885

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

**เรื่อง**

โยเกิร์ตจากน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าว

( Yoghurt from skim milk and rice bran milk )

**โดย**

นางสาวอวยพร สัตถาภรณ์ รหัส 30-0329

**ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก**

.................................... 19/เม.ย./34 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

( )

.................................... 19/เม.ย./34 กรรมการของภาควิชา

( )

.................................... 19/เม.ย./34 กรรมการของภาควิชา

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

....................................

( ประดิษฐ์ [illegible] )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 19 เดือน เม.ย. พ.ศ. 34

ปพ.
๑437ย
2533

ปัญหาพิเศษ (45497)

เรื่อง

# โยเกิร์ตจากน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าว

(Yoghurt from skim milk and rice bran milk)

โดย

นางสาวอวยพร สัตถาภรณ์ รหัส 30-0329

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2534

# บทคัดย่อ


การทดลองนี้จะศึกษาถึงการยอมรับในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตจากส่วนผสมของน้ำนมรำข้าวและ หางนมผง ( Skim milk powder ) เพื่อศึกษาถึงปริมาณสูงสุดของน้ำนมรำข้าวที่จะสามารถใช้ทดแทน skim milk แล้วยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยแบ่งประเภทของโยเกิร์ตเป็นโยเกิร์ตรสนมสด และโยเกิร์ตรสสตรอเบอร์รี่ น้ำนมรำข้าวที่นำมาใช้ผลิตได้โดยใช้รำข้าว 1 ส่วน ผสมกับ น้ำ 3 ส่วน นำไปปั่นด้วยความเร็วสูงประมาณ 20 นาที แล้วกรองเอาส่วนของรำออก รำข้าวที่ใช้ต้องใหม่ สะอาด เพื่อป้องกันการเหม็นหืน

สำหรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสสตรอเบอร์รี่ พบว่า สามารถใช้น้ำนมรำข้าวทดแทนได้ถึง 40 % ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงถึง 4.97 % แต่สำหรับโยเกิร์ตรสนมสดนั้น น้ำนมรำข้าวจะทำให้โยเกิร์ตมีกลิ่นและรสชาติที่ผู้บริโภคไม่สามารถยอมรับได้

## คำนิยม

ในการจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้จนลุล่วงผ่านมาได้ ผู้จัดทำขอขอบคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาทุกท่านที่ให้คำแนะนำปรึกษา และทักท้วงในสิ่งที่ผิดพลาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์เหมือนเดือน พิศาลพงศ์ ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นอกจากนี้ ขอขอบคุณโรงสีเที่ยวพิมล จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่เอื้อเฟื้อข้าวตลอดการทดลอง ขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ธุรการ ที่อำนวยความสะดวก ให้กำลังใจ ตลอดจนให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนขอบคุณเพื่อน ๆ น้อง ๆ หลาย ๆ คน ที่ช่วยเหลือมาโดยตลอด

อวยพร สัตถาภรณ์

มีนาคม 2534

# สารบัญ

หน้า

## สารบัญตาราง

## สารบัญรูปภาพ

# บทนำ

น้ำนมเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูง เพราะมีสารอาหารครบถ้วนตามความต้องการของร่างกาย มีการนำน้ำนมไปแปรรูปด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ทางการเก็บรักษาและคุณค่าทางโภชนาการ ปัจจุบันความต้องการบริโภคน้ำนมภายในประเทศเราเพิ่มสูงมากขึ้น แต่อัตราการผลิตน้ำนมวัวยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้น้ำนมวัวที่ผลิตได้ภายในประเทศมีปริมาณน้อยและราคาแพง เป็นผลให้คนไทยไม่นิยมบริโภคน้ำนมมากนักเมื่อพ้นวัยเด็กมาแล้ว และคนไทยโดยมากจะขาดเอ็นไซม์แลคเตส (Lactase enzyme ) ทำให้เมื่อดื่มนมเข้าไปจะเกิดอาการท้องเดิน ( Diarrhea ) ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการดื่มน้ำนมหมักเปรี้ยว เช่น น้ำนมเปรี้ยว โยเกิร์ต แทน เพราะในผลิตภัณฑ์น้ำนมหมักเปรี้ยวจะมีจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างเอ็นไซม์ย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมได้ แต่ก็พบว่ายังมีปัญหาสำคัญในเรื่องราคาของผลิตภัณฑ์นมอยู่อีกมาก ซึ่งถ้าหากสามารถหาวัตถุดิบราคาถูกที่นำมาแปรรูปเป็นสารที่มีสภาพคล้ายน้ำนมมาทดแทนน้ำนมวัวได้ ก็จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตและส่งผลให้ราคาของผลิตภัณฑ์นมลดลงไปด้วย

ปัจจุบันมีการพัฒนานำเอาธัญพืช เช่น ถั่วเหลือง มาทำเป็นน้ำนมถั่วเหลืองทำหน้าที่เป็นสารเสริมโปรตีนราคาถูก แต่พบว่าในการนำน้ำนมถั่วเหลืองมาหมักเปรี้ยวจะมีปัญหาในเรื่องของกลิ่นถั่วที่ยังไม่สามารถกำจัดออกได้ ธัญพืชอีกชนิดที่น่าสนใจคือ ข้าว เนื่องจากข้าวเป็นธัญพืชที่คนไทยคุ้นเคยมานานทั้งกลิ่นและรสชาติ ส่วนของข้าวที่น่าจะมี

การนำมาใช้ประโยชน์ให้มากกว่านี้ คือ รำข้าว เพราะเป็นส่วนที่อุดมไปด้วยโปรตีน และวิตามินต่าง ๆ การใช้ประโยชน์จากรำข้าวในปัจจุบันจะเน้นหนักไปในรูปการสกัดน้ำมัน และการใช้เลี้ยงสัตว์ จากการทดลองปรากฏว่า รำข้าวสามารถนำมาแปรรูปเป็นสารที่มีลักษณะคล้ายนมได้ ซึ่งถ้าสามารถนำเอาน้ำนมรำข้าวนี้มาใช้ประโยชน์โดยการใช้ทดแทนน้ำนมวัวที่มีราคาแพงได้แล้ว นอกจากจะเป็นการเพิ่มประโยชน์จากรำข้าวแล้ว ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์นมมีราคาลดลงด้วย

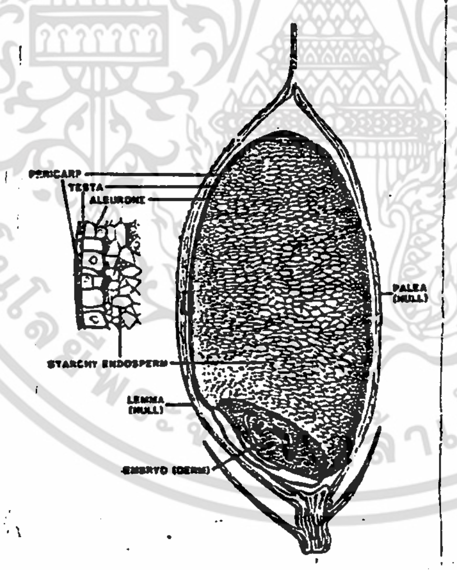
## <u>วัตถุประสงค์</u>

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าว
2. เพื่อศึกษาถึงปริมาณสูงสุดของน้ำนมรำข้าวที่สามารถใช้ทดแทนน้ำนมวัวในการผลิตโยเกิร์ต และร้อยละของต้นทุนที่ลดลง

## การตรวจเอกสาร

### 1. <u>รำข้าว</u>

รำข้าวเป็นส่วนของชั้นสีน้ำตาลที่อยู่ถัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวเข้ามา เมื่อนำเมล็ดข้าวมาสี เปลือกของเมล็ดข้าวจะเป็นส่วนแรกที่ถูกขัดสีแยกออกไป เมล็ดข้าวที่ได้จากการขัดสีครั้งแรกนี้จะมีสีน้ำตาล และถ้านำเมล็ดข้าวสีน้ำตาลนี้ไปขัดสีอีกครั้ง จะได้ข้าวที่มีความขาวขึ้น ส่วนที่ถูกขัดสีแยกออกไปในขั้นตอนนี้ก็คือรำข้าวนั่นเอง โดยทั่วไปรำข้าวจะเป็นส่วนของชั้น Pericarp และ Aleurone ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2




รูปที่ 1 : แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเมล็ดข้าว
ที่มา : Cereal Food World , 1990


รูปที่ 2 : ภาพขยายส่วนชั้นสีน้ำตาลของเมล็ดข้าว
ที่มา : Cereal Food World , 1990

<u>องค์ประกอบของรำข้าว</u>

- โปรตีน : โปรตีนในรำข้าวจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีการรายงานว่าค่า Protein efficiency ratio ( PER ) ของรำข้าวจะอยู่ระหว่าง 1.6 ถึง 1.9 และพบว่าโปรตีนจากรำข้าวมีอัตราการย่อยสลายถึง 73 %

- น้ำมัน : รำข้าวจะมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ 16 - 22 % โดยกรดไขมันที่สำคัญคือ Plamitic , Oleic และ Linoleic มีอยู่มากกว่า 90 % ของกรดไขมันทั้งหมด ปริมาณกรดไขมันที่สำคัญ ๆ ในน้ำมันรำข้าวเทียบกับในน้ำมันพืชอื่น ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณกรดไขมันที่สำคัญในน้ำมันรำข้าวเทียบกับน้ำมันพืชอื่น ๆ

| | Moisture % | Protein % | Fat % | Crude Fiber % | Ash % | Calories/g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rice bran | 8–12 | 12–16 | 16–22 | 8–12 | 7–10 | 3.2 |
| Parboiled rice bran (without calcium carbonate) | 7–9 | 17–20 | 25–32 | 12–15 | 8–10 | 3.5 |
| Parboiled rice bran (with 4–6% calcium carbonate | 7–9 | 14–18 | 23–27 | 10–13 | 10–13 | 3.5 |

