

การประเมินเครื่องแลคโตสตาร์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงพาณิชย์ของน้ำนมดิบ

Evaluation of Lactostar in Commercial Composition Analysis of Raw Milk

สิรินทร์ ไสยสมบัติ^{1/}* และ ประวีร์ วิจชุลดา^{1/,*}
Sirintra Saiyasombut^{1/} and Pravee Vijchulata^{1/}

Abstract

Comparison of commercial composition of raw milk using Lactostar, an auto milk analyzer, versus the standard methods was conducted with 40 bulk raw milk samples from a processing facility. Fat, solids not fat, total solids contents and freezing point analyzed by Lactostar were 3.798 %, 8.470 %, 12.264 %, and -0.5236°C, respectively. Lactostar analysis provided non-significant ($P>0.05$) values of the above parameters compared to those analyzed by the standard methods (3.795 %, 8.395 %, 12.19 % and -0.524°C, respectively). However, the average density value using Lactostar was slightly higher ($P<0.05$) than that of the standard method (1.0276 versus 1.0271 g/ml). Analysis precision values composing of repeatability standard deviation (S_r), repeatability value (r -value) and repeatability relative standard deviation (RSD_r) using Lactostar analyzer were better than those of the standard methods ($P<0.05$). It is concluded that, with the exception of density, Lactostar with proper standardization can be accurately used to analyze fat, total solids, solids not fat and freezing point in raw milk.

Keywords : milk composition, Latostar Milk Analyzers

^{1/} ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^{1/} Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

รับเรื่อง : มิถุนายน 2558

* Corresponding author: agrpvv@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงพาณิชย์ของน้ำนมดิบด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแลคโตสตาร์เทียบกับวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน โดยใช้ตัวอย่างน้ำนมดิบจากถังรวมนม จำนวน 40 ตัวอย่าง เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์ ค่าเฉลี่ยของไขมัน เนื้อมนมไม่รวมไขมัน เนื้อมนมรวม และอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง เท่ากับ 3.798, 8.470, 12.264 เปอร์เซ็นต์ และ -0.5236 องศาเซลเซียสตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มมากกว่า ($P>0.05$) วิธีมาตรฐานซึ่งเท่ากับ 3.795, 8.395, 12.191 เปอร์เซ็นต์ และ -0.5241 องศาเซลเซียสตามลำดับ อย่างไรก็ตามความหนาแน่นของวิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์ ค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มมากกว่า ($P<0.05$) วิธีมาตรฐาน (1.0276 เทียบกับ 1.0271 กรัมต่อมิลลิลิตร) การประเมินค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรง ได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราชา (repeatability standard deviation, S_r), ความคลาดเคลื่อนสัมภាយในห้องปฏิบัติการ (repeatability value, r-value) ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (repeatability relative standard deviation, RSD_r) ของการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแลคโตสตาร์มีค่าดีกว่าวิธีมาตรฐาน ($P<0.05$) สรุปได้ว่าจากค่าความหนาแน่น เครื่องแลคโตสตาร์เมื่อมีการปรับมาตรฐานที่เหมาะสม สามารถวิเคราะห์ได้อย่างแม่นยำในการวิเคราะห์ไขมัน เนื้อมนมไม่รวมไขมัน เนื้อมนมรวม และอุณหภูมิจุดเยือกแข็งในน้ำนมดิบ

คำนำ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำนม มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับศูนย์รวมน้ำนมดิบของสหกรณ์โคนม และโรงงานผู้ผลิตนมแปรรูปต่างๆ โดยใช้เพื่อการประเมินคุณภาพน้ำนมดิบ และการจัดเกรดคุณภาพในเชิงพาณิชย์ เพื่อกำหนดรากาในการซื้อขายน้ำนมดิบ ส่วนประกอบน้ำนมที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินราคาน้ำนม ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ไขมัน (Fat), ปริมาณเนื้อมนม (Total solids, TS) และปริมาณเนื้อมนมไม่รวมไขมัน (Solids not fat, SNF) นอกจากนี้ยังอาจคำนึงถึงการหาความหนาแน่นรวมถึงการปลอมปนน้ำ โดยพิจารณาจากอุณหภูมิจุดเยือกแข็งของน้ำนม (Freezing point) (Bradley, Jr *et al.*, 1992; Harding, 1995)

