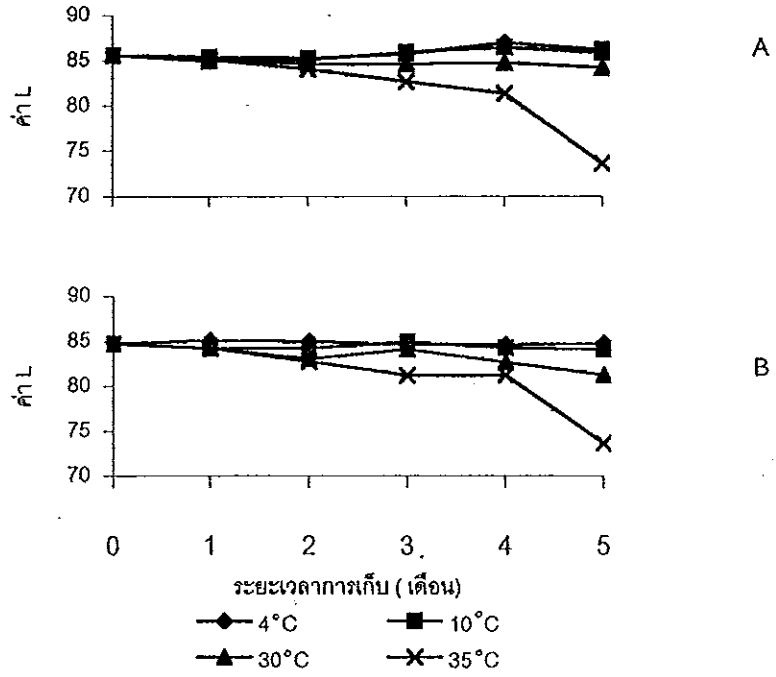
ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมี*ของนมยูเอชทีรสหวาน 2 เริ่มต้นและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	เริ่มต้น		หลังการเก็บรักษา	
	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B	ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
เถ้า	0.69±0.03	0.73±0.00	0.63±0.00	0.67±0.01
ไขมัน	4.27±0.12	3.10±0.87	3.47±0.05	2.97±0.06
โปรตีน	3.10±0.04	3.13±0.03	2.84±0.03	2.85±0.05
น้ำตาลรีดิวซ์ (คำนวณในรูปของน้ำตาลแลคโตส)	3.83±0.10	3.89±0.05	2.36±0.01	2.44±0.02
ความเป็นกรดทั้งหมด (คำนวณในรูปกรดแลคติก)	0.23±0.01	0.22±0.00	0.28±0.01	0.25±0.05
ของแข็งทั้งหมด	17.03±0.04	16.99±0.74	15.90±0.66	15.80±0.21

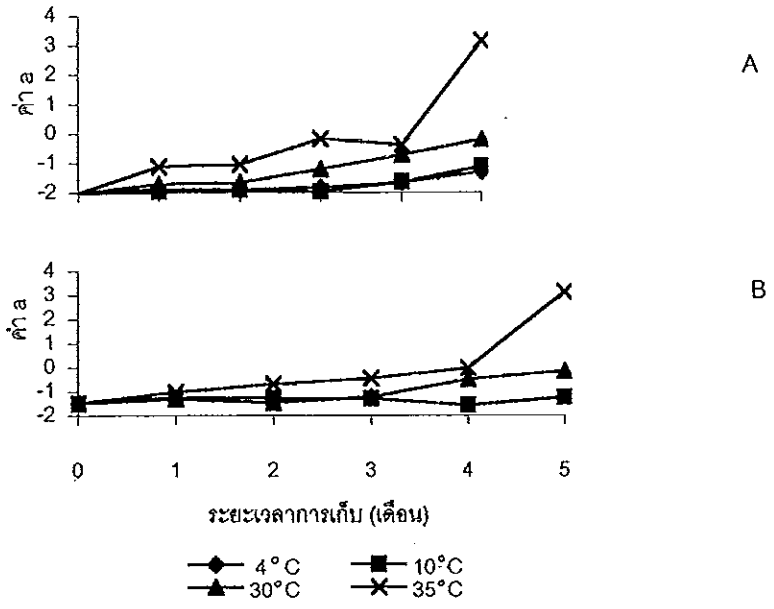
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง 3 ซ้ำโดยคำนวณจากน้ำหนักเปียก

2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษา

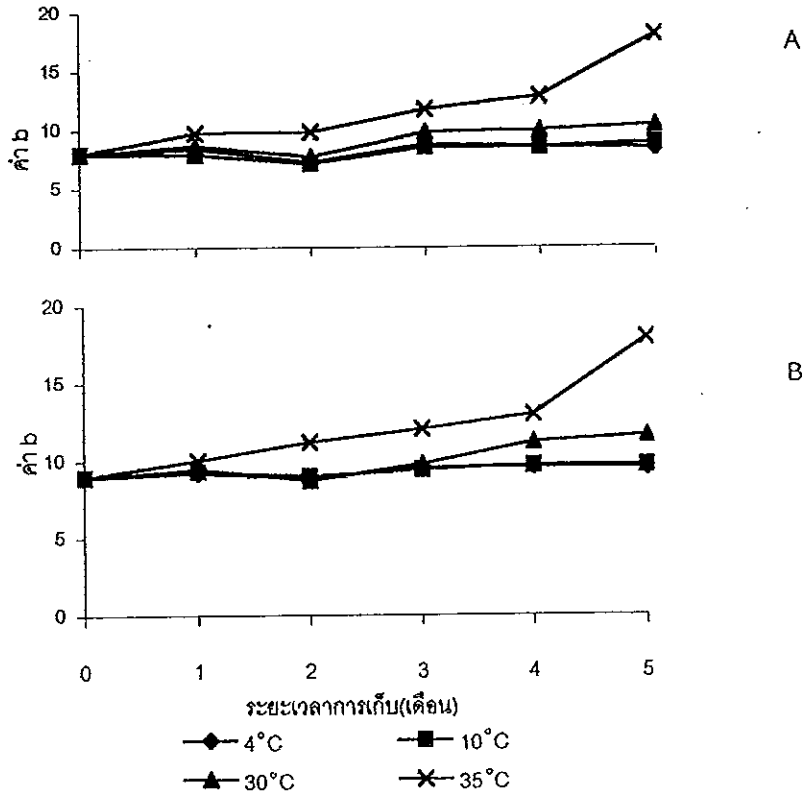
2.2.1 ค่าสี ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน 2 ยี่ห้อ เมื่อเก็บเป็นเวลานานมักมีสีคล้ำหรือสีน้ำตาลมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนมรสจืด จากผลการทดลอง (ภาพที่ 13, ตารางผนวกที่ ค 12) พบว่าค่า L (ค่าความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส โดยค่าสีจะมีการเปลี่ยนแปลงมากตั้งแต่เดือนที่ 4 ($P<0.05$) (ภาพที่ 13, ตารางผนวกที่ ค12)ทั้งนี้เนื่องจากกรดอะมิโนไลซินที่มีในน้ำนมสามารถทำปฏิกริยากับน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลซูโครสที่ใส่เพื่อเพิ่มรสชาติในน้ำนม ส่งผลทำให้นมมีสีน้ำตาล ส่วนค่า a (ค่าสีเขียว-สีแดง) ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษาแสดงค่าเป็นลบ ตั้งแต่ช่วงแรกเวลา 3 เดือนแต่ในเดือนที่ 4-5 พบว่าผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียสมีค่า a เป็นไปในทางบวกแสดงว่ามีแนวโน้มการเกิดสีแดงในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 14, ตารางผนวกที่ ค13) หรับค่า b (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างมีสีเหลืองในระดับปริมาณใกล้เคียงกันทุกอุณหภูมิในการเก็บรักษา (ภาพที่ 15,ตารางผนวกที่ ค14) แนวโน้มการเปลี่ยนของค่าสีนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา ซึ่งพบว่าถ้าเก็บรักษาระยะเวลา 5 เดือน ผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงของค่า b สูงสุด



ภาพที่ 13 ค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

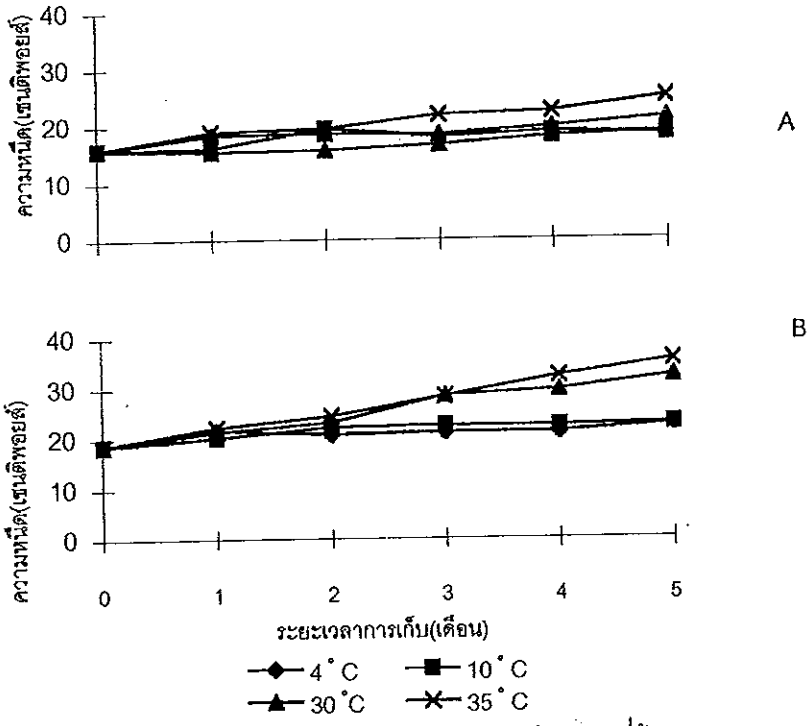


ภาพที่ 14 ค่าสีเขียวถึงสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชที รสหวานยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ



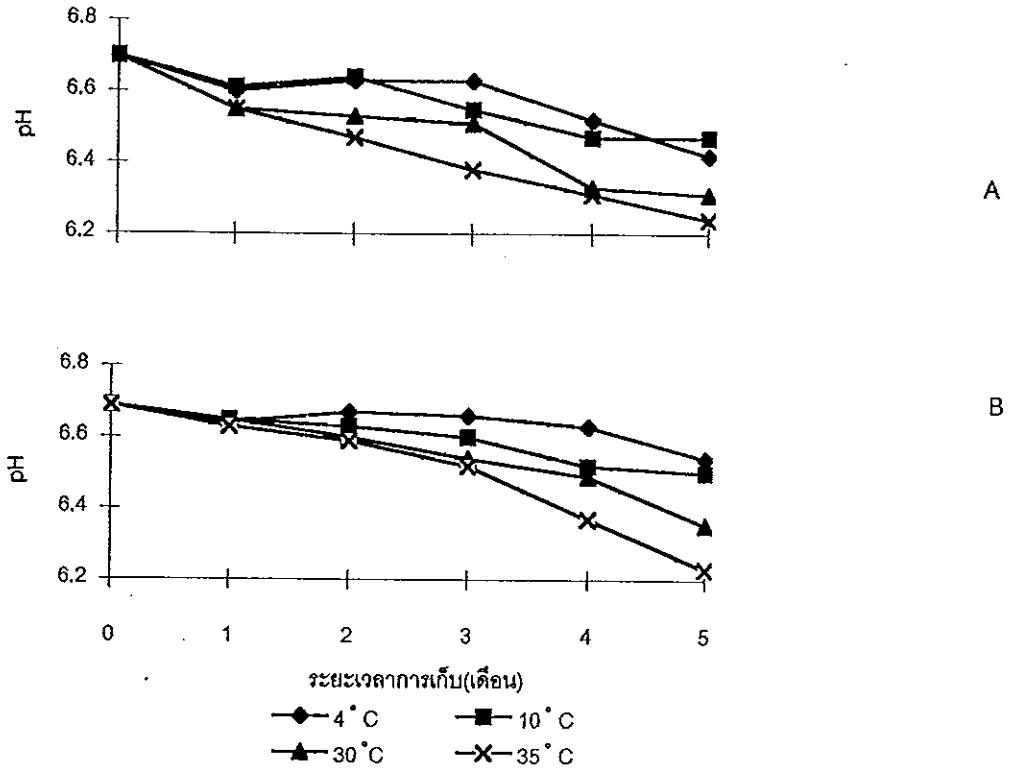
ภาพที่ 15 ค่าสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b)ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชที รสหวานยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บ รักษาอุณหภูมิ 4 ระดับ

2.2.2 ความหนืด ค่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยทั้ง 2 ยี่ห้อ ($P<0.05$) ตั้งแต่เดือนแรกถึงเดือนที่ 5 โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์นมยี่ห้อ B มีค่าความหนืดสูงกว่ายี่ห้อ A ในการเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ส่วนผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (ภาพที่ 16,ตารางผนวกที่ ค15) ค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นอาจจะเนื่องจากโปรตีนในผลิตภัณฑ์เกิดการย่อยสลาย และสามารถรวมกลุ่มกันเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ตลอดจนเกิดการรวมกลุ่มมีลักษณะคล้ายเจล ส่งผลอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น และการแยกชั้นของไขมันนม พบว่าเกิดขึ้นได้มากเมื่อเก็บที่อุณหภูมิสูง โดยพบในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่ผ่านกรรมวิธีโฮโมจีไนซ์ที่ทำให้อนุภาคของไขมันมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอส่งผลการเพิ่มขึ้นของความหนืด ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่อประสาทสัมผัส โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บในช่วงเดือนสุดท้าย (Mckellar, 1981)



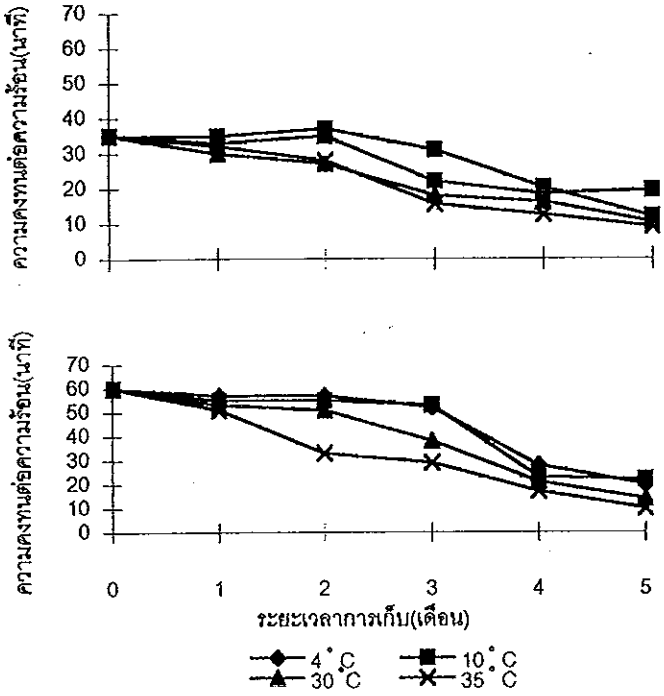
ภาพที่ 16 ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