ที่มา : Cereal Food World ,1990

- วิตามิน : วิตามินในรำข้าว สามารถแยกแยะได้ดังนี้

| | |
|---|---|
| Vitamin A | 4 ppm |
| Thiamin | 10 - 28 ppm |
| Riboflavin | 2 - 3 ppm |
| Niacin | 236 - 590 ppm |
| Pyridoxine | 10 - 32 ppm |
| Pantothenic acid | 28 - 71 ppm |
| Biotin | 0.2 - 0.6 ppm |
| Myoinositol . | 4600 - 9300 ppm |
| Choline | 1300 - 1700 ppm |
| p-Aminobenzoic acid | 0.7 ppm |
| Folic acid | 0.5 - 1.5 ppm |
| Vitamin B-12 | 0.005 ppm |
| Vitamin E | 150 ppm |

ที่มา : Cereal Food World , 1990

- เกลือแร่ : ปริมาณเกลือแร่ต่าง ๆ ที่มีการรายงานไว้เป็นดังนี้

| | |
|---|---|
| Aluminium | 53 - 369 ppm |
| Calcium | 140 - 1310 ppm |
| Chlorine | 510 - 970 ppm |
| Iron | 190 - 530 ppm |
| Magnesium | 8650 - 12300 ppm |
| Manganese | 110 - 877 ppm |
| Phosphorus | 14800 - 28700 ppm |
| Potassium | 13650 - 23900 ppm |
| Silicon | 1700 - 16300 ppm |
| Sodium | 0 - 290 ppm |
| Zinc | 80 ppm |

ที่มา : Cereal Food World ,1990

- คาร์โบไฮเดรต : คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในรำข้าว คือ cellulose , hemicellulose ( หรือ pantosans ) และแป้ง ซึ่งโดยปกติแล้วในชั้น Pericarp จะไม่มีแป้งอยู่ แต่การขัดสีที่รุนแรงจะทำให้มีส่วนของ endosperm ติดออกมากับรำด้วย เป็นเหตุให้พบแป้งในรำข้าว นอกจากนี้คาร์โบไฮเดรตที่พบในรำข้าวที่สำคัญอีกอย่างคือ น้ำตาล ซึ่งได้แก่ glucose, fructose, sucrose และ raffinose ในปริมาณ 3 - 8 %

ในการเก็บรำข้าวนั้น พบว่าสามารถจะเก็บรำข้าวไว้ได้ถึง 6 เดือน ถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 85 ° F และเพื่อป้องกันการเหม็นหืน ควรจะทำลาย activity ของเอ็นไซม์ไลเปสและเปอร์ออกซิเดสในรำข้าว โดยการให้ความร้อนที่ 125° ถึง 135 ° C เป็นเวลา 1 - 3 วินาที ที่ระดับความชื้น 11 - 15 % ทันทีที่สีข้าวเสร็จ

## 2. โยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักเปรี้ยวชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นของเหลวข้น ผิวเรียบมัน มีทั้งที่เป็นลิ่มอย่างแข็ง ( hard curd ) และลิ่มอ่อน ( soft curd ) ในแถบยุโรปและอเมริกาจะนิยมโยเกิร์ตที่เป็นลิ่มอย่างอ่อนและไม่มีน้ำเวย์ ( whey ) แยกออกมา แต่ในญี่ปุ่นและบางประเทศแถบตะวันออกกลางจะนิยมโยเกิร์ตเหลวเป็นเครื่องดื่ม ส่วนประกอบและปริมาณวิตามินในโยเกิร์ตเมื่อเทียบกับนมสดแสดงดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบของนมสดและโยเกิร์ต

| Constituent | Milk | | Yoghurt | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (unit/100 g) | Whole | Skim | Full fat | Low fat | Fruit |
| Calories | 67.5 | 36 | 72 | 64 | 98 |
| Protein (%) | 3.5 | 3.3 | 3.9 | 4.5 | 5.0 |
| Fat (%) | 4.25 | 0.13 | 3.4 | 1.6 | 1.25 |
| Carbohydrate (%) | 4.75 | 5.1 | 4.9 | 6.5 | 18.6 |
| Calcium (ppm) | 1190 | 1210 | 1450 | 1500 | 1760 |
| Phosphorus (ppm) | 940 | 950 | 1140 | 1180 | 1530 |
| Sodium (ppm) | 500 | 520 | 470 | 510 | - |
| Potassium (ppm) | 1520 | 1450 | 186 | 1920 | 2540 |

ที่มา : ดัดแปลงจาก Deeth and Tamine ,1981

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณของวิตามินในนมสดและโยเกิร์ต

| Vitamin | Milk | | Yoghurt | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| (unit/100 g) | Whole | Skim | Full fat | Low fat |
| Vitamin A (IU) | 148 | - | 140 | 70 |
| Thiamin ($B_1$) (ppm) | 370 | 400 | 300 | 420 |
| Riboflavin ($B_2$) (ppm) | 1600 | 1800 | 1900 | 2000 |
| Pyridoxine ($B_6$) (ppm) | $4.6*10^5$ | $4.2*10^5$ | $4.6*10^5$ | $4.6*10^5$ |
| Cyanocobalamine ($B_{12}$,ppm) | $3.9*10^3$ | $4.0*10^3$ | - | $2.3*10^3$ |
| Vitamin C (ppm) | 15 | 10 | - | 7 |
| Vitamin D (IU) | 1.2 | - | - | - |
| Vitamin E (IU) | 0.13 | - | - | - |
| Folic acid (ppm) | $2.5*10^3$ | - | - | $4.1*10^4$ |
| Nicotinic acid (ppm) | $4.8*10^6$ | - | - | $1.25*10^6$ |
| Pantothenic acid (ppm) | $3.71*10^6$ | $3.7*10^6$ | - | $3.81*10^6$ |
| Biotin (ppm) | $3.4*10^4$ | $1.6*10^4$ | $1.2*10^4$ | $2.6*10^4$ |
| Choline (ppm) | 121 | 48 | - | 6 |

ที่มา : ดัดแปลงจาก Deeth and Tamine , 1981

โยเกิร์ตในทางการค้าจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ โยเกิร์ตจืด ( Plain or natural yoghurt ) โยเกิร์ตที่ปรุงแต่งด้วยผลไม้ ( Fruit yoghurt ) และโยเกิร์ตที่ปรุงแต่งด้วยสารสังเคราะห์( Flavoured yoghurt ) ซึ่งมีทั้งแบบไม่ต้องกวน ( set yoghurt )และแบบกวน ( stirred yoghurt ) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วแบบกวนจะได้รับความนิยมมากกว่า สำหรับปริมาณแคลอรี่และปริมาณน้ำตาลในโยเกิร์ตบางชนิดแสดงได้ดังตารางที่ 4

<u>ตารางที่</u> 4 แสดงปริมาณแคลอรี่และน้ำตาลใน Plain yoghurt และ Flavoured yoghurt

| Type | Calories per 8-oz cup | Calories per 100 g. | Carbohydrate or Suger(%) |
|---|---|---|---|
| Plain | 112.0 | 49.3 | 5.15 |
| Vanilla | 185.4 | 81.74 | 13.71 |
| Orange | 171.8 | 75.76 | 12.18 |
| Strewberry | 223.6 | 98.57 | 19.24 |
| Prune | 226.7 | 99.99 | 20.16 |

ที่มา : Frank V. Kosikowski , 1982

ในปัจจุบันโยเกิร์ตที่วางจำหน่ายในท้องตลาดมีหลายชนิด ดังนี้

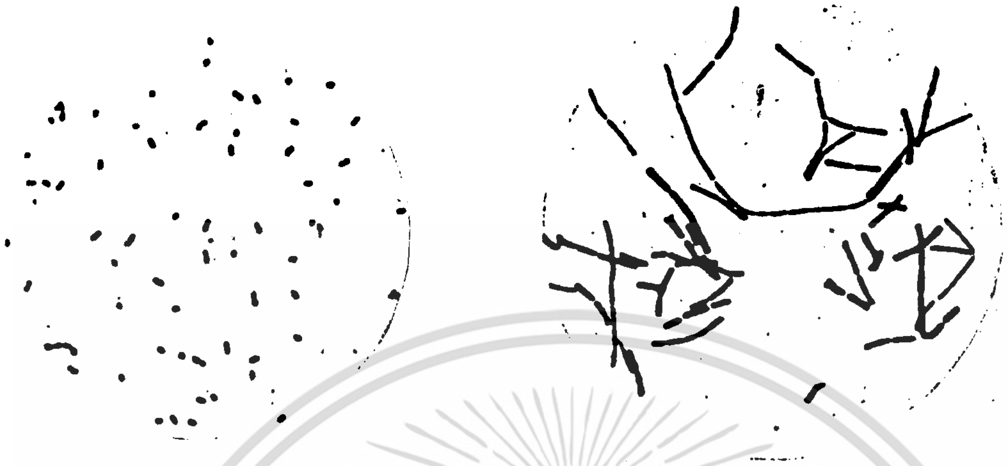
1. โยเกิร์ตชนิดฆ่าเชื้อแล้วเก็บได้ชั่วคราว และเก็บได้นาน ( Pasteurized / UHT / Long-life yoghurt )
2. โยเกิร์ตชนิดสลายแลคโตสแล้ว ( Lactose hydrolysed yoghurt , LHY )
3. โยเกิร์ตชนิดเหลว ( Drinking yoghurt )
4. โยเกิร์ตแช่แข็ง ( Frozen yoghurt )
5. โยเกิร์ตชนิดเข้มข้น ( Condensed or Concentrated yoghurt )
6. โยเกิร์ตชนิดอัดลม ( Carbonated yoghurt )
7. โยเกิร์ตชนิดทำเป็นเครื่องดื่ม ( Yoghurt beverages )
8. โยเกิร์ตชนิดผงชงดื่มได้ทันที ( Dried or Instant yoghurt )
9. โยเกิร์ตสำหรับผู้ควบคุมอาหาร ( Dietetic or Therapeutic yoghurt )
10. โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง ( Soy-milk yoghurt )