การตรวจสอบคุณภาพองค์ประกอบน้ำนมสามารถตรวจได้ 2 วิธี คือการตรวจสอบคุณภาพน้ำนมด้วยวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน และการตรวจสอบคุณภาพน้ำนมด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม แบบอัตโนมัติ การตรวจสอบคุณภาพน้ำนมด้วยวิธีวิเคราะห์มาตรฐานนิยมใช้อ้างอิงเพื่อปรับเทียบมาตรฐาน และมีการ

กำหนดค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของการวิเคราะห์ไขมันด้วยวิธีของอนเนียร์โดย Association of Official Analytical Chemists [AOAC] คือระดับไขมันนม 3.6 เปอร์เซ็นต์ ค่ามีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.015, 0.044 และ 0.396 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื้อมนมรวมที่วิเคราะห์ด้วยวิธีของแห้งโดย AOAC ค่ามีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.019, 0.054 และ 0.149 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เนื้อมนมไม่รวมไขมันที่วิเคราะห์ด้วยวิธีหาความแตกต่างระหว่างเนื้อมนมและไขมันโดย AOAC ค่ามีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.019, 0.055 และ 0.218 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และอุณหภูมิจุดเยือกแข็งที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องครายโอลิโตรีป เกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานของ AOAC คือ ค่า S_r , r-value และ RSD_r ไม่เกิน 1.357, 0.004 และ 0.250 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Bradley, Jr, 2000; Bradley, Jr, 2006) แต่โดยทั่วไปวิธีนี้ต้องปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ เป็นวิธีที่ปฏิบัติค่อนข้างยุ่งยาก ต้องใช้เครื่องมือที่มีความจำเพาะใช้สารเคมีที่อาจมีราคาแพงและใช้เวลานาน ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่ค่อยได้รับความนิยมใช้ในการตรวจในห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะในระดับสหกรณ์หรือโรงงานแปรรูป การ