2.2.3 ค่าพีเอช ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานทั้ง 2 ยี่ห้อ มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่เดือนแรกจนถึงเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา ($P<0.05$) (ภาพที่ 17, ตารางผนวกที่ ค16) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเก็บที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้องค์ประกอบทางเคมี เช่น โปรตีน น้ำตาลแลคโตส และปริมาณไขมัน เกิดการย่อยสลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนมีการสูญเสียไอออนของหมู่แอมโมเนียและสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำตาลแลคโตส ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการสูญเสียประจุบวกของโมเลกุลของโมเลกุลในโปรตีนจึงทำให้กรดอะมิโนไลซินเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลและมีการผลิตกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิก กรดบิวทิริก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากน้ำตาลแลคโตสเกิดการย่อยสลายทำให้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ส่งผลถึงการลดลงของค่าพีเอช (Adhikari and Singhal,1991;Reddy, *et al.*,1991) การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีซึ่งเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (4±2 และ10±2องศาเซลเซียส) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในขณะที่เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส มีการย่อยสลายของหมู่โปรตีนและฟอสฟอรัสในน้ำนมจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสมดุลของแคลเซียม และฟอสฟอรัสมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (Samel, 1971; Hansen and Melo,1977)



ภาพที่ 17 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

2.2.4 ความคงทนต่อความร้อน ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานทั้ง 2 ยี่ห้อ พบว่าค่าความคงทนต่อความร้อนมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 18,ตารางผนวกที่ ค17) โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีแนวโน้มลดลงมากในเดือนที่ 3 - 5 ($P<0.05$)) ผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส มีค่าความคงทนต่อความร้อนลดลงมากกว่าผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 10±2 และ 4±2 องศาเซลเซียส และจากการทดลองพบว่ายี่ห้อ B จะมีค่าความคงทนความร้อนสูงกว่ายี่ห้อ A โดยพบว่าค่าความคงทนความร้อนของยี่ห้อ A อยู่ในช่วง 9-35 นาที ในขณะที่ยี่ห้อ B มีค่าความคงทนต่อความร้อนในช่วง 9-60 นาที ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความคงทนต่อความร้อนในน้ำนมได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมซึ่งขึ้นอยู่กับ อาหารที่ให้แม่โคกิน เพราะมีผลต่อการสร้างโปรตีนและไขมันของน้ำนม โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์นมที่มีโปรตีนสูง ส่งผลทำให้มีค่าคงทนต่อความร้อนลดลง ในขณะที่ไขมันในน้ำนมมีผลต่อค่าความคงทนต่อความร้อนน้อย (McCrae and Muir,1995;Sweetsur and Muir ,1983 ;Fox,1983; Muir,1985)) สำหรับโปรตีนจำพวกเบต้าแลคโตโกลบูลินถ้ามีมากในน้ำนมส่งผลทำให้นมมีค่าคงทนต่อความร้อนมาก ส่วนนมที่มีธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสในปริมาณสูงทำให้ค่าความคงทนต่อความร้อนมีค่ามาก และเมื่อเติมน้ำตาลซูโครสเพื่อเพิ่มรสชาติให้แก่ผลิตภัณฑ์ส่งผลทำให้มีค่าความคงทนต่อความร้อนลดลง และการทำให้นมมีความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ร่วมกับกระบวนการโฮโมจีไนซ์นมอาจส่งผลทำให้ค่าความคงทนต่อความร้อนในผลิตภัณฑ์ลดลง (Fox,1981) นอกจากนี้เมื่อพีเอชของน้ำนมมีค่าสูงขึ้นค่าความคงทนต่อความร้อนจะเพิ่มขึ้น และถ้าค่าพีเอชในนมลดลงส่งผลทำให้นมตกตะกอนเร็วขึ้น (Fox,1981)



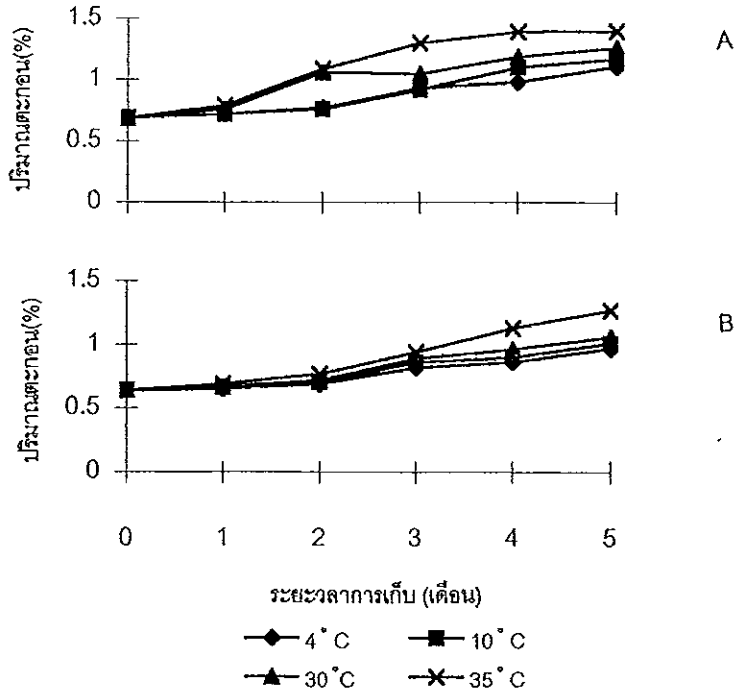
ภาพที่ 18 ค่าความคงทนต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน ยี่ห้อ A และ B ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

2.2.5 การแยกชั้นไขมัน ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานเริ่มมีการแยกชั้นในเดือนที่ 2 ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส สำหรับผลิตภัณฑ์ซึ่งที่เก็บอุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส ไม่พบการแยกชั้นของไขมันหรือพบเพียงเล็กน้อย (ตารางที่ 7) การแยกชั้นของไขมันเกิดขึ้นเนื่องจากความไม่คงตัวของน้ำนมทำให้ไขมันกระจายกันเป็นกลุ่มๆ หรือเกิดจากประสิทธิภาพของการโฮโมจีไนซ์ เพราะการแปลงสภาพธรรมชาติของไขมันบริเวณพื้นผิวสัมผัส โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส (Ramsey and Swartzel,1984)

ตารางที่ 7 การแยกชั้นของไขมันในนมยูเอชทีรสหวาน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่ากัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	ยี่ห้อ	ปริมาณการแยกชั้น (มิลลิลิตร)			
		อุณหภูมิ 4±2°ซ	อุณหภูมิ 10±2°ซ	อุณหภูมิ 30±2°ซ	อุณหภูมิ 35±2°ซ
0	A	nd	nd	nd	nd
1	A	nd	nd	nd	nd
2	A	nd	เล็กน้อย	3.9	5.4
3	A	เล็กน้อย	nd	8.1	9.4
4	A	nd	nd	11	14
5	A	nd	nd	11	16
0	B	nd	nd	nd	nd
1	B	nd	nd	nd	nd
2	B	nd	nd	1.8	nd
3	B	nd	เล็กน้อย	เล็กน้อย	11.9
4	B	nd	nd	12	14
5	B	nd	nd	13	14.2

2.2.6 การเกิดตะกอน ปริมาณตะกอนในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานทั้ง 2 ยี่ห้อ ในช่วงแรกของการเก็บรักษามีปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) (ภาพที่ 19, ตารางผนวกที่ ค18) โดยอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดตะกอน คือ อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณตะกอนช่วงร้อยละ0.6-1.4 ของยี่ห้อ A และช่วงร้อยละ 0.6-1.3ในยี่ห้อ B ปัจจัยที่ทำให้เกิดตะกอน ได้แก่ ไขมัน ถ้ามีในปริมาณสูงอาจจะไปรวมกับปริมาณของแข็ง โปรตีน อาจทำให้ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น น้ำตาล ในผลิตภัณฑ์ที่เติมเพื่อเพิ่มรสชาติอาจจะไปรวมกับโปรตีน แร่ธาตุ ในผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการเกิดปริมาณตะกอน และปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมอาจจะไปรวมกับโปรตีนในน้ำนมที่แปลงสภาพหลังจากให้ความร้อนแล้ว หรือโปรตีนที่ได้จากการแปลงสภาพในผลิตภัณฑ์ที่เก็บในอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานาน (Dalgleish,1992 ; Fox,1981) ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ B มีแนวโน้มการเกิดปริมาณตะกอนมากกว่ายี่ห้อ A แต่ผลิตภัณฑ์นมทั้ง 2 ยี่ห้อ เก็บที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้เกิดเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมจำพวกโปรตีนเกิดการแปลงสภาพเพียงเล็กน้อย และไขมันมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเช่นเดียวกันในสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ



ภาพที่ 19 ปริมาณตะกอนของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

2.2.7 ค่าความถ่วงจำเพาะ เมื่อนำตัวอย่างนมยูเอชทีรสหวานทั้ง 2 ยี่ห้อมาหาค่าความถ่วงจำเพาะพบว่ามีค่ามากกว่า 1.042 ทุกอุณหภูมิในการเก็บรักษาเนื่องจากมีการเติมน้ำตาลก่อนการแปรรูปเป็นนมยูเอชทีทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นสูงส่งผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะมากขึ้นกว่าผลิตภัณฑ์นมที่ไม่ได้เติมน้ำตาล (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ค่าความถ่วงจำเพาะของนมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 4 ระดับ

ระยะเวลาการเก็บ		ค่าความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ (°ซ)				
(เดือน)	ยี่ห้อ	4°±2 ซ	10±2°ซ	30±2°ซ	35±°ซ	หมายเหตุ
0	A&B	nd	nd	nd	nd	* nd = ค่าที่
1	A&B	nd	nd	nd	nd	วัดได้จะมาก
2	A&B	nd	nd	nd	nd	กว่า 1.042
3	A&B	nd	nd	nd	nd	ทุกอุณหภูมิ
4	A&B	nd	nd	nd	nd	
5	A&B	nd	nd	nd	nd	

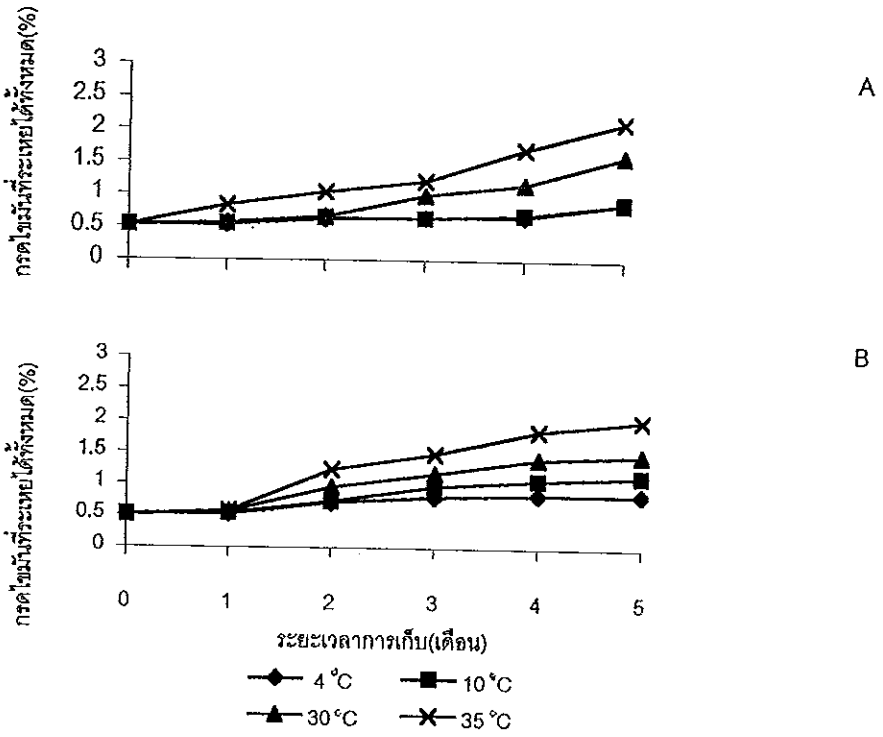
2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

2.3.1 ปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล (HMF) ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน 2 ยี่ห้อ ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มสูงขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเดือน 3 ถึงเดือนที่ 5 ของการเก็บรักษา ($P<0.05$) (ภาพที่ 20,ตารางผนวกที่ ค19) พบผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีมีการสูญเสียกรดอะมิโนไลซินในช่วงร้อยละ 1-12 และหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนนี้สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำตาลชนิดต่างๆเช่นกลูโคส แลคโตส ไซโลส อะราบิโนส และมอลโตส ทำปฏิกิริยากัน และรับอิเลคตรอนของกรดอะมิโนจำพวกไลซินเกิดเป็นสารประกอบของกรดอะมิโนกับน้ำตาลรวมกัน และเร่งเกิดปฏิกิริยาการสร้างขึ้นของปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นมมีสีน้ำตาล ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดรสขม มีกลิ่นฉุน นอกจากนี้อาจส่งผลถึงโครงสร้างของโปรตีนถูกทำลายอาจให้โปรตีนมีการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่มากขึ้น ในสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิสูงส่งผลต่อการเกิดปริมาณสารดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น (Sutherland and Varnam, 1994 ; Burton,1984) จากผลการทดลองเก็บรักษานมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดพบปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราลมากกว่าผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 , 10±2 และ 30±2 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณสูงถึง 2689 ไมโครโมล/มิลลิลิตร

การเปลี่ยนแปลงของสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราลในผลิตภัณฑ์เกิดจากปัจจัยต่างๆได้แก่ การให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อแก่ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีพบว่านมยูเอชทีที่ผลิตเพื่อการค้าซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อแบบทางอ้อมที่อุณหภูมิ 100-150 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารชนิดนี้มากกว่า 10 ไมโครโมล/ลิตร โดยทั่วไปพบว่านมยูเอชทีที่ผลิตในทางการค้ามีปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล 8.5 ไมโครโมล/ลิตร ในขณะที่นมที่ผ่านการระเหยน้ำออกแล้วซึ่งประกอบด้วย ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันร้อยละ 18 มีปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราลสูงถึง 79.4 ไมโครโมล/ลิตร (Fink and Kessler,1986)