ที่มา : Tamine and Robinson , 1985

## เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต

เชื้อโยเกิร์ตประกอบด้วยจุลินทรีย์ 2 ชนิด คือ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ซึ่งจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดเป็นเทอร์โมฟิลิกแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ( Thermophilic lactic acid bacteria ) ที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 40° - 45 °C ขึ้นไป โดยที่ *S. thermophilus* เป็นแบคทีเรียที่มักพบในน้ำนม เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ ( spherical or ovoid-shaped ) ต่อกันเป็นลูกโซ่หรืออยู่เป็นคู่ ๆ ไม่เคลื่อนที่ และไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ที่ 50 °C และสามารถอยู่รอดที่ 63 °C ได้นาน 30 นาที แต่จะไม่เจริญที่ 10 °C หรือ pH 9 - 6 หรือน้ำเกลือเข้มข้น 40 % สามารถหมักน้ำตาลแลคโตสและน้ำตาลซูโครสไปเป็นกรดแลคติก แต่จะไม่สามารถหมักน้ำตาลมอลโตสให้เกิดกรดได้ ในการหมักน้ำตาลไปเป็นกรดจะไม่ทำให้เกิดกาซขึ้นในผลิตภัณฑ์

สำหรับ *L. bulgaricus* นั้น เดิมมีชื่อว่า *Thermobacterium bulgaricum* มีลักษณะรูปร่างเป็นท่อน ( rod-shaped ) ไม่เคลื่อนที่ และไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 44°- 45 °C สามารถหมักน้ำตาลกลูโคสและแลคโตสได้เป็นกรดแลคติก แต่จะไม่หมักน้ำตาลมอลโตส ซูโครส ทรีฮาโลส อะราบิโนส แรฟฟิโนส และแมนนิทอล *L. bulgaricus* จะสร้างกรด 1 - 7 % ในน้ำนม



รูปที่ 3 : ลักษณะของ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus*

ที่มา : G.S. Wilsan and AA. Miks , 1975

<u>การสร้างกรดแลคติก</u> ( Production of lactic acid )

หัวเชื้อ *S. thermophilus* และ *L. bulgaricus* จะย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมให้เป็นน้ำตาลกลูโคสและกาแลคโตสก่อนจะเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติก ดังสมการ

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow 2(C_6H_{12}O_6) \longrightarrow 4\,C_3H_6O_3$$

แลคโตส น้ำ กลูโคส+กาแลคโตส แลคติกแอซิด

กรดแลคติกที่ได้ จะเป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำโยเกิร์ตด้วยเหตุผลคือ

1. กรดแลคติกทำให้ casein micelles เปลี่ยนสภาพจากสารแขวนลอยซึ่งอยู่ในรูป calcium caseinate phosphate complex ( CCPC ) แตกตัวไปเป็น casein complex , calsium lactate และ calcium phosphate ดังสมการ

CCPC + lactic acid ————————> calcium complex
+ calcium lactate
+ monocalcium phosphate

สารต่าง ๆ ที่ได้จากปฏิกิริยาจะอยู่ในลักษณะละลายอยู่ในส่วนประกอบที่เป็นน้ำนมเมื่อปริมาณของกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้น casein micelles ก็จะค่อย ๆ สูญเสียธาตุแคลเซียมไปเรื่อย ๆ จนทำให้เสียสมดุลย์ของธาตุแคลเซียมใน casein micelles และเมื่อถึง pH 4.6 - 4.7 casein จะเสียสมดุลย์จนทำให้เกิดการตกตะกอนของ casein และเกิดเป็นลิ่ม ( curd ) ขึ้น

2. กรดแลคติกทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะเฉพาะตัวในเรื่องรสชาติ คือมีรสเปรี้ยวและแหลม ( sharp and acid test ) และมีกลิ่นหอม เชื้อแลคติกจะมีเอนไซม์แลคเตท ดีไฮโดรจีเนส ( Lactate dehydrogenase enzyme , LDH ) สำหรับสร้างกรดแลคติกจากกรดไพรูวิคที่ได้ในระหว่างการหมักนม กรดแลคติกที่ได้จะมี isomer ที่ต่างกัน คือ เป็น L (+) หรือ D (-) โดยทั่วไปโยเกิร์ตมักมีกรดแลคติกในรูป L (+) ประมาณ 45 % ถึง 60 % และกรดแลคติกในรูป D (-) ประมาณ 40 % - 55 % ซึ่งอัตราส่วนของ L (+) : D (-) จะใช้ในการประเมินคุณภาพของโยเกิร์ต ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีจำหน่ายในท้องตลาดพบว่ามีค่า L (+) : D (-) ตั้งแต่ 0.35 ( เปรี้ยวมาก ) ถึง 8.25 ( กรดแลคติกในรูป L (+) เด่น ) แต่โยเกิร์ตที่ดีควรมีอัตราส่วน L (+) : D (-) เท่ากับสอง อย่างไรก็ตาม การประเมินคุณภาพวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภคในแต่ละท้องถิ่นด้วย

<u>สารให้กลิ่นหอมในโยเกิร์ต</u> ( Aromatic compound )

สารให้กลิ่นหอมในโยเกิร์ต แบ่งออกได้เป็น 4 พวก คือ

1. กรดที่ระเหยไม่ได้ เช่น กรดแลคติก ( lactic acid ) กรดไพรูวิค ( pyruvic acid ) กรดซัคซินิค ( succinic acid) และ กรดออกซาลิค ( oxalic acid )

2. กรดที่ระเหยได้ เช่น กรดฟอร์มิค ( formic acid ) กรดอะซิติก ( acitic acid ) กรดโพรพิโอนิค ( propionic acid ) และกรดบิวไทริค ( butyric acid )

3. สารประกอบพวกคาร์บอนิล ( Carbonyl compounds ) เช่น อะเซตัลดีไฮด์ ( acetaldehyde ) อะซีโตน ( acetone ) อะเซทโตอิน ( acetoin ) และไดอะเซทติล ( diacetyl )

4. สารประกอบอื่น ๆ เช่น กรดอะมิโนบางชนิด ไขมัน แลคโตส เป็นต้น

สารให้กลิ่นหอมในโยเกิร์ตนั้นเป็นผลมาจากมีกรดแลคติกและสารประกอบพวกคาร์บอนิลในระหว่างการหมัก acetyldehyde จะถูกสร้างขึ้นเมื่อมี pH 5.0 จะถึงจุดสูงสุดที่ pH 4.2 และคงที่เมื่อ pH 4.0 สามารถเพิ่มระดับของ acetyldehyde ให้สูงขึ้นโดยการเติมธาตุน้ำนมไม่รวมไขมันให้มากขึ้น หรือการใช้ความร้อนระหว่างต้มนมให้เหมาะสมเมื่อนำโยเกิร์ตไปเก็บเย็นนาน 24 ชั่วโมงระดับของ acetyldehydeจะลดลง แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการทำโยเกิร์ต เช่น ถ้าใช้นมสดล้วน ๆ การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หางนมผง

## วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

*__วัตถุดิบ__*

1. รำข้าวที่ใหม่และสะอาด
2. Skim milk powder
3. แยมสตรอเบอร์รี่
4. เชื้อโยเกิร์ตโฟโมสต์รสนมสด

*__อุปกรณ์__*

1. เครื่องปั่น ( blender )
2. เครื่องโฮโมจีไนซ์ ( homogenizer )
3. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (hand reflectometer)
4. เครื่องบ่มโยเกิร์ต ABC
5. เครื่องชั่ง
6. กรวยกรอง
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. บิวเรต ( buret )
9. ปิเปต ( pipette )
10. ขวดรูปชมพู่ ( erlenmayer flask )
11. hot plate
12. ผ้าขาวบาง
13. ภาชนะใส่ส่วนผสม

*สารเคมี*

1. 1 % Phenolphthalein solution
2. 0.1 N NaOH

## วิธีการ

*1. การทำน้ำนมรำข้าว*

1.1 ชั่งรำข้าวที่ใหม่และสะอาด 1 ส่วน ผสมกับน้ำ 3 ส่วน นำไปปั่นด้วยความเร็วสูงประมาณ 15 - 20 นาที

1.2 กรองส่วนผสมด้วยผ้าขาวบาง แยกกากรำออกจากน้ำนมรำข้าว ควรกรองหลาย ๆ ครั้งเพื่อกำจัดกากรำที่อาจปะปนไปกับน้ำนมรำข้าว