ตรวจสอบคุณภาพน้ำนมด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมอัตโนมัติ ได้แก่ เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมวิชีมิคินฟราเดสเปกโกรโฟโตเมตري ได้รับการยอมรับจาก AOAC (Bradley, Jr *et al.*, 1992; Bradley, Jr, 2006) ใช้หลักการการดูดกลืนแสง ซึ่งทำงานได้รวดเร็ว แต่มีราคาแพง เหมาะกับหน่วยงานขนาดใหญ่ เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมวิชีมิคินฟราเดสเปกโกรโฟโตเมตري มีการรายงานค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของ การวิเคราะห์ไขมัน โดยมีค่า S_r และ RSD_r ไม่เกิน 0.02 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนค่า $r\text{-value}$ ที่ยอมรับได้ยังไม่มีรายงานโดย AOAC (Bradley, Jr *et al.*, 1992; Bradley, Jr, 2000) เนื่องมารวม มีค่า S_r คือไม่เกิน 0.04 เปอร์เซ็นต์ (Richardson, 1990; Bradley, Jr *et al.*, 1992; Bradley, Jr, 2000) $r\text{-value}$ ไม่เกิน 0.03 เปอร์เซ็นต์ กำหนดโดย IDF (Bradley, Jr *et al.*, 1992) และ ค่า RSD_r กำหนดโดย AOAC และ IDF ไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Bradley, Jr, 2000) นอกจากนี้ยังมีเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมระบบอัตโนมัติที่มีราคาประหยัด เหมาะกับหน่วยงานขนาดเล็ก มีการพัฒนาและผลิตขายน้ำนมต้องตลาด ได้แก่ เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมระบบอัลตราโซนิกที่อาศัยการส่งสัญญาณคลื่นเสียง อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่มาใช้ ได้แก่ เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมโดยใช้ระบบคลื่นแสงร่วมกับการเหนี่ยวนำประจุภายในตัวอุณหภูมินิแม่ที่แตกต่างกัน ได้แก่ เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแคลคโตสตาร์ อุปกรณ์มีคุณสมบัติใช้งานง่าย สะดวก รวดเร็ว ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมี สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม ได้แก่ ไขมัน โปรตีน แคลโตส เนื้อนม ไม่รวมไขมัน ความหนาแน่น และอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง (Funky Gerber, 2013) ที่สำคัญยังมีราคาไม่แพงมากนัก จึงเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในศูนย์รับรวมน้ำนมดิบหรือโรงงานนมขนาดเล็ก ถึงขนาดกลาง เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวเริ่มมีการนำเข้ามาใช้ในประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแคลคโตสตาร์ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบน้ำนมเชิงพาณิชย์ โดยเปรียบเทียบกับวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ใช้งานต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บและการเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำนมดิบทั้งหมด สูมเก็บจากถังรวมนมของศูนย์ผลิตภัณฑ์นม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ รวมจำนวน 40 ตัวอย่าง เก็บ 20 ครั้ง ครั้งละ 2 ตัวอย่าง โดยแบ่งแต่ละตัวอย่างน้ำนมดิบออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียสเพื่อรักษาไว้ต่อไป ส่วนแรกวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมโดยใช้เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแคลคโตสตาร์ รุ่น 3510 (Funky Gerber, 2013) ส่วนที่สองวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานของ AOAC ผลการวิเคราะห์ระหว่างวิธีการทั้ง 2 ที่ใช้ในการเปรียบเทียบได้แก่ เปอร์เซ็นต์ไขมันจากตัวอย่างน้ำนมดิบด้วยวิธีมอจอนเนียร์ (mojonnier method) เปอร์เซ็นต์เนื้อนมรวมด้วยวิธีอบแห้ง (oven dry) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เปอร์เซ็นต์เนื้อนมไม่รวมไขมันด้วยวิธีหารดัดต่างระหว่างเนื้อนมรวมและไขมัน ความหนาแน่นด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักเทียบกับปริมาตรน้ำนม (gravimetric method) และอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง ด้วยวิธีครายໂօສໂຄրปแบบธรรมชาติ (manual cryoscope) (Bradley, Jr *et al.*, 1992; Bradley, Jr, 2006) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ชั้้า

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างน้ำนมดิบ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์เนื้อนมรวม เปอร์เซ็นต์เนื้อนมไม่รวม ไขมัน ความหนาแน่น และอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแคลคโตสตาร์ และวิธีมาตรฐาน นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของผลการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราช้ำ (repeatability standard deviation, S_r), ความคลาดเคลื่อนสูงสุดภายในห้องปฏิบัติการ (repeatability value, $r\text{-value}$) ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (repeatability relative standard deviation, RSD_r) และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากวิธีการใช้เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแคลคโตสตาร์กับวิธีมาตรฐาน โดยใช้

การเปรียบเทียบประชากรสองกลุ่มอิสระ t-test โดยชุดคำสั่งในโปรแกรมสำเร็จรูป SAS Version 9.3 (SAS, 2011)

ผลและวิจารณ์

การประเมินองค์ประกอบน้ำนมดิบเชิงพาณิชย์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมด้วยวิธีมาตรฐาน ผลการทดลองเป็นดังต่อไปนี้

1. ไขมัน (Fat)