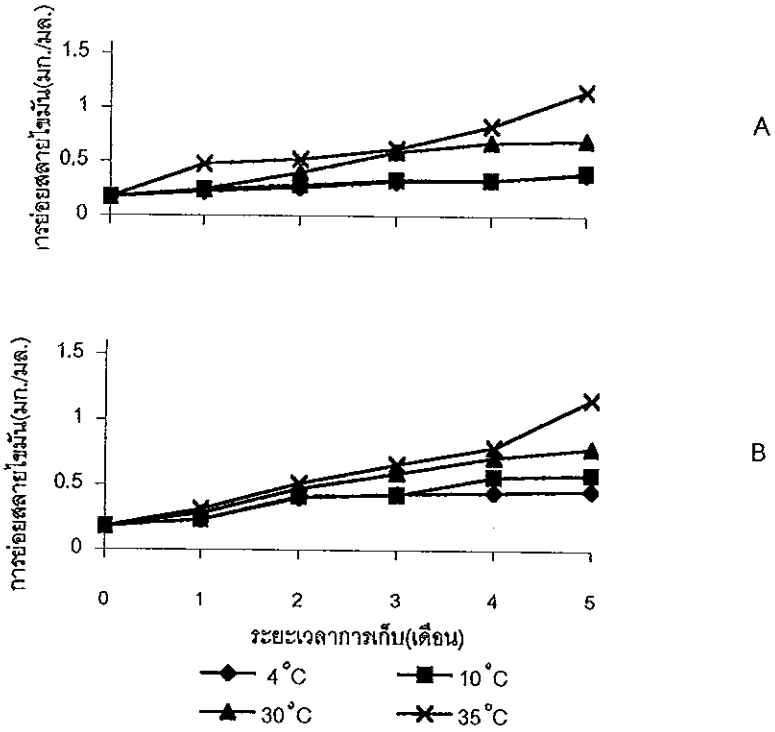
2.3.2. ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน 2 ยี่ห้อมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันที่ระเหยได้อย่างเด่นชัดตั้งแต่เดือนที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ เก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ส่วนผลิตภัณฑ์เก็บที่ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 21,ตารางผนวกที่ ค20) กรดไขมันที่ระเหยได้ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นเกิดเนื่องจากกรดไขมันที่มีสายโมเลกุลสั้น

ส่วนปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เอนไซม์ไลเปสจัดเป็นเอนไซม์ที่ทนต่อความร้อนอาจหลงเหลืออยู่ภายหลังการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ สามารถปล่อยกรดไขมันอิสระส่งผลทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ พบมากในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์นมยี่ห้อ A ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 เดือน มีปริมาณกรดไขมันที่ระเหยทั้งหมดได้สูงถึงร้อยละ 2.11 และยี่ห้อ B มีปริมาณร้อยละ 2.01 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมากในช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื่องจากการลดลงของหมู่ซัลไฮดริลในผลิตภัณฑ์ และปริมาณออกซิเจนที่อาจหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการเกิดกลิ่นหืนหรือกลิ่นผิดปกติ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสลายตัวขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำนม แสงที่เร่งปฏิกิริยาการเหม็นหืน และเอนไซม์ไลเปสซึ่งจัดเป็นเอนไซม์ที่สามารถเหลืออยู่หลังจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ สามารถย่อยสลายไขมันในนมได้ จึงทำให้กลิ่นรสของนมเปลี่ยนแปลง (Ashton, 1965 อ้างโดย Sur and Joshi, 1989)



ภาพที่ 21 ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน ยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

2.3.3 การย่อยสลายของไขมัน ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน 2 ยี่ห้อ มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาในช่วง 3 เดือนแรก แต่เพิ่มมากในเดือนที่ 4-5 โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ส่วนผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ตลอดระยะเวลาการเก็บ 5 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บที่อุณหภูมิต่ำกิจกรรมการย่อยสลายของเอนไซม์เกิดขึ้นได้ช้าและเอนไซม์ไลเปสทำงานได้ช้าด้วย ส่วนผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิสูงพบว่าการย่อยสลายของไขมันเกิดขึ้นในช่วง 0.7-1.16 มิลลิกรัมของกรดไขมันอิสระต่อนม 1 กรัม (ภาพที่ 22, ตารางผนวกที่ ค21) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเอนไซม์ไลเปสที่เหลือจากกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง ปัจจัยที่มีผลให้เกิดการย่อยสลายไขมันในผลิตภัณฑ์ได้แก่ คุณภาพนมเริ่มต้น ภาชนะบรรจุ ความร้อนในการฆ่าเชื้อ การโฮโมจีไนซ์ อุณหภูมิในการเก็บรักษาและสารเร่งปฏิกิริยาในการย่อยสลาย (Rossell, 1989 อ้างโดย Joshi and Thakar, 1994)



ภาพที่ 22 การย่อยสลายไขมันของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานยี่ห้อ A และ B ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ระดับ

2.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน

การเก็บรักษานมยูเอชทีรสหวานที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ ในระยะเวลาที่ต่างกัน โดยประเมินคุณภาพด้าน สี ความข้นมัน ความรู้สึกสากลิ้น กลิ่นผิดปกติ และการยอมรับรวม ดังแสดงในตารางที่ 9 รายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 9 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ(วัน)	อุณหภูมิที่เก็บ (°ซ)	ยี่ห้อ	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส *				
			ค่าสี	ความข้นมัน	ความรู้สึกสากลิ้น	กลิ่นผิดปกติ	การยอมรับรวม
0	-	A	1.26[a]	4.23[a]	0.30[a]	0.28[a]	7.43[a]
		B	1.21[a]	4.26[a]	0.31[a]	0.23[a]	7.42[a]
57	4±2	A	2.03[a]	4.40[a]	0.59[a]	0.52[a]	6.31[a]
		B	2.09[a]	4.74[a]	0.71[a]	0.96[a]	6.37[a]
	10±2	A	2.02[a]	4.78[a]	0.54[a]	0.58[a]	6.28[a]
		B	2.00[a]	4.80[a]	0.70[a]	0.95[a]	6.36[a]
	30±2	A	2.26[a]	4.73[a]	0.80[a]	0.75[a]	6.22[a]
		B	2.46[a]	4.96[a]	0.84[a]	0.90[a]	6.25[a]
	35±2	A	2.73[a]	4.95[a]	0.97[a]	0.90[a]	6.19[a]
		B	2.65[a]	5.29[a]	0.88[a]	1.11[a]	6.26[a]
106	4±2	A	2.15	4.60[a]	0.89[a]	1.21[a]	5.42[a]
		B	3.19[a]	4.58[a]	1.45[b]	1.10[b]	5.71[a]
	10±2	A	2.35[b]	4.85[a]	1.17[a]	1.33[a]	5.65[a]
		B	3.55[a]	4.83[ab]	1.48[ab]	1.07[b]	5.44[a]
	30±2	A	2.90[b]	5.03[a]	1.21[a]	1.45[a]	5.26[a]
		B	3.03[a]	5.11[a]	1.52[b]	1.61[a]	5.43[a]
	35±2	A	4.35[a]	5.11[a]	1.20[a]	1.53[a]	4.86[a]
		B	3.95[a]	5.56[a]	2.46[a]	1.39[ab]	3.24[b]

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	อุณหภูมิที่เก็บ(°ซ)	ยี่ห้อ	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส *				
			ค่าสี	ความข้นมัน	ความรู้สึกสากลิ้น	กลิ่นผิดปกติ	การยอมรับรวม
173	4±2	A	3.39^{b}	6.15^{a}	0.50^{b}	0.52^{b}	5.87^{a}
		B	3.32^{b}	6.09^{a}	0.61^{b}	0.68^{b}	6.07^{a}
	10±2	A	2.87^{b}	6.36^{a}	1.05^{b}	1.09^{b}	4.77^{a}
		B	3.12^{a}	6.44^{a}	1.12^{b}	1.22^{b}	4.64^{ab}
	30±2	A	4.16^{a}	6.64^{a}	1.27^{a}	1.13^{b}	4.57^{a}
		B	4.79^{a}	6.63^{a}	1.83^{a}	1.41^{b}	4.30^{b}
	35±2	A	4.74^{a}	6.78^{a}	1.77^{a}	1.87^{a}	4.63^{a}
		B	6.76^{c}	6.65^{a}	2.33^{a}	2.17^{a}	4.05^{b}
211	4±2	A	3.16^{c}	6.40^{a}	1.05^{b}	1.10^{b}	4.99^{a}
		B	3.38^{c}	6.48^{b}	1.00^{c}	1.01^{b}	5.01^{a}
	10±2	A	3.38^{c}	6.73^{a}	1.08^{b}	1.07^{b}	5.02^{a}
		B	3.32^{c}	6.77^{ab}	1.16^{c}	1.05^{b}	4.95^{a}
	30±2	A	4.55^{b}	6.74^{a}	1.68^{a}	1.38^{a}	4.49^{a}
		B	6.22^{b}	6.72^{ab}	1.91^{b}	1.88^{a}	4.20^{b}
	35±2	A	5.91^{a}	6.88^{a}	1.86^{a}	1.76^{a}	4.23^{b}
		B	6.88^{a}	7.07^{a}	2.34^{a}	2.13^{a}	3.34^{c}

*ค่าเฉลี่ยจากผู้ทดสอบ 10 คน และทำการทดสอบ 2 ซ้ำ

ในระยะเวลาเดียวกันค่าที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ค่าสี ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานทั้ง 2 ยี่ห้อ ได้รับคะแนนค่าสีที่ไม่แตกต่างกันตั้งแต่ช่วงแรกถึง 57 วัน แต่เมื่อนำมาเก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีแนวโน้มของคะแนนเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น หมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีเข้มเพิ่มขึ้น และพบว่าผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส มีคะแนนค่าสีเพิ่มมากกว่าผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บเป็นเวลา 106, 173 และ 211 วัน ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณไลซีนในน้ำนมทำปฏิกิริยากับน้ำตาลแลคโตสจนเกิดเป็นสีคล้ำขึ้น ปัจจัยที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์นมได้แก่ สารตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกน้ำตาลแลคโตส กรดอะมิโนไลซิน และทริฟโตเฟน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีคือ ระยะเวลาการเก็บ อุณหภูมิที่เก็บรักษา การเกิดของปริมาณสารประกอบไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล และการสลายตัวของกรดอินทรีย์ต่างๆจำพวกฟอร์มิก แลคติค ในน้ำนม (Celestino, *et al.*, 1997)

ความข้นมัน ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานทั้ง 2 ยี่ห้อ เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่ามีแนวโน้มที่ได้รับคะแนนความข้นมันเพิ่มขึ้นทุกๆ อุณหภูมิตั้งแต่ช่วงแรกจนถึง 211 วัน ($P<0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความข้นมันในผลิตภัณฑ์ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณไขมันและปริมาณของแข็งทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าที่อุณหภูมิการเก็บดังกล่าวนี้ มีการรวมตัวของอนุภาคไขมันเป็นกลุ่มบริเวณผิวหน้าของกล่องนม และการแยกชั้นของไขมันกับน้ำนมมีการแยกชั้นที่เด่นชัดซึ่งทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับเมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ความรู้สึกสากลิ้น ในช่วงแรกของการเก็บรักษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่เมื่อทำการเก็บเป็นเวลา 106 วัน ถึง 211 วัน พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ความรู้สึกสากลิ้นเกิดจาก ไขมัน การรวมตัวขององค์ทางเคมีประกอบต่างๆ ได้แก่ โปรตีนที่เกิดการแปลงสภาพ น้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณของแข็งทั้งหมดจำพวกธาตุแคลเซียม และฟอสฟอรัส และปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องได้แก่ การรวมกลุ่มของตะกอนอนุภาคเคซีน ไขมัน แคลเซียมหรือธาตุอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์ เมื่อนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่ามีเนื้อสัมผัสคล้ายผงชอร์กหรือเป็นเม็ดทรายเล็กๆ (Mitall, *et al.*, 1988) โดยค่านี้จะมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดด่างในน้ำนมซึ่งพบว่าลดลงในระหว่างการเก็บรักษา และอัตราการย่อยสลายของน้ำตาลแลคโตสมีค่าเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้โมเลกุลในน้ำนมมีขนาดใหญ่ขึ้นส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค (Zadow , *et al.*,1978)

กลิ่นผิดปกติ ผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานทั้ง 2 ยี่ห้อ เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน เป็นวลา 106 วัน พบว่าไม่เกิดกลิ่นผิดปกติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเก็บเป็นเวลานานขึ้น มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ($P<0.05$) โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการยอมรับลดลงเนื่องจากนมมี กลิ่นทีน กลิ่นเหม็นอับ และกลิ่นนมต้ม ในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้เกิดจากเอนไซม์โปรตีเอส และไลเปสที่เหลือจากกระบวนการให้ความร้อนทำงานได้ดีในสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิสูง

การยอมรับรวม การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมยูเอชรสหวานทีทั้ง 2 ยี่ห้อที่อุณหภูมิแตกต่างกันพบว่า ช่วงวันแรกมีค่าคะแนนการยอมรับรวมที่ไม่แตกต่างกันทุกอุณหภูมิของการเก็บ ($P>0.05$) แต่เมื่อเก็บรักษาในช่วง 106 วัน พบว่ามีแนวโน้มการยอมรับรวมลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์นมซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลิตภัณฑ์นมมีกลิ่นหืน สีคล้ำ และเกิดการแยกชั้นระหว่างไขมันและน้ำนมอย่างชัดเจน ($P<0.05$) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดเนื่องจากการแปลงสภาพของโปรตีนเคซีน การย่อยสลายของโปรตีนในนมโดยเอนไซม์โปรตีเอสที่เหลือจากกระบวนการให้ความร้อน (Renner,1988)

บทที่ 4

สรุป

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดและรสหวาน 2 ยี่ห้อ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับเป็นเวลา 5 เดือน ในส่วนของผลิตภัณฑ์นมรสจืดพบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เด่นชัดได้แก่ ค่าสี ค่าพีเอช ค่าความคงทนต่อความร้อนตลอดจนการแยกชั้นของไขมัน และปริมาณตะกอนพบว่ายี่ห้อ A มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่ายี่ห้อ B โดยพบมากในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ในขณะที่ ค่าความหนืด ความถ่วงจำเพาะของน้ำนม และปริมาณตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยทุกอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการเก็บของทั้ง 2 ยี่ห้อ สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่พบมากในนมรสจืดได้แก่ ปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด การย่อยสลายของไขมัน(ในรูปกรดไขมันอิสระ) และการย่อยสลายของโปรตีน(ในรูปกรดอะมิโนอิสระ) โดยพบมากในยี่ห้อ A มากกว่า ยี่ห้อ B ในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ในช่วงของการเก็บ 3-5 เดือน ส่วนผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ยี่ห้อซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4 ±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่การย่อยสลายของโปรตีนในรูปของกรดอะมิโนอิสระพบว่า ตั้งแต่เดือนที่ 1-2 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมาก และค่อนข้างคงที่ ระหว่างเดือนที่ 3-5 ทุกๆอุณหภูมิของการเก็บ

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดทั้ง 2 ยี่ห้อมีการประเมินคุณภาพในด้านสี กลิ่นรส ความข้นมัน ความรู้สึกสากลิ้น ตลอดจนการยอมรับรวมพบว่าการยอมรับของผู้บริโภคเริ่มลดลงโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่ระยะเวลา 88-189 วัน อุณหภูมิที่เก็บ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการยอมรับรวมของผู้บริโภค แต่ผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ4±2และ10±2 องศาเซลเซียส ผู้บริโภคยังมีการยอมรับเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพค่อนข้างน้อย ยกเว้นค่าสีที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่อายุการเก็บเป็นเวลา 152-189

สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน ที่พบมากได้แก่ ค่า สี ค่าพีเอช ค่าความคงทนต่อความร้อน และพบปริมาณตะกอนในนมรสหวาน การแยกชั้นของไขมันของยี่ห้อ A โดยพบมากที่อุณหภูมิเก็บรักษา 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส มากกว่า ยี่ห้อ B สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี พบว่าปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล กรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด การย่อยสลายของไขมัน ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ ของยี่ห้อ B มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง

มากกว่า ยี่ห้อ A ส่วนผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ยี่ห้อซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในนมรสหวานทั้ง 2 ยี่ห้อพบว่า ค่าสี มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาการเก็บ 106-211 วัน โดยพบมากในผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±2 และ 35±2 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 4±2 และ10±2 องศาเซลเซียส เกิดการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ ค่าความข้นมัน ความรู้สึกสากลิ้น และกลิ่นรสผิดปกติมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะสุดท้ายของการเก็บ จากการทดลองครั้งนี้ พบว่า ยี่ห้อ B มีแนวโน้มการยอมรับรวมของผู้บริโภคน้อยกว่ายี่ห้อ A เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพบางปัจจัย และมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อุณหภูมิ และระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทาง กายภาพ และเคมี ตลอดจนทางประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาลักษณะอื่นๆ ของผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม เช่น ลักษณะของภาชนะบรรจุ กรรมวิธีการผลิต การตรวจสอบคุณภาพของน้ำนมแต่ละบริษัทก่อนนำมาทำการผลิต
2. ควรศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมยี่ห้ออื่นๆในท้องตลาด เพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภคได้มากขึ้น
3. ควรหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี กับค่าที่ประเมินได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภคทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2521. รายงานผลการศึกษา วิจัยการผลิตและการตลาดนมสด. กระทรวงพาณิชย์ กรุงเทพฯ. หน้า 51-52.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2522. เรื่องนมปรุงแต่ง (ฉบับที่35) สำนักพิมพ์นิติเวชส์. กรุงเทพฯ. 175-177

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์. 2524.. หลักการแปรรูปนม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 43-53.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 1-243.