*2. การเตรียมส่วนผสมของน้ำนมรำข้าวและน้ำนม skim milk*

2.1 ปรับ total solid ( TS ) ของน้ำนมรำข้าวให้เป็น 21°brix ด้วย skim milk powder และควรจะใช้การระเหยควบคู่ไปด้วยเพื่อให้ได้โยเกิร์ตที่มีลักษณะที่ดีกว่า

2.2 เตรียมน้ำนม skim milk โดยปรับ TS ให้ได้ 21°B เช่นกัน

2.3 นำน้ำนมรำข้าวและน้ำนม skim milk ที่เตรียมได้มาทำการ pasteurize ที่อุณหภูมิประมาณ 82 ° C เป็นเวลา 30 วินาที

2.4 เตรียมน้ำนมผสมโดยใช้อัตราส่วนน้ำนมรำข้าว : น้ำนม skim milk ดังนี้คือ 10:0 , 8:2 , 6:4 , 5:5 , 4:6 , 2:8 , และ 0:10

2.5 นำน้ำนมผสมแต่ละอัตราส่วนมา homogenize ที่ความดันสูง ( ประมาณ 2500 PSI )

*3. การทำโยเกิร์ต*

3.1 ทำให้ส่วนผสมมีอุณหภูมิประมาณ 45°C แล้วจึงเติมหัวเชื้อโยเกิร์ตในปริมาณ 5% ของปริมาณน้ำนมผสม คนให้หัวเชื้อกระจายดี

3.2 นำไปบ่มในเครื่องบ่มโยเกิร์ต ABC

*4. การศึกษาถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เตรียมโดยผสมน้ำนมรำข้าว และน้ำนม skim milk ในอัตราส่วนต่าง ๆ*

เตรียมโยเกิร์ตรสนมสดและรสสตรอเบอร์รี่ (โยเกิร์ต : แยม = 4:1) ให้ผู้ชิมชิมตัวอย่างและให้คะแนนการทดสอบโดยวิธี 7 scales hedonic test เปรียบเทียบการยอมรับในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม นำข้อมูลที่ได้จากการชิมมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี AOV ( Analysis of variance )และ Duncan's New Multiple Range Test (D.M.R.T.)

*5. การศึกษาการสร้างกรดของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีปริมาณมากที่สุด ที่ผู้บริโภคยังยอมรับได้*

เก็บตัวอย่างโยเกิร์ตที่กำลังบ่มมาทุก ๆ ชั่วโมงเป็นเวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง นำมาวัด % acidity แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างเวลาที่ใช้ในการบ่ม กับ % acidity

*6. การวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ ในรำข้าว น้ำนมรำข้าว และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต*

6.1 วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

6.2 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

6.3 วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

6.4 วิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

6.5 วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลในโยเกิร์ต

*7. ศึกษาร้อยละของต้นทุนในการผลิตที่ลดลงเมื่อใช้น้ำนมรำข้าวทดแทน น้ำนมวัวบางส่วนในการผลิตโยเกิร์ต*

## ผลการทดลองและวิจารณ์

*1. การยอมรับในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เตรียมโดยผสมน้ำนมรำข้าวกับน้ำนมวัว ( skim milk ) ในอัตราส่วนต่าง ๆ*

จากการทดลองผสมน้ำนมรำข้าวกับน้ำนม skim milk ในอัตราส่วนต่าง ๆ ดังนี้คือ 10:0, 8:2, 6:4, 5:5, 4:6, 2;8, 0:10 พบว่า โยเกิร์ตที่มีปริมาณน้ำนมรำข้าวผสมอยู่มากกว่า จะมีสีครีมออกเหลืองมากกว่าโยเกิร์ตที่มีปริมาณน้ำนมรำข้าวผสมอยู่น้อย ถ้าหากการ homogenize ไม่เพียงพอ พบว่าจะมีน้ำ whey แยกออกมาจาก curd โดยเฉพาะจะเกิดกับโยเกิร์ตที่มีน้ำนมรำข้าวผสมอยู่มาก โยเกิร์ตที่นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะแบ่งเป็นโยเกิร์ตรสนมสด และโยเกิร์ตรสสตรอเบอร์รี่ ซึ่งผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสแสดงได้ดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสนมสด

| รหัสตัวอย่าง | อัตราส่วนของน้ำนมวัวต่อน้ำนมรำข้าว | ลักษณะคุณภาพ ( คะแนนเฉลี่ย ) สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | การยอมรับรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 386 | 0:10 | 1.8ก | 1.8ก | 1.2ก | 1.8ก | 1.8ก |
| 596 | 2:8 | 3.0ก | 2.6กข | 1.8ก | 2.8กข | 2.4กข |
| 829 | 4:6 | 3.2ก | 2.6กข | 2.4กข | 3.6ข | 3.0ขค |
| 426 | 5:5 | 3.0ก | 2.6กข | 2.0ก | 2.2ก | 2.4กข |
| 732 | 6:4 | 2.8ก | 3.2กข | 3.6ขค | 2.8กข | 3.4ค |
| 644 | 8:2 | 5.2ข | 3.6ข | 3.8ขค | 3.6ข | 3.8คง |
| 984 | 10:0 | 5.6ค | 5.0ค | 4.6ค | 4.0ข | 4.4ง |
| ความแตกต่าง | | * | * | * | * | * |

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปรียบเทียบในแนวตั้ง และอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปรียบเทียบในแนวตั้ง

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตรสสตรอเบอร์รี่

| รหัสตัวอย่าง | อัตราส่วนของน้ำนมวัวต่อน้ำนมรำข้าว | ลักษณะคุณภาพ ( คะแนนเฉลี่ย ) | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | การยอมรับรวม |
| 386 | 0:10 | 2.00ก | 2.50ก | 2.81ก | 2.31ก | 2.56ก |
| 596 | 2:8 | 3.31ข | 3.63ข | 4.19ขค | 3.25ข | 3.87ขค |
| 829 | 4:6 | 3.56ขค | 3.25กข | 4.25คง | 3.94ขค | 3.94ค |
| 426 | 5:5 | 2.94ข | 3.00กข | 3.31กข | 3.44ข | 3.25ข |
| 732 | 6:4 | 4.37คง | 3.81ข | 4.56คงจ | 4.31คง | 4.50คง |
| 644 | 8:2 | 4.69ง | 4.00ขค | 5.06งจ | 4.88ง | 4.81งจ |
| 984 | 10:0 | 4.94ง | 4.94ค | 5.31จ | 5.06ง | 5.38จ |
| ความแตกต่าง | | * | * | * | * | * |

หมายเหตุ : * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเปรียบเทียบในแนวตั้ง และตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยการเปรียบเทียบในแนวตั้ง

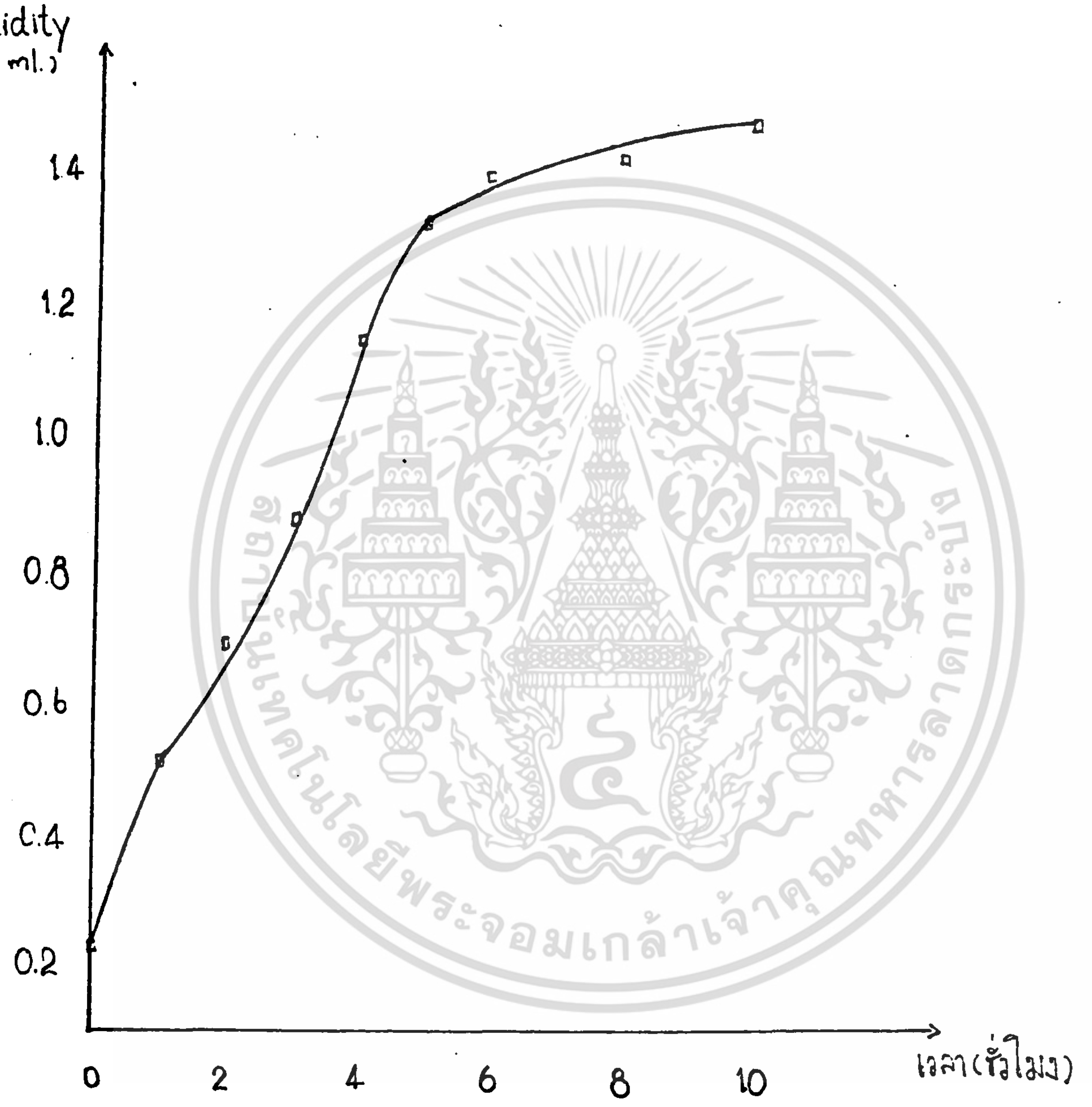
*2. การสร้างกรดของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ใช้น้ำนมรำข้าวทดแทนน้ำนมวัว ในปริมาณที่มากที่สุดที่ผู้บริโภคยังยอมรับได้*

จากการทดลองการยอมรับในผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่าสามารถเติมน้ำนมรำข้าวทดแทนน้ำนมวัวได้ถึง 40 % โดยอาศัยกลิ่นรสของผลไม้ช่วยกลบกลิ่นและรสของรำข้าว และเมื่อศึกษาถึงการสร้างกรดของเชื้อในโยเกิร์ตที่มีอัตราส่วนผสมเป็น 6:4 ( น้ำนมวัว:น้ำนมรำข้าว ) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณกรดที่สร้างโดยเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ในเวลาต่าง ๆ

| ชั่วโมงที่ | % acidity ( g / 100 ml. ) |
|---|---|
| 0 | 0.223 |
| 1 | 0.505 |
| 2 | 0.686 |
| 3 | 0.867 |
| 4 | 1.132 |
| 5 | 1.304 |
| 6 | 1.372 |
| 8 | 1.407 |
| 10 | 1.492 |

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างเวลากับปริมาณกรดที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น จะได้รูปกราฟที่มีลักษณะดังรูปที่ 4




รูปที่ 4 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตรการสร้างกรดของเชื้อ ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีปริมาณน้ำนมราข้าว 40 %

การสร้างกรดของเชื้อในช่วงแรกจะมีอัตราการสร้างกรดอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเลยชั่วโมงที่ 6 ไปแล้วอัตรการสร้างกรดเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ทั้งนี้เพราะโยเกิร์ตมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น จะมีการตกตะกอนของโปรตีนเกิดเป็น curd การนำสารอาหารมาใช้ในการผลิตกรดเป็นไปได้น้อยลงและสภาพที่เป็นกรดจะไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อมากนัก อย่างไรก็ตามจากปริมาณกรดที่เชื้อสร้างขึ้น แสดงว่าหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้จากโยเกิร์ตรสนมสดตราโฟโมสต์ active ดี และปริมาณที่ใช้ ( 5 % ) ก็เหมาะสม ถ้าใช้มากกว่านี้จะสิ้นเปลืองเกินไป และถ้าใช้น้อยเกินไปปริมาณเชื้ออาจไม่เพียงพอ เนื่องจากเชื้อบางส่วนมีความอ่อนแอเพราะไม่ใช่หัวเชื้อเพาะเลี้ยง

*3. การวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ ในรำข้าว , น้ำนมรำข้าว และโยเกิร์ตที่มีปริมาณน้ำนมรำข้าว 40 %*

3.1 ความชื้น

| | | |
|---|---|---|
| รำข้าว | มีปริมาณความชื้นร้อยละ | 10.072 |
| น้ำนมรำข้าว | มีปริมาณความชื้นร้อยละ | 90.148 |
| โยเกิร์ต | มีปริมาณความชื้นร้อยละ | 80.602 |

3.2 โปรตีน

| | | |
|---|---|---|
| รำข้าว | มีปริมาณโปรตีนร้อยละ | 15.01 |
| น้ำนมรำข้าว | มีปริมาณโปรตีนร้อยละ | 1.83 |
| โยเกิร์ต | มีปริมาณโปรตีนร้อยละ | 4.82 |

3.3 ไขมัน

| | | |
|---|---|---|
| รำข้าว | มีปริมาณไขมันร้อยละ | 48.69 |
| น้ำนมรำข้าว | มีปริมาณไขมันร้อยละ | 4.65 |
| โยเกิร์ต | มีปริมาณไขมันร้อยละ | 1.95 |

3.4 ปริมาณเถ้า

| | | |
|---|---|---|
| รำข้าว | มีปริมาณเถ้าร้อยละ | 8.60 |
| น้ำนมรำข้าว | มีปริมาณเถ้าร้อยละ | 0.91 |
| โยเกิร์ต | มีปริมาณเถ้าร้อยละ | 1.67 |

3.5 ปริมาณน้ำตาล

| | | |
|---|---|---|
| โยเกิร์ต | มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ | 5.93 |

*4. ร้อยละของต้นทุนในการผลิตที่ลดลง เมื่อใช้น้ำนมรำข้าวทดแทนน้ำนมวัว*

จากการทดลองพบว่า สามารถใช้น้ำนมรำข้าวทดแทนน้ำนมวัวได้ถึง 40 %

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณและราคาของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมวัว และโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าว 40 % ปริมาตร 100 ml.

| ชนิดของวัตถุดิบ | ราคาต่อหน่วย | ปริมาณที่ใช้ ( / โยเกิร์ต 100 ml.) | ราคาวัตถุดิบที่ใช้ ( บาท ) |
|---|---|---|---|
| หางนมผง | 50 บาท /kg. | 15 g. | 0.75 |
| หัวเชื้อโยเกิร์ต | 8 บาท/180 ml. | 5 ml. | 0.22 |
| แยมสตรอเบอร์รี่ | 53 บาท/600 g. | 25 g. | 2.30 |
| ค่าน้ำ - ค่าไฟ | - | - | 1.0 |

1. ราคาต้นทุนสำหรับการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมวัว 100 ml.

ความถ่วงจำเพาะของน้ำนม = 1.28 - 1.32

น้ำนมวัว 1 kg. มีปริมาตรประมาณ 758 - 781 ml.

ราคาน้ำนมวัวกิโลกรัมละ 7 บาท

โยเกิร์ต 100 ml. ใช้น้ำนมวัวประมาณ 80 ml. = 0.56 บาท

ราคาวัตถุดิบในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมวัว 100 ml.

= 0.56 + 0.75 + 0.22 + 2.30 + 1.0 = 4.83 บาท

2. ราคาต้นทุนสำหรับการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าว 100 ml.

รำข้าว 1 kg. ผลิตเป็นน้ำนมรำข้าวได้ 1000 ml.

ราคารำข้าวกิโลกรัมละ 4 บาท

ราคาวัตถุดิบในการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าว 40 % ปริมาตร 100 ml.

= 0.32 + 0.75 + 0.22 + 2.30 + 1.0 = 4.59 บาท

3. ร้อยละต้นทุนในการผลิตที่ลดลง

$$\text{ต้นทุนที่ลดลง} = \frac{(4.83 - 4.59) * 100}{4.83} = 4.97\ \%$$

## สรุปผลการทดลอง

1. จากการทดลองทำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากน้ำนมรำข้าวผสมกับน้ำนม skim milk ในอัตราส่วน 10:0 , 8:2 , 6:4 , 5:5 , 4:6 ,2:8 และ 0:10 ทำการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำนมทั้งสองชนิดให้ได้ 21°B ด้วย skim milk powder และอาจใช้ความร้อนช่วยเพื่อให้โยเกิร์ตมีผิวหน้าที่เรียบมัน ใช้ปริมาณหัวเชื้อ 5 % บ่มที่อุณหภูมิ 42°C ( อุณหภูมิของเครื่องบ่มโยเกิร์ต abc ) จนโยเกิร์ตมีความเป็นกรดประมาณ 1.25 % หรือบ่มเป็นเวลาประมาณ 5 - 6 ชั่วโมง จะทำให้ได้โยเกิร์ตน้ำนมรำข้าวผสมน้ำนมวัวที่มีผิวหน้าเรียบมัน ก้อน curd มีสีครีมออกเหลือง มีน้ำ whey แยกออกมาจากก้อน curd เล็กน้อย

2. จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบการยอมรับในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำนมรำข้าวทดแทนน้ำนมวัวบางส่วน ปรากฏว่า ผู้บริโภคไม่ยอมรับกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตผสมรสนมสด แต่เมื่อมีการเติมแยมสตรอเบอร์รี่ ผู้บริโภคจะยอมรับโยเกิร์ตที่ผสมน้ำนมรำข้าวทดแทนลงไปได้ถึง 40 %

3. การเติมน้ำนมรำข้าวทดแทนลงไปในน้ำนมวัวสำหรับทำโยเกิร์ตในปริมาณ 40 % จะทำให้ต้นทุนในการผลิตโยเกิร์ตลดลงถึง 4.97 %

skim milk powder + น้ำ

ปั่น

น้ำนมวัว

ปรับ TS ด้วย skim milk powder

และความร้อนจนมี TS เป็น 21 B

pasteurize ที่ 82 C

15 วินาที

รำข้าว + น้ำ

ปั่นและกรอง

น้ำนมรำข้าว

pasteurize ที่ 82 C

15 วินาที

ผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ

homogenize

ปล่อยให้อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 45 C

เติม inoculum 5 %

บ่มจนมีความเป็นกรดประมาณ 1.25 %

เก็บที่อุณหภูมิ 2 - 5 C

รูปที่ 5 : แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตโยเกิร์ตน้ำนมวัว ( skim milk )
ผสมน้ำนมรำข้าว

## ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองพบว่า โยเกิร์ตจะมีน้ำ whey แยกออกมาจาก curd และเนื้อสัมผัสไม่ละเอียดค่อนข้างเป็นทราย ซึ่งเป็นไปได้ว่ามีผลมาจากการ homogenize ไม่เพียงพอ จึงควรปรับปรุงการ homogenize ให้ดีขึ้น และควรทดลองหา stabilizer ที่เหมาะสม ก็อาจจะทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น

2. ต้นทุนการผลิตที่คิด คิดจากราคาขายปลีกรำข้าว และใช้แยมสตรอเบอรี่แทนสตรอเบอรี่แช่อิ่ม ซึ่งหากทำเป็นอุตสาหกรรม ต้นทุนใน 2 ส่วนนี้จะลดลงอย่างแน่นอน

3. หากทำการปรับปรุงสีและกลิ่นของโยเกิร์ตรสสตรอเบอรี่ อาจทำให้การยอมรับเพิ่มขึ้น เพราะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบส่วนใหญ่จะไม่ชอบโยเกิร์ตที่มีกลิ่นรำข้าวปน และสีคล้ำของรำข้าวจะบดบังสีของสตรอเบอรี่ ถ้าหากทำการปรับปรุงในส่วนนี้ได้ ผู้บริโภคอาจยอมรับโยเกิร์ตที่มีน้ำนมรำข้าวผสมในปริมาณที่มากกว่า 40 % ได้ ต้นทุนในการผลิตก็จะลดลง

# เอกสารอ้างอิง

พอใจ ลิ้มพันธุ์อุดม ( 2533 ), เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติและการควบคุมคุณภาพอาหาร, ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

วรรณา ตั้งเจริญชัย ( 2530 ), เอกสารประกอบการสอนวิชาชีวเคมีอาหาร ( บทปฏิบัติการ ), ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

วรรณา ตั้งเจริญชัย ( 2533 ), เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีการแปรรูปนม ( บทปฏิบัติการ ), ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และชมรมผู้หมักแอลกอฮอล์แห่งประเทศไทย ( 2525 ), เอกสารประกอบการอบรมวิชาชีพภาคฤดูร้อน ปี 2525

Frank V. Kosikowski ( 1982 ), Cheese and fermented milk foods, Edward & Brothers,Inc., Ann arbor, Michigan

G.S. Wilson and A.A. Miles ( 1975 ), Topley and Wilson's principle of bacteriology, Butler and Tanner Ltd., Great Britain

Robinson R.K. and A.Y. Tamine ( 1981 ), Microbiology of fermented milk in dairy microbiology of milk products, Appliced Science Publishers, London

Sauders R.M. ( 1990 ), The properties of rice bran as a foodstuff, Cereal foods world , Vol. 3 No. 7 ( July )

# ภาคผนวก

## ก. การวิเคราะห์ทางเคมีและการเตรียมสาร

1. การหา % acidity ( based on lactic acid )

<u>สารเคมี</u>

1. น้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ เตรียมโดยนำน้ำกลั่นมาต้มเดือดนาน 20 นาที
2. สารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH เตรียมจาก NaOH 4 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร เก็บในขวดแก้วสีชาที่กันคาร์บอนไดออกไซด์และกันด่าง นำมาหาความเข้มข้นมาตรฐานดังนี้

<u>การหาความเข้มข้นมาตรฐาน</u>

ชั่ง acid potassiumphthalate ( $K_2HC_8H_4O_4$ )ที่ผ่านการอบที่ 120°C ประมาณ 0.3 กรัม ใส่ลงใน erlenmayer flask ขนาด 250 ml เติมน้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ 90 - 100 ml คนให้ละลายแล้วเติมสารละลาย Phenolphthalein 3 หยด นำไปไตเตรทกับสารละลาย 0.1 N NaOH ที่เตรียมไว้ คำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลาย NaOH ได้จาก

$$\text{ความเข้มข้นมาตรฐาน (N)} = \frac{\text{กรัม } K_2HC_8H_4O_4 * 1000}{\text{ml. NaOH} * 204.229}$$

3. สารละลายฟีนอลฟ์ธาลีน เตรียมได้จากชั่งฟีนอลฟ์ธาลีน 1 กรัม ละลาย ใน 95 % Ethanol ให้ได้ปริมาตรเป็น 100 ml.

การวิเคราะห์

ปิเปตตัวอย่างโยเกิร์ตมา 5 ml. เติมน้ำกลั่นปลอด $CO_2$ 100 ml. แล้วหยด 1 % Phenolphthalein 3 - 5 หยด นำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N ที่จุดยุติสารละลายจะมีสีชมพูอ่อน

การคำนวณปริมาณกรด

$$\% \text{ acidity } ( g/100 \text{ ml.}) \doteq \frac{(V)*(N)*(Mw)*100}{1000 * (U)}$$

เมื่อ V = ปริมาตร ( ml.) ของ 0.1N NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท

N = Normality ของสารละลายมาตรฐาน NaOH

Mw = น้ำหนักโมเลกุลของกรดที่ต้องการหา

( Mw Lactic acid = 90 )

U = ปริมาตร ( ml.) ของตัวอย่างที่นำมาไตเตรท

2. การวิเคราะห์ร้อยละของความชื้น

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. ถ้วยอะลูมิเนียม ( aluminium dish ) พร้อมฝา
2. ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิ
3. Dessicator
4. เครื่องชั่งชนิดละเอียด

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. อบถ้วยอะลูมิเนียมที่แห้งและสะอาดในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 $^{\circ}$C นาน 1 ชั่วโมงเมื่อครบกำหนดปิดฝาจานก่อนนำมาทำให้เย็นใน Dessicator

2. ชั่งน้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม (A) ใส่ตัวอย่างอาหาร 2 กรัม เกลี่ยให้สม่ำเสมอ (B) เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น ขณะชั่งควรปิดฝาจาน

3. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100$^{\circ}$ $\pm$ 2 $^{\circ}$C

4. นำตัวอย่างออกมาทิ้งให้เย็นใน Dessicator และชั่งน้ำหนักเป็นระยะ จนกว่าตัวอย่างจะมีน้ำหนักคงที่ จดน้ำหนักครั้งสุดท้าย(C)

<u>วิธีคำนวณ</u>

$$\text{ความชื้นของตัวอย่าง ( \% )} = \frac{( B - C )*100}{( B - A )}$$

เมื่อ A = น้ำหนักเป็นกรัมของถ้วยอะลูมิเนียม

B = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัมรวมกับน้ำหนักถ้วยก่อนอบ

C = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัมรวมกับน้ำหนักถ้วยหลังอบ

3. การวิเคราะห์ร้อยละของเถ้า

สารเคมี

น้ำมันมะกอกบริสุทธิ์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Muffle furnace
2. Burner or Hot plate
3. Platinum dish ขนาด 50 - 100 ml. หรือ Porcelain , Silica , Vycor dish ก็ได้
4. Dessicator
5. เครื่องชั่งชนิดละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. เผาถ้วยใน Muffle ที่อุณหภูมิ 525°± 25°C นานประมาณ 1 ชั่วโมง
2. ทำให้เย็นใน Dessicator และชั่งน้ำหนักทันที (A)
3. ชั่งตัวอย่างรำข้าวประมาณ 3 - 5 กรัม และน้ำนมรำข้าว โยเกิร์ต ประมาณ 10 กรัม ลงในถ้วย ชั่งน้ำหนักทันที (B)
4. หยดน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ในตัวอย่างน้ำนมรำข้าวและโยเกิร์ต เพื่อป้องกันการเกิดโฟมหรือฟูในขณะเผา
5. เผาด้วย Hot plate จนหมดควัน
6. เผาใน Muffle ต่อที่อุณหภูมิ 525°± 25°C จนได้เถ้าสีขาว
7. นำถ้วยออกจาก Muffle ทิ้งให้เย็นใน Dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก (C)

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด ( \% )} = \frac{(C - A)*100}{(B)}$$

เมื่อ A = น้ำหนักถ้วย

B = น้ำหนักตัวอย่างไม่รวมถ้วย

C = น้ำหนักเถ้ารวมน้ำหนักถ้วยหลังเผา

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

4.1 ปริมาณไขมันในตัวอย่างรำข้าว

สารเคมี

Petrolium ether or Anhydrous ether

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุด Soxhlet extractor ซึ่งประกอบไปด้วย Soxhlet flask Extraction tube
2. Thimble
3. Heating mantle
4. Dessicator
5. ตู้อบ
6. เครื่องชั่งละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการหาความชื้นมาแล้วด้วยเครื่องชั่งละเอียด ประมาณ 5 - 10 กรัม

2. บรรจุตัวอย่างลงใน thimble ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลี หรือตัดกระดาษกรองวางตอนบน เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของตัวอย่าง

3. นำ thimble ที่บรรจุตัวอย่างแล้วใส่ลงใน extraction tube และประกอบเข้ากับ soxhlet flask ที่ผ่านการอบแห้งและชั่งน้ำหนักมาแล้ว (B)