ไขมันแม่ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์และวิธีมอนเนียร์ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.798 และ 3.795 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีทั้งสองพบว่าผลการวิเคราะห์ไขมันแม่ด้วยเครื่องแลคโตสตาร้นนี้ มีค่าเฉลี่ยแนวโน้มสูงกว่าวิธีมอนเนียร์ 0.003 เปอร์เซ็นต์ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 1 อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานถึงค่าเฉลี่ยความแตกต่างของทั้ง 2 วิธี แต่มีการอ้างอิงถึงการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมวิธีมิดอินฟราเดสเพกโกรโฟโตเมตري โดยมาตรฐานของ AOAC และ IDF คือไม่เกิน 0.05 เปอร์เซ็นต์ (Richardson, 1990; Bradley, Jr et al., 1992; Bradley, Jr, 2000) เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของผลการวิเคราะห์ไขมันแม่ พบร่วมค่า S_r , r-value และ RSD_r

ของทั้ง 2 วิธี การวิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์มีค่าความเที่ยงตรงสูงกว่าวิธีมอนเนียร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การวิเคราะห์ไขมันแม่ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์มีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.0079, 0.0224 และ 0.2082 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ขณะที่การวิเคราะห์ไขมันแม่ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมวิธีมิดอินฟราเดสเพกโกรโฟโตเมตري ซึ่งเป็นวิธีที่ AOAC ยอมรับ ค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรง มีค่า S_r และ RSD_r ไม่เกิน 0.02 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนค่า rvalue ที่ยอมรับได้ยังไม่มีรายงานโดย AOAC (Bradley, Jr et al., 1992; Bradley, Jr, 2000) หากใช้พารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมวิธีมิดอินฟราเดสเพกโกรโฟโตเมตเรเป็นฐานเปรียบเทียบพบว่าค่าความเที่ยงตรงของไขมันที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์อยู่ในเกณฑ์ ส่วนวิธีมอนเนียร์มีค่า S_r , rvalue และ RSD_r เท่ากับ 0.0172, 0.0487 และ 0.4535 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Chalermsan (2004) ในการวิเคราะห์ไขมันแม่ด้วยวิธีมอนเนียร์ที่มีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.018, 0.052 และ 0.432 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า S_r , r-value และ RSD_r ของไขมันแม่ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมอนเนียร์กับค่าที่ยอมรับได้โดย AOAC คือระดับไขมันแม่ 3.6 เปอร์เซ็นต์ ควรมีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.015, 0.044 และ 0.396 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Bradley, Jr, 2006)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไขมัน ($\pm SD$), ค่า repeatability standard deviation (S_r), repeatability value (r-value) and repeatability relative standard deviation (RSD_r) ของไขมันในตัวอย่างน้ำนมดิบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์ และวิธีมอนเนียร์ (mojonnier method)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์ไขมัน	
	เครื่องแลคโตสตาร์	วิธีมาตรฐาน
จำนวนตัวอย่าง	40	40
ไขมัน (%)	3.798 ± 0.268	3.795 ± 0.275
S_r (%)	$0.0079 \pm 0.0016^{\text{a}}$	$0.0172 \pm 0.0029^{\text{a}}$
r-value (%)	$0.0224 \pm 0.0045^{\text{a}}$	$0.0487 \pm 0.0082^{\text{a}}$
RSD_r (%)	$0.2082 \pm 0.0416^{\text{a}}$	$0.4535 \pm 0.0766^{\text{a}}$

^a อักษรต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2. เนื้อนมรวม (Total solids)

จากการวิเคราะห์เนื้อนมรวมในตัวอย่างน้ำนมดิบด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแลคโตสตาร์ เปรียบเทียบกับวิธีอบแห้ง (oven dry) ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานผลประกอบว่าค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์เท่ากับ 12.264 เปอร์เซ็นต์ และผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีอบแห้งเท่ากับ 12.191 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เนื้อนมรวมด้วยเครื่องแลคโตสตาร์มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าวิธีอบแห้ง โดยมีความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 วิธีเท่ากับ 0.073 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์เนื้อนมรวม ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมวิธีมิดอินฟราเรดสเปกโโทรโฟโตเมตรีเทียบกับวิธีมจอนเนียร์ ตามมาตรฐานของ AOAC และ IDF คือไม่เกิน 0.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของความเที่ยงตรง พบว่าทั้ง 2 วิธี มีค่า S_r , r-value และ RSD_r แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดย S_r , r-value และ RSD_r ของการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์ มีค่าเท่ากับ 0.0164, 0.0465 และ 0.1340 ตามลำดับ ขณะที่ค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมวิธีมิดอินฟราเรดสเปกโโทรโฟโตเมตรี มีการกำหนดมาตรฐานโดย AOAC S_r คือไม่เกิน 0.04 เปอร์เซ็นต์ (Richardson, 1990; Bradley, Jr et al., 1992; Bradley, Jr, 2000) r-value ไม่เกิน 0.03 เปอร์เซ็นต์ กำหนดโดย IDF (Bradley, Jr et al., 1992) และ ค่า RSD_r