พงษ์ วนานุวัช. 2523. นมยูเอชที. ว.วิทยาศาสตร์ 10 : 782-793.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2530. นมสด.(มอก. 738-2530).กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ

วิไลพร ฉกาจปัญญาไว. 2537.ผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่มตลาดขยายตัวสูง. ว.อุตสาหกรรมสาร 37 : 59-64.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2538. ปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพนมและผลิตภัณฑ์นม. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. หน้า 51-59.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531. นมและผลิตภัณฑ์นม. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. หน้า 44-75.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2526. สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 1 ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.หน้า 1-52.

A.O.A.C. 1990. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15th ed.Virginia : The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Adhikari, A.K. and Singhal, O.P. 1992. Effect of heat resistance microorganism on the fatty acid profile and the organoleptic quality of UHT milk during storage. Indian. J. Dairy Sci 45 : 272-277.

Andersson, I. and Oste, R.. 1992. Sensory delvelopment and free SH- group in UHT milk. *Milchwissenschaft.* 47 : 438 -441.

Andersson, I. and Oste, R. 1995. Sensory Quality of UHT Milk. *In* Heat- Induced Change in Milk (ed. P.F. Fox.) Vol II, pp. 318-328. Brussel : IDF.

Andrews, A.T., B.E. Brooker, and D.G. Hobbs. 1977. Properties of aseptically packed ultra concentrated milk. Electron microscopic examination of changes occurring during storage. J. Dairy Sci. 44 :283-292.

Bayliss, C.E. and Waites, W.M. 1982. Effect of simultaneous high intensity ultraviolet irradiation and hydrogen peroxide on baterial spores. J. of Food Technology 17: 467-470.

Bucky, A. R., Robinson, D.S. and Hayer,P. R.1987. Enhanced deactivation of bacterial lipase by a modified UHT treatment J. Food Sci. Technol. 22 : 35-40.

Burton, H.1984. Reviews of the progress of dairy science : the bacteriological, chemical, biochemical and physical changes that occur in milk at temperature of 100-150 °C. J. Dairy Res. 341-363.

Burton, H. 1988. Ultra-High Temperature Processing of Milk and Milk Products. Elsevier Applied Science Publishers London pp.1- 347.

Celestino, E.L., Mani, I. and Roginski, H. 1997. Reconstituted UHT-treated milk :Effect of raw milk, powder quality and storage conditions of UHT milk on its physico-chemical attributes and flavour. Int. Dairy Journal. 7: 129-140.

Choi, I. W. and Jeon, I .J. 1993. Pattern of fatty acids released from milk fat by residual lipase during storage of ultra-high temperature processed milk. J. Dairy Sci. 76 : 78-85.

Collin, S.J., Bester, B. H. and Megill, A. E.J. 1993. Influence of Psychotrophic bacterial growth in raw milk on the sensory acceptance of UHT skim milk J. of Food Protection. 56 : 418-425.

Dalgleish, D. G. 1992. Sedimentation of casien micelles during the storage of ultra high temperature milk product - a calculation. J. Dairy Sci. 75 : 371-379.

Darling, D.F. 1980. Heat stability of milk. J. Dairy Res. 47 : 199-210.

Deeth, H. E, Fitzgerald C.H., 1983. Lipolytic Enzymes and Hydrolytic Rancidity . *In* Delvelopment in Dairy Chemistry - 2. (ed. P.F. Fox.) Applied Science Publishing pp. 195-239.

Dunkley, W.L. and Stevenson, K.E. 1987. Ultra-high temperature processing and aseptic packaging of dairy products. J. Dairy Sci. 70 : 2192-2202.

Edmonson, L.F. 1970. Sterilized Product . *In* By Products from Milk. The AVI Plublishing Company. pp. 227-269.

Fairbairn, D.J. and Law, B.A. 1986. Proteinases of psychrotrophic bacteria : their production, properties, effects and control. J. Dairy Res. 53 : 139-177.

Fennenma, O.R. 1996. Characteristic of Milk. *In* Food Chemistry. University of Wisconsin Madison, Wisconsin.pp.724-765.

Fink, R. and Kessler, H. 1986. Reaction kinetics evaluation of the oxidative changes in stored UHT milk. *Milchwissenschaft.* 41 : 90-94.

Fink, R. and Kessler, H. 1986. HMF value in treated and stored milk. *Milchwissenschaft* .41 :638-641.

Fox, P.F. 1981. Heat-induced changes in milk preceding coagulation. J. Dairy Sci.64 :2127-2137.

Fox, P.F. 1982. Heat-Induced Coagulation of Milk. *In* Delvelopment in dairy chemistry -1, Protien. (ed. P.F. Fox.) Applied Science Publishers London pp. 189-228.

Fox, P.F.1995. Heat-Induced Changes in Milk. 2nd ed. International Dairy Federation Brussels (Belgiums).pp.1-447.

Fox, P.F. and Morrissey, P.A. 1977. Reviews of the progress of dairy science : the heat stability of milk. J. Dairy Res. 44: 627-646.

Gillis, W. T., Cartledge, M.F., Rodriquez,I.R. and Suaer, E. J. 1985. Effect of raw milk quality on ultra-high temperature processed milk. J.Dairy Sci. 68: 2875-2879.

Hansen, A.P., and Melo, T.S.1977. Effect of UHT steam injection upon contituents of skim milk. J. Dairy Sci. 60 : 1368-1379.

Harwalkar, V.R. 1982. Age Gelation of Sterilize Milk . *In* Developments in Dairy Chemistry. (ed. P.F. Fox.) Applied Science Publishing London. pp. 229-269.

Harwalkar, V.R., Cholette, H., Mckellar, R.C., and Emmons, D.B.1993. Relation between proteolysis and astringent off- flavor in milk J. Dairy Sci.76: 2521-2527.

Hill, R. 1988. Quality of ultra-high temperature processed milk. Food Technol.42 (9) : 92-97.

Hostettler, H. 1981. Appearance, flavour and texture aspects : Developments Until 1972.pp.11-24.*In* New Monograph on UHT Milk. Int. Dairy Federation. Doc. 133.

Jenness, R., and Patton, S. 1959. The Effect of Heat on Milk . *In* Principles of Dairy Chemistry. John Wiley Sons, Inc., New York. pp.323-395.

Joshi, N.S. and Thakar, P.N. 1994. Method to evaluate deterioration of milk fat A critical Appraisal J. Food Sci. Technology. 31: 181-196.

Kocak, H.R. and Zadow, J.G. 1985. Storage problem in UHT milk age gelation. Food

Kocak, H.R. and Zadow, J.G. 1985. Storage problem in UHT milk age gelation. Food Technology in Australia. 58 : 148-151.

Labuza, T.P. and Saltmarch, M. 1981. Kinetics of browning and protien quality loss in whey powders during steady state and non- steady state storage condition. J. Food sci. 47 : 92-96,113.

Lance, G.P., Mary, L. M., David, M.B. and Harry, T. L.1995. The influence of fat on the sensory properties, viscosity, and colour of low fat milk. J. Dairy sci. 78 : 1258-1266.

Leong, C.M., Harte, O., Partridge, B.R., Off, D.B. and Downess, T.W. 1992. Off flavour development in milk packaged in polyetlylene-coated paperboard cartons. J. Dairy Sci. 75 : 2105-2111.

Manji, B., Y. Kakuda and Arnott, D.R. 1986. Effect of storage temperature on age gelation of ultra-high temperature milk processed by direct and Indirect heating systems. J. Dairy Sci. 69 : 2994-3001.

McCrae, C .H. and Muir, D. D. 1995. Heat Stabilty of Milk. *In* Heat- Induced Change in Milk (ed. P.F. Fox.) Brussel : IDF.pp.207-230.

Mckellar, R.C. 1981. Delvelopment of off-flavors in ultra-high temperature and pasteurized milk as a function of proteolysis J. Dairy Sci. 64 : 2138-2145.

McKenna, A.B. and Singh, H. 1991. Age gelation in UHT processed reconstituted concentrated skim milk . J. of Food Sci. and Tech. 26 : 27-38.

Metha, R.S. 1980. Milk processed at ultra-high temperature. A.Review. J.Food Protection. 43 : 212-225.

Mitall, S. B., Houringan, J. A., Zadow, J. G. and Nguyen, M.H.1988. Behavior of UHT recombined lactose hydrolysed milk during storage at different temperature. Aust. J. Dairy Technol. 43: 64-73.

Morales, F.J., Romero, C. and Jimmenez - Perez, S. 1996. Evaluation of heat-induced changes in Spanish commercial milk : hydroxy methyl furfural and available lysine content In. J. Food Sci. Tecnol. 31: 411-418.

Morales, F.J., Romero, C. and Jimmenez - Perez, S. 1997. A kinetic study on 5-hydroxymethylfurfural formation in Spanish UHT milk stored at different temperature. J. Food Sci. Tecnol. 34 : 28-32.

Muir, D.D. 1985. Heat stability of milk and concentrated milk. J.Biochem.3:291-299.

Ramsey, J.A. and Swartzel, K.K. 1984. Effect of ultra-high temperature processing and Storage condition on rates of sedimentation and fat separation of aseptically packaged milk J. Food Sci.49: 257-263.

Reddy, K.K., Nguyen, M.H., Kailasapthy, K. and Zadow, J.G. 1991. The effects of some treatments and storage temperatures on UHT whole milk Aust. J. Dairy Technol.11: 57-63.

Reddy, K.K., Nguyen, M.H., Kailasapthy, K. and Zadow, J.G.1992. Evaluation of reduced -fat ultrafiltered UHT milk. Asean Food Journal. 7:152-156.

Renner, E. 1988. Storage stability and some nutritional aspects of milk powders and ultra-high temperature products at high ambient temperature. J. Dairy Res. 55 :125-142.

Samel, R., Weaver, R.W.V. and Gammack, D.B. 1971. Changes on storage in milk processed by UHT sterilization. J. Dairy Res. 38 : 323-332.

Savander, J. and Jervis, F. 1966. The role of buffer salts in non-enzymic browning. J. Sci. Food. Agric. 17 : 245-249.

Sawaisgood, H. E.1996. Characteristic of Milks . *In* Food Chemistry. University of Wisconsin Madison, Wisconsin.pp.842-876.

Sharma, D. and prasad, D.N. 1990. Change in the physical properties of ultra high temperature processed buffaloes milk during storage. J. Dairy Res. 57: 187-196.

Shipe, W. F., Bassette, R. Deane, D. D., Dunkly, W.L., Hammond, E G., Harper, W.J., Kleyn ,D. H., Morgan, M.E., Nelson, J.H. and Scanlan, R.A. 1978. Off Flavour of Milk : Nomenclature, Standards and Bibilography. J. Dairy Sci. 61 :851-869.

Singh, R.R.B. and Patil, G. R. 1989. Storage stability of UHT buffalo milk II. Sensory changes and their relationship with physico-chemical properties. Indian J. Dairy Sci.42 : 384-387.

Singh, H., and Fox, P.F. 1987. Heat stability of milk: role of beta-lactoglobulin in the pH-dependent dissociation of micellar kappa casein. J.Dairy Res. 54 :509-521.

Suhren, G. 1983. Occurrence and levels of heat resistant proteinase and their effects on UHT treated dairy products. Int. Dairy Fed. Bull. Doc. 157:17.

Sur, A. and Joshi, V.K. 1989. Change in flavour characteristics and volatile fatty acids contents of UHT milk during storage. Indian J. Dairy Sci 32 : 125-126.

Swartzel, K.R., Hammann, D.d. and Hansen, A.P. 1980. Rheological behavior of ultra-high-temperature steam injected dairy product on aging. J. Food Proc. Eng. 3:143

Sweetsur, A. W.M. and Muir, D. D. 1983. Effect of homogenization on heat stability of milk. J. Dairy Res. 50 : 301-308.

Van Boekel, M.A.J.S., Nieumenhijse, J.A. and Walstra, P. 1989. The heat coagulation of milk. I Mechanisms Neth. Milk Dairy J. 43 : 97-127.

Sutherland, J. P. and Varnam, A.H. 1994. Liqiud milk and liquid milk products *In* : Milk and Milk Products. Technology,Chemistry and Microbiology University of Reading England.pp.1-436.

Venkatachalam, N., D.J. Memahon, and Savello, P.A. 1993. Role of protein and lactose interaction in the age gelation of ultra-high temperature processed unconcentrated skim milk. J. Dairy Sci. 76: 1882-1894.

Wardsworth, K. D. and Basette, R. 1985. Effect of oxygen on delvelopment of off-flavour in ultra high-temperature milk. J. Food Protection. 48 :487-493.

Zadow, J.G. 1970. Studies on the ultra heat treatment of milk. II Measurement of the products of browning reactions as influenced by processing and storage. Aust. J. Dairy Technol. 25 : 123-126.