4. ตวง petrolium ether 150 ml. เทลงใน soxhlet flask

5. ให้ความร้อนแก่ soxhlet flask ด้วย heating mantle โดยปรับความร้อนจน ether ระเหยเป็นไอและควบแน่นหยดลงบนตัวอย่างอย่างต่อเนื่องกัน ( หรือประมาณ 150 หยดต่อนาที ) สกัดไขมันนาน 16 ชั่วโมง

6. นำ soxhlet flask ไปไล่ส่วนของ ether ออก และนำเอาส่วนไขมันไปอบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 100°C นาน 30 นาที

7. ทิ้งให้เย็นใน dessicator ชั่งน้ำหนักไขมัน (C)

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน ( \% )} = \frac{( C - B ) * 100}{(A)}$$

เมื่อ A = น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่างแห้ง

B = น้ำหนักเป็นกรัมของ soxhlet flask

C = น้ำหนักเป็นกรัมของไขมัน + soxhlet flask ที่อบแห้ง

4.2 ปริมาณไขมันในน้ำนมรำข้าวและโยเกิร์ต

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น
2. Amyl alcohol

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Gerber butyrometer
2. Centrifuge
3. Milk pipette 11 ml.
4. Water bath
5. เครื่องชั่ง

วิธีวิเคราะห์

1. ดูดกรดซัลฟุริกเข้มข้น 10 มล. ใส่ลงใน Gerber butyrometer พยายามอย่าให้กรดเลอะคอขวด

2. อุ่นตัวอย่างนม ผสมให้เข้ากัน แล้วดูดตัวอย่างน้ำนมรำข้าว 11 มล. ( สำหรับตัวอย่างโยเกิร์ต ชั่งตัวอย่างโยเกิร์ตประมาณ 10 กรัม ) ค่อย ๆ ปล่อยลงในขวด

3. เติม Amyl alcohol 2 มล. ปิดจุกให้แน่น

4. กลับขวดไปมาจนของเหลวผสมกันดี ไม่มีส่วนสีขาวเหลืออยู่

5. Centrifuge 5 นาที ความเร็ว 1100 รอบต่อนาที หรือจนไขมันแยกออกจากตัวอย่าง

6. แช่ใน water bath ที่อุณหภูมิ 65°C

7. อ่านระดับ ( % ) ไขมันจากหลอด Gerber butyrometer

5. การวิเคราะห์ร้อยละของโปรตีน

<u>สารเคมี</u>

1. กรดซัลฟูริคเข้มข้น
2. กรดบอร์ริค 2 %
3. กรดซัลฟูริค 0.1 N
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 %
5. คาตาลิส ( Catalyst )

ซิลิเนียมไดออกไซด์

โปตัสเซียมซัลเฟต

คอปเปอร์ซัลเฟต

ชั่งซิลิเนียมไดออกไซด์ 2.5 กรัม โปตัสเซียมซัลเฟต 100 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต 20 กรัม ผสมให้เข้ากันอย่างดี

6. Mixed indicator

6.1. เตรียม 0.1 % bromocresol green (ใน 95 % แอลกอฮอล์และ 0.1 % methyl red (ใน 95 % แอลกอฮอล์)

6.2. ผสม 10 มล. bromocresol green กับ 2 มล. methyl red ในขวดหยด สารละลายดังกล่าว 4 หยด มีปริมาตร 0.05 มล.

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างรำข้าว 2 กรัม น้ำนมรำข้าว 7 มล. และโยเกิร์ต 7 มล. ใส่ลงในขวด Kjeldahl flask ขนาด 250 มล.
2. เติม catalyst 2 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มล.
3. นำ Kjeldahl flask ไปตั้งบนชุดเครื่องย่อยโปรตีนที่มีระบบดูด

ไอกรดที่ดี (ใช้เครื่องย่อยโปรตีน Buchi 425) ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง หรือจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีฟ้าใส

4. ปล่อยให้สารละลายสีฟ้าอ่อนเย็นและหมดควันของไอกรด

5. ดูด 2 % boric acid 50 มล. ใส่ลงใน Erlenmayer flask ขนาด 250 มล. หยด mixed indicator 4 หยด เขย่าสารละลายก่อนนำไปวางใต้เครื่องกลั่นโปรตีน เปิดเครื่องและเติมน้ำกลั่นจนสารละลายมีปริมาตร 100 มล. เติม 40 % NaOH ลงไปทำปฏิกิริยาจนสารละลายกลายเป็นสีดำ ทำการกลั่นโปรตีน 3 นาที

6. ปล่อยให้เย็น นำสารละลายใน flask มาไตเตรทกับ 0.1 N กรดซัลฟุริกจนสีน้ำเงินกลายเป็นไม่มีสี

7. ทำการทดลองกับ blank ตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 6

วิธีคำนวณ

$$\% \text{ CURD PROTEIN} = \frac{6.25*1.4*\ N\ H_2SO_4*(V_s-V_b)}{W}$$

เมื่อ $N\ H_2SO_4$ คือ ความเข้มข้นเป็น N ของกรดซัลฟุริก

$V_s$ คือ ปริมาตรกรดซัลฟุริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

$V_b$ คือ ปริมาตรกรดซัลฟุริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

W คือ น้ำหนักเป็นกรัม หรือปริมาตรเป็น มล. ของตัวอย่าง

6. การวิเคราะห์ร้อยละของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

<u>สารเคมี</u>

1. Felhing solution A

   ละลาย $CuSO_4$ $5H_2O$ 34.634 กรัมในน้ำ ปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml.

2. Felhing solution B

   ละลาย $KNaC_4H_4O_6$ $6H_2O$ 173 กรัมในน้ำ ปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml.

3. HCl เข้มข้น หรือ 50 % HCl
4. 20 % NaOH
5. 1 % Methylene blue

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องชั่งละเอียด
2. ตู้อบ
3. Hot plate
4. Erlenmayer flask
5. Volumatic flask ขนาด 100 ml.
6. Burette

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างโยเกิร์ตประมาณ 55 กรัม เติม conc. HCl 5 ml.

   ใส่ตัวอย่างลงใน Volumatic flask ขนาด 100 ml.

2. Hydrolyze ในตู้อบอุณหภูมิ 70°C ประมาณ 10 - 15 นาที
3. ทำให้เย็น ปรับ pH ให้เป็นกลางหรือกรดเล็กน้อยด้วย 20 % NaOH

   4 ml.

4. ปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 100 ml. ด้วยน้ำกลั่น
5. ไตเตรทกับ Standard Felhing solution ( ใช้ F.A 5 ml. ผสมกับ F.B 5 ml. ผสมเสร็จใช้ทันทีห้ามทิ้งไว้ค้างคืน ) ไตเตรทอย่างเร็ว โดยใช้ความร้อนช่วย จนเกือบถึงจุดยุติจึงหยด 1 % Methylene blue 4 - 5 หยด ไตเตรทต่อจนถึงจุดยุติ สีน้ำเงินจะจางหายไป

<u>วิธีคำนวณ</u>

$$\% \text{ น้ำตาลรีดิวซ์} = \frac{(F) * 100 * 100}{(V) * (W)}$$

เมื่อ F = Factor of Felhing solution

V = ปริมาตรของสารละลายโยเกิร์ตที่ใช้ในการไตเตรท(ml.)

W = น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่างโยเกิร์ต

- การวิเคราะห์หา factor ของ Fehling solution

<u>วิธีการ</u>

1. ชั่งซูโครสประมาณ 9.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด ใส่ลงใน vol. flask ขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่น 10 มล. และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 มล.
2. Hydrolyze ที่อุณหภูมิ 70°C ประมาณ 10 - 15 นาที หรือตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง

3. เติมน้ำกลั่น 50 มล. และ 20 % NaOH 0.95 มล.
4. ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มล.
5. ไตเตรทกับ Fehling A+B 10 ml. ไตเตรทอย่างรวดเร็วโดยใช้ความร้อนช่วยจนเกือบถึงจุดยุติ สีน้ำเงินจะจางหายไป ( ไม่ควรใช้ standard solution เกิน 10 มล. )

วิธีการคำนวณหา factor

$$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow[\cdot H_2O]{\text{conc. HCl}} 2\ C_6H_{12}O_6$$

$$342.296 \longrightarrow 360.312$$

$$\text{ค่า factor} = \frac{(\ 360.312\ )(A)\ (B)}{(\ 342.296\ )\ (100\ )}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักเป็นกรัมของซูโครสที่ใช้

B คือ ปริมาตรของสารละลายซูโครสที่ใช้ไตเตรท ( มล. )

หมายเหตุ : ค่า factor ของ Fehling A+B ควรมีค่าไม่เกิน 0.04 - 0.06

ข) การวิเคราะห์ทางสถิติ

**ตารางภาคผนวกที่ 1** แสดงแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

**ผลิตภัณฑ์**

ผู้ชิม : ชื่อ

เพศ อายุ เวลาที่ชิม

ผู้ชิมชิมผลิตภัณฑ์แล้ว ให้คะแนนตามความรู้สึก

| ความรู้สึก | คะแนน |
|---|---|
| ชอบมากที่สุด | 7 |
| ชอบมาก | 6 |
| ชอบ | 5 |
| เฉย ๆ | 4 |
| ไม่ชอบ | 3 |
| ไม่ชอบมาก | 2 |
| ไม่ชอบมากที่สุด | 1 |