กำหนดโดย AOAC และ IDF ไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Bradley, Jr, 2000) หากใช้พารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมวิธีมิดอินฟราเรดสเปกโโทรโฟโตเมตรีเป็นฐานเปรียบเทียบ พบว่าเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแลคโตสตาร์มีค่า r-value เกินกำหนด อย่างไรก็ตามยังไม่มีการอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวในการวิเคราะห์เนื้อนมด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแลคโตสตาร์ ส่วนผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีอบแห้ง มีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.0212, 0.0599 และ 0.1740 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของเนื้อนมรวมที่วิเคราะห์ด้วยวิธีอบแห้งโดย AOAC ควรมีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.019, 0.054 และ 0.149 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Bradley, Jr, 2006) pragkwawala การวิเคราะห์ด้วยวิธีอบแห้งในการทดลองนี้ มีค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงเกินเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้รายงานของ Marshall and Peeler (1992) ระบุว่า ค่า RSD_r ของผลการวิเคราะห์เนื้อนมเฉลี่ย 12.7 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ มีค่า RSD_r เท่ากับ 0.14 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ และค่า RSD_R เท่ากับ 0.37 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ Chalermsan (2004) มีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.024, 0.072 และ 0.190 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และ Lekkla et al. (2005) มีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.115, 0.326 และ 0.800 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เนื้อนมรวม ($\pm SD$), ค่า repeatability standard deviation (S_r), repeatability value (r-value) and repeatability relative standard deviation (RSD_r) ของเนื้อนมรวมในตัวอย่างน้ำนมดิบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์ และวิธีอบแห้ง (oven dry)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์เนื้อนมรวม	
	เครื่องแลคโตสตาร์	วิธีมาตรฐาน
จำนวนตัวอย่าง	40	40
เนื้อนมรวม (%)	12.264 ± 0.339	12.191 ± 0.332
S_r (%)	0.0164 ± 0.0033	0.0212 ± 0.0033
r-value (%)	0.0465 ± 0.0094	0.0599 ± 0.0092
RSD _r (%)	0.1340 ± 0.0271	0.1740 ± 0.0268

3. เนื้อนมไม่ร่วนไขมัน (Solids not fat)

ผลการวิเคราะห์เนื้อนมไม่ร่วนไขมัน ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์กับวิธีมาตรฐานเท่ากับ 8.470 และ 8.395 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) แตกต่างกันอย่างไม่นัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยเนื้อนมไม่ร่วนไขมันจากเครื่องแลคโตสตาร์มีแนวโน้มสูงกว่าวิธีมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยมีแตกต่างกันเท่ากับ 0.075 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของผลการวิเคราะห์เนื้อนมไม่ร่วนไขมันด้วยเครื่องแลคโตสตาร์พบว่า มีความผันแปรน้อยกว่าวิธีมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยผลการวิเคราะห์จากเครื่องแลคโตสตาร์มีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.0097, 0.0274 และ 0.1144 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่เนื่องจากยังไม่มีรายงานการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ของคู่ประกอบ น้ำนมวิธีมิกอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตเมตรี จึงไม่สามารถเปรียบเทียบได้ ส่วนผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานเท่ากับ 0.0172, 0.0487 และ 0.205 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยเมื่อเปรียบเทียบค่า S_r , r-value และ RSD_r ของเนื้อนมไม่ร่วนไขมันที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน กับค่าที่ยอมรับได้โดย AOAC ค่ามีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.019, 0.055 และ 0.218 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Bradley, Jr, 2006) ปรากฏว่าผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานในการทดลองครั้งนี้ มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

4. ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นในน้ำนมดิบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์ และวิธีการซึ่งน้ำหนักน้ำเทียบกับปริมาตรรวม (gravimetric method) พบว่าค่าเฉลี่ยความหนาแน่นที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์มีค่าสูงกว่า และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.0276 และ 1.0271 กรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) โดยมีค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0005 กรัม/มิลลิลิตร จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี มีค่า S_r , r-value และ RSD_r แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าความเที่ยงตรงของค่าความหนาแน่นที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์มีความผันแปรน้อยกว่าค่า S_r , r-value และ RSD_r ของผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์มีค่า เท่ากับ 0.000042, 0.000118 และ 0.004071 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ด้วยวิธีการซึ่งน้ำหนักน้ำเทียบกับปริมาตร มีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.000165, 0.000446 และ 0.016026 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรง ของทั้ง 2 วิธี ยังไม่มีการอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ในรายงานของ AOAC นอกจากนี้จากรายงานของ Lekkila *et al.* (2005) ระบุว่าผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นด้วยวิธีการซึ่งน้ำหนักเทียบกับปริมาตรน้ำนม มีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.00037, 0.00100 และ 0.03651 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เนื้อนมไม่ร่วนไขมัน ($\pm SD$), ค่า repeatability standard deviation (S_r), repeatability value (r-value) and repeatability relative standard deviation (RSD_r) ของเนื้อนมไม่ร่วนไขมันในตัวอย่างน้ำนมดิบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์ และวิธีหาความแตกต่างจากเนื้อนมรวม

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์เนื้อนมไม่ร่วนไขมัน	
	เครื่องแลคโตสตาร์	วิธีมาตรฐาน
จำนวนตัวอย่าง	40	40
เนื้อนมไม่ร่วนไขมัน (%)	8.470 ± 0.180	8.395 ± 0.161
S_r (%)	$0.0097 \pm 0.0019^{\text{a}}$	$0.0172 \pm 0.0029^{\text{b}}$
r-value (%)	$0.0274 \pm 0.0056^{\text{a}}$	$0.0487 \pm 0.0082^{\text{b}}$
RSD _r (%)	$0.1144 \pm 0.0233^{\text{a}}$	$0.205 \pm 0.0081^{\text{b}}$

^{a,b} อักษรต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่น ($\pm SD$), ค่า repeatability standard deviation (S_r), repeatability value (r-value) และ repeatability relative standard deviation (RSD_r) ของความหนาแน่นในตัวอย่างน้ำนมดิบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแผลคโตสตาร์ และวิธีการซึ่งน้ำนมเทียบกับปริมาตรน้ำนม (gravimetric methods)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์ความหนาแน่น	
	เครื่องแผลคโตสตาร์	วิธีมาร์ชูน
จำนวนตัวอย่าง	40	40
ความหนาแน่น(กรัม/มิลลิลิตร)	$1.0276 \pm 0.0005^{\text{a}}$	$1.0271 \pm 0.0007^{\text{a}}$
S_r (%)	$0.000042 \pm 0.000008^{\text{a}}$	$0.000165 \pm 0.000033^{\text{a}}$
r-value (%)	$0.000118 \pm 0.000022^{\text{a}}$	$0.000466 \pm 0.000094^{\text{a}}$
RSD_r (%)	$0.004071 \pm 0.000756^{\text{a}}$	$0.016026 \pm 0.003228^{\text{a}}$

^a หมายอ้างอิงต่างกันภายในแนวอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

5. อุณหภูมิจุดเยือกแข็ง (Freezing point)

จากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิจุดเยือกแข็งของตัวอย่างน้ำนมดิบที่ตรวจน้ำด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแผลคโตสตาร์ และเครื่องครายโอลิสโตรปแบบธรรมดากลางค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.5236 องศาเซลเซียส และเท่ากับ -0.5241 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับ 0.0005 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ Standard Association of Australian (1997) ที่กำหนดความแตกต่างระหว่างเครื่องครายโอลิสโตรปแบบอัตโนมัติ และเครื่องครายโอลิสโตรปแบบธรรมดากลางค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.006 องศาเซลเซียส ปกติค่าเฉลี่ยอุณหภูมิจุดเยือกแข็งของน้ำนมที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องครายโอลิสโตรปแบบธรรมดามีความแม่นยำ และถูกต้องมากกว่าเครื่องวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ (Standard Association of Australian, 1997) หากใช้ค่าดังกล่าวเป็นฐานเปรียบเทียบก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรง พบร่วมกับความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิจุดเยือกแข็งจากเครื่องครายโอลิสโตรปแบบธรรมดามีค่ามากกว่าวิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่องแผลคโตสตาร์

โดยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแผลคโตสตาร์ให้ค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.0009 , 0.0024 และ 0.1625 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเครื่องครายโอลิสโตรปแบบธรรมดากลางค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.0035 , 0.0099 และ 0.6662 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงของวิเคราะห์ด้วยเครื่องครายโอลิสโตรป เกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานของ AOAC คือ ค่า S_r , r-value และ RSD_r ไม่เกิน 1.357 , 0.004 และ 0.250 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Bradley, Jr, 2000) นอกจากนี้มีรายงานของ Lekkla, K., P. Vijchulata และ P. chairatanayuth (2005) ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิจุดเยือกแข็งที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องครายโอลิสโตรป พบว่ามีค่า S_r , r-value และ RSD_r เท่ากับ 0.0817 , 0.2310 และ 0.0141 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การวิเคราะห์ครั้งนี้มีการปรับเทียบเครื่องครายโอลิสโตรปแบบธรรมดากลางค่ามาตรฐาน เพื่อให้ได้ค่าที่คล้ายเดลี่อ่อนจากค่าที่แท้จริงน้อยที่สุด (Standard Association of Australian, 1997; Bradley, Jr, 2000) ส่วนค่า r-value ที่ได้เกินเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องครายโอลิสโตรปแบบธรรมดากลางค่าที่ใช้มีสเกลที่ไม่ละเอียด สามารถออกความแตกต่างได้เพียง -0.005 องศาเซลเซียสเท่านั้น

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง ($\pm SD$), ค่า repeatability standard deviation (S_r), repeatability value (r -value) และ repeatability relative standard deviation (RSD_r) ของจุดเยือกแข็งในตัวอย่างน้ำนมดิบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแลคโตสตาร์ และวิชีครายโอลิสโครป (manual cryoscope)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์อุณหภูมิจุดเยือกแข็ง	
	เครื่องแลคโตสตาร์	วิชีมาตราฐาน
จำนวนตัวอย่าง	40	40
อุณหภูมิจุดเยือกแข็ง ($^{\circ}\text{C}$)	-0.5236 ± 0.00098	-0.5241 ± 0.00104
S_r (%)	$0.0009 \pm 0.0002^{\text{ก}}$	$0.0035 \pm 0.0007^{\text{ก}}$
r -value (%)	$0.0024 \pm 0.0006^{\text{ก}}$	$0.0099 \pm 0.002^{\text{ก}}$
RSD_r (%)	$0.1625 \pm 0.0436^{\text{ก}}$	$0.6662 \pm 0.134^{\text{ก}}$

กข อักษรต่างกันภายในแนวอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรง ได้แก่ S_r , r -value และ RSD_r มาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมระหว่างวิชีมาตราฐานด้วยกัน สามารถแบ่งกลุ่มออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีความเที่ยงตรงจาก การวิเคราะห์ด้วยวิชีมาตราฐานสำหรับงานทดลองนี้อยู่ในเกณฑ์ของ AOAC คือผลการวิเคราะห์ที่เน้นมไม่รวมไข่มัน และอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง ส่วนอีกกลุ่มคือกลุ่มที่มีความเที่ยงตรงจากการวิเคราะห์ด้วยวิชีมาตราฐานสำหรับงานทดลองนี้อยู่ในเกณฑ์ของ AOAC เมื่อเปรียบเทียบ S_r , r -value และ RSD_r ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ไข่มัน และเนื้อนมรวม สำหรับการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรงระหว่างวิชีมาตราฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ความหนาแน่น และการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมด้วยเครื่องแลคโตสตาร์ยังไม่พบการอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวในรายงานของ AOAC (Bradley, Jr, 2000)

แลคโตสตาร์กับวิชีมาตราฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการควบคุมคุณภาพ ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของไข่มัน เนื้อนมไม่รวมไข่มัน เนื้อนมรวม และอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าความหนาแน่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยวิชีมาตราฐานให้ผลต่างกว่าเครื่องแลคโตสตาร์ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงตรง ได้แก่ S_r , r -value และ RSD_r พบร่วมกับวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมด้วยเครื่องแลคโตสตาร์มีค่าน้อยกว่าวิชีมาตราฐาน ($P<0.05$) ซึ่งค่าความแตกต่างของทั้งสองวิธีสามารถนำมาปรับใช้ในการปรับมาตรฐานเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแลคโตสตาร์ได้ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมด้วยเครื่องแลคโตสตาร์ก่อนทำการวิเคราะห์หรือใช้งานจริง ควรมีการปรับมาตรฐานด้วยวิชีมาตราฐานให้กับเครื่องมือเพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงและแม่นยำของการใช้งานให้มากยิ่งขึ้น

สรุป

จากการเปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณภาพน้ำนมดิบ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ไข่มัน เนื้อนมรวม เนื้อนมไม่รวมไข่มัน ความหนาแน่น และอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง ระหว่างวิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม

คำขอคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์ผลิตภัณฑ์นมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน สำหรับการเก็บข้อมูลและดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Bradley, Jr, R.L., E. Arnold, Jr., D.M. Barbano, R.G. Semerad, D.E. Smith, and B.K. Vines. 1992. Chemical and physical methods, pp. 433-531. In R.T. Marshall, ed. Standard Methods for the Examination of Dairy Products. 16th ed. The American Public Health Association, Washington, DC.
- Bradley, Jr, R.L. 2000. Dairy products, chapter 33, pp. 1-33. In K. Helrich, ed. AOAC Official Methods of Analysis 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia.
- Bradley, Jr, R.L. 2006. Dairy products, chapter 33, pp. 1-35. In K. Helrich, ed. AOAC Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia.
- Chalermso, N., 2004. Factors Affecting Milk Composition Analytical Accuracy. Ph.D. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Funky Gerber. 2013. Device for the Determination of various Substances in the Milk. n.p., Berlin.
- Harding, F. 1995. Compositional quality, pp. 75-96. In F. Harding, ed. Milk Quality. Chapman and Hall, Glasgow. The Proc. 43rd Kasetsart University Annual Conference. Bangkok. p262.
- Lekkla, K., P. Vijchulata and P. chairatanayuth. 2005. Evaluation of Ultrasonic Milk Analyzers in Raw Milk Composition Measurements. (in Thai)
- Marshall, R.T. and J.T. Peeler. 1992. Standard methods, pp. 1-18. In R.T. Marshall, ed. Standard Methods for the Examination of Dairy Products. 16th ed. The American Public Health Association, Washington, DC.
- Richardson, G.H. 1990. Dairy products, pp. 802-831. In K. Helrich, ed. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Virginia.
- SAS. 2011. SAS/STAT User's Guide, Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Standard Association of Australian. 1997. Methods of chemical and physical testing for the dairy industry Method 2.5: Liquid milks-Determination of the freezing point of milk-Thermistor method. Australian Standard. AS 2300.2.5 -1997.