Zadow, J.G. 1971. The influence of pH and heat treatment on the colour and stability of UHT-sterilized of . J. Dairy Res. 38 : 393-401.

Zadow, J.G., I.F. Hardham, and N. Bartlett. 1978. The effect of anti-oxidant and storage conditions on the flavor of ultra high temperature processed milk. Aust. J. Dairy Technol. 33 : 11-13.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

1. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ย่อยโปรตีน ประกอบด้วยเตา (VELP DK 6) และหลอดใส่ตัวอย่าง
2. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน
3. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. บูเรตต์ ขนาด 10 มิลลิลิตร
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) และโปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตรา ส่วน 1: 10
2. กรดซัลฟูริคเข้มข้น (conc. H_2SO_4)
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 40
4. กรดบอริคเข้มข้นร้อยละ 4
5. กรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มอล
6. อินดิเคเตอร์ (Indicator) เป็นสารผสมระหว่างเมทธิลเรด เมทิลีนบลู และโบรโมครีซอลกรีน

วิธีการ

1. ปิเปตตัวอย่างนม 5-6 กรัม ลงในขวดย่อย (Kjeldahl flask)
2. เติมลูกแก้วเพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง 4-5 ชิ้น
3. ใส่สารผสม $CuSO_4$ และ K_2SO_4 ประมาณ 10 กรัม
4. เติมซัลฟูริคเข้มข้น 15- 20 มิลลิลิตร
5. ย่อยบนเตาในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส
6. ตั้งทิ้งให้เย็น
7. เติมน้ำกลั่นลงไปล้างที่บริเวณคอขวดให้ทั่ว

8. ถ่ายลงขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร พร้อมทั้งปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

9. จัดอุปกรณ์กลั่น รวมทั้งเปิดสวิตซ์ไฟและเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่น

10. นำขวด (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 มล. ซึ่งบรรจุกรดบอริค เข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 5 มิลลิลิตรผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดไปรองรับของเหลวที่จะกลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

11. นำตัวอย่างที่จะกลั่นไปใส่เข้าเครื่องกลั่นทำการใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 40 ประมาณ 20 มิลลิลิตร โดยโยกจากเครื่องชุดกลั่นลงในตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้ว

12. กลั่นประมาณ 5-10 นาทีให้ได้ของเหลว 100-150 มิลลิลิตร

13. นำของเหลวที่กลั่นได้มาไตเตรทกับสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล

14. สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

15. ทำ แบลงค์ ตามข้อ 1-4 ยกเว้นไม่ใส่ตัวอย่าง

16. คำนวณปริมาณโปรตีน (คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก) = $\frac{(A-B)\ N \times 14.007 \times F}{W}$

A = ปริมาตรของกรดที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

b = ปริมาตรของกรดที่ใช้ไตเตรทกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรดเกลือ (นอร์มอล)

F = แฟคเตอร์ ตัวเลขที่เหมาะสม 6.38

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

2. การหาปริมาณไขมันโดยวิธีเกอร์เบอร์ (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ปิเปตนมขนาด 10.75 มิลลิลิตร

2 เครื่องหมุนเหวี่ยงของเกอร์เบอร์ ความเร็ว 1,100±100 รอบ/นาที

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริคมีความหนาแน่น 1.520 ที่ 20 องศาเซลเซียส

2. ไอโซ-เอมิลแอลกอฮอล์

วิธีการ

1. ปิเปตตัวอย่างนมจำนวน 10.75 มิลลิลิตรใส่ใน Gerber Butyrometer tube (น้ำนมควรมีอุณหภูมิประมาณ 20°ซ เพื่อป้องกันการไหม้เมื่อเติมกรด)
2. เติมกรดซัลฟูริค 10 มิลลิลิตร
3. เติม ไอโซ-เอมิลแอลกอฮอล์ ลงไป 1-2 มิลลิลิตร ปิดฝาจุกให้แน่น
4. เขย่าให้เข้ากันนำไปเข้าเครื่อง Gerber centrifuge (เครื่องเหวี่ยง 5 นาที)
5. อ่านผลตามสเกลที่ได้เป็น % ไขมันของนม

3. การหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติค (โดยวิธีไตเตรท) (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
2. ปิเปตขนาด 1 5 และ 10 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟทาลีน เข้มข้น ร้อยละ 1
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างนมจำนวน 20 กรัมลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร
2. หยด 1% ฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยดลงในตัวอย่างนม
3. ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนถึงจุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน
4. คำนวณปริมาณกรดในน้ำนมตัวอย่างในรูปกรดแลคติก

เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (คำนวณในรูปกรดแลคติก)

$$= \frac{N \times V \times 90.08 \times 100}{\text{นน.ตัวอย่าง(กรัม)}}$$

กำหนดให้ N = ความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

V = ปริมาตร (มิลลิลิตร)ที่ใช้ในการไตเตรต ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

4. การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด ((A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ภาชนะทรงกลมก้นแบนสำหรับระเหย
2. ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 100-105 °ซ
3. อ่างไอน้ำ
4. เดสิกเคเตอร์
5. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. ล้างภาชนะที่ระเหยให้สะอาด อบให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส เวลานาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งน้ำนมตัวอย่างหนัก 3-4 กรัมใส่ลงในภาชนะที่ทราบน้ำหนักนั้น
3. นำไปให้ความร้อนบนอ่างน้ำเดือดจนน้ำระเหยหมด (ประมาณ 30 นาที)
4. อบให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส เวลานาน 1 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบปล่อยให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น หรือประมาณ 45 นาที
6. อบซ้ำจนน้ำหนักคงที่ (น้ำหนักที่ชั่งได้สองครั้งติดต่อกัน ต่างกันไม่เกิน 0.3
7. น้ำหนักของแข็งที่ได้จะเป็นปริมาณของแข็งทั้งหมดในนมตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 1990)

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปิดสวิทช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อนแล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อนแล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ซึ่งทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผา ตั้งอุณหภูมิเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส แล้วกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2

4. คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

6. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ในรูปของน้ำตาลแลคโตส) โดยวิธี Lane and Eynon volumetric method (ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 1990)

สารเคมี

1. Clearing agent ประกอบด้วย

1.1 Zinc Ferrocyanide ประกอบด้วยสารละลาย Carrez I และ II

สารละลาย Cerrez I เตรียมได้โดยละลาย zine acetate dihydrate 21.9 กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดอะเซติก (glacial) 3 กรัม ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นใน ขวดปรับปริมาตร

สารละลาย Carrez II เตรียมได้โดยละลายโปแตสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ 10.6 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรใน ขวดปรับปริมาตร

2. Fehling's solution ซึ่งประกอบด้วย Fehling' solution no.1 และ no.2 ดังนี้

Fehling's solution no.1 เตรียมโดยละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 69.278 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร โดยใช้ ขวดปรับปริมาตร

Fehling's solution no.2 เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 100 กรัม และโซเดี่ยมโปแตสเซี่ยมทาเทรต เตตราไฮเดรต 346 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร โดยใช้ ขวดปรับปริมาตร

3. น้ำตาลแลคโตสมาตรฐาน

ละลายน้ำตาลแลคโตสบริสุทธ์ 9.5 กรัม และเติมกรดเกลือเข้มข้น 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร

ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ที่อุณหภูมิ 12-15 องศาเซลเซียส และทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร

ปรับสภาพของสารละลายมาตรฐานของน้ำตาลให้เป็นกลางด้วย 1 นอร์มอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ ก่อนนำไปใช้ ในการไตเตรต

1.2 สารละลายเมธิลีนบลูความเข้มข้น ร้อยละ 1ในน้ำกลั่น

วิธีการ

1. Preliminary method

- ปิเปตสารละลายเฟลิ่ง Aและ B มาอย่างละ 5 มล. ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
- ใส่สารละลายมาตรฐานของน้ำตาลแลคโตสจากบิวเรตต์ 15 มล. เขย่าให้เข้ากันและต้มให้เดือดโดยเร็วนาน 15 วินาที
- เติมเมธิลีนบลู 1-2 หยด ถ้าไม่เกิดสีน้ำเงินแสดงว่า มี Lactose มากเกินไปไตเตรตจนสีน้ำเงินหายไป ขณะไตเตรตภายในขวดรูปชมพู่ต้องเดือดและเขย่าให้เข้ากันตลอดเวลา
- อ่านปริมาตรของน้ำตาล Lactose ที่ใช้

2. Accurate method

- ปิเปตสารละลายเฟลิง A และ B มาอย่างละ 5 มล.ใส่ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล.
- ใส่สารละลายน้ำตาลแลคโตสมาตรฐานจากบิวเรตต์ลงในขวดรูปชมพู่ ให้ปริมาตรน้อยกว่าจุดยุติประมาณ 1 มิลลิลิตร
- เขย่า ต้มให้เดือดโดยเร็วและสม่ำเสมอ 2 นาที
- เติมเมธิลีนบลู 1-2 หยด
- ไตเตรตโดยปล่อยครั้งละ 2-3 หยดให้ถึงจุดยุติภายในเวลา 1 นาที (ขณะไตเตรตสารละลายในขวดชมพู่ต้องเดือดตลอดเวลา และเขย่าให้เข้ากันเสมอ)
- อ่านปริมาตรของสารละลายน้ำตาลแลคโตสมาตรฐานที่ใช้
- คำนวณค่า Factor ของสารละลายเฟลิ่ง จากสูตร

Factor = titor volume x g. lactose ใน 1 มล.

วิธีการหาน้ำตาลในตัวอย่าง

- ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมทดลองประมาณ 20 กรัม เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร เพื่อทำให้สารละลายใสด้วยการเติม clearing agent สารละลาย carrez I และ carrez II ลงไปอย่างละ 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันดี ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นในโดยใช้ ขวดปรับปริมาตร กรองเก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ใช้วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลต่อไป
- Preliminary titration นำสารละลายน้ำตาลในผลิตภัณฑ์นมทดลองที่กรองได้ใส่ในบิวเรตต์ ขนาด 100 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายเฟลิ่งมา 10 มิลลิลิตร

(ใช้อย่างละ 5 มิลลิลิตร) ใส่ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมลูกแก้วเล็กๆ ลงไป 2-3 เม็ด นำไปต้มให้เดือดในเตาให้ความร้อน ไตเตรตกับสารละลายน้ำตาลตัวอย่างจนสีน้ำเงินจางลงหยดสารละลาย เมธิลีนบลูลงไป 1 หยด ไตเตรตจนสีฟ้าหายไปหมด เหลือตะกอนสีส้มแดง จดปริมาตรที่ใช้ ถ้าปริมาตรของสารละลายที่ใช้อยู่ในช่วง 15-20 มิลลิลิตร ต้องทำใหม่ 2 ครั้ง แต่ถ้าปริมาตรของสารละลายที่ใช้น้อยกว่า 15 มิลลิลิตร ต้องทำการเจือจางน้ำตาลในตัวอย่างนมใหม่ และทำการไตเตรตใหม่

-Accurate method

- ปิเปตสารละลายเฟลิง A และ B มาอย่างละ 5 มล.ใส่ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล.
- ใส่สารละลายน้ำตาลตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมทดลองจากบิวเรตต์ลงในขวดรูปชมพู่ ให้ปริมาตรน้อยกว่าจุดยุติประมาณ 1 มิลลิลิตร
- เขย่า ต้มให้เดือดโดยเร็วและสม่ำเสมอ 2 นาที
- เติมเมธิลีนบลู 1-2 หยด

ไตเตรตโดยปล่อยครั้งละ 2-3 หยดให้ถึงจุดยุติภายในเวลา 1 นาที (ขณะไตเตรตสารละลายในขวดชมพู่ต้องเดือดตลอดเวลา และเขย่าให้เข้ากันเสมอ)

- อ่านปริมาตรของสารละลายน้ำตาลตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมทดลองที่ใช้ และคำนวณดังนี้จากสูตร

$$\% \text{ reducing sugar} = \frac{\text{Factor x ปริมาตรของตัวอย่างที่ปรับ x 100}}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ไตเตรต x น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

7. การหาความถ่วงจำเพาะของน้ำนม โดยใช้ Lactometer (ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. แลคโตมิเตอร์ที่มีเทอร์โมมิเตอร์
2. กระบอกตวง

วิธีการ

1. ทำน้ำนมให้มีอุณหภูมิเท่าที่กำหนดไว้บนแลคโตมิเตอร์
2. เทน้ำนมลงในกระบอกตวง ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่ากระเปาะของแลคโตมิเตอร์อย่างน้อย 0.6 ซม.

3. ผสมนมให้เข้ากันดี

4. หย่อนแลคโตมีเตอร์ลงในกระบอกตวง ซึ่งขณะนั้นน้ำนมจะล้นออกมาเล็กน้อย ขณะหย่อนแลคโตมีเตอร์ควรระวังอย่าให้มีฟองอากาศติดอยู่บนกระเปาะ และต้องให้แลคโตมีเตอร์อยู่ตรงกลางกระบอกตวงอย่าให้ลอยไปติดอยู่ข้างใดข้างหนึ่งของกระบอกตวง

5. ที่ก้านกระเปาะแลคโตมิเตอร์ น้ำนมจะสูงขึ้นมาตามก้านเหนือระดับของน้ำนมในกระบอกตวงเล็กน้อย อ่านจุดที่น้ำนมอยู่สูงสุด

8. การวัดค่าความหนืด(viscosity)โดยใช้ เครื่องวัดความหนืด(Viscometer) ยี่ห้อ Brookfield รุ่น DV II$^+$ (ดัดแปลง จาก Venkatchalam, *et al.*,1993)

วิธีการ

1. เลือกเข็มเบอร์ 1 ซึ่งมีลักษณะใหญ่มักใช้กับอาหารที่มีความหนืดน้อยๆ
2. ใส่ตัวอย่างนมขนาด 400 มิลลิลิตรในบิกเกอร์ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง
3. ทำการวัดโดยกดหมาย แช่จุ่มเข็มเบอร์ 1 ลงในตัวอย่างนมพร้อมทั้งวัดอุณหภูมิด้วย
4. กดเลข 6 จากหน้าปัทท์เครื่องและตามด้วยเลขความเร็วของเบอร์ 1
5. เปิดสวิทช์เครื่อง
6. อ่านค่าเลขจากหน้าปัทม์เครื่อง ซึ่งจะบอกเป็น CPS หรือเปอร์เซ็นต์ทอร์

9. ความเป็นกรดด่าง โดยพีเอชมิเตอร์

วิธีการ

นำน้ำนมตัวอย่างของแต่ละอุณหภูมิ ปริมาณ 30 มิลลิลิตรใส่ในปีกเกอร์ และทำการวัดด้วยเครื่องวัดพีเอชที่ผ่านการปรับด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน พีเอช 7.0 และ 10.0

10. การวัดความคงตัวต่อความร้อน (Mitall, *et al.*, 1988)

อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง ขนาด 2 มิลลิลิตร
2. ที่วางหลอดทดลอง
3. นาฬิกาจับเวลา
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. อ่างไอน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิได้

วิธีการ

1. ใส่ตัวอย่างนมหลอดละ 2 มิลลิลิตร โดยใช้หลอดที่มีขนาดเท่ากัน แล้วปิดฝาหลอดให้แน่น

2. นำตัวอย่างนมที่ใส่หลอด 2 มิลลิลิตร และปิดฝาแล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ก่อนที่จะไปอุ่นในหม้อที่ใส่กลีเซอรอลหรืออ่างน้ำมันที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 130-140 องศาเซลเซียส

3. ตรวจสอบตัวอย่างทดลองภายใต้สภาวะที่มีแสงไฟเข้ามาก เพื่อดูการตกตะกอนช่วงเวลา 4 นาที (เริ่มตั้งแต่เป็นฝ้าขาวๆ จนถึงจับกันเป็นก้อนทั้งหมด) บันทึกทุก 2 นาที รายงานผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของตัวอย่างนมที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิต่างๆ และบันทึกช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลง)

11. การตกตะกอนของน้ำนม (ดัดแปลงจาก Sharma and Prasad, 1990)

อุปกรณ์

1. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร
2. เครื่องหมุนเหวี่ยง
3. เครื่องชั่งละเอียด
4. ตู้อบไฟฟ้า

สารเคมี ได้แก่ อะซีโตน หรือ ปิโตรเลี่ยมอีเทอร์

วิธีการ

1. ใส่ตัวอย่างนมทดลอง 10 มิลลิลิตร และนำปั่นเหวียง 1500 รอบต่อ 15 นาที
2. เทส่วนใส่ออก นำตะกอนที่ได้ล้างด้วยน้ำกลั่นที่เย็น
3. นำมาทำให้แห้งโดยการอบและกำจัดไขมันโดยล้างด้วยอะซีโตน
4. หาน้ำหนักของตะกอนโดยนำตะกอนที่ขจัดไขมันแล้วมาอบในตู้อบอุณหภูมิ 102-105 องศาเซลเซียส โดยใช้ น้ำหนักตะกอนที่อบแห้งครั้งสุดท้าย จนน้ำหนักคงที่รายงานผล

$$\%\text{น้ำหนักตะกอน} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น - น้ำหนักตัวอย่างตะกอนที่อบแห้งจนน้ำหนักคงที่ x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างนมเริ่มต้น}}$$

12. ปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล (Morales, *et al.*, 1996)

อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง ขนาด 10มิลลิลิตร
2. อ่างไอน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิได้
3. ปิเปตขนาด 1 5 และ 10 มิลลิลิตร
4. กระดาษกรอง เบอร์ 42
5. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

สารเคมี

1. กรดออกซาลิค (Oxalic acid) 0.3 นอร์มอล
2. กรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid) เข้มข้นร้อยละ 40
3. กรดไทโอบาบิทูริก (Thibarbituric acid)
4. สารมาตรฐานไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล (HMF)

การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราล (Morales,*et al.*, 1997)

วิธีการ

1. ดูดสารมาตรฐานไฮดอรกซี่เมทิลเฟอฟูราลที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ คือ 20 40 60 80 และ 100 ไมโครโมล/มิลลิลิตร ทุกความเข้มข้นอย่างละ 10 มิลลิลิตร ไว้ในหลอดทดลองขนาด 35 มิลลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

2. เติมกรดออกซาลิก (Oxalic acid) 0.3 นอร์มอล ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากันดี นำไปแช่ในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3. เมื่อครบกำหนดแล้วนำสารตัวอย่างมาทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว โดยทำการแช่ภาชนะที่มีน้ำแข็ง

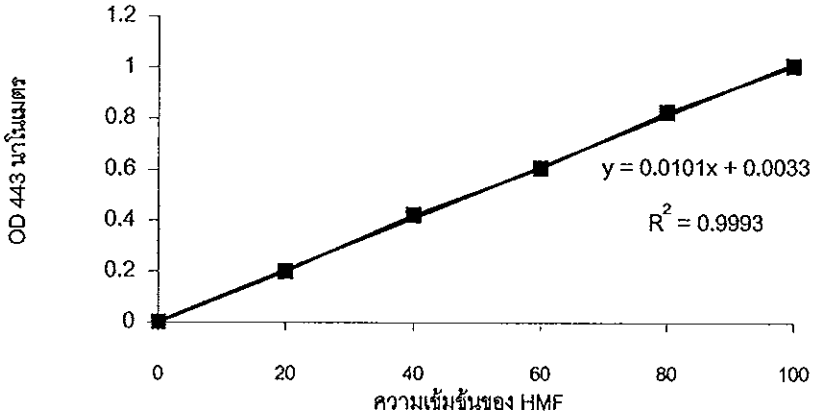
4. เติมกรดไตรคลอโรอะซีติก (Trichloracetic acid) เข้มข้นร้อยละ 40 ใช้เครื่องเขย่าเพื่อให้สารผสมเข้ากันดีกับสารละลายมาตรฐาน

5. ดูดตัวอย่าง สารมาตรฐานที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ ซึ่งทำการผสมกับกรดแล้ว 4 มิลลิลิตร

6. เติมสารละลายกรดไทโอบาบิทูริก (Thiobarbutiric acid) 0.05 โมลาร์ จำนวน 1 มิลลิลิตร และนำไปบ่มในอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

7. เมื่อครบเวลาตามกำหนดแล้ว จึงนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 443 นาโนเมตร ภายใน 12 นาที และใช้น้ำกลั่นเป็นแบลงค์ใส่สารต่างๆ ทุกชนิดตามข้อ 1-6 ที่กล่าวมา

8. นำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้มาเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของปริมาณสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราลที่ระดับความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 100 ไมโครโมล/มิลลิลิตรกับค่าดูดกลืนแสงได้กราฟมาตรฐานดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 กราฟมาตรฐานของสาร HMF ที่ระดับความเข้มข้น 6 ระดับกับค่าดูดกลืนแสงที่ 443 นาโนเมตร

วิธีการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างนม

1. ใส่ตัวอย่างนมทดลองในหลอดปริมาณ 10 มิลลิลิตรและเติมกรดออกซาลิค 0.3 นอร์มอลขนาด 5 มิลลิลิตร

2. นำตัวอย่างที่ผสมกรดออกซาลิคไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำมาแช่ลงในน้ำเย็นจัดทันที ระยะเวลา 10 นาที

3. เติมกรดไตรคลอโรอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ทำการผสมให้เข้ากันดี

4. กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ใช้เฉพาะส่วนใสของตัวอย่าง

5. นำส่วนใสของตัวอย่างปริมาณ 4 มิลลิลิตร เติมกับ 0.5 โมลาร์บาร์บิทูริก 1 มิลลิลิตร

6. ผสมส่วนผสมจากข้อ 5 ให้เข้ากันดี นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำร้อนเป็นเวลา 35 นาที

7. นำไปวัดด้วยเครื่องวัดดูดค่ากลืนแสงที่ความยาวคลื่น 443 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตรเป็นแบลงค์ โดยเปรียบเทียบกับการดูดกลืนแสงที่วัดได้จากกราฟมาตรฐานของสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราลที่ 0 20 40 60 80 และ 100 ไมโครโมล/มิลลิลิตร

13. ปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Adhikari and Singhal, 1992)

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่นตัวอย่าง
2. บูเรตต์ขนาด 10 มิลลิลิตร และขาตั้ง
3. เตาให้ความร้อน

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริค เข้มข้น 1 นอร์มอล
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.01 นอร์มอล
3. ฟีนอล์ฟทาลีน เข้มข้นร้อยละ 0.5

วิธีการ

1. นำตัวอย่างนมประมาณ 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดกลั่น
2. เติม 1 นอร์มอล ของ H_2SO_4 ปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร ในตัวอย่างนมที่ทดลอง และนำมากลั่นที่อุณหภูมิน้ำเดือด
3. กลั่นโดยวิธีพ่นไอน้ำลงในตัวอย่าง
4. นำส่วนที่กลั่นได้ประมาณ 50 มิลลิลิตร ไตเตรตด้วย 0.01 N NaOH โดยมีฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นอินดิเคเตอร์

โดยองค์ประกอบของกรดไขมันทั้งหมดที่ระเหยได้ รายงานออกมาเป็นมิลลิลิตรของ 0.1 N NaOH ที่ใช้ไตเตรตกับส่วนตัวอย่างที่กลั่นได้ประมาณ 50 มิลลิลิตร

14 . การย่อยสลายของไขมัน (Collins, *et al.*, 1993)

อุปกรณ์

1. หลอดทดลองขนาด 35 มิลลิลิตร
2. กรวยแยกชั้นไขมัน
3. ชุดอุปกรณ์ไตเตรต

สารเคมี

1. เมทาโนลิคโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (Methanolic KOH) เข้มข้น 0.02 นอร์มอล
2. ปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ (Petroleum ether)
3. Isopropanol
4. กรดซัลฟูริคเข้มข้น 4 นอร์มอล

วิธีการ

1. ปิเปตตัวอย่างนม ปริมาณ 2-5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ขนาด 35 มิลลิลิตร
2. เขย่าหรือผสมด้วยสารสกัดไขมันซึ่งได้จากการผสมจาก Isopropanol : Petroleum ether : 4 .N H_2SO_4 ในอัตราส่วน 40: 10:1
3. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 6 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดให้แน่น เขย่าให้เข้ากัน ประมาณ 15 วินาที และตั้งไว้เพื่อให้แยกชั้นของไขมันเวลา 5-10 นาที
4. ใส่ในกรวยแยกเพื่อแยกชั้นไขมันและส่วนที่เป็นน้ำออก
5. แยกส่วนที่เป็นไขมันซึ่งละลายแล้วใส่ในฟลาสก์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม Methanolic phenopthalien ร้อยละ 1 ปริมาณ 1หยด
6. นำมาไตเตรตด้วย Methanolic KOH 0.02 N
7. ทำแบลงค์โดยการใช้น้ำกลั่นเท่ากับน้ำนมคำนวณตามสูตรในรูปของปริมาณของกรดไขมันอิสระ (ไมโครกรัมสมมูลย์/มิลลิลิตร)

โดยใช้สูตรคือ การย่อยสลายของไขมัน (Lipolysis) (มก./มล.) $= \frac{10^3 \times T \times N}{P \times V}$

T = ปริมาตรของ Methanolic KOH 0.02 N ที่ทำการไตเตรตทั้งหมด

N = นอร์มอลของ Methenolic KOH

P = สัดส่วนของชั้นที่ไขมันนมละลายออกมา และนำมาไตรเตรต

V = ปริมาตรของนมตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

15. ปริมาณของกรดอะมิโนอิสระ (ดัดแปลงจาก Mckellar, 1981)

อุปกรณ์

1. กระดาษกรองเบอร์ 1

2. เครื่องเขย่า

3. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง

4. เครื่องวัดพีเอช

5. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร

6. ไมโครปิเปต

7. ปิเปตขนาด 1 2 และ 5 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. กรดไตรคลอโรอะซีติก (Trichloroacetic acid) เข้มข้น .72 นอร์มอล

2. กรดไตรไนโตรเบนซัลโฟนิค (Trinitrobensulfonic acid) (TNBS)

3. สารมาตรฐานของกรดอะมิโนไกลซิน

4. โมโนเบสิกโซเดียมฟอสเฟต (Monosodiumbasic phosphate)

การเตรียมกราฟมาตรฐานของไกลซิน

วิธีการ

1. ดูดสารละลายมาตรฐานของไกลซินที่ความเข้มข้นระดับต่าง คือ 0 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1 ไมโครโมล/มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

2. เติมกรดไตรคลอโรอะซีติก (Trichloacetic acid) เข้มข้น 0.72 นอร์มอล 2 มิลลิลิตร เพื่อย่อยไกลซิน

3. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

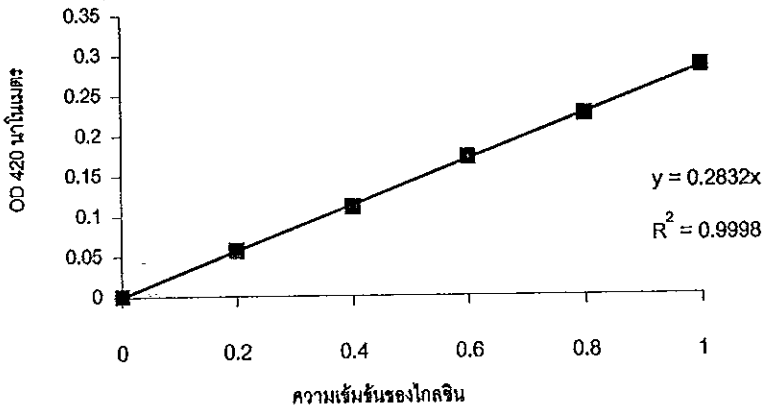
4. ดูดตัวอย่างเข้มข้นของไกลซินระดับต่างๆได้ในหลอดทดลองเติมโปตัสเซียมบอเรทบัฟเฟอร์พีเอช 9.5 จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5. เติมกรดไตรโนโตรเบนซัลโฟนิค (Trinitrobensulfonic acid) ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ จำนวน 0.8 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน แล้วนำเข้าไว้ที่มีอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที

6. ใส่สารโมโนเบสิกโซเดียมฟอสเฟต ความเข้มข้น 2 โมลาร์ จำนวน 0.8 มิลลิลิตร

7. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นแบลงค์ โดยสารต่างๆ ตามในข้อ 1-6

8. นำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้มาเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารไกลซินที่ระดับ 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1 ไมโครโมล/มิลลิลิตร กับค่าดูดกลืนแสงได้กราฟภาพมาตรฐานดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 กราฟมาตรฐานของไกลซิน ที่ความเข้มข้น 6
ระดับกับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 443 นาโนเมตร

การตรวจวิเคราะห์ในตัวอย่างนม

1. ปิเปตตัวอย่างนม 2 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง

2. เติมกรดไตรคลอโรอะซีติก (Trichloroacetic acid) เข้มข้น .72 นอร์มอล เพื่อย่อยกรดอะมิโนในน้ำนม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3. กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อแยกส่วนใส

4. นำส่วนใสของตัวอย่างที่ได้รวมกับ 1 โมลาร์ โปตัสเซียมบอเรทบัฟเฟอร์ร์พีเอช 9.5 จำนวน 2 มิลลิลิตร และ 8 มิลลิลิตรของ 5 โมลาร์ TNBS (Sigma)

5. นำไปตั้งที่ห้องมืดอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

6. ทดสอบสารละลายมาตรฐานของไกลซินเพื่อซึ่งใช้กรดไทรคลอโรอะซีติกย่อยโดยไม่มีการกรอง

7. ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที หลังจากนั้นใส่สาร 2 โมลาร์ โมโนเบสิกโซเดียมฟอสเฟส ซึ่งประกอบด้วย 18 มิลลิโมลาร์โซเดียมซัลไฟต์

8. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตรด้วย เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง

9 คำนวณวัดการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารละลาย Trichoroacetic ที่ย่อยหมู่กรดอะมิโนต่อมิลลิลิตรของนม (ไมโครโมล/มิลลิลิตร

10. คำนวณกลับเป็นหน่วยไมโครโมลของกรดอะมิโนต่อมิลลิลิตรจากกราฟมาตรฐานของไกลซิน

ภาคผนวก ข

การประเมินคุณภาพของประสาทสัมผัส
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา

ชื่อผู้ทดสอบชิม ..... เวลา..... น.วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

คำแนะนำ

โปรดทำเครื่องหมายเส้นตรงขวางตั้งฉากกับเส้นสเกลแนวนอนที่ให้ไว้เพื่อแสดงตำแหน่งที่ท่านได้ให้กับตัวอย่าง ตามที่ท่านคิดว่าเหมาะสมที่สุด กรุณาเขียนชื่อรหัสของตัวอย่างนั้นทำเครื่องหมาย I เพื่อบอกถึงระดับที่ท่านพอใจในแต่คุณลักษณะ และกรุณาบ้วนปากทุกครั้งในการชิมตัวอย่าง

1. สี

ขาว _____ เหลืองอ่อนปนน้ำตาล

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส

ก. ความข้นมัน

น้อย _____ มาก

ข. ความรู้สึกสากลิ้น

น้อย _____ มาก

3. กลิ่นรส

กลิ่นรสผิดปกติ

น้อย _____ มาก

4. การยอมรับรวม

น้อย _____ มาก

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ขอบคุณ.

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมีของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ ค.1 ค่าเฉลี่ยความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	86.40^{a}	86.58^{a}
1	4 ± 2	86.00^{a}	86.17^{a}
	10 ± 2	86.15^{a}	86.48^{a}
	30 ± 2	87.35^{a}	86.97^{a}
	35 ± 2	85.26^{b}	86.27^{a}
2	4 ± 2	87.54^{a}	86.10^{a}
	10 ± 2	86.37^{b}	85.45^{a}
	30 ± 2	85.30^{a}	85.37^{a}
	35 ± 2	82.89^{d}	83.32^{b}
3	4 ± 2	86.80^{a}	86.76^{a}
	10 ± 2	87.16^{a}	85.96^{b}
	30 ± 2	85.17^{b}	84.97^{b}
	35 ± 2	82.47^{c}	81.45^{c}
4	4 ± 2	86.68^{a}	86.45^{a}
	10 ± 2	87.24^{a}	86.45^{b}
	30 ± 2	83.69^{b}	84.97^{b}
	35 ± 2	80.67^{c}	79.73^{c}
5	4 ± 2	87.25^{a}	86.93^{a}
	10 ± 2	86.34^{b}	86.64^{b}
	30 ± 2	84.24^{b}	84.58^{b}
	35 ± 2	80.65^{d}	79.83^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f)ที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.2 ค่าเฉลี่ยสีเขียวถึงสีแดง (a) ของนมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	-1.26^{e}	-.2.29^{b}
1	4 ± 2	-1.23^{b}	-2.28^{c}
	10 ± 2	-2.20^{c}	-2.09^{bb}
	30 ± 2	-2.11^{c}	1.94^{ab}
	35 ± 2	-0.55^{a}	-1.77^{a}
2	4 ± 2	-1.90^{c}	-1.97^{b}
	10 ± 2	-2.01^{c}	-1.99^{b}
	30 ± 2	-0.96^{b}	-1.69^{b}
	35 ± 2	-0.00^{a}	-0.75^{a}
3	4 ± 2	1.93^{c}	-2.18^{c}
	10 ± 2	-2.10^{c}	-2.12^{c}
	30 ± 2	-1.18^{b}	-1.25^{b}
	35 ± 2	-0.15^{a}	-0.01^{a}
4	4 ± 2	-1.69^{c}	-1.96^{c}
	10 ± 2	-1.60^{c}	-1.99^{c}
	30 ± 2	-0.35^{b}	-1.57^{b}
	35 ± 2	-0.30^{a}	-0.01^{a}
5	4 ± 2	-1.34^{c}	-1.76^{c}
	10 ± 2	-1.38^{c}	-2.02^{d}
	30 ± 2	-0.28^{b}	-0.60^{b}
	35 ± 2	-1.23^{a}	-1.44^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.3 ค่าเฉลี่ยสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b)ของนมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	8.88^{b}	6.32^{c}
1	4 ± 2	8.33^{b}	6.40^{b}
	10 ± 2	8.26^{b}	7.63^{b}
	30 ± 2	8.03^{b}	7.62^{a}
	35 ± 2	9.80^{a}	7.92^{a}
2	4 ± 2	8.81^{b}	7.46^{bc}
	10 ± 2	8.19^{c}	7.27^{c}
	30 ± 2	9.16^{b}	7.78^{b}
	35 ± 2	10.91^{a}	8.69^{a}
3	4 ± 2	8.32^{c}	7.40^{c}
	10 ± 2	8.23^{c}	7.05^{b}
	30 ± 2	8.97^{b}	9.01^{b}
	35 ± 2	11.92^{a}	10.35^{a}
4	4 ± 2	8.45^{c}	7.91^{c}
	10 ± 2	8.44^{c}	7.94^{c}
	30 ± 2	9.97^{b}	9.75^{b}
	35 ± 2	12.05^{a}	11.96^{a}
5	4 ± 2	8.62^{c}	8.94^{c}
	10 ± 2	8.56^{c}	8.87^{c}
	30 ± 2	9.91^{b}	9.63^{b}
	35 ± 2	13.67^{a}	14.48^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.4 ค่าเฉลี่ยของความหนืดในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	13.50^{f}	19.1^{e}
1	4 ± 2	15.40^{e}	16.77^{f}
	10 ± 2	15.83^{e}	22.17^{d}
	30 ± 2	15.32^{d}	19.20^{e}
	35 ± 2	17.97^{c}	21.70^{d}
2	4 ± 2	16.77^{b}	22.15^{d}
	10 ± 2	17.27^{d}	24.80^{c}
	30 ± 2	16.60^{c}	25.67^{d}
	35 ± 2	17.70^{d}	27.50^{c}
3	4 ± 2	18.57^{a}	25.99^{c}
	10 ± 2	17.63^{c}	27.50^{a}
	30 ± 2	19.33^{b}	25.87^{c}
	35 ± 2	20.33^{b}	31.10^{b}
4	4 ± 2	16.53^{c}	28.60^{b}
	10 ± 2	19.43^{b}	27.37^{ab}
	30 ± 2	19.50^{b}	27.08^{b}
	35 ± 2	20.68^{a}	33.00^{a}
5	4 ± 2	15.9^{d}	29.90^{a}
	10 ± 2	19.87^{a}	27.23^{b}
	30 ± 2	19.80^{a}	27.93^{a}
	35 ± 2	18.0^{d}	33.13^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.5 ค่าเฉลี่ยของพีเอชในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	6.70	6.60^{a}
1	4 ± 2	6.69^{a}	6.58^{ab}
	10 ± 2	6.71^{a}	6.58^{a}
	30 ± 2	6.54^{b}	6.52^{b}
	35 ± 2	6.54^{c}	6.50^{b}
2	4 ± 2	3.63^{b}	6.52^{bc}
	10 ± 2	6.63^{b}	6.53^{b}
	30 ± 2	6.63^{b}	6.51^{b}
	35 ± 2	6.52^{b}	6.50^{b}
3	4 ± 2	6.59^{b}	6.51^{c}
	10 ± 2	6.65^{b}	6.49^{b}
	30 ± 2	6.64^{b}	6.51^{bc}
	35 ± 2	6.50^{b}	6.51^{b}
4	4 ± 2	6.54^{a}	6.50^{c}
	10 ± 2	6.63^{b}	6.51^{b}
	30 ± 2	6.59^{b}	6.48^{c}
	35 ± 2	6.41^{c}	6.51^{b}
5	4 ± 2	6.54^{a}	6.50^{c}
	10 ± 2	6.55^{a}	6.50^{b}
	30 ± 2	6.40^{e}	6.43^{d}
	35 ± 2	6.23^{d}	6.25^{e}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.6 ค่าเฉลี่ยของค่าความคงทนต่อความร้อนในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ(เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	32.02[a]	20.02[a]
1	4 ± 2	22.33[b]	20.00[a]
	10 ± 2	20.01[b]	19.83[a]
	30 ± 2	25.00[b]	16.00[b]
	35 ± 2	17.26[b]	17.00[b]
2	4 ± 2	21.05[c]	16.00[b]
	10 ± 2	18.55[c]	18.26[b]
	30 ± 2	20.32[c]	15.83[b]
	35 ± 2	17.01[b]	15.00[c]
3	4 ± 2	20.30[d]	14.47[c]
	10 ± 2	18.20[d]	17.08[c]
	30 ± 2	16.23[e]	17.01[e]
	35 ± 2	16.40[e]	14.24[d]
4	4 ± 2	19.31[e]	13.80[d]
	10 ± 2	16.23[e]	17.01[c]
	30 ± 2	14.00[e]	14.04[d]
	35 ± 2	12.34[d]	12.00[f]
5	4 ± 2	18.14[f]	14.00[d]
	10 ± 2	16.40[e]	14.24[d]
	30 ± 2	12.77[f]	12.03[e]
	35 ± 2	12.00[e]	12.33[e]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.7 ค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกอนในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ(เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	0.41^{c}	0.36^{b}
1	4 ± 2	0.39^{e}	0.37^{d}
	10 ± 2	0.57^{c}	0.38^{c}
	30 ± 2	0.64^{d}	0.44^{c}
	35 ± 2	0.70^{d}	0.47^{b}
2	4 ± 2	0.92^{b}	0.39^{b}
	10 ± 2	0.89^{b}	0.37^{c}
	30 ± 2	0.91^{c}	0.55^{b}
	35 ± 2	1.07^{c}	0.74^{a}
3	4 ± 2	0.95^{b}	0.44^{b}
	10 ± 2	0.90^{b}	0.40^{c}
	30 ± 2	1.07^{b}	0.54^{v}
	35 ± 2	1.07^{a}	0.77^{a}
4	4 ± 2	1.05^{a}	0.41^{b}
	10 ± 2	0.96^{b}	0.51^{b}
	30 ± 2	1.09^{b}	0.65^{a}
	35 ± 2	1.20^{b}	0.79^{a}
5	4 ± 2	1.07^{a}	0.70^{a}
	10 ± 2	1.09^{a}	0.67^{a}
	30 ± 2	1.20^{a}	0.68^{a}
	35 ± 2	1.66^{a}	0.82^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราลในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรส จืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	22.23^{d}	21.88^{d}
1	4 ± 2	22.92^{d}	26.07^{c}
	10 ± 2	24.19^{c}	25.97^{c}
	30 ± 2	30.44^{e}	28.20^{e}
	35 ± 2	32.67^{e}	30.60^{e}
2	4 ± 2	22.88^{d}	26.20^{c}
	10 ± 2	24.33^{c}	26.66^{c}
	30 ± 2	31.86^{d}	30.14^{d}
	35 ± 2	34.81^{d}	32.02^{d}
3	4 ± 2	24.69^{c}	28.80^{b}
	10 ± 2	25.11^{bc}	28.43^{b}
	30 ± 2	33.50^{c}	32.05^{c}
	35 ± 2	36.69^{c}	34.06^{c}
4	4 ± 2	25.87^{b}	28.21^{b}
	10 ± 2	25.64^{b}	29.00^{b}
	30 ± 2	35.41^{b}	35.21^{b}
	35 ± 2	41.65^{b}	40.17^{b}
5	4 ± 2	28.76^{a}	33.63^{a}
	10 ± 2	32.87^{a}	38.06^{a}
	30 ± 2	39.35^{a}	42.20^{a}
	35 ± 2	55.75^{a}	56.70^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.9 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์นมยูเอชที รสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	0.52^{c}	0.50^{d}
1	4 ± 2	0.52^{c}	0.62^{c}
	10 ± 2	0.53^{c}	0.63^{c}
	30 ± 2	0.55^{d}	0.64^{e}
	35 ± 2	0.62^{d}	1.04^{d}
2	4 ± 2	0.53^{c}	0.64^{c}
	10 ± 2	0.54^{c}	0.67^{c}
	30 ± 2	0.68^{c}	0.89^{d}
	35 ± 2	0.84^{d}	1.33^{c}
3	4 ± 2	0.66^{b}	0.68^{bc}
	10 ± 2	0.67^{b}	0.76^{b}
	30 ± 2	0.96^{b}	1.17^{c}
	35 ± 2	1.12^{c}	1.38^{c}
4	4 ± 2	0.76^{a}	0.73^{ab}
	10 ± 2	0.76^{a}	0.75^{b}
	30 ± 2	0.98^{b}	1.28^{b}
	35 ± 2	1.20^{b}	1.56^{b}
5	4 ± 2	0.74^{a}	0.79^{a}
	10 ± 2	0.80^{a}	0.83^{a}
	30 ± 2	1.32^{a}	1.38^{a}
	35 ± 2	1.77^{a}	1.64^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ค.10 ค่าเฉลี่ยของการย่อยสลายของไขมันในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	0.18^{a}	0.22^{ab}
1	4 ± 2	0.21^{a}	0.21^{b}
	10 ± 2	0.22^{ab}	0.23^{b}
	30 ± 2	0.30^{c}	0.31^{c}
	35 ± 2	0.36^{c}	0.38^{d}
2	4 ± 2	0.23^{a}	0.22^{ab}
	10 ± 2	0.23^{ab}	0.23^{b}
	30 ± 2	0.25^{c}	0.30^{c}
	35 ± 2	0.37^{c}	0.40^{d}
3	4 ± 2	0.23^{a}	0.24^{ab}
	10 ± 2	0.23^{ab}	0.25^{ab}
	30 ± 2	0.46^{b}	0.53^{b}
	35 ± 2	0.63^{b}	0.66^{a}
4	4 ± 2	0.23^{a}	0.27^{a}
	10 ± 2	0.24^{a}	0.37^{a}
	30 ± 2	0.48^{b}	0.57^{b}
	35 ± 2	0.67^{b}	0.77^{b}
5	4 ± 2	0.24^{a}	0.27^{a}
	10 ± 2	0.26^{a}	0.37^{a}
	30 ± 2	0.64^{a}	0.98^{a}
	35 ± 2	1.01^{a}	1.10^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.11 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสจืดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	0.13^{f}	0.16^{d}
1	4 ± 2	0.34^{e}	0.29^{c}
	10 ± 2	0.36^{d}	0.31^{d}
	30 ± 2	0.43^{e}	0.33^{c}
	35 ± 2	0.45^{c}	0.37^{d}
2	4 ± 2	0.34^{e}	0.29^{c}
	10 ± 2	0.36^{d}	0.31^{d}
	30 ± 2	0.52^{d}	0.53^{b}
	35 ± 2	0.58^{b}	0.53^{c}
3	4 ± 2	0.43^{c}	0.52^{a}
	10 ± 2	0.46^{b}	0.52^{b}
	30 ± 2	0.55^{c}	0.56^{b}
	35 ± 2	0.55^{b}	0.58^{b}
4	4 ± 2	0.46^{b}	0.53^{a}
	10 ± 2	0.48^{b}	0.53^{b}
	30 ± 2	0.60^{b}	0.59^{a}
	35 ± 2	0.69^{a}	0.61^{a}
5	4 ± 2	0.56^{a}	0.54
	10 ± 2	0.60^{a}	0.56^{a}
	30 ± 2	0.61^{a}	0.61^{a}
	35 ± 2	0.71^{a}	0.63^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.12 ค่าเฉลี่ยของความสว่าง (L) ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	85.59[a]	84.73[a]
1	4 ± 2	85.34[a]	85.07[a]
	10 ± 2	84.87[a]	84.19[a]
	30 ± 2	85.17[a]	84.18[a]
	35 ± 2	85.07[b]	84.20[a]
2	4 ± 2	85.19[a]	84.98[a]
	10 ± 2	85.09[a]	84.21[a]
	30 ± 2	84.58[a]	83.01[a]
	35 ± 2	84.03[a]	82.73[b]
3	4 ± 2	85.70[b]	84.59[a b]
	10 ± 2	85.84[b]	84.90[a]
	30 ± 2	84.56[a]	84.11[b]
	35 ± 2	82.64[c]	81.16[c]
4	4 ± 2	86.93[b]	84.98[a]
	10 ± 2	86.41[b]	84.25[a]
	30 ± 2	84.68[c]	82.67[b]
	35 ± 2	81.32[d]	81.25[c]
5	4 ± 2	86.09[a]	84.82[a]
	10 ± 2	85.73[a]	84.84[a]
	30 ± 2	84.11[b]	81.25[c]
	35 ± 2	73.64[c]	73.61[c]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค. 13 ค่าเฉลี่ยของค่าสีเขียวถึงแดง (a) ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	-2.02[a]	-1.50[a]
1	4 ± 2	-1.87[bc]	-1.27[ab]
	10 ± 2	-1.99[c]	-1.25[ab]
	30 ± 2	-1.71[b]	1.32[b]
	35 ± 2	-1.12[a]	-1.0[a]
2	4 ± 2	-1.91[c]	-1.30[b]
	10 ± 2	-1.91[c]	-1.26[b]
	30 ± 2	-1.65[b]	-1.46[b]
	35 ± 2	-1.04[a]	-0.69[a]
3	4 ± 2	-1.82[c]	-1.27[b]
	10 ± 2	-1.90[c]	-1.30[b]
	30 ± 2	-1.20[b]	-1.22[b]
	35 ± 2	-0.18[a]	-0.44[a]
4	4 ± 2	-1.66[c]	-1.55[c]
	10 ± 2	-1.64[c]	-1.58[c]
	30 ± 2	-0.72[b]	-0.49[b]
	35 ± 2	-0.38[a]	-0.04[a]
5	4 ± 2	-129[d]	-1.34[c]
	10 ± 2	-1.11[c]	-1.25[c]
	30 ± 2	-0.20[b]	-0.17[b]
	35 ± 2	3.15[a]	3.13[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.14 ค่าฉลี่ยของค่าสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b) ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	7.99[a]	8.95[a]
1	4 ± 2	8.36[bc]	9.18[b]
	10 ± 2	7.89[c]	9.29[b]
	30 ± 2	8.64[b]	9.43[b]
	35 ± 2	9.72[a]	10.03[a]
2	4 ± 2	7.27[b]	8.86[b]
	10 ± 2	7.10[b]	8.99[b]
	30 ± 2	7.72[b]	8.72[b]
	35 ± 2	9.81[a]	11.20[a]
3	4 ± 2	8.73[c]	9.55[c]
	10 ± 2	8.53[c]	9.44[b]
	30 ± 2	9.76[b]	9.76[b]
	35 ± 2	11.73[a]	12.05[a]
4	4 ± 2	8.50[c]	9.61[c]
	10 ± 2	8.46[c]	9.67[c]
	30 ± 2	9.89[b]	11.19[b]
	35 ± 2	12.81[a]	12.98[a]
5	4 ± 2	8.40[d]	9.55[c]
	10 ± 2	8.82[c]	9.68[c]
	30 ± 2	10.30[b]	11.58[b]
	35 ± 2	18.03[a]	17.91[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.15 ค่าเฉลี่ยของความหนืดในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	15.93^{e}	18.60^{e}
1	4 ± 2	16.17^{e}	21.67^{b}
	10 ± 2	15.60^{e}	20.20^{d}
	30 ± 2	18.43^{d}	21.40^{e}
	35 ± 2	18.97^{e}	22.17^{e}
2	4 ± 2	19.47^{a}	20.73^{d}
	10 ± 2	18.80^{de}	22.23^{c}
	30 ± 2	18.73^{c}	23.23^{d}
	35 ± 2	19.53^{d}	24.37^{d}
3	4 ± 2	18.07^{d}	21.17
	10 ± 2	16.57^{a}	22.53
	30 ± 2	18.40^{d}	28.47^{d}
	35 ± 2	21.87^{a}	28.40^{c}
4	4 ± 2	18.87^{b}	21.17^{c}
	10 ± 2	18.03^{b}	22.47^{bb}
	30 ± 2	19.70^{b}	29.50^{b}
	35 ± 2	22.40^{b}	32.33^{b}
5	4 ± 2	18.43^{a}	22.60^{a}
	10 ± 2	18.83^{a}	22.87^{b}
	30 ± 2	21.33^{a}	32.53^{a}
	35 ± 2	24.93^{a}	35.60^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.16 ค่าเฉลี่ยของพีเอชในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	6.70[a]	6.69[a]
1	4 ± 2	6.60[c]	6.64[bc]
	10 ± 2	6.61[b]	6.65[b]
	30 ± 2	6.55[b]	6.65[b]
	35 ± 2	6.55[b]	6.63[b]
2	4 ± 2	6.64[b]	6.67[ab]
	10 ± 2	6.64[b]	6.63[c]
	30 ± 2	6.53[bc]	6.60[c]
	35 ± 2	6.47[c]	6.59[c]
3	4 ± 2	6.63[b]	6.66[abc]
	10 ± 2	6.55[c]	6.60[c]
	30 ± 2	6.51[c]	6.54[d]
	35 ± 2	6.38[d]	6.52[d]
4	4 ± 2	6.52-d	6.63[c]
	10 ± 2	6.48[d]	6.52[e]
	30 ± 2	6.33[d]	6.49[e]
	35 ± 2	6.31[e]	6.37[e]
5	4 ± 2	6.42[e]	6.54[d]
	10 ± 2	6.47[d]	6.55[d]
	30 ± 2	6.31[d]	6.36[f]
	35 ± 2	6.24[f]	6.23[f]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.17 ค่าเฉลี่ยของค่าความคงทนต่อความร้อนในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	35.07[a]	60.00[a]
1	4 ± 2	35.03[a]	57.33[b]
	10 ± 2	33.33[a]	55.00[b]
	30 ± 2	29.57[b]	53.00[b]
	35 ± 2	32.33[b]	51.33[b]
2	4 ± 2	37.33[a]	57.07[b]
	10 ± 2	35.33[a]	55.02[b]
	30 ± 2	27.33[c]	51.33[b]
	35 ± 2	28.33[c]	33.00[c]
3	4 ± 2	31.33[b]	21.00[c]
	10 ± 2	22.07[b]	53.33[b]
	30 ± 2	18.26	38.00[c]
	35 ± 2	15.30[d]	29.33[d]
4	4 ± 2	20.83[c]	28.07[d]
	10 ± 2	18.46[c]	23.06[c]
	30 ± 2	16.23[d]	14.07[e]
	35 ± 2	12.54[e]	17.00[e]
5	4 ± 2	12.31[d]	20.33[e]
	10 ± 2	15.21[d]	22.04
	30 ± 2	10.39[e]	14.07[e]
	35 ± 2	9.00[f]	10.23[f]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.18 ค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกอนในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	0.69^{b}	0.64^{c}
1	4 ± 2	0.71^{b}	0.65^{bcd}
	10 ± 2	0.72^{d}	0.67^{ed}
	30 ± 2	0.76^{de}	0.67^{e}
	35 ± 2	0.79^{c}	0.69^{c}
2	4 ± 2	0.70^{b}	0.69^{bc}
	10 ± 2	0.76^{cd}	0.70^{bcd}
	30 ± 2	0.43^{cd}	0.72^{be}
	35 ± 2	1.03^{b}	0.77^{bc}
3	4 ± 2	0.93^{a}	0.82^{abc}
	10 ± 2	0.92^{a}	0.86^{abc}
	30 ± 2	1.05^{bc}	0.89^{ab}
	35 ± 2	1.30^{a}	0.94^{b}
4	4 ± 2	0.98^{a}	0.86^{ab}
	10 ± 2	1.04^{ab}	0.88^{ab}
	30 ± 2	1.19^{ab}	0.96^{a}
	35 ± 2	1.39^{a}	1.13^{a}
5	4 ± 2	1.11^{a}	0.98^{a}
	10 ± 2	1.17^{a}	1.01^{a}
	30 ± 2	1.26^{a}	1.06^{a}
	35 ± 2	1.40^{a}	1.27^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.19 ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารไฮดรอกซี่เมทิลเฟอฟูราลในผลิตภัณฑ์นมยูเอชที รสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	224.00^{a}	188.00^{e}
1	4 ± 2	230.33^{d}	211.00^{e}
	10 ± 2	230.67^{d}	221.00^{e}
	30 ± 2	299.67^{d}	227.33^{e}
	35 ± 2	532.67^{c}	264.00^{d}
2	4 ± 2	338.67^{c}	539.33^{d}
	10 ± 2	335.33^{c}	552.67^{d}
	30 ± 2	506.33^{c}	614.33^{d}
	35 ± 2	550.67^{c}	1187.00^{c}
3	4 ± 2	1407.33^{c}	1404.00^{c}
	10 ± 2	1781.67^{b}	1657.00^{c}
	30 ± 2	2294.67^{b}	2216.00^{c}
	35 ± 2	2344.33^{b}	2285.00^{b}
4	4 ± 2	2025.33^{b}	1986.33^{b}
	10 ± 2	2087.67^{a}	2133.33^{b}
	30 ± 2	2330.67^{b}	2528.33^{b}
	35 ± 2	2495.33^{a}	2659.67^{a}
5	4 ± 2	2183.00^{a}	2206.00^{a}
	10 ± 2	2113.67^{a}	2242.00^{a}
	30 ± 2	2488.33^{a}	2666.00^{a}
	35 ± 2	2554.00^{a}	2689.33^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.20 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์นมยูเอชที รสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที	
		ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	0.53^{c}	0.51^{c}
1	4 ± 2	0.54^{c}	0.53^{c}
	10 ± 2	0.55^{cd}	0.54^{d}
	30 ± 2	0.57^{e}	0.57^{d}
	35 ± 2	0.87^{e}	0.58^{e}
2	4 ± 2	0.63^{bc}	0.71^{b}
	10 ± 2	0.65^{bc}	0.73^{c}
	30 ± 2	0.67^{d}	0.95^{c}
	35 ± 2	1.04^{d}	1.23^{d}
3	4 ± 2	0.65^{b}	0.80^{ab}
	10 ± 2	0.64^{bc}	0.97^{b}
	30 ± 2	0.99^{c}	1.17^{b}
	35 ± 2	1.21^{c}	1.48^{c}
4	4 ± 2	0.67^{b}	0.84^{a}
	10 ± 2	0.69^{b}	1.07^{a}
	30 ± 2	1.16^{b}	1.40^{a}
	35 ± 2	1.70^{b}	1.85^{b}
5	4 ± 2	0.88^{a}	0.85^{a}
	10 ± 2	0.88^{a}	1.14^{a}
	30 ± 2	1.59^{a}	1.47^{a}
	35 ± 2	2.11^{a}	2.01^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.21 ค่าเฉลี่ยของการย่อยสลายไขมันในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	0.17^{d}	0.18^{b}
1	4 ± 2	0.22^{c}	0.23^{b}
	10 ± 2	0.24^{d}	0.23^{c}
	30 ± 2	0.24^{d}	0.28^{e}
	35 ± 2	0.78^{d}	0.31^{e}
2	4 ± 2	0.26^{c}	0.40^{a}
	10 ± 2	0.28^{cd}	0.41^{b}
	30 ± 2	0.40^{e}	0.47^{d}
	35 ± 2	0.52^{d}	0.51^{d}
3	4 ± 2	0.32^{b}	0.43^{a}
	10 ± 2	0.33^{bc}	0.42^{b}
	30 ± 2	0.59^{b}	0.59^{b}
	35 ± 2	0.62^{c}	0.66^{c}
4	4 ± 2	0.33^{b}	0.44^{a}
	10 ± 2	0.33^{b}	0.56^{a}
	30 ± 2	0.68^{a}	0.71^{b}
	35 ± 2	0.83^{b}	0.79^{b}
5	4 ± 2	0.39^{a}	0.46^{a}
	10 ± 2	0.40^{a}	0.58^{a}
	30 ± 2	0.70^{a}	0.78^{a}
	35 ± 2	1.5^{a}	1.16^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ ค.22 ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีรสหวาน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°ซ)	ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมยูเอชที ยี่ห้อ A	ยี่ห้อ B
0	-	0.41^{a}	0.41^{d}
1	4 ± 2	0.44^{a}	0.42^{cd}
	10 ± 2	0.44^{a}	0.43^{cd}
	30 ± 2	0.52^{c}	0.52^{cd}
	35 ± 2	0.68^{d}	0.07^{a}
2	4 ± 2	0.47^{a}	0.46^{a}
	10 ± 2	0.44^{a}	0.48^{b}
	30 ± 2	0.75^{b}	0.67^{c}
	35 ± 2	0.1^{a}	0.92^{a}
3	4 ± 2	0.45^{a}	0.50^{b}
	10 ± 2	0.46^{a}	0.52^{bc}
	30 ± 2	0.77^{b}	0.79^{a}
	35 ± 2	1.14^{b}	1.04^{ab}
4	4 ± 2	0.47^{a}	0.74^{bc}
	10 ± 2	0.48^{a}	0.76^{ab}
	30 ± 2	0.87^{ab}	0.84^{ab}
	35 ± 2	1.28^{a}	1.13^{a}
5	4 ± 2	0.50^{a}	0.77^{a}
	10 ± 2	0.53^{a}	0.79^{a}
	30 ± 2	0.97^{a}	0.94^{a}
	35 ± 2	1.31^{a}	1.21^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่กำกับเหมือนกันในแนวตั้งของระยะเวลาเดียวกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษร (a,b,c,d,e,f) ที่แตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสุเพ็ญ ด้วงทอง

วัน เดือน ปีเกิด 23 ธันวาคม 2506

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
เทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิต (เทคโนโลยีและอุตสาหกรรมอาหาร)	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	2530

ตำแหน่ง และสถานที่ทำงาน

อาจารย์ 1 ระดับ 4	โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันราชภัฏสงขลา จ. สงขลา	คณะเทคโนโลยีการเกษตร