ข้อแนะนำ : ดื่มน้ำหรือกลั้วปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

| รหัสตัวอย่าง | คุณสมบัติ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น | รสชาติ | เนื้อสัมผัส | การยอมรับรวม |
| 596 | | | | | |
| 386 | | | | | |
| 984 | | | | | |
| 732 | | | | | |
| 426 | | | | | |
| 829 | | | | | |
| 644 | | | | | |

ข้อเสนอแนะ :

แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ด้านสีของโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมร่ำข้าวรสนมสด

| จำนวนผู้ทดสอบ (n) | คะแนนที่ผู้ชิมให้กับตัวอย่างรหัส 386 | 596 | 829 | 426 | 732 | 644 | 984 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | 7 | 7 |
| 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 |
| 5 | 1 | 2 | 4 | 3 | 3 | 5 | 7 |
| รวม | 9 | 15 | 16 | 15 | 14 | 26 | 28 |
| $\overline{X}$ | 1.8 | 3.0 | 3.2 | 3.0 | 2.8 | 5.2 | 5.6 |

สมมุติฐาน : แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน

1. $CF = (\Sigma X)^2/N = (9+15+16+...+28)^2/35 = 15129/35 = 432.26$
2. $SS = (\Sigma X)^2 - CF = (3^2+1^2+1^2+3^2+...+7^2) - 432.26$

   $= 521-432.26 = 88.74$
3. $SS_t = (9)^2+(15)^2+(16)^2+...+(28)^2/5 - CF$

   $= 2443/5 - 432.26 = 56.34$
4. $SS_r = SS-SS_t = 88.74-56.34 = 32.40$

นำค่าที่คำนวณได้ไปใส่ในตาราง ANOVA โดยที่

df.treatment = No. of treatment - 1 = 7-1 = 6

df.total = N-1 = 35-1 = 34

df.error = df.total - df.treatment

= 34-6 = 28

และ F = MS treatment/MS error ; MS = SS/DF

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของโยเกิร์ตน้ำนมวัวและน้ำนมรำข้าวรสนมสด

| Source of variation | df | SS | MS | $F_{cal}$ | $F_{0.05(6,28)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6 | 56.34 | 9.39 | 8.09 | 2.45 |
| Error | 28 | 32.40 | 1.16 | | |
| Total | 34 | 88.74 | | | |

$F_{cal} > F_{0.05}$ ดังนั้น Reject สมมติฐาน

แสดงว่า ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของสีของแต่ละตัวอย่างโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

1) ใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) จัดเรียงลำดับตัวอย่างใหม่

| | (T1) | (T5) | (T2) | (T4) | (T3) | (T6) | (T7) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| รหัสตัวอย่าง | 386 | 732 | 596 | 426 | 829 | 646 | 984 |
| คะแนนเฉลี่ย | 1.8 | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 3.2 | 5.2 | 5.6 |

2) $Sx = \sqrt{MSr/n} = \sqrt{1.16/5} = 0.48$

df = 28

3) เปิดตาราง SSR (Significant Studentized Ranges)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SSR_{0.05}$ | 2.90 | 3.04 | 3.13 | 3.20 | 3.26 | 3.30 |

4) คำนวณค่า LSR (Least significant range) เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทดลอง

LSR = SSR*Sx

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $LSR_{0.05}$ | 1.392 | 1.459 | 1.502 | 1.536 | 1.565 | 1.584 |

5) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและสรุปผล

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| T7 กับ T1 | /5.6-1.8/ = 3.8 | > | 1.584 | แตกต่าง |
| T7 กับ T5 | /5.6-2.8/ = 2.8 | > | 1.565 | แตกต่าง |
| T7 กับ T2, T4 | /5.6-3.0/ = 2.6 | > | 1.536 | แตกต่าง |
| T7 กับ T3 | /5.6-3.2/ = 2.4 | > | 1.502, 1.459 | แตกต่าง |
| T7 กับ T6 | /5.6-5.2/ = 0.4 | > | 1.392 | แตกต่าง |
| T6 กับ T1 | /5.2-1.8/ = 3.4 | > | 1.565 | แตกต่าง |
| T6 กับ T5 | /5.2-2.8/ = 2.4 | > | 1.536 | แตกต่าง |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| T6 กับ T2, T4 | /5.2-3.0/ = 2.2 | > | 1.502, 1.459 | แตกต่าง |
| T6 กับ T3 | /5.2-3.2/ = 2.0 | > | 1.392 | แตกต่าง |
| T3 กับ T1 | /3.2-1.8/ = 1.4 | < | 1.536 | ไม่แตกต่าง |
| T3 กับ T5 | /3.2-2.8/ = 0.4 | < | 1.502 | ไม่แตกต่าง |
| T3 กับ T2, T4 | /3.2-3.0/ = 0.2 | < | 1.459,1.392 | ไม่แตกต่าง |
| T2, T4 กับ T1 | /3.0-1.8/ = 1.2 | < | 1.502, 1.459 | ไม่แตกต่าง |
| T2, T4 กับ T5 | /3.0-2.8/ = 0.2 | < | 1.459, 1.392 | ไม่แตกต่าง |
| T2 กับ T4 | /3.0-3.0/ = 0 | < | 1.392 | ไม่แตกต่าง |
| T5 กับ T1 | /2.8-1.8/ = 1.0 | < | 1.392 | ไม่แตกต่าง |

ตัวอย่างรหัส 984 และ 646 มีความแตกต่างด้านสีกับรหัสอื่น ๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนรหัส 829, 426, 596, 732 และ 386 ไม่มีความแตกต่างด้านสีที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แสดงผลการทดสอบได้ดังนี้

T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าวรสนมสด

| Source of variation | df | SS | MS | $F_{cal}$ | $F_{0.05(6.28)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6 | 31.49 | 5.25 | 5.198 | 2.45 |
| Error | 28 | 28.40 | 1.01 | | |
| Total | 34 | 59.89 | | | |

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบในด้านคุณภาพด้านกลิ่นโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

**ตารางภาคผนวกที่ 4** การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสชาติของโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าวรสนมสด

| Source of variation | df | SS | MS | $F_{cal}$ | $F_{0.05(6.26)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6 | 46.17 | 7.695 | 5.98 | 2.45 |
| Error | 28 | 36.00 | 1.286 | | |
| Total | 34 | 82.17 | | | |

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบในด้านคุณภาพรสชาติโดยวิธี DMRT

T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าวรสนมสด

| Source of variation | df | SS | MS | $F_{cal}$ | $F_{0.05(6,28)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6 | 13.4 | 2.23 | 2.75 | 2.45 |
| Error | 28 | 22.60 | 0.81 | | |
| Total | 34 | 36.00 | | | |

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบในด้านคุณภาพเนื้อสัมผัสโดยวิธี DMRT

T1 T4 T2 T5 T3 T6 T7

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับรวมของโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าวรสนมสด

| Source of variation | df | SS | MS | $F_{cal}$ | $F_{0.05(6,28)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6 | 24.57 | 4.095 | 9.31 | 2.45 |
| Error | 28 | 12.40 | 0.440 | | |
| Total | 34 | 36.97 | | | |

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบในด้านคุณภาพเนื้อสัมผัสโดยวิธี DMRT

T1 T2 T4 T3 T5 T6 T7

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าวรสสตรอเบอรี่

| Source of variation | df | SS | MS | $F_{cal}$ | $F_{0.05(6,105)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6 | 61.05 | 10.18 | 7.22 | 2.23 |
| Error | 105 | 148.44 | 1.41 | | |
| Total | 111 | 209.49 | | | |

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบในด้านคุณภาพเนื้อสัมผัสโดยวิธี DMRT

T1 T4 T2 T3 T5 T6 T7

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมร่ำข้าวรสสตรอเบอรี่

| Source of variation | df | SS | MS | $F_{cal}$ | $F_{0.05(6,105)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6 | 58.99 | 9.83 | 4.41 | 2.23 |
| Error | 105 | 234.12 | 2.23 | | |
| Total | 111 | 293.12 | | | |

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบในด้านคุณภาพเนื้อสัมผัสโดยวิธี DMRT

T1 T4 T3 T2 T5 T6 T7

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสชาติของโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าวรสสตรอเบอรี่

| Source of variation | df | SS | MS | $F_{cal}$ | $F_{0.05(6,105)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6 | 77.24 | 12.87 | 10.13 | 2.23 |
| Error | 105 | 133.62 | 1.27 | | |
| Total | 111 | 210.86 | | | |

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบในด้านคุณภาพเนื้อสัมผัสโดยวิธี DMRT

T1 T4 T2 T3 T5 T6 T7

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าวรสสตรอเบอรี่

| Source of variation | df | SS | MS | $F_{cal}$ | $F_{0.05(6,105)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6 | 90.05 | 15.01 | 10.88 | 2.23 |
| Error | 105 | 144.44 | 1.38 | | |
| Total | 111 | 235.49 | | | |

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบในด้านคุณภาพเนื้อสัมผัสโดยวิธี DMRT

T1 T2 T4 T3 T5 T6 T7

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับรวมของโยเกิร์ตน้ำนมวัวผสมน้ำนมรำข้าวรสสตรอเบอรี่

| Source of variation | df | SS | MS | $F_{cal}$ | $F_{0.05(6,105)}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Between treatment | 6 | 86.97 | 14.49 | 16.66 | 2.23 |
| Error | 105 | 91.81 | 0.87 | | |
| Total | 111 | 178.78 | | | |

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบในด้านคุณภาพเนื้อสัมผัสโดยวิธี DMRT

T1 T4 T2 T3 T5 T6 T7

ค่าเฉลี่ยที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %